

# **Erste Alchimisten?**

**– Aspekte und Technologie früher Metallnutzung in Europa und Vorderasien.**

## **Teil 1**

Text (Vorwort, Kapitel I–V) – Literatur

Jens Gutperle

**Heidelberg 2024**

© 2024 Jens Gutperle. Alle Rechte vorbehalten.  
Einige Abbildungen unterliegen dem Urheberrecht  
von Dritten und sind teilweise Open Content. Die  
Rechte liegen bei den jeweiligen Rechteinhabern.

# Inhaltsverzeichnis

## Teil 1 Text (Vorwort, Kapitel I-V) – Literatur

<b>Vorwort</b> .....	<b>1</b>
Der Titel.....	1
Grundlagen und Vorgehensweise.....	3
Untersuchungsraum, Chronologie und Aufbau des Katalogs.....	5
<b>I. Einleitung</b> .....	<b>10</b>
I.1. Forschungsgeschichtliche Annahmen und deren Folgen.....	10
I.2. Zur Idee.....	16
I.3. Anfänge der Kupfer- und Silbermetallurgie sowie Legierungen.....	20
<b>II. Metallurgie: Technologische Grundlagen, metallurgische Voraussetzungen und Prozessabläufe</b> .....	<b>22</b>
II.1. Eigenschaften von Kupfer und Kupferlegierungen des Chalkolithikums und die Frage nach der Intention.....	22
II.2. Kupfer und Kupferlegierungen.....	26
II.2.1. Gediegen Kupfer.....	27
II.2.2. Einfluss der Forschungsstrategie auf die Rekonstruktion primitiver „schlackenloser“ Tiegelverfahren und fortschrittlicher Schachtofenverhüttung.....	29
II.2.2.1. Lagerstätte oder Werkstattkreis (Verhüttungstechnik) anhand der chemischen Zusammensetzung von Kupfer (und Bleiisotopie).....	31
II.2.2.2. Schachtofen- oder Tiegelverhüttung aus quellenkritischer und forschungsgeschichtlicher Sicht.....	35
II.2.2.3. Oxidische und sulfidische Verhüttung mit und ohne Schlacken: evolutionäre Folge des Lagerstättenaufbaus oder Steuerung der Metallzusammensetzung?.....	38
II.2.3. Extraktive (Pyro-) Metallurgie von Kupfer und seinen Legierungen.....	39
II.2.3.1. Gewinnung und Aufbereitung des Erzes unter dem Gesichtspunkt der Überführung der Nebenelemente im Rahmen der <i>chaîne opératoire</i> .....	40
II.2.3.2. Grundlagen der Verhüttung am Beispiel oxidischer und carbonatischer Erze: Prozessführung unter minimalen Voraussetzungen.....	41
II.2.3.2.1. Einfachste Anordnung: Lagerfeuer ohne Kontrolle der Parameter.....	42
II.2.3.2.2. Einfache Anordnung: Tiegel bzw. Grubenöfen mit Blasrohren zur Erzeugung der Verhüttungsatmosphäre und -temperaturen.....	42
II.2.3.2.3. „Chemische Minimalvoraussetzungen“.....	45
II.2.4. Differenzierte Behandlung von verschiedenen Erzen mit Ganggestein.....	48
II.2.4.1. Rösten und Kalzinieren oxidischer und carbonatischer Erze.....	48
II.2.4.2. Verhüttung von Erzen mit Gangmaterial: Nachteile von Schlacken bei einer Verhüttung in kleinem Maßstab und Erzeugung von As-Cu (teils mit Deckeln).....	49
II.2.4.3. Herstellung von Arsenkupfer durch direkte Reduktion.....	52
II.2.4.4. Sulfide (und Oxide).....	52
II.2.4.4.1. Rösten sulfidischer Erze – Entschwefelung mit Gefahr von Arsen- und Antimonverlusten.....	53
II.2.4.4.2. Matteschmelzen mit Verschlackung des Eisens.....	56

II.2.4.4.3. Probleme der Übertragung „bronzezeitlicher“ schlackenbildender Verfahren mit eisenhaltigen Chargen auf ein Tiegelverfahren	58
II.2.4.4.4. Raffination bzw. Läuterung, Aufschmelzen, Guss, Glühen und Röstung: Einfluss auf die Nebenelemente	62
II.2.4.4.5. Ausschmelzen der Wertträger nach Schmelzpunktunterschieden ohne flüssige Schlacke – eisenfreie Sulfidschmelzen und Oxidschmelzen auch zur Anreicherung der Nebenelemente?	66
II.2.4.4.6. Fahlerze und Chalkopyrit	69
II.2.4.4.7. Eisenhaltige und eisenfreie Speisen – unerwünschte Produkte oder die Erzeugung von Arsen- und Antimonmangellegierungen?	70
II.2.4.4.8. <i>Co-smelting</i> und Röst-Reaktionsprinzip	77
II.2.4.4.8.1 <i>Co-smelting</i>	77
II.2.4.4.8.2. Röst-Reaktionsprinzip	81
II.2.5. Schachtofen und Schlacken vs. schlackenloses Tiegelverfahren	82
II.2.5.1. Komplexere Öfen und frühe Schachtofen: Aufbau, Befuerung, Redoxbedingungen	83
II.2.5.2. Regelhafte Eisensilikatschlacken aus der Olivin-Gruppe (Fayalit)	87
II.2.5.3. Schlacken und Eisen: ihre Bedeutung für die Erzeugung legierter Kupfer	89
II.2.5.4. Aufkommen von Öfen und schlackenbildenden Verfahren	93
II.2.6. Frühe Schlacken und die Tiegelmetallurgie	95
II.2.6.1. Grundlegendes zur Interpretation	96
II.2.6.2. Phasenbestände, Liquidustemperaturen und Redoxverhältnisse	97
II.2.6.3. Charakteristika und Entstehung früher Schlacken	98
II.2.6.4. Restite	100
II.2.6.5. Fließfähige Matrix	101
II.2.6.6. Tiegel und einfacher Grubenofen: Aufbau, Befuerung, Redoxbedingungen und Vermeidung flüssiger Schlacken	106
II.2.6.7. Das schlackenlose bzw. schlackenarme Tiegelverfahren und die Erzeugung von Kupferlegierungen im 5. und 4. Jt. v. Chr.	109
II.2.7. Methoden zur Herstellung von Kupferlegierungen mit Arsen, Antimon, Nickel und Zink. Urgeschichtliche Intention und archäometallurgische Definition	112
II.3. Chalkolithische Verhüttung und Legierungen: Verhalten von Arsen, Antimon, Nickel und Silber sowie mögliche Auswahlkriterien für das Erz	119
II.3.1. Sulfidische Erze, Sulfidphasen und die Abscheidung von Speisen bzw. Arsen-/Antimonmangellegierungen	120
II.3.2. Auswahl des Erzes	125
II.3.3. Verhüttungsbedingungen	126
II.3.4. Temperatur und Atmosphäre (Abdeckungen) als wesentliche Faktoren für die Legierungserzeugung	129
II.3.5. Weitere Überlegungen	133
II.3.6. Zusammenfassung	133
II.4. Blei und Silber	134
II.4.1. Blei und seine Erze	135
II.4.1.1. Gewinnung von Blei	135
II.4.2. Silber	138
II.4.2.1. Quellen: Gediagen Silber, Silbererze, Bleierze usw. (vgl. II.4.3.3)	139
II.4.2.1.1. Gediagen Silber und Silbererze	140
II.4.2.1.1.1. Silbererze	141
II.4.2.1.1.2. Silber aus Bleierzen	142
II.4.3. Kupellation	144
II.4.3.1. Bleiglätte und Tiegelfragmente als Nachweis von Kupellation	147
II.4.3.2. Überlegungen zur Kupellation am Beginn der Silbermetallurgie	147
II.4.3.3. Chemische Kennzeichen von Silber als Hinweis auf Rohstoffbasis und Gewinnungsverfahren (vgl. II.4.2.1)	149
II.4.4. Silberlegierungen wie Elektron, goldhaltiges Silber und Kupfersilberlegierungen	152

<b>III. Erzlagerstätten für frühe legierte Kupfer, Silber und Kupfersilberlegierungen</b> .....	<b>156</b>
III.1. Definitionen von Lagerstätten und Erzen: Implikationen für den urgeschichtlichen Bergbau.....	156
III.2. Gefügebestand und wichtige Lagerstättentypen der Urgeschichte.....	158
III.2.1. Frühe Nutzung von Fahlerzen?.....	161
III.3. Ganglagerstätten als urgeschichtlich bedeutender Lagerstättentyp: Auswirkungen der sekundären Teufenzonierung und des Ganggesteins auf die Verhüttung.....	161
III.3.1. Technologische Kriterien für die Erzauswahl mit Blick auf die Metallzusammensetzung..._	164
 <b>IV. Kulturgeschichtlicher Rahmen der Technologie früher Kupferlegierungen und von Silber</b> .....	<b>165</b>
IV.1. Kupfer und Silber in Europa, im nordpontischen Raum, im Nordkaukasus und in Westanatolien und Teilen Inneranadolien im 5. und 4. Jt. v. Chr.: von der Karpato-Balkanischen zur Zirkumpontischen Metallurgieprovinz?.....	171
IV.1.1. Ostmitteleuropa, Balkan, Ägäis (Südosteuropa) und Osteuropa sowie Zypern.....	171
IV.1.1.1. Festlandgriechenland und Ägäis mit Kreta sowie Zypern.....	192
IV.1.1.1.1. Silbermetallurgie und ihr Milieu (teilweise ohne Katalog- und Karteneintrag).....	198
IV.1.1.1.2. Zypern.....	202
IV.1.1.1.3. Silber und Kupfersilberlegierungen an der Wende vom 4. zum 3. Jt. v. Chr.....	203
IV.1.1.2. Weiterer nordpontischer Raum im 4. Jt. v. Chr. und Entwicklungen im Vergleich zur vorangehenden Zeit.....	203
IV.1.2. Der Kaukasus und darüber hinaus: Entwicklungen in der Metallurgie bis Majkop und Kura-Araxes.....	208
IV.1.2.1. Frühe Entwicklungen im Nordkaukasus: Karpato-balkanischer Impetus?.....	208
IV.1.2.2. Frühe Entwicklungen im Bereich Transkaukasiens.....	209
IV.1.2.3. Das 4. Jt. v. Chr. – Ende des Chalkolithikums und Beginn der Frühbronzezeit mit Majkop und Kura-Araxes.....	212
IV.1.2.4. Metall und Metallurgie der Majkop- und der Kura-Araxes-Kultur sowie die Lagerstätten des Kaukasus.....	220
IV.1.3. Frühe Metallurgie in Nord-, West- und Südeuropa. Von Schwergeräten, Reinkupfer, Importen und Karpato-balkanischen Traditionen (und) zu Arsenkupfer wie Mondseekupfer, Dolchen, zirkumpontischen Traditionen und (dem Beginn) eigenständiger extraktiver Metallurgie in Teilen Mittel- und Südost-europas sowie einem verspäteten Beginn der Metallurgie in Süd- und Westeuropa?.....	229
IV.1.3.1. Frühe Metallurgie in West- und Südeuropa?.....	267
IV.1.4. Anatolien – west- und inneranatolischer Bereich im „Chalkolithikum“.....	276
IV.1.4.1. Zusammenfassung und weitere Entwicklung.....	289
IV.2. Obermesopotamien/“Upper Mesopotamia“: Südostanatolien und Nordmesopotamien.....	291
IV.2.1. Frühe extraktive Metallurgie in der Obere Zeit und weitere Entwicklungen.....	292
IV.2.2. Spätchalkolithikum, beginnende Frühbronzezeit und der Horizont Amuq F: Silbermetallurgie und Kupferlegierungen mit Arsen, Antimon und Nickel.....	297
IV.2.3. Änderungen in der Verhüttungstechnik zur Frühbronzezeit: Zulegierung von Arsen z. B. als eisenhaltige Speise oder Arsenerz.....	316
IV.2.4. Cu-As-Ni- und Cu-Pb-Legierungen.....	323
IV.3. Iran (und Zentralasien).....	325
IV.3.1. Frühe Metallurgie des Iran und Zentralasiens.....	326
IV.3.2. Frühe Metallurgie des Iran und Susas im Hinblick auf die Legierungsgehalte.....	339
IV.3.3. Entwicklungen ab dem späten 4. Jt. v. Chr.....	344
IV.3.4. Erneute Gedanken zur frühen Legierungserzeugung und zu Silber.....	352
IV.3.5. Die Lagerstätten.....	353
IV.4. Mesopotamien – insbesondere Südirak.....	354
IV.4.1. Silber aus Südmesopotamien: Uruk.....	363

IV.5. Silber und Handelsnetze in Uruk-Mesopotamien und im weiteren Vorderen Orient.....	365
IV.6. Levante.....	367
IV.6.1. Chalkolithikum.....	367
IV.6.2. Early Bronze Age I.....	381
IV.6.3. Early Bronze Age II–III.....	383
IV.6.4. Weitere Entwicklung.....	385
IV.6.5. Silber in der Levante.....	385
IV.7. Ägypten und Sinai.....	387
IV.7.1. Silber in Ägypten – Beziehungen zur Levante?.....	401
IV.8. Sardinien und Korsika.....	402
IV.9. Legierungserzeugung und Silbermetallurgie im 5. und frühen 4. Jt. v. Chr. – Zusammenfassung.....	413
IV.9.1. Ostmitteleuropa, Balkan, Ägäis (Südosteuropa) und Osteuropa sowie Zypern.....	413
IV.9.1.1. Festlandgriechenland und Ägäis mit Kreta.....	416
IV.9.1.2. Zypern.....	417
IV.9.1.3. Silber und Kupfersilberlegierungen an der Wende vom 4. zum 3. Jt. v. Chr.....	417
IV.9.1.4. Weiterer nordpontischer Raum im 4. Jt. v. Chr. und Entwicklungen im Vergleich zur vorangehenden Zeit.....	418
IV.9.2. Der Kaukasus und darüber hinaus: Entwicklungen der Metallurgie bis Majkop und Kura Araxes.....	419
IV.9.2.1. Frühe Entwicklungen im Nordkaukasus: Karpato-balkanischer Impetus?.....	419
IV.9.2.2. Frühe Entwicklungen im Bereich Transkaukasiens.....	419
IV.9.2.3. Das 4. Jt. v. Chr. – Ende des Chalkolithikums und Beginn der Frühbronzezeit.....	420
IV.9.3. Mittel- und Westeuropa.....	422
IV.9.3.1. Frühe Metallurgie in West- und Südeuropa?.....	427
IV.9.4. Anatolien – west- und inneranatolischer Bereich im „Chalkolithikum“.....	429
IV.9.5. Obermesopotamien/„Upper Mesopotamia“: Südostanatolien und Nordmesopotamien.....	431
IV.9.6. Iran und Zentralasien.....	434
IV.9.7. Mesopotamien – insbesondere Südirak.....	438
IV.9.8. Levante.....	440
IV.9.8.1. Chalkolithikum.....	440
IV.9.8.2. Early Bronze Age I.....	442
IV.9.8.3. Early Bronze Age II–III.....	442
IV.9.8.4. Weitere Entwicklung.....	443
IV.9.8.5. Silber in der Levante.....	443
IV.9.9. Ägypten und Sinai.....	443
IV.9.10. Sardinien und Korsika.....	446
<b>V. Schlussbetrachtungen.....</b>	<b>448</b>
V.1. Die chalkolithische Verhüttung und ihr Potential für die Legierungserzeugung.....	448
V.2. Offene Fragen zu Reaktordesign und technischen Einrichtungen.....	456
V.3. Silber und Kupellation.....	456
V.4. Überlegungen zur Chronologie und zum Ursprung von Technologien.....	458
V.5. Erste Alchimisten: Wert und Rolle von Metall und Ideen in Kommunikationsräumen und -netzwerken.....	460
V.6. Technologie, Horizonte, Kommunikationsräume und -netzwerke: Metallurgie und ihre Ursprünge.....	463
V.7. Technologie, Horizonte, Kommunikationsräume und -netzwerke: Silber und Kupferlegierungen.....	465
V.8. Fazit.....	480

<b>VI. Verzeichnis der zitierten und benützten Literatur</b> .....	<b>485</b>
VI.1. Literatur Webseiten ohne Autor oder Institution.....	558

## **Teil 2 Anhänge – Karte – Katalog – Tafelverzeichnis – Tafeln**

<b>VII. Anhänge (Konkordanzen zu Katalog und Karte)</b> .....	<b>559</b>
VII.1. Alphabetische Konkordanz zu Katalog und Karte.....	559
VII.2. Numerische Konkordanz zu Katalog und Karte.....	562

<b>VIII. Karte der Silber- und Silbermetallurgiefunde</b> .....	<b>565</b>
-----------------------------------------------------------------	------------

<b>IX. Katalog der Silber- und Silbermetallurgiefunde</b> .....	<b>567</b>
Balkan, Südost- und Mitteleuropa	568
Nordpontischer Raum	581
Weitere Kaukasusregion	585
Anatolien nordwestlich des Taurus	593
Obermesopotamien	606
Iran	619
Mesopotamien	629
Levante	641
Ägypten	649
Sardinien	653
Weitere Fundorte (teils Bronze)	656

<b>X. Tafelverzeichnis</b> .....	<b>658</b>
----------------------------------	------------

<b>XI. Tafeln</b> .....	<b>667</b>
Tafeln 1–40	





## Vorwort

Das Vorwort, zugleich eine essayistische Einleitung, beinhaltet nebst Überlegungen zum Titel auch eine Abgrenzung des Zeit- und Arbeitsraumes. Probleme und Prämissen werden kurz angerissen. Ausführlicher werden die Prämissen zur Technologie in der Einleitung zu Kapitel IV behandelt.

Die vorliegende Studie ist die überarbeitete Version der Dissertation des Autors, die im April des Jahres 2014 an der Philosophischen Fakultät der Universität Heidelberg eingereicht und in der Disputation am 11. Juli 2014 verteidigt wurde. Die Arbeit beruht auf Literatur, die bis April 2014 erschienen ist, während danach erschienene Publikationen nur ausnahmsweise berücksichtigt wurden.

## Der Titel

Die materiellen Produkte und Überreste der Metallurgie, wie Metallartefakte und Schlacken, weiter Tiegel und metallurgische Vorrichtungen, erlauben bis zu einem gewissen Grad aus sich heraus eine Rekonstruktion der Technik der Metallproduktion sowie der Kunstfertigkeit des urgeschichtlichen Metallurgen und Handwerkers. Die Interpretation der Technik wurde und wird gelegentlich von der direkten Übertragung moderner und historischer Konzepte der Verhüttung überschattet. Aufgrund der lückenhaften Überlieferung ist man jedoch auf Vergleiche mit den modernen und historischen Verfahren ebenso wie auf Versuche, ethnografische Vergleiche und theoretische Überlegungen angewiesen. Neuerdings soll eine Verschiebung hin zur Ableitung metallurgischer Praktiken aus Grabungsbefunden und Laborergebnissen analysierten Materials erfolgen; ethnografische Vergleiche würden in den Hintergrund treten<sup>1</sup>. Ein kurzer, sozusagen diachroner Vergleich mit bzw. eine Abgrenzung zu der „bronzezeitlichen Verhüttungstechnik“ erlaubt weitere Rückschlüsse.

Eine (vollständige) Geschichte der Technologie früher Kupferlegierungen und des Silbers zu schreiben, bedeutete aber, alle Aspekte der Kultur ihrer Träger in einem dynamischen und interaktiven System unmittelbar zu kennen und gleichsam aus einer Innensicht zu verstehen<sup>2</sup>. Die Natur der archäologischen Quellen erlaubt aber nur einzelne Aspekte – und dies wiederum nur in Teilen – wie Umwelt, Wirtschaft, Gesellschaft und eben Herstellungstechniken mittelbar zu erschließen. Weitere Aussagen zu Identität, Ideologie, Gedankenwelt und Symbolen bleiben uns nahezu verschlossen. Darin liegen aber vielleicht gerade die Momente und Beweggründe für Handlungen, Entwicklungen, Entdeckungen wie auch Erfindungen und letztlich Innovationen, die (in der Folge) zur Herstellung und Verbreitung von Metallen, Artefakten und verschiedenen Legierungen in einer *chaîne opératoire* geführt haben<sup>3</sup>. Zumindest lassen die Verbreitung und Verwendung von gleichen Kupfersorten (und Objekttypen) in Kulturkomplexen, die wahrscheinlich über weite Räume miteinander in Austausch stehen, aber undeutlich erahnen, dass eine ähnliche Technologie durch ihre Träger angenommen werden kann, ohne dass sich deren Motive jedoch erschließen ließen. Die Anwendung und Verbreitung

---

<sup>1</sup> Dies wird optimistisch als Hinweis auf eine verbesserte Material- und Ergebnisgrundlage von Grabungen und Laboranalysen gesehen (Thornton – Roberts 2009, 183); Vgl. dazu Ottaway – Roberts 2008, 194; Vgl. zu Tendenzen in der Archäologie und Archäometallurgie sowie Forschung allgemein Tzachili 2008, 29f.

<sup>2</sup> Vgl. Ottaway – Roberts 2008, 194; Leroi-Gourhan 1945, 340. 344f; Kohl 2009, 9; Pfaffenberger 1988, bes. 240f. 244f.; Lichardus 1991a, 13; Die folgenden Ausführungen sind beim Überdenken des Titels dieser Arbeit bzw. der Begrifflichkeit „Technologie“ als Vorwort ohne theoretische Fundamentierung entstanden, bedienen sich aber nachträglich und eklektisch einiger Autoren, ohne dass deren Systeme (Strukturalismus) durchdrungen wären, die im Zweifelsfall im Ganzen andere Positionen einnehmen mögen. Auch ich bin ein Kind meiner Zeit, und meine Ideen fallen nicht vom Himmel.

<sup>3</sup> Kohl 2009, 9; Vgl. zur *chaîne opératoire* in metallurgischer Hinsicht Ottaway 2001; Yener 2000, 8-10; Strahm 1994, 22; Hauptmann 2007a, 115f. mit Abb. 1; Hauptmann 2008. – Zur *chaîne opératoire* nach Leroi-Gourhan und Beweggründen zur Herstellung von Artefakten siehe Lemonnier 1992, 25-36. bes. 25f. 86.

einer Technik erfolgte schließlich nicht in einem Vakuum, sondern war vielmehr mit Wissen oder Geschichten um seine Entdeckung, Auswirkungen, Funktionsweise usw. und dem Wunsch nach bestimmten Ergebnissen<sup>4</sup> verbunden, so dass man schlussendlich von der Übernahme einer Technologie sprechen kann<sup>5</sup>. Aber die sich in Metallsorten manifestierenden *technological styles* können in Teilen sowohl auf lokale Gegebenheiten (etwa Art des Erzes) als auch auf „local identities that constructed and were constructed by material culture and technological performance“<sup>6</sup> zurückzuführen sein. Bevor aus einer Idee oder Erfindung eine Innovation werden konnte, musste diese aber auf einen fruchtbaren Boden fallen<sup>7</sup>. Eine neue Technologie kann dabei zunächst mehrgestaltig auftreten, bevor sich ein Strang oder eine Form durchsetzt<sup>8</sup>. Es wird angenommen, dass neue Entwicklungen in prähistorischen Gesellschaften nicht unbedingt bereitwillig angenommen wurden, da Gemeinschaften auf Traditionen basieren<sup>9</sup>. Oder sich gegen eine Lobby, Hofschranzen oder das Establishment bewähren mussten<sup>10</sup>. Ob eine Technologie erfolgreich ist, respektive sich durchsetzt, hängt von der Gesellschaft ab. „To create a new technology is to create not only a new artefact, but also a new world of social relations and myths in which definitions of what ‘works’ and is ‘successful’ are constructed by the same political relations the technology engenders“<sup>11</sup>. Ob nun eine neue Legierung Ergebnis eines freien Experimentierens oder Resultat eines unvollständigen Wissenstransfers zwischen Regionen war, ist dabei bis auf weiteres unerheblich<sup>12</sup>. Der in manchen Regionen lange Umgang mit gediegen Metall und Rohstoffen für Metall wie Erzen könnte den Boden

---

<sup>4</sup> Aus unserer Sicht sehen wir meist eine evolutionäre Langzeitentwicklung vom Einfachen zum Komplizierten mit Verbesserungen der Technik und Produkte. Dies wird der komplizierten Sachlage aber nicht gerecht (Kienlin 2010, 2. 9; Ottaway – Roberts 2008, 214; vgl. Pfaffenberger 1988, 238. 243). Die Gründe für die Nutzung einer bestimmten Tradition der Bearbeitung, einer ganzen *chaîne opératoire* und Änderungen darin hängen von technologischen und kulturellen Traditionen ab und Änderungen gerade auch im evolutionären Sinn sind nicht zwangsläufig zu erwarten, wie etwa die die Verarbeitung von Kupfer ohne das Gießen in Nordamerika zeigt (Kienlin 2010, 62).

<sup>5</sup> Die frühe Metallurgie kann zwar nicht im Sinne einer modernen Wissenschaft mit methodischer Forschung (Experimentieren) und wissenschaftlicher Erkenntnis verstanden werden (vgl. Kienlin 2010, 1. 9), jedoch könnte es im weitesten Sinne strukturelle Ähnlichkeiten gegeben haben, wie etwa die Weitergabe (und ggfs. Erweiterung) der Gesamtheit des bestehenden (und systematisch geordneten) Wissens, die in einem gesellschaftlichen und institutionellen Rahmen erfolgte. Die Metallurgie zwar wurde von verschiedenen Kulturen mit unterschiedlicher ökonomischer, sozialer und kultureller Ausprägung und Komplexität getragen (Kienlin 2010, 1). Jedoch ist davon auszugehen, dass der jeweilige Metallurge, Handwerker und Künstler, Lernende und (später) Lehrende zumindest einen Teilbereich seines Wirkungsbereiches, die bzw. das Verfahren zur Gewinnung und Nutzung von Metallen und seine Wiederholbarkeit (dazu Pfaffenberger 1988, 241), Prinzip von Ursache und Wirkung, *trial and error* und damit Aspekte der Technologie beherrschte. Zur im Falle der Metallurgie anzunehmenden Wissensweitergabe durch mündliche Anleitung und Demonstrationen siehe Ottaway – Roberts 2008, 207 mit weiterer Literatur; Ottaway 1994, 211-218. 222f.

<sup>6</sup> Thornton 2009, 320; Vgl. dazu mit weiterer Literatur Yener 2000, 14. 25f.; Vgl. auch Lemonnier 1992, 86.

<sup>7</sup> Siehe dazu Pfaffenberger 1988, 239f. bes. auch 241; Zu Innovationen in der Metallurgie, ihrer Weitervermittlung und Annahme siehe Ottaway 2001. – Persönliche Kontakte zwischen Handwerkern, zumindest aber eine ähnliche Erfahrungswelt, Wertvorstellungen innerhalb von sozialen und politischen Kommunikationsnetzwerken könnten wichtige Faktoren für die Übermittlung und Annahme von Innovationen sein (siehe u. vgl. Ottaway – Roberts 2008, 207. 215; Ottaway 1994, 211-218. 222f.; Roberts u. a. 2009, 116-118). Siehe unten Kommunikationsräume.

<sup>8</sup> Pfaffenberger 1988, 240.

<sup>9</sup> Nach Merkl 2011, 142 (mit weiterer Literatur); Vgl. etwa Chernykh 1992, 298f.

<sup>10</sup> Siehe dazu auch Pfaffenberger 1980, 239f. 249f.

<sup>11</sup> Pfaffenberger 1988, 249f. – Vgl. auch Ottaway – Roberts 2008, 215.

<sup>12</sup> Vgl. Hansen 2009, 43. – Ottaway – Roberts (2008, 215) gehen bei der grundlegenden Implementation extraktiver Metallurgie in einer Gruppe/Kultur davon aus, dass ein vollständiges Verständnis der Praktiken notwendig war. Aufgrund geringer möglicher Fehlertoleranzen im Rahmen der *chaîne opératoire* von der Erzauswahl bis hin zur Verhüttung werden direkte Kontakte bei der Weitergabe des Wissens um die Verhüttung angenommen (Roberts u. a. 2009, 116-118).

für die schnelle Annahme der Verhüttung bereit, und die Vertrautheit mit dieser wiederum die Übernahme differenzierter Techniken der Extraktion von Metall und Verwendung von Legierungen befördert haben. Begünstigt worden sein könnte dies durch die Zirkulation von Objekten, Wert- und Glaubensvorstellungen und Ideen in bestehenden Kommunikationsräumen (s. allgemein dazu Kap. IV. Kulturgeschichtlicher Rahmen [...])<sup>13</sup>. Die Technologie und ihre Weitergabe sowie die materielle Kultur als ihre Manifestation – vor dem Hintergrund einer *chaîne opératoire* als auch der Nutzer mit dem Wissen darum – sollten in anthropologischer Hinsicht als ein in soziale Netzwerke verstricktes System zusammenhängender sozialer Verhaltensweisen und Techniken gesehen werden und sind daher im Grunde sozial und nicht technisch zu denken<sup>14</sup>.

Die Sichtweise des urgeschichtlichen Handwerkers bleibt uns also weitgehend verschlossen. Eine Technologie früher Kupferlegierungen und des Silbers können wir daher nur durch „unsere Brille“ sichtbar machen. Und von Zeit zu Zeit braucht man eine neue Brille<sup>15</sup>. Eine Geschichte der Technologie, die gleichzeitig auch ein Teil<sup>16</sup> der veränderlichen Geschichte der Menschheit ist, muss also immer wieder neu interpretiert und geschrieben werden. Der Beweggrund, vorliegende Interpretation eines Teilaspektes der Technologiegeschichte für den zeitgenössischen Betrachter zu schreiben, ist, ein Stück seiner veränderlichen Geschichte und damit seiner in sie verstrickten Identität für den Augenblick fortzuschreiben. Damit ist diese Arbeit letztlich in sich historisierbar und sagt mehr über seine Leser und die Gegenwart als über die Technologie der Metalle als ein Aspekt der Menschheitsgeschichte aus<sup>17</sup>. Technologie und Geschichte, damals wie heute, sind nicht feststehend, sondern immer im Wandel. Sie werden gemacht<sup>18</sup>. Nicht zuletzt machen wir eine Technik dadurch zur Technologie, indem wir ihren Stand als Niedrig- oder Hochtechnologie stilisieren, oder sie einem vermeintlichen Kulturniveau zuordnen.

## Grundlagen und Vorgehensweise

Eine Besprechung der Funde in streng chronologischer Ordnung ist kaum möglich. Jedoch steht und fällt jede Interpretation von Funden mit ihrer Datierung. Davon wiederum hängt ab, wie Fragen nach dem Ursprung einer Technik, hier der Metallurgie, beantwortet werden können. Einige Stücke der Silber- und Kupfermetallurgie müssen im Vergleich zur geläufigen Diskussion älter datiert werden. So wurden etwa die Datierungen vieler Fundorte und Kulturen einer Revision unterzogen, jedoch haften die ehemaligen Datierungen den Silber- wie auch Kupferfunden weiterhin an, als ob diese in einem Vakuum bestünden. Insbesondere kommen solche Probleme beim interdisziplinären Diskurs zum Tragen. Auch werden die Ansichten über Ursprünge und Entwicklungen der Metallurgie durch Weltbilder bestimmt. In Vorderasien, insbesondere im syro-anatolischen Bereich, wurden und werden Silbermetallurgiebelege, die mit hoher Wahrscheinlichkeit der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. angehören (z. B. Kat. 28. 30), dem späten 4. Jt. v. Chr. zugeschrieben<sup>19</sup>. Ähnlich konservativ verfuhr man etwa bei der Bestimmung des Zeitpunktes, wann mit der Verhüttung sulfidischer Kupfererze begonnen wurde.

---

<sup>13</sup> Kohl 1987; Chernykh 1992, 299; Dazu siehe auch Pfaffenberger 1988, 241.

<sup>14</sup> Pfaffenberger 1988, bes. 241f. 244. 249f.

<sup>15</sup> Zur Möglichkeit, dem entgegenzuwirken Killick 2005, 483. – Eine historische bedingte Sichtweise birgt aber auch Möglichkeiten (vgl. Killick 200, 490).

<sup>16</sup> Pfaffenberger folgt Nobel, der Technologie als „hardened history“ oder „frozen fragment of human and social endeavor“ sah (Pfaffenberger 1988, 240 mit weiterer Literatur; Zitate nach Pfaffenberger).

<sup>17</sup> Vgl. dazu Sherratt 1997, vii; Kohl 2009, 8f.; Lichardus 1991a, 13.

<sup>18</sup> Vgl. Kohl 2009, 18. 259; Strahm 2010, 179f.; Pfaffenberger 1988, 240f.

<sup>19</sup> Vgl. Kohlmeyer 1994; Für Anatolien kürzlich Zimmermann 2005a.

Für Silber und Kupferlegierungen bietet sich eine Einteilung des Untersuchungszeitraumes in einen frühen und einen späten Horizont durchaus an. Für die Silbermetallurgie wurde dieser Weg bereits von anderen Autoren besprochen<sup>20</sup>. Ähnlich werden auch für die Kupfermetallurgie Horizonte definiert, die je nach Region unterschiedlich früh und lange greifen<sup>21</sup>. Eine der bekanntesten und spannendsten Gliederungen für die Metallurgie in einem großen Maßstab bietet Chernykh (1992) für weite Teile des Untersuchungsgebietes dieser Arbeit. Einen ersten Horizont definiert er über das Einsetzen von Metallurgie unter (vorwiegender) Verwendung von Reinkupfer (Karpato-Balkanische Metallurgieprovinz). Einen zweiten Horizont sieht er durch die Verbreitung von Arsenkupfer (Zirkumpontische Metallurgieprovinz) in weiten Gebieten gekennzeichnet.

Ähnlich soll hier versucht werden, Funde und ihre Technik in einen kulturhistorischen Kontext zu stellen. Von Gliederungen in großräumige Horizonte wird insofern zunächst abgesehen, als dass die Darstellung der lokalen Entwicklung in den verschiedenen Regionen des Untersuchungsgebietes einen Vorrang erhält (Kap. IV). Dabei werden natürlich auch Vergleiche zu Nachbarregionen gezogen. Erst im daran anschließenden Schlussteil werden die Ergebnisse miteinander verknüpft und in weiträumigen Horizonten betrachtet. Dabei ist zu bedenken, dass *die richtige zeitliche Reihenfolge* der Silbermetallurgiebelege über Regionen mit verschiedenen Chronologieschemata hinweg kaum zu gewährleisten ist. Ähnliches gilt in abgeschwächter Form auch für die frühe Kupfermetallurgie, nur ist hier die Datenbasis im Allgemeinen breiter.

Eine Technologiegeschichte frühen Silbers und früher Kupferlegierungen als Teil einer Kulturgeschichte, mit den oben angeführten Einschränkungen, kann nur vor dem Hintergrund des allgemeinen Ganges der geschichtlichen Entwicklung gesehen werden. Diese ist in der Urgeschichte eine Strukturgeschichte im Gegensatz zu einer Ereignisgeschichte historischer Epochen. Die Datierung von Funden – sie stellen quasi ein Ereignis dar – und auch ihrer (mutmaßlichen) Trägerkulturen ist oftmals nicht in der gebotenen Auflösung möglich, ganze Regionen bleiben überlieferungsbedingt dunkel oder sind aufgrund des Forschungsstandes noch nicht ausreichend ausgeleuchtet, andere wiederum könnten im Fundgut überrepräsentiert sein<sup>22</sup>. Deshalb wird die Technik, mit der Silber, Kupfer und Legierungen gewonnen werden, hier nicht wie sonst in historischen Übersichten streng chronologisch betrachtet. Vielmehr wird Entwicklungen in und zwischen Regionen – manchmal auch innerhalb eines Fundortes – der Vorrang gegeben, um die Funde in einen kulturhistorischen Kontext zu stellen. Dies findet im Kapitel „Kulturgeschichtlicher Rahmen der Technologie früher Kupferlegierungen und von Silber“ (Kap. IV.) statt, wobei die Gliederung modernen und historischen Kulturräumen folgt. Die Vielzahl von Regionen, Kulturerscheinungen und Chronologieschemata bei gleichzeitig teilweise dürftigem Fundbestand, der zudem ungenau datiert ist, führen zu Unschärfen. Aus einem größeren zeitlichen wie räumlichen Blickwinkel lassen sich die Unschärfen aber reduzieren und Lücken interpolieren. Damit werden Horizonte der Technologie sichtbar. Die Herausarbeitung möglicher Kommunikationslinien erfolgt dabei selektiv und bedient sich Hinweisen und Kontaktfunden, die diese Verbindungen mutmaßlich belegen. Kupferführende Lagerstätten sind mehr noch als viele andere Rohstoffquellen ungleichmäßig verteilt. Dennoch zirkulierten Erz und Metall über weite Räume. Nach Kohl waren Austausch und Handel von Metallen für die Transformation von Gesellschaften möglicherweise genauso bedeutend wie die Produktion selbst<sup>23</sup>. Obwohl der Austausch auf vielfältige Weise zur Verbreitung von Metallen und das Wissen um sie mitwirkt, wird hier nur sein Potential, metallurgisches Wissen zu verbreiten, eingehender betrachtet. Wenn man generalisierend

---

<sup>20</sup> Etwa Kohlmeyer 1994.

<sup>21</sup> Z. B. Strahm 1994; Chernykh 1992.

<sup>22</sup> Zu diesem der Archäologie gemeinen Problem siehe Kohl 2009, 26. ferner 28.

<sup>23</sup> Kohl 2009, 29.

arbeitet, um (historische) Entwicklungen sichtbar zu machen, besteht immer die Gefahr, zu sehr zu verallgemeinern. Für einzelne Aspekte kann es daher lohnend sein, ab und an vom Kleinen auszugehen, sei es vom Fund, einem Fundort oder einer Kultur. Wann und wo eine Technik das erste Mal und gegebenenfalls weitere Male aufkam, und wie sie sich unter Umständen verbreitete, ist schwierig zu beantworten. Fragen zur Diffusion, die sich aus einem (scheinbaren) zeitlichen Gefälle etc. ergeben könnten, oder die genauen kulturellen Vorgänge, die zur Annahme einer Innovation führten, sollen hinter eine Untersuchung der Technologie und ihrer allgemeinen Verbreitung aus folgenden Gründen zurücktreten; sie stellen gleichsam Prämissen für diese Arbeit dar:

„Over against the process of divergent development leading to the separation of distinct peoples – and confusion – can be traced no less clearly a process of convergence [...]. [...] At least in the Old World the peoples accessible to archaeological study were constantly interchanging material objects, ideas and inventions. [...] What we call Civilization is the product of this collective tradition, transcending all nation frontiers“<sup>24</sup>. Archäologische Quellen sind nur bruchstückhaft, und das Material an sich erlaubt Antworten auf wichtige Fragen nicht. Aus einer zeitlich wie geographisch weiten Perspektive können Strukturen, Unterschiede aber auch Gemeinsamkeiten zwischen Kulturen, Entwicklungen usw. sichtbar werden. Kulturelle und technische Entwicklungen verlaufen nicht nur durch interne Vorgänge und Adaptionen an lokale Gegebenheiten, sondern sind aufgrund der Einbindung in Kommunikationsnetzwerke auch in historische Prozesse verwickelt, die weit über ihr Verbreitungsgebiet hinaus reichen können<sup>25</sup>.

## **Untersuchungsraum, Chronologie und Aufbau des Katalogs**

Der Untersuchungsraum umfasst hauptsächlich Europa und Vorderasien. Europa erstreckt sich nach der Fassung von Philipp Johann von Strahlenberg (1677-1747) im Osten bis zu Uralgebirge und -fluss. Vorderasien umfasst die Arabische Halbinsel, Kleinasien, Mesopotamien, Syrien, die Levante, die Sinaihalbinsel, den Iran und das Kaukasusgebiet. Ägypten soll, obwohl es nicht mehr zum eigentlichen Untersuchungsgebiet gehört, trotzdem besprochen werden, weil sich sonst Fragen zum Silber angrenzender Gebiete, wie etwa der Levante, nicht beantworten lassen. Außerdem manifestieren sich interessante Bezüge zwischen der Levante und Ägypten. Die Länder südlich des heutigen Iraks wurden nicht berücksichtigt. Zypern wird nur äußerst knapp abgehandelt, und auf Zentralasien wird im Zusammenhang mit Entwicklungen auf dem Gebiet des heutigen Irans kurz verwiesen. Zeitlich erstreckt sich die Arbeit im Wesentlichen vom 6. bis zum 4. Jt. v. Chr.

Die Größe und zeitliche Tiefe des Untersuchungsraumes ergibt sich zum einen aus der Betrachtung der frühen Silbermetallurgiebelege vor der Bronzezeit, die weit und dünn gestreut sind<sup>26</sup>. Die Betrachtung der Techniken der *chalkolithischen* Legierungserzeugung (Kap. II) und ihres Kontextes hätte in einem viel engeren zeitlichen Rahmen erfolgen können. Jedoch ergeben sich durch eine Abgrenzung der chalkolithischen Legierungserzeugung zur Technik der Kupfererzeugung (vorher und) nachher weitere Anhaltspunkte, um diese zu charakterisieren. Wie die Betrachtung der Silbermetallurgie vor dem Hintergrund der Kupfermetallurgie und der Kulturkontakte erlaubt auch der Versuch einer Einbindung

---

<sup>24</sup> Childe 1933, 417f.; Textstelle und Auslassungen nach Kohl 2009, 244.

<sup>25</sup> Nach Kohl 2009, 258 (mit weiterer Literatur).

<sup>26</sup> Dazu und dem Beginn des Untersuchungszeitraumes siehe Kap. IV. dieser Arbeit. Der Untersuchungszeitraum endet um 3000 v. Chr. mit dem Beginn der Bronzezeit in weiten Teilen des Untersuchungsgebietes. Weitreichende Veränderungen in der Metallurgie (etwa das Aufkommen der Zinnbronze) sowie in anderen Bereichen, wie beispielsweise die verstärkte Urbanisation in Teilen des Vorderen Orients, bedeuten Einschnitte, die dem Rahmen dieser Arbeit ein Ende setzen sollen (vgl. dazu etwa Kristiansen – Larsson 2005, 108-110).

der Arsenkupferverwendung in größere Zusammenhänge, sich Fragen zu Verbreitung, Methoden und Entwicklungen zu nähern. Dennoch muss aufgrund der Größe des Untersuchungsraumes die Betrachtung der Metallurgie und insbesondere der Kupfermetallurgie eklektisch erfolgen. Die Technik ganzer Regionen – z. B. Ägyptens und Südmesopotamiens – wird nicht näher betrachtet. Dennoch sollte der gespannte Rahmen ausreichen, um die Entwicklungen zufriedenstellend zu beobachten. Entwicklungen können sich dabei wie auch in späteren Jahrtausenden in weiten Kommunikationsräumen entfalten<sup>27</sup>. Dabei soll es weniger um den Nachweis zeitlicher Beziehungen gehen, die sich indes teilweise andeuten, sondern um das Auffüllen von Lücken bei der Rekonstruktion der Techniken.

Zu einigen dieser Arbeit zugrundeliegenden Chronologieschemata bieten die synchronistischen Chronologietabellen von Schier (Mitteleuropa)<sup>28</sup>, Lichter (Südosteuropa)<sup>29</sup>, Govedarica (Südosteuropa und nordpontische Steppen bis Kaukasus)<sup>30</sup>, Genz und Hauptmann (südl. Levante)<sup>31</sup> sowie das im Kongress von Santa Fe<sup>32</sup> erarbeitete Schema für ‚Greater Mesopotamia‘ einen Überblick (Taf. 37–40). Die Datierungen vieler Kulturen, wie derzeit in Südosteuropa, sind in stetigem Wandel begriffen; die Tabellen können deshalb nur zur groben Orientierung dienen und haben teilweise bereits als überholt zu gelten. Der Beginn der Arsenkupfermetallurgie wird häufig über die Zuweisung zu einem vermeintlichen kulturellen Niveau oder zu einer Kultur datiert. Entsprechende Artefakte werden ebenfalls dazu herangezogen. Dabei werden auch die Artefakte teilweise pauschal mit Kulturen oder Horizonten verknüpft und über diese datiert. Eigentlich müssten die Artefakte aber aus sich heraus bzw. über ihre jeweiligen (kulturellen) Fundkontexte datiert werden, um dann darüber den Beginn der Arsenkupfermetallurgie zu bestimmen. Dies ist im Rahmen dieser Arbeit aber kaum für alle Metallfunde möglich. Häufig wird in der Literatur wegen der Zuweisung zu einem vermeintlichen Horizont ein Datum von 4000 v. Chr. genannt, vor dem keine (Arsenkupfer-) Metallurgie stattgefunden haben soll. Für einige Belege der Arsenkupfermetallurgie, Kulturen bzw. ihre Arsenkupfermetallurgie ergeben sich allerdings Hinweise auf eine frühere Datierung. Diese Arbeit stellt aber keine detaillierte chronologische Studie der einzelnen Räume dar<sup>33</sup>. Für die Datierungen der Silberfunde bzw. ihrer Fundorte gilt ähnliches, und im Einzelfall ist die Diskussion im Katalog einzusehen. Die Terminologien der oben genannten Schemata werden nicht immer stringent eingehalten, und die Angaben im Katalog beziehen sich teilweise auf die Begrifflichkeiten der jeweiligen Region und ihrer Forschungstradition, wobei sie den zitierten Autoren folgen. Solche Labels können Verwirrung stiften. In den kulturgeschichtlichen Kapiteln wurde die Nomenklatur der jeweiligen Region trotzdem teilweise verwendet. Die Diskussion kann nämlich nicht in einem Vakuum erfolgen. Dennoch wird versucht, den archäologischen Epochenbezeichnungen nicht zu viel Gewicht beizumessen, um Verwirrung zu vermeiden und die Vergleichbarkeit über Regionen hinweg zu gewährleisten (vgl. Taf. 38, 2)<sup>34</sup>. Außerdem beeinflusst die Zuweisung zu Epochen, die allzu oft ein kulturhistorisches Niveau implizieren, die Wahrnehmung der Funde<sup>35</sup>. Eine Besprechung in wenig scharfen Horizonten, hier eher Kommunikationsräumen und -netzwerken, wiederum soll dabei die Datierungsschwierigkeiten kompensieren.

---

<sup>27</sup> Vgl. etwa Tzachili 2008, 31.

<sup>28</sup> Schier 2010, 33 Abb.

<sup>29</sup> Lichter 2001, 30 Abb. 2; 157 Abb. 72.

<sup>30</sup> Govedarica 2004, 227 Abb. 56.

<sup>31</sup> Genz – Hauptmann 2002, 149 Table 1.

<sup>32</sup> Rothman 2001, 7 Table 1.1.

<sup>33</sup> Vgl. zu einer ähnlichen Feststellung und die Gründe dafür Chernykh 1992, xxiii. 10.

<sup>34</sup> Siehe dazu Ottaway – Roberts 2008, 195.

<sup>35</sup> Vgl. Kienlin 2010, 3f.

Die Verbreitungskarte (Kap. VIII), die für Silber die Metallurgiebelege und Funde zeigt, beruht auf der Nummerierung des Katalogs (Kap. IX). Einige Katalognummern sind allerdings nicht auf der Karte verzeichnet. Dies liegt u. a. daran, dass manche Fundorte vorläufig nicht sicher lokalisierbar sind, oder dass etwa bei Funden aus dem Kunsthandel eine Fundortangabe fehlt. Umgekehrt kann es zu einem Fundort auch mehrere Katalognummern geben: Dies ist der Fall, wenn etwa Funde verschiedener Zeitstellung vorliegen, die in der Argumentation getrennt voneinander besprochen werden. Zugang zu Karte und Katalog bieten Konkordanzlisten. Da einige Fundorte des Katalogs vorläufig nicht mit hinreichender Sicherheit lokalisiert werden konnten, sind sie nicht kartiert (Kat. 21. 22. 61). Zwei Fundorte aus Zentralasien (Kat. 59. 60) sind auf der Karte in ungefährender Lage eingetragen. Die Fundorte auf der Karte sind mit Symbolen bezeichnet, die Aufschluss über Material und Datierung geben. Diese Kodierung auf der Verbreitungskarte ist vereinfacht, sind doch der Darstellung von chronologischer Tiefe und am Fundort vertretenen Materialsorten bei einer grafischen Darstellung enge Grenzen gesetzt. Differenzierter ist die Besprechung im Text und im Katalog. Der Katalog entstand als Sammlung der in der Literatur verzeichneten Silbermetallurgiebelege und -funde. Aufgrund der Geschichte die jedem Stück innewohnt – hier handelt es sich insbesondere oft genug auch um die Geschichte seit seiner archäologischen Wiederentdeckung – war teilweise ein umfangreiches Zusammentragen von Informationen nötig. Insbesondere ist es schwierig, die chronologische Stellung der Funde zu eruieren: Sie sind teils kontextlos, werden trotz Kontextes *a priori* bronzezeitlich datiert, oder die Datierung ihrer Trägerkultur ist problematisch (z. B. Majkop). Auch ist es nicht einfach, die Funde überregional miteinander zu vergleichen. Ein einfacher, kurzer Katalogeintrag genügt dem nicht. Trotzdem soll der Katalog dem Leser lediglich als Ausgangspunkt für weitere Nachforschungen dienen. Die archäologisch-kulturgeschichtliche Bewertung der Silberfunde und ihrer Technologie speist sich aus dem Katalog. Diese ist nie abgeschlossen. Soweit sie zum Verständnis bei der Besprechung der Funde nicht unbedingt notwendig sind, bleiben Beschreibungen, Angaben zu Maßen und Gewichten, Forschungs- bzw. Fundgeschichte und insbesondere Fragen zur Datierung und Fundkontext auf den Katalog beschränkt. Dieser enthält die wichtigsten Fakten zu jedem Stück und einen teils umfangreichen Zugang zur Literatur; er ist also bei Fragen zu konsultieren. Die Grundlage für den Katalog wurde in meiner Magisterarbeit gelegt. Einige Stücke wurden teils neu aufgenommen; die Einträge bei zahlreichen weiteren wurden überarbeitet und ergänzt. Als Ergebnis dieser Arbeit zeigte sich, dass die Silbermetallurgie viele weitere Facetten hat. Zu ihrem Verständnis müssten auch alle weiteren Silberkupferlegierungen, Elektron und Goldkupferlegierungen usw. aufgenommen werden, was aber weiterer Forschung vorbehalten bleibt.

Einige der Probleme, die in vorliegender Studie betrachtet wurden, sind offene Fragen, die sich aus meiner Magisterarbeit ergaben. So war es für vorliegende Studie geplant, die Silbermetallurgie und insbesondere den Beginn der Kupellation besser vor dem Hintergrund der Kupfermetallurgie zu verankern.

Dabei schien es, als ließen sich möglicherweise Anhaltspunkte dafür gewinnen, dass die Kupellation mit einem Horizont der Arsenkupferverwendung (vgl. oben ab 4000 v. Chr.) und der Nutzung von Dolchen einsetzt. Diese Trias schien sich im Rahmen dessen durchzusetzen, was Chernykh schon früh als Zirkumpontische Metallurgische Provinz charakterisierte. Deren zeitlichen Beginn setzt er mittlerweile etwa ebenso früh an wie die eben erwähnten Silbermetallurgiebelege. Am Ende dieser Dissertation, die eigentlich zum Ziel hatte, dieses weiter zu konturieren, stellt sich das Ganze aber als sehr viel komplexer dar. Eine Verankerung des zeitlichen Beginns der Arsenkupferverwendung ist eng mit Fragen der Metallurgie und Technologie (und ihrer Kommunikation) verbunden. Damit stellen sich auch Fragen nach Herstellungsmethode, Intention und Definition. Sich Antworten hierauf zu nähern,

ist Gegenstand dieser Dissertationsschrift. Indizien ergeben sich durch die Herausarbeitung von Kommunikationsräumen und Zeithorizonten unterschiedlicher Silber- und Kupfernutzung.

Die Abhandlung der Metallurgie für die einzelnen Regionen und Zeiten beansprucht nicht, erschöpfend zu sein; sie ersetzt nicht detailliertere, anderweitig verfügbare Synthesen. Der Anspruch der Vollständigkeit tritt hier hinter die Darstellung derjenigen Aspekte zurück, die für diese Arbeit maßgeblich sind. An der einen oder anderen Stelle wäre es wünschenswert gewesen, unter Berücksichtigung von Metallanalysen die Ergebnisse auf neuestem Stand zusammenzufassen. Was sich hier als Trend abzeichnet, hätte man damit auf ein breiteres Fundament stellen oder gegebenenfalls auch widerlegen können. Jedoch bin ich bereits an anderer Stelle im Rahmen dieses Dissertationsvorhabens an meine Kapazitätsgrenzen gestoßen: bei der Erarbeitung des Sachverhaltes, bei von mir gesetzten Schwerpunkten (Schlagwort: stichprobenartig, s. u.) und nicht zuletzt bei der Bestreitung des Lebensunterhaltes. Eine Geschichte der Metallurgie für die Einzelregionen bleibt Spezialisten vorbehalten, die mit dem jeweiligen Material und seinen archäologischen und chronologischen Problemen viel intimer vertraut sind. In dieser Arbeit wird die (übliche) Diskussion wiedergegeben, die schon für sich nicht ohne Widersprüche bleibt. Manchmal werden ihre Grenzen in Zweifel gezogen. Als Basis dienen einschlägige Überblickswerke, auch wenn diese nicht immer dem neuesten Stand entsprechen. Einzelne Kapitel bauen (auch in der Struktur) stark auf diesen auf; strukturelle Kongruenzen sind, etwa bei einem chronologischen Vorgehen, daher nicht zu vermeiden. Das Rad sollte nicht neu erfunden werden (zu welchem Ende?). Die Ergebnisse der einzelnen Autoren werden an der jeweiligen Stelle zitiert und auf etwaig (strukturelle) Grundlagen von Kapiteln wird gesondert am jeweiligen Kapitel- und Absatzanfang oder im Sinnzusammenhang verwiesen. Ebenso wird auf Absätze hingewiesen, die weitgehend deckungsgleich mit solchen meiner unveröffentlichten Magisterarbeit sind.

Wenn man sich mit der Rekonstruktion einer Technologie befasst, wäre eigentlich eine Untersuchung der Gesellschaft auf einem Fundament notwendig, welches für die Träger des jeweiligen Milieus der Technologie alle Aspekte wie Subsistenz, Kult und Identität umfasst. Solche Betrachtungen bleiben trotz Näherung weitestgehend hypothetisch und sind oft genug nur neue Gläser für die alte Brille des Lesers. Einzelne Aspekte werden hier zwar berücksichtigt, sollen aber eher generalisierend betrachtet werden. Kohl (1987 und 2009) und Chernykh (1992) folgend sollen mögliche überregionale Kommunikationsräume aufgezeigt werden – dies kann an dieser Stelle und angesichts der Größe des Untersuchungsraumes nur impressionistisch und weitgehend beschränkt auf die Metallurgie geschehen. Der archäologische Hintergrund der Fundstücke, d. h. ihre zeitliche und kulturelle Einordnung, wird grob umrissen; Probleme in der Diskussion um die Stücke werden dabei deutlich. Eine Dokumentation des Zusammenhanges ist wichtig, zugleich steht hier aber die Metallurgie im Mittelpunkt. Lücken sind bei der Dimension des Untersuchungsraumes unvermeidlich, und die Überprüfung der Thesen sollte in dieser Arbeit von vorneherein stichprobenartig erfolgen. So werden in einigen Regionen, wo die Daten übersichtlich verfügbar waren, die Änderungen in den Metallzusammensetzungen und -sorten nachvollzogen. Es wird versucht, Kupferlegierungen einzelner Stücke oder Typen damit zu vergleichen, um die Herstellungstechnik zu erschließen. Grundsätzlich soll die frühe Metallurgie charakterisiert werden, spätere Entwicklungen, die hier für einzelne Regionen vorgestellt werden, dienen einem Ausblick und einer Abgrenzung, um die Technik der frühen Metallurgie und Legierungserzeugung besser zu charakterisieren und zu durchdringen.



## Dankesworte

Am Ende dieses Vorworts, das eine erste Einleitung in Thematik und Problematik, Ziele und Grenzen dieser Arbeit darstellt, möchte ich die Gelegenheit nutzen, meine aufrichtige Dankbarkeit jenen gegenüber auszudrücken, die mich auf vielfältige Weise während der letzten Jahre unterstützt haben. Ihnen verdanke ich Anregungen, Hilfe usw. Teilweise bin ich ihnen in tiefer Freundschaft verbunden. Die Entstehung dieser Arbeit wäre ohne sie nicht möglich gewesen.

Meinem Lehrer und Doktorvater Herrn Prof. J. Maran möchte ich für sein Interesse und sein Vertrauen in diese Arbeit herzlich danken. Auch beruhen viele Ideen, die ich im Laufe meines Studiums entwickeln konnte, auf dem Wissen, das er mir vermittelt hat. Anthropologische und soziologische Theorie, eine seiner Vorlieben, ist jedoch ohne Auswirkungen an mir vorübergegangen. Die Schuld liegt dabei auf meiner Seite. Herr Prof. P. A. Miglus hatte immer ein offenes Ohr für meine Fragen. Aufrichtigen Dank schulde ich ihm aber auch für seine berühmt berüchtigten, beständigen und drängenden Fragen nach dem Zustand der Dissertationsschrift und meiner Person. Für Rat und vielfältige Diskussionen auch über seine Emeritierung hinaus möchte ich bei meinem alten Lehrer Herrn Prof. (emerit.) C. Eibner bedanken. Vielfältige Unterstützung in Form von Fragen und Antworten, Anregungen und Diskussionen, Übersetzungen, Literaturhinweisen, Kaffee und vielem mehr verdanke ich – und eine bloße Aufzählung hier wird dem nicht gerecht – Frau Dr. A. Bill, Herrn Dr. Chr. Gerber, Herrn Dr. A. Babbi, Frau Dr. R. Hartmann, Herrn Dr. J. Pechtl, Frau Dr. C. Sachße, Herrn Dr. A. Maass, Herrn Dr. Chr. Steffen, Herrn Th. Söhn M. A., Frau Dr. M. Gori, Frau Dr. I. Shvets, Frau Dipl. Arch. M. Kostoula, Frau Dr. L. Gaitanou, Frau A. Dori LL.M., Herrn Dr. G. Frangou, Frau PD Dr. M. Shinoto, Frau Dr. S. Mühl, Frau J. Hänsel M. A., Herrn Dr. Christoffer Theis, Frau Dr. D. Luft, Herrn Dr. Cl. Lichter, Herrn F. Dequis und Herrn Dr. N. Camus. Besonders hervorzuheben sind Chr. Steffen, M. Shinoto, Chr. Gerber, Th. Söhn, Ph. Klinkhardt, F. Dequis und D. Luft, welche die mühselige und undankbare Aufgabe des Korrekturlesens übernommen haben. Die Korrektur beinhaltete – soweit überhaupt leistbar – nur Grammatik und Orthografie. Alle verbliebenen sowie inhaltlichen Fehler gehen auf mich zurück. Insbesondere können sich zahlreiche Fehler bei Änderungen nach dem Korrekturlesen eingeschlichen haben, die erwähnten Personen noch weniger angelastet werden können. Hilfe bei Darstellungen und Karten wurde mir von Herrn Chr. Steffen zuteil. Wird die Aufzählung schon nicht der Rolle der Personen gerecht, die mich auf dem Weg zur Dissertation begleitet haben, bleiben doch noch zahllose ungenannte Freunde und Helfer. Ohne finanzielle und ideelle Zuwendungen meiner Eltern, meiner Brüder sowie meiner Paten, Herrn und Frau Hofmann, hätte ich diese Dissertationsschrift nicht beenden können, wofür ich meine tiefe Dankbarkeit ausdrücken will.

Frau Prof. B. Helwing, Frau Dr. A. D. Popescu, Herrn Dr. R. Băjenaru und Frau Prof. Dr. M. Ivanova haben mich auf frühe Silberfunde hingewiesen, die mir bis dahin unbekannt waren. Ihnen verdanke ich darüber hinaus unveröffentlichte Manuskripte sowie Kommentare, Anregungen und Literaturhinweise zu meiner Magisterarbeit, auf die ich in meiner Dissertationsschrift aufbauen konnte.

# I. Einleitung

„Arsenical copper is a well known, if poorly understood, phenomenon in early metal-working traditions in Europe, Eurasia and the Near East. This is particularly true for the European Copper Age where many regional traditions can be identified as part of what, on first examination, appears to be a remarkably widespread metallurgical horizon spanning the fourth and third millennia BC. First identified over a century ago, this metal composition has provoked much debate on its significance for the early development of metallurgy. Many researchers argue that arsenical copper can be regarded as the first deliberately produced ‘alloy’, representing a definite stage of technological innovation in the Bronze Age“<sup>36</sup>.

Beginn und Dauer der Verwendung der ersten, intentionell legierten Kupfer können aufgrund vielfältiger ungelöster, definitorischer wie chronologischer und technologischer Fragen zunächst nur schwer näher eingegrenzt werden, als dies in der obenstehenden Aussage erfolgt. Allerdings lassen sich bei einer Betrachtung systemischer Entwicklungen einige Aspekte weiter eingrenzen. Die Entwicklungen verlaufen aber nicht überall gleichförmig. Der Ursprung der Silbermetallurgie oder eines ihrer möglichen Stränge ist möglicherweise ebenfalls im Rahmen der Gewinnung legierter Kupfer zu suchen.

## I.1. Forschungsgeschichtliche Annahmen und deren Folgen

Bei der Bewertung früher Silberfunde erfolgen derzeit große Umbrüche. Silber liegt selten in seiner gediegenen Form vor<sup>37</sup>. Tut es dies doch, dann meist in tieferen, schwerer zugänglichen Bereichen seiner Lagerstätten und dabei selten in unmittelbar nutzbarer Form oder Quantität<sup>38</sup>. Gowland kam deshalb zum Schluss, dass Silber vor der Entwicklung der Kupfermetallurgie keine Rolle gespielt habe und erst nach der Entdeckung von Blei und der mit Blei verbundenen Gewinnung von Silber aus seinen Erzen in den Gesichtskreis des Menschen trat<sup>39</sup>. In der Forschung herrscht deshalb die Annahme vor, dass das meiste urgeschichtliche Silber aus bzw. mittels Blei gewonnen wurde<sup>40</sup>. Silber- und Bleimetallurgie gelten aufs engste miteinander verknüpft<sup>41</sup>, da Silber und Blei in Lagerstätten fast immer vergesellschaftet vorkommen. Ein gemeinsames Auftreten von Blei und Silber während des 4. Jt. v. Chr. in Europa und im Vorderen Orient wird konstatiert; dies legt einen Zusammenhang mit der Gewinnung von Silber aus (silberhaltigem) Blei durch Kupellation nahe<sup>42</sup>. Auch eine Verbindung mit der Verbreitung der extraktiven Metallurgie wird gesehen, die wiederum als Hinweis auf die Praxis der Kupellation gewertet wird<sup>43</sup>. Als wichtigste Bleierz- und Silberquelle galt Bleiglanz (s. Kap. II.4.2.1.1.2). Silber kann aus Bleierzen durch Kupellation gewonnen werden (s. Kap. II.4.3)<sup>44</sup>. Es galt lange als

---

<sup>36</sup> O’Brien 1999, 33.

<sup>37</sup> Moorey 1985, 107f.

<sup>38</sup> Gowland 1918, 121; Tylecote 1986, 54; Tylecote 1987, 87-89; Nezafati – Pernicka 2012, 39; Moorey 1985, 107f.

<sup>39</sup> Gowland 1918, 121; Gowland 1901, 360; Siehe dazu Tylecote 1986, 54.

<sup>40</sup> Siehe etwa Pernicka in Stöllner – Weisgerber 2004, 86; Moorey 1985, 108.

<sup>41</sup> Siehe hierzu etwa Moorey 1982a, 15f.; Bachmann 1993, 487; Kohlmeyer 1994, 41; Gale – Stos-Gale 1981b, 142; Moorey 1985, 108.

<sup>42</sup> Pernicka u. a. 2011, 662 (vgl. die zeitliche Vorstellung dieser Textstelle); Pernicka in Stöllner – Weisgerber 2004, 86; Moorey 1985, 114 (zu Süd- und Obermesopotamien); Pernicka 1990, 49. 57; Pernicka 1987, 680; Hauptmann 2008, 127; Reallexikon der germanischen Altertumskunde 28 (2005) 427-432 s. v. Silber (A. Hauptmann) 430 (zu Europa und dem Vorderen Orient). – Zu frühem Blei siehe Kohlmeyer 1994; Zimmermann 2005a; Moorey 1994, 292-297; Schoop 1995, 22f.; Pernicka 1990, 56-59. 64 Abb. 16.

<sup>43</sup> Reallexikon der germanischen Altertumskunde 28 (2005) 427-432 s. v. Silber (A. Hauptmann) 430.

<sup>44</sup> Moorey 1985, 108; Tylecote 1986, 54. 58-60.

unstrittig, dass die Kupellation ein hohes technisches Niveau erfordere. Die Überwindung von deren technischen Hürden wurde mit dem Erreichen eines bestimmten, ergo höheren kulturellen Niveaus verknüpft. Deshalb galt lange die Bronzezeit bzw. das dritte Jahrtausend als wahrscheinlichster Entstehungszeitraum, und die Herkunft der Kupellation wurde im Vorderen Orient und Kleinasien<sup>45</sup> sowie in der Ägäis vermutet<sup>46</sup>. Diffusionistische Konzepte von *ex oriente lux* und *core-periphery dynamics* legten und legen nahe, dass die Silber- aber auch die Kupfermetallurgie als Teilbereiche der Pyrotechnologie ihre Anfänge im Bereich des Vorderen Orients (Stichwort: Urbanisierung) oder der Ägäis haben<sup>47</sup>. Sowohl gegen die kulturellen Bezüge als auch die alleinige Abkunft der Kupfermetallurgie aus dem Vorderen Orient wurden bereits früh von Renfrew Zweifel angemeldet<sup>48</sup>. Autochthone Entwicklungen in Südosteuropa, namentlich dem Balkan, wurden hervorgehoben, und es wurde teilweise ein *ex balcanae lux* (sic) gesehen<sup>49</sup>. Unter Bezug auf Prag (1978) wurde aber auch eine Verbindung mit der Verbreitung von Lapislazuli im späten 4. und frühen 3. Jt. v. Chr. hergestellt und gleichzeitig eine Datierung impliziert<sup>50</sup>. So wurden für Silber etwa Beycesultan, Alişar, Korucutepe und Arslantepe in Anatolien, das Mesopotamien der späten Uruk-Kultur, die Levante (Byblos) sowie der Iran mit Tepe Sialk und Arisman als früheste Belege genannt; die Technologie wurde dort verortet<sup>51</sup>. Funde von Bleiglätte in Fundorten des Vorderen Orients (Habuba Kabira-Süd, Fatmalı Kalecik, Tepe Sialk und Arisman) belegten die Kupellation während des 4. Jt. v. Chr. nun direkt<sup>52</sup>. Aber auch Datierungen in das 2. Jt. v. Chr. wurden für die Kupellation ins Feld geführt<sup>53</sup>. Eigentlich begann sich bereits früh, anhand von Silberfunden hinsichtlich der Datierung ein anderes Bild abzuzeichnen<sup>54</sup>. Jedoch wurde nur zögerlich ein Beginn der Silberverwendung im späten 4. Jt. v. Chr.<sup>55</sup> angenommen, und lange Zeit blieb die Mitte des 4. Jt. v. Chr. eine nur selten unterschrittene Grenze<sup>56</sup>. Die Kontexte der Silberfunde galten unter dem Eindruck evolutionistisch-diffusionistischer Modelle vielfach als zu unsicher, respektive zu alt. Nach neuem Kenntnisstand soll das Zentraliranische Plateau des frühen 4. Jt. v. Chr. die Geburtsstätte der Kupellation darstellen<sup>57</sup>. Ein Großteil (möglicher) früher Zeugnisse

<sup>45</sup> Etwa Wertime 1973, 883; Moorey 1982a, bes. 15f.; Pernicka 1990, 56-59. 110; Zusammenfassend Kohlmeyer 1994, 41.

<sup>46</sup> Vgl. etwa Branigan 1968, bes. 225; Renfrew 1967, bes. 5f.; Wertime 1973, 883; Gale – Stos-Gale 1981b, bes. 148-150; Zusammenfassend Maran 2000, 185.

<sup>47</sup> Zu diesem Problem hinsichtlich der (Kupfer-)Metallurgie Yener 2000, 5f. 10f.; Muhly 1988, 2f.; Für die (Arsen-)Kupfermetallurgie Budd 1993, 34; Zuletzt etwa Thornton – Roberts 2009, 181; Zu Childe (*ex oriente lux*), Renfrew sowie *ex balcanae lux* siehe Hansen 2009, 16f. Forschungsgeschichtlich zur Verknüpfung metallurgischer Fähigkeiten und sozialer Komplexität Ottaway – Roberts 2008, 193f. – Vgl. hierzu für die Silbermetallurgie etwa Pernicka 1990, 57f.; Pernicka in Stöllner – Weisgerber 2004, 86; Vgl. dies auch mit der Darstellung der Herkunft der Metallurgie an sich, etwa bei Pernicka (Pernicka 1990, bes. 32-40. 49. 117); Pernicka u. a. 1997, 46-48; Wertime 1997, 875; Zum Zusammenhang zwischen entwickelter Metallurgie in der südlichen Levante und der dortigen protourbanen Entwicklung siehe Schoop 1995, 34; Vgl. allgemein Sherratt 1997, bes. 1-34; Vgl. etwa Algaze 2001; Kohl 1987; Klimscha 2017, 149.

<sup>48</sup> Renfrew 1969; Renfrew 1971a; Renfrew 1971b; Renfrew 1973, bes. 167-175.

<sup>49</sup> Dazu Hansen 2009, 16f.; Zu *ex balcanae lux* siehe Todorova 1978, 1.

<sup>50</sup> Pernicka u. a. 2011, 662f. – Zur Datierung vgl. etwa auch Hauptmann – Palmieri 2000, 79.

<sup>51</sup> Pernicka u. a. 2011, 662.

<sup>52</sup> Pernicka u. a. 2011, 662f.; Vgl. Nezafati – Pernicka 2012, 38f. 44. – Vgl. bereits Pernicka 1990, 57f.

<sup>53</sup> Yener 2000, 29f.

<sup>54</sup> Siehe teils mit frühen Datierungen von Stücken etwa Prag 1978; Gale – Stos-Gale 1981b, 144; Moorey 1985, 114; Vgl. auch Wertime 1973, 883 und siehe dezidiert auch Pernicka 1990, 57 mit der Datierung von Byblos (3800-3200 v. Chr.); Vgl. Hásek 1989.

<sup>55</sup> Siehe etwa – wenn auch teils implizit – Pernicka 1990, 56-59 (Kupellation Mitte des 4. Jt. v. Chr.); Pernicka u. a. 1998, 123. 132; Hess u. a. 1998, 57. 65; Kohlmeyer 1994, 44; Ferner Moorey 1985, 114.

<sup>56</sup> Siehe etwa Moorey 1994, 235; Kohlmeyer 1994, bes. 41f. 44; Pernicka 1987, 618f.; Pernicka 1990, 58; Zimmermann 2005a. – Vgl. dagegen Maran 2000.

<sup>57</sup> Nezafati – Pernicka 2012, 44.

der Silbermetallurgie wurde also zu jung datiert. Eine Ursache dafür könnte der Fundbestand sein, der aufgrund der relativen Seltenheit von Silber generell gering ist und sich nur langsam vermehrt. Auch dürften viele silberhaltige Funde wegen ihrer Grünfärbung unerkannt geblieben sein. Als einige der ersten machten Maran und Muhly in unterschiedlichen Artikeln auf die Notwendigkeit einer Umdatierung vieler Stücke aufmerksam und setzten ein Umdenken in Gang<sup>58</sup>. Für die Ägäis als ein aktives Zentrum der Blei-Silber-Gewinnung sprachen ehemals die dortigen Hinweise auf Bergbau und pyrometallurgische Verfahren im beginnenden 3. Jt. v. Chr.<sup>59</sup>. Aufgrund neuerer Arbeiten scheint die Ägäis aber auch schon früher für die Silbermetallurgie von Bedeutung zu sein<sup>60</sup>.

Die Rekonstruktion der Kupfermetallurgie stand lange Zeit stark unter einem dogmatischen Eindruck, der eine bronzezeitliche Verhüttung in Schachtöfen vorsah. Bronzezeitliche Befunde wurden ihrerseits nach dem Vorbild (sub) rezenter Verfahren rekonstruiert bzw. gedeutet (bes. Kap. II.2.5)<sup>61</sup>. Eine kumulative wie progressive Evolution der Techniken wurde angenommen<sup>62</sup>. Vorstellungen von einer unilinearen Entwicklung prägten das Bild einer Kulturentwicklung, die von der Stein-, über die Bronze- zur Eisenzeit verläuft; ebenso unilinear soll auch die Entwicklung metallurgischer Fähigkeiten abgelaufen sein<sup>63</sup>. Auf den ersten Blick scheinen Letztere aus einer rückblickenden Perspektive eine Entwicklung zu zeigen, und die Techniken bauen in der Tat teilweise aufeinander auf<sup>64</sup>. Jedoch zeichnet sich insbesondere in der frühen Metallurgie eine große Bandbreite verschiedener möglicher Verfahrenswege ab, weswegen ein differenzierter Blick nötig ist:

„[...] Thornton argued that studies of the development of metallurgy in the Old World are constrained by a persistent “linear trajectory” model. This model presents a historical narrative in which the early use of native copper led to the smelting of “pure” copper oxides, then to the smelting of impure oxides (which produced slag as a waste product), and eventually to copper sulfide smelting in larger furnaces. Thornton suggested that this linear model derives from an idealized scheme for the development of metallurgy in lowland regions of the Near East in general, the Levant in particular. He called this persistent archaeometallurgical narrative the “Levantine Paradigm” and argued that this model should not be extrapolated to other regions that might have different developmental sequences due to varying geological, ecological, and sociocultural contexts.

At the time, the Levantine Paradigm was constructed as an amalgamation of different viewpoints—a conceptual chimera—with no explicit exemplars in the published literature”<sup>65</sup>.

In Grundzügen ist Thornton zu folgen, jedoch vermögen seine Konstruktion des *Levantine Paradigm* als ein Problem oder Artefakt der Forschung zur Levante sowie die Übertragung dieses Konzeptes auf den Rest der (Alten) Welt nicht zu überzeugen. Namensgebung und Herleitung sind unglücklich (vgl. Iran Kap. IV.3). Wie schon Vorstellungen von *ex oriente lux*, die lange Zeit das Bild prägten, kritisch zu

---

<sup>58</sup> Maran 2000; Kurz zur Bedeutung des Artikels von Maran siehe Muhly 2008b, 72; Siehe auch Muhly 2002; Muhly 1996.

<sup>59</sup> Vgl. Pernicka 1987, 647. 678. 694.

<sup>60</sup> Siehe Kakavogianni u. a. 2008; Papadopoulos 2008; Muhly 2008b.

<sup>61</sup> Dazu etwa Lorscheider u. a. 2003, 301f.; Kienlin 2010, 18f. 20; Mit Augenmerk auf Schlacken Hauptmann 2003a, 460.

<sup>62</sup> Zum Konzept kumulativer wie progressiver Entwicklung von Techniken und Technologie in der Metallurgie siehe Budd 1993, 34; Kohl 2009, 29. 256; Ottaway – Roberts 2008, 214. – Vgl. Strahm 2010, 179-184. bes. 180 Abb.

<sup>63</sup> Zu diesem Problem siehe etwa Kienlin 2010, 3; Ottaway – Roberts 2008, 205f. – Zur Verknüpfung von Metallen bzw. Metallurgie und gesteigener sozialer Komplexität etwa Krause 2003, 235; Strahm 1994, 5-8; Strahm 2010, 179. 181f.; Ottaway – Roberts 2008, 193f. 204f.; Hauptmann 2007a, 115. 121; Hansen 2011a, 276.

<sup>64</sup> Dazu Kohl 2009, 28f.

<sup>65</sup> Thornton u. a. 2010, 305.

werten sind, so stellt auch ein linear gedachter Fortgang der metallurgischen Entwicklung für jede Region ein Problem dar. Das sog. *Standard Model* (Wertime)<sup>66</sup> wie auch deterministische Modelle technologischer Evolution sind allgemein zu hinterfragen<sup>67</sup>. Weiterhin bleibt aber nach den Gründen für Überschneidungen von (zeitgleichen) Entwicklungen in der Metallurgie zu fragen.

Der Übergang von oxidischen zu sulfidischen Erzen bei der Verhüttung wurde sowohl durch die Erschöpfung oxidischer Erzquellen und damit dem Aufbau der Lagerstätten als auch mit kulturell-technologischen Fortschritten verknüpft<sup>68</sup>. Ein Verfahrensablauf mit Röstung und nachfolgendem Matteschmelzen, wie er für die Bewältigung sulfidischer Erze angenommen wird, kann übrigens unter Umständen Verluste von Elementen wie Arsen bedeuten<sup>69</sup>. Lange Zeit galt es als unmöglich, sulfidische Erze mit einfachen Methoden zu verhütten<sup>70</sup>. Insbesondere Fahlerze galten als schwierig zu verhütten, und ihre prähistorische Nutzung wurde kategorisch ausgeschlossen<sup>71</sup>. Die längste Zeit war man sogar der Meinung, dass Fahlerze erst ab dem Hohen Mittelalter verhüttet werden konnten<sup>72</sup>. Fahlerze könnten jedoch eine viel größere Rolle in der frühen extraktiven Metallurgie gespielt haben<sup>73</sup>: Sie eigneten sich für die Erzeugung sowohl von Kupfer und Kupferlegierungen (vgl. Kap. II.2.4.4.6; II.2.4.4.7; II.3; III.2.1) als auch von Kupfersilberlegierungen (vgl. Kap. II.4.4; IV). Die Fund- und Befundlage – regelhafte Öfen fehlen wie auch Tuyères und Blasrohrdüsen nahezu völlig für die chalkolithische Zeit<sup>74</sup> – legt aber einen ganz anderen, einfachen Verhüttungsansatz nahe. Diese einfache Verhüttung wirkt sich positiv auf die Darstellung von Metallen aus Verhüttungschargen mit Anteilen an sulfidischen Erzen aus (Kap. II.2.4.4.5). Vermeintliche Ofenbefunde können allzu oft nur als einfache Herde und Feuergruben angesprochen werden oder sind nicht mit der Metallurgie zu verbinden (s. eklektisch Norşuntepe Kap. IV.2.2). Erschwert wurde die Erforschung durch die Knappheit an Schlackenfunden bzw. das Fehlen regelhafter Schlacken. Schlacken, die auf vielfältige Weise analysiert werden können, stellen aber eine Hauptquelle der Interpretation von Hüttenprozessen dar<sup>75</sup>. Oftmals sind nur kleine, teils zerbrochene Schlackenstücke überliefert. Diese uneindeutigen Überreste extraktiver Metallurgie erschwerten eine Interpretation der Prozesse oder wurden gar ignoriert (s. etwa Kap. IV.6.1)<sup>76</sup>. Dies ist auch eine Folge einer Sichtweise, die zwischen Niedrig- und Hochtechnologie unterscheidet<sup>77</sup>. Ähnliche Umstände behindern auch die Bewertung der Silbermetallurgie.

---

<sup>66</sup> Zu einer Zusammenfassung siehe Kienlin 2010, 3f. und Killick 2005, bes. 485. 487f. (u. a. zu Wertime; vgl. Wertime 1973); Siehe und vgl. etwa Pernicka 1990, 46 mit Abb. 12; 49; Pernicka 1987, 612f.; Strahm 2010, 180-184; Strahm – Hauptmann 2009, bes. 116f. mit Fig. 1.

<sup>67</sup> Zu Kritik an technologischem Determinismus siehe Pfaffenberger 1988, 243f.

<sup>68</sup> Siehe beispielsweise Strahm – Hauptmann 2009, bes. 120; Strahm 1994, 2f. 33-35; Ottaway 1994, 16-18; Wertime 1973, 882; Siehe dazu Killick 2005, bes. 487f.; Kienlin 2010, 18; Budd u. a. 1992, 679; O'Brien 1999, 33; Hauptmann 2007a, 117-122.

<sup>69</sup> Budd u. a. 1992, 679.

<sup>70</sup> In der archäometallurgischen Forschung wird das Erschmelzen von Kupfer häufig mit der Reduktion oxidischer Erze durch Kohlenstoff in Öfen oder dem Matteschmelzen sulfidischer Erze gleichgesetzt (siehe Forbes 1964, 18. 30); Dazu auch Craddock 1995, 145.

<sup>71</sup> Dazu Moesta 2004, 270; Martinek – Sydow 2004, 200; Lorscheider u. a. 2003, 301; Stöllner 2003, 30f.; Goldenberg – Rieser 2004, 38; Bachmann 2003, 25. bes. 30f.

<sup>72</sup> Bachmann 2003, 30f.

<sup>73</sup> Mit weiterer Literatur Bourgarit u. a. 2003, 438f.

<sup>74</sup> Bourgarit 2007, 7f.

<sup>75</sup> Mit weiterer Literatur Hauptmann 2003a, 459f.

<sup>76</sup> Hauptmann 2003a, 460; Zu einer umfassenden Neuinterpretation der Überreste der (frühen) Verhüttung und der Prozesse siehe etwa Hauptmann 2000 (=Hauptmann 2007b); Hauptmann 2003a.

<sup>77</sup> Siehe und vergleiche Hauptmann 2003a, 460.

Die Bedeutung des Eisens in Metall bzw. bei der Verhüttung wurde in der archäometallurgischen Forschung lange vernachlässigt<sup>78</sup>. Während einige Forscher annehmen, anhand von Eisengehalten nur unterscheiden zu können, ob es sich um Rohkupfer oder raffiniertes Kupfer handelt<sup>79</sup>, versuchen andere, Rückschlüsse auf die Bedingungen und Technik der Verhüttung zu ziehen. Eisen kann durch das Erz oder eventuelle Flussmittel<sup>80</sup> in den Prozess gelangen und bei einem schlackenbildenden Prozess einer der Hauptbildner der Schlacken sein. Beim Durchsinken der Schlacke kann Kupfer Eisen aufnehmen. Bei einem Tiegelverfahren wiederum kann aufgrund der ungenügend reduzierenden Bedingungen unreduziertes Eisen von der Kupferphase aufgenommen werden<sup>81</sup>. Nach Craddock und Meeks spiegeln die Eisengehalte im Kupfer die Verhüttungstechnologie wider<sup>82</sup>. Niedrige Eisenwerte gelten als Indikator für eine Verhüttung bei niedrigen Temperaturen und unter eher schwach reduzierenden Bedingungen<sup>83</sup>. Aber auch ob Eisen im Kupfer etwa als Oxid oder Metall vorliegt, kann Aussagen zur Technologie erlauben<sup>84</sup>. So kann der Eisengehalt sowohl die Güte der Trennung von Eisen und Kupfer während Verhüttung und Raffination anzeigen<sup>85</sup> als auch generell Rückschlüsse auf Art und Bedingungen der Verhüttung zulassen. Auch Aussagen zur grundsätzlichen Verfahrenstechnik können abgeleitet werden. So zeigen viele Schlacken des Chalkolithikums, dass Erze bzw. Chargen mit niedrigen Eisengehalten verhüttet wurden, und die Schlacken hochviskos waren<sup>86</sup>. Auch weitere Elemente, die sich im ausgebrachten Metall befinden, können Aussagen zur Technik gestatten. Aus welchen Elementen Metalle zusammengesetzt sind, kann über chemische und spektrographische Analysen ermittelt werden. Eine Auswahl der Nebenelemente, deren Mengen (-verhältnisse) sich bei der (bronzezeitlichen) Verhüttung nicht maßgeblich ändern sollen, wird herangezogen, um die Lagerstättenherkunft zu bestimmen. Die Mengen anderer Nebenelemente des Kupfers werden von den technischen Parametern der Verhüttung stärker beeinflusst. Bei der chalkolithischen Verhüttung dürften auch Änderungen bei den Nebenelementen festzustellen sein, die eigentlich für die Lagerstättenherkunft verwendet werden (Kap. II.2.2.1). Die Zusammensetzung kann auch Rückschlüsse auf verwendete Erzsorten und Herstellungstechniken erlauben. Durch qualitative und teils auch quantitative Betrachtungen der Metalle, die von verschiedenen Kulturen verwendet wurden, können damit Werkstattkreise erschlossen werden (Kap. IV).

Neben Eisen stellen auch Sauerstoff und Schwefel wichtige Verunreinigungen von Kupfer dar. Auch letztere können unter bestimmten Voraussetzungen Aussagen zum Herstellungsprozess erlauben. Häufiger noch als Eisen werden aber Sauerstoff und Schwefel nicht analysiert oder in Analysetabellen nicht ausgewiesen<sup>87</sup>. Ein möglicher Herstellungsweg von Kupfer und Kupferlegierungen ist die Abscheidung von Metall und Speisen aus Sulfidphasen (Kap. II.2.4.4.7). Schwefelnachweise hätten das Potential, diesen Herstellungsweg besser von anderen abzugrenzen<sup>88</sup>. Möglicherweise würde sich

---

<sup>78</sup> Craddock – Meeks 1987, 187; Siehe dazu Merkl 2011, 66f.

<sup>79</sup> Pernicka 1987, 634; Pernicka 1984, 522; Siehe Merkl 2011, 66f.

<sup>80</sup> Merkl 2011, 67.

<sup>81</sup> Craddock 1995, 137-140. bes. 138; Merkl 2011, 67.

<sup>82</sup> Craddock – Meeks 1987, bes. 187-180. 193. 202; Craddock 1995, 137-140 mit Table 4.1.

<sup>83</sup> Craddock u. a. 2007, 37.

<sup>84</sup> (Vgl.) Pernicka 1999, 166; Tylecote u. a. 1977, 328.

<sup>85</sup> Pernicka 1999, 165f.

<sup>86</sup> Tylecote 1991, 194; Vgl. Bourgarit 2007, bes. 6 Fig. 3 mit Abbildungsunterschrift.

<sup>87</sup> Tylecote u. a. 1977, 327-330; Merkl 2011, 31 Anm. 51; 64f. 66f. 141; Kienlin 2010, 19; Lesniak 1991, bes. 1. 5. 37. 119f. 194. 253. – Siehe zu Sauerstoff Merkl (2011, 64f.) und anhand von Beispielen etwa Kienlin 2008, 97-100; Moesta 1992, 143.

<sup>88</sup> Siehe allgemein als Nachweis der Verhüttung sulfidischer Erze (allerdings ist im Verfahrensweg eine Röstung vorgesehen) kurz Rapp 1989, bes. 110. – Kupfer welche durch eine Sulfidphase erzeugt wurden, sollen einen fünf- bis zehnmals höheren Schwefelgehalt durch Sulfideinschlüsse aufweisen als in einem bei Moesta (1992,

deren Potential – mit Einschränkungen – noch erhöhen, wenn man Zuschläge ausschließen bzw. die zur Verhüttung gebrachte Charge genauer charakterisieren könnte (vgl. Kap. II.2.6)<sup>89</sup>. Aus einer detaillierteren Analyse des Metalls könnte man, weiterhin mit Einschränkungen, Rückschlüsse auf den Herstellungsprozess gewinnen<sup>90</sup>.

Die Definitionen von Arsenkupfer und anderen Kupferlegierungen sind eng mit der Frage verknüpft, wie sie erzeugt wurden, bzw. ob eine Intention hinter ihnen steht<sup>91</sup>. Ab welchem Gehalt beispielsweise von Arsen eine intentionelle Legierung vorliegt, ist umstritten. Es galt lange als unwahrscheinlich, dass Arsenkupfer mit 3–10 % Arsen ohne die Zugabe von Arsenmineralien hergestellt wurden<sup>92</sup>. Derartige Arsengehalte werden deshalb auch implizit als Schwellenwerte für absichtliche Legierungen gesehen (vgl. Kap. II.1). Aber auch die Arsengehalte mit bis etwa 2 % von Kupfern Mittel- und Südosteuropas sowie Vorderasiens werden bereits als Produkt einer (absichtlichen) Verhüttung arsenhaltiger Erze erklärt<sup>93</sup>. Versuche, die dies belegen sollten, beruhten aber teilweise auf schlackenbildenden

---

143) besprochenen Fall, in dem er bei 0,18 Gew.% S liegt und auf die Verhüttung von oxidischem Erz mit reliktschen Sulfiden zurückgeführt wird und deren Schwefelgehalt bei der Verhüttung nicht verändert worden sein soll. Schwefelgehalte in Bezug auf die Erzeugung von Arsen-/Antimonmangellegierungen und Speisen aus einer Sulfidphase wurden von Lesniak (1991, bes. 1. 5. 37. 119f. 194. 253) nachvollzogen. In Übereinklang mit Moesta (s. o.) sollten Schwefelgehalte um 2 % zu erwarten sein. In bronzezeitlichen Legierungen, die sich wahrscheinlich aus Sulfidphasen abgeschieden haben, sind solche Schwefelgehalte nachgewiesen. Jedoch sind dafür Gleichgewichtsbedingungen erforderlich und für die frühe Metallurgie kann mit niedrigeren Schwefelgehalten zu rechnen sein (vgl. die Ausführungen dazu in Kap. II.2.4.4.7; IV.6). Bei Verhüttungsversuchen mit oxidischen sowie sulfidischen Erzen im Matteschmelzverfahren kam es zu meist unter 1 %, im Bereich von 0,X% liegenden und damit in gewisser Hinsicht recht ähnlichen Schwefelgehalten (Tylecote 1980b, bes. 7. 12 Table 5). Rapp (1989) zufolge soll nach einer – allerdings mittelbaren (!), über die Nebenelemente erreichten – Zuordnung von archäologischen Objekten zur Erzbasis ein Schwefelgehalt im Bereich von 0,0X% für eine Herkunft aus oxidischen Erzen und ein Schwefelgehalt im Bereich von 0,X % für eine Herkunft aus sulfidischen Erzen sprechen. Dabei gilt ein Wert von (um) 0,1 % S als Grenzwert für einen niedrigen und hohen Schwefelgehalt respektive für eine Abkunft von oxidischen Erzen (niedrig) und sulfidischen Erzen (hoch). Für die (urgeschichtliche) Verhüttung sulfidischer Erze dabei wird eine Röstung veranschlagt. Dabei ergaben Verhüttungsversuche in einem schlackenbildenden Verfahren mit geröstetem Chalkopyrit Schwefelgehalte im Bereich von mindestens X% (3,48–14,09 %). Die Diskrepanz zu den untersuchten archäologischen Funden wird mit einer Röstung in der Urgeschichte erklärt. Zu metallographisch nachgewiesenem „Bronze Age British metalwork“ „high in sulphides“ mutmaßlich aus einer Sulfidphase auf Basis von Chalkopyrit siehe Craddock 1995, 137 (hier auch zu den Zitaten).

Dies alles bleibt kritisch zu sehen, jedoch könnten relativ niedrige Schwefelgehalte zunächst durchaus mit einer Herkunft aus sulfidischen Erzen in Übereinstimmung zu bringen sein bzw. nicht dagegensprechen. Weitere Fragen zur Höhe der Schwefelgehalte in Kupfer ergeben sich jedoch bei der Abscheidung von Metallphasen aus Sulfidphasen.

<sup>89</sup> Vgl. Tylecote u. a. 1977, 327f. mit Table 23.

<sup>90</sup> Siehe etwa Craddock 1995, 137-144; Vgl. auch Rapp 1989.

<sup>91</sup> Zur Definition von Legierungen bzw. Bronzen (auch mit As) siehe Pernicka 1990, 47f. 50. Abweichend davon sollen in dieser Arbeit als Bronzen nur solche Legierungen des Kupfers mit Zinn gelten, und andere Legierungen von Kupfer mit Nebenelementen (die mutmaßlich mit dem Erz ins Kupfer kamen) als Kupferlegierungen angesprochen werden. Eigentlich müsste man von Arsen- oder Antimonmangellegierungen usw. sprechen (vgl. dazu Moesta 2004, bes. 270 mit Anm. 5). Zu einer Erörterung der Berechtigung von Legierungen im Falle von Arsenkupfer und Fahlerzmetallen in einem erweiterten Sinne sprechen zu dürfen, siehe Junk 2003, 4f. Arsenkupfer, Fahlerzkupfer, AsNi-Kupfer etc. werden als Termini technici zur weiteren Differenzierung genutzt. Teilweise liegen die Nebenelementgehalte einzelner besprochener Artefakte unter Gehalten, die sie zu Legierungen qualifizieren (s. Kap.), sind für das Verständnis der Technologie aber dennoch wichtig.

<sup>92</sup> Palmieri u. a. 1993, 574.

<sup>93</sup> Nach Kienlin 2010, 18; Zur Diskussion (Lit. weitgehend nach Kienlin) siehe und vgl. Ottaway – Roberts 2008, 208f Lechtman 1996, etwa 477. 479. 481. 506; Lechtman – Klein 1999, 500; Kienlin 2008, 251-280. bes. 268-272; Roberts – Thornton – Pigott 2009, 1015. 1017f.; Pernicka 1990, 48; Für Europa bemerken Ottaway – Roberts (2008, 197), dass im Europa des 4. Jt. v. Chr. neben intentionellen auch versehentliche Legierungen zu finden sein dürften.

Verfahren. Bei anderen Versuchen mit dem gleichen Ziel wurden zwar reine Erze mit „primitiven“ Methoden verhüttet, ohne aber die Charakteristika der frühen Verhüttung zu berücksichtigen (vgl. Kap. II. bes. II.2.7). Für den Nachweis, dass nebenelementreiche Erze zu Legierungszwecken zugemischt oder (mit-) verhüttet wurden, stehen archäologische Funde von etwa Arsen-, Antimon- und Nickelmineralien weitgehend aus (vgl. aber die Situation im Iran des endenden 4. Jt. v. Chr., Kap. IV.3). Für die Legierungserzeugung steht aber mit der sog. Tiegelmetallurgie bzw. schlackenlosen Metallurgie seit langem eine weitere Technologie im Raum: Sie bietet aufgrund ihrer Verfahrenszüge gute Rahmenbedingungen, um legiertes, möglicherweise auch hochlegiertes Kupfer ohne die Zugabe von Vorlegierungen oder arsenhaltiger Erze zu erzeugen (Kap. II.3)<sup>94</sup>. Vergleichsweise hohe Kupferverluste in die Schlacken konnten vor diesem Hintergrund möglicherweise hingenommen werden<sup>95</sup>. Die Zusammensetzungen der Kupferartefakte decken sich teilweise mit diesen Überlegungen (Kap. IV). Damit müssen Fragen zum Stand der Technologie neu gestellt werden.

## I.2. Zur Idee

Die Zeitspanne zwischen erstem Auftreten von (verhüttetem) Kupfer und Durchsetzung von Bronze wird weltweit und teilweise auch innerhalb einer Region unterschiedlich bezeichnet: Begriffe wie Jung-, Spät- und Endneolithikum, Äneolithikum, Chalkolithikum, Kupferzeit und auch Frühbronzezeit werden verwendet (z. B. Taf. 38, 1). Die Gründe dafür sind in unterschiedlichen Forschungstraditionen und gewachsenen chronologischen Schemata zu suchen, die meist mit dem Ziel verbunden sind, das Dreiperiodensystem von Chr. J. Thomsen von 1836 zu erweitern und beifolgend zu untergliedern<sup>96</sup>. Neben ihrer chronologischen und typologischen Verwendung werden diese Begriffe gleichzeitig auch genutzt, um kulturelle, historische und ökonomische Phasen mit teils unterschiedlichen Inhalten zu beschreiben (vgl. etwa die *Kupferzeit als historische Epoche*<sup>97</sup>)<sup>98</sup>. Trotz dieser Inkonsistenzen und trotz des Bezugs auf das Material Kupfer, soll in dieser Arbeit der generische Begriff *chalkolithische Verhüttung* verwendet werden<sup>99</sup>, um den technischen Prozess der Kupferextraktion zu beschreiben (s. u.). Dies trägt auch dem chronokulturellen Umstand Rechnung, dass nicht in allen Regionen der Fundbestand erlaubt, von einer Kupferzeit zu sprechen<sup>100</sup>. Auch vermag der Begriff *chalkolithische Verhüttung* eine Vielzahl von Verfahrenssträngen zu subsumieren. Die unterschiedlichen Verfahrensstränge zeigen dabei Überschneidungen hinsichtlich ihrer technischen Anforderungen und ihres Wirksamkeitsbereiches. Zum Thema der archäologischen Phasenbezeichnung bzw. -definition und dabei der Rolle von Metall – ohne weiteres füllen sich damit Bände – ist aus der hier zitierten Literatur speisend und im Vorgriff auf Betrachtungen und Ergebnisse dieser Arbeit zu bemerken, dass

---

<sup>94</sup> Die Übertragung der im Erz vorkommenden Spuren-/Nebenelemente in das bei einer Verhüttung ausgebrachte Metall, hier Kupfer, darf nach Ottaway (1994, 129) nicht als Legierung bezeichnet werden. Demgegenüber wird in dieser Arbeit trotzdem dieser Terminus benutzt, da Intention und spezielle Vorgänge mit der Erzeugung nebenelementreicher Kupfer verbunden sein könnten.

<sup>95</sup> Ein Charakteristikum früher Schlacken sind hohe Kupferrestgehalte (Hauptmann 2003a, 460f. mit Fig. 1).

<sup>96</sup> Eggert 2001, 33-35 (zu Thomsen); Kienlin 2010, 3f.; Merkl 2011, 27-29; Pernicka u. a. 1997, 41; Pernicka 1990, 21; Link 2006, 15; Zu Pulszky, der Terminologie in Ungarn und auf dem Balkan siehe kurz Klimscha 2012b, 1209.

<sup>97</sup> Programmatisch Lichardus 1991a; Lichardus 1991c, 787f.

<sup>98</sup> Teilweise darauf Bezug nehmend Merkl 2011, 27-29; Kienlin 2010, 4-8. bes. 4; Govedarica 2009, bes. 60f.; Hansen 2011a, bes. 283.

<sup>99</sup> Vgl. Bourgarit 2007, 3; Vgl. auch Strahm 1994, 8. 35f. mit den Begriffen Chalkolithikum und Metallikum.

<sup>100</sup> Zum Fundbestand und den je nach Region in Mittel- und Südosteuropa verwendeten Bezeichnungen siehe Kienlin 2010, 3-8. Zu in Mitteleuropa verwendeten Terminologien siehe Taf. 38, 1 nach Schier 2010. Speziell zur Frage nach einem Chalkolithikum in der Ägäis bezüglich der Metallurgie – und dies teilweise auch aufgrund quellenkritischer Überlegungen in Grundzügen bejahend – siehe Maran 2000, bes. 179. 182f. 191f.



der Untersuchungsstand und unser Verständnis eines Chalkolithikums sowie Aussagen zum Stand der Metallurgie in vielen Regionen stark von quellenkritischen Überlegungen und dem Forschungsstand abhängig sind<sup>101</sup>. Bei der archäologischen Betrachtung werden in den kulturgeschichtlichen Kapiteln dieser Arbeit weitgehend die lokalen Terminologien verwendet, wobei versucht werden soll, diese Begriffe nicht kulturgeschichtlich zu füllen.

Die frühe Verhüttung wird häufig als primitiv charakterisiert, Umfang und Stufe werden beispielsweise als *domestic, small scale, household metallurgy, cottage industry* und *trial & error* beschrieben<sup>102</sup>, und diese Sichtweisen können unterschwellig auch deren technische und technologische Bewertung beeinflussen und zu Zirkelschlüssen führen<sup>103</sup>. Regelmäßige Fließschlacken liegen nicht vor. Die gewissermaßen wertlosen Nebenprodukte der chalkolithischen Verhüttung werden in Ermangelung anderer Begrifflichkeiten mit dem Terminus *technicus* Schlacken bezeichnet. In der Literatur etwa werden sie beispielsweise als *unreife Schlacken* bezeichnet, was aber gleichzeitig eine Bewertung des Stands der Technik impliziert<sup>104</sup>. Reguläre Schlacken charakterisieren gleichzeitig einen Verfahrenszug, der letztlich von modernen Vorstellungen geprägt ist. Denn auch die Rekonstruktion eines „bronzezeitlichen“ schlackenbildenden Schachtofenverfahrens beruht auf der Übertragung neuzeitlicher Konzeptionen der Verhüttung<sup>105</sup>. Dessen Hauptmerkmal besteht darin, dass die wertlose Gangart als Schlacke vom Wertträger getrennt wird. Für die allerfrüheste Metallurgie vermutet man, dass besonders reine Kupferminerale (Cuprit, Malachit) verwendet wurden. Später sollen, wenn nicht selbstgehende Erze verwendet wurden, Flussmittel zugesetzt worden sein, um ideale Schlacken zu erhalten<sup>106</sup>. Wesentlich für ideale Schlacken sind Anwesenheit von genügend Eisen und stark reduzierende Bedingungen. Dabei spielen zur Ausbringung des chemisch reduzierten Metalls oder von Sulfidphasen die Dichterunterschiede der allesamt flüssigen Chargenbestandteile eine wichtige Rolle. Dieser schlackenbildende Prozess gilt vielfach als einfacher und vor allem als effizienter. Daher bliebe es unverständlich, warum der urgeschichtliche Metallurge diesen Prozess, die notwendigen Temperaturen waren ihm ja auch in ungefähr vom Guss her bekannt, nicht hätte einsetzen sollen<sup>107</sup>. Die Rekonstruktion schlackenbildender Verhüttungsverfahren für die Urgeschichte ist aber mit Problemen behaftet (Kap. II.2.5)<sup>108</sup>. Bereits die selben bronzezeitlichen „Ofen“befunde sowie die darin ablaufenden Prozesse werden im archäologisch-archäometallurgischen Diskurs unterschiedlich gedeutet<sup>109</sup>. Zudem besteht ein Widerspruch. Einerseits benötigen regelmäßige fayalitische Schlacken Eisen, andererseits bzw. komplementär dazu wird etwa die Abtrennung von Schwefel und Eisen als eine der wichtigsten Operationen sowohl während als auch nach der Verhüttung gesehen<sup>110</sup>. Dem schlackenbildenden Verfahren gegenüber hat Craddock für die Anfänge der extraktiven Metallurgie

---

<sup>101</sup> Beispielsweise Hansen 2009; Hansen 2011a; Maran 2000, 179. 181-183. 191f.; Klimscha 2017, bes. 150f. 153f. 156.

<sup>102</sup> Siehe etwa Bachmann 1978, 67; Hauptmann – Palmieri 2000, 76; Strahm – Hauptmann 2009, 119; Hauptmann 2003a, 459; Auch kritisch Hauptmann u. a. 1993, 545. 553; Vgl. auch Becker 2007, 191.

<sup>103</sup> Maddin u. a. 1980, 211; Zu einem kongruenten Problem bei Fahlerzen Stöllner 2003, 31. Ähnliches trifft auch die (chronologischen) Phasenbezeichnungen zu, die auch soziokulturelle Implikationen von Metallurgie tragen (dazu Kienlin 2010, 4). Kritisch zu einer Ansprache von frühen Schlacken als *trial & error*-Produkte Hauptmann u. u. 1993, 553.

<sup>104</sup> Vgl. dazu Bourgarit 2007, bes. 3. 10.

<sup>105</sup> Dazu Killick 2005, 488.

<sup>106</sup> Tylecote 1980b, 5.

<sup>107</sup> Pernicka 1999, 164.

<sup>108</sup> Hauptmann 2003a, 460.

<sup>109</sup> Dazu Lesniak 1991, 6f.; Metten 2003, 11-16. 70f.

<sup>110</sup> Pernicka 1999, 165; Pernicka 2004, 317; Schwarz 1980, 105.

plakativ das schlackenlose (*non-slugging*) Tiegelverfahren gesetzt<sup>111</sup>. Kennzeichen dieses Verfahrensweges sind neben der weitgehenden Schlackenlosigkeit, dass bei relativ niedrigen Temperaturen und schwach reduzierenden Bedingungen (auf Basis reiner Erze) operiert wird. Weiter gelten in diesem Rahmen die Nutzung verschiedener Erze und die Entstehung vitrifizierten Materials als möglich<sup>112</sup>. Hauptmann rekonstruiert neuerdings für die frühe Verhüttung einen Verfahrenszug, der die Trennung der Chargenbestandteile nach ihren Schmelzpunktunterschieden vorsieht, ohne dass dabei ideale flüssige Schlacken entstehen<sup>113</sup>. Auch wenn es sich dabei nicht dem Wortsinne nach um eine schlackenlose Metallurgie handelt, bestehen Gemeinsamkeiten bei den Prozessbedingungen. Eisen kann in beiden Fällen weitgehend aus dem System der Verhüttung gehalten werden (vgl. Kap. II.2.5 vs. II.2.6). Die Grundlagen und Prozessbedingungen erlauben nach Hauptmann dabei auch die Metallgehalte etwa als Sulfidphasen zu extrahieren (Kap. II.2.4.4.5)<sup>114</sup>. Dazu sind hinsichtlich der Legierungserzeugung insbesondere Überlegungen von Moesta (2004) und Lesniak (1991) zur Speiseabscheidung aus Sulfidphasen interessant (Kap. II.2.4.4.7). Die chalkolithische Verhüttung birgt dabei möglicherweise weitere Vorteile für die Gewinnung von Kupferlegierungen. Der Legierungspartner muss nicht als reichhaltiges Erz oder Vorlegierung zur Verhüttungscharge oder zum erschmolzenen Kupfer zugegeben werden (Kap. II.3). Die Wertträger können weitgehend aus der Matrix des Ganggesteins ausgeschmolzen werden. Gleichzeitig konnte bei der frühen Verhüttung beiläufig eine Entschwefelung stattfinden (Kap. II.2.4.4.8). Die Erschließung der Hüttenprozesse bedient sich der Interpretation von Schlacken. Schon die *bronzezeitlichen* Schlacken wurden in problematischer Weise zumeist unter heutigen Vorstellungen konzeptualisiert<sup>115</sup>. Die Rekonstruktion früher Verhüttungs- und auch Legierungserzeugungsverfahren bedarf erst recht anderer Ansätze<sup>116</sup>. Grundlegendes dazu stammt aus den Betrachtungen von Hauptmann<sup>117</sup>. Alle Anzeichen sprechen für eine Intention und eine *chaîne opératoire*, die für die Überführung von Nebenelementen konditioniert ist. Dies beginnt mit der Erzauswahl und -aufbereitung (Kap. II.2.3.1; II.3.2; III. bes. III.3.1). Allzu „primitive“ Verfahren galten schon früh als Ursache für versehentlich verunreinigte Kupfer wie Arsenkupfer<sup>118</sup>. Eine Verknüpfung der Auswirkungen des schlackenlosen Verfahrens mit der Erzeugung von Legierungen, wie es die chalkolithische Verhüttung erlaubt, wurde in der Forschung so noch nicht berücksichtigt. Neben den Überresten der Verhüttung und den daraus zu erschließenden Prozesssträngen liefern die Metallsorten des 4. Jt. Hinweise auf die Legierungserzeugung (vgl. Kap. II mit Kap. IV)<sup>119</sup>.

Insbesondere Legierungen einzelner Objektklassen wie etwa die Dolche in Europa (Arsenkupfer) oder Metallsorten wie die *prestige metals* der Levante (As-Sb-/[Ni]-Kupfer) geben Anhaltspunkte auf deren Gewinnungsverfahren (bes. Kap. IV.1.3; IV.6). Die Produktion von legierten Kupfern wie Arsenkupfer kann auf unterschiedliche Weisen erfolgen, und eine Ableitung der Intention ist deshalb nicht immer möglich<sup>120</sup>. Jedoch lassen teilweise objektspezifische Verwendungen wohl eine Wertschätzung und

---

<sup>111</sup> Craddock 1995, 122-137. bes. 126f. 135. ferner 137-146; Vgl. etwa bereits Craddock – Meeks 1987, bes. 187f.; Craddock 2000, bes. 155f.; Nach Killick ist die Tiegelverhüttung (*crucible smelting*) die Verhüttung reiner Erze (Killick 2005, 489).

<sup>112</sup> Craddock 1995, 135-137; Craddock 2000.

<sup>113</sup> Hauptmann 2003a; Hauptmann 2000≈2007b; Hauptmann 2007a; Zitate an entsprechender Stelle in dieser Arbeit.

<sup>114</sup> Z. B. Hauptmann 2003a.

<sup>115</sup> Killick 2005, 488.

<sup>116</sup> Siehe und vgl. Killick 2005, 488.

<sup>117</sup> Hauptmann 2000≈2007b; 2007a; 2003a.

<sup>118</sup> Budd 1993, 34. 37; Craddock 1995, 144.

<sup>119</sup> Z. B. Craddock 2000.

<sup>120</sup> Budd 1993, 36.

damit ein Streben nach solchen Kupfern erkennen. Unter Umständen muss im Einzelfall entschieden werden, ob eine intentionelle Legierung vorliegt<sup>121</sup>. Wie gesagt sind durchaus unterschiedliche Methoden zur Legierungserzeugung denkbar (Kap. II) und diese deuten sich teilweise auch an (Kap. IV).

Für die technische Bezeichnung des Prozesses der frühen Verhüttung, strenggenommen können es vielfältige Verfahren (Verhüttung oxidischer oder sulfidischer Erze, *co-smelting*, Sulfidschmelzen) sein, wurde bereits die *schlackenlose* Verhüttung bzw. das *Tiegelverfahren* in die Forschung eingeführt<sup>122</sup>. Diese Begriffe, die auch als Begriffspaar verwendet werden, können aber irreführend sein, wenn Tiegel nicht oder aber verschlacktes Material doch vorliegen. Die Grundzüge von schlackenloser Verhüttung und Tiegelverfahren teilen sich aber viele Gemeinsamkeiten: Belüftung von oben, vergleichsweise niedrige Temperaturen und schwach reduzierende Bedingungen<sup>123</sup>. Die schlackenartigen Überreste früher metallurgischer Tätigkeiten erfüllen überwiegend nicht (ganz) die Definition freilaufender Schlacken, und so können diese beiden Termini – schlackenlos und Tiegelverhüttung – neben weiteren in dieser Arbeit synonym, manchmal mit Betonung eines Aspektes, verwendet werden. Die Erzeugung der Verhüttungsbedingungen erfolgte in einem größeren System als Reaktor mit verschiedenen, möglicherweise ephemeren Hilfsmitteln, um die Variablen der Verhüttungsatmosphäre zu steuern. Diese Hilfsmittel sind zwar nicht immer fassbar, aber die Prozesse sind häufig durch eine schwach reduzierende Atmosphäre und anderes mehr, wie etwa Auswahl und Aufbereitung des Erzes charakterisiert. Deshalb könnte man die Termini Tiegelverhüttung und schlackenloser Prozess, auch wenn sie wesentliche Aspekte der frühen Verhüttung charakterisieren, als unzureichend ansehen und erweitern. Zur technisch-chronologischen Abgrenzung führt Bourgarit den Terminus *chalkolithische Verhüttung* („chalcolithic copper smelting“) ein<sup>124</sup>. Auch dieser ist problematisch, selbst wenn er es in einem in vorliegender Arbeit genutzten erweiterten Verständnis vermag, zahlreiche Aspekte der Verhüttung zu umfassen, darunter auch das Ausschmelzen nach Schmelzpunktunterschieden. Unter der generischen Bezeichnung „chalcolithic“ wiederum fasst Bourgarit einen Zeitraum ein, der sich ihm zufolge etwa vom 5. bis 3. Jt. v. Chr. erstreckt. Zeitlich früheste Grenze bei Bourgarit bildet dabei der Beginn der extraktiven Metallurgie, nachweisbar durch „Schlacken“ bzw. – wie noch zu sehen sein wird – verschlacktes Material. Die spätere Grenze bildet in etwa der Beginn der Bronzezeit bzw. das Auftreten von größeren Mengen an (regelhaften) Schlacken<sup>125</sup>. Damit wird diese Einfassung, die anhand der andersartigen überlieferten Zeugnisse der frühen Verhüttung gewonnen wurde, neben der chronokulturellen Situation insbesondere auch der technischen Seite gerecht. Innerhalb dieses Kontinuums, welches je nach Region unterschiedliche chronologische Abschnitte und Zeiträume umfassen kann, mögen sich weitere Veränderungen vollziehen und Differenzierungen notwendig sein. Diese sollen hier weiter charakterisiert werden. Dabei liegt das Hauptaugenmerk darauf, einen möglichen Aspekt der chalkolithischen, überwiegend „schlackenlosen“ Verhüttung nachzuvollziehen: die Erzeugung von Legierungen. Um die technologischen Prozesse zu erschließen, die eine Erzeugung früher Legierungen erlaubten, ergeben sich nur wenige Anhaltspunkte. Archäologische Belege ihrer Durchsetzung bzw. Verbreitung sind rar. Die Technologie der Legierungserzeugung zu erschließen, kann deshalb nur gelingen, indem man ihre Implementation synchronistisch über weite Räume betrachtet und diachronistisch gegen andere Entwicklungen absetzt. Trotzdem bleibt es schwierig ein

---

<sup>121</sup> Northover 1989, 117.

<sup>122</sup> Vgl. oben. Diese Begriffe vermögen bereits verschiedene Prozessstränge zu subsumieren (vgl. Craddock 1995, 126f. 135-137; Craddock 2000, bes. 155f.).

<sup>123</sup> Craddock 1995, 126f. 135.

<sup>124</sup> Bourgarit 2007, bes. 3 mit Anm. 1.

<sup>125</sup> Bourgarit 2007, 3 mit Anm. 1; Im Gegensatz dazu steht gewissermaßen seine Schlussfolgerung, nach der die chalkolithische Verhüttung einen echten schlackenbildenden Prozess darstelle (Bourgarit 2007, 10).

kohärentes Bild zu gewinnen, da aufgrund der Komplexität der Wirklichkeit und einer lückenhaften und zufälligen Überlieferung viele Fragen offen bleiben. Immerhin lassen sich Anhaltspunkte für verschiedene Stränge der chalkolithischen Legierungserzeugung gewinnen.

### **I.3. Anfänge der Kupfer- und Silbermetallurgie sowie Legierungen**

In einer ersten Phase der extraktiven Metallurgie, deren Beginn in Teilen der Alten Welt mittlerweile deutlich früher angesetzt wird, als lange Zeit angenommen wurde, sollen teilweise zwar erkennbar verunreinigte, aber vorwiegend wohl dennoch relativ reine Kupfer gewonnen und verwendet worden sein (vgl. Kap. IV)<sup>126</sup>. Im Karpaten-Balkan-Raum und weiten Gebieten darüber hinaus folgte auf eine mutmaßlich erste Blüte der Metallurgie mit vorwiegender Nutzung von Reinkupfern ein scheinbarer Rückgang in der Metallurgie. Für Südosteuropa und die Ägäis etwa wurde eine an Kupferartefakten arme Zeit erschlossen<sup>127</sup>. Änderungen erfolgten, die als Umbruch gewertet werden. Danach wird spätestens ab der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. im Vorderen Orient und Europa, also nahezu „weltweit“, eine Verwendung von mit Arsen verunreinigten Kupfern gesehen (Kupfer-Arsen-Zeit)<sup>128</sup>. Unter anderem werden geologische Gründe dafür verantwortlich gemacht<sup>129</sup>. Ein Beginn der Arsenkupfermetallurgie bzw. verunreinigter Kupfer in einigen Räumen wurde und wird aber auch bereits im späten 5. Jt. v. Chr. und frühen 4. Jt. v. Chr. verortet<sup>130</sup>. Evolutionäre Sichtweisen bleiben bei der Frage nach dem zeitlichen Beginn zu hinterfragen. Für und über Südosteuropa hinaus wird in der Folge der oben genannten Veränderungen eine Restrukturierung der Kontaktnetzwerke bzw. des Kommunikationsraumes und die Verbreitung von „Arsenkupfer“ gesehen. Diese Phänomene werden von Chernykh für weite Teile des Untersuchungsraumes als Zirkumpontische Metallurgieprovinz beschrieben<sup>131</sup>. Mutmaßlich gleichzeitig mit Arsenkupfer wurde in Teilen des Untersuchungsgebietes auch die Verbreitung des Dolches<sup>132</sup> gegenüber bzw. zusätzlich zu den früher vorherrschenden Schwergeräten konstatiert. Diese Entwicklungen scheinen in weiten Teil des Untersuchungsgebietes (spätestens) in der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. abzulaufen. Darüber hinaus schien es Anhaltspunkte zu geben, dass sich gleichzeitig das erste durch Kupellation gewonnene Silber verbreitete<sup>133</sup>. Problematisch bei der Frage nach dem Beginn von Arsenkupfer und legiertem Kupfer ist zunächst deren Definition. Ab welchen Gehalten von einer intentionellen Legierung zu sprechen sei, ist ebenso umstritten (siehe etwa Kap. II.1) wie die Wahl der Bezeichnung etwa als Bronze oder Arsenkupfer<sup>134</sup>. Jedenfalls lässt sich eine stärkere Verunreinigung von Kupfern mit Nebenelementen (zumeist außer Eisen) feststellen. Teilweise zeigen einzelne Objektgattungen Verunreinigungen in einem Bereich, welcher Eigenschaften und Farbe spürbar veränderte<sup>135</sup>. Überwiegt Arsen, soll hier von Arsenkupfer die Rede sein, um eine Verwechslung mit (Zinn-) Bronze zu vermeiden<sup>136</sup>. Dabei ist in manchen

---

<sup>126</sup> Ottaway – Roberts 2008; Thornton u. a. 2009.

<sup>127</sup> Begemann u. a. 1994, 203.

<sup>128</sup> Begemann u. a. 2002, 203; Zwicker 1991, 331; Gernez 2007, 527-536. bes. 528f.; Pigott 1999a, 3. – „Zur Frage einer Kupfer-Arsen-Zeit“ siehe Selimchanow 1977.

<sup>129</sup> Pigott 1999a, 3.

<sup>130</sup> Als Legierung und zu Arsenkupfer Lechtman 1996, 477; Tendenziell als verunreinigtes Kupfer Thornton u. a. 2009, 1015.

<sup>131</sup> Chernykh 1992, 54-97; Dazu Hansen 2009, 29; Begemann u. a. 2002, 203.

<sup>132</sup> Begemann u. a. 1994, 204.

<sup>133</sup> Vgl. Wertime 1973, 876 mit Fig. 1.

<sup>134</sup> Siehe zu einer Definition etwa Lechtman 1996, 481; Das spielt auch eine Rolle bei der Klassifikation der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. als Bronze- oder Kupferzeit (kurz dazu Hansen 2009, 29).

<sup>135</sup> Siehe zu spürbaren Auswirkungen auf die Eigenschaften von Arsen auf Kupfer ab Gehalten von 0,5 % Lechtman 1996, 509f.

<sup>136</sup> Pigott 1999a, 3.

Regionen eine massive Nutzung hochlegierter, arsenhaltiger Kupfer erst in späteren Zeiten festzustellen; die Entwicklung verläuft nicht überall linear<sup>137</sup>. Unterschiedliche technische Traditionen zur Erzeugung von Arsenkupfer könnten in verschiedenen Teilen der Welt zu beobachten sein (oder werden teilweise von Forschungstraditionen konstruiert<sup>138</sup>). Weitere Änderungen lassen sich fallweise vielleicht an der Wende zum 3. Jt. v. Chr. beobachten (vgl. Iran Kap. IV.3). Die Arsenkupfer zeigen regional teilweise unterschiedliche Zusammensetzungen und Nutzungen (vgl. Kap. IV)<sup>139</sup>. Die verschiedenen Zusammensetzungen könnten technologische Adaptionen an eine jeweils eigene, regional verschiedene Erzbasis darstellen; auch eine eigene Wahrnehmung und Verwendung der Legierungen könnte damit verbunden sein<sup>140</sup>. Weitere technologische Unterschiede sind zu bedenken. Versuche und Metallanalysen geben Hinweise, wie Kupferlegierungen erzeugt worden sein könnten. Bei allen Unterschieden zeigen diese Hinweise Überschneidungen, die auf einen ähnlichen technologischen Rahmen schließen lassen (Kap. II). Insgesamt lassen die Betrachtungen dieser Arbeit bereits bzw. spätestens im ausgehenden 5. Jt. (und allerspätstens im frühen 4. Jt. v. Chr.) ein technisches Milieu erschließen, in welchem die Möglichkeit zur Erzeugung von Legierungen wie niedrig legierten Arsenkupfern sowie auch hoch legierter Kupfer gegeben war (Kap. IV). Dies wäre damit weit früher als bislang meist angenommen. Aufgrund oben genannter Überschneidungen, die in einen gemeinsamen technologischen Rahmen eingebettet sind, bietet sich für diese verschiedenen Kupferlegierungen eine weitgehend gemeinsame Betrachtung in dieser Arbeit an.

Den Beginn der Silbermetallurgie und die Verbreitung von Silber zu erschließen, ist infolge der einstweiligen Seltenheit und problematischen Datierung der Funde nur über eine Betrachtung ihres kulturellen und metallurgischen Kontextes möglich (Kap. IV). Dies gilt natürlich auch für die Kupellation. Denn obwohl Kupellationsfunde (möglicherweise) bereits früh einsetzen, müssen aufgrund des geringen Umfanges – ganze Regionen zeitigen keine Funde von früher Kupellation – die ältesten bislang bekannten Silberfunde größtenteils für sich selbst sprechen. Die Aussagen chemischer Analysen sind dabei aber nicht eindeutig (vgl. Kap. II.4.3.3). Die Aussagen werden zusätzlich durch unterschiedliche zur Disposition stehende Silberquellen und Gewinnungsverfahren erschwert, die sowohl ähnliche als auch unterschiedliche Signaturen im Silber zurücklassen können. Die Kupellation stellt einstweilen das einzige Darstellungsverfahren für Silber dar, das durch Funde erschließbar ist. Um einen Horizont zu bestimmen, der den Beginn der Kupellation, respektive der Verwendung kupellierten Silbers (je Region) markiert, müssen wegen der Seltenheit der Funde Ergebnisse interpoliert werden. Obwohl der Fundbestand in jüngster Zeit kaum zugenommen hat, können Fragen zu Zeitpunkt, Herkunft und Technologie dennoch neu beantwortet werden, da für viele Silberfunde eine Neubewertung ihrer chronologischen Stellung stattgefunden hat<sup>141</sup>.

---

<sup>137</sup> Gernez 2007, 528-531; O'Brien 1999, 33.

<sup>138</sup> Für verschiedene Regionen werden teils unterschiedliche Methoden zur Erzeugung von Arsenkupfer diskutiert (vgl. Kap. IV). Dies könnte unter anderem auch durch „Forschungstraditionen“ befördert sein. Eine abschließende Aussage zu diesem Aspekt ist im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich. Hier sollen für die frühe Legierungserzeugung verschiedene Überschneidungen möglicher Verfahren nachvollzogen werden.

<sup>139</sup> O'Brien 1999, 33.

<sup>140</sup> O'Brien 1999, 33.

<sup>141</sup> Siehe etwa Primas 1995; Maran 2000; Siehe auch den Katalog (Kap. IX) sowie den Hauptteil (Kap. IV) dieser Arbeit.

## II. Metallurgie: Technologische Grundlagen, metallurgische Voraussetzungen und Prozessabläufe

Die Metallogie und Metallurgie von Kupfer und Kupferlegierungen sowie von Blei und Silber müssen im Gesamtrahmen der verfügbaren technischen Möglichkeiten gesehen werden. Dabei spielen auch die zur Kupfergewinnung erforderlichen Voraussetzungen und Kenntnisse eine Rolle. Zumeist sieht die Forschung eine Entwicklung vom (vermeintlich) Einfachen zum Komplexen: Auf die Verwendung von gediegen Kupfer soll die Verhüttung oxidischer und schließlich sulfidischer Erze folgen<sup>142</sup>. Das vorliegende Kapitel orientiert sich weitgehend an diesem Schema. Jedoch sollen Überschneidungen und Besonderheiten bei den Prozessabläufen gesucht werden, die zu legierten Kupfern führen. Diese Überschneidungen gewähren möglicherweise Einblicke in die Technologie der Legierungserzeugung.

### II.1. Eigenschaften von Kupfer und Kupferlegierungen des Chalkolithikums und die Frage nach der Intention

Reines Kupfer lässt sich schlecht vergießen, und schon vergleichsweise geringe Mengen an „Verunreinigungen“ können dessen Eigenschaften vielfältig und merklich beeinflussen. Unterschiedliche Elemente – insbesondere in Mehrstofflegierungen – können gänzlich unterschiedliche Effekte hervorrufen; und nicht jede Verunreinigung des Kupfers führt für jeden Bearbeitungsweg und späteren Zweck zu positiven Effekten. Den größten Einfluss auf die Materialeigenschaften<sup>143</sup> von Kupfer (-legierungen) haben jene Spurenelemente, die am häufigsten in Kupfer gefunden werden und auch in Kupfererzen vorkommen: Bismut, Eisen, Zinn, Blei, Nickel, Silber, Antimon und Arsen<sup>144</sup>.

Die Legierungspartner von Kupfer haben verschiedene Effekte, und ihre Anwesenheit kann sich unterschiedlich erklären. Diese Umstände stellen zunächst Probleme bei der Bewertung der Intention dar. Eine weitere Einschränkung der Aussagemöglichkeiten ergibt sich aus dem Befund, dass die Eigenschaften von Kupferlegierungen (unter heutigen Gesichtspunkten) nicht immer regelhaft ausgenutzt wurden<sup>145</sup>. Im Folgenden sollen die Eigenschaften von Legierungen – soweit dies möglich ist – pauschal beschrieben werden. Dabei soll nach Möglichkeiten gesucht werden, eine Intention in der Verwendung zu erkennen.

In festem Kupfer lösliche Spurenelemente wie Arsen, Nickel und Silber beeinflussen einzeln oder auch gemeinsam Eigenschaften wie die Schmiedbarkeit meist positiv<sup>146</sup>. Unlösliche Verunreinigungen wie

---

<sup>142</sup> Vgl. etwa den Aufbau von Ottaways Arbeit im Allgemeinen sowie besonders Ottaway 1994, 93.

<sup>143</sup> Im folgenden Kapitel werden die Wirkungen der Nebenelemente auf die Materialeigenschaften von Kupfer(legierungen) – hier vereinfacht und stark gerafft – weitestgehend dargestellt nach Merkl 2010, 20f. und ausführlicher mit weiteren Überlegungen sowie differenzierter zu den Materialeigenschaften im Einzelnen Merkl 2011, 61-79. Merkl bietet eine Synthese aus zahlreichen verschiedenen Studien zu den Eigenschaften von Kupferlegierungen unter unterschiedlichen archäologischen Fragestellungen zu deren Materialeigenschaften und neuzeitlichen Untersuchungen, die sich für die Eigenschaften von Kupfern zur Verwendung unter heutigen Gesichtspunkten (u. a. der elektrischen Leitfähigkeit) interessieren. Beide Forschungslinien überschneiden sich. Siehe für einen Vergleich von Zinnbronze und Arsenkupfer Lechtman 1996 mit weiterer Literatur. Vgl. dazu Northover 1989. Siehe auch in stark geraffter Form v. a. für Arsen in Kupfer etwa Ottaway – Roberts 2008, 208f. mit weiterer Literatur; Ottaway 1994, 130-136. 138f. Kienlin (2008, 251-280) diskutiert die Eigenschaften und Verwendung verschiedener „Legierungssysteme“ (Arsenkupfer, Fahlerzkupfer, Zinnbronze) und geht dabei stark auf die Frage nach der Ausnutzung ihrer Eigenschaften ein. Für Fahlerzkupfer siehe Junk 2003.

<sup>144</sup> Merkl 2011, 62.

<sup>145</sup> Pollard u. a. 1990, 72 mit weiterer Literatur; Ottaway 1994, 134f.

<sup>146</sup> Merkl 2011, bes. 75f.

Eisen, Antimon, Blei und insbesondere Bismut werden häufig als Oxid ausgeschieden und können das Kupfer spröde machen<sup>147</sup>. Beim Blei hat man sich dies wohl teilweise absichtlich zu Nutze gemacht<sup>148</sup>, um in der flüssigen Schmelze gelösten Sauerstoff gleichmäßig zu verteilen. Dadurch wurden beim Guss Hohlräume oder (hässliche) Spratzer an der Oberfläche vermieden, die durch plötzlich entweichenden Sauerstoff während der Erstarrung entstehen können. Nickel und Silber etwa können Kupfer eine hellere Farbe und einen silbrigen Glanz verleihen. In Mehrstofflegierungen können die negativen Einflüsse einzelner Elemente wie Bismut und Antimon aufgefangen und möglicherweise sogar umgekehrt werden. Für Eisen und Bismut wird von Merkl nur ein Auffangen der negativen Effekte durch die löslichen Legierungspartner berichtet<sup>149</sup>. Antimon soll im Zusammenspiel mit Silber, Nickel und/oder Arsen eine positive Wirkung entfalten. Unterschiedliche Fahlerzkupfer mit verschiedenen Nebenelementen wie Arsen, Antimon, Nickel und Silber sollen gegenüber reinen Kupfern oder niedrig legierten Arsenkupfern vorzügliche Eigenschaften aufweisen<sup>150</sup>. Diese Effekte wurden unter unterschiedlichen Fragestellungen untersucht, wobei diese Untersuchungen teils auf eine Artefaktgruppe, ein Nebenelement oder eine Wirkung beschränkt blieben. Die Ergebnisse bzw. die darauf aufbauenden Aussagen sind teilweise widersprüchlich<sup>151</sup>. Konzentration und Zusammenspiel der Legierungspartner, die Bedingungen beim Guss sowie die nachfolgende Bearbeitung können unterschiedliche Wirkungen auf die Materialeigenschaften haben. Deshalb kann ein Zusammenhang mit den Bearbeitungsmethoden nur schwer eruiert werden<sup>152</sup>. Auch die Rolle einer Raffination bei der Weiterbehandlung des gewonnenen Rohmetalls wirft Fragen auf. Während unerwünschte Verunreinigungen des Kupfers zwar weitgehend entfernt werden können, besteht im gleichen Zuge auch die Gefahr, erwünschte Bestandteile zu eliminieren. Die Meinungen darüber, inwieweit einzelne Bestandteile (gezielt) entfernt werden können, gehen aber auseinander (vgl. Raffination Kap. II.2.4.4.4).

Viele Legierungspartner senken zudem den Schmelzpunkt, was dem Guss (aber auch der Verhüttung, s. Kap. II.2.4.4.5.) entgegenkommt und können etwa Verformbarkeit sowie die Härte, die beim Ausschmieden erreicht werden kann, beeinflussen. Verbesserte Gusseigenschaften etwa könnten sich archäologisch durch aufwendigere Formen ausdrücken, die Schmiedbarkeit etwa durch Blechformen. Jedoch zeigen Untersuchungen, dass die Eigenschaften von Legierungen unserem Verständnis nach nicht immer regelhaft ausgenutzt wurden, und man kann nicht von der Kupferzusammensetzung auf die Eigenschaften schließen. Über einen gelungenen Guss etwa entscheiden viele Faktoren<sup>153</sup>. So ist das Bild, welches durch Untersuchungen etwa an Beilen gewonnen wurde, nicht eindeutig und weitere Aspekte dürften eine Rolle gespielt haben<sup>154</sup>. Farbe und Glanz von Objekten dürften einen höheren Stellenwert gehabt haben<sup>155</sup>. Dies umso mehr, als dass für verschiedene Objekttypen bestimmte Legierungen mit teilweise hohen Gehalten an bestimmten Nebenelementen bevorzugt wurden, deren Eigenschaften nach Ausweis von Analysen wahrscheinlich nicht immer genutzt wurden. Ein Arsengehalt von etwa 4 % kann erhebliche Farbveränderungen verursachen<sup>156</sup>. Beim Abkühlen können sich einzelne Elemente wie Bismut, Blei und Arsen an der Oberfläche anreichern

---

<sup>147</sup> Merkl 2011, 64. 77.

<sup>148</sup> Merkl 2011, 68f.

<sup>149</sup> Merkl 2011, 75-79. bes. 77

<sup>150</sup> Merkl 2011, bes. 76. 78; Kienlin 2008, 255. 274 mit Anm. 744. 746; 276.

<sup>151</sup> Merkl 2011, 61-79. bes. 61. 67 (am Beispiel von Zinn).

<sup>152</sup> Siehe hierzu etwa Merkl 2011, 62f. 74; Junk 2003, 167.

<sup>153</sup> Merkl 2011, 79; Kienlin 2008, bes. 278.

<sup>154</sup> Kienlin 2008, 251-280. bes. 271f.

<sup>155</sup> Ottaway 1994, 135; Merkl 2011, 63. 77; Kienlin 2008, 272. 273 Anm. 740.

<sup>156</sup> Budd – Ottaway 1991, 134; Budd – Ottaway 1995, 100.

(Saigerungserscheinungen)<sup>157</sup>. Durch diese inverse Segregation (auch „umgekehrte Blocksäigerung“ genannt), die insbesondere dünne Formen wie Dolche betrifft, können Farbeffekte deutlich verstärkt werden<sup>158</sup>. Nach Hess führen deshalb bereits As-Gehalte um 2 Gew.% bei einer schnellen Abkühlung zu einem silbernen Glanz<sup>159</sup>. Außerdem bewirkt Arsen beim Anlaufen der Oberfläche eine goldene Färbung<sup>160</sup>. Gerade Dolche bestehen über weite Zeiten und Räume hinweg häufig aus Arsenkupfer<sup>161</sup>.

Objektspezifische Legierungen werden häufig als Hinweis auf einen Zuschlag des Legierungspartners zu Kupfer zu gewertet<sup>162</sup>. Jedoch kann sich durch eine gezielte Auswahl unterschiedlich legierten Kupfers eines Schmelzanges oder mehrerer Schmelzgänge sowie auch durch einen angepassten Weg von der Erzauswahl hin zum Fertigprojekt dasselbe Bild ergeben (s. Kap. II.3). Hinweis auf die Nutzung von Fahlerzen für Legierungen mit teils sehr hohen Legierungsgehalten stellen etwa die *prestige metals* der Levante wie die des Hortfundes von Naḥal Mišmar dar<sup>163</sup>: Will man Arsen- und Antimongehalte von Objekten über die Zugabe von Arsen- und Antimonmineralien erklären, so bleibt offen, wie die gleichzeitig relativ hohen Silber- und Bismutgehalte zustande kommen. Werden bei der Analyse hohe Gehalte an Arsen, Antimon, Silber und Bismut nachgewiesen, so gilt dies als Hinweis auf die Verwendung von Fahlerzen. Auch die Zusammensetzung der Ösenhalsringe Mitteleuropas weist auf die Nutzung von Fahlerzen hin<sup>164</sup>. Pernicka (1990) zufolge soll in Mitteleuropa zunächst ein Horizont vorliegen, in dem Reinkupfer für Schmuck und Kleingeräte verwendet wurde (5. Jt. v. Chr.; vgl. neuere Daten in Kap. IV). Daran schließe sich ein Horizont der Schwengeräte an, in dem neben Reinkupfern auch erste Kupfer mit Arsengehalten um 2 % auftauchen. Diese seien vorwiegend auf oxidische Erze zurückzuführen und nicht intentionell<sup>165</sup>. Er begründet dies mit schwankenden, zwischen 0,2 und 5 % liegenden Arsengehalten, die weitgehend einer Normalverteilung entsprechen. Diese Kupfersorte soll erst im 3. Jt. v. Chr. im Vergleich zu Reinkupfer überwiegen<sup>166</sup>. Im Gegensatz dazu könnte sich aus der Charakterisierung von Arsenkupfern des 4. Jt. v. Chr. in Mitteleuropa, denen teilweise eine Verwendung von Fahlerzen zugrunde gelegt wird, eine Herstellungsmethode erschließen lassen, die eine intentionelle Produktion nahelegt. So werden hochlegierte Kupfer teilweise objektspezifisch (z. B. Dolche) verwendet, und über die Zusammensetzung einzelner Objektgruppen sowie von Arsenkupferclustern allgemein lassen sich Anhaltspunkte auf die Herstellungsmethode gewinnen (s. Kap. IV.1.3). Alles spricht dafür, dass der urgeschichtliche Metallurge von der Art des Erzes auf die Anwesenheit von Nebenelementen schließen konnte: Bei der Verhüttung ist Arsen etwa an einem Knoblauchgeruch<sup>167</sup> zu erkennen, und im fertigen Metall können Materialeigenschaften und Farbe einen Legierungsgehalt anzeigen. In vielen Aspekten der Arsenkupfermetallurgie lässt sich eine Intention und bewusste Kontrolle der Vorgänge fassen. Die Ursachen für den Wechsel von Arsenkupfer zu Zinnbronze daran festzumachen, dass letztere pauschal überlegen und die erste intentionelle Legierung sei, ist nach eingehenden Vergleichen der Eigenschaften beider Legierungssysteme zu verwerfen<sup>168</sup>.

---

<sup>157</sup> McKerrell – Tylecote 1972, 211; Pernicka 1987, 626; Merkl 2011, 89.

<sup>158</sup> Budd – Ottaway 1991, 136. 138; Budd – Ottaway 1995, 100f.; McKerrell – Tylecote 1972, 211. Plate XIX-XX; 216; Kienlin 2008, 272.

<sup>159</sup> Hess 1998, 15 mit weiterer Literatur.

<sup>160</sup> Ottaway 1994, 132 mit weiterer Literatur.

<sup>161</sup> Siehe etwa Ottaway 1994, 133f.

<sup>162</sup> Dazu Hansen 2011a, 294.

<sup>163</sup> Nach Pernicka 1995, 50.

<sup>164</sup> (Vgl.) Pernicka 1995, 50.

<sup>165</sup> Pernicka 1990, 48. 51.

<sup>166</sup> Pernicka 1990, 51; Gegen eine intentionelle Herstellung etwa auch Pernicka u. a. 1993, 13.

<sup>167</sup> Merkl 2011, 72.

<sup>168</sup> Lechtman 1996, bes. 478. 502. 506. 509f.



Schwellenwerte für eine intentionelle Legierung zu definieren, ist schwierig<sup>169</sup>. Ob man mit Arsen legiertes Kupfer als Arsenkupfer oder Arsenbronze anspricht bzw. definiert, führt auch zu einer qualitativ veränderten Sicht auf das Material<sup>170</sup>. Als ein Schwellenwert zur Definition von absichtlichen – zumeist als in Form von Zuschlägen gedachten – Legierungen wurde beispielsweise ein Gehalt von >2 % an Nebenelementen vorgeschlagen<sup>171</sup>. Jedoch können bereits bei deutlich unter einem Prozent teilweise große Wirkungen auftreten<sup>172</sup>. Festigkeit und Zähigkeit können bereits bei Arsengehalten zwischen 0,5 und 2 % merklich verbessert sein<sup>173</sup>. Während Zwicker beispielsweise ab einem Gehalt von 0,5 % As aufgrund verbesserter Gusseigenschaften von Arsenbronze spricht<sup>174</sup>, argumentiert Ottaway<sup>175</sup> etwa für einen Gehalt von 1 % As als Schwellenwert für eine intentionelle Legierung<sup>176</sup>. Deutliche Vorteile beispielsweise für die Kaltbearbeitung sollen Arsengehalte von 2 bis 6 % bringen<sup>177</sup>. Jedoch wurden Eigenschaften von Kupferlegierungen, beispielsweise bezüglich der erreichbaren Härten, nicht immer regelhaft ausgenutzt, aber Legierungsgehalte von 1 bis 1,5 % As liegen bereits je nach späterer Verwendungsart im vorteilhaften Bereich<sup>178</sup>. Zunächst starre Werte werden teilweise für die archäologische und kulturgeschichtliche Interpretation von Kupfersorten durch statistische Werte ersetzt<sup>179</sup>. In weiten Teilen Mitteleuropas liegen die Arsengehalte während des 4. und 3. Jt. v. Chr. zwischen 1 und 1,5 %<sup>180</sup>. Bei Fahlerzkupfern kommen zu den Arsengehalten noch weitere Nebenelemente wie Antimon hinzu, so dass die Legierungsgehalte dann zusammen 4-5 % und mehr betragen; die sich oftmals ergebenden besseren Eigenschaften wurden (in der Frühbronzezeit) erkannt und auch ausgenutzt<sup>181</sup>. Dass die Eigenschaften allerdings nicht systematisch berücksichtigt wurden, wird dabei häufig als Begründung gegen eine intentionelle Produktion angeführt<sup>182</sup>. Auch variierende Gehalte an Nebenelementen mit potentiell vorteilhafter Wirkung werden oft lediglich als Hinweis auf eine mangelnde Kontrolle der Prozesse gesehen und damit als Argument gegen eine intentionelle Herstellung ins Feld geführt.

Insgesamt sind also niedrige und gleichzeitig schwankende Gehalte an Nebenelementen Gründe, die zunächst an einer absichtlichen Erzeugung von Legierungen zweifeln lassen. Wie jedoch M. Müller-Karpe bemerkte, sind selbst heutige nach DIN genormte Legierungen teilweise starken Schwankungen unterworfen<sup>183</sup>. Lechtman setzt überzeugend auseinander, ab Gehalten von 0,5 % bis 2 % Arsen absichtliche Legierungen anzunehmen, da diese Gehalte spürbare Auswirkungen auf die Materialeigenschaften haben (vgl. o.), und dies in einem Ausmaß, das auch unter heutigen Maßstäben gezielt verfolgt würde<sup>184</sup>. Legiertes Kupfer könnte deshalb ein gesuchtes Gut gewesen sein, und eine objektspezifische Verwendung gibt Hinweise auf eine intentionelle Produktion oder zumindest Nutzung<sup>185</sup>.

---

<sup>169</sup> Vgl. Merkl 2011, 61-79.

<sup>170</sup> Für eine mögliche Klassifikation siehe Lechtman 1996, 481 mit weiterer Literatur.

<sup>171</sup> Zum Schwellenwert Merkl 2011, 61. 153f.; Schubert 1981, 448; Hauptmann 2000, 25.

<sup>172</sup> Vgl. Merkl 2011, 61-79; Siehe zu Arsen Merkl 2011, 72-75. bes. 73f.

<sup>173</sup> Kienlin 2008, 268.

<sup>174</sup> Zwicker 1991, 331f.

<sup>175</sup> Ottaway 1982, 131.

<sup>176</sup> Budd – Ottaway 1991, 132.

<sup>177</sup> Merkl 2011, 75.

<sup>178</sup> Merkl 2011, 72-75; Pernicka 1990, 48; Pollard u. a. 1990, 72 mit weiterer Literatur; O'Brien 1999, 33-35.

<sup>179</sup> Budd – Ottaway 1991, 132.

<sup>180</sup> Merkl 2011, 75.

<sup>181</sup> Junk 2003, bes. 16. 59f. 169-174.

<sup>182</sup> Budd 1993, 36; Budd 1991, 35f.

<sup>183</sup> Müller-Karpe 1989, 189.

<sup>184</sup> Lechtman 1996, 509f.

<sup>185</sup> Matuschik 1998, 243f.

Wie bereits festgestellt, lässt sich reines Kupfer schlecht vergießen, und gewisse Mengen an Verunreinigungen waren wohl deswegen immer erwünscht. Arsen- und Fahlerzkupfer wurden über einen langen Zeitraum hergestellt und genutzt. Nach Lechtman (s. o.) ergeben sich bereits durch geringe Nebenelementgehalte deutliche Verbesserungen der Eigenschaften von Kupfer; für Arsen nennt sie Gehalte von 0,5 bis 2 % und darüber hinaus. Beides sind erste Hinweise auf eine Intention. Ein weiterer Punkt, der auf eine gezielte Produktion dieser legierten Kupfer schließen lässt, wäre eine kontrollierte Herstellung solcher Kupfer. Für die frühen Kupferlegierungen ist eine gezielte Zulegierung einzelner Legierungsbestandteile durch die Zugabe als Metall oder Erz nicht auszuschließen. Dies gilt speziell bei am Ende hohen Nebenelementgehalten im Kupfer (insbesondere Arsen). Jedoch tragen diese Legierungen häufig Elemente in sich, die bereits in den Erzen vorkommen. Dies weist eher auf eine intentionelle Herstellung durch Erzauswahl und darauf abgestimmter Verhüttungsmethode hin. Die erfolgreiche Erzeugung von Kupfer dürfte sich sowohl beim schlackenbildenden als auch beim schlackenlosen Verhütten in einem recht engen Bereich hinsichtlich Auswahl von Rohstoffen und Prozessbedingungen bewegt haben. Bei der Verhüttung besteht die Gefahr auch Nebenelemente mit negativen Auswirkungen auf die Materialeigenschaften ins Kupfer zu überführen. Bei anschließenden Weiterbearbeitungsschritten<sup>186</sup> (erneutes Aufschmelzen zum Guss, Raffination, Glühen, usw.) können erwünschte, aber leicht flüchtige Nebenelemente (Arsen, und insbesondere Antimon) eliminiert werden. Daher ist eine absichtliche Anpassung des Bearbeitungsweges vom Erz zum Fertigobjekt wahrscheinlich, die beides verhindern sollte. Eine Absicht zur Erzeugung von Legierungen könnte sich somit fassen lassen<sup>187</sup>. Im Rahmen dieser Arbeit sollen Möglichkeiten zur Beherrschung der Legierungsbildung bei verschiedenen Verhüttungsverfahren herausgearbeitet und miteinander verglichen werden (Kapitel II.3). Dabei können unterschiedliche frühe Prozesse – hier generisch unter chalkolithische Verhüttung zusammengefasst – teilweise optionale Bestandteile einer auf die Herstellung von Arsen- und Fahlerzkupfer konditionierten Verhüttung sein. Die Zusammensetzungen der frühen Kupfer und Legierungen bieten Hinweise auf derartige Prozesse. Insbesondere dürften erhöhte Nebenelementgehalte bei gleichzeitig niedrigen Eisengehalten eine intentionelle Konditionierung der Prozesse, teilweise wohl unter Ausnutzung spezieller Ausbringungsmethoden, innerhalb der *chaîne opératoire* anzeigen. Auch zeigen sich durch die Verbreitung von Kupfersorten wie Legierungen zeitliche und räumliche Horizonte (Werkstattkreise), die für eine Technologietradition sprechen.

## II.2. Kupfer und Kupferlegierungen

Kupfer als namengebender Rohstoff ganzer Epochen kann als mit am besten untersuchtes Metall der archäologischen Forschung gelten. Dennoch sind nicht alle Probleme gelöst: Besonders die früheste und frühe Nutzung von Kupfer sowie die Herstellung von Legierungen werfen Fragen auf. Kupfer als Rohstoff liegt in verschiedenen Formen vor. Die Methoden zu seiner Gewinnung können sich daher unterscheiden. Zusätzlich kann ein bestimmtes Ausgangsmaterial unterschiedlichen Prozessen unterworfen werden. Je nach Ausgangsmaterial und Prozess verhalten sich die möglichen Legierungspartner dabei unterschiedlich.

---

<sup>186</sup> O'Brien 1999, 40.

<sup>187</sup> (Vgl. etwa) Merkl 2001, 128. 153. 154.

## II.2.1. Gediegen Kupfer

Gediegen Kupfer ist vergleichsweise häufig<sup>188</sup>. Kleine Mengen gediegen Kupfers treten praktisch in allen Kupfervorkommen auf. Ähnlich wie eine Silexknolle kann es eine äußere weiße Schicht haben, unterscheidet sich von dieser aber durch sein deutlich höheres Gewicht<sup>189</sup>. Für die frühe Metallurgie war gediegen Kupfer besonders im Iran, dort vor allem in der Talmessi-Anarak Region<sup>190</sup>, in Anatolien und vermutlich auf Zypern zugänglich<sup>191</sup>. Für Bulgarien wird berichtet, dass am Beginn des letzten Jahrhunderts noch Eselsladungen von gediegen Kupfer verfügbar waren<sup>192</sup>. Der Fund eines großen Stückes gediegenen Kupfers ist auch aus Siebenbürgen bekannt geworden<sup>193</sup>. In Osteuropa und insbesondere Ungarn scheint gediegen Kupfer häufig zu sein<sup>194</sup>. Auch wenn kein direkter Zusammenhang zwischen der neolithischen Metallurgie, in der hauptsächlich – wenn nicht ausschließlich – gediegen Kupfer Verwendung fand<sup>195</sup>, und der frühen extraktiven Kupfermetallurgie besteht, so könnte doch auch in dem hier behandelten Zeitraum gediegen Kupfer aufgrund seiner Verfügbarkeit eine Rolle gespielt haben<sup>196</sup>. Die hohe Reinheit einiger karpato-balkanischer Schwergeräte gab lange Zeit Anlass zur Vermutung, dass es sich (ausschließlich) um gediegen Kupfer handeln könnte<sup>197</sup>. Das Schmelzen von gediegen Kupfer zum Zwecke des Gusses könnte den Weg zur Verhüttung gewiesen haben. Dies wird heute aber als offene Frage erachtet<sup>198</sup>.

Tylecote schlägt drei Stufen in der Entwicklung der Verarbeitungstechniken von gediegen Kupfer vor, welche gleichzeitig grundlegende Bearbeitungstechniken darstellen<sup>199</sup>:

1. Kaltbearbeitung durch Hämmern
2. Kaltbearbeitung durch Hämmern und Ausglühen
3. Schmelzen und Gießen des gediegenen Kupfers

Wie gut sich Kalthämmern zur Bearbeitung eignet, ist umstritten<sup>200</sup>. Für das Ausglühen bzw. Tempern reichen Temperaturen zwischen 150 °C und 500 °C<sup>201</sup>. Schmelzen und Gießen von Kupfer erfordern

---

<sup>188</sup> Ottaway 1994, 26-29; Moorey 1994, 249; Tylecote 1987, 25. 89. – Zu gediegen Kupfer und seinen Quellen sowie dem Nachweis von Artefakten aus gediegen Kupfer etwa Maddin u. a. 1980; Craddock 1995, 93-101. 122-125; Tylecote 1987, 89-96. – Vorliegendes Teilkapitel ist teilweise deckungsgleich mit meiner unveröffentlichten Magisterarbeit.

<sup>189</sup> Ottaway 1994, 26.

<sup>190</sup> Berthoud 1979, 114-117.

<sup>191</sup> Moorey 1994, 249-250.

<sup>192</sup> Pernicka u. a. 1997, 88.

<sup>193</sup> Tylecote 1987, 90; Ottaway 1994, 26.

<sup>194</sup> Maddin u. a. 1980, 213.

<sup>195</sup> Zur Bedeutung der neolithischen Kupfermetallurgie siehe Schoop 1995. Auch im Hinblick auf die Frage, ob es jemals eine Phase der ausschließlichen Verwendung von gediegen Kupfer gegeben hat (z. B. Schoop 1995, 37-41).

<sup>196</sup> Tylecote 1987, 91f.; Für das 4. Jahrtausend im Iran kommt etwa Talmessi in Frage (siehe Berthoud 1979, 116-117); Das gediegene Kupfer von Talmessi enthält sogar Arsen und könnte zur Herstellung von Arsenkupfer benutzt worden sein (Berthoud u. a. 1982, 42-45. 51). Für die allgemeine Bedeutung von gediegen Metallen siehe Patterson 1971.

<sup>197</sup> Vgl. Tylecote 1987, 96.

<sup>198</sup> Thornton u. a. 2010, 306.

<sup>199</sup> Tylecote 1987, 90; Ottaway 1994, 26.

<sup>200</sup> Vgl. z. B. Coghlan 1951, 20. 74-75 und Smith 1965, 28; Ottaway 1994, 26; Ferner Schoop 1995, 36 mit weiterer Literatur.

<sup>201</sup> Dafür werden unterschiedliche Angaben gemacht. Schoop nennt Temperaturen zwischen 150-500 °C, je nach Reinheitsgrad (Schoop 1995, 36); Ottaway gibt 200-400 °C an (Ottaway 1994, 26) und Tylecote nennt 150 °C (Tylecote 1987, 90), was jedoch als Minimalanforderung aufzufassen sein dürfte. Auch die Dauer des Erhitzungsvorganges dürfte eine Rolle spielen.

Temperaturen von mindestens 1085 °C (Kupferschmelzpunkt) und einen Schmelzriegel, Voraussetzungen also, die den Anforderungen beim Verhütten ähnlich sind<sup>202</sup>. Wenig Einigkeit herrscht bei der Frage, wann erstmals Kupfer erschmolzen wurde, bzw. ob es jemals eine Phase gab, in der ausschließlich gediegen Kupfer verwendet wurde<sup>203</sup>. Die frühen Kupferartefakte zeichnen sich durch einen hohen Reinheitsgrad von oft bis zu 99,9 % Kupfer aus. Solche Reinheitsgrade kommen einerseits bei gediegen Kupfer vor. Andererseits zeigt aber auch Kupfer, das aus sehr reinen Erzen wie Kupfercarbonaten (Malachit  $\text{Cu}_2[(\text{OH})_2|\text{CO}_3]$ ) oder Cuprit ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) erschmolzen wurde, einen vergleichbaren Reinheitsgrad. Daher kann der Reinheitsgrad nicht als Kriterium herangezogen werden, um zu entscheiden, ob gediegen Kupfer verwendet oder bereits Erz verhüttet wurde<sup>204</sup>. Eine sichere Unterscheidung von Artefakten aus gediegen Kupfer und solchen, die aus erschmolzenem, bearbeitetem und rekristallisiertem Kupfer hoher Reinheit bestehen, scheint also anhand der chemischen Zusammensetzung nicht oder nur selten möglich<sup>205</sup>:

Coghlan<sup>206</sup> versuchte weiter, eine Reihe von Kriterien aufzustellen, anhand derer sich gediegen Kupfer identifizieren lässt. So sollte nach Coghlan z. B. eine ungewöhnliche Härte von Kupfer für gediegen Kupfer sprechen, da diese Härte durch hohen Druck bei der Entstehung bzw. Lagerung von Naturkupfer hervorgerufen wird. Aber nach den Untersuchungen von Maddin, Wheeler und Muhly ist die Härte von verschiedenen Faktoren abhängig<sup>207</sup>: So spielt beispielsweise der Gehalt an Unreinheiten eine Rolle. Auch kann die Härte innerhalb eines Objektes noch schwanken. Außerdem überdeckt etwa eine Bearbeitung bzw. Wärmebehandlung die Kristallstruktur und Härte; damit ist die Aussagemöglichkeit zum Ausgangsmaterial von Artefakten erschwert.

Gediegen Kupfer enthält wenig oder kein Kupferoxid ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{CuO}$ ). Bei der Erhitzung von gediegenem und erschmolzenem Kupfer bis zum Schmelzpunkt kann dieses, je nach den Schmelzbedingungen, Sauerstoff aufnehmen und Kupferoxid bilden. So stellt der positive Nachweis von Kupferoxid lediglich ein Indiz dafür dar, dass unter oxidierenden Bedingungen (auf-) geschmolzen wurde<sup>208</sup>.

Auch metallographische Untersuchungen ermöglichen keine endgültigen Aussagen zum Ausgangsmaterial<sup>209</sup>: Die durch langsames Auskristallisieren entstehende Korngröße von natürlichem Kupfer unterliegt Schwankungen; sie hängt vom Entstehungsprozess ab und kann sich auch durch eine Bearbeitung ändern. Dennoch weisen im Allgemeinen große Korngrößen auf unbearbeitetes, natürliches Kupfer hin, das langsam auskristallisiert ist.

Unbearbeitetes gediegen Kupfer weist lange Zwillingsstrukturen auf, welche sich deutlich von jenen unterscheiden, die beim Hämmern und Tempern entstehen. Ursprüngliche Zwillingsstrukturen können aber durch starkes Hämmern und damit einhergehender Spannungsdefekte in der Kristallstruktur überdeckt sowie durch langes Tempern oder Einschmelzen und damit verbundener Rekristallisation ausgelöscht werden<sup>210</sup>.

Die Spurenelementanalyse bietet möglicherweise in manchen Regionen Aussagemöglichkeiten zu gediegen Kupfer an, die jedoch vage und ausschließender Natur sind<sup>211</sup>. Tylecote versuchte an einigen

---

<sup>202</sup> Ottaway 1994, 26.

<sup>203</sup> Siehe dazu Schoop 1995, 37-41.

<sup>204</sup> Schoop 1995, 39; Maddin u. a. 1980, 214; Tylecote 1987, 92.

<sup>205</sup> Im Folgenden teilweise nach Schoop 1995, 39; Siehe auch Ottaway 1994, 28f.

<sup>206</sup> Coghlan 1962, 58-67, bes. 62-64.

<sup>207</sup> Maddin u. a. 1980, 214-223.

<sup>208</sup> Maddin u. a. 1980, 214; Ottaway 1994, 29.

<sup>209</sup> Maddin u. a. 1980, 215-223; Schoop 1995, 39.

<sup>210</sup> Schoop 1995, 39.

<sup>211</sup> Schoop 1995, 39f.

europäischen Proben gediegen Kupfers, v. a. aus Cornwall, wahrscheinlich zu machen, dass Artefakte aus Kupfer, die hauptsächlich Silber und/oder Arsen als Verunreinigung aufweisen, aus gediegen Kupfer bestehen<sup>212</sup>. Die Zusammensetzung anderer europäischer, anatolischer und vorderasiatischer Vorkommen von gediegen Kupfer ist nicht ganz so einheitlich und verhindert genauere Aussagen<sup>213</sup>. Auch liegen für andere als signifikant erachtete Elemente zu wenige Analysewerte von Artefakten vor<sup>214</sup>. Hohe Quecksilbergehalte können einen Hinweis auf gediegenes und nicht vergossenes Kupfer darstellen<sup>215</sup>. Es existieren weitere Überlegungen, um die Verwendung von gediegen Kupfer über die chemische Zusammensetzung von Artefakten nachzuweisen<sup>216</sup>. Pernicka sieht die Kombination niedriger Co, Sb und Au Gehalte zusammen mit erhöhten Ag und/oder As Gehalten als Indikator für gediegen Kupfer<sup>217</sup>. Es bleibt festzustellen, dass eine Kombination dieser Methoden durchaus Fragen zum Ausgangsmaterial lösen kann, die Ergebnisse aber kritisch betrachtet werden müssen und im Zweifelsfall keine positive Aussage zulassen<sup>218</sup>.

## **II.2.2. Einfluss der Forschungsstrategie auf die Rekonstruktion primitiver „schlackenloser“ Tiegelverfahren und fortschrittlicher Schachtofenverhüttung**

Kupfer kann auf verschiedene Art und Weise aus Erzen gewonnen werden<sup>219</sup>. Die Erze können dazu verallgemeinernd gesagt nach dem schlackenbildenden Schachtofen- oder dem möglicherweise schlackenlosen Tiegelverfahren verhüttet werden. Je nach Art des Erzes – z. B. sulfidische und oxidische Mineralvergesellschaftungen – können unterschiedliche Prozessschritte und -bedingungen zum Einsatz gekommen sein.

Geradezu evolutionistische Vorstellungen waren lange Zeit prägend als Erklärungsansatz dafür, mit welchen Methoden oxidische und sulfidische Erze zu einem gegebenen Zeitpunkt verhüttet worden sein sollen. Allmählich zeichnet sich aber ab, dass eine Vielzahl von Erzen unter ganz unterschiedlichen Bedingungen erfolgreich verhüttet worden sein kann<sup>220</sup>. Bestimmte Verfahren(swege) lassen sich also nicht zwingend einzelnen Erzsorten zuweisen. Die Übergänge zwischen einzelnen Verfahren können fließend sein.

Die allgemeinen Unterschiede der Verfahren sind dabei maßgeblich: Die oft als Modelle herangezogenen Schachtofen- und Tiegelverfahren unterscheiden sich generalisierend gesehen darin, dass bei ersterem Schlacken entstehen, wohingegen das Tiegelverfahren – meist nach Craddock – als ein schlackenloser Prozess charakterisiert wird, der unter relativ schwach reduzierenden Bedingungen

---

<sup>212</sup> Tylecote 1987, 92. 94-95 Table 3.10; Vgl. auch Rapp 1988, 24.

<sup>213</sup> Rapp 1982, 33-35; Rapp 1988, 22-25 mit Table 2.2.

<sup>214</sup> Vgl. Rapp 1988, 26.

<sup>215</sup> Pernicka u. a. 1997, 118 mit Anm. 233; Ottaway 1994, 28f.

<sup>216</sup> Pernicka u. a. 1997, 118-121; Pernicka 1999, 167f.

<sup>217</sup> Nach Pernicka 2004, 322f.; Siehe Pernicka 2004, 318-323.

<sup>218</sup> Schoop 1995, 40.

<sup>219</sup> Einen Überblick zur Kupfergewinnung bieten etwa: Ottaway 1994, 93-104; Tylecote 1987, 106-150 (auch für andere Nichteisenmetalle); Kurz und zu verschiedenen, auch bisher wenig diskutierten Möglichkeiten der Kupferverhüttung siehe Hauptmann 2003a, bes. 464 und ausführlicher Hauptmann 2000, 141-161; Weiter siehe und vgl. Craddock 1995, 126-204. bes. 126-146 und (vgl.) Bourgarit 2007 zur schlackenlosen „Chalkolithischen“ Metallurgie; zu Möglichkeiten der Arsenkupfergewinnung siehe beispielsweise: Thornton u. a. 2002, 1451f.; Pigott 1999a, 3; Lechtman 1996, 479. 481; O'Brien 1999, 35f.

<sup>220</sup> Zu einer kurzen Diskussion dieser Thematik anhand der Möglichkeit des *co-smelting* für gemischte sulfidische und oxidische Erze, eine Möglichkeit, die schon früh diskutiert wurde, wenn auch immer noch evolutionistisch, siehe Rostoker u. a. 1989, bes. 69; Vgl. zu verschiedenen Möglichkeiten etwa Lechtman – Klein 1999, 500.

und bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen abläuft<sup>221</sup>. Der Schlüssel dazu, welches Verfahren Anwendung fand bzw. wie dieses zu rekonstruieren ist, liegt dabei vielleicht auch in einer möglichen Ausrichtung des Verfahrens auf die Erzielung von bestimmten Kupferlegierungen.

Das Repertoire an Techniken und Methoden, mit denen der chalkolithische Metallurge die Zusammensetzung von Kupfer und seinen Legierungen zu steuern vermochte, liegt einstweilen noch größtenteils im Dunkel der Geschichte verborgen. Archäologische Funde von direkten Verhüttungsvorrichtungen des 5. und 4. Jt. v. Chr. treten äußerst spärlich zu Tage. Ebenso fehlen (regelhafte) Schlacken als wichtiger Indikator für die Hüttenprozesse nahezu vollständig<sup>222</sup>. Aus dieser Überlieferungslücke möglicherweise ephemerer Hinterlassenschaften und Einrichtungen<sup>223</sup> zur Verhüttung wurden nicht die notwendigen Schlüsse gezogen. Das physikalisch-chemische Verhalten (Oxidationsempfindlichkeit, Schmelztemperatur usw.) des Kupfers und seiner Legierungspartner sowie die Zusammensetzung der überlieferten Schlacken und Metallartefakte selbst nämlich bilden den Rahmen, vor dem der knappe Fundbestand gedeutet werden muss. Diese Parameter lassen (uns) die Technologie zur Erzeugung von Kupferlegierungen wieder erschließen.

Die Rekonstruktion alter Verhüttungstechnologien, sofern sie sich auf (authentisches, zeitlich frühes) archäologisches Fundgut zur Verhüttung bezieht, ist aufgrund des geringen Fundbestandes auf einen überregionalen und zeitlich mehr oder weniger weitgefassten Untersuchungsrahmen angewiesen<sup>224</sup>. Daneben hilft es über einen diachronen Vergleich mit der „bronzezeitlichen“ Verhüttungstechnologie, die als schlackenbildendes Schachtofenverfahren rekonstruiert wird, die zu erörternde Verhüttungstechnologie weiter zu charakterisieren, die Entwicklungen zu verstehen und möglicherweise Metallsorten und Verhüttungsprozesse miteinander in Verbindung zu setzen. Dies ist auch deshalb notwendig, weil jeglicher Versuch, die Herstellung früher Kupferlegierungen zu rekonstruieren – sei es durch Experimente, sei es über ethnographische Vergleiche oder sei es durch die Deutung der Hinterlassenschaften – aufs engste mit anderen forschungsgeschichtlichen Problemen und Annahmen verbunden ist<sup>225</sup>. Solche Annahmen haben etwa die Vorzeichen gesetzt, unter denen Experimente durchgeführt wurden, und die Interpretation von Funden und Befunden beeinflusst. Eine kurze Diskussion der Haupthypothesen hilft zu verstehen, wie die chemische Zusammensetzung von Kupferartefakten zustande kommt, und liefert erste Hinweise auf die Grundlagen der schlackenlosen Verhüttung. Hierbei scheint aber gegenwärtig nur eine Annäherung möglich.

---

<sup>221</sup> Craddock 1995, 122-137. bes. 126f. 135. ferner 137-146; Craddock 2000, bes. 155f.

<sup>222</sup> Vgl. Bourgarit 2007, bes. 4 Table 1 mit kaum einem Dutzend Schlacken des 5. und 4. Jt. v. Chr.

<sup>223</sup> Eindrücklich beschrieben – wenn auch am Beispiel eines Verhüttungsversuches von hochreinem Malachit – von Craddock – Meeks 1987, 193; Ottaway 1994, 95.

<sup>224</sup> Merkl 2011, 51; Vgl. Bourgarit 2007; Vgl. Craddock 2000.

<sup>225</sup> Z. B wurden die ältesten Verfahren zur Verhüttung, insbesondere auch der Bestand an Tiegeln falsch gedeutet, indem man Vorstellungen vom Verhütten nach bronzezeitlichen Modellen zugrunde legte. Siehe dazu etwa Hauptmann 2000, 141f. Auch die frühesten Schlacken, wenn sie denn als solche erkannt wurden, wurden lediglich als Hinweis auf nicht ausgereifte Verfahren gesehen (vgl. etwa Bourgarit 2007, 10f.). Tiegel galten lange Zeit nur als Gusstiegel und eine Funktion als Teil eines Reaktors wurde nicht in Betracht gezogen (Tylecote 1987, 183-192. bes. 186; Vgl. dagegen zur Tiegelverhüttung Craddock 1995, 122-137).

### ***II.2.2.1. Lagerstätte oder Werkstattkreis (Verhüttungstechnik) anhand der chemischen Zusammensetzung von Kupfer (und Bleiisotopie)***

Ob sich Kupfer aufgrund seiner Zusammensetzung bestimmten Erzen oder Lagerstätten(regionen) zuordnen lässt, ist eine seit langem in Archäologie und Archäometallurgie kontrovers diskutierte Frage, die auch eine gewisse Bedeutung für das Zustandekommen von Legierungen hat<sup>226</sup>. Schon auf der gleichen Lagerstätte weichen die Erze in ihrer chemischen Zusammensetzung teilweise erheblich voneinander ab<sup>227</sup>: Zunächst unterscheidet sich der von Verwitterungs- und Lösungsvorgängen betroffene oberflächennahe Oxidationshorizont vom darunter liegenden unverwitterten primären Erzkörper<sup>228</sup>. Auch in horizontaler Ausrichtung gibt es Variationen<sup>229</sup>. Für die Forschung kommt erschwerend hinzu, dass die ehemals verhütteten Erze des Oxidationshorizontes heute evtl. nicht mehr vorhanden sind, dabei aber der Nutzung der Oxidationszone für die Frühzeit der extraktiven Metallurgie aufgrund verschiedener Annahmen eine große Bedeutung beigemessen wird.

Elementen wie Cr, Zn, U, Th und Hg wird bei der Provenienzbestimmung von Metall keine Rolle zugemessen, da sie aufgrund ihrer Volatilität abgeführt oder in Schlacke angereichert werden<sup>230</sup>. Elemente wie As, Sb, Ag, Au, Co und Ni sind siderophil (Affinität zu Eisen) und chalcophil (Affinität zu Schwefel) und reichern sich deshalb im Metall an<sup>231</sup>. Provenienzstudien beruhen auf der grundlegenden Hypothese, dass sich die Mengenverhältnisse siderophiler und chalcophiler Elemente zu Kupfer beim Übergang vom Erz zum Metall nicht wesentlich ändern<sup>232</sup>. Diese Hypothese beruht darauf, dass ein (einstufiger) Verhüttungsprozess mit oxidischen Erzen unter reduzierenden Bedingungen (mit Schlackenbildung) angewendet wurde<sup>233</sup>. Pernicka diskutiert, in welchen Mengen verschiedene Elemente dabei in das Kupfer übergehen: „In erster Näherung hängt dies von der unterschiedlichen Reduzierbarkeit der Elemente ab, weil unabhängig von verfahrenstechnischen Umwegen und Zwischenschritten die Reduktion von oxidiertem Kupfer zum Metall entscheidend ist“<sup>234</sup>. Er stellt deshalb eine Reihe der Elemente nach der Leichtigkeit ihrer Oxidation bei einem Verfahren (im Prinzip sowohl mit als auch ohne Schlackenbildung) bei 1200 °C auf. Nahe beieinander

---

<sup>226</sup> Provenienzstudien etwa von Otto – Witter 1952 (zitiert nach Merkl 2011, 51). Siehe zu einer Zusammenfassung der Forschungsgeschichte Merkl 2011, 29-32. 51. 58f.; Pernicka 1990, 63-67; Pernicka 1999, 163; Pernicka 2014a; Pernicka 2014b; Chernykh 1992, 18. – Zur chemischen Zusammensetzung und dem Aufbau von Lagerstätten und den damit verbundenen Problemen siehe Pernicka 1990, 67-76. Zu grundlegenden Prämissen und Methoden der Studien, nach denen die chemische Zusammensetzung als Hinweis auf die Lagerstätte gelten kann, siehe etwa Pernicka 1999, bes. 164; Pernicka 1984; Pernicka 1987, 625-640; Christoforidis – Pernicka 1988; Pernicka 1990, 67-118; Pernicka 2014a, 250-259. Vgl. dazu etwa Tylecote 1970; Slater – Charles 1970; Ottaway 1994, 156-161; Hauptmann 2000, 24-27.

<sup>227</sup> Siehe etwa Metten 2003, 24-31. bes. 24. 58f.; Hess 1998, 30. 49f.; Gale u. a. 2003, 127. 153; Schmitt-Strecker u. a. 1992, 120-122; Vgl. auch Heskell 1982, 361f.; Tylecote 1970, 20; So kann sich das u. a. zu Provenienzstudien herangezogene Verhältnis von Co/Ni vom sulfidischen Erz zur Oxidationszone hin verschieben (Hess 1998, 49f.). Ursprünglich ging man davon aus, dass sich zwar die Konzentrationen von Elementen, nicht aber die Verhältnisse ausgewählter Elemente zueinander bei der Verhüttung ändern (Merkl 2011, 29. 52; Zu Forschungsgeschichte, Hypothesen und Forschungsstrategien siehe etwa Merkl 2011, 29-32).

<sup>228</sup> Pernicka u. a. 1993, 24; Pernicka 1990, 70-75.

<sup>229</sup> Chernykh 1992, 19.

<sup>230</sup> Pernicka u. a. 1993, 33.

<sup>231</sup> Nach Pernicka u. a. 1993, 33.

<sup>232</sup> Pernicka u. a. 1993, 33; Siehe und vgl. etwa Pernicka 1987, 630-640; Christoforidis – Pernicka 1988, 252.

<sup>233</sup> Siehe und vgl. Pernicka u. a. 1993, 33; Pernicka 1999, bes. 164f.; Vgl. dazu Friedman u. a. (1966, bes. 1506) die eine 80-100prozentige Überführung ausgewählter Nebenelemente (Ag, As, Fe, Bi, Pb, Sb) vom Erz ins Metall bei einer Reduktion bei 1300°C erreichten. Dazu einschränkend Ottaway 1994, 203f. 206.

<sup>234</sup> Pernicka 1987, 630.

liegenden Elemente sollen dabei in einem etwa gleichen Verhältnis in das Metall übergehen<sup>235</sup>. Dabei sinkt in folgender Reihung die Oxidierbarkeit von links nach rechts:

W,Mo,Zn,Fe > Sn > Co > Sb,Ni,As > Pb > Bi,Cu > Se,Te > Rh,Ir,Pd > Ag >> Au,Pt

Die Verhältnisse nahe beieinander liegender Elemente könnten also für Provenienzstudien verwendet werden. Weitere Differenzierungen ergäben sich etwa durch die Art des Erzes<sup>236</sup>. Die oben genannten chalcophilen Elemente werden für Provenienzstudien verwendet. Insbesondere As, Sb, Ni, Ag und Bi werden dabei als Verunreinigungen angesehen, die weitgehend aus dem Ausgangserz stammen und analytisch gut nachweisbar sind<sup>237</sup>. Dabei sind z. B. Arsen- und Antimongehalte im ausgebrachten Kupfer auch vom Verhüttungsprozess abhängig<sup>238</sup>. Dennoch werden etwa die Gehalte von Arsen und Antimon ebenso wie deren Verhältnisse auch für Herkunftsfragen verwendet; weiter verwendet man auch die Mengenverhältnisse anderer miteinander chemisch verwandter Elemente wie etwa eben Sb/As oder Co/Ni zu diesem Zweck<sup>239</sup>. Das Sb/As-Verhältnis kann allerdings bei extrem oxidierenden Bedingungen um 30 % verändert werden<sup>240</sup>. Für die chalkolithische Verhüttung sind, wie noch dargelegt wird, wechselnde nur schwach reduzierende bis eher oxidierende Bedingungen zu rekonstruieren. Ob und wie sich die Elementgehalte und deren Verhältnisse dabei verändern, ist schwer pauschal zu beurteilen. Provenienzstudien, die auf den soeben genannten Kriterien beruhen, könnten beeinträchtigt sein. Wie sich einige Elemente in Abhängigkeit von den Verhüttungsbedingungen verhalten, wird in Kapitel II.3 näher betrachtet. Beispielsweise können Zementationsprozesse zu einer Anreicherung von Arsen im ausgebrachten Kupfer führen. Das Verhältnis von Co/Ni kann sich aufgrund der Verhüttungsbedingungen verändern; unter oxidierenden Bedingungen, die für die frühe Verhüttung anzunehmen sind, kann es sinken<sup>241</sup>.

Durch die Bedingungen während eines Verhüttungsprozesses kann also die chemische Zusammensetzung des erschmolzenen Metalls beeinflusst werden<sup>242</sup>. Dies gilt umso mehr, als dass bei der chalkolithischen Verhüttung ganz unterschiedliche Methoden angewendet werden können. Schon das Zusammenspiel von Temperatur und Verhüttungsatmosphäre kann komplexe Auswirkungen haben<sup>243</sup>; auch Zuschläge wie Flussmittel, das Material des Tiegels bzw. der Ofenwandung und das Brennmaterial können mit der Charge reagieren und die Zusammensetzung des Kupfers weiter

---

<sup>235</sup> Pernicka 1987, 630-633. 636f. bes. 630; Vgl. Merkl 2011, 57f.; Chernykh 1992, 19f. – „In dieser Reihenfolge sollte demnach das Ausbringen der Elemente bei der Verhüttung von oxidischen Erzen ansteigen. Dies gilt aber streng genommen nur für die Reduktion von Oxiderzen ohne Schlackenbildung, z.B. die Reduktion von sehr reinem Malachit oder Cuprit. Die umgekehrte Reihenfolge ist für die Abreicherung der Elemente bei der Raffination von Schwarzkupfer zu erwarten ...“ (Pernicka 1987, 630). „Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß vom metallurgischen Standpunkt aus, mit Ausnahme vielleicht von Pb, alle Elemente rechts von Sn in der aufgestellten Oxidationsreihe prinzipiell als Herkunftsindikatoren für Kupfer in Frage kommen. Dies gilt vor allem für die Gewinnung aus oxidischen Erzen. Bei der Verarbeitung sulfidischer Erze sind Verluste an As, Sb und Bi durch Verflüchtigung möglich, aber sie dürften unter primitiven Bedingungen nicht allzu groß sein. Nur wenn sogenanntes Bodenkupfer gewonnen wird, das sich wegen der Mischungslücke im System Cu-Fe-S (Abb. 14) aus einem kupferreichen Stein abscheidet, sind Verluste an Se und Te zu erwarten.“ (Pernicka 1987, 634).

<sup>236</sup> Pernicka 1990, 77f.

<sup>237</sup> Pernicka 1990, 89; Pernicka 1999, 169.

<sup>238</sup> Siehe und vgl. etwa Pernicka 1999, 170 Table 1.

<sup>239</sup> Pernicka 1987, 640; Pernicka 1990, 77f.; Krause 2003, 204.

<sup>240</sup> Seeliger u. a. 1985, 654.

<sup>241</sup> Hauptmann 2007b, 204-206 mit Fig. 6.37. Fig. 6.38.

<sup>242</sup> Prinzipiell dazu etwa Craddock – Giunlia-Mair 1988, bes. 323; Vgl. dagegen das Konzept der Verhüttung bei Pernicka, der nur leichte Variationen für möglich hält (Pernicka 1999, bes. 164. 169f.). – Vgl. zur Möglichkeit von Einflüssen auf die Zusammensetzung von Kupfer durch Änderungen der Parameter während der Verhüttung kurz Tylecote u. a. 1977, 329; Pernicka 1987, 636f.; Hauptmann 2007b, 199-211; Allgemein Chernykh 1992, 19f.

<sup>243</sup> Siehe etwa Pollard u. a. 1991a, bes. 128f. 133f.; Budd u. a. 1992, 679-681.



verändern<sup>244</sup>. Etwaig bleihaltiges Flussmittel kann auch Auswirkungen auf die Bleiisotopie des Kupfers haben. Weitere Verfahrensschritte wie eine Raffination und der Guss zum Fertigobjekt sowie eine Weiterverarbeitung durch Schmieden und Glühen können, letztere zumindest oberflächlich, auf die chemische Zusammensetzung Auswirkung haben<sup>245</sup>. Ähnliches kann auch bei kleinsten Kupfertropfen, da sie eine relativ große Oberfläche im Verhältnis zu ihrem Volumen aufweisen, das „Spurenelementmuster [...] stark verschoben“<sup>246</sup> sein. Auch hier könnte die Wirkweise der chalkolithischen Verhüttung eine Rolle spielen, wie noch zu erörtern sein wird (vgl. *prills*). Vergleichbar sind diese Effekte mit der Korrosion bei der Lagerung der Objekte. Dies ist auch bei der Beprobung zu berücksichtigen<sup>247</sup>.

Die Zuweisung einer Metallsorte zu einer Einzellagerstätte oder Lagerstättenregion anhand der oben angerissenen Spurenelementmuster ist also schwierig. Aber auch die Bleiisotopie bietet keine eindeutige Lösung. So kann es bereits innerhalb einer Lagerstätte zu Variationen in den Isotopenhäufigkeitsverhältnissen kommen, was man durch einen entsprechend großen Toleranzbereich aufzufangen versucht<sup>248</sup>. Eine positive Aussage zur Zuordnung ist kaum zu treffen, eher lässt sich über die Bleiisotopie eine Lagerstätte als Quelle für ein Kupfer ausschließen; daher können bisher kaum bestimmte Lagerstätten als Quelle für ein Kupfer wahrscheinlich gemacht werden<sup>249</sup>. Zudem ist es wegen der vergleichbaren Bleiisotopie für weite Teile Europas aufgrund der ähnlichen Lagerstättenentstehungen kaum möglich, zwischen verschiedenen Lagerstätten, etwa der deutschen Mittelgebirge mit einer variszischen Orogenese oder den Lagerstätten von Alpen, Balkan und Karpaten mit alpidischer Orogenese, zu unterscheiden<sup>250</sup>. Ähnliche Schwierigkeiten mit starken Überlappungen der Isotopenfelder treten im Mittelmeerraum auf<sup>251</sup>. Um zu besseren Aussagen über die Erzherkunft zu gelangen, werden heute chemische Charakterisierung und Bleiisotopie von Erzen und Metallartefakten (sowie auch Schlacken) kombiniert<sup>252</sup>.

Die chemischen Zusammensetzungen der Metallartefakte werden aber auch genutzt, um Metallsorten zu charakterisieren. Während die chemische Zusammensetzung Hinweise auf die Erzherkunft liefert, wird bereits mit den oben gemachten Einschränkungen dazu deutlich, dass u. a. die Art der Verhüttung Einfluss auf die Metallzusammensetzung haben kann. Die Verbreitung von Metallsorten<sup>253</sup> in Zeit und Raum hat auch eine kulturgeschichtliche Aussagekraft. Man könnte die Metallsorten als Produkte von Werkstattkreisen mit ähnlicher Technologietradition sehen<sup>254</sup>, in der das ganze Zusammenspiel der *chaîne opératoire*, von der Auswahl des Erzes, seiner Mineralogie und Aufbereitung, über das Verhütten mit möglichen Zuschlagsstoffen bis zu optionalem Läutern und Legieren sowie erneutem Schmelzen zum Guss – also der gesamte Weg von der Lagerstätte zum Metall – Einfluss auf die

---

<sup>244</sup> Tylecote u. a. 1977; Merkl 2011, 59; Pernicka u. a. 1993, 25; Ottaway 1994, 97.

<sup>245</sup> Vgl. Pernicka u. a. 1993, 37.

<sup>246</sup> Rehren 2004, 280.

<sup>247</sup> Vgl. etwa Merkl 2011, 35.

<sup>248</sup> Schmitt-Strecker u. a. 1992, 120; Vgl. zu den Problemen Pernicka u. a. 1993, 29.

<sup>249</sup> Pernicka 1990, 103. 105; Pernicka u. a. 1993, 29. 33; Pernicka u. a. 1997, 41f.

<sup>250</sup> Klassen – Stürup 2001, 59f. 61.

<sup>251</sup> Hauptmann 2000, 29.

<sup>252</sup> Craddock – Giurlia-Mair 1988, bes. 324; Merkl 2011, 58f. – Zu Grundlagen und Einschränkungen der Bleiisotopie Begemann – Schmitt-Strecker 2008; Pernicka 1990, 99-105; Pernicka 1987, 642-645; Pernicka 2014a, 247-250; Ottaway 1994, 161-165; Hauptmann 2000, 27-30; Sehr kurz Klassen – Stürup 2001, 58f.

<sup>253</sup> Einen Überblick zur Definition und Charakterisierung von Metallsorten und Ergebnissen für Europa durch Gliederungen von Otto – Witter (1952) mit Fragen zur Provenienz, „Studien zu den Anfängen der Metallurgie“ von Junghans und Kollegen (SAM I; SAM II) hin zu Clusteranalysen (etwa Ottaway 1982; Krause 2003) mit weiteren chronologischen, räumlichen und kulturellen Fragestellungen bieten Merkl 2011, 29-32. 58f.; Pernicka 1987, 626.

<sup>254</sup> Dazu mit weiterer Literatur Pernicka 1990, 66; Pernicka 1987, 626; Pernicka 2004, 323; Budd u. a. 1992, 677.

Metallsorte haben kann<sup>255</sup>. Insbesondere die Temperaturen und Bedingungen während der Verhüttung können große Wirkungen entfalten<sup>256</sup>.

Die Nebenelementgehalte unterschiedlicher Mineralzusammensetzungen, wie sie in primären Erzkörpern auf engem Raum vorkommen, können stark variieren. Infolgedessen ist die Erzeugung einer Kupfersorte, die durch eine bestimmte räumliche wie zeitliche Verbreitung charakterisiert ist, wohl der Auswahl und technischen Aufbereitung von Erz geschuldet<sup>257</sup>. Da die Zonierung innerhalb einer Lagerstätte zu großen Variationen bei den Nebenelementen führen kann, betonen Craddock und Giumlia-Mair, dass ähnliche Kupfer auf eine Nutzung gleicher Erze und Lagerstättenbereiche zurückzuführen sind<sup>258</sup>. Tylecote hebt das Potential der Spurenelementanalyse hervor, um die Erzbasis einer Periode zu erschließen<sup>259</sup>. Vieles spricht also dafür, dass die Spurenelementanalyse neben Herkunftsfragen insbesondere auch die Erzbasis charakterisiert. Mit einer wiederholt ähnlichen Erzauswahl ist dann vielleicht auch die bewusste Erzeugung bestimmter Kupfersorten und -legierungen fassbar (Pernicka nennt beispielsweise Singener Kupfer<sup>260</sup>, vgl. Mondseekupfer in Kap. IV.1.3). Die Auswahl würde sich dann nicht nur nach den technischen Möglichkeiten bei der Verhüttung, sondern auch nach dem beabsichtigten Endprodukt richten.

Die Verbreitung ähnlicher Kupfersorten könnte etwa auch auf die Nutzung homogener sekundärer Verwitterungszonen von Lagerstätten zurückzuführen sein, die von An- bzw. Abreicherungsprozessen betroffen sind. Diese Überlegungen betreffen zunächst besonders ein schlackenloses Verhüttungsverfahren, da dort eine Homogenisierung während der Verhüttung, anders als bei einem ausgereiften Schachtofenverfahren, wegen kleinerer Chargen sowie anderer technischer Ansätze und Charakteristika, wohl nur in geringem Umfang stattfinden sollte (vgl. Kap. II.2.5). Alternativ könnten homogene Kupfersorten bei der chalkolithischen Verhüttung und Legierungserzeugung möglicherweise durch eine Auswahl von erzeugtem Kupfer nach der Verhüttung begünstigt werden (vgl. Kap. II.3). Zusätzlich sind Umlauf- und Recyclingeffekte in Erwägung zu ziehen (etwa sog. Brucherzdepots)<sup>261</sup>. Die Zusammensetzung von Kupfer kann Aussagen zur Metallurgie und dem Kenntnisstand des urgeschichtlichen Metallurgen erlauben und sollte als Indikator einer Werkstatttradition gesehen werden<sup>262</sup> (so schon SAM [I und II] nach Hauptmann<sup>263</sup>).

Für das Zustandekommen bestimmter Kupfersorten und -legierungen ist wohl, wenn man andere Faktoren wie Zuschläge und Recycling ausschließen kann, deshalb das Zusammenspiel von Erzauswahl

---

<sup>255</sup> Budd u. a. 1992, 678.

<sup>256</sup> Budd u. a. 1992, 679-681. 683.

<sup>257</sup> Pernicka 1990, bes. 71-75 mit Abb. 24; Pernicka 1999, 164 mit Figure 2.

<sup>258</sup> Craddock – Giumlia-Mair 1988, 323f.

<sup>259</sup> Tylecote 1970, 24.

<sup>260</sup> Pernicka 1990, 74.

<sup>261</sup> Zusammenfassend mit entsprechender Literatur Merkl 2011, 58f.; Pernicka 1990, 114 mit Anm. 65. – Zu einer doch sehr konstruierten Annahme, um Recyclingeffekte auszuschließen Pernicka 1987, 695: „Im Prinzip sind zwei verschiedene Ansätze denkbar: Einerseits kann man annehmen, daß besonders in den frühesten Epochen der Metallverwendung keine Mischungen vorkamen, weil Metallobjekte allgemein (einschließlich der Gebrauchsgegenstände) als wertvoll galten. Da vielleicht auch die Kenntnis der Guss- und Schmiedetechniken noch nicht weit verbreitet war, wurden sie eher repariert als in unbrauchbarem Zustand bis zum Wiedereinschmelzen gehortet. Nachdem diese Objekte in den Boden gelangten, waren sie damit einem allfälligen Metallkreislauf entzogen und behielten somit weitgehend die geochemische Charakteristik des Ausgangserzes. Dies ist die Grundlage aller bisherigen Serienanalysen von Metallobjekten. Andererseits [...]“.

<sup>262</sup> Merkl 2011, 59 mit weiterer Literatur; Ottaway 1994, 158; Krause 2003, 204-206.

<sup>263</sup> Hauptmann 2000, 25: „Der Arbeitsgruppe war a priori nicht so sehr an Provenienzstudien gelegen, als vielmehr an einer Kennzeichnung von „Metallprovinzen“, die möglicherweise auch Erzprovinzen oder Verhüttungs- bzw. Weiterverarbeitungszentren entsprechen könnten. Sie war sich aber sehr wohl der Notwendigkeit von Erzanalysen bewusst.“

und Verhüttungstechnik ausschlaggebend. Damit kann man aus Kupfersorten auch Rückschlüsse auf die Verhüttungstechnik und die Intention dahinter ziehen. Die zur Herkunftsanalyse beachteten Elemente (Arsen, Antimon, Silber, Nickel usw.), die im ausgebrachten Kupfer zu finden sind, sollen abgesehen von hohen Arsengehalten, aus dem Erz stammen. Gleichzeitig stellen die meisten dieser Elemente auch potentielle Legierungspartner mit überwiegend positiven Auswirkungen auf das Kupfer dar und könnten deshalb beabsichtigt sein.

Kupferobjekte mit einer chronokulturellen Zuweisung zu Bodrogresztúr/Bubanj Hum la weisen aufgrund ihrer Bleiisotopie auf die gleiche Lagerstätte für die Herkunft des Erzes hin. Dies ist aber aufgrund ihrer unterschiedlichen chemischen Zusammensetzung umstritten. Zudem besetzen sie kulturell gemischt verschiedene Cluster<sup>264</sup>. Allerdings, und dies ist ein Hinweis auf die chalkolithische Legierungserzeugung, unterscheiden sich die Cluster im Wesentlichen nur im Arsengehalt (allerdings allgemein im niedrigen Bereich) (Taf. 1, 1 a. b)<sup>265</sup>. Dies könnte in einem Anreicherungsverhalten von Arsen begründet sein<sup>266</sup>. So vermutet auch Ottaway ein von den Verhüttungsbedingungen abhängiges Übertragungsverhalten von Arsen<sup>267</sup>. Ähnlich könnten auch andere Nebenelementgehalte von den Verhüttungsbedingungen abhängen. So weisen Kupfererze – gleich ob geologische Proben oder solche in archäologischen Zusammenhängen – regelhaft andere, höhere oder niedrigere, Nebenelementgehalte auf als mutmaßlich bleiisotopisch dazu passende Metallfunde<sup>268</sup>.

### ***II.2.2.2. Schachtofen- oder Tiegelverhüttung aus quellenkritischer und forschungsgeschichtlicher Sicht***

Es wurde schon festgestellt, dass generell zwei Konzepte der Verhüttung zur Verfügung stehen: das Tiegelverfahren und das Schachtofenverfahren. Letzteres wurde vornehmlich anhand von (spät)bronzezeitlichen und eisenzeitlichen Funden und Befunden rekonstruiert, die ihrerseits nach modernen Verfahrensschritten gedeutet wurden<sup>269</sup>, und beeinflusste die Forschung auf vielfältige Art und Weise<sup>270</sup>. Die Überreste des Schachtofenverfahrens sind charakteristisch: Es finden sich Reste von Öfen, große Mengen von Schlacken (Lauf-, Plattenschlacken) und die nun zahlreicheren Metallobjekte selbst, die aufgrund ihrer Zusammensetzung diesem Verfahren zuzuordnen sein sollten. Die überragende Bedeutung, die das Schachtofenverfahren in der Forschung erlangte, beruht auf verschiedenen Annahmen und Phänomenen. Zunächst wurde alle metallurgische Entwicklung in die Bronzezeit subsumiert. Die auffälligen Überreste der Metallerzeugung und die Metallkunst dieser Zeit ließen die Metallurgie in den Fokus vieler Archäometallurgen und Archäologen rücken. Verstärkt wurde die Wahrnehmung der bronzezeitlichen Metallurgie durch die je nach Region und Modell aufkommenden oder postulierten sozialgeschichtlichen Phänomene: vertikale Gesellschaftsstrukturen, arbeitsteilige Gesellschaften mit Häuptlingstümern oder gar Königreichen

---

<sup>264</sup> Pernicka u. a. 1993, 14 Fig. 4; 16f. 20 Fig. 6; 29. 30 Fig. 12. – Für eine mögliche gleiche Lagerstättenherkunft (Majdanpek?) siehe Pernicka u. a. 1993, 17. 21. vgl. 29. 30 Fig. 12; 38; Contra: Pernicka u. a. 1993, 19. 21 (als evtl. chronologischer Unterschied wird die unterschiedliche chemische Zusammensetzung aufgrund einer Änderung/Variation der Erzzusammensetzung innerhalb einer Lagerstätte interpretiert). Zu weiteren bleiisotopisch möglichen Lagerstätten Pernicka u. a. 1997, 105. 139.

<sup>265</sup> Siehe und vgl. Pernicka u. a. 1993, 13 Fig. 3; 14 Fig. 4; 16f. 20 Fig. 6 (insbesondere Cluster 2 und 3; Abbildung Fig. 3 zeigt, dass hohe Arsengehalte mit niedrigen Sb-Gehalten durch alle Perioden hinweg korrelieren, und auf ein Anreicherungsverhalten schließen lassen); Vgl. auch weitere Cluster, die eine bimodale Verteilung von Arsen zeigen (Pernicka u. a. 1997, 144).

<sup>266</sup> Vgl. dazu auch Ottaway 1994, 232.

<sup>267</sup> Ottaway 1994, 232.

<sup>268</sup> Vgl. dazu etwa den Befund bei Pernicka u. a. 1993, 24.

<sup>269</sup> Hauptmann 2007a, 133; Vgl. dazu Hauptmann 2000, 101; Hauptmann 2007b, 157.

<sup>270</sup> Siehe dazu allgemein Tylecote 1980a, 189-208. bes. 183. 189.

sowie Anfänge einer Schrift- und Hochkultur. Dagegen wird die frühe Metallurgie – wie bereits erwähnt – aus sozial- und technologiegeschichtlicher Sicht oft mit Etiketten wie *trial & error*, *trinket technology*, *domestic* und *small scale* belegt<sup>271</sup>. Eine Entwicklung der Metallurgie mit unterschiedlich benannten Phasen wie einer Initial-, Experimentier-, Aufbau- und Industrie-Phase wird in Zusammenhang mit Annahmen gebracht, dass in der Urgeschichte zuerst relativ reine oxidische Kupfererze und später einhergehend mit technologischer Evolution sulfidische Erze verhüttet wurden (s. u.)<sup>272</sup>. Die Bewältigung sulfidischer Erze wurde häufig mit der Technologiestufe der Bronzezeit gleichgesetzt<sup>273</sup>.

Aus diesen überlieferungs- und forschungsgeschichtlich bedingten Gründen basiert ein Teil der Methoden, die hier vorgestellt werden sollen, auf Annahmen und Modellen für die bronzezeitliche Verhüttung nach dem Schachtofenverfahren<sup>274</sup>. Dabei beruhen die Rekonstruktionen bronzezeitlicher Verhüttungstechnologien ihrerseits in großen Teilen auf Konzepten historischer und moderner Techniken<sup>275</sup>. Unterdessen sind die Modelle bronzezeitlicher Verfahren, insbesondere die Verhüttung sulfidischer Erze, immer noch umstrittener und veränderlicher Untersuchungsgegenstand; sie erfahren teilweise neue Deutungen<sup>276</sup>. Tiegel bzw. Tiegelschlacken wurden lange nur im Rahmen einer Weiterbehandlung von Kupfer betrachtet, jedoch nie oder nur selten im Zusammenhang mit einer Verhüttung gesehen<sup>277</sup>. Die Konzepte bronzezeitlicher Verhüttung haben die längste Zeit die Forschung geprägt, lassen sich aber nicht immer direkt auf ältere Verhältnisse übertragen. Die chemische Zusammensetzung der Metallobjekte sowie das Vorhandensein von regelhaften Schlacken und Überresten der bronzezeitlichen Kupfererzeugung stehen im Gegensatz zur Befundarmut der chalkolithischen Verhüttung. Für das Chalkolithikum deuten die Metallsorten und das seltene Auftreten von Schlacken, die außerdem einen anderen chemischen und gefügekundlichen Aufbau<sup>278</sup> zeigen, darauf hin, dass zu dieser Zeit andere metallurgische Verfahren im Rahmen einer *chaîne opératoire* angewendet worden sein müssen.

Teilweise fehlen selbst für die Bronzezeit Öfen und schon die *bronzezeitliche Verhüttung* ist anhand der überlieferten und als Schachtofen interpretierten Verhüttungsvorrichtungen schwer zu rekonstruieren<sup>279</sup>. Regelhafte Öfen für die Frühzeit sind ein noch größeres Desiderat<sup>280</sup>. Auch Funde von anderen Vorrichtungen und Instrumenten zur chalkolithischen Verhüttung fehlen weitgehend. Chalkolithische Tuyères und Blasrohrdüsen sind äußerst selten<sup>281</sup>. Insgesamt zeichnet sich eine völlig

---

<sup>271</sup> Vgl. etwa Hauptmann 2007b, 158; Hauptmann 2000, 101; Hauptmann – Palmieri 2000, 76; Strahm – Hauptmann 2009, 119; Hauptmann 2003a, 459.

<sup>272</sup> Hauptmann 2007a, 115; Ottaway 1994, 100; Strahm – Hauptmann 2009; Strahm 1994.

<sup>273</sup> Vgl. dazu Hauptmann 2007a, 133.

<sup>274</sup> Vgl. Tylecote 1980a, 189-208. bes. 183. 189.

<sup>275</sup> Siehe zu diesem Problem Killick 2005, 488; Hauptmann 2007a, 133. – Für die bronzezeitliche Verhüttung sulfidischer Erze (in den Alpen) etwa Metten 2003, 5. 11-16. bes. 5. Vgl. auch die Funktion bzw. Definition von Schlacke: Metten 2003, 35. 69; Zu optimalen Schlacken und einem Effizienzgedanken siehe Bachmann 1982, bes. 9f.; Bachmann 1980, bes. 103f. 118.

<sup>276</sup> Siehe etwa Metten 2003, 5. 11-16. 66f. 73f. 76f. bes. 13 Abb. 5: Anhand der äußeren Typologie von unterschiedlichen Schlackentypen der alpinen Bronzezeit werden vielfältige mehrstufige Modelle der Kupferverhüttung meist nach der Konzeption des Matteschmelzverfahrens rekonstruiert, und die unterschiedlichen Schlackentypen dabei verschiedenen Prozessschritten zugeordnet. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass diese aus einem einzigen Prozessschritt stammen, und zwar aus einem Prozess, der auf das Ausschmelzen der Sulfidphase ausgerichtet war; Hauptmann 2003a; Hauptmann 2007a.

<sup>277</sup> Hauptmann 2000, 101; Hauptmann 2007b, 157f. 218.

<sup>278</sup> Hauptmann 2003a; Bourgarit 2007, 4 Table 1.

<sup>279</sup> Siehe und vgl. Tylecote 1980a, 189f.; Tylecote 1987, 109-138.

<sup>280</sup> Vgl. Bourgarit 2007.

<sup>281</sup> Bourgarit 2007, 7f.

anders gestaltete Verhüttungstechnologie ab<sup>282</sup>. Deshalb rekonstruiert Craddock das sog. schlackenlose Tiegelverfahren (*non-slugging*): bei relativ niedrigen Temperaturen und unter eher schwach reduzierenden Bedingungen können Erze – meist soll es sich um reine Erze handeln – ohne Schlackenbildung verhüttet werden<sup>283</sup>.

Die extraktive Metallurgie wird meist anhand einer *chaîne opératoire* behandelt, welche die zur Erzeugung von Metallartefakten notwendigen Schritte in eine Reihe von Einzeloperationen einer metallurgischen Kette dekonstruiert<sup>284</sup>. Implizit und explizit geschieht dies vielleicht auch deshalb, weil man für die Bronzezeit eine hierarchische Gesellschaft annimmt, in der Aufgaben arbeitsteilig von Spezialisten ausgeführt wurden. Das arbeitsteilige Modell des bronzezeitlichen Schachtofenverfahrens wird dann auf die Metallurgie insgesamt übertragen bzw. als deren Voraussetzung angesehen<sup>285</sup>. Dessen ungeachtet ist eine Zerlegung des Prozessablaufs in einzelne Prozessschritte vielfach berechtigt und macht das Verstehen und Erklären einfacher. Im Teilbereich der extraktiven Pyrometallurgie des Chalkolithikums aber, mit einem mutmaßlich zu rekonstruierenden Verfahren, welches nicht an allen Stellen klar in Prozessschritte gegliedert werden kann, gehen dabei wichtige Zusammenhänge verloren. Die chalkolithische Verhüttung kann ein komplexes Steuern der Verhältnisse erfordern, und verschiedene Prozesse konnten sich dabei überlagern.

Eine *chaîne opératoire* der Produktion, wie sie implizit und explizit vielen Arbeiten zur Metallurgie zugrunde liegt<sup>286</sup>, wird hier dennoch herangezogen. Dadurch lassen sich manche Verfahrensschritte bzw. Varianten ausschließen oder können zur Abgrenzung dienen. Andere wiederum können zeigen, was bei unterschiedlichen Verhüttungsbedingungen geschieht. Manche Verfahrensschritte wie Matteschmelzen und Produkte wie Speisen müssen teilweise nochmals differenzierter betrachtet werden, da sich je nach Zusammensetzung ihres Ausgangserzes andere Anforderungen an den Verhüttungsprozess stellen, und sich die dabei gewonnenen Produkte unterscheiden.

Die Verhüttungsbedingungen und -methoden können einen maßgeblichen Einfluss auf die Zusammensetzung des erzielten Kupfers haben<sup>287</sup>. Dabei hat das schlackenlose Tiegelverfahren gegenüber dem „klassischen“ Schachtofenverfahren mit Schlackenbildung gewisse Vorteile, um legiertes Kupfer zu gewinnen. Diese werden im Folgenden herausgestellt. Daraus könnten sich auch Anhaltspunkte für eine Intention ergeben.

---

<sup>282</sup> Craddock 1995, 122-137. bes. 126f. 135.

<sup>283</sup> Craddock 2000, bes. 155f.; Craddock 1995, 122-137. bes. 126f. 135. ferner 137-146; Craddock – Meeks 1987, bes. 187f.

<sup>284</sup> Ottaway 2001.

<sup>285</sup> Als Voraussetzung für die Gewinnung von Metall und seine Verarbeitung zu Objekten wird oft die Existenz von Vollzeitspezialisten angesehen (vgl. Kohl 2009, 29); Siehe auch Craddock 1995, 146f.

<sup>286</sup> Vgl. etwa den Aufbau der Kapitel bei Ottaway 1994; Hauptmann 2007a; Ottaway 2001.

<sup>287</sup> Einen ersten, kurzen Eindruck und Überblick vermittelt Merkl 2011, 57-59 (auch wenn den pauschalen Aussagen zur Überführung der Nebenelemente bei eher oxidierenden Bedingungen in Schlacken sowie dem Ziel der Operation der Verhüttung, nämlich der Ausbringung reinen Kupfers, bei Merkl so nicht zu folgen ist [vgl. Kap. II.2.4–II.3]).

### ***II.2.2.3. Oxidische und sulfidische Verhüttung mit und ohne Schlacken: evolutionäre Folge des Lagerstättenaufbaus oder Steuerung der Metallzusammensetzung?***

Dem Aufbau der Lagerstätten hinsichtlich der Zusammensetzung der Erze wurde und wird ein bedeutender Einfluss auf die Entwicklung der extraktiven Metallurgie zugeschrieben<sup>288</sup>. Eine große Wirkung auf die Erforschung der Metallurgie hat die Annahme, dass zuerst die leichter verfügbaren und einfacher zu verhüttenden oxidischen Erze verwendet wurden<sup>289</sup>. Erst als diese erschöpft gewesen seien, sowie bedingt durch technologischen Fortschritt, sollen sulfidische Erze erfolgreich verhüttet worden sein. Während Oxide durch Kohlenmonoxid reduziert werden können, was auch in einem Tiegel erfolgen kann, ging man davon aus, dass Kupfer aus Sulfiden in einem vielstufigen Matteverfahren (Kap. II.2.4) gewonnen werden muss<sup>290</sup>. Dazu wird meist ein Schachtofen als notwendig erachtet. Diesen Annahmen im Teilbereich der extraktiven Metallurgie liegen in gewisser Weise auch die allgemeinen Entwicklungen der Kultur und der Metallurgie zugrunde. Bei der Metallurgie sieht man dabei eine Linie von gediegen Kupfer über Reinkupfer, Arsenkupfer und Bronze bis hin zu Eisen, die mit technischen Fortschritten verbunden ist. Umgekehrt wird Metall oftmals eine große transformative Kraft auf die kulturelle Entwicklung zugeschrieben, bzw. eine reziproke Beziehung zwischen Metall und kultureller Entwicklung gesehen<sup>291</sup>.

Die Forschung stellt also die Verfahren meist in linearen und parallelen Abfolgen dar: auf die Verhüttung oxidischer folgt jene sulfidischer Erze, und auf das schlackenlose Tiegelverfahren folgt die schlackenbildende Schachtofenverhüttung. Dies deckt sich mit älteren Vorstellungen von einer Entwicklung der technischen Fähigkeiten<sup>292</sup> ebenso wie mit dem Aufbau der Lagerstätten<sup>293</sup>.

Allerdings lässt sich ein ausgesprochener Übergang von oxidischer zu sulfidischer Metallurgie nicht festmachen<sup>294</sup>: Sulfidische Erze ließen sich schon früh mit einfachen Methoden verhütten. Ein spezielles vielstufiges Matteverfahren ist nicht notwendig, um den Schwefel abzuführen. So bietet das *co-smelting* eine elegante Möglichkeit, oxidische und sulfidische Erze gemeinsam in einem einzigen Prozessschritt zu verhütten. Außer mit einer intentionellen Mischung der Erze wird dies allerdings auch mit dem Aufbau der Lagerstätten erklärt. Denn schon im Verwitterungsbereich von Lagerstätten kommen unter den oxidischen Erzen Reste von unverwittertem sulfidischen Erz vor, und beim Abbau in immer tiefere Bereiche der Lagerstätten nimmt der Anteil an sulfidischem Erz weiter zu<sup>295</sup>. Mischungen oxidischer und sulfidischer Erze, die nicht präzise sein müssen, liegen also auch natürlich vor.

Dass ein Schema der Metallurgieentwicklung mit linearen evolutionären Abfolgen so nicht haltbar ist, zeigen mittlerweile diverse Funde aus dem 5. Jt. und dem 4. Jt. v. Chr., die eine frühe Verhüttung

---

<sup>288</sup> Siehe hierzu etwa Hauptmann 2007a, bes. 116f. 117. 121. Der Titel einer Überschrift etwa lautet: „Die Verwitterungszone von Erzlagerstätten: Triebkraft für Innovationen in alter Zeit“ (Hauptmann 2007a, 117); Vgl. dazu, zwar auch evolutionistisch, etwa Rostoker u. a. 1989, bes. 69f. 71 mit Fig. 2.

<sup>289</sup> Siehe dazu etwa Ottaway 1994, 93-104. bes. 93.

<sup>290</sup> Rostoker u. a. 1989, 69; Hauptmann 2007a, 121; Vgl. auch Ottaway 1994, 101.

<sup>291</sup> Siehe etwa Strahm – Hauptmann 2009, bes. 120; Strahm 1994, 2f. 5-8. 33-35; Strahm 2010, 179. 181f.; Ottaway – Roberts 2008, 204f.; Ottaway 1994, 16-18; Wertime 1973, 882; Siehe dazu Kohl 2009, 28f.; Killick 2005, bes. 485. 487f.; Kienlin 2010, 18.

<sup>292</sup> Teils implizit: Pollard u. a. 1991a, 129; Siehe auch – teils kritisch dazu – Hauptmann 2003a, bes. 459f. 466.

<sup>293</sup> Siehe etwa Ottaway 1994, 93-104. bes. 93. 100f.; Hauptmann 2007a, 116f. 121. – Vgl. etwa auch für die Entwicklung der Bronzetechnologie die Annahmen von der Abhängigkeit vom Aufbau der Lagerstätten etwa Otto – Witter 1952, 31. 47.

<sup>294</sup> Rostoker u. a. 1989, bes. 69f.

<sup>295</sup> Rostoker u. a. 1989, 69f.; Hess 1998, 94.

komplexer Erze belegen<sup>296</sup>. Auch Versuche beweisen, dass die Verhüttung vielfältiger Erze unter „primitiven“ Bedingungen möglich ist<sup>297</sup>. Bestimmte Erze, welche den urgeschichtlichen Handwerker ansonsten vor Probleme stellten, lassen sich so durchaus leicht verhütten. Nicht zuletzt wurden vielleicht gerade diese Erze zudem wegen der Eigenschaften des daraus erzielten (legierten) Metalls gezielt gesucht. Einige Aspekte früher Metallurgie werden dadurch verdeckt, dass man Vorstellungen und Modelle bronzezeitlicher Verhüttung auf die älteren Zeiten der extraktiven Metallurgie überträgt<sup>298</sup>.

Matteschmelzen<sup>299</sup>, Schachttöfen und Schlackenbildung werden häufig als technologische Antworten der Metallurgen auf die Herausforderungen sulfidischer Erze angesehen<sup>300</sup>. Sie sind aber (möglicherweise) nicht die Mittel der Wahl, um Kupferlegierungen mit As, Sb, Ni usw. zu erzeugen. Einige Anhaltspunkte sprechen nämlich für eine bewusste Nutzung einer weitgehend schlackenlosen Verhüttung (in Tiegeln), welche etwa die Schmelzpunktunterschiede der Chargenbestandteile zur Ausbringung des Metalls nutzt. Dies ist bei einem schlackenbildenden Schachtofenverfahren kaum möglich. Die schlackenlose Verhüttung in Tiegeln ermöglichte es, wahrscheinlich über verschiedene und sich möglicherweise überlappende Prozesse, die Erzeugung von Legierungen bis zu einem gewissen Grad zu steuern und zu begünstigen. Grundlagen und Prozesse dieser chalkolithischen Legierungserzeugung könnten auch ausschlaggebend für eine Beibehaltung scheinbar primitiver Verfahren zu einer Zeit gewesen sein, in der auch Schachttöfen genutzt wurden. Zunächst müssen aber die Gründe dafür in einem weiteren Rahmen gesucht werden.

Die Gegenüberstellung von Tiegel- und Schachtofenverfahren, auch wenn sie problematisch ist, soll im Folgenden bei der Besprechung der unterschiedlichen Verhüttungsverfahren in groben Zügen beibehalten werden, um die Auswirkungen der Prozesse auf die Zusammensetzung der Artefakte darzustellen. Damit sollen die Grundzüge der frühen Metallurgie herausgestellt und von späteren Entwicklungen abgesetzt werden.

### **II.2.3. Extraktive (Pyro-) Metallurgie von Kupfer und seinen Legierungen**

Das Verhütten von Erzen, auch als (Er-)Schmelzen bezeichnet<sup>301</sup>, ist deren Reduktion zum Metall. Die Verhüttungsmethoden und -bedingungen unterscheiden sich teilweise nach Art des Erzes. Die deutlichsten Unterschiede betreffen dabei oxidische und sulfidische Erze, die unterschiedliche Verfahrenswege erfordern können. Aber auch die Auswahl und Aufbereitung des Erzes und seines Ganggesteins sind von Bedeutung. Trotz aller Unterschiede kann es bei den Prozessen aber viele Überschneidungen geben. Die wichtigsten Parameter, über die sich die Bedingungen während des Verhüttungsprozesses steuern lassen, sind die Temperaturen, die Redoxbedingungen und ferner die Dauer der Operation<sup>302</sup>. Sie konnten in der Urgeschichte fast nur über die Zugabe von Brennstoff und die Belüftung eingestellt werden. Auch die Art und Aufbereitung des eingesetzten Erzes haben Auswirkungen. Wie bereits angesprochen, gibt es verschiedene Methoden, Kupfer – legiert wie unlegiert – zu gewinnen. Eine Entscheidung, nach welcher Methode dies genau erfolgte, ist aufgrund

---

<sup>296</sup> Zur Verhüttung von Erzen mit zumindest sulfidischen Anteilen etwa: Bourgarit 2007, 4 Table 1; Hauptmann u. a. 2003, 541. 559; Thornton u. a. 2010, 308.

<sup>297</sup> Craddock 1995, 135-137. bes. 137; Bourgarit 2007; Hauptmann 2003a, bes. 464f.; Rostoker u. a. 1989.

<sup>298</sup> Hauptmann 2007b, 218; Hauptmann 2003a, 133.

<sup>299</sup> Dazu mit Literatur Rostoker u. a. 1989, 69; Metten 2003, 11-16.

<sup>300</sup> Vgl. Hauptmann 2007a, 121f. 133.

<sup>301</sup> Ottaway 1994, 93; Zur Verhüttung allgemein Ottaway 1994, 93-104. Schmelzen bezeichnet auch das Verflüssigen von bereits reduziertem oder gediegenem Metall, etwa zum Zwecke des Gusses.

<sup>302</sup> Ottaway 1994, 93f.; Hauptmann 2003a, 461.

der Überschneidungen der Prozesse aber schwierig. Kritisch wird der Aussagegehalt von Experimenten unter Laborbedingungen gesehen, so sollen Versuche zur Erzeugung von Legierungen nicht die thermodynamische Wirklichkeit widerspiegeln<sup>303</sup>. Ein Ausweg kann die Betrachtung wiederkehrender Muster in Versuchen im Abgleich mit dem archäologischen Fundbestand bieten. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Erzeugung von Arsenkupfer, u. a. weil Arsen als Legierungspartner besser erforscht ist als Nickel, Antimon usw.

### ***II.2.3.1. Gewinnung und Aufbereitung des Erzes unter dem Gesichtspunkt der Überführung der Nebenelemente im Rahmen der chaîne opératoire***

Neben gediegen Kupfer und seltener gediegen Silber stehen die hier interessierenden Metalle vor allem in Form von Mineralien gebunden als Oxide, Carbonate oder Sulfide in Erzen zur Verfügung, die eng mit dem Nebengestein (Gangart) verwachsen sind. Um es zur Verhüttung zu bringen, musste das metallhaltige Erz meist angereichert werden, indem man taubes Nebengestein entfernt. Auf die Zusammensetzung des Kupfers, und damit auch, ob es sich um eine gewollte Legierung handelt, können viele Faktoren im Lauf der *chaîne opératoire* Einfluss haben<sup>304</sup>. Aufgrund der Variabilität der Erzzusammensetzung von Lagerstätten(regionen) und auf einer Lagerstätte selbst (Taf. 2, 1. 2) spielt die Erzauswahl eine wichtige Rolle. Bedingt durch den Maßstab und die Art des urgeschichtlichen Abbaus dürfte eine große Schwankungsbreite in der Erzzusammensetzung zu erwarten sein<sup>305</sup>. Ähnlich kann auch die später zur Verhüttung gebrachte Chargengröße einen Einfluss darauf entfalten, wieweit die Legierungsgehalte sich einem Mittelwert nähern oder variieren<sup>306</sup>. Anreicherung und qualitative Auswahl können auf verschiedene Art und Weise durch eine Aufbereitung erfolgen<sup>307</sup>: Die wichtigsten Schritte sind das Aufbrechen von Ganggestein und Erz und seine Sortierung durch Handauslesen (wobei dann Dichte, Form, Härte und Farbe eine Rolle spielen können) und gravitative Methoden in Wasser oder an Luft nach Dichten<sup>308</sup>. Erreichbare Kupfergehalte von 30–50 % werden oft genannt<sup>309</sup>. Eine Möglichkeit, hierbei Nebenelemente anzureichern, böte vielleicht das Aussammeln nebenelementhaltiger bzw. -reicher Teile aus Erzen. Als Kriterien könnten etwa Farbe oder insbesondere im Falle des Arsens der beim Zerschlagen freigesetzte Geruch<sup>310</sup> dienen. Das Aufschließen des Erzes kann durch ein Rösten eingeleitet werden, bei dem teilweise auch schon Sulfide, Chloride und Carbonate zu Oxiden umgewandelt werden können und Kristallwasser ausgetrieben werden kann, bevor das Erz aufgebrochen wird<sup>311</sup>. Bei einem Abbau der Erze durch Feuersetzen können Erz und Ganggestein bereits dadurch geröstet bzw. zermürbt worden sein<sup>312</sup>. Eine Aufbereitung auf Erbsengröße wurde von Craddock vorgeschlagen, da staubfeines Erz das Feuer bei der Verhüttung löschen kann<sup>313</sup>. Jedoch können aus staubfeinem Erz, etwa mit Dung, auch Pellets geformt werden. Fein zermahlene Erz hat eine größere aufgeschlossene Oberfläche, und ist somit leichter oxidier- wie reduzierbar<sup>314</sup>. Ein Zermahlen auf Sandkorngröße oder Mehlfeinheit wird

---

<sup>303</sup> Timberlake 2007, 34.

<sup>304</sup> Budd u. a. 1992, 678; Merkl 2011, 58 mit weiterer Literatur.

<sup>305</sup> Hess 1998, 30.

<sup>306</sup> Lorenzen 1965, 35.

<sup>307</sup> Craddock 1995, 156-166. bes. 169; Merkel 1985; Tylecote 1987, 53-65. bes. 59; Ottaway 1994, 89-91.

<sup>308</sup> Merkel 1985, 164.

<sup>309</sup> Craddock 1995, 169; Merkel 1985, 165 Fig. 1.

<sup>310</sup> Schubert 1981, 448.

<sup>311</sup> Craddock 1995, 167.

<sup>312</sup> Craddock 1995, 167. – Zum Feuersetzen siehe Ottaway 1994, 37f. mit Abb. 8.

<sup>313</sup> Craddock 1995, 161.

<sup>314</sup> Vgl. einen Versuch von Lorscheider u. a. 2003, 303.



angeführt<sup>315</sup>. Gleichzeitig erhöht sich damit die Neigung zur Schlackenbildung von verbliebener Gangart (s. Kap. II.2.5.2; II.2.6.5). Der Aufbereitungsgrad kann die Zusammensetzung des zu erschmelzenden Kupfers beeinflussen, was auch für die Herkunftsfrage Bedeutung hat<sup>316</sup>. Kupfer-, Eisen- und Schwefelgehalte der Charge können verändert werden<sup>317</sup>. Dabei können Elemente wie Arsen und Nickel (und andere Elemente), die mit den Mineralen des Nebengesteins assoziiert sind, entfernt werden<sup>318</sup>. Im Falle von Erzen aus Timna beispielsweise sind diese mit Eisen vergesellschaftet<sup>319</sup>. Für die Erzeugung von Kupferlegierungen während der Verhüttung würden sich zunächst solche Erze anbieten, bei denen etwa Arsen mit dem Wertträger, d. h. dem Kupfer verbunden ist (z. B. Fahlerze). Weiter dürfte die Verhüttung eher kompakter, aber mechanisch und thermisch aufgeschlossener Erzbrocken, die die geeigneten Nebenelemente enthalten, leichter zu legierten Kupfern führen, als der Einsatz hochreinen, fein aufbereiteten Erzes. Kompakte Erzstücke werden tatsächlich auch für die früheste Verhüttung erschlossen (Kap. II.2.6.4) Da Erze „durchweg mehr oder weniger heterogene Konglomerate verschiedener Mineralien“<sup>320</sup> darstellen, könnte eine Gewinnung legierter Kupfer durch eine Verhüttung befördert werden, bei der in eher kompaktem Ganggestein unterschiedlich legierte Kupfer getrennt voneinander verbleiben (oder die hoch legierten Kupfer zuerst aussaigern und sich sammeln), anstatt dass alle Metallbestandteile zu einem Metallbad zusammenlaufen und die Legierungspartner so homogenisiert werden.

### ***II.2.3.2. Grundlagen der Verhüttung am Beispiel oxidischer und carbonatischer Erze: Prozessführung unter minimalen Voraussetzungen***

Eine ganze Reihe unterschiedlicher Erze lassen sich direkt (zu Kupfer) reduzieren. Insbesondere sind dies die Verwitterungsprodukte aus dem oberen Bereich einer Lagerstätte, dem sog. Eisernen Hut. Dabei handelt es sich vor allem um oxidische und carbonatische Kupfererze sowie Arsenate<sup>321</sup>. Diese Erze lassen sich durch eine direkte Reduktion mit Kohlenmonoxid in einem einfachen Ofen oder Tiegel als *Reaktor*<sup>322</sup> verhütten, um metallisches Kupfer zu gewinnen.

---

<sup>315</sup> Ottaway 1994, 90.

<sup>316</sup> Merkel 1985, 168.

<sup>317</sup> Merkel 1985, 166.

<sup>318</sup> Merkel 1985, 168; Craddock 1995, 169.

<sup>319</sup> Merkel 1985, 168.

<sup>320</sup> Zitat Lorenzen 1965, 35. – Siehe dazu auch Zwicker 1991, 333. ferner 335f.; Hauptmann 2008, 126f.: „Erze sind natürliche Minerale oder Mineralgemenge mit hohen Metallgehalten. Die in der Natur auftretenden Erze sind nicht „rein“, sondern enthalten aufgrund von Verunreinigungen im kristallographischen Bereich und als Verwachsungen im mikroskopischen Bereich eine Reihe anderer Elemente. Solche Metallbeimengungen liegen im Bereich von Mikrogramm pro Gramm oder parts per million bis zu einigen Gewichtsprozenten. Zudem sind Erzminerale in wechselndem Maße mit dem sie umgebenden Gestein verwachsen, was entscheidenden Einfluss auf die Schlackenbildung hat.“

<sup>321</sup> Siehe etwa Ottaway 1994, 93-97. bes. 93-95.

<sup>322</sup> Der Tiegel als Reaktor sollte dabei in einem erweiterten Verständnis als System mit der Feuerungseinrichtung mit Holzkohleabdeckung und optionaler Abdeckung etwa mit Deckel oder Sand (cave: Flussmittel) zur Erzeugung der Reaktionsatmosphäre gesehen werden. In einem regelhaften Schachtofen können (lokal begrenzt) gleichmäßige Reaktionsbedingungen leichter erzeugt und länger aufrechterhalten werden. Dies ist aber beim Tiegelverfahren nicht notwendig. Unter Umständen bieten die Bedingungen während des Tiegelverfahrens für eine ganze Reihe von Erzen sogar Vorteile (Kap. II.2.5).

### II.2.3.2.1. Einfachste Anordnung: Lagerfeuer ohne Kontrolle der Parameter

Eine Reduktion von Kupfer ist grundsätzlich auch in einem Lagerfeuer<sup>323</sup> denkbar, liegen die Temperaturen doch im Allgemeinen zwischen 600 ° und 700 °C<sup>324</sup> und können durch Windzug lokal sogar auf 1000°C erhöht werden. Zur Reduktion von Kupferoxiden reichen bereits Temperaturen zwischen ca. 700 und 850°C<sup>325</sup>, und reines Kupfer hat eine Schmelztemperatur von 1083°C (s. u. zur Funktionsweise). Aber ausreichende Redox-Bedingungen im Zusammenspiel mit gleichzeitig genügend hohen Temperaturen und hinreichend langen Feuerungszeiten dürften nur in Ausnahmefällen vorgelegen haben<sup>326</sup>. Dennoch benennt Rickard ein Beispiel aus Katanga im ehemaligen Belgisch-Kongo; hier wurden „beads of melted copper on fragments of copper ore that had been reduced in the camp-fire“<sup>327</sup> produziert. Ähnlich wird auch berichtet, dass Malachit beim Einschmelzen gediegen Kupfers mit Malachitbeimengungen in einem Tiegel von beigefügter Holzkohle reduziert wurde<sup>328</sup>. So ist die (zufällige) Entdeckung der Kupferverhüttung in einem Lagerfeuer durchaus möglich, eine regelhafte Kupferverhüttung auf diese Art ist aber wohl eher auszuschließen<sup>329</sup>. Blei kann, wie noch zu sehen sein wird, bei noch niedrigeren Temperaturen als Kupfer erschmolzen werden<sup>330</sup>. Es könnte deshalb einen Wegweiser zur extraktiven Kupfermetallurgie darstellen<sup>331</sup>. Um aber Kupfererze verlässlich und regelmäßig in Kupfer umzuwandeln, bedarf es einer intentionellen Prozessführung. Die damit verbundenen Anforderungen können sich zwar nach Art des Erzes unterscheiden, sind aber teils vergleichsweise „einfach“ zu erfüllen. Die oben genannten Beispiele und die prinzipielle Möglichkeit zur einfachen Verhüttung von Kupfer zeigen aber auch, wie gering im Einzelfall die Prozessanforderungen sein können.

### II.2.3.2.2. Einfache Anordnung: Tiegel bzw. Grubenöfen mit Blasrohren zur Erzeugung der Verhüttungsatmosphäre und -temperaturen

Bei der Verhüttung in Tiegeln oder einfachen Öfen<sup>332</sup> kann die Belüftung von oben mit menschlichem Atem über Blasrohre<sup>333</sup> erfolgen (vgl. Taf. 3, 5). Dabei kann der Luftstrom durch intermittierendes Blasen in oder durch das Brennmaterial hindurch so gelenkt werden, dass Temperaturen und Atmosphäre gesteuert werden können. Durch den eingeblasenen Sauerstoff liegen so eigentlich oxidierende Bedingungen vor. Diese sind notwendig, um eine lokal eng begrenzte Initialverbrennung

---

<sup>323</sup> Die Reduktion von Kupfer im Lagerfeuer nach Hauptmann 2000, 141; Hauptmann 2007b, 217: Hier sind detailliertere Ausführungen zur Möglichkeit der Reduktion von Kupfer in einem Lagerfeuer mit weiterer Literatur zu finden; Coghlan 1951, 21f.

<sup>324</sup> Coghlan 1951, 21.

<sup>325</sup> Hauptmann 2007a, 130; Hauptmann 2007b, 219; Moesta 1983, 15.

<sup>326</sup> Pernicka (1990, 46f.) sieht die Entdeckung in einem Lagerfeuer deshalb kritisch.

<sup>327</sup> Zitat: Rickard 1932, 114; Nach Hauptmann 2007b, 217.

<sup>328</sup> Ottaway 1994, 27f. mit weiterer Literatur.

<sup>329</sup> Hauptmann 2007b, 217.

<sup>330</sup> Pernicka 1990, 56.

<sup>331</sup> Craddock 1995, 125.

<sup>332</sup> Die Herstellung der Reduktions-Oxidationsverhältnisse sowie die Prinzipien und Vorgänge der (Tiegel-) Verhüttung im Folgenden bes. nach Hauptmann 2007b, 221f. und Hauptmann 2000, 142f.; ferner Hess 1998, 89f.; Craddock 1995, 198-201. Die Möglichkeit, Tiegel zur Verhüttung zu nutzen, wurde vielfach in der Forschung übersehen, obwohl Tylecote (1974) schon früh darauf hingewiesen hat, dass beispielsweise Malachit einfach in einem Tiegel zu verhütten ist. Ausführlicher zur Reduktion in einem Tiegel oder einfachen Grubenofen mit Belüftung via Blasrohr sowie Brennstoffzugabe siehe: Hauptmann 2000, 142f.; Hauptmann 2007b, 219-223. bes. 221f.; Ottaway 1994, 93f.; Merkl 2011, 57-59.

<sup>333</sup> Hauptmann 2007b, 220f.; Zur Belüftung mittels Blasrohren Rehder 1994. Bei einer anderen Anordnung der Belüftung kann der Tiegel schmelzen (vgl. Frame 2004, 37f.). – Zur Belüftung und ihrer Entwicklung im Allgemeinen auch für Ofenverfahren siehe Craddock 1995, 170f. 174-189.

zu ermöglichen ([1] vgl. u.). Zur Reduktion des Erzes zu Kupfer muss dabei aber eine genügend reduzierende Atmosphäre herrschen, die durch zu Kohlenstoffmonoxid (CO) entsteht, das bei unvollständiger Verbrennung des Brennstoffs, meist wohl Holzkohle<sup>334</sup> aber (prinzipiell) auch Holz<sup>335</sup>, Tierdung<sup>336</sup> oder Trester (Presskuchen) von Oliven<sup>337</sup> erzeugt wird. Brennmaterial und Temperatur steuern diese Gleichgewichtsreaktion (Boudouard-Gleichgewicht [2]). Hohe Temperaturen und Brennstoffüberschuss führen dazu, dass sich die Reaktion auf die rechte Seite der Reaktionsformel verschiebt. Das Kohlenstoffmonoxid dient als Reduktionsmittel und verbindet sich, wenn gleichzeitig ausreichend stark reduzierende Bedingungen – als Maßstab<sup>338</sup> dient häufig der Sauerstoffpartialdruck  $p_{O_2}$  – und genügend hohe Temperaturen vorliegen, mit dem Sauerstoff im Erzmineral, wodurch dieses zum Metall reduziert wird [3]. Pernicka sieht Temperaturen von mindestens 800 °C, respektive aber 1000 °C und mehr als Mindestvoraussetzung an, damit ein ausreichender Überschuss an CO entsteht und Kupfer hinreichend schnell (bei einer Festkörperreaktion) reduziert werden kann (Kap. II.2.3.2.3. „Chemische Voraussetzungen“)<sup>339</sup>. Gerade bei einem Verfahren nach den Prinzipien einer Tiegelverhüttung ist wahrscheinlich, dass durch einen Überschuss an  $O_2$  einiges von dem CO zu  $CO_2$  oxidiert wird, und somit die Gefahr einer Reoxidation bereits reduzierten Kupfers besteht (vgl. auch die teils hohen Cupritgehalte in frühen Schlacken). Die Verbrennung als exotherme Reaktion liefert die für die Umsetzung notwendigen hohen Temperaturen, während die Bildung von CO aus  $CO_2$  und die Reduktion der Cu-Oxide endotherme Reaktionen sind (vgl. [1-3]). Gesteuert werden Verhüttungsatmosphäre (Sauerstoffpartialdruck) und –temperatur durch Zugabe von Brennmaterial und Sauerstoffzufuhr. Indikator für die Bedingungen war etwa die Farbe der Flammen<sup>340</sup>. Der für hohe Temperaturen notwendige Sauerstoff steht dabei vereinfacht gesagt im Konflikt mit der Erzeugung einer reduzierenden Atmosphäre<sup>341</sup>. Die für die Reduktion verschiedener Erze notwendigen Energien können als Gibbs-Energie oder Freie Enthalpie ( $\Delta G^\circ$ ) in einem Ellingham-Diagramm dargestellt werden (Taf. 2, 3)<sup>342</sup>. Je stabiler die Verbindungen sind, umso höhere Temperaturen und stärker reduzierende Bedingungen sind notwendig, um das Metall zu reduzieren. Jedoch spielen bei der Verhüttung weitere Bedingungen wie kinetische Prozesse und Gasgeschwindigkeiten eine Rolle<sup>343</sup>. Neben dem Reaktordesign selbst können etwa die Belüftung und die Höhe der Holzkohleabdeckung die Redoxbedingungen beeinflussen<sup>344</sup>. Jedoch konnten bei der frühen Verhüttung aufgrund von

---

<sup>334</sup> Hess 1998, 89; Holzkohle bietet sich aufgrund seiner Eigenschaften an: sie verbrennt bei höherer Temperatur als Holz und ohne Rauch- und Flammenbildung, Eigenschaften wie Körnung, Brennwert und Feuchtigkeit lassen sich leichter kontrollieren als bei Holz. Daher wird Holzkohle für die Metallurgie der Urgeschichte häufig als alleiniges Brennmaterial gesehen. Zu weiteren Brennmaterialien allgemein siehe Craddock 1995, 189-198; Metten 2003, 35.

<sup>335</sup> Ottaway 1994, 93; Versuche ergaben, dass Holz zur Verhüttung in einem Schachtofen herangezogen werden kann. Für Zypern wird von Fasnacht Holz als Brennmaterial zur Verhüttung genannt (Fasnacht 2009, 398).

<sup>336</sup> Donnan 1973, 293.

<sup>337</sup> Betancourt 2008, 109f.

<sup>338</sup> Aus dem Boudouard-Gleichgewicht lässt sich der Sauerstoffpartialdruck ( $p_{O_2}$ ) idealer Gase ableiten. Dieser entspricht der Sauerstofffugazität ( $f_{O_2}$ ) realer Gase (Hess 1998, 89).

<sup>339</sup> Pernicka unterzieht an dieser Stelle schlackenlose Verfahren und die Möglichkeit der Reduktion von Kupfer durch Festkörperreaktionen einer kritischen Betrachtung, plädiert aber für schlackenbildende Prozesse (Pernicka 2014a, 253f.).

<sup>340</sup> Merkel 1980, 82.

<sup>341</sup> Ottaway 1994, 93.

<sup>342</sup> Craddock 1995, 190 Figure 5.28; 198; Hauptmann 2000, 22 mit Abb. 5; Pernicka 1987, 630f.

<sup>343</sup> Craddock 1995, 198f.; Hauptmann 2000, 143. Kinetische Prozesse beinhalten etwa die Reaktionsgeschwindigkeit, Diffusion und Stoffabscheidung.

<sup>344</sup> Hauptmann 2007b, 200. 220f. 226. 249; So soll eine Holzkohlebedeckung von etwa 20-30 cm eine reduzierende Atmosphäre von  $10^{-8}$  bis  $10^{-12}$  atm erzeugen (Hess 1998, 103).

Reaktordesign und Art der Belüftung kaum so konstante und reduzierende Bedingungen wie in späteren Öfen erreicht werden<sup>345</sup>.

[1] Verbrennung zur Erzeugung der Reaktionstemperatur



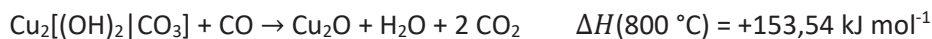
[2] Herstellung der reduzierenden Atmosphäre (Boudouard-Gleichgewicht)



[3] Reduktion (hier am Bsp. von Cuprit und Malachit)



Cuprit



Malachit

(Formeln bei Hauptmann 2000, 143; Hauptmann 2007b, 221)

Durch Blasrohre können in einem vorgeheizten Ofen lokal um 1200-1250 °C (max. 1300 °C) erreicht werden, womit man sich eher am unteren Ende dessen bewegt, was nötig ist, um sowohl Kupfer als auch Schlacke flüssig zu halten<sup>346</sup>. Wesentliches Ziel der Verhüttung ist die Reduktion des Minerals in das elementare Metall. Dies kann bereits in fester Form geschehen<sup>347</sup>. Die Trennung von Metall und Schlacke in flüssigem Zustand (bei stark reduzierenden Bedingungen) hat im Allgemeinen den Vorteil, dass die Metallausbeute steigt, da sowohl die Bedingungen als auch die Schlacke einer Reoxidation des Metalls vorbeugen<sup>348</sup>. Andererseits sind sowohl Reduktion des Wertträgers als auch die Schlackenbildung endotherme Prozesse<sup>349</sup>. Die Schlackenbildung kann vermieden und somit Energie eingespart werden. Tiegel ermöglichen dabei eine bessere Konzentration der Charge und Kontrolle der Bedingungen als ein einfacher Herd alleine<sup>350</sup>. Die oben genannten Reaktionen werden durch das Gleichgewicht C/CO/CO<sub>2</sub> bestimmt. Bedingt durch die Art der Luftzufuhr, noch dazu in offenen Reaktoren, dürften kaum Gleichgewichtsbedingungen erreicht worden sein<sup>351</sup>. Die Phasenzusammensetzungen früher Schlacken zeugen davon.

Da bei der Verhüttung hohe Temperaturen notwendig sind und das Einblasen von Luft über Blasrohre gut funktioniert, wird die Verwendung von Blasrohren angenommen. Funde von Blasrohren selbst fehlen aber. Lediglich seltene Funde möglicher tönerner Blasrohrdüsen, teilweise aus Verhüttungskontexten, liegen vor. Diese stammen etwa mit Alişar Höyük und Brixlegg wahrscheinlich aus dem 5. Jt. v. Chr. sowie mit Hacinebi und Hamoukar aus dem 4. Jt. v. Chr. (vgl. Kap. IV). Mit Ausnahme Abu Matars fehlen auch Tuyères fast vollständig. Die weitgehende Absenz von tönernen

<sup>345</sup> Hauptmann 2008, 134.

<sup>346</sup> Rehder 1994, 346. 349; Hess 1998, 103.

<sup>347</sup> Craddock 1995, 198f.

<sup>348</sup> Craddock 1995, 198f.

<sup>349</sup> Craddock 1995, 198-200.

<sup>350</sup> Craddock 2000, 161.

<sup>351</sup> Hess 1998, 89.

Blasrohrdüsen im Fundmaterial des Mittelmeerraumes, (Südost-)Europas und Vorderasiens legt nahe, dass aufgrund negativer Evidenz deshalb wohl rein organische Blasrohre als überregionales Charakteristikum der chalkolithischen Verhüttung zu erschließen sind<sup>352</sup>.

### II.2.3.2.3. „Chemische Minimalvoraussetzungen“

Der Schmelzpunkt von reinem Kupfer liegt bei 1083 °C, der von Kupferoxid (CuO) bei 1026 °C, und Cuprit (Cu<sub>2</sub>O) etwa schmilzt bei 1235 °C<sup>353</sup>. Die Schmelztemperatur von Mineralen muss bei der Verhüttung jedoch nicht unbedingt erreicht werden. Eine Reduktion zu Kupfer kann bereits unter der Schmelztemperatur stattfinden. Um das Metall zu gewinnen, kann es ausgeschmolzen werden. Dazu sind Temperaturen, die zum Guss von reinem Kupfer genügen, allemal ausreichend; sich bildende Kupferlegierungen können zudem die Schmelztemperaturen noch weiter senken. So ist mit den ersten gegossenen Objekten auch die Möglichkeit nicht auszuschließen, dass das Verfahren der Verhüttung Anwendung fand (vgl. Kap. II.2.1).

Besonders reine Kupferoxide wie Cuprit (veraltet Rotkupfererz, Cu<sub>2</sub>O) und Tenorit (CuO) oder Carbonate wie Malachit (Cu<sub>2</sub>[(OH)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>]) und Azurit Cu<sub>3</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub> (Taf. 3, 1) lassen sich einfach zu Kupfer reduzieren<sup>354</sup>. Dazu reicht es aus, sie kleingemahlen zusammen mit Holzkohle in einem Tiegel zu erhitzen. Bei Versuchen dazu wurden ausreichend reduzierende Bedingungen teilweise in geschlossenen Gefäßen erzeugt<sup>355</sup>. So experimentierte Coghlan<sup>356</sup> mit Malachit sowohl in einem einfachen Grubenfeuer als auch einem Töpferofen mit zwei Kammern. Dabei erhitze er Erz und Holzkohle zusammen. Aufgrund der ungenügend reduzierenden Bedingungen entstand Kupferoxid. Durch die Abdeckung mit einem Keramiktopf konnten ausreichend reduzierende Bedingungen erzeugt werden, um Kupfer von hoher Reinheit hervorzubringen<sup>357</sup>. Wie bereits erwähnt kann die Reduktion des Erzes zu metallischem Kupfer noch unterhalb der Schmelztemperaturen erfolgen. Temperaturen von 500–800°C werden genannt<sup>358</sup>. Jedoch dauern die Umsetzungen länger als bei höheren Temperaturen (s. u.). So kann man eine Temperatur von 700–850 °C (Rotglut) wohl als Anhaltspunkt nehmen, bei der oxidische Erze in einem pyrometallurgischen Prozess von kurzer Dauer (ca. 0,5-1,5h) durch eine Festkörperreaktion (solid-state reaction) reduziert werden können<sup>359</sup> (für tiefere Temperaturen s. u.). Dies gelingt auch bei einer Erhitzung von außen in geschlossenen Behältnissen mit Reduktionsmittel<sup>360</sup>. Das reduzierte Metall findet sich dann häufig in Form kleiner Flitter und Tropfen oder als schwammige Struktur (*sponge copper*) noch im Erz oder vermischt mit Holzkohle<sup>361</sup>. Verbrennt man die verbliebenen Holzkohlenrückstände oder erhöht man die Temperatur über den Schmelzpunkt des reduzierten Kupfers, können die Flitter zu Tropfen, kleinen Ansammlungen oder Gusskuchen zusammenfließen<sup>362</sup>. Liegen die Tropfen in Asche vor, können diese mittels Handauslese, Waschen oder Worfeln gewonnen werden<sup>363</sup>. Im Falle eines porösen Kupferschwammes konnte dieser

<sup>352</sup> Craddock 2000, 156.

<sup>353</sup> Schoop 1995, 40.

<sup>354</sup> Ottaway 1994, 93-96; Donnan 1973, 293 (es wurden allerdings Temperaturen von 1300°C erreicht); Tylecote 1980a, 184; Moesta 1983, 14-16; Hauptmann 2007b, 219.

<sup>355</sup> Coghlan 1939, 106-108; Moesta 1983, 15; Hauptmann 2007b, 219.

<sup>356</sup> Coghlan 1939, 106-108; Siehe zu einer Bewertung etwa Lorenzen 1965, 30f.

<sup>357</sup> Siehe dazu auch Moesta 1983, 14-16; Hauptmann 2007b, 219.

<sup>358</sup> Mit weiterer Literatur Frame 2004, 39f.

<sup>359</sup> Moesta 1983, 15f.; Hauptmann 2007a, 130; Hauptmann 2007b, 219. 222; Rehren 2004, 280.

<sup>360</sup> Moesta 1983, 15f.

<sup>361</sup> Moesta 1983, 16; Frame 2004, 24; Vgl. Hauptmann 2007b, 223 Fig. 7.3: *sponge copper*, das noch die Textur des Erzes zeigt (=Pseudomorphose? [Rehren 2004, 280]).

<sup>362</sup> Tylecote 1987, 107; Ottaway 1994, 94; Frame 2004, 24.

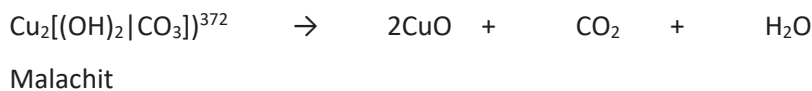
<sup>363</sup> Frame 2004, 24; Tylecote 1976, 5.

durch Hämmern sowie Umschmelzen weiterverarbeitet werden<sup>364</sup>. Bei unreinen Erzen kann das Kupfer noch in der Matrix des weitgehend unveränderten Ganggesteins oder in verschlacktem Material gefangen sein und mechanisch gewonnen werden (s. Kap. II.2.4.2; II.2.4.4.5)<sup>365</sup>. Während teilweise in der Forschung erst größere Kupferaggregationen als nützliches Zwischenprodukt angesehen werden<sup>366</sup>, könnten kleine Tropfen, etc. ein ideales Gussgranulat und weiter einen Schlüssel zur Kontrolle von Legierungen darstellen (vgl. Kap. II.2.7; II.3).

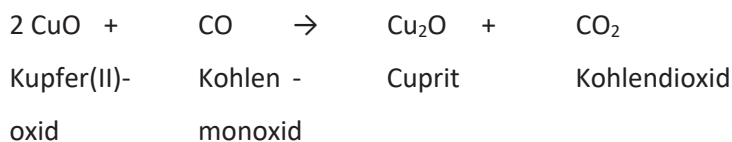
Die Umsetzungen von Erz zu Metall können also bei relativ niedrigen Temperaturen stattfinden und dabei auch in Teilschritten ablaufen. Kupfercarbonate wie Azurit und Malachit können deutlich unter der Schmelztemperatur von reinem Kupfer zum Metall reduziert werden. Temperaturen zwischen 700 und 800 °C wurden dafür angenommen<sup>367</sup>; das sind Temperaturen, die ein Holzfeuer gerade erreicht (Holzfeuer: 600-700°C). Der Umwandlungsprozess kann aber bereits unter 200 °C beginnen. Er ist sowohl von der Carbonatgröße als auch von der Erhitzungsgeschwindigkeit abhängig. Malachit etwa zersetzt sich (in einem ersten Schritt) bei etwa 400 °C zu Kupferoxid (CuO), wobei CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O freigesetzt werden (Röstung/Kalzinierung)<sup>368</sup>. Mit kürzerer Erhitzungszeit werden höhere Temperaturen benötigt, doch scheinen Temperaturen von 400-500 °C für die pyrotechnologischen Prozesse der Verhüttung bis zu metallischem Kupfer schon auszureichen<sup>369</sup>. Mit 700-850 °C dürften aber auch kurze Prozessdauern abgedeckt sein<sup>370</sup>. Temperaturen von 1250 °C sollen jedoch dazu führen, dass sich das Metall und die evtl. auftretende, sich bei dieser Temperatur verflüssigende, Schlacke besser trennen<sup>371</sup>.

#### Röstung bzw. Kalzinierung (Glühen)

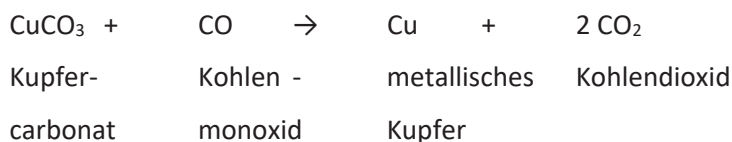
(Hitze/Energie)



#### Reduktion oxidischer Erze



(Hitze/Energie)



<sup>364</sup> Moesta 1983, 16f.

<sup>365</sup> Tylecote 1987, 107; Frame 2004, 24.

<sup>366</sup> Vgl. Tylecote 1987, 107.

<sup>367</sup> Coghlan 1951, 21.

<sup>368</sup> Rostoker u. a. 1989, 73; Hauptmann 2007b, 211f.

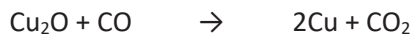
<sup>369</sup> Simpson u. a. 1964; Schoop 1995, 40f. 51f. – Zu 600 °C als untere Grenze siehe Frame 2004, 23 mit weiterer Literatur.

<sup>370</sup> Vgl. oben (Hauptmann 2007a, 130; Hauptmann 2007b, 219; Moesta 1983, 15).

<sup>371</sup> Rostoker u. a. 1989, 74.

<sup>372</sup> Angabe der chemischen Formel nach Hauptmann 2007b, 221; Ottaway 1994, 96: CuCO<sub>3</sub>.Cu(OH)<sub>2</sub>.

In Versuchen bei etwas höheren Temperaturen mit reinem Cuprit und Holzkohle in einem Tiegel konnte Tylecote Kupfer bei etwa 1100 °C reduzieren (siehe Formel)<sup>373</sup>. Ein solcher Prozess in einem Tiegel oder einfachen Grubenofen würde nur wenige oder keine Spuren hinterlassen: Mehr oder weniger einziger Hinweis kann sog. vitrifizierte Brennstoffasche (vitrified fuel ash) oder Schlacke sein, die sich aus den stark alkalischen Ascherückständen der Holzkohle (etwa 2-5%) und dem sauren Ton des Tiegels bzw. der Ofenauskleidung bildet<sup>374</sup>. Brennstoffasche kann als Flussmittel wirken<sup>375</sup>. Diese vitrifizierten Brennstoffaschen bzw. Schlacken, und damit Reaktionen mit der Tiegel- oder Ofenwandung sowie Aschen, die Auswirkung auf den Prozess haben können, lassen sich aber unter Umständen durch die Art der Prozessführung auch vermeiden<sup>376</sup>. Dies wird in späteren Kapiteln ausgeführt (vgl. etwa Kap. II.2.6.6).



Cuprit

Versuche wie oben belegen, dass eine Reduktion unterhalb der Schmelztemperatur von Kupfer oder seinen Erzen möglich ist. Jedoch soll Hauptmann zufolge die Charge in der frühen Tiegelmetallurgie dem archäologischen Befund nach dennoch über die Schmelztemperatur erhitzt worden sein, wie aus dem Verschlackungsmuster der Tiegel zu ersehen ist<sup>377</sup>. Damit erhöht sich aber die Wahrscheinlichkeit, dass von vitrifizierter Brennstoffasche über frühe Schlacken bis hin zu Fayalitschlacke Produkte entstehen, die wahrscheinlich nachteilige Auswirkungen sowohl auf ein Tiegelverfahren als auch auf Kupferlegierungen haben. Bei einem Verhüttungsprozess, der sich am unteren Rande des Temperaturbereichs und der Redoxbedingungen bewegt, der noch eine Reduktion und Verflüssigung von Kupfer zulässt, kann eine Verschlackung von Gangmaterial, die zu Reaktionen mit dem Tiegel führen kann, unterdrückt werden. Von der Verschlackung ist oftmals aber auch nur der Rand der Tiegel betroffen; die eigentlich beabsichtigte Reaktionszone lag indes wahrscheinlich an anderer Stelle<sup>378</sup>.

Während also Schlacken entstehen können und – vorbehaltlich der schwierigen Diskussion um frühe Schlacken – einen eindeutigen Beleg für eine extraktive Metallurgie darstellen, kann die Abwesenheit von Schlacken nicht als Argument gegen eine Verhüttung gelten. Besonders reine oxidische wie auch carbonatische Erze können solcher Art reduziert werden, dass außer Kupfer bis auf minimalste Reste nahezu keine anderen Produkte von diesem Prozess zeugen<sup>379</sup>.

Durch die Vorstellung der Minimalvoraussetzungen wurde hier vornehmlich der Möglichkeit der Reduktion von Kupfer bei Festkörperreaktionen herausgearbeitet. Kupfer kann also schon deutlich unter seinem Schmelzpunkt im Rahmen einer Festkörperreaktion aus geeigneten Erzen gewonnen werden. Diese dürften jedoch nur einen Teil der tatsächlichen Prozesse ausmachen. Bei höheren Temperaturen und insbesondere in der flüssigen Phase finden die Umsetzungen schneller und besser statt. In der Wirklichkeit der chalkolithischen Verhüttung dürfte es deshalb immer wieder zu Überschneidungen der Prozesse gekommen sein. In den folgenden Kapiteln wird dies noch genauer herausgearbeitet.

---

<sup>373</sup> Tylecote 1987, 107.

<sup>374</sup> Ottaway 1994, 94; Tylecote 1987, 107. 292f.

<sup>375</sup> Ottaway 1994, 150.

<sup>376</sup> Vgl. Tylecote 1980a, 188f. 203.

<sup>377</sup> Hauptmann 2007b, 219.

<sup>378</sup> Vgl. Hauptmann 2007b, 219; Frame 2004, 96-99. bes. 100. 112-115.

<sup>379</sup> Craddock 1995, 135.

## II.2.4. Differenzierte Behandlung von verschiedenen Erzen mit Ganggestein

Gilt es als möglich, dass in der Anfangszeit der Metallurgie die noch verfügbaren hochreinen Erze mit einfachen Mitteln verhüttet wurden, so glaubt man, auch im Hinblick auf Rohstofferschöpfung und technologischen Fortschritt, dass das Gros der Erze nicht so rein und damit auch nicht so einfach wie bei den eben beschriebenen Vorgängen zu verhütten gewesen sei<sup>380</sup>.

Durch Handauslesen und andere Aufbereitungsmethoden von Erzen konnten zwar hohe Reinheitsgrade erreicht werden, aber meist haftete dem Erz noch taubes Ganggestein an, oder der Wertträger war von diesem umschlossen. Dies soll dazu führen, dass diese Erze nicht so leicht zu verhütten sind. Deshalb wird in der Forschung meist eine weitere Aufbereitung (wie beispielsweise durch Rösten) mit folgender Verhüttung in einem schlackenbildenden Prozess unter Zugabe von Flussmitteln angenommen. Diese Verhüttungsmethode kann Vorteile haben: Die Ausbeute an erschmolzenem Kupfer ist möglicherweise höher. Ein flüssiges Schlackenbad kann das Kupfer vor erneuter Oxidation schützen. Die Schlacken können abgeführt werden, was längere Laufzeiten der Prozesse ermöglicht, ehe diese wegen Überfüllung des Reaktors zum Erliegen kommen<sup>381</sup>.

Schlackenbildung stellt aber höhere Anforderungen an die Belüftung und Temperaturhaltung; diese dürften aber nur in einem entwickelten Schachtofen erfüllt gewesen sein. Dabei werden meist Temperaturen um 1200 °C und stark reduzierende Bedingungen veranschlagt, um das Kupfer zum Metall zu reduzieren und Eisen zu entfernen<sup>382</sup>. Eine einfachere Behandlung und Verhüttung des Erzes wird meist nicht diskutiert, bzw. ein Unterschied zwischen Niedrig- und Hochtechnologie wird gezogen<sup>383</sup>.

Um Kupfer zu reduzieren und zu schmelzen, müssen eine hinlänglich reduzierende Atmosphäre und ausreichende Temperaturen gegeben sein. Jedoch können diese, wie oben gezeigt, niedriger liegen als bei einem schlackenbildenden Schachtofenverfahren. Orientiert man sich an den Erfordernissen für eine erfolgreiche Kupferreduktion statt an den Voraussetzungen für eine regelhafte Fayalitschlackenbildung, setzt also das Kupfer die Bedingungen und nicht die Schlacken, dann kann eine Verhüttung bereits unter deutlich weniger restriktiven Bedingungen erfolgen. So kann eine Auswahl eisenarmer Erze die notwendigen Anforderungen unter Umständen deutlich drücken.

Während im Rahmen von als immer komplexer gedachter Verfahren zahlreiche Prozesse als extra zu erfüllende Schritte gelten, können diese bei der frühen Verhüttung einfach mitablaufen. Die einzelnen Verfahrensschritte sollen dennoch betrachtet werden, um dabei Anhaltspunkte für die Wirkweise der frühen Verhüttung und auch Legierungserzeugung zu erhalten.

### II.2.4.1. Rösten und Kalzinieren oxidischer und carbonatischer Erze

Eine weitere Aufbereitung oxidischer und carbonatischer Erze kann durch ein dem Verhütten vorangestelltes Rösten<sup>384</sup> bzw. Kalzinieren (oder Glühen) erreicht werden (vgl. Rösten sulfidischer Erze Kap. II.2.4.4.1, welches noch das Austreiben des Schwefels umfasst). Dabei werden Carbonate und Hydroxide als Wasser und Kohlendioxid ausgetrieben, zurück bleibt ein Oxid (vgl. oben Reaktionsgleichung von Malachit). Außerdem kann eine weitere Trennung von taubem Gestein und Erz wegen der dabei stattfindenden Aufschließung leichter erfolgen. Zur Röstung können die Erze mit

---

<sup>380</sup> Vgl. Ottaway 1994, 95f.

<sup>381</sup> Ottaway 1994, 97.

<sup>382</sup> Pernicka 1987, 630f.; Pernicka 1990, 46f. 79.

<sup>383</sup> Hauptmann 2007a, 123.

<sup>384</sup> Ottaway 1994, 96 mit weiterer Literatur; Craddock 1995, 167-169; Vgl. mit Ottaway 1994, 101; Tylecote 1987, 111.



Brennmaterial zusammen auf einem Röstbett<sup>385</sup> auf 500-850 °C erhitzt werden<sup>386</sup>. Neben Holz sind schon Reisig oder Torf dazu ausreichend<sup>387</sup>. Die Temperatur ist abhängig vom Erz und vom Ziel der Operation. So kalzinert Malachit bereits bei etwa 400 °C (siehe oben). Solche Röstbetten müssen sich im archäologischen Befund nicht von normalen Herdfeuern unterscheiden. Einfacher induzierter Luftzug genügt.

Das Rösten muss auch nicht extra in einem räumlich getrennten Schritt erfolgen, sondern kann etwa bei der Beschickung im oberen Bereich eines Schachtofens oder eines Tiegels geschehen. Ebenso kann das Erz am Rand eines Feuers oder durch einen Wechsel der Bedingungen geröstet werden<sup>388</sup>. Im Laufe des Prozesses sinkt das Erz dann weiter nach unten bzw. kann ins Zentrum verschoben werden. Folgend, mit neuem Brennmaterial oder einer Abdeckung zugedeckt, kann das so gerade abgeröstete Erz reduziert werden<sup>389</sup>.

#### ***II.2.4.2. Verhüttung von Erzen mit Gangmaterial: Nachteile von Schlacken bei einer Verhüttung in kleinem Maßstab und Erzeugung von As-Cu (teils mit Deckeln)***

Gangmaterial, das mit dem Erz in den Ofenprozess gelangt, kann zwar verschlackt werden. Schlacken aber können vielfältige Schwierigkeiten verursachen (s. u.). Es gibt Autoren, die flüssige Schlacken als Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Verhüttung sehen<sup>390</sup>. Die Verschlackung des Gangmaterials stellt aber nicht die einzige Möglichkeit dar, mit diesem umzugehen. Reine Kupferminerale wie Kupfercarbonate können ohne Einsatz von Flussmitteln verhüttet werden (vgl. o.). Aber auch Erzminerale, die nicht so rein sind, und denen noch taubes Gangmaterial anhaftet, bzw. die in diesem eingeschlossen sind, können auf einfache Weise verhüttet werden, ohne dass Schlacken entstehen. Ein vorheriges Rösten bzw. Kalzinieren kann sich zwar auch hier anbieten, um das Gestein aufzuschließen, ist aber ebenfalls nicht zwingend notwendig bzw. kann auch während des Prozesses mitablaufen.

In allzu kompakten Gesteinen eingeschlossene Mineralien können unter Umständen schwer oder gar nicht reduzierbar sein, wenn sie vom Reduktionsmittel nicht erreicht werden<sup>391</sup>. Dem kann durch eine Aufbereitung begegnet werden. Um den Kontakt mit dem Reduktionsmittel zu verbessern, wurde für einen *co-smelting* Versuch Arsenopyrit (ehemaliges, verbackenes Konzentrat) auf Erbsengröße aufgearbeitet; dabei bildeten sich Schlacken<sup>392</sup>. Eine andere Versuchsreihe zur Verhüttung von Cuprit in Tiegeln ohne Zugabe von Flussmitteln ergab ebenfalls eine Schlackenbildung<sup>393</sup>. Das Erz war fein aufbereitet und mit Holzkohlepulver als Reduktionsmittel in den Tiegel gegeben. Zur Erhitzung diente Kohle, die auch auf den Tiegel geschichtet wurde; bei einer Belüftung hauptsächlich von den Seiten

---

<sup>385</sup> Bislang liegen aus der alpinen Spätbronzezeit zwar zahlreiche sog. Röstbetten vor, und diese zeigen sich im archäologischen Befund z. T. durch steinerne Einfassungen und rot gebrannte Brandplatten aus gestampftem Lehm (siehe Eibner – Preßlinger 1993, 28-31; Eibner u. a. 1988, 341-342; Ottaway 1994, 96). Diese stammen jedoch wohl aus Zusammenhängen von komplexeren Röstvorgängen sulfidischer Erze. Die Erklärung ihrer Funktion im Rahmen der *chaîne opératoire* ist überzeugend, aber möglicherweise nicht völlig zweifelsfrei geklärt. Röstgut ist selten beschrieben worden. Siehe dazu mit weiterer Literatur und einem Beispiel von Röstprodukten bzw. -abfällen: Metten 2003, 11. bes. 65; S. auch Hauptmann 2007a, 133.

<sup>386</sup> Ottaway 1994, 96. 101; Tylecote 1987, 111.

<sup>387</sup> Tylecote 1987, 111.

<sup>388</sup> Hess 1998, 101; Moesta – Schlick 1989.

<sup>389</sup> Vgl. – allerdings für Bleiglanz – Moesta – Franke 1995, 61f.; Ferner Moesta u. a. 1989, 151f.; Für sulfidisches Erz in offenen Öfen siehe Lorscheider u. a. 2003, 302-306.

<sup>390</sup> Rostoker – Dvorak 1991, 7.

<sup>391</sup> Rostoker – Dvorak 1991, 6.

<sup>392</sup> Rostoker u. a. 1989, 74.

<sup>393</sup> Im Folgenden nach Donnan 1973, bes. 293f.

ausgehend wurden nahe dem Tiegel 1300°C erreicht. Das produzierte Kupfer weist Eisengehalte von bis zu 5,6 % auf. Versuche mit Deckeln führten zu niedrigeren Eisengehalten (0,16 %). Die Zusammensetzung des in diesen Versuchen erzeugten Kupfers unterscheidet sich von den archäologischen Vorbildern. Die möglichen Vorgänge sind nicht näher beschrieben. Die Tiegel mussten anschließend zerbrochen werden, um an das Metall zu gelangen. Ein Verhüttungsversuch, der von Palmieri und anderen berichtet wird<sup>394</sup>, erbrachte bei zehnminütiger Erhitzung in einem offenen Tiegel ohne Zusatz von Flussmitteln eine Schlacke, an deren Unterseite sich größere Kupfertropfen abgesetzt hatten (Taf. 4, 3). Kleinere Kupfertropfen waren in der Schlacke gefangen (und wurden durch wiederholtes Einschmelzen der zerkleinerten Schlacke gewonnen). Versuche mit Blasrohren zur Verhüttung sulfidischer Erze in eher offenen Ofensystemen brachten Vorteile für die Entschwefelung des Erzes<sup>395</sup>: Eine recht gute Schlackenbildung ergab sich dabei bereits bei Prozessdauern von unter zwei Stunden. Matte und Kupfer konnten von der Schlacke teilweise recht zufriedenstellend, in anderen Fällen eher dürftig getrennt werden. Wie diese Versuche zeigen, kann die Neigung zur Schlackenbildung also von der Auswahl des Erzes bzw. Ganggesteins, dessen Aufarbeitungsgrad, der Zeitdauer und den Temperaturen der Verhüttung abhängen.

Lorenzen verhüttete bei einem Versuch Kupfererze in Sandstein von Helgoland<sup>396</sup>. Die kupferhaltigen Bänder sind max. 3 cm mächtig und können bis zu 43,5 % Kupfer in Form von Cuprit ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) enthalten. Das bei Temperaturen um 1200°C reduzierte Kupfer enthielt um 2 % As<sup>397</sup>. Das im Erz vorhandene Arsen wurde dabei fast vollständig in das Kupfer überführt<sup>398</sup>. Ottaway hält dieses Ergebnis für nicht auf die Urgeschichte übertragbar, da die Verhüttung unter Laborbedingungen in einem geschlossenen Graphittiegel erfolgte<sup>399</sup>. Wenn das Brennmaterial und die Belüftung zur Steuerung der Atmosphäre alleine nicht genügen, bieten sich jedoch Abdeckungen geradezu an. In verschließbaren Reaktionsgefäßen kann auch ein Schlüssel zur Erzeugung legierten Kupfers liegen, wie obige Ergebnisse zeigen. Archäologische Funde von Tiegeln mit Deckeln (z. B. Arisman) bzw. Hinweisen darauf (Dolnoslav) liegen vor (vgl. Kap. IV). Die Bedingungen zur Verhüttung müssen nicht die ganze Zeit über stark reduzierend sein. Es kann sich sogar günstig auswirken, wenn die Bedingungen (zeitweise) nur schwach reduzierend sind. Das Rösten etwa kann so während des Prozesses erfolgen. Die zur Reduktion notwendigen Redoxbedingungen lassen sich dann hinreichend lange erzeugen, indem man etwa den Ofen oder Tiegel (zeitweise) luftdicht abdeckt. Dies kann mit Hilfe von Sand oder einem Deckel geschehen<sup>400</sup>. Das unter der Abdeckung verbleibende Brennmaterial (Holzkohle, etc.) liefert dabei das zur Reduktion notwendige CO.

Das Kupfer lässt sich noch unterhalb der Schmelztemperatur reduzieren. Es liegt dann meist als feine Flitter oder Partikel noch im Erz vor<sup>401</sup>. Um es zu gewinnen, kann es (dann) bei erhöhten Temperaturen aus dem Erz ausgeschmolzen werden<sup>402</sup>. Eine flüssige Schlacke ist dazu nicht notwendig, jedoch bleiben meist Kupferanteile in dem durch die Hitze aufgeschlossenen Gestein zurück. Auch wenn sich bei höheren Temperaturen (teil-) flüssige Schlacke bildet, verbleiben darin oftmals noch gewinnenswerte

---

<sup>394</sup> Palmieri u. a. 1993, 588. 591. 593 Fig. 11.

<sup>395</sup> Lorscheider u. a. 2003, 302-306.

<sup>396</sup> Lorenzen 1965, 29-38.

<sup>397</sup> Tylecote 1987, 31.

<sup>398</sup> Tylecote 1970, 19. Table 2; McKerrell – Tylecote 1972, 211.

<sup>399</sup> Ottaway 1994, 193f. bes. 203. Mit ausführlicher Zusammenfassung der Versuche.

<sup>400</sup> Donnan 1973, 294; Lorenzen 1965, 32.

<sup>401</sup> Lorenzen 1965, 32. Tafel IV; Vgl. Rehren 2004, 280.

<sup>402</sup> Lorenzen 1965, 33.

Mengen an Kupfer<sup>403</sup>. Die Ausbeute an ausgeschmolzenem Kupfer lässt sich durch eine längere Erhitzungszeit steigern.

Die Erhitzungszeit und die Temperatur jedoch dürften für die Zeit der frühen extraktiven Metallurgie (Tiegel- bzw. schlackenloses Verfahren) relativ begrenzt gewesen sein (Zeit- und Energieaufwand: Brennmaterial und mutmaßliche Blasrohrbelüftung). Schlacke, die sich je nach Zusammensetzung der Charge (unbeabsichtigt) bildete, konnte vermutlich nicht abgezogen werden und behinderte eine Belüftung von oben mit Blasrohren. Eine (sich selbst einstellende) Schlacke kann – selbst wenn ihre Zusammensetzung einer idealen eisensilikatreichen Schlacke ungefähr entspricht – wegen unzureichender Temperaturen, Atmosphäre und der kurzen Schmelzdauer noch hochviskos sein. Insbesondere kurze Schmelzzeiten reichen dann nicht aus, um Kupfer über Dichteunterschiede von einer solchen Schlacke zu trennen. Selbst bei ausgereiften Verfahren verbleiben oft noch große Anteile des Kupfers nach der Erstarrung der Charge in der Schlacke<sup>404</sup>. Sowohl das ausgeschmolzene als auch das in der Matrix von Schlacke oder Ganggestein verbleibende Kupfer liegen dabei häufig in Form von kleinen Tropfen und Kugeln (*prills*) vor (vgl. Taf. 4, 1–4). In Schlacke oder Erz verbleibende Kupferrestgehalte können außer durch Ausschmelzen auch dadurch gewonnen werden, dass man das durch den Prozess versprödete (Rest-) Erz, Schmelzkonglomerat oder auch die Schlacke zerkleinert und das duktilere und schwerere Kupfer von Hand oder durch Schlämmen aussortiert<sup>405</sup>. Dass Schlacke und evtl. der mit ihr verbackene Tiegel aufgebrochen wurden, zeigen archäologische Beispiele der frühen Verhüttung. Schlacken von Brixlegg etwa wurden zerschlagen, um an das Kupfer zu gelangen<sup>406</sup>. Vorbehaltlich ihrer umstrittenen Datierung könnten diese noch der zweiten Hälfte des 5., spätestens aber der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. zuzuordnen sein und im Alpenraum eine frühe eigenständige Verhüttung auf Fahlerzbasis anzeigen (s. Brixlegg bes. in Kap. II.3.1; IV.1.3; Taf. 4, 1. 2).

Ein häufiger Befund von Versuchen mit wie auch ohne Bildung von (regelhaften) fayalitischen Schlacken ist, dass die in Erzrelikten bzw. Schlacken eingeschlossenen Kupfertropfen unterschiedlich legiert sind<sup>407</sup>. Diese nach Güte getrennt zum Fertigobjekt zu verschmelzen, würde eine Steuerung der Legierung erlauben<sup>408</sup>. Deutlich erkennbare Farbunterschiede ergeben sich ab Arsengehalten von 1 %<sup>409</sup>. Kupfertropfen liegen etwa auch aus chalkolithischen Zusammenhängen des 3. Jt. v. Chr. von Zambujal vor<sup>410</sup>. Untersuchte Kupfer von Zambujal wie auch chalkolithische und früh- bis mittelbronzezeitliche Kupfer ganz Südportugals zeigen eine ähnliche Streuung der Arsenwerte (und anderer Nebenelementwerte bei eisenarmen Zusammensetzungen), wie die Erze. Jedoch lässt sich eine gezielte Auswahl arsenreicher Kupfer für bestimmte Artefakttypen erkennen<sup>411</sup>. Eine Erklärung für diesen Befund böte die oben genannte Auswahl arsenreicher Kupfertropfen.

Dieser Verfahrensweg hat möglicherweise Vorteile in Bezug auf die Gewinnung von Kupferlegierungen. Während Kupfertropfen im Erzgerüst zwar aufwendig zu gewinnen sind, sind sich bildende Schlacken noch ungünstiger, da sie energieaufwendiger sind, die Kupfertropfen unter Umständen noch schwerer zu gewinnen sind und auch vor Reaktionsgasen und Zementation geschützt

---

<sup>403</sup> Siehe etwa Tylecote u. a. 1977, 306.

<sup>404</sup> Merkl 2011, 55 mit Anm. 96; Vgl. Tylecote 1980a, 184f.

<sup>405</sup> Lorenzen 1965, 32.

<sup>406</sup> Merkl 2011, 55 mit weiterer Literatur.

<sup>407</sup> Mit Schlacken Tylecote u. a. 1977, 311; Für Befunde aus Batán Grande, Peru und Versuche mit einem anhand dieser Befunde veranschlagten Versuchsaufbau mit primitiven, viskosen Schlacken bzw. verschlacktem Material siehe Merkel – Shimada 1988, bes. 6; Shimada – Merkel 1991, bes. 66; Für unterschiedliche Temperaturen und Aufschmelzungsgrade des Ganggesteins siehe Lorenzen 1965, bes. 34-37.

<sup>408</sup> Merkel – Shimada 1988, 6; Siehe auch Müller u. a. 2007, 17f.

<sup>409</sup> Shugar – Gohm 2011, 135.

<sup>410</sup> Müller u. a. 2007, 16.

<sup>411</sup> Müller u. a. 2007, 16-18.

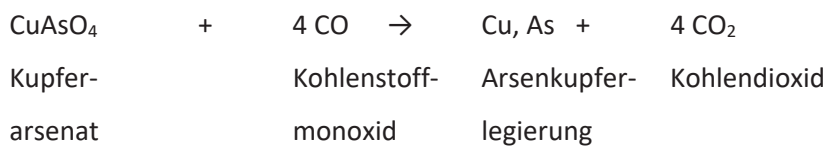
sind. Dies wird nach einer Beschreibung der Verhüttung sulfidischer Erze und der Auswirkungen von Schlacken noch einmal genauer ausgeführt werden (Kap. II.2.4.4; II.2.5). Auch die mögliche Rolle von Deckeln in Bezug auf die Überführung volatiler Elemente wie Arsen oder Zink (Färben von Kupfer zu Messing mit Zink) wird noch weiter thematisiert (Kap. II.2.4.4.7; II.2.7; II.3.4).

### **II.2.4.3. Herstellung von Arsenkupfer durch direkte Reduktion**

Ist Arsen im Erz oder etwaigen Zuschlägen vorhanden, kann dieses beim Verhütten in das gewonnene Metall gelangen. Dabei kann Arsenkupfer auch durch eine einfache Reduktion hergestellt werden, etwa wenn es sich bei den Erzen um Kupferarsenate (z. B. Olivenit  $\text{Cu}_2[\text{OH}|\text{AsO}_4]$ ) handelt, die durch Verwitterung aus Sulfarseniden (oder Sulfarsenaten; z. B. Enargit  $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ) entstanden sind<sup>412</sup>:

Reduktion eines Kupferarsenates

(Hitze/Energie)



Arsen gilt besonders unter oxidierenden Bedingungen (in Form von Arsen(III)-oxid) als volatil. Unter reduzierenden Bedingungen soll es kaum zu Verlusten kommen. Deshalb geht man bei der Erzeugung von Arsenkupfer durch eine Verhüttung wohl meist von oxidischen Erzen aus<sup>413</sup>.

### **II.2.4.4. Sulfide (und Oxide)**

Am Beginn der Metallurgie sollen hauptsächlich oxidische und carbonatische Erze verhüttet worden sein, weil diese leichter zugänglich und einfacher zu schmelzen sind. Die Hinwendung zu sulfidischen Erzen wird in erster Linie durch eine Erschöpfung der oxidischen Erze erklärt, aber auch durch metallurgisch-technologische Fortschritte<sup>414</sup>. Funde und Befunde<sup>415</sup> ebenso wie Versuche<sup>416</sup> zeigen aber immer wieder, dass schon früh eine große Vielfalt an Erzen – darunter auch primäre Sulfide aus den oberflächennahen und teilweise oxidierten Bereichen von Lagerstätten – verhüttet worden sein können<sup>417</sup>. Dennoch galten sulfidische Erze und darunter besonders Fahlerze lange als schwer und nur bei hohen Temperaturen verhüttbar<sup>418</sup>.

Legierte Kupfer lassen sich relativ einfach aus sulfidischen bzw. besser gemischt sulfidisch-oxidischen Erzen schmelzen<sup>419</sup>. Solche Erze könnten deshalb in der frühen Metallurgie eine größere Rolle gespielt haben, als bislang angenommen wurde. Dies gilt umso mehr, da die Verhüttung möglicherweise direkt auf die Gewinnung legierter Kupfer (Arsenkupfer, Fahlerzmetalle, etc.) abzielte. Es finden sich zunehmend Hinweise auf eine frühe Nutzung von Chargen mit zumindest Anteilen sulfidischer Erze im

<sup>412</sup> Nach Lechtman – Klein 1999, 498. – In Wirklichkeit sind Kupferarsenate Hydrate von Kupferarseniten z. B.  $\text{Cu}(\text{AsO}_3\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Beide Begriffe werden synonym verwendet.

<sup>413</sup> Hess 1998, 128 mit weiterer Literatur; Vgl. dazu Tylecote 1970, 19f.

<sup>414</sup> Siehe etwa Ottaway 1994, 100-102.; Strahm 1994, 33f.; Rostoker u. a. 1989, 69.

<sup>415</sup> Hauptmann 2007a, 131-133.

<sup>416</sup> Rostoker u. a. 1989.

<sup>417</sup> Rostoker u. a. 1989, 69; Beyschlag u. a. 1913, 360. 371; Hauptmann u. a. 1993, 561.

<sup>418</sup> Siehe etwa Pollard u. a. 1991a, 132; Zu Fahlerzen Moesta 2004, bes. 270.

<sup>419</sup> Moesta 2004, 270f.

Chalkolithikum<sup>420</sup>. Die absichtliche Verhüttung von Erz auf ausschließlich sulfidischer Basis wird jedoch mehrheitlich erst für die zweite Hälfte des 2. Jt. v. Chr. angenommen<sup>421</sup>.

Der größte Teil der Kupfererze liegt in Form sulfidischer Erze vor. Auch die weitaus meisten arsenhaltigen Erze enthalten Schwefel, wie etwa die Sulfarsenate des Kupfers (z. B. Enargit;  $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ) und auch Arsenopyrit ( $\text{FeAsS}$ )<sup>422</sup>. Sulfide lassen sich nicht direkt mit Kohlenmonoxid reduzieren, um das Metall zu gewinnen<sup>423</sup>; bronzezeitliche Röstbetten sind überliefert. Mit der Übertragung moderner und historischer Verfahren auf die prähistorische Metallurgie, rekonstruierte man deshalb einen zumindest zweistufigen Prozess für die Gewinnung von Kupfer aus sulfidischen Erzen<sup>424</sup>. Dieser Prozess sieht eine Röstung des Erzes vor, um den Schwefel (teilweise oder vollständig) als Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) zu oxidieren und gasförmig abzuführen. Anschließend soll in einem Schachtofen das teilweise geröstete Erz nach dem Matteverfahren verhüttet<sup>425</sup> oder das völlig abgeröstete Erz reduziert worden sein<sup>426</sup>. Nach einem völligen Abrösten, dem sog. Totrösten, können sulfidische Kupfererze im Prinzip wie oxidische Erze verhüttet werden<sup>427</sup>. Für die Metallgewinnung der Bronzezeit, und insbesondere der mittleren bis späten Bronzezeit in den Alpen, rekonstruiert man meist Verfahren, das die Trennung von wertloser Gangart und Wertträger durch eine gravitative Entmischung in flüssigem Zustand bei hohen Temperaturen vorsieht<sup>428</sup>. Die Gangart wird dabei in Schlacke überführt; der Wertträger geht in Kupferstein und Metall über.

Es gibt weitere Möglichkeiten, sulfidisches Erz zu behandeln. Diese werden den folgenden Abschnitten im Einzelnen dargestellt. Es handelt sich dabei um eine vereinfachte Darstellung der Schritte, die teilweise in mehrfacher Wiederholung ausführbar sind; sie können etwa von den Gangmaterialien, den verwendeten Zuschlägen zur Schlackenförderung oder auch den gewählten Verfahrenswegen abhängen<sup>429</sup>.

#### **II.2.4.4.1. Rösten sulfidischer Erze – Entschwefelung mit Gefahr von Arsen- und Antimonverlusten**

Das Rösten bzw. die Entschwefelung<sup>430</sup> sulfidischer Erze und ähnlich auch von Matte erfolgt unter möglichst oxidierenden Bedingungen. Dabei wird das Kupfersulfid im Allgemeinen bei einer exothermen Feststoff-Gas-Reaktion in ein Oxid umgewandelt. Der Prozess kann, wenn er erst mal ins Laufen kommt, teilweise von selbst (pyritisch) gehen. Dabei dient der einmal entzündete Schwefel im Sulfid als Brennstoff<sup>431</sup>. Ein Holzfeuer, durch das viel Luft zieht und auf welches Erz geschichtet wurde,

---

<sup>420</sup> Hauptmann 2007a, 131-133; Hauptmann 2008, 128; Für v. a. die Bronzezeit siehe Moesta 2004, 270.

<sup>421</sup> Dazu Hauptmann 2008, 128; Hauptmann 2007a, 130-133.

<sup>422</sup> Lechtman – Klein 1999, 498.

<sup>423</sup> Lechtman – Klein 1999, 498.

<sup>424</sup> Dazu mit weiterer Literatur Lechtman – Klein 1999, 498.

<sup>425</sup> Siehe etwa Ottaway 1994, 100f.; Hauptmann 2007a, 121. 133; Metten 2003, bes. 11-16 mit Abb. 5. 66-74.

<sup>426</sup> Lechtman – Klein 1999, 498.

<sup>427</sup> Ottaway 1994, 101; Lechtman – Klein 1999, 498.

<sup>428</sup> Siehe dazu etwa – mit einer weiteren Rekonstruktionsmöglichkeit – Metten 2003, 69f.

<sup>429</sup> Vgl. dazu Ottaway 1994, 101-103; Eibner 1982, 404-406; Tylecote 1987, 129-131; Craddock 1995, 149-153; Metten 2003, 11-16. 68-74. bes. 13 Abb. 5.

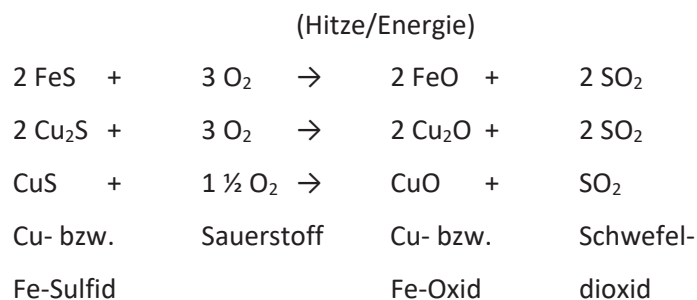
<sup>430</sup> Der Röstvorgang nach Ottaway 1994, 96. 101; Tylecote 1987, 111f.; Craddock u. a. 1989, 70. 72; Craddock 1995, 153f. 167-169; Metten 2003, 11-16; Bachmann 2003, 28; Lesniak 1991, 198-201. Im hier behandelten Zeitraum spielt die ausgesprochene Röstung und anschließende Verhüttung von sulfidischen Erzen nach dem Matteschmelzverfahren wohl keine oder nur eine geringe Rolle.

<sup>431</sup> Ottaway 1994, 101; Tylecote 1987, 112; Vgl. auch für die Verhüttung das „pyritische Schmelzen“ mit weiterer Literatur Metten 2003, 70.

sollte ausreichen, um diesen Prozess in Gang zu setzen. Nach Tylecote sind Reisig oder Torf als Brennmaterial deshalb ausreichend<sup>432</sup>.

Zu hohe Temperaturen können zur Bildung von Agglomeraten führen, was das Rösten behindert und eine Weiterbehandlung des Erzes erschwert bis verhindert<sup>433</sup>. Temperaturen im Bereich von 700 °C werden als günstig genannt<sup>434</sup>. Hier sind Überschneidungen zur chalkolithischen Verhüttung in Bezug auf Temperatur und Chargenbeschaffenheit zu erwägen, da ja bei 700 °C bereits eine Reduktion möglich ist, wenn das Reduktionsmittel den Wertträger erreicht.

Interessant ist die von Tylecote getroffene Feststellung, dass sich das pyritische Rösten bei nicht zu hoch angereichertem Erz mit noch ausreichend taubem Gangmaterial von selbst einstellt und nicht unkontrolliert abläuft<sup>435</sup>. Das Rösten kann in einfachen Feuerstellen, Schachtofen oder auch speziellen Röstbetten oder -stadeln stattfinden<sup>436</sup>. Der Röstvorgang kann mehrfach wiederholt werden, bis in Bezug zum folgenden Prozessschritt genug Schwefel als SO<sub>2</sub> abgeführt ist, und das Kupfer als Oxid angereichert ist<sup>437</sup>. Teilweise kann das Rösten mehrere Wochen in Anspruch nehmen; im Tiegelmaßstab könnten 1 bis 2 Stunden ausreichen<sup>438</sup>. Zeitdauer und Grad der Röstung sind aber auch abhängig vom Ziel der Operation: Totrösten, Schwefelrestgehalte für Matteschmelzen... Bei der Röstung werden sulfidische Erze in Metalloxide umgewandelt<sup>439</sup>:



Bei einer partiellen Röstung werden unter Umständen vorhandene Eisensulfide wegen der höheren Affinität (Bindungsneigung) des Kupfers zum Schwefel bevorzugt oxidiert<sup>440</sup>. Anschließend kann in einem ersten Gang unter reduzierenden Bedingungen das Eisenoxid durch SiO<sub>2</sub>-reiche Gangart oder Zugabe von Flussmitteln verschlackt werden. Dabei kann das weiterhin an Schwefel gebundene Kupfer zu sog. Stein, auch Matte genannt, geschmolzen werden. Der entstandene ‚Stein‘ enthält in aller Regel auch FeS und muss dann teilweise in mehreren Gängen weiter abgeröstet und wieder geschmolzen werden, wobei das Eisen erneut als Oxid in die Schlacke überführt wird (siehe Matteschmelzen). Wie bei der chalkolithischen Verhüttung kann sich eine Auswahl eisenarmer Erze anbieten. Sowohl die Kupferentschwefelung als auch die Matte profitieren davon.

<sup>432</sup> Tylecote 1987, 111.

<sup>433</sup> Ottaway 1994, 101; Tylecote 1987, 111.

<sup>434</sup> Pernicka 2014a, 253.

<sup>435</sup> Tylecote 1987, 112.

<sup>436</sup> Zur Frage der Funktion von bzw. des archäologischen Nachweises der Röstung in Röstbetten siehe Metten 2003, 11. bes. 65; Hauptmann 2007a, 133.

<sup>437</sup> Ottaway 1994, 101.

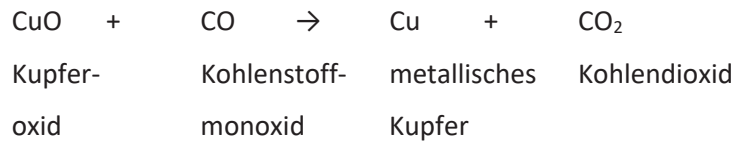
<sup>438</sup> Bachmann 2003, 28; Hess 1998, 101: dort auch die Zeitangabe zur Röstung im Tiegelmaßstab nach unveröffentlichten Schmelzversuchen von Hess.

<sup>439</sup> Metten 2003, 13.

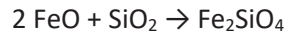
<sup>440</sup> Metten 2003, 12.

Das Totrösten sulfidischer Erze ist ebenfalls möglich, also das völlige Abrösten, wobei jeglicher Schwefel in der Charge entfernt wird, um das so oxidierte Erz anschließend direkt zu Kupfer zu reduzieren, wobei vorhandenes Eisen mit SiO<sub>2</sub> verschlackt werden kann<sup>441</sup>:

#### Reduktion



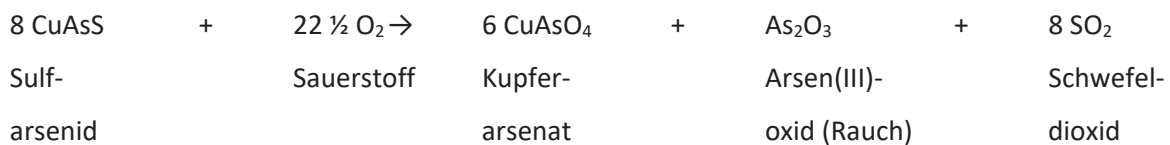
#### Verschlackung des Eisens



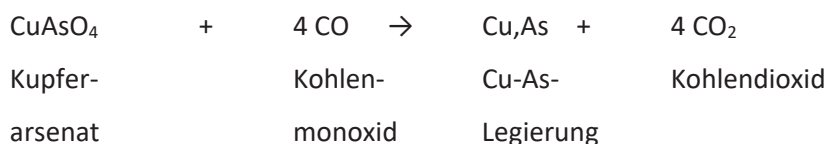
Die Röstung schwefel-, arsen- und antimonhaltiger Erze kann dazu führen, dass neben Schwefeldioxid auch Arsen und Antimon als Trioxide (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) entweichen. Für den giftigen Hüttenrauch ist vor allem Arsen(III)-oxid verantwortlich<sup>442</sup>. Jedoch können selbst unter stark oxidierenden Bedingungen in der Urgeschichte Arsen und Antimon nicht vollständig und regelhaft aus dem Kupfer entfernt werden<sup>443</sup>. Bei einem Sulfarsenid mit Gehalten von Kupfer und Arsen kann so beispielsweise eine Arsenkupferlegierung entstehen<sup>444</sup>.

#### Röstung

(Hitze/Energie)



#### Reduktion



Es existieren verschiedene Ergebnisse und auch Meinungen dazu, ob bzw. in welchem Umfang Elemente wie Arsen und Antimon bei relativ stark oxidierenden Bedingungen als Oxide verloren gehen, und ob mit den verbleibenden Restgehalten in gerösteten Erzen danach noch Arsenkupfer erzeugt werden kann<sup>445</sup>. Wenn man Erze tottröstet, können sie Versuchen zufolge 20–30 % und deutlich mehr an As, Sb und Pb verlieren<sup>446</sup>. Obwohl die Produktion von Arsenkupfer via (Tot-)Rösten mit anschließender Reduktion archäologisch nicht nachgewiesen ist, werden in der Literatur die

<sup>441</sup> Tylecote 1987, 130; Ottaway 1994, 101; Lechtman – Klein 1999, 498; Vgl. Metten 2003, 12-14.

<sup>442</sup> Bachmann 2003, 28; Lechtman – Klein 1999, 498f.

<sup>443</sup> Lesniak 1991, 199-201; Bartelheim u. a. 2002, 57; Lechtman – Klein 1999, 498.

<sup>444</sup> Lechtman – Klein 1999, 498.

<sup>445</sup> Siehe zu diesem Problem sehr kurz mit weiterer Literatur Pollard u. a. 1990, 72.

<sup>446</sup> Pernicka 1987, 636 mit weiterer Literatur; Budd 1993, 36; Etwa Tylecote u. a. 1977, 321f. mit Table 14; Vgl. Lechtman – Klein 1999, 498f.: 66 % As wurden bei einem weitgehend abgerösteten Erz (80 % des S) entfernt.

gesundheitsschädlichen Folgen von  $\text{As}_2\text{O}_3$  als Grund für einen Wechsel von Arsenkupfer zu Zinnbronze angesehen<sup>447</sup>.

Wie eine Röstung genau vonstattengeht, kann von verschiedenen Faktoren, wie der Art des Erzes, und dem Ziel der Operationen abhängen. Es bestehen auch verschiedene Auffassungen über die dabei ablaufenden Prozesse<sup>448</sup>. Unterschiedlichste Vorgänge können ablaufen (Entschwefelung, Oxidation, teilweise Reduktion, Arsenverluste...). Bei „primitiven“ Anordnungen können sich Überschneidungen zu weiteren Verfahren ergeben (s. u. *co-smelting*). Bei *co-smelting* Reaktionen kann die Gefahr von Arsenverlusten, wie sie beispielsweise bei der Röstung von Sulfarsenaten besteht, minimiert werden, da eine Entschwefelung überflüssig sein kann<sup>449</sup>. Eine Röstung eisenarmer sulfidischer Erze ist insgesamt wohl insbesondere in der frühen Verhüttung vorteilhaft und in weniger Schritten zu vollziehen<sup>450</sup>. Bereits beim Rösten kann auch metallisches Kupfer entstehen<sup>451</sup>.

Anstelle eines ausgesprochenen Röstens würde sich ein Röstreaktionsverfahren mit Übergängen zum *co-smelting* unter weniger stark oxidierenden Bedingungen anbieten, um mögliche Arsenverluste zu minimieren; erste Umsetzungen zum Metall finden schließlich parallel statt (s. u.)<sup>452</sup>. Die dazu nötigen Bedingungen sind bei der frühen Verhüttung in Tiegeln ausdrücklich gegeben (s. u.).

Insgesamt ergeben sich Gemeinsamkeiten zwischen der Röstung und der chalkolithischen Verhüttung: eine Agglomeratbildung war wahrscheinlich in beiden Fällen unvorteilhaft; die Bedingungen und Temperaturen beider liegen im Bereich dessen, was für die frühe Metallurgie als untere Grenze rekonstruierbar ist; eisenarme Erze bieten Vorteile für die Entschwefelung des Kupfers. Auch können sich anhand der Bedingungen und Vorgänge bei zunehmender Entschwefelung Übergänge zum *co-smelting* ergeben.

#### II.2.4.4.2. Matteschmelzen mit Verschlackung des Eisens

Das Verhütten sulfidischer Erze kann auch nach einem ausgesprochenen Matteschmelzverfahren<sup>453</sup> im Schachtofen erfolgen, um Kupferstein (Matte/Stein/Lech/Sulfidphase) zu erzeugen. In einem ersten Schritt wird das Erz, meist eine Mischung aus Kupfer- und Eisensulfiden (Chalkopyrite  $[\text{CuFeS}_2]$  und Pyrite  $[\text{FeS}_2]$ )<sup>454</sup>, nur partiell abgeröstet. Dabei werden sowohl ein Teil des Schwefels als  $\text{SO}_2$  abgeführt als auch teilweise Eisensulfide zu Eisenoxiden umgesetzt, die durch Zugabe von  $\text{SiO}_2$  verschlackt werden können. Anschließend verhüttet man die übrigen Sulfide unter reduzierenden Bedingungen zur Matte, einer Sulfidphase, auch Stein genannt. Zumeist handelt es sich zunächst um eine Mischung aus Kupfer- und Eisensulfiden. Zusätzlich können noch andere Metalle und insbesondere auch erkleckliche Mengen Edelmetalle enthalten sein. Schwefel kann wohl teilweise durch Selen substituiert sein. Die Matte wird dann nach einem erneuten oxidativen Rösten unter reduzierenden Bedingungen geschmolzen. Entstehende Eisenoxide können wiederum in Schlacke überführt werden. Teilweise wird angenommen, dass diese Schritte mehrfach wiederholt wurden<sup>455</sup>. Denn es muss vorhandenes

---

<sup>447</sup> Dazu Lechtman – Klein 1999, 499.

<sup>448</sup> Ottaway 1994, 101.

<sup>449</sup> Lechtman – Klein 1999, 499.

<sup>450</sup> Vgl. Hessel 1982, 359.

<sup>451</sup> Craddock 1995, 136.

<sup>452</sup> Lechtman – Klein 1999, 499.

<sup>453</sup> Siehe für einen kurzen Abriss Ottaway 1994, 101f.; Craddock 1995, 149-153; Rostoker u. a. 1989, bes. 70. 72. 79-84; Pernicka 1987, 631-633; Bachmann 2003, 28; Zu einer Diskussion der (weiteren) Möglichkeiten und der Reaktionen siehe Metten 2003, 11-16. 66-74.

<sup>454</sup> Rostoker u. a. 1989, 73.

<sup>455</sup> Siehe hierzu Ottaway 1994, 102 mit Literaturangaben; Metten 2003, 11-16. 66-74 mit einer kurzen Beschreibung verschiedener (postulierter) Verfahrenswege für die alpine Bronzezeit.



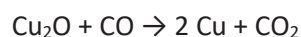
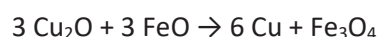
Eisensulfid entfernt und zunächst eine fast reine Kupfersulfidphase erzeugt werden, bevor Kupfer gewonnen werden kann<sup>456</sup>. Ein von Beginn an eisenfreier Kupferstein hätte Vorteile (s. Sulfidschmelzen Kap. II.2.4.4.5). Matte ist lediglich ein Zwischenprodukt. Inwieweit Mattereguli deshalb selten sind<sup>457</sup>, oder möglicherweise die Gewinnung von Kupfer – insbesondere in früher Zeit – anders erfolgte und darin die Gründe für ihre Seltenheit liegen, wäre gesondert zu untersuchen. So muss Matte nicht etwa in einem gesonderten Prozessschritt aufgearbeitet werden, ein Wechsel der Redoxbedingungen reicht aus. Moesta und Schlick verhütteten sulfidische Erze in niedrigen Herden<sup>458</sup>: Unter zunächst reduzierenden Bedingungen werden Fayalitschlacke, Matte und etwas Kupfer erschmolzen. Die Matte jedoch kann dann unter oxidierenden Bedingungen weiter verarbeitet werden, um den Schwefel zu entfernen. Unterschiedliche Wege können zu Kupfer führen. Dabei werden ausgehend von den gleichen Befunden teils unterschiedliche Prozessschritte rekonstruiert<sup>459</sup>. Relativ reine Kupfersulfide können bei einer oxidativen Behandlung entstehen, da Eisen vorzugsweise oxidiert wird und Kupfer eine höhere Affinität zu Schwefel als Eisen aufweist<sup>460</sup>. Meist entstehen beim Schmelzen von Sulfidphasen durch Entschwefelung bei Röst- bzw. *co-smelting*-Reaktionen (s. u) zumindest geringe Mengen an metallischem Kupfer. Die Menge lässt sich durch eher oxidierende Bedingungen erhöhen („Konverterprozess“)<sup>461</sup>. So scheidet sich selbst bei Fe-reichen Steinen aufgrund der Mischungslücke im System Cu-Fe-S metallisches Schwarz- oder Rohkupfer ab<sup>462</sup>. Damit deuten sich auch Zusammenhänge mit respektive Übergänge zu anderen Verfahrensschritten an (siehe dazu die beiden Beispiele und siehe Kap. II.2.4.4.8)<sup>463</sup>. Eisenfreie Kupfersteine mit Nebenelementen wie Arsen und Antimon bieten verschiedene Vorteile, um legiertes Kupfer zu erzeugen (s. Moesta 2004 und vgl. Kap. II.2.4.4.7).

Die Aufbereitung eines durch Röstung und nachfolgendes Schmelzen erzeugten Kupfersteins kann durch ein Totrösten, d. h. eine vollständige Oxidation erfolgen. Anschließend kann eine Reduktion mit Verschlackung des Eisens stattfinden. Dieser Weg wird auch „Deutscher Prozess“ genannt<sup>464</sup>.

Röstung der Matte (meist aus CuS und FeS) bestehend



Reduktion



Verschlackung



Nach dem „Englischen oder Walisischen Prozess“ kann durch eine partielle Röstung mit anschließender Verhüttung durch Röstreaktionen (s. u.) unter leicht oxidierenden Bedingungen Kupfer erzeugt werden<sup>465</sup>:

<sup>456</sup> Rostoker u. a. 1989, 83f.

<sup>457</sup> Rostoker u. a. 1989, 83; Metten 2003, 72.

<sup>458</sup> Ottaway 1994, 103; Moesta – Schlick 1989, 5-16.

<sup>459</sup> Metten 2003, 11-16. 70f.

<sup>460</sup> Bachmann 2003, 28.

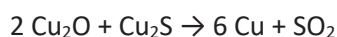
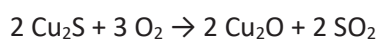
<sup>461</sup> Metten 2003, 13.

<sup>462</sup> Metten 2003, 70f.; Hess 1998, 101f.

<sup>463</sup> Vgl. Metten 2003, 11-16. bes. 70f.

<sup>464</sup> Nach Metten 2003, 13f.

<sup>465</sup> Nach Metten 2003, 13.



Lange Zeit galt das Matteschmelzverfahren als nahezu einzige Antwort der urgeschichtlichen Metallurgen auf die Herausforderung sulfidischer Erze. Auch wenn schon früh in der Forschung andere Methoden vorgeschlagen wurden, galt Matteschmelzen doch gleichsam als *ultima ratio*<sup>466</sup>. Aufbauend auf frühneuzeitlichen Quellen wie Agricola und vereinfachten Modellen des Aufbaus von Erzkörpern wurde dieses Verfahren für die Bronzezeit rekonstruiert<sup>467</sup>. Dazu gehören Entschwefelung bzw. Röstung als der Verhüttung vor- oder teils mehrfach zwischengeschaltete Schritte. Diese Hypothesen verdeckten den Blick auf andere Möglichkeiten. Es zeigt sich, dass die Bedingungen für ein Sulfidschmelzen nach Schmelzpunktunterschieden aus dem Schlacken-/Erzgerüst in einem Tiegelverfahren gut erfüllbar sind. Die Redoxbedingungen für ein *co-smelting*-/Röstreaktionsverfahren lassen sich in einem Tiegelverfahren sogar noch besser erfüllen (vgl. Kap. II.2.6.3). Unter den eher oxidierenden Bedingungen, wie sie für die Frühzeit der extraktiven Metallurgie (in einem Tiegel) rekonstruiert werden, erhöht sich die Ausbeute bei vielen der möglichen Verfahrensschritte. Auch können die Schritte sozusagen einfach nebeneinander ablaufen.

Die ursprünglich geschmolzene Matte enthält also neben Schwefel die aus dem Erz bzw. der Charge stammenden Beimengungen wie Eisen, aber auch Arsen, Antimon, Silber usw. Beim Rösten und insbesondere beim Totrösten, um Schwefel und Eisen weitgehend zu oxidieren, besteht die Gefahr von Verlusten dieser Beimengungen<sup>468</sup>. Auch Schwarzkupfer bedarf ob seiner Eisen- und Schwefelgehalte einer weiteren Reinigung, was wahrscheinlich zu weiteren Nebenelementverlusten führt. Andere Verfahrensstränge eignen sich besser, um mit Nebenelementen legiertes Kupfer zu erzeugen.

Dabei bleibt weiter festzustellen, dass die genaue zeitliche Verortung des Matteschmelzens ungeklärt ist. Es ist etwa im Ostalpenraum wohl erst in der Spätbronzezeit nachzuweisen<sup>469</sup>. Hauptmann führt aus, dass Röstbetten als Vorrichtung im Rahmen dieses Verfahrens im Alpenraum ab der Spätbronzezeit und im Oman spätestens in früharabischer Zeit (ca. 8. Jh. n. Chr.) überliefert sind; zudem sind mutmaßlich mit Matte in Verbindung zu setzende Negativabdrücke auf der Unterseite von Fließschlacken in Zypern aus der Mittelbronzezeit sowie ferner bildliche Darstellungen von Röststadeln ab dem 16. Jh. n. Chr. bekannt<sup>470</sup>. Damit stellt er fest: „Die beabsichtigte Verhüttung von schwefelhaltigen Erzen setzt wahrscheinlich erst in der zweiten Hälfte des 2. Jahrtausends [v. Chr.] ein“<sup>471</sup>.

#### **II.2.4.4.3. Probleme der Übertragung „bronzezeitlicher“ schlackenbildender Verfahren mit eisenhaltigen Chargen auf ein Tiegelverfahren**

Das Konzept des Matteschmelzens nach dem Schachtofenverfahren, wie es für die Bronzezeit rekonstruiert wird, lässt sich nur schwer auf ein Verfahren übertragen, bei dem die Charge mutmaßlich über Blasrohre belüftet wurde, und das zum Ziel hatte, eine Kupferlegierung wie z. B. Arsenkupfer zu erzeugen. Bei einem schlackenbildenden Verfahren besteht immer die Gefahr, dass Teile der Ofenwandung oder die Tondüsen (Tuyères) mit der Charge respektive der Schlacke reagieren, wodurch sich deren Zusammensetzung und damit die Verhüttungsbedingungen ändern können, wobei sich

---

<sup>466</sup> Mit weiterer Literatur Rostoker u. a. 1989, 69; Siehe etwa Pernicka 1999, 166.

<sup>467</sup> Nach Kienlin 2010, 18.

<sup>468</sup> Vgl. etwa Hauptmann 2008, 128.

<sup>469</sup> Kienlin 2010, 18.

<sup>470</sup> Hauptmann 2007a, 133 mit weiterer Literatur.

<sup>471</sup> Hauptmann 2008, 128.

diese wechselseitigen Reaktionen in einem gewissen Umfang von selbst einstellen und zum Erliegen kommen können<sup>472</sup>. Die Belüftung kann bei Grubenöfen und einfachen Schachtofen noch mittels Tondüsen über Windzug oder Blasrohre erfolgen. Es ist aber wahrscheinlicher, dass dies mit Blasebälgen geschah, wie dies für ein entwickeltes Schachtofenverfahren rekonstruiert wird, da die Belüftung so besser regulierbar und nicht abhängig von äußeren Bedingungen ist<sup>473</sup>.

Da mit Blasrohren nur eingeschränkt belüftet werden konnte, könnten Schlacken nicht das Ziel, sondern das Ende einer 'primitiven' Verhüttung bedeutet haben<sup>474</sup>. Wenn Schlacken flüssig gehalten werden mussten, band dies (unnötig) viel Energie<sup>475</sup>. In der Regel dauern Schmelzoperationen mit flüssigen (fayalitischen) Schlacken nach Ausweis von Experimenten mehrere Stunden<sup>476</sup>. Dennoch lässt sich auch in Tiegeln oder offenen Öfen mit Blasrohrbelüftung von oben teilweise relativ schnell eine flüssige Schlacke mit relativ guter Trennung von Schlacke und Kupfer erzielen (s. u.)<sup>477</sup>. Jedoch sind die Mengen, die sich so verhütten lassen, deutlich geringer als bei einem Schachtofenprozess. Große Mengen an flüssigen Schlacken würden die Charge in einem kleinen Tiegel abdecken, und sofern sie nicht abgeführt würden, und weitere Luftzufuhr und Reaktionen behindern<sup>478</sup>. Ein Ausschmelzen von reduziertem, legiertem Kupfer oder einer Sulfidphase vor der Verflüssigung der Gangart hingegen würde Energieverbrauch und Prozessdauer verringern<sup>479</sup>.

Ein Schachtofenprozess sieht eine Trennung von Gangart und Wertträger aufgrund unterschiedlicher Dichten in flüssigem Zustand vor<sup>480</sup>. Die Schlacken nehmen dabei die unerwünschten Nebenbestandteile der Charge auf<sup>481</sup>. Dadurch reichern sich Metall und eventuelle andere Phasen unter der Schlacke an. Ein Kupfererz mit Gehalten an Eisen, Arsen und anderen Elementen kann auch zur Bildung von Speise führen. Wird die Charge vollständig verflüssigt, können sich die Phasen aufgrund ihrer unterschiedlichen Dichten trennen<sup>482</sup>: Zuunterst findet sich das schwere Kupfer (8,9 g/cm<sup>3</sup>), darüber, falls vorhanden, meist als dünne Schicht Speise (ca. 5-8 g/cm<sup>3</sup>), bei sulfidischen Erzen dann Matte (ca. 4,6 bis 5 g/cm<sup>3</sup>) und zuoberst Schlacke (ca. 3,5-4,0 g/cm<sup>3</sup>). Vor der Einführung von Blasebälgen waren lange Feuerungszeiten vermutlich nur schwer möglich. Lange Erhitzungszeiten helfen aber dabei, dass sich aufgrund der geringen Dichteunterschiede die Matte besser von der Schlacke trennt<sup>483</sup>. Viele Schlackenfunde zeigen, dass die Trennung nicht immer vollständig ablief (s. u.). Selbst bei Verwendung eines entwickelten Schachtofens wurden die Schlacken wegen Matte- und weiteren Kupfereinschlüssen häufig zerschlagen, um die Wertträger zu gewinnen<sup>484</sup>. Für Schachtofenprozesse werden, da häufig auch unter eher idealen Umständen Schlacken nur einen Teil der Gangart abführten, teilweise auch Trennungen nach Schmelzpunktunterschieden etwa von Sulfidphasen diskutiert<sup>485</sup>. Außer für Sulfidphasen könnte dies auch für unterschiedliche Speisen bzw.

---

<sup>472</sup> Ottaway 1994, 97; Tylecote 1987, 109.

<sup>473</sup> Vgl. etwa Rehder 1994.

<sup>474</sup> Allgemein Rehder 1994.

<sup>475</sup> Vgl. dazu Rehder 1994, 348.

<sup>476</sup> Hauptmann 2000, 160.

<sup>477</sup> Vgl. z. B. Lorscheider u. a. 2003, 302-306.

<sup>478</sup> In einem Schachtofen ist dies praktikabel und im Allgemeinen kann dies nützlich sein, indem die Schlackenschicht das reduzierte Metall vor Reoxidation schützt (siehe und vgl. Craddock 1995, 146. 147. 199).

<sup>479</sup> Vgl. Metten 2003, 71f. zu Fragen von Brennstoffmenge und Chargierung bronzezeitlicher schlackenbildender Verfahren und dem Sulfidausschmelzen.

<sup>480</sup> Am Beispiel des Matteschmelzens Rostoker u. a. 1989, 70. 72.

<sup>481</sup> Bachmann 1982, 9; Bachmann 1980, 104.

<sup>482</sup> Im Folgenden nach Tylecote 1987, 199; Die Dichte von Matte hängt vom Eisengehalt ab (Tylecote 1987, 201).

<sup>483</sup> Tylecote 1980a, 192; Tylecote 1987, 199; Vgl. auch Rostoker u. a. 1989, 74.

<sup>484</sup> Tylecote 1980a, 192; Vgl. auch Rostoker u. a. 1989, 74; Metten 2003, 69.

<sup>485</sup> Metten 2003, etwa 5f. 69f. 73f.

legierte Kupfer zutreffen<sup>486</sup>. Gerade für die Tiegelmetallurgie mit ihren unvollständigen Verflüssigungen der Chargen dürfte dies von Bedeutung sein.

Unterschiedliche Schlacken der Bronzezeit in den Alpen könnten aus einem mattebildenden Verfahrensweg stammen; kupferarme Plattenschlacken könnten dabei den niedrigschmelzenden Anteil an einer Charge darstellen, während Ofenschlacken mit Kupfer-/Matteeinschlüssen als Schlackenkuchen zurückbleiben und nicht dem idealen Ziel eines schlackenbildenden Verfahrens entsprechen. U. a. deshalb diskutiert Metten die Möglichkeit, dass zur Trennung von Kupfer und Stein (Matte) evtl. nicht die relativen Dichteunterschiede, sondern die unterschiedlichen Schmelzpunkte genutzt wurden<sup>487</sup> (s. auch Sulfidschmelzen Kap. II.2.4.4.5). Es wird aber auch von einer guten Trennung von Matte und Schlacke bei Experimenten berichtet<sup>488</sup>. Auch bei Versuchen mit Blasrohren, die einem Mabuki-Prozess ähnelten, trennten sich bei bis zu zwei Stunden Prozessdauer Matte und Kupfer teils von sich bildender Schlacke, teils war Kupfer staubfein in der Schlacke verteilt<sup>489</sup>.

Wie oben festgestellt muss eine Verhüttung mit Schlackenbildung nicht in einem Schachtofen ablaufen. Denn auch in Tiegeln oder den diesen in den Bedingungen noch sehr nahestehenden einfachen Grubenöfen können sich Schlacken bilden. Donnan<sup>490</sup> verhüttete einfache, hochreine und teilweise sehr feingemahlene Oxide in einem Tiegel. Dazu setzte er den Tiegel auf ein Holzkohlebett, deckte den Tiegel mit glühender Kohle ab und begann mit Blasrohren die Temperatur auf 1300 °C zu steigern. Diese Temperatur war innerhalb von 15 Minuten erreicht und wurde für eine Stunde aufrechterhalten. Es bildete sich ein kleiner Gusskuchen aus Kupfer, der von Schlacke bedeckt war. Da sich die Schlacke mit dem Tiegel verbunden hatte, musste das „Konglomerat“ aus Tiegel und Schlacke zerschlagen werden, um an das Metall zu gelangen. Erhöhte Fe-Gehalte im Kupfer waren teilweise die Folge (0,16 bis 5,6 %). Mit diesem Aufbau lassen sich aber nur geringe Mengen an Erz auf einmal zu Metall umsetzen. Außerdem kann er eine fast schon regelhafte Abschreibung des Tiegels bedeuten.

Prähistorische Öfen bestehen häufig lediglich aus einer Grube und weisen anstelle eines Schachtes oft nur einen Rand aus Steinen oder Ton auf. Die Vorderseite bei Schachtöfen zeigt, dass sie oftmals aufgebrochen wurden; gelegentlich zu beobachtende Belüftungen über natürlichen Windzug lassen an allzu gleichmäßigen Verhüttungsbedingungen zweifeln<sup>491</sup>. Im idealisierten Modell sammelt sich das Metall am Boden des Reaktors<sup>492</sup>, was dazu führt, dass im Erz vorhandene Nebenelementgehalte, soweit reduziert und nicht in die Schlacke übergegangen, sich gleichmäßig verdünnt im Metall wiederfinden. Das Aufbrechen der Öfen, um das Metall zu gewinnen und die Schlacken zu entfernen zeigt, dass die Abführung der Schlacken nicht regelhaft erfolgte. Davon abgesehen mussten die Öfen aufgrund der aggressiven Bedingungen während der Verhüttung im Anschluss ohnehin meist erneuert werden<sup>493</sup>. Dies war mit insgesamt viel Aufwand verbunden und muss der arbeitsintensiven Gewinnung von Kupfer aus Schlacken bzw. angeschlacktem Material beim Tiegelverfahren gegenübergestellt werden. Zu niedrige Temperaturen und ungenügend reduzierende Bedingungen

---

<sup>486</sup> Hess 1998, bes. 131f.

<sup>487</sup> Metten 2003, 5f. 66-83.

<sup>488</sup> Kupfer-Eisen-Sulfide schmelzen bei Temperaturen unter 1200 °C und lassen sich in flüssigem Zustand von flüssiger Schlacke trennen (Flüssig-Flüssig-Entmischung) (Rostoker u. a. 1989, 72); Vgl. Neuninger u. a. 1970, 87f. (Fahlerz in einem Tiegel mit Quarzsandsandabdeckung und unter Luftabschluss bei einer Einschmelzung von etwa 30 Minuten bei 1300 °C in einem elektrischen Ofen, zu den Schlacken wird an dieser Stelle nichts berichtet). – Dagegen wird von Yener ein 20 bis 30-minütiger Versuch berichtet, bei dem Schlackenkuchen mit Einschlüssen von Matte und Kupfer entstand (Yener 2000, 56f. mit weiterer Literatur).

<sup>489</sup> Lorscheider u. a. 2003, 302-306.

<sup>490</sup> Donnan 1973, bes. 293; Hauptmann 2007b, 219.

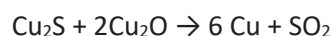
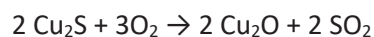
<sup>491</sup> Craddock 1995, 146-153. bes. 169-174.

<sup>492</sup> Vgl. dazu aber Craddock 1995, 202.

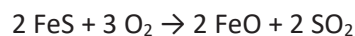
<sup>493</sup> Craddock 1995, 147. 173. 202; Ottaway 1994, 142f.

können auch bei Schachtöfen zu hohen Verlusten von Kupfer in Schlacken führen, bei hohen Temperaturen und stark reduzierenden Bedingungen kann das Kupfer erheblich mit Eisen belastet sein<sup>494</sup>. Auch Versuche mit nachgebauten Öfen, die dezidiert ein schlackenbildendes Verfahren nachbilden, zeigen, dass selbst beim Operieren mit hohen Temperaturen und langen Schmelzzeiten häufig erhebliche Mengen an Kupfer in der Schlacke zurückbleiben können; die Kupferreste haben unterschiedliche Formen, häufig finden sich Schmelzkugeln (*prills*)<sup>495</sup>. Teilweise zeigen die in der Schlacke eingeschlossenen *prills* unterschiedliche Legierungsgrade (s. u. zur Legierungserzeugung mittels *prills*)<sup>496</sup>. Einige Versuche erzeugten Schwarzkupfer mit erheblichen Eisenanteilen (10-20/30 %)<sup>497</sup>. Aus den Schlacken kann darin eingeschlossenes Kupfer durch Zerschlagen derselben gewonnen werden.

Die Matte bzw. der Kupferstein, bestehend aus Kupfersulfiden oder einer Mischung aus Sulfiden des Kupfers und des Eisens, ist lediglich ein Zwischenprodukt<sup>498</sup>. Es enthält aber auch insbesondere die anderen Nebenelemente, die Legierungspartner von Kupfer darstellen können<sup>499</sup>. Dieses Zwischenprodukt muss zur Erzielung von Kupfer weiterverarbeitet werden. Dazu zerkleinert man meist den Kupferstein, um ihn dann erneut abzurösten und dabei Schwefel (wieder als SO<sub>2</sub>) und Eisen (als Schlacke) zu entfernen. Anschließend kann man den abgerösteten und angereicherten Kupferstein reduzierend schmelzen. Wie oben gezeigt, kann man beim Matteschmelzen auch andere Wege und Zwischenschritte gehen, die teilweise in mehrfacher Wiederholung erfolgt sein mochten<sup>500</sup>. Für das Matteschmelzen werden Verluste von As, Sb, Ni und Pb von etwa bis zu 80 % (Bi bis 96 %) berichtet<sup>501</sup>. Eine Möglichkeit könnte auch darin bestehen, die zerkleinerte Matte mit oxidischen Erzen zu mischen, um durch *co-smelting*-Reaktionen Kupfer zu erzeugen und somit Verluste an potentiellen Legierungspartnern zu minimieren (vgl. auch Sulfidschmelzen Kap. II.2.4.4.5). Die Entfernung des Schwefels und des Eisens unter den oxidierenden Bedingungen des Röstens kann nämlich zur Eliminierung von im Chalkolithikum erwünschten Begleitelementen wie As, Sb usw. führen<sup>502</sup>, wie ein Versuch von Neuninger u. a. zeigt<sup>503</sup>. Insbesondere bei hohen Temperaturen während der Weiterverarbeitung von Matte können die Verluste durch Verflüchtigung entstehen (vgl. Raffination Kap. II.2.4.4.4)<sup>504</sup>. Der Schwefel wird dabei als Schwefeldioxid und Arsen als Arsen(III)-oxid (Hüttenrauch) abgeführt.



Das Eisen(II)-sulfid wird dabei in Schlacke überführt.




---

<sup>494</sup> Craddock 1995, 135. 137-140. 146f. 202.

<sup>495</sup> Siehe etwa Caneva – Giardino 1996, 453-459 mit Abb.

<sup>496</sup> Tylecote u. a. 1977, bes. 311.

<sup>497</sup> Siehe zur Zusammensetzung der Charge und dem daraus erzeugten Rohkupfer etwa Merkel 1990, bes. 84-89. 94. 103. 105 (Tabellen). 115.

<sup>498</sup> Rostoker u. a. 1989, 72. 83f.

<sup>499</sup> Tylecote u. a. 1977, 308.

<sup>500</sup> Siehe auch Rostoker u. a. 1989, 79. 80-83; Ottaway 1994, 101.

<sup>501</sup> Pernicka 1987, 636 mit weiterer Literatur und der Nennung von Problemen bei den Versuchen; Tylecote 1980b, 7. 10 Table 2.

<sup>502</sup> Tylecote u. a. 1977, 309.

<sup>503</sup> Neuninger u. a. 1970, 87f.

<sup>504</sup> Pernicka 1987, 634.

Bei einem Versuch von Tylecote und Kollegen, bei dem ein Matteschmelzverfahren durchlaufen wurde, kam es zu fast vollständigen Verlusten an As, Sb, Bi und auch Pb vor allem durch Verdampfen<sup>505</sup>. Diese Ergebnisse werden als Erklärung für reine Kupfer der Bronzezeit gesehen<sup>506</sup>.

Eisen in der Matte führt noch zu einem weiteren Problem bei einem möglichen Weg der Erzeugung von Kupferlegierungen. Das Schmelzen einer eisenfreien Kupfersulfidphase kann Vorteile für die Darstellung von Arsen- und Antimonmangellegierungen haben, denn es kann sich eine Speisephase absetzen, die Arsen und Antimon enthält, während die Matte davon weitgehend frei sein kann (Kap. II.2.4.4.7)<sup>507</sup>. Oxidierende Bedingungen können eine eisenreiche Matte unter Umständen verhindern (vgl. frühe Verhüttung)<sup>508</sup>. Die Entfernung von Schwefel und Eisen gelten als die wichtigsten Ziele der Verhüttung<sup>509</sup>. Eisen sammelt sich aber in der Matte<sup>510</sup>. So gesehen könnte eine Auswahl eisenarmer Erze und ein Verfahren, dass eine sozusagen beiläufige Entschwefelung (vgl. *co-smelting* Kap. II.2.4.4.8) gewährleistet, Vorteile gebracht haben. Die Eigenschaften von Matte hängen von deren Zusammensetzung ab<sup>511</sup>. Das Lösungsvermögen von Matte für Antimonide und Arsenide wird durch den Eisengehalt bestimmt<sup>512</sup>: Reines Kupfersulfid kann wenig Arsen (und Antimon) lösen, bevor eine Mischungslücke erreicht und arsen- und antimonreiche (metallische) Speisephase gebildet wird. Mit höheren Eisengehalten kann eine Speisebildung unterbleiben. Bei kupferreichen und gleichzeitig eisenarmen Matten ist die Mischungslücke also schneller erreicht. Während in der Metallphase das Potential für Verluste von Arsen und Antimon recht gering ist, ist dieses in der schwefelreichen Matte recht hoch<sup>513</sup>.

Mit einem Verlust der in der Matte verbleibenden Nebenelemente insbesondere bei eisenhaltigen Varietäten durch die weitere Aufarbeitung ist zu rechnen. Insbesondere beim idealisierten Modell des Matteschmelzens mit einer vorhergehenden Röstung des Erzes und einer nachfolgenden Entschwefelung der Matte und Entfernung des Eisens besteht die Gefahr, volatile Elemente wie Arsen zu verlieren<sup>514</sup>.

#### **II.2.4.4.4. Raffination bzw. Läuterung, Aufschmelzen, Guss, Glühen und Röstung: Einfluss auf die Nebenelemente**

Sowohl für das durch einen schlackenbildenden als auch für das durch einen schlackenlosen Verhüttungsprozess gewonnene Kupfer (Roh- oder Schwarzkupfer) wird häufig eine Läuterung (Raffination) des gewonnenen Metalls angenommen, um vor allem Schwefel und Eisen, ferner andere Verunreinigungen zu entfernen<sup>515</sup>. Dabei wird das Kupfer erneut aufgeschmolzen, und durch ein oxidatives Treiben (Garen) mit Luft auf das flüssige Kupferbad sollen die Verunreinigungen des Kupfers (allen voran das Eisen) durch eine Oxidation entfernt werden. Im Prinzip sollte die Abreicherung der Elemente bei einer Raffination in der umgekehrten Reihenfolge ihrer Reduzierbarkeit erfolgen (vgl.

---

<sup>505</sup> Tylecote u. a. 1977, 323f. 325 Table 20; 330.

<sup>506</sup> Tylecote u. a. 1977, 324.

<sup>507</sup> Moesta 2004; Lesniak 1991.

<sup>508</sup> Lechtman – Klein 1999, 518.

<sup>509</sup> Pernicka 2004, 317.

<sup>510</sup> Pernicka 2004, 318.

<sup>511</sup> Dazu Lechtman – Klein 1999, 517-521.

<sup>512</sup> Lesniak 1991, 202-205.

<sup>513</sup> Lesniak 1991, 205-207.

<sup>514</sup> Tylecote u. a. 1977, bes. 320 mit Table 13; 322 Table 14; 330.

<sup>515</sup> Pernicka 1990, 78; Pernicka 1999, 164f.; Merkl 2011, 56. 126; Bachmann 2003, 29; Craddock 1995, 202-204; Tylecote 1987, 192-194; Ottaway 1994, 111-113. 205f.; Merkel 1990, 107f. mit Table 15; 116-118.

Kap. II.2.2.1)<sup>516</sup>. Die Oxide setzen sich an der Oberfläche ab und können verschlackt und abgezogen werden<sup>517</sup>. Eisengehalte von 2–3 % können sowohl bei oxidierendem Aufschmelzen als auch bei reduzierenden Bedingungen entfernt werden<sup>518</sup>. Sich unter oxidierenden Bedingungen bildende Oxide können durch Sandzugabe (SiO<sub>2</sub>) verschlackt werden. Bei reduzierenden Bedingungen kann man den Umstand nutzen, dass Eisen eine separate Phase mit geringerer Dichte bildet<sup>519</sup>. Auch Eisensulfide schwimmen auf der Oberfläche<sup>520</sup>. Teilweise kann Eisen so drastisch verringert werden<sup>521</sup>. Nach Ergebnissen von Tylecote verbleiben bei einer Raffination mit Senkung des Eisengehaltes von 2,32 % im Rohkupfer auf 0,5 % im raffinierten Kupfer noch erkleckliche Arsen- und Antimongehalte (As geht dabei von 4,2 auf 2,0 %, Sb von 5,3 auf 3,0 % zurück) im Kupfer zurück<sup>522</sup>. Freies Eisen kann Oxide anderer Elemente reduzieren und selbst als Oxid ausgeschieden werden<sup>523</sup>. Unterschiedliche Versuche liefern aber teilweise uneinheitliche Ergebnisse dazu, wie einzelne Elemente sich nun verhalten (vgl. unten)<sup>524</sup>. Betrachtungen von Hauptmann auf Basis anderer Autoren zeigen, dass es bei einem einfachen Aufschmelzen kaum Auswirkungen auf die Nebenelemente im Kupfer gibt, dass unter oxidierenden Bedingungen aber hauptsächlich Eisen und Schwefel entfernt werden<sup>525</sup>. Jedoch ist die Möglichkeit von Verlusten an As, Sb und Ni offensichtlich. Ein Raffinationseffekt kann bei allen Aufschmelzungen von Kupfer zum Tragen kommen<sup>526</sup>. Blei lässt sich aus einem geschmolzenen Kupferbad recht leicht entfernen, und eine Zugabe von Blei zu Kupfer für eine Läuterung ist möglich<sup>527</sup>. Bei einer Erhitzung auf Temperaturen von 1200 °C können 30–40 % des Bleigehaltes eliminiert werden<sup>528</sup>. Nickel ist in Kupfer gut löslich und nachfolgende Verluste durch ein Schmelzen sind daher zu vernachlässigen<sup>529</sup>. Ebenso wie Nickel ist auch Silber dem Kupfer in seinen Eigenschaften recht ähnlich und durch eine Läuterung kaum zu entfernen<sup>530</sup>. Nickel kann die Löslichkeit von Eisen in festem Kupfer erhöhen<sup>531</sup>. Silber sollte sich im Prinzip ebenso wie Gold anreichern<sup>532</sup>. Antimon<sup>533</sup> dagegen ist unter oxidierenden Bedingungen sehr volatil und kann während eines nicht daran angepassten metallurgischen Prozesses leicht eliminiert werden. Auch ein Glühen oder eine Heißbearbeitung können zu Antimonverlusten führen. Arsen kann beim Schmelzen oder Glühen unter oxidierenden Bedingungen recht volatil sein, und Verluste als Arsen(III)-oxid können auftreten<sup>534</sup>. Eine Weiterverarbeitung unter reduzierenden Bedingungen kann die Verluste minimieren. Nach Budd und

---

<sup>516</sup> Pernicka 1987, 630.

<sup>517</sup> Craddock 1995, 138f. 202-204; Merkl 2011, 56; Bachmann 2003, 29; Am Beispiel von Eisenoxiden nennt Tylecote (1982, 465) die Möglichkeit, dass diese mit Brennstoffasche oder der Tiegelwandung reagieren und dadurch verschlackt werden (dazu auch Merkel 1990, 116f.).

<sup>518</sup> Tylecote 1980b, 5.

<sup>519</sup> Tylecote 1980b, 5.

<sup>520</sup> Tylecote 1987, 193.

<sup>521</sup> Tylecote 1987, 192f. mit Table 6.2.

<sup>522</sup> Tylecote 1980b, 11 Table 4.

<sup>523</sup> Craddock 1995, 202.

<sup>524</sup> Vgl. etwa McKerrell – Tylecote 1972; Tylecote u. a. 1997, 313 mit Table 7.

<sup>525</sup> Pernicka 2004, 315-317.

<sup>526</sup> Merkl 2011, 56. 67; Tylecote u. a. 1977, 314; Craddock 1995, 138f.

<sup>527</sup> Merkl 2011, 68.

<sup>528</sup> Merkl 2011, 69.

<sup>529</sup> Merkl 2011, 69f.; Pernicka 1999, 165 mit weiterer Literatur.

<sup>530</sup> Merkl 2011, 70f.

<sup>531</sup> Merkl 2011, 133.

<sup>532</sup> Merkel 1990, 118.

<sup>533</sup> Merkl 2011, 71f.

<sup>534</sup> McKerrell – Tylecote 1972, bes. 210-218; Budd – Ottaway 1991, 133; Rostoker – Dvorak 1991, 12. 14 Fig. 4 (mit Bildunterschrift); Merkl 2011, 74.

Ottaway könnten die Verluste dann vernachlässigbar sein<sup>535</sup>. Lechtman zufolge ist es bei einer Oxidation von Arsensulfiden und anderen Bearbeitungsschritten schwierig, Arsen vollständig zu entfernen<sup>536</sup>. „Thus dirty copper is easy to make and difficult to undo.“<sup>537</sup>

Eine weitere Methode zur Reinigung ist das Saigern einer Schmelze in einem Tiegel, bei dem sich Verunreinigungen absetzen<sup>538</sup>. Dies ist nicht zu verwechseln mit dem Saigerprozess, bei dem aus einer erstarrten Blei-Kupfer-Silber-Legierung silberhaltiges Blei bei niedrigen Temperaturen ausgeschmolzen wird (vgl. Kap. II.4.1.1 und zu Kupfer Kap. II.2.4.4.5).

Im flüssigen Rohkupfer noch gelöste Reaktionsgase wie SO<sub>2</sub> kann man austreiben, indem man es polt, d. h. grünes Holz in das Kupferbad taucht. Dabei entstehender Wasserdampf und weitere Gase entfernen das SO<sub>2</sub>; verbliebener, noch gelöster Sauerstoff kann durch die Zugabe von Holzkohle (Zähpolen) entfernt werden<sup>539</sup>. Beim Zähpolen werden vor allem die Gehalte an Eisen, Blei und Schwefel um mindestens eine Zehnerpotenz erniedrigt<sup>540</sup>. Nach Bachmann ist das Verfahren des Polens erst seit der Neuzeit üblich<sup>541</sup>. Aus einem Versuch von Tylecote, bei dem Matte aufgearbeitet und anschließend das Kupfer gepolt wurde, lassen sich aufgrund des Versuchsaufbaus keine Anhaltspunkte der Wirkung des Polens auf die Nebenelemente gewinnen<sup>542</sup>. Unter Umständen können dabei auch Oxide reduziert werden<sup>543</sup>.

Knapp gesagt besteht keine allgemeingültige Auffassung dazu, wie sich eine Raffination und andere Bearbeitungsschritte auswirken<sup>544</sup>, jedoch besteht mit jedem Bearbeitungsschritt und insbesondere beim Verflüssigen die Gefahr von Verlusten erwünschter Nebenelemente<sup>545</sup>. Je heißer und oxidierender die Bedingungen, je länger die Prozesse dauern bzw. je mehr Sorgfalt in eine Raffination gelegt wird, umso größer dürfte der Einfluss sein<sup>546</sup>. Insbesondere werden reaktive und volatile Elemente wie As, Sb, Bi und Fe oxidiert; diese entweichen dann oder setzen sich an der Oberfläche als Schlacke ab, die abgezogen werden kann<sup>547</sup>. Jedoch sind dramatische Veränderungen bei den Nebenelementgehalten nur durch das Aufblasen von Luft auf das flüssige Kupferbad zu erwarten<sup>548</sup>. Bei den eher oxidierenden Bedingungen einer Verhüttung nach den Prinzipien der Tiegelmetallurgie können Raffinationseffekte auftreten. Diese sollen nicht stark zu gewichten sein<sup>549</sup>.

---

<sup>535</sup> Budd – Ottaway 1991, 133f.; Merkl 2011, 74; Vgl. auch Pollard u. a. 1991b, 169: Bei einem Verhüttungsversuch mit Holzkohleabdeckung konnten Arsenverluste minimiert werden. Allerdings geschah die Erhitzung in einem elektrischen Ofen, und im Tiegel dürfte eine ruhende Gasatmosphäre vorgelegen haben, nicht zu vergleichen mit Belüftungen von oben während der Urgeschichte. – Vgl. zum Glühen Rostoker – Dvorak 1991, 12. 14 Fig. 4 (mit Bildunterschrift).

<sup>536</sup> Lechtman 1996, 479-481. 502. bes. 481; Merkl 2011, 74.

<sup>537</sup> Lechtman 1996, 481.

<sup>538</sup> Nach Bachmann 2003, 29.

<sup>539</sup> Nach Pernicka 1990, 78; Ottaway 1994, 113.

<sup>540</sup> Nach Pernicka 1990, 78.

<sup>541</sup> Bachmann 2003, 29.

<sup>542</sup> Tylecote 1980a, 193.

<sup>543</sup> Craddock 1995, 204.

<sup>544</sup> Vgl. etwa die Ausführungen bei Pernicka 1999, 164f. bes. 165.

<sup>545</sup> Siehe und vgl. Tylecote 1987, 193.

<sup>546</sup> McKerrell – Tylecote 1972, 209-211 (mit Tabellen). 218; Tylecote 1980b, 7. 11 Table 4; Tylecote 1980a, 187f.; Vgl. Pernicka 1987, 634; Siehe die Ausführungen zu den Auswirkungen von Aufschmelzungen und Raffination bei Merkel; eine vollständige Entfernung einer Reihe von Elementen wie Ni, Sb, As wie auch Sn und Pb sieht er als schwierig (Merkel 1990, 116-118).

<sup>547</sup> Craddock 1995, 203.

<sup>548</sup> Hauptmann 2007b, 204.

<sup>549</sup> Hauptmann 2007b, 222f.



Eine Studie zu möglichen Recyclingeffekten<sup>550</sup> (und Raffinationseffekten) an bronzezeitlichen Kupfern der Britischen Inseln könnte Hinweis auf Verluste von Arsen und Antimon durch wiederholtes Einschmelzen liefern. Ein räumlich wie auch zeitliches Gefälle der As- und Sb-Gehalte vom vermuteten Ursprungsort (Ross Island) der Kupfer wird herausgearbeitet. Silber reichert sich in Objekten an; die Beziehung der Kupfer zueinander wird aber anhand der vorgelegten Werte nicht klar (EBA Kupfer mit etwa 96,2 % Cu, 2 % As, 1 % Sb, 0,8 % Ag [As>0,24 %, Sb>0,1 %, Ag>0,1 %, Ni>0,09 %] zu Kupfer mit Zinn und 0,1-1 % Ag). Neben Raffinationseffekten durch wiederholtes Einschmelzen könnten auch in der Studie nicht diskutierte neue Verhüttungstechniken, andere Erze (vgl. die Bedeutung der Mine Blue Hole) und/oder eine bewusste Raffination dafür verantwortlich sein, insbesondere da die deutlichsten Veränderungen bei den Nebenelementen Zinnlegierungen aus der Bronzezeit betreffen (vgl. u. Aufkommen der Raffination). Sollte den Ergebnissen dennoch zu folgen sein, würden deutliche Raffinationseffekte erst nach 500 Jahren des Metallumlaufs einsetzen, und somit könnte für den Untersuchungsraum dieser Arbeit abzuleiten sein, dass Recycling und damit auch Raffinationseffekte in der Frühzeit keine Rolle spielen. Dies könnte umso stärker zu gewichten sein, als eine ruhende Schmelze selbst bei häufigen Aufschmelzungen kaum Raffinationseffekte zeigt, und allgemein eine Raffination durch das Aufblasen von Luft erst in späteren Phasen der Bronzezeit erwogen wird<sup>551</sup>.

Dem ist noch hinzuzufügen: je stärker die Eisengehalte von Kupfern, die aus schlackenbildenden Verfahren stammen, abgesenkt werden, desto wahrscheinlicher und ausgeprägter sind Nebenelementverluste<sup>552</sup>. Während Teile des bronzezeitlichen (Roh-)Kupfers Vorderasiens, die mit der Produktion in Verbindung gebracht werden, erhöhte Eisengehalte aufweisen, sind die dortigen zeitgleichen (Fertig-)Objekte eisenarm<sup>553</sup>. Durch eine Raffination können die Eisengehalte leicht auf Werte zwischen 0,05 und 0,5 % gesenkt werden. Solche Gehalte sollen typisch für bronzezeitliche und spätere Kupferobjekte sein. Bei chalkolithischen Kupfern des östlichen Mittelmeerraumes und auch noch solchen der Früh- bis Mittelbronzezeit Europas liegen die Eisengehalte mit 0,01-0,05 % niedriger. Gleichzeitig enthalten diese Kupfer häufig höhere Anteile anderer Nebenelemente. Das volatile Arsen etwa wird dabei häufig als Legierungsbestandteil gesehen. Während im östlichen Mittelmeerraum und in Vorderasien regelhafte Schlacken vor dem 3. Jt. v. Chr. fehlen, lassen sich ab dem frühen 3. Jt. v. Chr. Schlacken finden, und gleichzeitig steigen die Eisengehalte in Kupfer an. Zu weiteren Aspekten des Eisengehaltes von Kupfer in Abhängigkeit von Verhüttungsverfahren und Raffination siehe Kap. II.2.5.3. Craddock schließt daraus, dass die frühe Erzeugung von Kupfer durch einen schlackenlosen Prozess erfolgte<sup>554</sup>. Daran anschließen lassen sich insbesondere eisenarme Kupfer mit höheren Gehalten an Elementen wie Arsen und Antimon, die deshalb – so man von einer späteren Legierung absieht bzw. absehen kann – ebenso aus schlackenlosen Prozessen entstanden sein können. Dazu müssen aber auch andere Erklärungen geprüft werden: schließlich können ganz unterschiedliche Prozesse können zu legiertem Kupfer führen (Kap. II.2.7).

---

<sup>550</sup> Bray – Pollard 2012. Die folgenden Überlegungen basieren besonders auf Bray – Pollard 2012, 856. 858f. 860-863.

<sup>551</sup> Lorenzen 1965, 37f.

<sup>552</sup> Vgl. Craddock 1995, 138f.

<sup>553</sup> Im Folgenden nach Craddock 2000, 154.

<sup>554</sup> Craddock 2000, 154.

#### II.2.4.4.5. Ausschmelzen der Wertträger nach Schmelzpunktunterschieden ohne flüssige Schlacke – eisenfreie Sulfidschmelzen und Oxidschmelzen auch zur Anreicherung der Nebenelemente?

Sulfide können aus Erzen bereits bei relativ niedrigen Temperaturen von rund 900 °C ausgeschmolzen werden<sup>555</sup>. So schmilzt Chalkopyrit [CuFeS<sub>2</sub>] bei ca. 880 °C/950 °C und Covellit [CuS] schon bei ca. 813 °C. Bei der Erhitzung sulfidischer Erze können sich in diesem Temperaturbereich relativ schnell Tropfen einer flüssigen Sulfidphase bilden. Aufgrund ihrer hohen Dichte und niedrigen Viskosität saigern die niedrigschmelzenden Cu-Fe-Sulfide als Kupferstein (Matte) aus dem noch festen kompakten Erz oder einer sich gerade bildenden Schlacke aus. Dieses Prinzip wird in dieser Arbeit Sulfidschmelzen<sup>556</sup> genannt. Das Erz/Ganggestein schmilzt erst bei höheren Temperaturen. Weil man Schmelzpunktunterschiede ausnutzen kann, ist beim Ausschmelzen von Sulfiden die Qualität einer Schlacke nachrangig, so sie sich überhaupt bildet<sup>557</sup>. Das Ergebnis ist Matte (oder Stein); es handelt sich dabei noch nicht um reduziertes Kupfer sondern lediglich um ein Zwischenprodukt. Schmelzbildungen von Sulfiden (auch Matte, Stein oder Lech) können also bereits bei relativ niedrigen Temperaturen erfolgen. Jedoch könnten die Schmelztemperaturen von den Bedingungen abhängen und bei oxidierenden Bedingungen etwas höher liegen. Unter Umständen ist dem durch einen Wechsel der Bedingungen zu begegnen, um die Vorteile niedriger Schmelzpunkte auszunutzen<sup>558</sup>.

Sowohl in Erz als auch zähflüssiger Schlacke zurückgebliebene *prills* (sulfidisches wie auch metallisches Kupfer) können durch eine spätere (mechanische) Aufarbeitung gewonnen werden. Ein Anteil von mehr als 2 % Schwefel im Erz könnte einen ersten Anhaltspunkt darstellen, ab dem die Bildung einer Sulfidphase einsetzt – indes bei diesen niedrigen Schwefelgehalten als Nebenprodukt<sup>559</sup>, und somit könnten sich wiederum unterschiedliche Produkte aus einem Erz schmelzen lassen. Insbesondere wegen der Schmelzpunktunterschiede könnte auch ein relativ geringer Schwefelgehalt unter Umständen zur Ausbringung von Sulfidphasen führen. Meist enthält die Sulfidphase Anteile an metallischem Kupfer. Eine kupferreiche Sulfidphase kann weiteres (metallisches) Kupfer sammeln und seine Ausbringung fördern<sup>560</sup>. Eine flüssige Schlacke lässt sich durch eine kurze Feuerungszeit und/oder niedrige Temperaturen vermeiden<sup>561</sup>. Die Sulfidphase kann sich am Boden eines Tiegels oder Ofens sammeln; eine Holzkohlenschicht könnte sowohl einen Kontakt mit der Wandung als auch der

---

<sup>555</sup> Zu den Prinzipien des Sulfidausschmelzens mit weiteren Zitaten: Hauptmann 2003a, 465; Hauptmann 2007a, 130f.; Metten 2003, 5f. 73f. bes. 69f.; Kullerud – Yund 1960; Hauptmann 2003a, 465; Hauptmann 2000, 108; Hauptmann 2007b, 168; Craddock – Meeks 1987, 198; CuFeS<sub>2</sub> bei 950°C; ferner Hess 1998, 101; Im Folgenden nebst einiger eigener Gedanken hauptsächlich nach Hauptmann 2007a, 130f. – Vgl. zu den Schmelzpunkten von Sulfiden Schwarz 1980, 112. 115.

<sup>556</sup> Thornton und Kollegen zufolge bezeichnet im Englischen *sulfide smelting* sowohl das Rösten sulfidischer Erze zu Kupferoxiden, um die Oxide anschließend zu Kupfer zu reduzieren, als auch das Ausschmelzen von Kupfersulfiden, um Matte zu erzeugen, die dann weiterverarbeitet werden muss (Thornton u. a. 2010, 308 mit Anm. 34).

<sup>557</sup> Hauptmann 2000, 108; Hauptmann 2007b, 168; Metten 2003, 69.

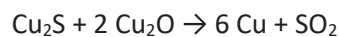
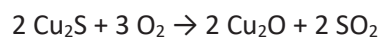
<sup>558</sup> Schwarz nennt ein Schmelzen von Sulfidmineralen im Flammofen (erst?! ) zwischen 1000 und 1130 °C, als Schmelzpunkt für Sulfidminerale gibt er Temperaturen unter 1130 °C an (Schwarz 1980, 112-115). Dieses und andere Werke sind zum Zeitpunkt obiger Überlegungen für mich nicht mehr einsehbar.

<sup>559</sup> Mit weiterer Literatur Kassianidou 1998, 69. Als vager Anhaltspunkt zu verstehen ist der von Shugar genannte Anteil von 18,5 % Schwefel an der Gesamtcharge, bei dem Matte entstehen soll. Chargen mit nur 5,5 % Schwefel soll Kupfer mit Sulfideinschlüssen zeitigen bzw. zu untergeordneten Matteinschlüssen in Schlacke führen (Shugar 2003, 455 mit weiterer Literatur); Shugar 2000, 195: „Experimental research has shown that a charge containing 18.5% sulphur will produce matte. Charges with 5.5% sulphur produce copper with sulphide inclusions and bulk sulphur concentrations reaching 0.7% (Merkel et al., 1994:221)“.

<sup>560</sup> Hauptmann 2003a, 465.

<sup>561</sup> Hauptmann 2007a, 130.

Sulfidtropfen untereinander vermeiden helfen, so dass kleinere Tropfen gewonnen werden. Diese würden eine Weiterbehandlung vereinfachen. Metallisches Kupfer kann in der Sulfidphase eingeschlossen sein oder sich entmischen, wobei im letzteren Falle das Kupfer meist von der Sulfidphase umschlossen bleibt<sup>562</sup>. Bilden sich – insbesondere bei stärker reduzierenden Bedingungen – größere Mengen einer Sulfidphase und (teil-)flüssige Schlacken, zeigen letztere oft einen Negativabdruck auf der Unterseite, der von einem (zweiphasigen) Regulus aus Kupferstein (und Kupfer) herrührt<sup>563</sup>. Um die Sulfidphase weiter entschwefeln und so die Ausbeute an Kupfer zu erhöhen, kann man zusätzlich oxidisches Kupfererz einbringen. Alternativ können Kupferoxide, die durch partielles Abrösten des Sulfides unter leicht oxidierenden Bedingungen entstehen, beim Verhütten selbst oder zu dessen Beginn das gleiche bewirken. Der Übergang zum *co-smelting* kann fließend sein<sup>564</sup>. Die Ausbeute von Kupfer kann bei einer Verhüttung gemischt oxidisch-sulfidischer Erze durch oxidierende Bedingungen erhöht werden<sup>565</sup> (Entschwefelung von Kupferstein [Röstreaktion]):



Eine Entdeckung dieses Verfahrens könnte wie auch der Übergang zur sulfidischen Technologie graduell gewesen sein<sup>566</sup>. Kleinere Kupfersulfidtropfen, die nach der Verhüttung in Erz bzw. Schlacke oder durch Holzkohle getrennt vorliegen, könnte man wegen der im Vergleich zu einem kompakten Regulus gleicher Masse größeren Oberfläche wohl leichter abrösten. Auch ließen sie sich einfacher wieder aufschmelzen. Kleine sulfidische Schmelzperlen ließen sich wohl zum Zwecke des *co-smelting* auch gut mit zerkleinertem oxidischen Erz mischen. Ein hochrefraktäres Ganggestein<sup>567</sup> und geringe Eisengehalte, sowohl in Form von Oxiden als auch Sulfiden, sowie schwach reduzierende Bedingungen (siehe auch im Folgenden *co-smelting* und Röstreaktionen Kap. II.2.4.4.8) würden sich dabei vorteilhaft auswirken, insbesondere wenn der Prozess auf die Erzeugung von Kupferlegierungen mit Nebenelementen ausgerichtet wäre.

Dabei ist zu bedenken, dass die „herkömmliche“ Rekonstruktion von Sulfidschmelzverfahren, i. e. das Matteschmelzen, meist eine Trennung von eisenreicher Gangart als flüssige Fayalitschlacke und Matte vorsieht; die Matte besteht dann in der Regel aus einem Gemisch von Eisen- und Kupfersulfiden<sup>568</sup>. Wegen der geringen Dichteunterschiede zwischen Matte, Schlacke und evtl. auch Speise sind diese allerdings schwierig zu trennen<sup>569</sup>. Insbesondere frühe Schlacken, die unter eher oxidierenden Bedingungen entstanden und häufig noch hochviskos waren, weisen ein unzureichendes Trennungsverhaltens auf.

Bei einem Erz bzw. Ganggestein ohne Eisen würde die Bildung von (flüssigen) Schlacken aufgrund einer zur Schmelzbildung ungünstigen Chargenzusammensetzung unterdrückt. Auch eher oxidierende Bedingungen tragen dazu bei. Sulfidschmelzen, aus denen Eisensulfide weitgehend ferngehalten werden, könnten ohne eine nachfolgende „Reinigung“ des Kupfersteins von Fe-Sulfiden (s. o.

<sup>562</sup> Hauptmann 2007a, 130f.; Kullerud – Yund 1960.

<sup>563</sup> Hauptmann 2007a, 130f. mit Abb. 11; Aus einem ausgesprochenen *co-smelting*-Experiment: Rostoker u. a. 1989, 73f. mit Fig. 3; Hauptmann u. a. 1993, 562.

<sup>564</sup> Siehe Rostoker u. a. 1989, 72-74. 81f.

<sup>565</sup> Hauptmann 2007a, 130.

<sup>566</sup> Hauptmann 2003a, 465.

<sup>567</sup> Ein archäologisches Beispiel des Sulfidschmelzverfahrens aus dem spätbronzezeitlichen Alpenraum (Trentino) hat hohe Quarzanteile als Resister (Hauptmann 2003a, 465).

<sup>568</sup> Etwa Tylecote 1987, 114f. 199.

<sup>569</sup> Siehe etwa Tylecote 1987, 199.

Matteschmelzen) auskommen. Aus reinen Kupfersulfiden kann leichter eine Kupfer- und auch Speisephase abgeschieden werden (s. u.).

Hinweise darauf, dass im Chalkolithikum bereits Erze mit zumindest sulfidischen Anteilen verhüttet wurden, liefern archäologische Schlacken aus Timna, Fenan, Murgul, Çayönü Tepesi, Norşuntepe<sup>570</sup> und Brixlegg. Diese Hinweise bestehen aus unzersetzten Chargenrelikten, Verwitterungsprodukten und auch Schmelztropfen<sup>571</sup>. In frühen Schlacken finden sich relativ häufig Einschlüsse von Kupferstein, die auf die Verwendung (gemischter oxidischer und) sulfidischer Erze zurückgehen<sup>572</sup>. Die Kupfersteineinschlüsse zeigen häufig Anzeichen einer beginnenden Entschwefelung in flüssigem Zustand<sup>573</sup>. Hauptmann bemerkt dazu, dass nicht alle Einschlüsse und Verwachsungen von Kupfer mit Cu- bzw. Cu-(Fe-)Sulfiden in frühen Schlacken für ein intentionelles Sulfidschmelzen sprechen: Er führt sie auf die Verhüttung von oxidischen Erzen mit Resten sulfidischer Erze zurück. In technologischer Hinsicht sieht er solche Erze in einer Übergangsphase zwischen oxidischen und sulfidischen Erzen. Die Erze der Oxidationszone mit Sulfidresten sollen den Weg zum Sulfidschmelzen und der Nutzung der Zementationszone oder des primären Erzkörpers gewiesen haben<sup>574</sup>. Durch eine Verhüttung gemischter Erze oder eine beginnende Entschwefelung kann Kupfer abgeschieden werden, oder der Kupferstein kann durch Verblasen unter zunächst oxidierenden Bedingungen zu Cu<sub>2</sub>O und weiter zu Cu umgewandelt werden<sup>575</sup>. Zunächst ist es schwierig zu klären, ob Sulfidschmelzen beabsichtigt war. Aufgrund der eher oxidierenden Verfahrensbedingungen waren die Prozesse auf die Produktion von Kupfer konditioniert<sup>576</sup>. Mit den Hinweisen auf zusätzlich eher niedrige Temperaturen dürften Schmelzpunktunterschiede eine Rolle gespielt haben, wobei auch Sulfidphasen auftreten können. Da häufig zumindest teilsulfidischen Chargen verwendet wurden, müssen für die frühe Verhüttung beiläufig ablaufende Vorgänge wie Sulfidschmelzen, Entschwefelung, Sammlung und Abscheidung von Metall, etc. mit in Betracht gezogen werden. Diese Vorgänge können auch eine Rolle bei der Legierungsbildung spielen. Ob etwa Zementationsprozesse von Arsen in flüssige Sulfidphasen auftreten und zur Legierungsbildung beitragen können, kann hier nur als Frage formuliert werden.

Stibnit (Antimonglanz, Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) kann bei 550/600 °C aus der Matrix der Gangart ausgeschmolzen und dann aufgearbeitet werden<sup>577</sup>. Im folgenden (Zwischen-) Produkt können sich bei der Aufarbeitung eisenhaltiger Erze niedrige Eisengehalte (im Beispiel bei Tylecote) von bis 1,4 % befinden<sup>578</sup>; dies ist aber zu vernachlässigen, wenn man sie als Vorlegierung einsetzt. Eine ganze Reihe von Sulfiden kann bei niedrigen Temperaturen ausgeschmolzen werden. Nach Tylecote schmilzt reiner Bleiglanz (Galenit, PbS) bei rund 1100 °C, eine Mischung aus Ag<sub>2</sub>S und 20 % PbS schon bei 623 °C; in Systemen mit Ag-, Sb- und Pb-Sulfiden sollen mehrere Punkte mit niedriger Schmelztemperatur existieren<sup>579</sup>.

Antimon, sulfidische und oxidische Antimonverbindungen schmelzen bei niedrigen Temperaturen<sup>580</sup>. Seine Oxide und Sulfide sind zudem leicht flüchtig. Der Schmelzpunkt von Antimon liegt bei 630,63 °C, der von Stibnit (Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) bei etwa 546/550 °C und der von Valentinit/Senarmonit (Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) bei 656 °C.

---

<sup>570</sup> Baranyi 2002, 145; Hauptmann u. a. 1993, 559-562. 568.

<sup>571</sup> Hauptmann 2000, 115.

<sup>572</sup> Vgl. die eben genannten Fundorte: Baranyi 2002, 144f.; Hauptmann 2000, 115; Siehe auch die frühbronzezeitlichen Schlacken von Nevalı Çori.

<sup>573</sup> Hauptmann u. a. 1993, 559-562.

<sup>574</sup> Hauptmann 2007a, 131f. bes. auch 133.

<sup>575</sup> Baranyi 2002, 145.

<sup>576</sup> Hauptmann 2007a, 130-133 mit Abb. 11 (Abbildungsunterschrift); Hauptmann u. a. 1993, 568; Hauptmann 2000, 115.

<sup>577</sup> Tylecote 1980a, 207f.; Tylecote 1987, 42. 145f. 307.

<sup>578</sup> Vgl. Tylecote 1987, 145f. mit Table 4.10.

<sup>579</sup> Tylecote 1980a, 208.

<sup>580</sup> Im Folgenden nach Hauptmann – Gambaschidze 2001, 153f.

Antimonverbindungen können aus Erzen durch Ausschmelzen (Saigerung) unter Luftabschluss oder durch eine Destillation gewonnen werden. Im Mittelalter wurde aus Stibniterz durch Saigerung zunächst *Antimon crudum* (reineres Antimonsulfid) erzeugt, das durch Rösten in Antimonoxid umgewandelt und anschließend zu Antimon reduziert werden konnte. Dabei dürften zunächst Schwefelgehalte im so erzeugten Antimon zurückbleiben. Je nach Zusammensetzung des Erzes ist auch mit Blei-Zink-Eisensulfiden zu rechnen.

Während Kupferoxide hohe Schmelzpunkte aufweisen (Kupfer(II)-oxid/Tenorit [CuO] 1326 °C, Kupfer(I)-oxid/Cuprit [Cu<sub>2</sub>O] 1235°C), kann Arsen(III)-oxid (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) bei 312,3 °C oder weniger<sup>581</sup> verflüssigt werden. Für weitere Minerale und Mineralgemenge bleibt ihr Verhalten unter Temperatureinwirkung wohl noch nachzuvollziehen. Der Schmelzpunkt von Pyrargyrit Ag<sub>3</sub>[SbS<sub>3</sub>] beispielsweise wird mit 486 °C angegeben. Die Schmelz- und Siedepunkte verschiedener Minerale, teilweise sicherlich im Verbund mit weiteren chemischen Prozessen, dürften eine Rolle bei der Legierungserzeugung spielen.

#### II.2.4.4.6. Fahlerze und Chalkopyrit

Metalle mit Fahlerzsignatur, sog. Fahlerzmetalle (nach SAM I und II) des Neolithikums und der Frühbronzezeit können Hauptmann zufolge unter eher oxidierenden Bedingungen aus Fahlerzen (komplexe Sulfid-Minerale mit hier v. a. relevanten Gehalten an As, Sb, Ni und Ag; Hauptvertreter: Tetraedrit Cu<sub>12</sub>[S|(SbS<sub>3</sub>)<sub>4</sub>], Tennantit Cu<sub>12</sub>[S|(AsS<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]) erschmolzen werden; diese Bedingungen sind der frühen Verhüttung inhärent<sup>582</sup>. Ob nun sulfidische oder verwitterte Fahlerze verhüttet wurden, ist zunächst unerheblich. Unter eher oxidierenden Bedingungen kommt es zu einer Entschwefelung der sulfidischen Anteile, die zu Abscheidung von Kupfer, und auch legiertem Kupfer aus einer Sulfidphase führen können (s. u. Speisen bzw. Arsen-/Antimonmangellegierungen Kap. II.2.4.4.7). Ein weiterer Vorteil in diesem Zusammenhang (s. u.) könnten geringe Eisengehalte von Fahlerzen sein<sup>583</sup>. Die frühe Verhüttung von Fahlerzen ist in Brixlegg, im chalkolithischen Cabrières und auf Ross Island belegt<sup>584</sup>. Insbesondere die sog. *prestige metals* der Levante und viele weitere Metalle Vorderasiens könnten auf eine frühe Nutzung von Fahlerzen hinweisen. Im Falle der *prestige metals* der Levante könnte sich vorbehaltlich fehlender Schwefelnachweise besonders ein Anreicherungsverhalten der Nebenelemente Arsen und Antimon im Zusammenhang mit Sulfidphasen nachvollziehen lassen (s. u.).

Im Gegensatz dazu könnte man bei Chalkopyrit (CuFeS<sub>2</sub>), der nicht zu den Fahlerzen zählt, die Nachteile von Eisenanteilen im Erz sehen, die bereits oben im Zusammenhang mit dem Rösten und Matteschmelzen ausgeführt wurden. So stellt auch Hauptmann fest, dass bei einer (notwendigerweise) mehrstufigen Verhüttung von eisenhaltigem Chalkopyrit mit erforderlicher Zugabe von Flussmitteln enge Grenzen für die Verfahrensbedingungen gegeben sind: Bei eher oxidierenden Bedingungen entsteht Magnetit und verhindert die Bildung idealer fayalitischer Schlacken, bei stark reduzierenden Bedingungen geht das Eisenoxid nicht in die Schlacke sondern kann – zum Metall reduziert – von Kupfer aufgenommen werden<sup>585</sup>. Anzuführen ist im Zusammenhang mit der Erzeugung legierter Kupfer die Gefahr, dass Elemente wie Arsen und Antimon an Zwischen- oder Abfallprodukte wie eisenhaltige Speisen verloren gehen können, und die Abscheidung von Kupfer-

---

<sup>581</sup> Schmelzpunkt 312 °C oder 275 °C, Siedepunkt 465 °C. – Nach Hauptmann (2007b, 205) Sublimationspunkt (?) 193 °C.

<sup>582</sup> Nach Hauptmann 2007a, 132. SAM I und II, also Junghans und Kollegen, zitiert nach Hauptmann.

<sup>583</sup> Siehe etwa Lesniak 1991, 197.

<sup>584</sup> Hauptmann 2007a, 132.

<sup>585</sup> Hauptmann 2007a, 132.

sowie Arsen-/Antimon-Kupferphasen aus einer Sulfidphase in Anwesenheit von Eisen unterdrückt wird.

#### **II.2.4.4.7. Eisenhaltige und eisenfreie Speisen – unerwünschte Produkte oder die Erzeugung von Arsen- und Antimonmangellegierungen?**

Speisen<sup>586</sup> können unterschiedlicher Zusammensetzung und Herkunft sein. Gemein ist ihnen, dass sie sich aus Arseniden und/oder Antimoniden zusammensetzen. Dabei können mit abnehmender Affinität zu Arsen und Antimon in folgender Reihenfolge Kobalt, Nickel, Kupfer, Eisen und Blei Verbindungspartner sein<sup>587</sup>. Als Speise sind neben echten Speisen (alle Metalle liegen als Arsenid bzw. Antimonid vor) weiter auch Arsen- und Antimonmangellegierungen bis hin zu verunreinigten Metallen zu verstehen; bei letzteren beiden reichen die Arsen- und Antimongehalte nicht aus, um alles Metall zu binden<sup>588</sup>. Beim reduzierenden Verhütten von Kupfererzen, wie etwa Fahlerzen, können Arsen, Antimon, Nickel, Schwefel und andere Nichteisenelemente mit Eisen reagieren und Speisen bilden. Auch die Verhüttung bzw. Beigabe von natürlichen Eisenarseniden wie Arsenopyrit und Löllingit können zur Bildung von eisenhaltiger Speise führen<sup>589</sup>. Häufig können dabei zwei Typen von Speise unterschieden werden: Verbindungen von Eisen, Arsen und Schwefel (Eisenarsenide und Arsenopyrit) sowie komplexe Verbindungen von Kupfer, Nickel, Eisen und Silber als Arsenide oder Antimonide, zumeist zusammen mit etwas Schwefel und Blei<sup>590</sup>. Diese Elemente können sowohl mit dem Erz als auch mit dem Flussmittel in den Verhüttungsprozess gelangen. In metallurgischen Speisen kommen nur Arsen und Antimon regelmäßig vor, und meist handelt es sich um Eisen- und Nickelarsenide und -antimonide<sup>591</sup>. Häufig werden in der archäometallurgischen Diskussion unter Speisen lediglich Eisenarsenide-/antimonide diskutiert<sup>592</sup>. Jedoch überwiegen bei den Speisen, die als Artefakte angesprochen werden, oftmals äußerst eisenarme Zusammensetzungen<sup>593</sup>. Dies lässt sich durch eine Nutzung von Fahlerzen erklären, die meist eisenarm sind<sup>594</sup>. Für Blei wird auch ausgeführt, dass es kein eigentlicher Bestandteil von Speise sei, aber aufgrund seiner geochemischen Vergesellschaftung häufig zugegen ist<sup>595</sup>. Blei kann bei metallurgischen Prozessen in Speise und Sulfidphase gelangen<sup>596</sup>. Sind bzw. waren alle Phasen flüssig, kann Speise als dünne Schicht zwischen Kupfer und Schlacke anzutreffen sein<sup>597</sup>. Nach einer auf die Gewinnung von Silber ausgerichteten Prozessbeschreibung von Moesta und Franke trennen sich am Ende mehrerer Arbeitsschritte –der Dichte entsprechend von oben nach unten – Schlacke, Speise, Sulfidphase und Blei; letzteres nimmt etwaige Gold- und Silbergehalte auf<sup>598</sup>. Häufig sind Einschlüsse von Speisen aufgrund der geringen Dichteunterschiede

---

<sup>586</sup> Siehe Tylecote 1987, 199-201; Ottaway 1994, 103. 137; Hess 1998, 105; Thornton u. a. 2009, bes. 308-310. 313f.; Zwicker 1991, 333f.; Pernicka 1990, 50; Moesta 2004, 270 mit Anm. 5; Lesniak 1991, bes. 6. 120. 185-194.

<sup>587</sup> Hess 1998, 105.

<sup>588</sup> Lesniak 1991, 185.

<sup>589</sup> Thornton u. a. 2009, 309.

<sup>590</sup> Thornton u. a. 2009, 308.

<sup>591</sup> Thornton u. a. 2009, 308; Pernicka 1990, 50.

<sup>592</sup> Vgl. etwa Ottaway 1994, 103; Bachmann 1982, 17. 29f.

<sup>593</sup> Vgl. Lesniak 1991, 9-17.

<sup>594</sup> Lesniak 1991, 197. 231-237.

<sup>595</sup> Thornton u. a. 2009, 308.

<sup>596</sup> Moesta – Franke 1995, 120: In dieser Beschreibung wird allerdings Bleiglanz auch zugesetzt.

<sup>597</sup> Siehe etwa Thornton u. a. 2009, 309 Fig. 1 (mit weiterer Literatur); 314.

<sup>598</sup> Moesta – Franke 1995, 120.

jedoch in Schlacke zu finden<sup>599</sup>. Speisen können zu Kupferverlusten führen<sup>600</sup>. Eine Weiterverarbeitung der metallisch silbern aussehenden eisenhaltigen Speise wird von der Forschung häufig als schwierig angesehen, und tatsächlich sind Funde von Speisen aus metallurgischen Zusammenhängen auch durch die Zeiten hindurch eher selten und werden häufig als unbeabsichtigtes Fehlprodukt oder Abfallprodukt erachtet<sup>601</sup>. Aber auch eine Funktion als Vorlegierung (Mutterlegierung; engl. master alloy) zur Herstellung von Arsenkupferlegierungen wird diskutiert. Zumindest einige Speisen scheinen sich bis zu einem gewissen Grad und Umfang relativ einfach in Kupfer aufzulösen (s. u.)<sup>602</sup>. In der Frühbronzezeit sollen Speisen häufig verwendet und gehandelt worden sein<sup>603</sup>. So bestehen aus Guschau (Polen) stammende frühbronzezeitliche Barrenbruchstücke aus Speise<sup>604</sup>. Problematisch bei der Abschätzung des Umfangs einer Speiseverwendung ist, dass Speise leicht korrodiert und somit häufig nicht überliefert ist<sup>605</sup>.

Bei atomar etwa gleich hohen Eisen- und Schwefelgehalten in Speise verbleibt nach Tylecote bei einer Zugabe zu Kupfer das As und das Ni im Kupfer, während FeS eine Schicht darüber bildet<sup>606</sup>. Das Eisensulfid kann unter oxidierenden Bedingungen verschlackt werden<sup>607</sup>. Hauptmann und Kollegen nehmen bei einer Zugabe von eisenhaltiger Speise zu geschmolzenem Kupfer eine Erhöhung des Eisengehaltes im Kupfer an<sup>608</sup>. Um eine Erhöhung des Eisengehaltes zu vermeiden, kann alternativ ausgenutzt werden, dass in einem geschlossenen Reaktor bei reduzierenden Bedingungen das Arsen auch durch einen Zementationsprozess (vgl. Färben beim Messing) aus der Speise in die Oberfläche von Kupfer diffundiert<sup>609</sup>. Beispiele dafür bzw. für das Prinzip des Färbens sind die Bullenstandarte von Horoztepe (3. Jt. v. Chr.)<sup>610</sup> und möglicherweise ein Armring mit der Zuweisung Hissar IIB (ca. 3400-3100 v. Chr.), für den aber auch eine Anreicherung von Arsen durch eine inverse Oberflächensegregation in Frage kommt (vgl. Kap. IV.3)<sup>611</sup>. Wegen einer unter Umständen schwierigen Weiterverarbeitung – zumindest bei Fe-haltigen Speisen – und recht häufiger Verwachsung mit Schlacken, könnten also Bedingungen, die zur Entstehung von eisenhaltigen Speisen und Schlacken führen, im 5. und frühen 4. Jt. v. Chr. vermieden worden sein. Dazu konnte beim Verhüttungsprozess darauf geachtet werden, dass durch bewusste Selektion des Erzes und etwaiger Zuschläge möglichst wenig Eisen in diesen gelangt (vgl. Brixlegg bes. in Kap. II.3.1; IV.1.3), oder dass dieser entsprechend gesteuert wird.

Die Ausbringung von eisenhaltigen Speisen, die gut von Schlacke getrennt sind und einen hohen Arsengehalt (Gütekriterium) aufweisen, bedarf hoher Temperaturen und stark reduzierender Bedingungen, wie sie mutmaßlich nur in Öfen herrschen<sup>612</sup>; dies steht zunächst im Gegensatz zur chalkolithischen Verhüttung. Im System Fe-As bilden sich Fe<sub>2</sub>As-, FeAs- und FeAs<sub>2</sub>-Phasen, die auch

---

<sup>599</sup> Die Dichte von Matte beträgt etwa 5 g/cm<sup>3</sup> und ist dabei abhängig vom Eisengehalt; die Dichte von Speise beträgt etwa 5 bis 8 g/cm<sup>3</sup> (Tylecote 1987, 199. 201; Ottaway 1994, 103), nach Thornton u. a. (2009, 309 Fig. 1) etwa 7-8 g/cm<sup>3</sup>.

<sup>600</sup> Thornton u. a. 2009, 309.

<sup>601</sup> Ottaway 1994, 103. 137; Bachmann 1982, 17. 29. – Dies hat auch Implikationen für die Definition, siehe dazu Thornton u. a. 2009, 308 (Introduction).

<sup>602</sup> Zwicker 1991, 333.

<sup>603</sup> Rehren u. a. 2012, 1717.

<sup>604</sup> Ottaway 1994, 137.

<sup>605</sup> Zwicker 1991, 333. 336.

<sup>606</sup> Tylecote 1987, 201.

<sup>607</sup> Thornton u. a. 2009, 314.

<sup>608</sup> Hauptmann u. a. 2003, 201.

<sup>609</sup> Thornton u. a. 2009, 314.

<sup>610</sup> Thornton u. a. 2009, 314; Müller-Karpe 1994b, 13 mit weiterer Literatur; Vgl. Yener 2000, 69.

<sup>611</sup> Hessel 1982, 145f.

<sup>612</sup> Thornton u. a. 2009, 313f.

gemischt vorliegen können, bereits zwischen 825 °C und 1000 °C in Abhängigkeit von der Zusammensetzung, d. h. dem Fe/As-Verhältnis, und der Atmosphäre<sup>613</sup>. Wird etwa Arsenopyrit (FeAsS) unter eher oxidierenden Bedingungen erhitzt bzw. geschmolzen (beispielsweise bei 1200 °C), führt dies zu eisenhaltiger Matte, die getrennt von der Speise (Eisenarsenide) vorliegt, und zu Schwefeldioxid (vgl. Rösten Kap. II.2.4.4.1 und Matteschmelzen Kap. II.2.4.4.2)<sup>614</sup>. Matte, Speise und Schlacke sowie evtl. vorhandenes Metall würden sich, so denn alle aufgeschmolzen wurden, aufgrund ihrer unterschiedlichen Dichten und mangelnden Löslichkeit ineinander entmischen. In den Systemen Fe-As und Fe-As-Oxid ist FeAs bis zu seinem Schmelzpunkt stabil. Sind zusätzlich Kupfer und Schwefel im System, würde – wenn zur Entschwefelung oxidierende Bedingungen erzeugt werden – das Kupfer sich bevorzugt mit dem Schwefel verbinden und das Eisen seinerseits mit dem Sauerstoff. Dies führt zur Bildung von FeO und Arsen(III)-oxid (Hüttenrauch), wodurch die Gefahr von Arsenverlusten steigt. Das Eisenoxid würde vorzugsweise in die Schlacke gehen und das Kupfersulfid Matte bilden (vgl. Matteschmelzen Kap. II.2.4.4.2). Kommt also Eisensulfid etwa in Form von Arsenopyrit in die Verhüttung, würde sich Kupfersulfid bilden<sup>615</sup>. Dies wird als Hauptgrund für eine vorhergehende Röstung oder Verhüttung von Arsenopyrit gesehen<sup>616</sup>.

Kupfersulfide und andere Sulfidphasen mit Nebenelementen, wenn diese eisenarm sind, bieten auch Vorteile (s. u.). Kupfersulfide können nicht direkt mit CO reduziert werden. Sie könnten zwar durch vorhergehendes Rösten entschwefelt werden, was aber mit Arsenverlusten einhergehen kann (vgl. oben und Rösten). Eine bessere Möglichkeit sind etwa *co-smelting*-Reaktionen, die zwar wie Röstreaktionen unter oxidierenden Verhältnissen besser ablaufen, aber auch in einem geschlossenen Reaktor denkbar sind. Dabei entstehen jedoch im Zusammenhang mit Eisen entscheidende Nachteile. Diese stellen sich nicht unmittelbar dar. Sind etwa Eisensulfid, andere eisenhaltige Mineralien wie Löllingit (FeAs<sub>2</sub>) und Kupferoxid anwesend, wird sich, wie eben dargestellt, bevorzugt Kupfersulfid und Eisenoxid bilden; die Reduktion von Kupfer wird behindert. Mit einer Auswahl von Erzvarietäten mit möglichst geringen Fe-Gehalten könnte die Entstehung von eisenreicher Matte, die in einigen Fällen als Zwischen- oder Abfallprodukt gesehen wird, und die Entstehung von eisenreicher Speise vermieden werden. Auch die unten beschriebene Speiseerzeugung nach Moesta (2004) würde erleichtert. Zudem könnte eine vorhergehende Röstung oder Verhüttung von arsenhaltigen Mineralien unterbleiben<sup>617</sup>. Falls trotzdem Spuren von Eisen vorhanden sind, könnten eher oxidierende Bedingungen möglicherweise der Entstehung eisenhaltiger Speisen vorbeugen<sup>618</sup>.

Dass die frühe, chalkolithische Erzeugung von Kupferlegierungen vielfach auf Basis eisenarmer Erze erfolgte, erscheint aufgrund der Zusammensetzungen der Metalle von Objekten und Einschlüsse in Schlacken wahrscheinlich (vgl. Kap. IV). Thornton und Kollegen weisen auf die Ähnlichkeit von Speisen mit As(Sb)-Legierungen des frühen 4. Jt. v. Chr. hin, die beispielsweise aus der Levante (Naḥal Mišmar) vorliegen<sup>619</sup>. Im Rahmen der chalkolithischen Verhüttung lassen die Legierungen sich auch als intentionell erklären (vgl. ihre Zusammensetzung, i. e. Eisenarmut, Kap. IV.6). Jedoch bleibt unklar, ob

---

<sup>613</sup> Rehren u. a. 2012, 1721 mit weiterer Literatur.

<sup>614</sup> Im Folgenden nach Rehren u. a. 2012, 1723 mit weiterer Literatur.

<sup>615</sup> Rehren u. a. 2012, 1723.

<sup>616</sup> Rehren u. a. 2012, 1724.

<sup>617</sup> Vgl. Hauptmann u. a. 2003, bes. 200-202. 211; Rehren u. a. 2012, 1723f. Die Produktion von Speisen wird in diesen Textstellen aber als gesondert von der Kupfererzeugung gesehen, womöglich aus Arsenopyrit.

<sup>618</sup> Vgl. Keesmann 1993, 111.

<sup>619</sup> Thornton u. a. 2009, 309. – Legierungen mit über 20 Gew.% As und/oder Sb können als Speise angesehen werden, da unter Gleichgewichtsbedingungen Kupfer mit Sb und As reine intermetallische Phasen mit etwa 30 Gew.% Sb und As formen kann (Cu<sub>3</sub>Sb und Cu<sub>2</sub>As) (Thornton u. a. 2009, 309). – Vgl. auch Tadmor u. a. (1995, 142), die mit Blick auf die Funde des Hortes von Naḥal Mišmar auf die Möglichkeit bzw. Gefahr einer Speisebildung bei sulfidischen Erzen hinweisen und deshalb die Nutzung oxidischer Erze annehmen.



diese durch Schmelzpunktunterschiede oder durch die Abscheidung aus Sulfidphasen gewonnen wurden. Beide Wege funktionieren, auch mit Überschneidungen, bei eisenarmen Zusammensetzungen der Verhüttungschargen und den Parametern der Chalkolithischen Verhüttung gut.

Diese Methode zur Legierungserzeugung ist für die Frühzeit wahrscheinlicher als etwa die von Rehren u. a. beschriebenen Vorgänge für Arisman in der Frühbronzezeit (s. Kap. IV.3.3)<sup>620</sup>: Die dortigen *grauen Schlacken* werden der Produktion von Arsenkupfer zugeordnet. In den *grauen Schlacken* eingeschlossene Kupfertropfen (*prills*) weisen gleichzeitig hohe Arsen- (4,5 Gew.%) und hohe Eisengehalte (um 3,1 Gew.%) auf<sup>621</sup>. Die *braunen Schlacken* von Arisman werden von eisenhaltigen (!) Speisetropfen dominiert und ihre Kupfergehalte liegen unter der Nachweisgrenze<sup>622</sup>. Aufgrund ihrer Zusammensetzung wird für die *braunen Schlacken* eine Herleitung aus Arsenopyrit erwogen. Die Überlegungen gehen dahin, dass vorproduzierte Speise (vgl. *braune Schlacken*) zur Arsenkupferproduktion genutzt wurde (vgl. *graue Schlacken*). In der Alten Welt liegen Hinweise vor, dass möglicherweise natürliche Eisenarsenide wie Löllingit (FeAs<sub>2</sub>) oder Arsenopyrit (FeAsS) zulegiert oder verhüttet wurden, wahrscheinlicher ist aber der Einsatz metallurgischer Speise, die aus Erzen gewonnen wurde; diese Hinweise datieren frühestens auf das Ende des 4. Jt. v. Chr., mehrheitlich aber wohl ins 3. Jt. v. Chr. (etwa Tepe Hissar, Shahr-i Sokhta, Arisman)<sup>623</sup>. Aufgrund der oben beschriebenen Vorgänge, würde die Zugabe von Arsenopyrit zu geschmolzenem Kupfer oder Kupfererz bei *typischen Ofentemperaturen* wahrscheinlich zur Bildung von Kupfersulfiden und Eisenoxiden führen; daher nehmen Rehren und Kollegen eine vorangehende Produktion von Speise an<sup>624</sup>. Tatsächlich sind diese eher späten, archäologischen Speisen und ihre Schlacken aus Produktionszusammenhängen überwiegend eisenreich und lassen sich aus Arsenopyrit (oder eisenreichen Erzen) herleiten, wodurch sie sich kaum mit der Chalkolithischen Verhüttung (Kap. II.3) verbinden lassen<sup>625</sup>.

Hess ist für das spätkalkolithische Arslantepe der Ansicht, dass dort Schmelzpunktunterschiede genutzt wurden. Dieser Aspekt lässt sich gut mit der Chalkolithischen Verhüttung verbinden. Hess diskutiert etwa Nickel- und Kupferspeise mit (unterschiedlich) hohen Gehalten an Arsen, die durch Schmelzpunktunterschiede sowohl voneinander als auch von As-(Ni)-Kupferlegierungen getrennt aus der (unvollständig aufgeschmolzenen) Charge gewonnen werden können; teilweise bleiben die Legierungen auch im porösen Schlackengerüst zurück<sup>626</sup>. Dabei geht Hess von (überwiegend [?]) oxidischen Erzen aus, in denen arsen- und nickelführende Mineralien vorkommen<sup>627</sup>. Für die frühe Metallurgie (in Tiegeln) hält er nämlich eine Trennung von unterschiedlichen Phasen nach ihrem spezifischen Gewicht (g/cm<sup>3</sup>: Kupfer 8,9; Speise 5–8; Matte/Stein 5,0; Schlacke 3,5–4,0) für wenig wahrscheinlich, da nicht alle Phasen (gleichzeitig) flüssig vorliegen<sup>628</sup>. In diesem Zusammenhang hält er die Erzeugung verschiedener Kupfersorten des Vorderen Orients (As- und As-Ni-Kupfer) mithilfe von „Tiegelgängen“ und gezielter Verschmelzung respektive Zulegierung von Nickel- und Kupferspeise zu Kupfer(erzen) für möglich und sieht darin eine Überschneidung ihrer Technologie und ihrem

---

<sup>620</sup> Rehren u. a. 2012.

<sup>621</sup> Bes. Rehren u. a. 2012, 1720.

<sup>622</sup> Bes. Rehren u. a. 2012, 1721.

<sup>623</sup> Thornton u. a. 2009, 309f.; Rehren u. a. 2012. – Siehe Thornton u. a. (2009, bes. 309f.) für archäologische Speisefunde.

<sup>624</sup> Rehren u. a. 2012, 1723.

<sup>625</sup> Vgl. Thornton u. a. 2009, bes. 309. 313f.; Zu den Speiseschlacken aus Tepe Hissar siehe Thornton u. a. 2009, 313f. Zu archäologischen Speisefunden siehe Thornton u. a. 2009, 309. 313f.; Zwicker 1991, 333f.

<sup>626</sup> Hess 1998, 105. 114f. 120-122. 129-133. ferner 134f.

<sup>627</sup> Etwa Hess 1998, 124f. 128. 130.

<sup>628</sup> Hess 1998, 131.

gemeinsamen räumlichen Auftreten<sup>629</sup>. Anzufügen sind hier auch Überlegungen von Thornton und Kollegen für Hissar. Zwar kommen sie aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung der Schlacken zu keinem endgültigen Ergebnis. Sie gehen aber davon aus, dass verschiedenartige Schmelzgänge (mit Erzen von den gleichen Lagerstätten) mit unterschiedlichem Ziel durchgeführt wurden<sup>630</sup>. Insgesamt lassen sich daraus Anhaltspunkte für Prozesse und Vorgänge der Chalkolithischen Legierungserzeugung gewinnen, die eine Steuerung der Metallzusammensetzungen durch Schmelzpunktunterschiede und Verhüttungsbedingungen bei einem Gang oder Tiegelgängen zulässt.

Moesta nennt die Möglichkeit, Arsen/Antimon-Mangellegierungen aus Fahlerzen zu gewinnen, indem man durch Rösten oder insbesondere durch die Nutzung eines Verwitterungserzes (bereits zu Anfang des Prozesses) eine Zusammensetzung hat, die relativ zu Schwefel und Arsen/Antimon einen höheren Kupfergehalt aufweist; man kann so in der Schmelze eine Mischungslücke erreichen, in der sich als Bodenphase eine Arsen/Antimon-Mangellegierung abscheidet<sup>631</sup>. Das Mischungsverhältnis bzw. der Kupferanfangsgehalt entscheidet dabei darüber, ob man Speisen oder Arsen/Antimon-Mangellegierungen schmilzt (Taf. 5, 1)<sup>632</sup>. Diese Methode, legiertes Kupfer zu erzeugen, beruht auf Verfahrensrekonstruktionen von Lesniak<sup>633</sup>. Die Bedingungen zur Abscheidung einer Speisephase aus einer Mattephase sieht Lesniak am ehesten in einem Schachtofen erfüllt<sup>634</sup>. Jedoch lassen sich die Bedingungen nach Moesta auch bei einer schachtofenlosen, eher oxidierenden Verhüttung durch Einstellung der Parameter erreichen. So können *co-smelting*-Reaktionen oder die Erzeugung reduzierenderer Bedingungen dazu dienen, die Arsen- und Antimonverbindungen zu reduzieren<sup>635</sup>. Arsen und Antimon verhalten sich dabei weitgehend äquivalent und werden deshalb im System (As,Sb)-Cu-S zusammen betrachtet<sup>636</sup>. Als weitere werden das Cu-Ni-As-(S)-System und Zweikomponentendiagramme zur Ergänzung herangezogen<sup>637</sup>. Mehrkomponentensysteme sind nämlich nicht genügend charakterisiert und können deshalb nur näherungsweise beschrieben werden<sup>638</sup>. Lesniak untersuchte archäologische, hoch mit Antimon sowie Arsen legierte Artefakte (As und Sb 15-20 Atomprozent): ihm zufolge sind dabei Schwefelgehalte von 1,7 bis 3,5 (bzw. um 2) At.-% Schwefel ein Hinweis darauf, dass die metallische Phase in schmelzflüssigem Zustand in Kontakt mit einer sulfidischen Phase gestanden hat<sup>639</sup>. Diese auch als Stein oder Matte bezeichnete sulfidische Phase hat einen derart hohen Schwefelgehalt, dass das gesamte Metall sulfidisch abgebunden ist<sup>640</sup>. Mehrere Wege können zur Abscheidung einer hoch legierten Metallphase aus einer sulfidischen Phase führen: die Nutzung eines nickel-, arsen- und antimonhaltigen (teil-)sulfidischen Erzes wie Fahlerz, die Aufarbeitung von an diesen Elementen reicher Matte oder die Zulegierung von sulfidhaltigen Arsen- oder Antimonerzen<sup>641</sup>. Dabei sammeln sich in der metallischen Phase nämlich insbesondere die Elemente As und Sb<sup>642</sup>. Sie verbinden sich mit Schwermetallen wie Kupfer, Nickel und Eisen zu Speisen,

---

<sup>629</sup> Hess 1998, 131f.

<sup>630</sup> Thornton u. a. 2009, 311. 313.

<sup>631</sup> Moesta 2004, bes. 270f. mit Abb. 1 (mit Abbildungsunterschrift); Vgl. dazu Martinek – Sydow 2004, 207-209.

<sup>632</sup> Moesta 2004, 270.

<sup>633</sup> Lesniak 1991, bes. 212-218. 234-237. 253.

<sup>634</sup> Lesniak 1991, 185. 201-211. 215.

<sup>635</sup> Vgl. Lesniak 1991, 209f.

<sup>636</sup> Lesniak 1991, 185-193.

<sup>637</sup> Lesniak 1991, 121-143. bes. 121.

<sup>638</sup> Lesniak 1991, 121. 189.

<sup>639</sup> Lesniak 1991, 119. 194.

<sup>640</sup> Lesniak 1991, 124f. 185.

<sup>641</sup> Lesniak 1991, 18-21. 219f. 253.

<sup>642</sup> Lesniak 1991, 120. 229f.

die aus Arseniden und Antimoniden bestehen<sup>643</sup>. In flüssigem Zustand bildet die Speisephase eine homogene Schmelze. Diese ist in der Mattephase – Kupfer hat die höchste Affinität zum Schwefel<sup>644</sup> – nicht löslich und setzt sich aufgrund ihres höheren spezifischen Gewichts gegebenenfalls unter der Matte ab. Grundlage dieser Flüssig-Flüssig-Entmischung ist die Mischungslücke im Kupfer-Schwefel-System. In Abhängigkeit von weiteren Komponenten erstreckt sich die Mischungslücke von der Kupfer-Schwefel-Seite aus unterschiedlich weit in die Vielstoffsysteme<sup>645</sup>. Arsen und Antimon reichern sich in der Speisephase an, die sulfidische Steinphase dagegen ist arm an diesen Elementen<sup>646</sup>. Die Charakteristika der Systeme Cu-As-S und Cu-Sb-S sind ähnlich, jedoch erstreckt sich die Mischungslücke bei letzterem in Gebiete kleinerer Kupfergehalte<sup>647</sup>. Nickel, das aufgrund seiner hohen Affinität zu As und Sb eine stärkere Tendenz als etwa Kupfer hat, von der Stein- in die Speisephase überzugehen, erweitert vermutlich auch bei geringen Gehalten die Mischungslücke<sup>648</sup>. Silber und Blei in geringen Gehalten haben keinen Einfluss auf die Stein-Speisegleichgewichte. Beide reichern sich meist als Metall bevorzugt in der Speise an<sup>649</sup>. Edelmetalle können sich in der Speise sammeln<sup>650</sup>. Eine Verhüttung eisenarmer Erze wirkt vorteilhaft auf die die Bildung einer Speisephase (Arsenide, Antimonide) aus. Denn das Lösungsvermögen von Matte/Stein für Antimonide und Arsenide steigt zunächst mit zunehmendem Eisengehalt an, so dass sich weniger Speise bildet<sup>651</sup>. Bei höheren Eisengehalten kann eine Speisebildung (bis auf Weiteres) gar ganz unterbleiben. Reines Kupfersulfid kann nur wenig Arsen und Antimon lösen und die Mischungslücke für einen Speiseanfall ist schneller erreicht. Ein sehr geringer Eisengehalt im Schmelzsystem, als Wert wird unter 1-2 % angegeben, würde äußerst eisenarme Speise mit einem Eisengehalt unter 0,1 % ergeben<sup>652</sup>. Dies steht im Einklang mit zahlreichen frühen Artefakten, die aus Arsen-/Antimonmanglegerungen des Kupfers bestehen (vgl. Kap. IV). Sehr hoch mit Arsen und/oder Antimon legierte Kupfer, die in ihrer Zusammensetzung Speisen nahestehen, sind häufig auffällig eisenarm (vgl. etwa die *prestige metals* der Levante.)<sup>653</sup>. Diese könnten auch die Produkte sein, die bei der Verhüttung früh anfallen, da hier die Mischungslücke für einen Speiseanfall am schnellsten erreicht wird.

Alternativ oder ergänzend müssen für höher mit Arsen legierte und nahezu eisenfreie Kupfer auch Absaigerungsvorgänge aus der Charge nach Temperaturunterschieden sowie Zementationsprozesse in Erwägung gezogen werden (vgl. Kap. II.3). Zusätzlich könnten sich aus Beobachtungen und Überlegungen von Craddock und Kollegen an Produkten aus Versuchen mit unvollständigen Umsetzungen Anhaltspunkte ergeben, dass niedrige Temperaturen bei der Abscheidung aus Steinphasen Einfluss auf Eisen-, Schwefel- und weitere Nebenelementgehalte von Kupfer haben; mitunter könnten niedrige Temperaturen zu geringeren Verunreinigungen (und damit schwächeren Legierungen) führen<sup>654</sup>.

---

<sup>643</sup> Lesniak 1991, 120.

<sup>644</sup> Lesniak 1991, 134.

<sup>645</sup> Lesniak 1991, 185.

<sup>646</sup> Lesniak 1991, 186f.

<sup>647</sup> Lesniak 1991, 185-193. bes. 186f.

<sup>648</sup> Lesniak 1991, 191. 225. 228.

<sup>649</sup> Lesniak 1991, 121. 193.

<sup>650</sup> Kassianidou 1998, 70.

<sup>651</sup> Lesniak 1991, 202-205. Mit sehr hohen Eisengehalten sinkt die Löslichkeit für Arsenide wieder. Siehe dazu auch Beobachtungen von Craddock u. a. 2007, 41-43 mit Abbildungsunterschriften. bes. 43.

<sup>652</sup> Lesniak 1991, 225. 231-234.

<sup>653</sup> Lesniak 1991, 225.

<sup>654</sup> Timberlake 2007, bes. 33f. zu den Versuchen; Zu den Versuchen und den Analysen der Produkte Craddock u. a. 2007, 41-44. bes. 44; Vermutlich weil keine Gleichgewichtsbedingungen vorliegen.

Es ergeben sich allerdings weitere Schwierigkeiten beim Nachweis, dass die legierten Kupfer der Artefakte über Speisen aus Sulfidphasen gewonnen wurden. Da die metallische Speisephase und die sulfidische Mattephase in einem Gleichgewicht gestanden haben, sollten die Arsen-/Antimonmangellegierungen bei den nach Lesniak beschriebenen Prozessen nämlich auch erhöhte Schwefelgehalte um 2–3 % aufweisen<sup>655</sup>. Dies ist bei archäologischen Objekten der Bronzezeit zwar zu beobachten<sup>656</sup>, bei Funden des 5. und 4. Jt. v. Chr. wie etwa im Falle der hoch mit Antimon legierten *prestige metals* der Levante aber nicht (vgl. Kap. IV.6). Vielleicht liefert Moestas Verfahrensrekonstruktion hierfür eine Erklärung (s. o.). Dazu passt die Beobachtung von Lesniak, dass Matte mit entsprechenden As- und Sb-Gehalten, die in einem Röstreduktionsverfahren aufgearbeitet wurde, praktisch keine sulfidischen Bestandteile mehr enthält<sup>657</sup>. Dabei entstehendes Rohkupfer nimmt bevorzugt die Verunreinigungen auf (vgl. oben)<sup>658</sup>. Der Nachweis von Schwefel stellt somit möglicherweise ein schwaches Indiz für eine Gewinnung aus (teil-)sulfidischen Erzen und weiter auch auf die Abscheidung einer Speise dar, fehlende Sulfidnachweise erlauben aber keinen Ausschluss dieser Variante. Pernicka macht darauf aufmerksam, dass nach einer Verhüttung der Schwefelgehalt kein guter Indikator dafür ist, ob sulfidische oder oxidische Erze genutzt wurden, da Schwefel sich in der Metallphase anreichert und oxidische Erze oft sulfidische Relikte enthalten<sup>659</sup>. Jedoch eignen sich nach Moesta gerade Verwitterungserze mit Sulfidresten für die Abscheidung von Speisen aus Sulfidphasen besonders gut.

Hinweise auf die Abscheidung von arsen- und ferner auch antimonreichen Speisephase aus Sulfidphasen bei der Verwendung polymetallischer Erze mit hohen Gehalten an Arsen und Schwefel, bieten Beobachtungen an verschlacktem Material und Schlacken der iberischen Halbinsel des 3. und 2. Jt. v. Chr.<sup>660</sup>. Dabei zeigen die Zusammensetzungen von Metalleinschlüssen mit teils hohen Arsengehalten niedrige Fe-Gehalte (im Bereich 0,00 bis 0,0X %) wie auch teils niedrige Schwefelgehalte (0,00-0,X %) <sup>661</sup>. Keesmann und Moreno Oronato veranschlagen dabei eine oxidative Nachbehandlung des Primärproduktes (um 30 % As), um Arsengehalte unter 7,5 % und damit ein homogenes Metall zu erhalten<sup>662</sup>. Keesmann und Moreno Oronato gehen darüber hinaus Frage nach, ob und wie Silber aus Sulfidphasen extrahiert werden kann, und welche Rolle Blei dabei spielt (vgl. oben zur Bleianreicherung)<sup>663</sup>. Die Erzeugung legierter Kupfer, Kupfersilberlegierungen und ferner Silber aus Erzen wie Fahlerzen können eng miteinander verbunden sein (vgl. Kap. II.4.4)<sup>664</sup>.

Je nachdem, wie die Prozesse gesteuert werden, kann man prinzipiell unterschiedliche Kupfer, von rein bis stark legiert, aus dem gleichen Schmelzgut erzeugen, indem man etwa nebenelementreiche Rohkupfer aus dem immer reineren Stein entfernt, der dann zu reinem Kupfer weiterverarbeitet werden kann<sup>665</sup>. Dabei können unter Umständen eher oxidierende Bedingungen einem Verlust von Arsen gar vorbeugen<sup>666</sup>. Umgekehrt können zu Beginn besonders nebenelementreiche, legierte Kupfer erzeugt werden.

---

<sup>655</sup> Lesniak 1991, 119. 194.

<sup>656</sup> Vgl. Lesniak 1991, 194.

<sup>657</sup> Vgl. Lesniak 1991, 212.

<sup>658</sup> Lesniak 1991, 214. 220. 226-228.

<sup>659</sup> Pernicka 2014a, 262.

<sup>660</sup> Keesmann – Moreno Oronato 1999, bes. 324f. 328. Insbesondere das Material aus Los Millares und Fernando Lopez. Für die Hinweise auf Antimon siehe Keesmann – Moreno Oronato 1999, 332 Anm. 6.

<sup>661</sup> Keesmann – Moreno Oronato 1999, 329 Tabelle 6.

<sup>662</sup> Keesmann – Moreno Oronato 1999, 327 Tabelle 4; 328. 331.

<sup>663</sup> Keesmann – Moreno Oronato 1999, 331.

<sup>664</sup> Siehe und vgl. Keesmann 1993, bes. 111. 113-117. 119 Abb. 8; 120f.

<sup>665</sup> Siehe und vgl. Lesniak 1991, 212-218. bes. 215f. 227-229.

<sup>666</sup> Vgl. Lesniak 1991, 212. 217.

Unterschiedliche Bedingungen können zu verschiedenen Zeitpunkten füglich sein. Oxidierende Bedingungen können den Verbleib von Arsen und Antimon im System begünstigen oder beeinträchtigen – in der Matte gelöstes  $\text{As}_2\text{S}_3$  und  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  kann sich leicht verflüchtigen, aber auch als Element oder zu  $\text{As}_2\text{O}_3$  und  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  oxidiert sind sie leicht flüchtig; unter Sauerstoffüberschuss und bei Anwesenheit von  $\text{CuO}$  (und auch  $\text{FeO}$ ) bilden sich jedoch auch thermisch stabile Sulfarsenate bzw. Sulfantimonate (Oxidationsstufe +5), die einen Verbleib im Verhüttungssystem begünstigen<sup>667</sup>. Reduzierende Bedingungen sind dem Übergang in die Speisephase förderlich<sup>668</sup>. Ein Wechsel der Atmosphäre in einem schlackenlosen Tiegelverfahren scheint dabei leichter als in einem Schachtofen möglich, bei dem stabile Bedingungen nötig sind und Schlacken den Gasaustausch behindern.

Grundsätzlich kommen für die frühe Erzeugung von Legierungen (etwa Naħal Mišmar) verschiedene Prozesse in Frage: Arsen, Nickel und Antimon können sich aufgrund ihres Anreicherungsverhalten bei Abscheidungsvorgängen aus einer Sulfidphase in Speisen sammeln – dieser Weg ist allerdings nicht positiv nachweisbar (Sulfidnachweis nur als schwaches Indiz!). Aber auch Zementationsprozesse oder Ausschmelzen aus der Charge nach Schmelzpunktunterschieden (am ehesten As-Ni-Speise) sind möglich. Diese Prozesse können sich auch überschneiden. Diese Möglichkeiten legierte Kupfer zu erzeugen sind in erster Linie bei der chalkolithische Verhüttung gegeben, die sich in ihren Grundlagen und Bedingungen von einem schlackenbildenden Verfahren deutlich unterscheidet, das bei stark reduzierenden Bedingungen und hohen Temperaturen eine Trennung der Wertträger über Dichteunterschiede herbeiführt. Bei letzterem können Legierungsbestandteile nicht getrennt oder angereichert ausgebracht werden.

#### **II.2.4.4.8. Co-smelting und Röst-Reaktionsprinzip**

Während in der archäometallurgischen Forschung für sulfidische Erze teilweise ein (mindestens) zweistufiger Prozess mit Rösten und anschließender Verhüttung, häufig nach dem Matteschmelzverfahren, vermutet wird<sup>669</sup>, können das Rösten und Verhütten auch gleichzeitig ablaufen<sup>670</sup>. Die Übergänge zwischen dem *co-smelting* und dem Röst-Reaktionsprinzip können – wie bei vielen Aspekten der Verhüttung – fließend sein<sup>671</sup>. Besonders in Hinsicht auf frühe Verhüttungsbedingungen unter eher oxidativer Atmosphäre trifft dies zu. Beiläufig kann es dabei weiter auch zur Abscheidung von Kupfer und Legierungen aus Sulfidphasen kommen (vgl. Kap. II.2.4.4.7)<sup>672</sup>.

##### *II.2.4.4.8.1 Co-smelting*

Der Prozessschritt des Röstens sulfidischer Erze kann teilweise oder auch ganz vermieden werden. Dadurch können Verluste von etwaig anwesendem Arsen als Arsen(III)-oxid ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ), welches gesundheitsschädigende Wirkung hat, minimiert werden<sup>673</sup>. Denn wenn oxidische und carbonatische

---

<sup>667</sup> Lesniak 1991, 200. 207. 212. 217.

<sup>668</sup> Lesniak 1991, 211.

<sup>669</sup> Dazu etwa Rostoker u. a. 1989, 69; Vgl. Budd 1993, 36; Ottaway 1994, 101f.

<sup>670</sup> Allgemein Rostoker u. a. 1989; Lechtman – Klein 1999; Lorscheider u. a. 2003.

<sup>671</sup> Siehe Rostoker u. a. 1989, bes. 81f. mit weiterer Literatur; Metten 2003, 11-15. 59f. 70f. mit weiterer Literatur; Hessel 1982, 99-101. 119. 359. bes. 119.

<sup>672</sup> Moesta 2004.

<sup>673</sup> Lechtman – Klein 1999, 499. Die gesundheitsgefährdenden Folgen werden auch oft als Erklärung für den Wandel von Arsenkupfer zu Bronze mit Zinn als Legierungspartners des Kupfers herangezogen. Siehe zu einer Zusammenfassung Lechtman – Klein 1999, 498f.; Rostoker – Dvorak 1991, 11; Mit einer Zusammenfassung dazu und Gegenargumenten Earl – Adriaens 2000, 16.

Erze zusammen mit sulfidischen Erzen verhüttet werden, was Heskel sowie Rostoker und Kollegen als *co-smelting*<sup>674</sup> bezeichnen, kann der Schwefel in den sulfidischen Erzen als Reduktionsmittel für die Kupferoxide dienen. Dabei dient das Brennmaterial lediglich zur (initialen) Erzeugung der Reaktions- bzw. Schmelztemperaturen, damit der Schwefel dem oxidischen Erz den Sauerstoff entziehen kann<sup>675</sup>; die Rolle des Brennmaterials als Lieferant des Reduktionsmittels Kohlenmonoxid kann (weitgehend) entfallen<sup>676</sup>. Der Begriff *co-smelting* bezeichnet in dieser Arbeit diesen Prozess; in der Literatur wird darunter auch die Beimischung nebenelementhaltiger Erze zur Legierungserzeugung verstanden. Um oxidische und sulfidische Erze gemeinsam zu verhütten, kann man diese Erze gezielt mischen (eigentliches *co-smelting*)<sup>677</sup>. Aber auch zufällige Mischungen, i. e. natürlich vorhandene Mineralgemenge könnten (absichtlich?) verwendet worden sein, was in Abgrenzung zum eigentlichen *co-smelting* auch als *mixed smelting*<sup>678</sup> bezeichnet wird<sup>679</sup>. Solche Gemenge oxidisch-sulfidischer Erze liegen mit Resten unverwitterter sulfidischer Erze im Eisernen Hut vor. Auch weiter in der Tiefe kommen im Übergangshorizont von Oxidationszone zum primärem Erzkörper ähnliche Gemenge vor. Das Verhältnis von Oxiden zu Sulfiden muss nicht präzise sein, weshalb *co-smelting*-Prozesse (unbeabsichtigt) schon bei der frühen Verhüttung stattgefunden haben könnten<sup>680</sup>. Auch durch die unvollständige Röstung sulfidischer Erze kann verbleibender Schwefel die entstandenen Oxide zum Metall reduzieren<sup>681</sup>. In einem Schachtofen kann sich bei der Verhüttung eine zum *co-smelting* geeignete Mischung von selbst einstellen, wenn etwa im oberen Bereich zuerst eine oxidierende, weiter unten dann eine reduzierende Atmosphäre herrscht. Auch ein Wechsel der Redoxbedingungen kann das gleiche bewirken. Ebenso können in einem Tiegelverfahren die Bedingungen wechseln. Durch die generell eher oxidierenden Bedingungen erfolgt hier außerdem sowieso eine partielle Abröstung (siehe Röst-Reaktionsprinzip Kap. II.2.4.4.8.2). Wie bereits erwähnt begünstigen eher oxidierende Bedingungen die Kupferausbeute beim *co-smelting*, da sie zur Entschwefelung beitragen<sup>682</sup>. Rostoker und Kollegen<sup>683</sup> unterzogen gemischte Erze (Malachit ( $\text{Cu}_2[(\text{OH})_2|\text{CO}_3]$ ), Chalkopyrit ( $\text{CuFeS}_2$ ) mit Gehalten an Pyrrhotit/Troilit ( $\text{FeS}$ )) in einem Tiegel in einem geschlossenen Behälter bei 1250 °C einem *co-smelting*, wobei sich Schlacke bildete. Dabei reduzierten Fe-Sulfide und auch Cu-Sulfide die Cu-

<sup>674</sup> Zum *co-smelting* siehe Rostoker u. a. 1989; Rostoker – Dvorak 1991; Hauptmann u. a. 1993, 561f.; Lechtman – Klein 1999, 499f.; Heskel 1982, 99. 119; Pigott 1999c, 115f.; Pigott 1999b, 86f. (dort auch zu Heskel); Und siehe im Folgenden.

<sup>675</sup> Die *co-smelting* Reaktionen sind auch exotherm (Hess 1998, 100).

<sup>676</sup> Rostoker u. a. 1989, 84; Lechtman – Klein 1999, 499.

<sup>677</sup> So etwa Versuche von Rostoker u. a. 1989. – Im Artikel „Some Experiments with Co-smelting to Copper Alloys“ von Rostoker und Dvorak, indem auch die Rolle von Schwefel als Reduktionsmittel diskutiert wird, bezieht sich *co-smelting* (auch) auf die Erzeugung von Legierungen durch die Verhüttung von Mischungen an Erzen, etwa Malachit und Kassiterit (vgl. Rostoker – Dvorak 1991, 16f.).

<sup>678</sup> „In the original treatise on cosmelting (Rostoker et al. 1989), the authors make it clear that they use the term “co-smelting” to refer to both intentional and unintentional mixing of oxidic and sulfidic ores. More recently, archaeometallurgists have tended to use the term “cosmelting” to refer to the intentional mixing of these ores, while “mixed smelting” is the more general term used when the intentionality of the ancient metalworker remains ambiguous.“ (Thornton u. a. 2010, 308 Anm. 30). Killick (2005, 489) verwendet den Begriff *co-reduction* für Mischungen oxidischer und sulfidischer Erze und *co-smelting* für Mischungen von Erzen mit Kupfer und Nebenelementgehalten zur Erzeugung von Legierungen (vgl. den Gebrauch des Begriffes *co-smelting* bei Rostoker u. a. 1989; zu *co-smelting* und *co-reduction* bei Rostoker – Dvorak 1991, bes. 18). *Co-smelting* als Verhüttung gemischter Erze um *natural alloys* zu erzeugen bei Craddock 1995, 284f. (Zementationsprozesse sind nach dieser Beschreibung wahrscheinlich).

<sup>679</sup> Im oberflächennahen Bereich sulfidischer Erzlagerstätten kommen Minerale wie Malachit vergesellschaftet mit Cu- bzw. Cu-Fe-Sulfiden vor: Hauptmann u. a. 1993, 561; Rostoker u. a. 1989, 69-71 mit Fig. 2.

<sup>680</sup> Rostoker u. a. 1989, 77. 85; Lechtman – Klein 1999, 499f.; Hauptmann 2007b, 179.

<sup>681</sup> Siehe und vgl. Hauptmann u. a. 1993, 561f.

<sup>682</sup> Hauptmann 2003a, 465.

<sup>683</sup> Rostoker u. a. 1989, bes. 72-85.

Oxide<sup>684</sup>. Nachteile für die Gewinnung von Kupfer(legierungen) können dabei in der Anwesenheit von Eisen liegen: denn immer wieder entsteht insbesondere bei schlackenbildenden Verfahren unter extrem reduzierenden Bedingungen ungewollt reduziertes Eisen, das sich im gewonnenen Kupfer wiederfinden kann<sup>685</sup>. Auch können Eisenarsenide entstehen (s. u.). Häufig sind in Kupfer, das mittels *co-smelting* gewonnen wurde, mutmaßliche Eisen- oder Kupfereisensulfide zu beobachten, die auch von Eisenoxiden herrühren könnten<sup>686</sup>. Zudem kann unter reduzierenden Bedingungen ein Teil davon in die metallische Form überführt werden<sup>687</sup>. Vorhandene Fe-Sulfide könnten mit As und Cu zu eisenhaltiger Matte reagieren; As kann so einer Legierungsbildung mit Kupfer entzogen sein. Daraus erzeugtes Kupfer müsste anschließend von seinen Fe-Gehalten gereinigt werden. Wenn außerdem die Bedingungen stark reduzierend und die Temperaturen hoch sind, kann eine (fayalitische) Schlackenbildung in Gang gesetzt werden. So ist auch Bourgarit zufolge beim *co-smelting* eine Entstehung von Matte – stark verkürzt ausgedrückt – unvermeidbar; eine Aufarbeitung der Matte durch einen mehrstufigen Prozess hält er im Rahmen der chalkolithischen Metallurgie allerdings für problemlos möglich<sup>688</sup>. Auch nach Lechtman und Klein können in Abhängigkeit von Schwefel- und Eisengehalt in der Charge Matte als Cu-(Fe-)Sulfide (wie CuS, Cu<sub>2</sub>S, Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub>), Speise (Kupfer – und Eisenarsenide) und fayalitische Schlacke (Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) entstehen<sup>689</sup>. Es ist aber nicht nur durch die Auswahl eisenarmer Erze sondern auch durch eine Steuerung der Bedingungen möglich, die eisenhaltigen Produkte zu vermeiden (s. u.).

Eisenarme Erze sind vorteilhaft für die Legierungserzeugung mittels eines Tiegelverfahrens, da sich dann weder flüssige Schlacke noch eisenhaltige Matte bilden; sie könnten daher gezielt ausgewählt worden sein. Gemischte sulfidisch-oxidische Erze, die neben Kupfer auch die Legierungspartner enthalten und möglichst weder im Erz selbst noch im Ganggestein Eisen mitbringen, würden sich deshalb günstig auswirken. *Co-smelting*-Operationen können schon bei Temperaturen um 800 °C stattfinden<sup>690</sup>. Sulfidische Erze und Fahlerze, für deren Aufarbeitung ein vielstufiger Prozess vorausgesetzt wurde, weil ihre Verarbeitung lange als schwierig galt, können tatsächlich in einfachen Tiegelverfahren verhüttet werden. Voraussetzung dafür ist, dass sie durch Verwitterung eine günstige Zusammensetzung mitbringen, oder sich diese beim Verhütten einstellt<sup>691</sup>. Durch die gezielte Auswahl von Kupfererzen mit Nebenelementen wie etwa Arsen können beim *co-smelting* auch Legierungen erzeugt werden<sup>692</sup>. Durch den Verzicht auf ein ausgesprochenes Rösten können dabei Verluste von Arsen vermieden werden<sup>693</sup>.

---

<sup>684</sup> Hauptmann 2007b, 179; Hauptmann u. a. 1993, 561f.; Hess 1998, 100; Rostoker u. a. 1989, 74.

<sup>685</sup> Rostoker u. a. 1989, bes. 78f. 84f. 75 Table 2. 77 Table 3 und 4.

<sup>686</sup> Rostoker – Dvorak 1991, 19f.

<sup>687</sup> Vgl. Rostoker – Dvorak 1991, 20.

<sup>688</sup> Bourgarit 2007, 10.

<sup>689</sup> Lechtman – Klein 1999, 499.

<sup>690</sup> Merkl 2011, 56 mit weiterer Literatur; Merkl zitiert Rostoker u. a. 1989.

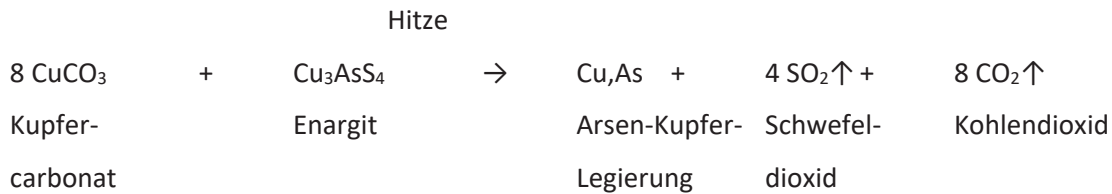
<sup>691</sup> Moesta 2004, 271; Merkl 2011, 56.

<sup>692</sup> Rostoker – Dvorak 1991, bes. 11. 18f.; Lechtman – Klein 1999, bes. 499f.

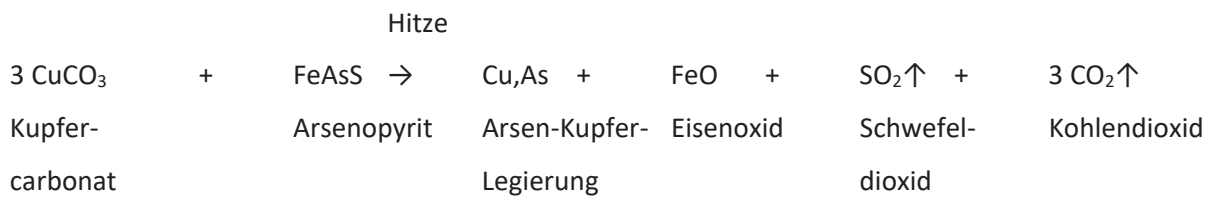
<sup>693</sup> Lechtman – Klein 1999, 498-500.

Durch ein *co-smelting* oxidischer Kupfererze mit arsenhaltigen sulfidischen Erzen kann zum Beispiel Arsenkupfer erzeugt werden (hier an den Beispielen von Enargit und Arsenopyrit)<sup>694</sup>:

*Co-smelting* eines Kupfercarbonats mit Enargit



*Co-smelting* eines Kupfercarbonats mit Arsenopyrit



Bei einigen der Experimente zum *co-smelting* wurde die Charge zeitweise mit Deckeln, Schlacken oder Holzkohle abgedeckt, wodurch die Prozesse und evtl. auch die Arsenausbeute profitieren können<sup>695</sup>. Bei den *co-smelting*-Versuchen zur Legierungserzeugung wurden meist sulfidische Arsenerze zugegeben, darunter auch Arsenopyrit. Die Eisengehalte der Produkte sind teilweise erheblich<sup>696</sup>. Experimente von Lechtman und Klein zeigen, dass sich durch *co-smelting* hohe Arsengehalte erzeugen lassen; Arsenverluste blieben gering<sup>697</sup>. Im Vergleich zur Ofenverhüttung lieferte die Tiegelverhüttung tendenziell Produkte mit niedrigerem Eisen- und höherem Arsengehalt; allerdings wurden die Tiegel bei den Versuchen von unten erhitzt<sup>698</sup>. Mehrheitlich wurden, auch in den Tiegeln, kompakte Metallaggregationen erreicht<sup>699</sup>. Beim *co-smelting* können Nebenprodukte wie Matte, Speise (Cu- und Fe-Arsenide) und Schlacke entstehen, die insbesondere in der Ofenverhüttung auftraten<sup>700</sup>. Bei vorliegenden Tiegelversuchen entstanden sie kaum, entstehendes Kupfer war eisenarm, eisenreiche Phasen wie Cu-Fe-Arsenide (Speise) und eisenhaltige Matte wurden weitestgehend vermieden<sup>701</sup>. Es wurde ohne den Einsatz von Flussmitteln verhüttet<sup>702</sup>. In den Versuchen wird ein Einfluss des Rohmaterials und mehr noch der Bedingungen während der Prozesse sichtbar<sup>703</sup>: „The composition of the matte and, in particular, of its iron-to-copper ratio, can vary significantly depending on the amount of oxygen available to oxidize the iron out of the matte. [...] Clearly, the fact that the mattes in the crucible experiments contain little iron compared to the mattes in the furnace experiments is linked to the oxygen supply to the system under the conditions of the experiments“<sup>704</sup>. Die Wirkung von Abdeckungen müsste hier genauer untersucht werden<sup>705</sup>. Die Befüllung der Tiegel, ob mit oder ohne

<sup>694</sup> Rostoker – Dvorak 1991; Im Folgenden nach Lechtman – Klein 1999, 499.

<sup>695</sup> Rostoker u. a. 1989; Rostoker – Dvorak 1991, 9. 12; Lechtman – Klein 1999, bes. 500-503 (mit einer Zusammenschau unterschiedlicher Experimente verschiedener Autoren).

<sup>696</sup> Lechtman – Klein 1999, bes. 500.

<sup>697</sup> Lechtman – Klein 1999, 521. 523.

<sup>698</sup> Lechtman – Klein 1999, bes. 515-517.

<sup>699</sup> Vgl. etwa Lechtman – Klein 1999, 516 Fig. 17.

<sup>700</sup> Lechtman – Klein 1999, bes. 499.

<sup>701</sup> Lechtman – Klein 1999, 517.

<sup>702</sup> Lechtman – Klein 1999, 513.

<sup>703</sup> Lechtman – Klein 1999, 517f.

<sup>704</sup> Lechtman – Klein 1999, 518.

<sup>705</sup> Vgl. Lechtman – Klein 1999, 510. 517.



Holzkohle, ist nicht ganz klar<sup>706</sup>. Temperaturen und Abkühlraten beeinflussen die Zusammensetzung der Phasen<sup>707</sup>. Bei der Fe-haltigen Matte der Ofenversuche lässt sich die Abscheidung von Kupfer beobachten. Je kupferreicher die Matte ist, desto besser läuft die Abscheidung<sup>708</sup>. Arsen (ebenso Antimon<sup>709</sup>) ist in Matte löslich, mit steigendem Kupfergehalt der Matte verringert sich aber die Löslichkeit, und As/Sb werden als Speisephase oder Arsen-/Antimonmangellegierung abgeschieden<sup>710</sup>. Die Sättigung der Matte ist bei eisenarmen Zusammensetzungen schneller erreicht, damit können Arsen-/Antimonmangellegierungen oder Speisen nach Moesta (2004) gut erzeugt werden. Ob eisenfreie Speisen oder Arsen-/Antimonmangellegierungen erzeugt werden, hängt vom Anfangsgehalt an Kupfer ab<sup>711</sup>. Eisenarsenide bzw. Speisen mit Eisen können somit als unwillkommene Produkte betrachtet werden<sup>712</sup>. Die hohen Arsen- und niedrigen Eisengehalte einiger der Legierungen aus den *co-smelting*-Versuchen, insbesondere aus Tiegelgängen von Lechtman und Klein, sprechen für solche Vorgänge der Speisen- oder Arsen-/Antimonmangellegierungsbildung bei der Legierungserzeugung<sup>713</sup>. In die gleiche Richtung deuten reine Kupfersulfide im Metall, eigens bei Metall, das aus der Tiegelverhüttung stammt<sup>714</sup>.

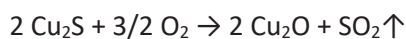
*Co-smelting*-Verfahren funktionieren über einen weiten Bereich von Erzzusammensetzungen und Ofenbedingungen und minimieren Arsenverluste<sup>715</sup>. Auch ist Eisen zur Schlackenbildung nicht nötig. Selbst wenn Eisen zugegen ist, kann es bei den eher oxidierenden Bedingungen eines Tiegelverfahrens aus den Prozessen und Produkten ferngehalten werden<sup>716</sup>. Abscheidungsvorgänge von Kupfer und Speisen aus Sulfidphasen funktionieren dann besser und die so erzeugten Legierungen müssen nicht von Eisen gereinigt werden.

#### II.2.4.4.8.2. Röst-Reaktionsprinzip

Da die Bedingungen bei einer frühen Verhüttung wohl relativ stark oxidierend waren, konnte eine vorhergehende Röstung sulfidischer Erze unterbleiben<sup>717</sup>. Die Röstung konnte dann während der Verhüttung stattfinden. Beim *Röst-Reaktionsverfahren* stellt sich von selbst eine Mischung ein, die zum *co-smelting* geeignet ist; bzw. es kann auch eine Mischung sulfidischer und oxidischer Erze verwendet werden. Während das *co-smelting* eine bereits bestehende Mischung von Oxiden und Sulfiden benötigt und deshalb prinzipiell auch bei stark reduzierenden Bedingungen stattfinden kann (die zur Entstehung von Fayalit genügen), benötigt das *Röst-Reaktionsverfahren* oxidierende Bedingungen zur Entschwefelung.

Matte Entschwefelung nach der Röstreaktion<sup>718</sup>

Röstung



<sup>706</sup> Vgl. Lechtman – Klein 1999, 501-503.

<sup>707</sup> Lechtman – Klein 1999, 519.

<sup>708</sup> Lechtman – Klein 1999, 519-521.

<sup>709</sup> Vgl. Moesta 2004.

<sup>710</sup> Lechtman – Klein 1999, 519-521; Moesta 2004, 270f.

<sup>711</sup> Moesta 2004, 270f.

<sup>712</sup> Lechtman – Klein 1999, 521.

<sup>713</sup> Vgl. Lechtman – Klein 1999, 507 Table 6.

<sup>714</sup> Vgl. Lechtman – Klein 1999, 503. 507 Table 6. 508-510. ferner 510-515.

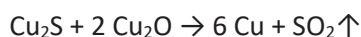
<sup>715</sup> Lechtman – Klein 1999, 523. 526.

<sup>716</sup> Vgl. Lechtman – Klein 1999, 513.

<sup>717</sup> Bartelheim u. a. 2002, 55f.; Hauptmann 2007b, 174. 179.

<sup>718</sup> Hauptmann 2007b, 178; Hauptmann 2000, 115f.

### *co-smelting*



Bei eher oxidierenden Bedingungen ist die Ausbeute beim *co-smelting* besser. Allgemein ist die Atmosphäre beim Tiegel oxidierender. Er bietet daher Vorteile für beide Prozesse des Röst-Reaktionsverfahrens, d. h. Röstung und *co-smelting*. Auch ein etwaiger Schwefelüberschuss wird durch die ablaufenden Röstprozesse immer weiter abgebaut und dadurch ein Scheitern der Prozesse verhindert<sup>719</sup>. Es soll noch einmal betont werden, dass oxidierende Bedingungen wiederum die Entschwefelung von Sulfidphasen (Matte/Stein) befördern, und sich dabei Kupfer entmischen kann<sup>720</sup>. Wie beim pyritischen Schmelzen könnte der Schwefel bei seiner Verbrennung als Energielieferant dienen, was die Prozesse effizienter machen würde<sup>721</sup>. Inwieweit die Sulfide bei der Röstung dabei zunächst fest oder nur flüssig vorlagen, wäre ebenfalls von Interesse<sup>722</sup>.

Während bei der Verhüttung sulfidischer Erze, insbesondere nach einem Matteschmelzverfahren (ggfs. nach vorangegangener Röstung), in einem Schachtofen unter reduzierenden Bedingungen, die zur Bildung einer fayalitischen Schlacke notwendig sind, nicht gleichzeitig aus Sulfiden metallisches Kupfer erzeugt werden kann, kann bei den für die frühe Verhüttung erschlossenen eher oxidierenden Bedingungen ( $p_{\text{O}_2} = 10^{-4}$  bis  $10^{-7}$  atm) metallischen Kupfers aus Sulfiden reduziert werden<sup>723</sup>. In etwa diesem Redox-Bereich kann in Abhängigkeit von der Temperatur die Paragenese von Delafossit-Cuprit-Kupfer-Magnetit fallen, die als Phasenbestände bei frühen Schlacken zu beobachten sind; auch bei modernen Kupferverblaseschlacken, die aus der Aufarbeitung von Kupferstein stammen, treten diese Phasen auf<sup>724</sup>. Durch eine Steuerung der Redoxbedingungen kann also die Kupferausbeute erhöht werden, da unter den genannten Bedingungen sowohl Kupferoxide reduziert als auch Sulfideinschlüsse entschwefelt werden können. Dass diese Prozesse bei der Chalkolithischen Verhüttung in einem Schritt und bei ähnlichen Bedingungen erfolgen können, stellt einen wesentlichen Vorteil dar.

## **II.2.5. Schachtofen und Schlacken vs. schlackenloses Tiegelverfahren**

Während die wechselnden Bedingungen bei einem schlackenlosen Tiegelverfahren vorteilhaft für die Aufarbeitung einer Vielzahl von Erzen sein können bzw. die Verhüttung komplexer Erze in einem Schritt ermöglichen (vgl. Kap. II.2.4), laufen die Prozesse der Verhüttung im Einzelnen (etwa die Reduktion) im Prinzip am besten unter konstanten Bedingungen ab<sup>725</sup>. Die Verhältnisse ändern sich jedoch beim Schmelzen leicht, z. B. wenn die Holzkohle aufgebraucht ist, wonach beispielsweise das Kupfer der Oxidation preisgegeben wird<sup>726</sup>. Schmelzöfen wie Gruben- und Schachtofen bieten ein System<sup>727</sup>, durch welches die Bedingungen konstant gehalten werden können. Insbesondere ist dies in einem Schachtofen gegeben, der von oben mit Brennmaterial und Erz sowie optional mit Zuschlägen beschickt wird. Im oberen Teil herrschen oxidierende Verhältnisse, sodass das brennbare Anteile der Charge Energie für Schmelzprozess und Reaktionen liefern, während sich in einer Zone im unteren Teil

---

<sup>719</sup> Kienlin 2010, 20.

<sup>720</sup> Metten 2003, 70.

<sup>721</sup> Vgl. Metten 2003, 70 mit weiterer Literatur.

<sup>722</sup> Vgl. oben Sulfidschmelzen; Hauptmann u. a. 1993, 559-562. bes. 560; Hess 1998, 101

<sup>723</sup> Metten 2003, 83; Hauptmann 2007b, 174. 179. 193. 248.

<sup>724</sup> Hauptmann u. a. 1993, 565f. mit Abb. 18.

<sup>725</sup> Ottaway 1994, 97f.

<sup>726</sup> Tylecote 1987, 109.

<sup>727</sup> Nach Tylecote 1987, 109-111; Ottaway 1994, 97-100; Craddock 1995, 169-174. 198-201. – Zu den Unterschieden einer schlackenlosen Tiegelverhüttung und einem schlackenbildenden Schachtofenverfahren in Bezug auf das Eisen bzw. zur Schlackenbildung siehe kurz Craddock – Giunlia-Mair 1988, 321f.

bei reduzierenden Bedingungen flüssiges Kupfer bildet, das durch eine flüssige Schlackenschicht sinkt und so vor weiteren Reaktionen geschützt wird<sup>728</sup>.

Das facettenreiche Modell des schlackenbildenden Schachtofenverfahrens für Kupfer sieht die Trennung von Metall und Gangart in flüssiger Form durch Dichteunterschiede vor. Gegebenenfalls können weitere Phasen wie Matte und Speise hinzukommen, die sich ebenfalls trennen sollten. Die Rekonstruktionen der Öfen wie auch der in ihnen ablaufenden Prozesse sind problematisch, und hier sollen, neben einigen auch für die Tiegelverhüttung interessanten Charakteristika, vor allem Schlacken als ein konstituierendes Element eines idealisierten Schachtofenverfahrens und ihre Auswirkungen auf die Erzeugung von Kupferlegierungen betrachtet werden.

Nach moderner Definition<sup>729</sup> bezeichnen (Verhüttungs-) Schlacken silikatische bzw. oxidische Schmelzen. Ihre Bildung während einer Verhüttung erfolgt aus dem Nebengestein der Erze, optional unter Zusatz von Flussmitteln. Aufgrund ihrer geringen Dichte schwimmen sie über der Metall- oder Sulfidphase. Sie können, oft als Glas, inner- wie außerhalb des Ofens erstarren und gelten als Abfallprodukte. Schlacken bzw. verschlacktes Material der frühen Verhüttung weichen davon häufig ab. Einer historischen Definition von Schlacken aus dem Goslaer Bergrecht (1360 n. Chr.)<sup>730</sup> zufolge stellen Schlacken geschmolzene Produkte dar, bei denen es sich sowohl um Abfallprodukte als auch um weiter nutzbare Zwischenprodukte mit Metallgehalten handeln kann. Schlacken, die unter den Bedingungen der frühen Metallurgie entstanden sind, entsprechen Hauptmann zufolge näherungsweise eher der historischen Definition<sup>731</sup>.

### **II.2.5.1. Komplexere Öfen und frühe Schachtöfen: Aufbau, Befuerung, Redoxbedingungen**

Aufgrund der oftmals schlechten Erhaltung überlieferter Öfen und unterschiedlicher Rekonstruktionsvorschläge sind viele Fragen offen bzw. lassen sich nicht uniform lösen<sup>732</sup>. Einen regelhaften Prozess zu beschreiben, ist bei der Unzahl von verschiedenartigen Beispielen durch Raum und Zeit schwierig, und schon ausgehend von den gleichen Funden und Befunden werden gänzlich unterschiedliche Verhüttungsmodelle rekonstruiert<sup>733</sup>. Den Prozess der Verhüttung und ebenso die Schlacke gibt es nicht (vgl. Taf. 5, 2)<sup>734</sup>. Einfache Öfen im ostmediterranen Raum etwa zeigen eine

---

<sup>728</sup> Craddock 1995, 147. 198-201; Eibner 1982, 404.

<sup>729</sup> Nach Hauptmann 2007a, 122f.

<sup>730</sup> Hauptmann 2007a, 123 mit weiterer Literatur.

<sup>731</sup> Hauptmann 2007a, 122f.

<sup>732</sup> Vgl. Tylecote 1987, 109-134. bes. 109-111; Ottaway 1994, 97-100. 141-149; Craddock 1995, 169-174. 198-201; Hauptmann 2007b, 244f.

<sup>733</sup> Vgl. Metten 2003, bes. 11-16. 69-83; Schon bei der Interpretation (früher) Schlacken: z. B. Hauptmann 2000, 102; Auch bei guter Erhaltung stellt die Rekonstruktion der Verhüttungsoperation ein Problem dar, vgl. Merkel 1990, 78-81. – Metten 2003, 5f. 11-16. 15f. 31. 35. 59f. 66-70. 73-86: Ausgehend von den gleichen Befunden werden unterschiedliche Prozesse rekonstruiert. Jedoch zeigen Neuinterpretationen wie von Metten, dass – je nach Region – selbst am Beginn der Bronzezeit Ofenbefunde teilweise (noch) fehlen und die Qualität der Schlacken nebensächlich war. So diskutiert sie für die spätbronzezeitliche Verhüttung von Acqua Fredda am Passo Redebus im Trentino (Südalpen) die Möglichkeit, dass Sulfide ausgeschmolzen wurden und verschiedene Schlackentypen (homogene Plattenschlacken, heterogene Plattenschlacken und Schlackenkuchen sowie Schlackensand aus einem Ofengang stammen könnten. Damit stellt sie auch vielstufige Modelle des Matteschmelzens zur Diskussion. In der Frühbronzezeit dieser Region fehlen Ofenbefunde, und die Qualität der Schlacken scheint nebenrangig gewesen zu sein. Die Plattenschlacken interpretiert sie als ideale Teilschmelze einer Gesamtcharge. Vielleicht sind schlackenbildende Prozesse eher ab der Mittel- bis Spätbronzezeit dieser Region zu rekonstruieren. Wann und wo die Modelle bronzezeitlicher Modelle greifen, müsste je nach Region differenziert betrachtet werden.

<sup>734</sup> Bachmann 1982, 20.

große Vielfalt und erst ab der Spätbronzezeit sollen sich mehr oder weniger regelhafte „Schachtofen“ mit Blasebälgen und Tuyères sowie die Möglichkeit des Schlackenabstiches entwickelt haben<sup>735</sup>.

Öfen, fallweise mit einem mehr oder weniger ausgeprägten Schacht, können aus unterschiedlichem Material sein und vielerlei Formen haben<sup>736</sup>. Sie können u. a. aus Steinen aufgemauert sein, in einen Hang (teilweise) eingelassen sein oder aus Lehm bestehen. Häufig waren sie wohl zumindest innen mit Lehm ausgestrichen. Sie haben eine archäologisch schwer zu fassende Anzahl von Düsen. Umstritten ist die Zugwirkung des Schachtes als Kamin. Meist wird angenommen, dass über die Düsen zusätzlich mit Blasebälgen belüftet wurde; rein induzierter Zug – insbesondere Windzug ist je nach Bauart und Lage auch möglich. Der Innenriss des Ofens kann eckig bis rund sein. Ein runder Innenraum wäre bei idealer Belüftung für die Wärmehaltung und –verteilung am besten, jedoch scheint dies bei den Bedingungen der Urgeschichte nicht unbedingt entscheidend gewesen zu sein, da selbst bei runden Öfen aufgrund unzureichender Belüftung usw. die ideale Temperaturverteilung selten erreicht wurde; möglicherweise kam die geschmolzene Charge nicht immer in Kontakt mit der Wandung<sup>737</sup>. Die Innendurchmesser von Öfen können stark variieren, nach oben sind ihnen aber aufgrund der Möglichkeiten zur Belüftung Grenzen gesetzt<sup>738</sup>. Fließschlacken aus der Bronze- und vor allem der Eisenzeit weisen darauf hin, dass man Schlacken abstechen konnte. Diese Schlacken sind auch kupferarm, stellen wahrscheinlich aber nur einen Teil der Schlacken dar. Im Ofen zurückbleibende Schlacken, sog. Ofenschlacken oder Schlackenkuchen, weisen teilweise noch hohe Kupferrestgehalte auf<sup>739</sup>. Viele Öfen zeigen zwar eine Verschlackung der Ofenwandung, diese liegt jedoch oftmals im Bereich der Düsen. Der unmittelbare Reaktionsbereich kann auch bei einem (Schacht-) Ofenverfahren örtlich beschränkt sein<sup>740</sup>. Bei „primitiven“ Anordnungen (Tiegel) ist der Reaktionsbereich oftmals sogar nur auf den Bereich der Düsen respektive des Luftstroms begrenzt, so dass die Wandung nicht unbedingt mit der verflüssigten Charge bzw. sich bildenden (flüssigen) Schlacken und Metall in Kontakt kommen muss. Dadurch werden Reaktionen mit der Wandung vermieden. Die Charge wird nicht immer vollständig umgesetzt<sup>741</sup>. Bei einem ausgesprochenen bzw. idealisierten Schachtofenverfahren, das neben der chemischen Umwandlung des Erzes auch die Trennung von Gangart und Metall in flüssigem Zustand herbeiführt, kommt es aufgrund höherer Temperaturen und größerer Mengen flüssiger Schlacken häufig zu Reaktionen mit der Ofenwandung. In regelrechten Schachtofen können höhere Temperaturen und konstantere Redoxbedingungen über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten werden. Dies wird durch die Belüftung über feuerfeste Düsen und eine kontinuierliche Beschickung mit Brennmaterial (und Verhüttungscharge) möglich. Die beständige Beschickung, zumindest bis genug Kupfer reduziert ist und als flüssiges Kupferbad vorliegt, wird durch ein optionales Abstechen der Schlacke als Fließschlacke möglich. Indem immer eine ausreichende Holzkohleabdeckung gegeben ist, können die Bedingungen konstanter gehalten werden. Zudem sinkt das reduzierte Kupfer nach unten und wird durch das flüssige Schlackenbad vor weiteren Reaktionen geschützt.

---

<sup>735</sup> Craddock 2000, 161f. Im Prinzip bespricht er den östlichen Mittelmeerraum.

<sup>736</sup> Ottaway 1994, 97-99. ferner 141-147. 192-206.

<sup>737</sup> Vgl. etwa Craddock 1995, 170f.; Metten 2003, 54-56.

<sup>738</sup> Ottaway 1994, 99; Bamberger 1985, 151.

<sup>739</sup> Bachmann 1980, 108-110; Diese werden u. a. auch als reliktsche Anteile der Gesamtcharge gesehen, die nicht die ideale Zusammensetzung zur Bildung von Plattenschlacken hatten (Metten 2003, 5. 66f. 73f. 76f.).

<sup>740</sup> Ottaway 1994, 143f.; Hauptmann 2007b, 252 mit Fig. 7.21; Vgl. (allerdings für die Eisenverhüttung) Tylecote 1987, 153 Figure 5.1-2.

<sup>741</sup> Für über Windzug betriebene Öfen siehe Hauptmann 2007b, 236-242. Für die Belüftung mit Blasrohren Hauptmann 2007b, 220.

Bei einem schlackenbildenden Verfahren sind die Temperaturen meist höher, und die Verhältnisse sind im generellen reduzierender. Für eine vollständige Verflüssigung der Charge und der möglichst vollständigen Trennung ihrer Bestandteile dürften längere Schmelzzeiten als für ein primitives Verfahren zu veranschlagen sein<sup>742</sup>. Schmelzzeiten von fünf bis zehn Stunden werden, abgeleitet von traditionellen (sub-) rezenten Verhüttungsoperationen, für prähistorische Verfahren vermutet<sup>743</sup>. Um das Potential eines Schachtofens ganz oder zumindest teilweise auszuschöpfen, müsste wie im Falle moderner Hochöfen die Schlacke und im Idealfall das Metall oder andere Phasen während des laufenden Betriebes in flüssigem Zustand abgeführt werden, damit die Prozesse nicht wegen Überfüllung zum Erliegen kommen<sup>744</sup>. Scheint ein intermittierender Schlackenabstich in einigen Fällen bei urgeschichtlichen Schachtöfen noch zumindest teil- und zeitweise möglich gewesen zu sein, war die Abführung flüssigen Kupfers wohl nahezu ausgeschlossen<sup>745</sup>. Dies dürfte unter anderem am Maßstab und am Material der Verhüttungsanlagen gelegen haben<sup>746</sup>. Aufgrund der Möglichkeiten zur Belüftung (Windzug, Blasrohr mit menschlichem Atem, Blasebalg) konnten bedingt durch die Eindringtiefe der Luft gewisse Reaktorgrößen nicht überschritten werden<sup>747</sup>. Dies führt zu einem Problem der Wärmehaltung. Ein Abstich flüssiger Schlacken und mehr noch geschmolzenen Kupfers dürfte wegen der Hitzeverluste zum Einfrieren des Ofeninhaltes geführt haben, was die Ofenprozesse zum Erliegen brächte<sup>748</sup>. Darüber hinaus dürfte das Material der urgeschichtlichen Ofenwandung der aggressiven Atmosphäre und der Hitze nur bedingt standgehalten haben<sup>749</sup>.

Eine wohl immer noch offene Frage ist, welche planokonvexen Barren (*bun shaped ingots*) primäre Produkte aus Metall sind, das sich am Ofenboden während der Verhüttung gesammelt hat, und welche sekundär in Formen gegossen wurden<sup>750</sup>. Während es mit der frühen Verhüttung in Europa wohl kaum möglich war, zusammenhängende Barren zu erzeugen, sollen ab der Frühbronzezeit planokonvexe Barren vorliegen. Diese sind entweder sehr rein oder tragen erhöhte Arsen- und/oder Antimongehalte (teilweise mit niedrigen Fe-Gehalten); Barren der späten Bronze- und frühen Eisenzeit hingegen sind deutlich unreiner, insbesondere in Bezug auf die Eisengehalte. Als mögliche Erklärungen nennt Tylecote für die frühen Barren eine effektive Raffination oder eine Verhüttung reiner Oxide ohne eisenhaltige Flussmittel. Für die späteren Barren ab der Spätbronzezeit vermutet er eine Verhüttung sulfidischer Chargen mit hohen begleitenden Eisenanteilen. Die Erzeugung von planokonvexen Barren ist nicht abschließend geklärt, ihre Entstehung in Öfen wird von Tylecote als unwahrscheinlich erachtet. Die spätbronzezeitlichen Exemplare zeigen aber Anzeichen einer langsamen Abkühlung, was

---

<sup>742</sup> Craddock – Meeks 1987, 192f.; Craddock 1995, 137; Vgl. etwa die Angaben zum Brennstoffbedarf und Arbeitszeit bei Tylecote u. a. 1977, 306f. 326. 333; Tylecote 1982, 463f. mit Figure 3; Diese sind natürlich abhängig vom Versuchsaufbau (z. B. Ofengröße) und weiteren Faktoren, und sie können nur einen ersten Eindruck von der Größenordnung vermitteln. In einen über die Dauer von insgesamt 6h vorgeheizten Ofen gaben Tylecote u. a. (1977, 307 mit Figure 3) für 1,5h Brennmaterial, Flussmittel und oxidisches Erz ein und heizten den Ofen danach noch für weitere 1,5h, damit sich das Kupfer besser von der Schlacke trennte. Sulfidische Erze wurden zusätzlich vorher für etwa 5h bei 850°C totgeröstet (vgl. Tylecote u. a. 1977, 305. 308). Vgl. dazu die Zeitdauern und den Brennmaterialbedarf bei Versuchen von Merkel (1990, bes. 84-89 [mit Tabellen]. 109-112). Meist laufen schlackenbildende Schmelzexperimente nach dem Schachtofenverfahren mehrere Stunden (Hauptmann 2000, 160).

<sup>743</sup> Craddock 1995, 147. 201.

<sup>744</sup> Ottaway 1994, 99; Tylecote 1987, 109; Craddock – Meeks 1987, 191; Craddock 1995, 146f; Vgl. dazu Tylecote 1980a, 194f.

<sup>745</sup> Tylecote 1987, 110; Craddock 1995, 202; Vgl. Merkel 1990, bes. 80f.

<sup>746</sup> Tylecote 1987, 109f.

<sup>747</sup> Ottaway 1994, 99.

<sup>748</sup> Tylecote 1987, 109f.; Ottaway 1994, 97.

<sup>749</sup> Tylecote 1987, 109; Ottaway 1994, 97; Craddock 1995, 200; Zur Auflösung der Ofenwandung bei Versuchen siehe etwa Merkel 1990, 113.

<sup>750</sup> Vgl. Ottaway 1994, 98.

wiederum zu einer Entstehung im Ofen passen würde<sup>751</sup>. Merkel erzeugte in Versuchen planokonvexe Barren als Produkt einer Raffination<sup>752</sup>. Hauptmann sieht sie in Teilen Asiens als Produkt von zusammengeschmolzenem Kupfer<sup>753</sup>.

Sind schon die Nachweise *bronzezeitlicher* Schachtöfen, ihre Rekonstruktion sowie die Rückschlüsse auf die darin ablaufenden Prozesse umstritten, trifft dies noch mehr auf frühe Öfen und ihre Verfahren zu<sup>754</sup>. Hauptmann sieht in der Levante Öfen nicht vor der dortigen Frühbronzezeit II aufkommen (ab etwa 3000 v. Chr.)<sup>755</sup>. Auch in der Ägäis und Ägypten werden erste Öfen für das 3. Jt. v. Chr. rekonstruiert. Sie alle waren wohl windbetrieben<sup>756</sup>. Für das vierte Jahrtausend v. Chr. werden Hinweise aus Arisman, Tepe Hissar und Murgul diskutiert. Frühester Nachweis von Schachtöfen mit der Möglichkeit, Schlacken abzustechen, datieren in die Spätbronze- bzw. Früheisenzeit<sup>757</sup>. Im Bereich Vorderasiens gibt es je nach Region und Deutung keine direkten Hinweise auf die Zugabe von Flussmittel vor der Mittel- oder Spätbronzezeit<sup>758</sup>. Für die uns überlieferten Fließschlacken ist dabei zu bedenken, dass sie zumindest teilweise lediglich das Produkt von sich selbst einstellenden Teilschmelzen sein können, d. h. jenen Teil der Chargen darstellen, aus dem sich Fayalit bei idealer Zusammensetzung am eutektischen Punkt bei niedrigen Temperaturen bildete. Mithin kann aus ihnen also nicht auf den Einsatz von Flussmitteln oder absichtliches Schlackenschmelzen geschlossen werden. Metallreiche Ofenschlacken und andere scheinbar unrepräsentative Zwischenprodukte könnten sich wegen einer Weiterbehandlung (erneutes Einschmelzen, Zerschlagen [Schlackensand]) der Überlieferung entziehen<sup>759</sup>. Während chalkolithische und auch frühbronzezeitliche Schlacken des Vorderen Orients und insbesondere der Levante und Anatoliens meist hohe Kupferrestgehalte aufweisen, beginnen diese mit der Frühbronzezeit II zu sinken, was mit dem Beginn einer industriellen Produktion gleichgesetzt wird<sup>760</sup>. Jedoch wurden auch noch danach Schlacken wegen ihrer Kupferrestgehalte aufgearbeitet<sup>761</sup>. Auch im Mittelalter wurden Chargen nicht immer vollständig verflüssigt, und besonders Ofenschlacken wurden zur Rückgewinnung von Kupfer und Matte aufgearbeitet und zerschlagen. Charakteristisch dafür ist „Schlackensand“<sup>762</sup>, der allerdings schwer auffindbarer ist. Nicht eutektische Ofenschlacken und eutektische Platten- oder Laufschracken können aus der gleichen Ofencharge entstehen<sup>763</sup>. Aufgrund der Übertragung moderner Konzepte einer Trennung von Schlacken und Wertträger durch Flüssig-Flüssig-Entmischung nach Dichteunterschieden erlangten eisenreiche Schlacken in der Diskussion eine überragende Bedeutung<sup>764</sup>. Insgesamt könnten aber Schmelzpunktunterschiede eine größere Bedeutung für der Gewinnung der Wertträger insbesondere auch in der frühen Kupfermetallurgie gehabt haben<sup>765</sup>.

---

<sup>751</sup> (Vgl.) Tylecote 1987, 18. 194f. mit Table 6.4.

<sup>752</sup> Merkel 1990, 117.

<sup>753</sup> Hauptmann 2000, 23.

<sup>754</sup> Siehe etwa Craddock 1995, 122-137. 142f. 146-153. 169-174.

<sup>755</sup> Hauptmann 2007b, 228-230.

<sup>756</sup> Hauptmann 2007b, 231f.

<sup>757</sup> Tylecote – Boydell 1978, 29.

<sup>758</sup> Thornton u. a. 2010, 308f.; Hauptmann 2007b, 18-27 (Mittelbronzezeit); Hauptmann u. a. 2003, 203f.

<sup>759</sup> Siehe und vgl. Hauptmann 2007a, 128; Siehe auch die Definition von Schlacke Hauptmann 2007a, 122f.

<sup>760</sup> Hauptmann u. a. 2003, 204 mit Fig. 5.

<sup>761</sup> Hauptmann u. a. 2003, 204.

<sup>762</sup> Hauptmann 2003a, 465. – Vgl. für Schlackensand urgeschichtlicher Verhüttung Goldenberg – Rieser 2004, 45-47. 49; Für Aqua Fredda im Trentino siehe Metten 2003 und Ottaway 1994, 241f.; Für Batán Grande, Peru siehe Shimada – Merkel 1991, 64.

<sup>763</sup> Hauptmann 2003a, 465f.; Hauptmann 2000, 23f.

<sup>764</sup> Hauptmann 2000, 20f. 23.

<sup>765</sup> Hauptmann 2000, 23.

### II.2.5.2. Regelhafte Eisensilikatschlacken aus der Olivin-Gruppe (Fayalit)

Selbst sorgsam angereichertem und optional durch Rösten weiter aufbereitetem Erz haftet häufig noch taubes Ganggestein an. Das dem Kupfererz anhaftende Ganggestein kann als flüssige Schlacke entfernt werden<sup>766</sup>. Zur Bildung einer flüssigen Schlacke müssen dem Erz beim Verhütten fast immer Flussmittel bzw. Zuschläge zugesetzt werden, welche die Schmelztemperatur der Schlacke herabsetzen und deren weitere Eigenschaften steuern.

Die Eigenschaften von Schlacken und die Ofenparameter ihrer Entstehung – wie Liquidustemperaturen, Dichten, Viskosität und Redoxbedingungen – werden über eine Abschätzung des Phasenbestandes durch chemische, mineralogische und weitere Analysen erschlossen<sup>767</sup>. Bildungsbedingungen und Entstehung früher Schlacken, und wie diese sich von Fayalitschlacken unterscheiden, werden später diskutiert (Kap II.2.6)<sup>768</sup>.

Zur Verschlackung des dem Kupfererz anhaftenden Ganggesteins ist die Erzeugung fayalitischer Schlacken besonders gut geeignet<sup>769</sup>. Um die Bildungsbedingungen und die Eigenschaften einer Fayalitschlacke wie niedrigen Schmelzpunkt bei gleichzeitig niedriger Viskosität und geringer Löslichkeit für Kupfer zu gewährleisten, muss man die Zusammensetzung der Charge innerhalb eines engen Bereichs halten<sup>770</sup>. Dies kann, wenn kein selbstgehendes Erz vorliegt, mit Zuschlägen geschehen. Zur Bildung von fayalitischen Schlacken sind SiO<sub>2</sub> und FeO erforderlich.

Die Art des Zuschlags hängt dabei vom Erz ab, genauer von der Art des tauben Gesteins, welches dem Wertmineral anhaftet<sup>771</sup>. Hat das taube Gestein beispielsweise hohe Siliziumdioxidanteile (SiO<sub>2</sub>) in Form von Quarz oder Sand, wie bei den meisten oxidischen Erzen, dann werden ihm entweder Eisen- oder seltener Manganoxide bei der Verhüttung zugeschlagen<sup>772</sup>. Umgekehrt herrschen bei sulfidischen Kupfererzen meist Eisenoxide als Gangmaterial vor, und man kann dementsprechend Siliziumdioxid in Form von Quarz oder Sand zugeben<sup>773</sup>. Für eine ideale Fayalitschlacke (Fayalit = Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> oder 2 Fe.SiO<sub>2</sub> ca. 50 % FeO und 30 % SiO<sub>2</sub>, „black iron silicate“: ca. 75 % FeO, „rest silica“) sollte der SiO<sub>2</sub> Gehalt bei etwa 30 Gew.% liegen (Taf. 6, 1. 2)<sup>774</sup>. Bei Kalk (CaO) oder Magnesit (MgO) als taubem Gestein müssen Eisenoxide und Siliziumdioxide zugegeben werden. Auch Retourschlacken, das sind solche aus einem früheren Ofengang, können als Flussmittel zugesetzt werden. Sog. selbstgehende Erze<sup>775</sup>, die von Natur aus eine günstige Zusammensetzung des Ganggesteins zum Verschlacken mitbringen, um ohne Zuschläge eine bei niedrigen Temperaturen flüssige Schlacke zu bilden, gibt es selten. Einige Erze haben allerdings genügend Eisen- oder Kalksilikate, um diese Eigenschaften zu zeigen: so z. B. Erze in Timna<sup>776</sup>. Im Falle von Fenan sind es vor allem Mn-reiche Erze, welche Schlacken ermöglichen, die bei

---

<sup>766</sup> Dieser Weg galt häufig gleichsam als Regelfall (vgl. etwa Ottaway 1994, 95f.).

<sup>767</sup> Bachmann 1980; Bachmann 1982; Bachmann 1978.

<sup>768</sup> Grundsätzlich werden ternäre Systeme herangezogen, um Eigenschaften und Bildungsbedingungen von Schlacken zu rekonstruieren. Dies ist bei frühen Schlacken aufgrund ihrer Inhomogenität und nicht erreichten Gleichgewichtsbedingungen nur schwer möglich (vgl. Bachmann 1980, 110; Hauptmann 2000, 19-24).

<sup>769</sup> Tylecote 1987, 293-303. bes. 293. 300.

<sup>770</sup> Craddock 1995, 137f.; Vgl. Tylecote 1987, 296-299 (Tabellen); Merkel 1990, 82f.; Hauptmann 2000, 23f. mit Abb. 6.

<sup>771</sup> Die Schlackenbildung nach Craddock – Meeks 1987, 191; Ottaway 1994, 96; Tylecote 1980a, 184. 188; Tylecote 1980b, 5; Tylecote 1987, 107f.; Craddock 1995, 146-149. – Siehe dazu auch Bachmann 2003, 28.

<sup>772</sup> Ottaway 1994, 96.

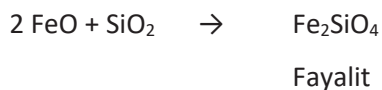
<sup>773</sup> Tylecote 1980b, 5.

<sup>774</sup> Bachmann 1982, 14; Hauptmann 2003b, 96; Tylecote u. a. 1977, 321 (ca. 50 % FeO und 30 % SiO<sub>2</sub>); Rostoker – Dvorak 1991, 9 („black iron silicate“: ca. 75 % FeO, „rest silica“).

<sup>775</sup> Bachmann 1982, 9.

<sup>776</sup> Merkel 1985, 168.

relativ niedrigen Temperaturen und über einen weiten Redoxbereich stabil und niedrigviskos sind<sup>777</sup>. Inwieweit selbstfließende Erze einen Sonderfall darstellen und etwaige frühe schlackenbildende Prozesse begünstigen, wäre eine gesonderte Frage. Jedoch lassen viele Erze Teilverflüssigungen zu. So zeigen frühe Schlacken oft, dass Teilbereiche vollständig aufgeschmolzen sind (vgl. Kap. II.2.6.5). Diese dürften die Teile der Chargen bzw. Partien der Erze darstellen, die selbstfließende Eigenschaften mitbrachten<sup>778</sup>. Auch Temperaturen um 1200 °C und eine längere Verhüttungsdauer in reduzierender Atmosphäre ( $p_{O_2} \approx 10^{-10}/10^{-13}$  bis  $10^{-8}$  atm) begünstigen die Bildung schmelzflüssiger Schlacken<sup>779</sup>. Unter diesen Bedingungen sollen Schlacken in weiten Teilen Europas und Vorderasiens ab der *Spätbronzezeit* erzeugt worden sein<sup>780</sup>. Schon bei Sauerstoffpartialdrücken über etwa  $p_{O_2} \approx 10^{-10}$  atm zerfällt Fayalit allerdings im System Fe-Si-O zu Quarz und Magnetit; dies geschieht beispielsweise bei Temperaturen von 1100 °C<sup>781</sup>. Besonders feinkörnige Erze ohne Quarz können bereits bei Temperaturen von 600-800 °C schmelzen, wenn diese eine eutektische Zusammensetzung mitbringen<sup>782</sup>. So können auch unbeabsichtigt Schlacken mit ggfs. ungünstigen Eigenschaften entstehen. Im Idealfall eines schlackenbildenden Verfahrens, wenn die Charge richtig eingestellt ist (s. o.), bilden sich als Hauptbestandteil Eisensilikate aus der Olivin-Gruppe (Taf. 6, 1. 2)<sup>783</sup>. Am besten zur Schlackenbildung sind Fayalit<sup>784</sup> ( $Fe_2SiO_4$ ) oder Zusammensetzungen geeignet, die sich diesem annähern. Fayalit entsteht, wenn Eisenoxid im System ist. Ein Teil des Eisens kann auch durch sein Isomorph Mangan ersetzt sein, was unter Umständen zu einer noch flüssigeren Schlacke führt. Mangan kann in geringen Mengen in Fayalit gelöst sein<sup>785</sup>. Schmelzpunkte von Fayalit liegen im Bereich von 1120-1179 °C<sup>786</sup>. Sein entscheidender Vorteil ist, dass er freilaufende Schlacken mit einer niedrigen Viskosität bei bereits relativ niedrigen Temperaturen im Bereich von etwa 1150-1200 °C bildet<sup>787</sup>. Darüber hinaus hat diese Art von Schlacke eine geringe Löslichkeit für Kupfer, Matte und die meisten anderen Elemente<sup>788</sup>. Diese finden sich daher als Einschlüsse in Form kleiner Tropfen oder Schlieren. Im Idealfall enthalten fayalitische Schlacken weniger als 1 % Kupfer<sup>789</sup>.



Flussmittel zur Unterstützung der Schlackenbildung können auch Elemente wie As, Pb, Sb, Co usw. in das Metall einbringen<sup>790</sup>. Auch das Material von Tiegel oder Ofenwandung, welches von der Schmelze angegriffen wird, sowie ferner das Brennmaterial können Elemente in das Metall einbringen<sup>791</sup>.

Aufgrund der höheren Dichte von Kupfer ( $8,9 \text{g/cm}^3$ ) sinkt dieses durch die Fayalitschlacke ( $3,5\text{-}4 \text{g/cm}^3$ )<sup>792</sup>. Dabei können auch Verluste von Kupfer entstehen, wenn Kupfertropfen in der Schlacke

<sup>777</sup> Ottaway 1994, 96; Craddock 1995, 129. 130; Hauptmann u. a. 1993, 569f.

<sup>778</sup> Hauptmann 2003a, 461-464.

<sup>779</sup> Zur Bildung von Fayalit Hauptmann 2000, 22. 114; Hauptmann 2007b, 162. 248.

<sup>780</sup> Hauptmann 2007b, 248.

<sup>781</sup> Hauptmann 2007b, 193 mit weiterer Literatur.

<sup>782</sup> Nach Hauptmann 2003a, 463f.

<sup>783</sup> Hauptmann 2000, 22-24 mit Abb.6.

<sup>784</sup> Hierzu Tylecote 1987, 107f. 293; Tylecote u. a. 1977, 306.

<sup>785</sup> Tylecote 1987, 293.

<sup>786</sup> Für Fayalit: Ottaway 1994, 96; Tylecote 1987, 107.

<sup>787</sup> Tylecote 1980a, 184; Tylecote u. a. 1977, 306.

<sup>788</sup> Ottaway 1994, 96; Tylecote 1987, 108. 293. 300; Tylecote u. a. 1977, 306.

<sup>789</sup> Tylecote 1987, 300; Craddock (1995, 147) nennt Kupfergehalte von 0,1 bis 1 % für Schlacken ab der Spätbronzezeit, ein Wert, der bis zur Industriellen Revolution unverändert blieb.

<sup>790</sup> Tylecote 1980a, 188.

<sup>791</sup> Tylecote 1980a, 188f.

<sup>792</sup> Ottaway 1994, 96; Tylecote 1987, 107.



zurückbleiben. Eine verbesserte, theoretisch sogar vollständige Trennung wird durch längere Schmelzzeiten erreicht. In der Schlacke verbliebenes Kupfer lässt sich aber auch durch Zerschlagen der Schlacke wiedergewinnen.

Die Verschlackung des Gangmaterials bei hohen Temperaturen und unter relativ reduzierenden Bedingungen führt meist zu einer Eisensilikatschlacke, und damit ist auch Eisen im System der Verhüttung<sup>793</sup>. Das Eisen kann vom Kupfer aufgenommen werden, während dieses durch die Schlacke hindurchfällt<sup>794</sup>. Eisen gilt daher als Indikator für die Verhüttungsmethode bzw. deren Grad an Fortschrittlichkeit<sup>795</sup>. Für Manganschlacken ist übrigens kaum mit der Aufnahme von Mangan durch das Kupfer zu rechnen; allenfalls finden sich seltene Schlackeneinschlüsse<sup>796</sup>. Im Idealfall fallen die reduzierten Kupfertropfen durch die Schlacke und sammeln sich in der Bodenregion des Reaktors. So gewonnenes Kupfer kann 2–3 % Eisen enthalten. In „heißeren“ Regionen des Reaktors zurückbleibendes Kupfer kann gar bis zu 30 % Eisen aufnehmen<sup>797</sup>. Bei Versuchen von Tylecote hatte das aus oxidischen Erzen gewonnene Rohkupfer höhere Eisengehalte als jenes aus gerösteten sulfidischen Erzen<sup>798</sup>.

Die Anwesenheit von Eisen führt zu weiteren Implikationen bei der Produktion von Legierungen. So verhält sich ein Teil der Nebenelemente ferrophil, so dass diese an Eisen verloren gehen können (s. u.). Konkrete Hinweise auf den Zusatz von Flussmitteln liegen für die chalkolithische Verhüttung nicht vor. Eisen kann als ein bestimmender Parameter für die Wahl des Verfahrens gesehen werden. Bei zu geringen Eisengehalten erfolgt kaum eine Bildung flüssiger Schlacken unter etwa 1250 °C. Ob der Wertträger aus dem Erz nach Schmelzpunktunterschieden geschmolzen oder gravitativ durch eine Flüssig-Flüssig-Entmischung verschiedener Phasen gewonnen werden kann, ist zu einem Gutteil vom Eisengehalt der Charge abhängig<sup>799</sup>.

### ***II.2.5.3. Schlacken und Eisen: ihre Bedeutung für die Erzeugung legierter Kupfer***

Für die Überführung bzw. Verteilung und den Verbleib der Nebenelemente in Kupfer sind Eisen bzw. Schlacke und die Redoxbedingungen entscheidende Faktoren<sup>800</sup>. Damit sich eine dünnflüssige, niedrignschmelzende Schlacke bildet, sind stark reduzierende Bedingungen und Eisen nahezu unbedingt erforderlich. Daher soll die Wirkung von Eisen auf die Nebenelemente betrachtet werden: Co und Mn sind ferrophil und gehen daher mit dem Eisen bevorzugt in eisenhaltige Phasen wie Schlacken über. Ni, Zn und As gehen etwa je zur Hälfte ins Kupfer und zur anderen Hälfte an Eisen bzw. an eisenhaltige Phasen<sup>801</sup>. Silber dagegen wird vom Kupfer aufgenommen<sup>802</sup>. Eisen kann also einen Teil des Nickels, Zinks und Arsens an sich binden. Dadurch können diese Elemente partiell an eisenhaltige Phasen und die Schlacke verloren gehen; bei einer späteren Weiterverarbeitung eisenhaltiger Produkte und dem Aufschmelzen bzw. der Raffination von Kupfer können weitere Verluste auftreten (Tiegelschlacke)<sup>803</sup>.

---

<sup>793</sup> Craddock 1995, 138.

<sup>794</sup> Hohe Eisengehalte in Kupfer- und Bronzeartefakten sprechen also meist für ein schlackenbildendes Verfahren in einem Schmelzofen, da Kupfer aufgrund seiner höheren Dichte durch die eisenreiche Schlacke sinkt und dabei Eisen aufnimmt (Craddock 1989, 137-140. bes. 139f.).

<sup>795</sup> Siehe etwa Craddock – Giunlia-Mair 1988, 322.

<sup>796</sup> Craddock – Giunlia-Mair 1988, 322f.

<sup>797</sup> Tylecote 1980b, 5.

<sup>798</sup> Tylecote 1980b, 7. 12 Table 5.

<sup>799</sup> Bourgarit u. a. 2003, 438.

<sup>800</sup> Tylecote u. a. 1977, 309f. 317; Tylecote 1982, 460 mit Table 2; Merkel 1990, 116.

<sup>801</sup> Tylecote u. a. 1977, bes. 310.

<sup>802</sup> Tylecote u. a. 1977, 309.

<sup>803</sup> Vgl. Tylecote u. a. 1977, 309.

Arsen liegt in der Schlacke möglicherweise als Oxid vor<sup>804</sup>; es könnte dann kaum reduzierbar sein<sup>805</sup>. Elemente wie Pb, As, Ni und Co können sich bei einem schlackenbildenden Verfahren also auf die Schlacke und das Metall aufteilen<sup>806</sup>, und somit besteht bei schlackenbildenden Verfahren von vorneherein die Gefahr von Verlusten erwünschter Nebenelemente. Sie würden somit als potentielle Legierungspartner des frühen Kupfers fortfallen. Auch die Bildung eisenhaltiger Matte und Speise kann zu Schwierigkeiten führen (Kap. II.2.4.4.3; II.2.4.4.7). Bei Versuchen von Tylecote und Kollegen zu schlackenbildender Verhüttung in einem offenen Ofen wurden etwa 50–60 % des Arsens vom Erz in das Kupfer überführt<sup>807</sup>. Der von ihnen genannte Befund bei Lorenzen mit einer Überführung von nahezu 100 % des ursprünglichen Arsens ins Kupfer ist möglicherweise auf die schlackenlose Verhüttung in einem geschlossenen Tiegel zurückzuführen<sup>808</sup>. Auch verschiedene Temperaturen und die Redoxbedingungen bei der Verhüttung dürften auf die Verteilung von volatilen Elementen Einfluss haben<sup>809</sup>.

Beim Matteschmelzen eisenhaltiger Chargen sammelt Eisen sich auch in der Sulfidphase<sup>810</sup>. Das Eisen muss dann aufwendig entfernt werden (vgl. Matteschmelzen Kap. II.2.4.4.3). Durch eine Auswahl eisenarmer Erze können bei einem schlackenlosen Verfahren eisenfreie Sulfidphasen erzeugt werden. Diese bieten auch die Möglichkeit, eisenarme bis eisenfreie Arsen-/Antimonmangellegierungen bis hin zu Speisen zu erzeugen (vgl. Moesta 2004).

Wenn Schlacken die genannten vorteilhaften Eigenschaften wie tiefer Schmelzpunkt, niedrige Viskosität und geringe Löslichkeit für Kupfer aufweisen sollen, enthalten sie meist Eisen; dieses kann in unterschiedlicher Form vorliegen<sup>811</sup>. Da das Kupfer oberhalb des Schlackenbades reduziert wird, sinkt dieses aufgrund seiner höheren Dichte durch die Schlacke. Reduzierende Bedingungen und Temperaturen, wie sie für Schlackenbildung erforderlich sind, führen zwar nicht immer zur Reduktion des Eisens in der Schlacke<sup>812</sup>, jedoch kann Kupfer dabei Eisen aufnehmen<sup>813</sup>. Eisen ist in flüssigem Kupfer relativ gut löslich, und die Löslichkeit wird sogar noch drastisch verstärkt, wenn geringe Mengen an Sulfiden anwesend sind<sup>814</sup>. Je geringer die Temperatur desto kleiner ist die Löslichkeit des Eisens in Kupfer. Ist kein Schwefel vorhanden, sind bei einer Temperatur von 1100 °C z. B. ca. 2,8% Eisen löslich, bei 1200 °C sind es schon 6 %. In festem Kupfer ist die Löslichkeit für Fe gering und kann zu Problemen bei der Kupferqualität führen<sup>815</sup>. Ein hoher Eisenanteil kann durch (über-) stark reduzierende Bedingungen begünstigt werden<sup>816</sup>. Kupfer, welches durch einen schlackenbildenden Prozess erzeugt wurde, zeichnet sich durch recht hohe Gehalte an Eisen aus, das eine der Hauptverunreinigungen darstellen kann<sup>817</sup>. In seltenen Fällen – dann wahrscheinlich intentionell – kann der Eisengehalt bis zu 40 % betragen<sup>818</sup>. Eisengehalte in dieser Größenordnung würden das Kupfer sowohl zum Guss als auch

---

<sup>804</sup> Rostoker – Dvorak 1991, 8. 13.

<sup>805</sup> Vgl. Rostoker – Dvorak 1991, 7.

<sup>806</sup> Tylecote 1980a, 189.

<sup>807</sup> Tylecote u. a. 1977, bes. 310.

<sup>808</sup> Tylecote u. a. 1977, 310; Lorenzen 1965, 32f. 35f.

<sup>809</sup> Tylecote u. a. 1977, 311; Lorenzen 1965, 35f.

<sup>810</sup> Siehe etwa Pernicka 2004, 318.

<sup>811</sup> Craddock 1995, 200f.

<sup>812</sup> Craddock 1995, 200f. 138; Vgl. Craddock 1995, 138 mit Craddock – Meeks 1987, 192.

<sup>813</sup> Craddock 1995, 200. 137f. mit Fig. 4.6; Lorenzen 1965, 37.

<sup>814</sup> Craddock – Meeks 1987, 192 mit Figure 2. 198; Craddock 1995, 138. Siehe dagegen Tylecote u. a. 1977, 309.

<sup>815</sup> Tylecote u. a. 1977, 309; Craddock – Meeks 1987, 188. 192.

<sup>816</sup> Craddock – Meeks 1987, 201; Zu den Bildungsbedingungen von Fe im Vergleich zu windbetriebenen Öfen und Schachtöfen siehe Hauptmann 2007b, 232f. mit Fig. 7.10.

<sup>817</sup> Tylecote – Boydell 1978, 45.

<sup>818</sup> Craddock – Meeks 1987, 193-202.

zum Schmieden nahezu unbrauchbar machen<sup>819</sup>. In der Regel belaufen die Eisengehalte sich auf einige Prozent. Tatsächlich liegen die Eisengehalte von Kupferobjekten, die einer schlackenbildenden Verhüttungstechnologie zugeordnet werden, mit 0,1 bis 1,0 Prozent wesentlich niedriger. Craddock und Meeks schließen unter anderem aus Verhüttungsexperimenten – und dies „weltweit“, dass Eisengehalte von um 0,05 % (0,03 %<sup>820</sup>) in Kupfer auf ein schlackenloses Verfahren und Gehalte von 0,3 % und mehr auf ein schlackenbildendes Verfahren hinweisen (s. auch Raffination Kap. II.2.4.4.4)<sup>821</sup>. Unter Bezug auf diese Ergebnisse führt Pernicka niedrige Eisengehalte auf die Verhüttung reiner Erze bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen und schwach reduzierender Atmosphäre zurück<sup>822</sup>. Diese Ergebnisse können aber immer nur als Trends bei größeren Gruppen von Metallgegenständen festgemacht werden und einen Hinweis auf eine Techniktradition geben. Die Eisengehalte können dabei stark schwanken, und einzelne Objekte können deutlich aus dem Rahmen fallen<sup>823</sup>. Diese Trends allerdings stehen im Einklang mit archäologischen Hinterlassenschaften zur Verhüttung bzw. dem Fehlen von Schlacken der frühen Verhüttung<sup>824</sup>. In einigen Regionen sind die Veränderungen beim Eisengehalt, woraus auch ein Wechsel der Verhüttungstechnik abgeleitet wird, mit dem Beginn des 3. Jt. v. Chr. zu beobachten. Die Entwicklungen verlaufen jedoch regional unterschiedlich<sup>825</sup>. Eisengehalte im Bereich von 0,X % sind dabei teilweise mutmaßlich schon das Ergebnis von Raffinationseffekten. Diese können bereits beim Aufschmelzen zum Guss zum Tragen kommen. Beim Schmelzen von Kupfer mit Eisengehalten zwischen 1 und 2 % in offenen Tiegeln lässt sich, teilweise durch Zugabe von Quarz, der Eisengehalt leicht auf 0,5 % senken<sup>826</sup>. Durch Aufblasen von Luft auf das flüssige Kupferbad konnten die Gehalte sogar bis auf 0,014 % gesenkt werden<sup>827</sup>. Wie das Eisen in Kupfer vorliegt, ist nicht immer klar: Schlacke, Oxid, Sulfid oder Metall (vgl. oben)<sup>828</sup>. Pernicka konstatiert am Beispiel Fenans,

---

<sup>819</sup> Craddock – Meeks 1987, 188. 192.

<sup>820</sup> Craddock 1995, 139.

<sup>821</sup> Craddock – Meeks 1987, 187-191 mit Table 1; bes. 190. 193. 202; Craddock 1995, 137-140. – Dazu am Beispiel von Kupfer aus Fenan (mit einer Korrelation der Änderungen in der Schmelztechnik) Hauptmann 2007b, 199-211. bes. 207-211.

<sup>822</sup> Pernicka 2004, 318.

<sup>823</sup> Craddock 1995, 139; Craddock – Meeks 1987, 189; Craddock – Giumlia-Mair 1988, 322.

<sup>824</sup> Craddock – Meeks 1987, 189f. 193.

<sup>825</sup> Craddock – Meeks 1987, bes. 187f. mit Table 1; 190.

<sup>826</sup> Mit weiterer Literatur Craddock – Meeks 1987, 187-202. bes. 192; Vgl. Craddock 1995, 137-142. bes. 139; Craddock – Gale 1988, 179-180; Der Eisengehalt von Kupfer/Bronze kann durch ein Läuterungsverfahren leicht auf einen Wert von 0,5 % gesenkt werden (siehe hierzu Craddock – Gale 1988, 179). Dabei bleibt in der Regel jedoch ein Eisengehalt zurück, der höher ist, als derjenige von durch einfache Verhüttungsmethoden gewonnenem Kupfer. Der Anfangsgehalt an Eisen in durch schlackenbildende Prozesse gewonnenem Kupfer/Bronze liegt in der Regel zwischen 1 % und 10 %, kann aber bis 50 % erreichen (Craddock – Gale 1988, 179). Bronzen aus dem Mittelmeerraum, welche mit schlackenbildenden Verfahren in Verbindung gebracht werden, haben durchschnittliche Eisengehalte von 0,2 %-0,5 % (Craddock – Gale 1988, 179). Es bleibt aber festzuhalten, dass die Bronzen der Frühbronzezeit Zentraleuropas einen niedrigen Eisengehalt haben, während an den zeitgleichen Verhüttungsplätzen Schlackenfunde auftreten (Craddock – Gale 1988, 181). Zu Schlacken und der Deutung von Ofenprozessen s. aber Metten 2003. In gediegen Kupfer liegt der durchschnittliche Eisengehalt bei 0,097 %, der bekannte Maximalwert bei 9,1 % oder 5 % (siehe Rapp 1988, 23. 24 Table 2.2); Zum Eisengehalt beim Matteschmelzen und den Zusammenhang zwischen Verhüttungstechnik und Eisengehalt des gewonnenen Kupfers siehe auch Rostoker u. a. 1989, 83-85. Niedrige Eisengehalte können also ein Indiz für eine Verhüttung sein, bei der geschmolzenes Kupfer nicht mit metallischem Eisen in Verbindung kommt, entweder weil die Verhüttung schlackenlos blieb, oder aber die Bedingungen im Ofen bei schlackenbildenden Verfahren gerade ausreichten, um Kupferoxide zu Kupfer zu reduzieren, nicht aber Eisenoxide zu Eisen (Craddock – Gale 1988, 179).

<sup>827</sup> Mit weiterer Literatur Craddock – Meeks 1987, 192.

<sup>828</sup> Tylecote u. a. 1977, 327-330. bes. 328. – Vgl. dazu Cooke – Aschenbrenner 1975, bes. 264f.: Das Eisen kann je nach Atmosphäre und Ausgangerz als Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (Magnetit), FeO (Wüstit), Eisen- oder Kupfereisensulfid oder metallisches Eisen vorliegen.

dass Eisen in chalkolithischen Kupfertropfen (*prills*) immer in oxidischer Form (Magnetit oder eisenreiche Schlacke) vorliegt, während es in eisenzeitlichem Kupfer hauptsächlich in metallischer Form enthalten ist<sup>829</sup>. Dies wird damit begründet, dass unter immer stärker reduzierenden Bedingungen verhüttet wurde<sup>830</sup>. Insbesondere in der Reaktionszone entwickelter Öfen können zeitweise ausreichende Bedingungen vorgelegen haben, um Eisen zum Metall zu reduzieren<sup>831</sup>. So besteht auch nach Rehder in einem Schachtofen ob der hohen Temperaturen und stärker reduzierenden Bedingungen die Möglichkeit, dass bei einer falschen Prozessführung Eisen reduziert wird und ins Kupfer gelangt<sup>832</sup>. Bei einem Prozess auf den Grundlagen der Tiegelverhüttung ist dies auszuschließen<sup>833</sup>.

Der Einfluss von Erzauswahl (und Technik) auf die Eisengehalte von Kupfer ist nicht völlig geklärt<sup>834</sup>. Pernicka führt drei unterschiedliche Positionen zu dieser Frage an<sup>835</sup>: Nach Friedman und Kollegen ließe der Eisengehalt des Kupfers eine Ableitung des Ausgangsmaterials zu. Er steige von gediegen Kupfer über oxidische Erze hin zu sulfidischen Erzen. Craddock und Meeks stellen einen Anstieg des Eisengehalts im Zeitverlauf fest, ohne die Erzbasis zu präzisieren. Ergebnisse von Tylecote u. a. aus Verhüttungsversuchen wiederum fasst Pernicka dahingehend zusammen, dass Kupfer aus der Verhüttung oxidischer Erze (mit eisenhaltigen Schlacken) höhere Eisengehalte als solche aus sulfidischen Erzen aufweisen. Für die Frühbronzezeit Mitteleuropas ist ein Wandel in der Zusammensetzung der Kupfer festzustellen. Dieser wird mit einem Wechsel der Erzbasis von oxidischen hin zu sulfidischen Erzen, in diesem Fall Fahlerzen, in Verbindung gesetzt<sup>836</sup>. Die Ergebnisse von Analysen frühbronzezeitlicher Artefakte aus Ostdeutschland zeigen in der Hälfte der Fälle einen Eisengehalt unter der Nachweisgrenze von 0,03 %<sup>837</sup>. Die Fahlerzkupfer Europas zeigen häufiger hohe Legierungsgehalte und niedrige Eisengehalte (vgl. Europa Kap. IV.1.3). Dies ist vermutlich mit einem Ausschmelzen der Wertträger aus einem Schlackengerüst nach Schmelzpunktunterschieden zu erklären<sup>838</sup>. Damit können auch Abscheidungsvorgänge von Speisen aus eisenarmen Sulfidphasen einhergehen (vgl. Kap. II.2.4.4.7; Moesta 2004). Dagegen haben frühbronzezeitliche Kupfer des Vorderen Orients und Mesopotamiens (*Middle East/Mesopotamia*) immer über der Nachweisgrenze liegende Eisengehalte, die bis einige Prozent betragen können<sup>839</sup>. Das Kupfer soll aus oxidischen Lagerstättenzonen stammen, die in ariden Gebieten mächtig ausgebildet sind<sup>840</sup>. Dies könnte im Einklang mit den Ergebnissen von Tylecote und Kollegen stehen. Aber auch die Verhüttungsmethode, in diesem Fall schlackenbildende Verfahren, könnte für die Eisengehalte verantwortlich sein<sup>841</sup>. Eine genauere Überprüfung, die auch einer chronologischen Auswertung bedürfte, ist für die Zukunft wünschenswert. Teilweise zeichnet man auch sulfidische Kupfererze wegen ihrer Vergesellschaftung mit Eisen<sup>842</sup> für die steigenden Eisengehalte späterer Kupferobjekte verantwortlich.

---

<sup>829</sup> Mit weiterer Literatur Pernicka 1999, 166; Pernicka 2004, 318; Siehe auch Hauptmann 2007b, 207-211; Vgl. Craddock 1995, 137-140. bes. 137.

<sup>830</sup> Pernicka 2004, 318.

<sup>831</sup> Craddock – Meeks 1987, 200f.

<sup>832</sup> Rehder 1994, 346; Siehe auch Cooke – Aschenbrenner 1975, bes. 253.

<sup>833</sup> Vgl. Hauptmann 2007b, 232f. mit Fig. 7.10.

<sup>834</sup> Vgl. dazu auch Cooke – Aschenbrenner 1975, 265.

<sup>835</sup> Pernicka 2004, 318; Vgl. Tylecote u. a. 1977, bes. 309. 327.

<sup>836</sup> Pernicka 2004, 318.

<sup>837</sup> Pernicka 2004, 318.

<sup>838</sup> Vgl. Metten 2003, 5f. 11-16. 15f. 31. 35. 59f. 66-70. 73-86.

<sup>839</sup> Pernicka 2004, 318. 320 Fig. 10.

<sup>840</sup> Pernicka 2004, 318.

<sup>841</sup> Vgl. Craddock 1995, 137-140. 146-149. bes. 146.

<sup>842</sup> Tylecote 1980b, 5.

Flüssige Schlacke aus Eisensilikaten vom Fayalittypus bildet sich nur, wenn Eisen im System der Verhüttung ist. Dies bringt eine Reihe von Nachteilen mit sich, wenn man vom Ziel einer Herstellung von Kupferlegierungen mit As, Sb und Ni ausgeht. Schon bei der Verhüttung kann ein Verlust von Nebenelementen in die Schlacken auftreten. Durch die Anwesenheit von Eisen können sich weitere Nachteile oder Verluste bei verschiedenen Prozessen ergeben, die zur Entstehung legierten Kupfers führen. Kupfer aus schlackenbildenden Verfahren können erhöhte Eisengehalte aufweisen, wobei Kupfer mit 0, X % möglicherweise schon Ergebnis einer Raffination sind. Eine Senkung der Eisengehalte von Kupfer unter ca. 0,5 % könnte nicht mehr angestrebt worden sein, da niedrigere Gehalte die Eigenschaften des Kupfers wohl nicht mehr maßgeblich beeinflussen<sup>843</sup>. Um derartig niedrige Eisengehalte zu erreichen, dürfte Kupfer aus schlackenbildenden Verfahren häufig geläutert worden sein, wobei tendenziell As und Sb verloren gehen. Bei einer Zulegierung von Zinn ist dies durchaus hinnehmbar. Frühe Artefakte enthalten in der Tendenz wenig Eisen und große Mengen an Nebenelementen (As, Sb, ...), die gesuchte Legierungspartner dargestellt haben könnten. Dies deckt sich mit der Zusammensetzung von Kupfern aus einem schlackenlosen Verfahren (und dabei evtl. weiterer Verfahrensstränge, s. Speisen Kap. II.2.4.4.7). Die Herkunft der Nebenelemente wird in den zur Verhüttung gebrachten Erzen gesucht. Um die Eisengehalte von Kupfern aus schlackenbildenden Verfahren auf vergleichbar niedrige Werte abzusenken, wäre eine so intensive Raffination erforderlich, dass wegen der hohen Verluste die Arsen- und Antimongehalte der Artefakte kaum noch zu erklären wären. Niedrige Eisengehalte, insbesondere wenn sie mit hohen Gehalten an weiteren Nebenelementen (wie As und Sb) einhergehen (vgl. Kap. IV), legen also einen speziell daran angepassten Verhüttungsansatz im Rahmen der *chaîne opératoire* nahe.

#### **II.2.5.4. Aufkommen von Öfen und schlackenbildenden Verfahren**

Nach Untersuchungen von Bourgarit sind für weite Teile des Untersuchungsgebiets dieser Arbeit vor dem 3. Jt. v. Chr. Funde von Tuyères und Blasrohrdüsen selten. Neben Öfen mit natürlichem Windzug bleibt damit alleine die Nutzung organischer Blasrohre als Erklärung, teilweise mit tönernen Blasrohrdüsen. Mit Blasrohren ist eine Belüftung von oben verbunden<sup>844</sup>. Als Funde sind hier tönerner Blasrohrdüsen aus Alişar Höyük, Brixlegg, Hacinebi und Hamoukar sowie ein mögliches Tuyèrefragment aus Abu Matar anzuführen (vgl. Kap. IV). Der chalkolithische Fund- und Befundbestand erlaubt es nicht, eine Entwicklung von Reaktorsystem und Belüftung in Bezug auf die Schlackenbildung zu erschließen<sup>845</sup>. Bourgarit bemerkt weiter, dass von wenigen Ausnahmen abgesehen die Verhüttungsreaktoren des Chalkolithikums aus nur mäßig refraktärem keramischem Material (Feuerfestmaterial) bestehen<sup>846</sup>. Es bietet sich also im Hinblick auf die Belüftung von oben und die kaum feuerfesten Reaktionsgefäße ein schlackenloses Verfahren geradezu an. Zusammen mit dem Umstand, dass eine Zugabe von Flussmitteln im Chalkolithikum bis auf wenige und teils umstrittene Fälle nicht sicher belegt ist<sup>847</sup>, deutet dies darauf hin, dass ein Erreichen von flüssigen Schlacken nicht erwünscht war. Teilverflüssigungen können allerdings bereits früh zu Fayalitschlacken geführt haben. Fayalit ist im Chalkolithikum zwar an einigen Fundorten nachgewiesen, dabei aber meist nur akzessorisch<sup>848</sup>. Die regelhafte Bildung flüssiger Schlacken scheint nicht verfolgt worden zu

<sup>843</sup> Craddock – Meeks 1987, 192; Cooke – Aschenbrenner 1975, 266.

<sup>844</sup> Bourgarit 2007, bes. 7.

<sup>845</sup> Bourgarit 2007, 7.

<sup>846</sup> Bourgarit 2007, 8.

<sup>847</sup> Bourgarit 2007, 5-7 mit Figure 2. 3.

<sup>848</sup> Dazu Hauptmann 2000, 114f.; Vgl. Bourgarit 2007, 4 Table 1; Ryndina u. a. 1999, 1065; Vgl. dazu vor dem Hintergrund der Problematik um Tiegelschlacken, die der Verhüttung entstammen können: Hauptmann 2007b, 157.

sein. Mögliche Vorteile schlackenloser Verfahren, auch für die Erzielung von Kupferlegierungen, sollten vor diesem Hintergrund davon Abstand nehmen lassen, die chalkolithische Verhüttung einzig unter dem Gesichtspunkt der schlechten Beherrschung der Schlackenbildung zu beurteilen und Schlacken als zwingenden Endpunkt aller Entwicklung zu sehen<sup>849</sup>. Insgesamt zeigen die spärlichen Hinweise auf Belüftung, das wenig feuerfeste Material und das geringe Aufkommen von fayalitischen Schlacken, dass komplexere Öfen vor dem 3. Jt. v. Chr. kaum in Gebrauch waren. Vielmehr deutet die Befundlage auf eine schlackenlose Verhüttung hin.

Während in der zweiten Hälfte bzw. bis gegen Ende des 4. Jt. v. Chr. in Anatolien wahrscheinlich weiterhin in Tiegeln verhüttet wurde (Arslantepe, Nevali Çori), wird für die Levante, die Ägäis und Ägypten anhand der überlieferten Schlackenmengen ab der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. vereinzelt eine Verhüttung in einfachen, windbetriebenen Öfen angenommen. Dennoch wurden Chargen kaum vollständig umgesetzt, und *prills* bleiben in verschlacktem Material zurück (Windofen in Tell Hujayrat al-Ghuzlan, Aqaba)<sup>850</sup>. Die ältesten Exemplare von Windöfen sind wohl nicht weit vor dem 3. Jt. v. Chr. nachgewiesen. Auf dem Sinai werden erste Windöfen für die späte Frühbronzezeit Ib um etwa 3200/3100 v. Chr. konstatiert<sup>851</sup>. In Fenan werden Windöfen in die Frühbronzezeit II-IV datiert<sup>852</sup>. Für Arisman und Tepe Sialk könnte sich ein schlackenbildender Prozess noch im 4. Jt. v. Chr. belegen lassen<sup>853</sup>. In der Ägäis könnten sich erste Öfen, auch sie sind wohl windbetrieben, nach der Wende vom 4. zum 3. Jt. v. Chr. fassen lassen<sup>854</sup>. Einschlüsse von *prills* in Schlacken und ihre Gewinnung durch eine mechanische Aufbereitung sind auch noch im 3. Jt. v. Chr. und danach ein sozusagen weltweit häufig zu beobachtendes Phänomen<sup>855</sup>. Der Zeitpunkt, ab dem intentionell Flussmittel zugesetzt werden, könnte mit dem Auftreten der *enormen* Schlackenhalde am Übergang von Spätbronze- zu Früheisenzeit (Übergang 2. zum 1. Jt. v. Chr.) in der Alten Welt festzustellen sein<sup>856</sup>. Eine Entwicklung von Verfahren in einfachen Öfen beginnt also erst an der Wende vom 4. zum 3. Jt. v. Chr., wobei anfangs noch keine regelhaften vollständig verflüssigte Schlacken erzielt wurden. Weitere technologische Veränderungen vollziehen wohl erst ein Jahrtausend später.

Allein wegen des großen Zeit- und Brennstoffbedarfs für ein schlackenbildendes Verfahren könnten die zunächst hohen Kupferverluste früher Verhüttung hinnehmbar gewesen sein, zumal das Kupfer rückgewonnen werden konnte. Da bei der chalkolithischen Verhüttung die Kupferrestgehalte häufig als diskrete und eisenarme Kupfereinschlüsse (*prills*, Kupfertropfen)<sup>857</sup> vorliegen, ergibt sich als weiterer Vorteil die Möglichkeit, leicht portionier- und schmelzbares „Gussgranulat“ und gleichzeitig auch direkt legiertes Kupfer zu erhalten. Die *prills* konnten nämlich nach Güte bzw. Legierungsgrad verlesen werden. Da die *prills* bereits eisenarm waren, konnte auf eine Raffination verzichtet werden. Bei der frühen Verhüttung können verschiedene Prozesse zu Anreicherung von Nebenelementen führen. Diesen Prozessen gemein ist, dass sie sich mit den geringen Eisengehalten früher Kupferartefakte in Einklang bringen lassen. Ein Teil dieser Prozesse wiederum funktioniert besonders gut bei geringen Eisengehalten.

---

<sup>849</sup> Vgl. Bourgarit 2007, 10f.

<sup>850</sup> Hauptmann 2007b, 228-231.

<sup>851</sup> Pfeiffer 2013, 99f. 129.

<sup>852</sup> Hauptmann 2007b, 228f.

<sup>853</sup> Hauptmann 2007b, 232.

<sup>854</sup> Hauptmann 2007, 231.

<sup>855</sup> Hauptmann 2007b, 240. 245f.

<sup>856</sup> Hauptmann 2007b, 249-251.

<sup>857</sup> Vgl. Tylecote 1987, 18. 20. 195.

## II.2.6. Frühe Schlacken und die Tiegelmetallurgie

Auch bei niedrigeren Temperaturen und schwächer reduzierenden Bedingungen, wie sie für die Zeit der frühen Metallurgie zu rekonstruieren sind, können sich Schlacken bilden. Ist schon die Interpretation bronzezeitlicher Schlacken mit Problemen behaftet, ergeben sich noch größere Schwierigkeiten bei der Deutung früher Schlacken<sup>858</sup>. Diese haben eine andere Pauschalzusammensetzung und einen anderen Phasenbestand als „bronzezeitliche“ Schlacken (Taf. 7, 1. 2; 8, 1. 2; 9, 1)<sup>859</sup>. Dass sich bei der chalkolithischen Verhüttung Schlacken bilden, ließe sich durch eine „ungünstige“ Zusammensetzung der Gangart, möglichst niedrige Temperaturen, kurze Feuerungszeiten und eher schwach reduzierende Bedingungen unterdrücken.

Die Seltenheit früher Schlacken im archäologischen Fundbild lässt sich unterschiedlich erklären (vgl. Taf. 8, 2; 9, 1). In der Zusammenschau wird vage ein Bild offenbar, das für eine „schlackenlose“ Metallurgie spricht<sup>860</sup>: Speziell für die früheste Metallgewinnung wurden die Erze wohl derart aufbereitet und verlesen, dass nur hochreine Erz(bestandteil)e zur Verhüttung kamen und keine Schlacken entstanden<sup>861</sup>. Bei einer „fortschrittlicheren“ frühen Verhüttung entstandene Schlacken – eine Anreicherung auf hohe Kupfergehalte vor der Verhüttung wird auch hier vermutet – könnten sich dem Fundbild entziehen, da diese aufgrund hoher Metallrestgehalte mechanisch oder pyrotechnisch wieder aufgearbeitet wurden<sup>862</sup>. Die hohen Kupferrestgehalte werden häufig als Folge unzureichender Prozessbedingungen gesehen; eine Zugabe von Flussmitteln lässt sich nicht stringent belegen<sup>863</sup>. Beim Verhütten können sich aus eutektischen Zusammensetzungen der Charge aber Teilverflüssigungen bilden. Diese niedrigschmelzenden Bestandteile der Chargen sollten bei einer weiteren pyrotechnischen Aufarbeitung, d. h. beim erneuten Einschmelzen, kupferarme, gut durchhomogenisierte Schlacken bilden. Solche Funde fehlen nahezu. Die überlieferten frühen Schlacken aber haben aufgrund ihrer Zusammensetzung keine günstigen Eigenschaften wie niedrigen Schmelzpunkt und geringe Löslichkeit für Kupfer; außerdem sind diese oftmals zerbrochen. Die geringen Mengen überhaupt überlieferter Schlacken und weitere Überlegungen im Folgenden sprechen dafür, dass es sich nur um Teilverflüssigungen nahe ideal zusammengesetzter Anteile der Chargen handelt. Und diese enthalten oft andere Phasen wie CuO, die zum Teil die Schmelzpunkte senken, aber eigentlich den Wertträger darstellen. Eine Schlackenbildung war wohl nicht beabsichtigt. Insgesamt sind frühe Schlacken also nur selten angefallen, und eine mechanische Aufarbeitung ist zu vermuten<sup>864</sup>. Dadurch wird es erschwert, den Maßstab der frühen Verhüttung zu erschließen.

Dass frühe Schlacken fehlen, weil sie (in späterer Zeit) wegen ihrer Metallrestgehalte aufgearbeitet worden sein sollen, kann in quellenkritischer Hinsicht kaum mit den Thesen von der Haushaltsmetallurgie innerhalb von Siedlungen – die gute Überlieferungsbedingungen bieten – in Einklang gebracht werden<sup>865</sup>. Vielfach stammen Funde früher Schlacken oder besser verschlackten Materials aus Siedlungsschichten<sup>866</sup>, die gute Sedimentfallen darstellen, und in denen die Schlacken vor der Nachwelt verborgen blieben. Deshalb sollten sie in dieser Hinsicht repräsentativ sein, wenn

---

<sup>858</sup> Killick 2005, 488.

<sup>859</sup> Siehe etwa Bourgarit 2007, 4 Table 1; 6 Fig. 2. 3 (mit Abbildungsunterschriften).

<sup>860</sup> Für folgende Überlegungen siehe Craddock (2000) den Artikel „Chalcolithic Copper Smelting“ von Bourgarit (2007, bes. 5), der die wesentlichen Forschungsmeinungen zur extraktiven chalkolithischen Metallurgie bzw. den Schlacken zusammen.

<sup>861</sup> Zusammenfassend Bourgarit 2007, 3. 5.

<sup>862</sup> Bourgarit 2007, 5.

<sup>863</sup> Bourgarit 2007, 5-7 mit Figures 2-3; Hauptmann 2007b, 249-251.

<sup>864</sup> Siehe und vgl. Bourgarit 2007, 5; Hauptmann 2007a, 128f.

<sup>865</sup> Vgl. Hauptmann 2007b, 217.

<sup>866</sup> Vgl. zur Fundherkunft etwa Bourgarit 4 Table 1.

man von einer zeitgleichen Aufarbeitung absehen kann<sup>867</sup>. (Persönlich möchte ich davon ausgehen, dass zahlreiche frühe Verhüttungsplätze außerhalb von Siedlungen ihrer Entdeckung harren<sup>868</sup>). Dass (frühe) Schlacken häufig aus Siedlungszusammenhängen stammen, könnte aber auch mit der Forschungsstrategie zusammenhängen<sup>869</sup>. Der metallurgische Charakter früher Schlacken bleibt häufig unerkannt, und die Auffindung früher Schlacken überhaupt ist oftmals durch die Grabungstechnik wie beispielsweise den Einsatz des Siebens bedingt<sup>870</sup>.

Im Folgenden werden allgemeine Charakteristika chalkolithischer Schlacken besprochen. Obwohl diese von Fundort zu Fundort und je nach Zeitstellung variieren, können einige Charakteristika herausgestellt werden. Die Darstellung folgt Hauptmann, der Eigenschaften, Chemismus, Ausbildung und Entstehung früher Schlacken vor allem am Beispiel Fenan (Wadi Fidan 4, Mitte 4. Jt. v. Chr.) grundlegend herausgearbeitet hat<sup>871</sup>.

### ***II.2.6.1. Grundlegendes zur Interpretation***

Frühe Schlacken – meist entstammen sie wohl einer Verhüttung nach den Prinzipien eines Tiegelverfahrens<sup>872</sup> – können aufgrund ihrer Seltenheit und Inhomogenität nur schwer charakterisiert werden (vgl. Taf. 9, 1)<sup>873</sup>. In ihrer Bildung und ihren Eigenschaften unterscheiden sie sich von regelhaften fayalitischen Schlacken (Lauf- und Plattenschlacken), wie sie ab der Bronzezeit und/oder Eisenzeit vorliegen<sup>874</sup>. Das frühe verschlackte Material bietet aber auch die Möglichkeit, die (schlackenlose) Verhüttung in Tiegeln oder einfachen Grubenöfen besser zu verstehen. Tiegelschlacken wurden häufig lediglich als Hinweis auf das Aufschmelzen oder die Raffination von Kupfer gewertet. Jedoch liefern unreaktierte Erzrelikte einen deutlichen Hinweis darauf, dass die Tiegelschlacken teilweise auch aus einer Verhüttung stammen<sup>875</sup>. Aufgrund ihrer Inhomogenität ist eine Interpretation früher Schlackenphasen mithilfe von Gleichgewichtsphasendiagrammen, wie sie

---

<sup>867</sup> Vgl. dagegen die räumlich vom Ort der Verhüttung getrennten Gruben von Roque-Fenestre mit mechanisch aufgearbeiteten Schlackenresten (Bourgarit 2007, 5).

<sup>868</sup> Ebenso Helwing 2012, 213: Für den Kaukasus beispielsweise erwartet Helwing die Auffindung zahlreicher Werkplätze der Kupfermetallurgie. Für das Fehlen macht sie den Forschungsstand verantwortlich. Im Gebiet von Arisman (Iran) wurden durch einen Survey Schmelzplätze ohne direktes Siedlungsumfeld entdeckt; mit Çamlıbel Tarlası (Türkei) fand sich ein ebensolcher Verhüttungsplatz. Gründe für das seltene Auffinden solch spezieller Werkplätze sind in der Ausrichtung der Forschung etwa auf Siedlungen sowie in Sedimentationsprozessen und in der Abdeckung durch Vegetation zu suchen.

<sup>869</sup> (Vgl.) Hauptmann 2008, 131.

<sup>870</sup> Glumac – Todd 1991b, 9. 16.

<sup>871</sup> Hauptmann 2000, 101-140; Hauptmann 2007b, 157-215. bes. 158 (dort zur „Vergleichbarkeit“ mit anderen chalkolithischen Schlacken); Hauptmann 2003b; Siehe auch Hauptmann 2003a.

<sup>872</sup> Hauptmann 2007b, 217f.; Es gibt zahlreiche frühe Tiegelfunde (etwa Hauptmann 2007b, 217f.), doch lassen sich auch andere Reaktoren wie Grubenöfen nicht ausschließen. Hauptmann spricht auch von „bislang nicht fassbaren Reaktionsgefäßen“ (Hauptmann 2007a, 123). Andererseits konstatiert er: „Nach dem archäologischen Befund sind Erze in dieser Zeit in kleinen Reaktionsgefäßen geschmolzen worden.“ (Hauptmann 2007a, 123); Auch die Schlackengrößen lassen Tiegel oder kleine (mit Lehm ausgekleidete) Grubenöfen wahrscheinlich erscheinen (Schreiner u. a. 2003, 493). Tiegel sollen bis zum Beginn der FBZ (I) auch für die Verhüttung genutzt worden sein (Hauptmann 2000, 101; Hauptmann 2007b, 157). Neben einfachen Öfen, die durch natürlichen Windzug betrieben wurden, dürfte die Belüftung vor allem von oben mittels Blasrohren erfolgt sein (Bourgarit 2007, bes. 7f.). Wie bereits dargelegt spricht dies für eine Verhüttung ohne regelhafte Schlacken (Kap. II.2.5.3; II.2.5.4).

<sup>873</sup> Hauptmann 2007b, 157f. 159. 163; Hauptmann 2000, 19-24.

<sup>874</sup> Hauptmann 2007b, 157. 250; Für die alpine Bronzezeit und eine neue Deutung siehe Metten 2003, 5. 15f. 66f. 73f. 76f.

<sup>875</sup> Hauptmann 2007b, 158f.



für spätere Schlacken verwendet werden, schwierig<sup>876</sup>. Meist wird aus der Zusammensetzung von Schlacken auf ihr Schmelzverhalten, die Temperatur bei ihrer Entstehung und die Redoxbedingungen geschlossen, woraus die verwendete Technologie abgeleitet wird<sup>877</sup>. Eisen wird dabei lediglich unter dem Aspekt betrachtet, ob die Schlackenbildung beherrscht wurde. Die Auswirkungen von Eisen, Schlacken und Verhüttungsmethode auf die Nebenelemente werden jedoch vernachlässigt. Frühe Schlacken für sich alleine erlauben es zunächst aber kaum, die Verhüttungsmethode und ihre Auswirkungen auf die Nebenelemente zu erschließen. Erst im Vergleich mit eisenhaltigen Fayalitschlacken werden die Vorteile früher Schlacken bzw. die einer schlackenlosen Verhüttung für die Legierungserzeugung deutlich (Abscheidung eisenarmer Speisen, etc.). Zur Interpretation früher Schlacken untersucht man ehemals aufgeschmolzene Teilbereiche chemisch; außerdem betrachtet man ihr Gefüge, den mineralogischen Phasenbestand und auch die weitgehend unveränderten Chargenrelikte<sup>878</sup>. Chemische Pauschalanalysen sind meist nur von weitgehend homogenisierten Teilbereichen möglich, die gleichzeitig jenen Teil der Charge darstellen können, der die Fähigkeit zur Schmelzbildung mitbrachte. Sie können allerdings dabei helfen, ihren Chemismus und ihre Bildungsbedingungen während der Verhüttung wenigstens teilweise zu verstehen<sup>879</sup>.

### ***II.2.6.2. Phasenbestände, Liquidustemperaturen und Redoxverhältnisse***

Die Zusammensetzung der Phasenbestände von Schlacken hängt zum einen von der Zusammensetzung der Charge ab<sup>880</sup>. Daneben können Schlacken von ähnlicher Pauschalzusammensetzung (aus ähnlichen Chargen) jedoch auch sehr unterschiedliche Phasenbestände aufweisen. Entwicklung und Ausbildung der Phasen sind nämlich auch abhängig von Zeitdauer, Temperatur und Redoxbedingungen, d. h. der Zusammensetzung der Gasatmosphäre, die mit dem Sauerstoffpartialdruck ( $p_{O_2}$ ) beschrieben wird (vgl. Taf. 10, 1), und damit letztlich auch gewissermaßen vom Ziel der Operationen<sup>881</sup>. Betroffen sind insbesondere die Ausbildung von Phasen mit Elementen, die vergleichsweise leicht mit Sauerstoff reagieren, wie Fe- und/oder Cu-haltige Phasen, d. h. besonders Fayalit, Magnetit, Hämatit, Wüstit, Delafossit, Eisen, Cuprit, Kupfer<sup>882</sup>. Dabei werden die Bildungsbedingungen, d. h. Sauerstoffpartialdrücke ( $p_{O_2}$ ) und Temperaturen ( $T$ ), der einzelnen Phasen anhand von  $p_{O_2}/T$ -Diagrammen von bekannten Systemen wie Fe-Si-O, Cu-Fe-O und Cu-O usw. abgeleitet<sup>883</sup>. Dazu eignen sich besonders Schlacken, die hauptsächlich aus  $SiO_2$ , CaO und FeO zusammengesetzt sind und v. a. aus Fayalit oder Klinopyroxen als silikatische Phasen bestehen. Dabei können bei Mehrstoffsystemen die Schlacken trotz unterschiedlicher Zusammensetzung auf ihre

---

<sup>876</sup> Zu Einschränkungen der Aussagemöglichkeiten Hauptmann 2000, 105; Allgemein zu Methoden und Interpretationen siehe das Kapitel „6. Untersuchungen von archäometallurgischen Schlacken und Metall“ (Hauptmann 2000, 101-140) respektive Chapter „6 Study of Archaeometallurgical Slag and Metal“ (Hauptmann 2007b, 157-215); Siehe auch Hauptmann 2008, 131-135 mit weiterer Literatur.

<sup>877</sup> Craddock 1995, 137-143.

<sup>878</sup> Hauptmann 2001, 105; Hauptmann 2000, 102; Hauptmann 2007b, 159. Eine Beschreibung des makroskopischen Aufbaus ist aufschlussreich. Vgl. dazu im Hinblick auf die Viskosität Schreiner u. a. 2003, 494 nach einer persönlichen Mitteilung von Rehren.

<sup>879</sup> Die ehemals aufgeschmolzenen Bereiche der Schlacke – da sie unzersetzte Anteile einschließt auch als Matrix bezeichnet – sind nicht immer vollständig homogenisiert und können unterschiedliche Zusammensetzungen und Phasenbestände aufweisen (Hauptmann 2007a, 125). Vgl. dagegen Hauptmann u. a. 2003, 533. Zu Pauschalanalysen von Schlacken von Fenan siehe etwa: Hauptmann 2000, 103-105; Hauptmann 2007b, 160-163. 348-353 mit Table A.4. und ferner Table A.5.

<sup>880</sup> Hauptmann 2000, 102-105; Hauptmann 2007b, 160-163; Hess 1998, 86-88.

<sup>881</sup> Hauptmann 2000, 103f.; Hauptmann 2007b, 161f.; Hess 1998, 86-93.

<sup>882</sup> Siehe mit weiterer Literatur: Hauptmann u. a. 1993, 563; Hauptmann 2007a, 129; Hauptmann 2000, 147; Schreiner u. a. 2003, 494 mit Fig. 4.; Hess 1998, 86-90.

<sup>883</sup> Hauptmann 2000, 21f.

Hauptkomponenten reduziert werden, weil sich einzelne Komponenten wegen ihrer kristallchemischen Eigenschaften bei der Betrachtung austauschen lassen<sup>884</sup>. Damit man das Verhalten insbesondere in bekannten ternären Systemen betrachten bzw. deren Bildungsbedingungen ableiten kann, werden so etwa eventuelle Gehalte an MgO und MnO dem FeO zugerechnet, Na<sub>2</sub>O und K<sub>2</sub>O zu CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zu SiO<sub>2</sub><sup>885</sup>. So werden etwa Schlacken, die hauptsächlich aus SiO<sub>2</sub>, Fe-Oxiden und CaO bestehen, im ternären System CaO-FeO-SiO<sub>2</sub> betrachtet (vgl. Taf. 7, 2)<sup>886</sup>. Für Schlacken, die hauptsächlich aus SiO<sub>2</sub>, CaO und MgO aufgebaut werden, kann das ternäre System CaO-MgO-SiO<sub>2</sub> herangezogen werden<sup>887</sup>. Dies geschieht teilweise unter Abzug von Cu-Oxidgehalten, wie dies etwa auch bei der Beschreibung der fließfähigen Matrix gemacht wird (s. u.)<sup>888</sup>. Die Gesamteisengehalte können in u. a. als Fayalit (Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>), Wüstit (FeO) und Magnetit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) vorliegen, werden aber häufig lediglich als Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oder FeO angegeben<sup>889</sup>. Bei der Vielzahl der möglichen beteiligten Elemente kann das Schmelzverhalten indes nur grob abgeschätzt werden, und die Rekonstruktion der Verhüttungsbedingungen ist schwierig. Um Rückschlüsse auf die Verhüttung zu ziehen, müssen Teilbereiche ehemaliger Schmelzen und einzelner Schlackenphasen analysiert werden; auch Gefüge und mineralogischer Phasenbestand müssen untersucht werden<sup>890</sup>. Oft zeigt sich, dass bei frühen Schlacken die Zusammensetzungen in reinen Systemen hochschmelzend wären; Anteile an anderen Elementen und Oxiden jedoch können die Schmelztemperaturen mitunter stark senken<sup>891</sup>. Insgesamt haben sich die Teilverflüssigungen, die sich in frühen Schlacken zeigen, aus partiellen Mikrogleichgewichten eutektischer Zusammensetzung gebildet<sup>892</sup>. Verflüssigungen bei ungünstiger Zusammensetzung werden u. a. erst durch höhere Temperaturen möglich<sup>893</sup>. Der Rest der Charge bleibt als Restite weitgehend unverändert zurück (s. u.)<sup>894</sup>.

### ***II.2.6.3. Charakteristika und Entstehung früher Schlacken***

Tiegel- bzw. auch Grubenofenschlacken<sup>895</sup> – gleich ob aus einem Weiterverarbeitungsprozess wie Raffination, Umschmelzen usw. oder einer Verhüttung stammend – können aus Alkali-Aluminium-Silikaten bestehen<sup>896</sup>. Diese können sich bilden, wenn Metall-/Oxidschmelze, Tiegelwandung, Fe-Gehalte (in Kupfer, Flussmitteln oder Gangart), Holzkohleasche und silikatische Gangart miteinander

<sup>884</sup> Hauptmann 2000, 103-105 mit Abb. 74; Hauptmann 2007b, 160-162 mit Fig. 6.2.

<sup>885</sup> Hauptmann 2007a, 125; Schreiner u. a. 2003, 491. 493; Tylecote 1987, 295; Zu ternären Systemen siehe Bachmann 1980, 120-130; Bachmann 1982, 10-13.

<sup>886</sup> Mit weiterer Literatur Hauptmann 2000, 21f. 103f.; Hauptmann 2007b, 160f.

<sup>887</sup> Mit weiterer Literatur Hauptmann 2000, 104f.; Hauptmann 2007b, 162f.

<sup>888</sup> Für die eben genannten beiden ternären Systeme hat Hauptmann durch Abzug der Cu-Oxidgehalte, die als Cu<sub>2</sub>O berechnet wurden, die frühen Schlacken von Fenan in zwei Gruppen geschieden: Silikatschlacken mit wechselnden Fe-Oxidgehalten und CaO-MgO-reiche Silikatschlacken (Hauptmann 2000, 103; Hauptmann 2007b, 160).

<sup>889</sup> Tylecote 1987, 300.

<sup>890</sup> Vgl. Hauptmann 2000, 103-104. 105; Hauptmann 2007b, 161f. 163. Auch einzelne Phasen erlauben kaum eine Abschätzung von Redoxbedingungen und Temperaturen. Vgl. z. B. Hauptmann 2000, 105. 110f.; Hauptmann 2007b, 163. 169f.

<sup>891</sup> Hauptmann 2000, 103-105; Hauptmann 2007b, 161-163; Vgl. Schreiner u. a. 2003, 491. 493.

<sup>892</sup> Hauptmann 2000, 23f.; Hauptmann 2007b, 189. 251-253; Hauptmann 2003a, 461-364; Vgl. dazu auch die Frage nach dem Zusatz von Flussmittel Hauptmann 2007b, 249-251.

<sup>893</sup> Hauptmann 2007a, 126.

<sup>894</sup> Hauptmann 2000, 106-109; Hauptmann 2007b, 164-169.

<sup>895</sup> Zur Definition und zu Kriterien von Tiegelschlacken siehe Hauptmann 2000, 101; Hauptmann 2007b, 157f.; Vgl. dazu etwa Bachmann 1980, 108. 116f.; Bachmann 1982, 9. 16.

<sup>896</sup> Hauptmann 2000, 101; Hauptmann 2007b, 157.

reagieren<sup>897</sup>. Nach Hauptmann sind die (Tiegel-) Schlacken durch ein hohes  $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)/(\text{FeO}+\text{MnO})$ -Verhältnis sowie durch Cu-bzw.  $\text{Cu}_2\text{O}$ -Gehalte charakterisiert<sup>898</sup>. Letztere bedeuten teilweise hohe Kupferverluste, die höher als bei Fließschlacken aus einem Schachtofenprozess sind<sup>899</sup>. (Verhüttungs-) Schlacken des 5. bis 4. und auch noch 3. Jt. v. Chr. aus Europa und Vorderasien enthalten Kupferrestgehalte von 10 bis 50 % als metallisches Cu, Cuprit ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), Cu-Sulfid und Delafossit ( $\text{CuFeO}_2$ ); außerdem enthalten sie Silikate (im Falle von Blei als Bleisilikate), in die evtl. untergeordnet auch Kupferverluste auftreten können (Taf. 7, 1; 8, 1)<sup>900</sup>. Schlacken ab dem Übergang zum 3. Jt. v. Chr. enthalten in der Tendenz weniger Kupfer, Kupferoxide und -sulfide, sind aber auch sonst anderer Zusammensetzung. Ihre Zusammensetzungen nähern sich fayalitischen Eisensilikatschlacken an und rühren möglicherweise von einem Prozess her, der anders optimiert war<sup>901</sup>. Die Hauptkomponenten vieler früher Schlacken zeigen oftmals, dass diese weit von einer eutektischen Zusammensetzung entfernt sind, d. h. einer Mischung, die bei niedrigen Temperaturen zu schmelzen vermag (Taf. 7, 2). Einige Ausnahmen wie die Schlacken von Norşuntepe, Shiqmim, Tell Abu Matar und Murgul sind zu nennen; sie haben in Teilen ideale eutektische Zusammensetzungen erreicht<sup>902</sup>. Trotzdem bleibt als Hauptnachteil früher Schlacken zunächst die schlechte Trennung von Kupfer und Schlacken festzustellen<sup>903</sup>.

Häufig wiederkehrende und geographisch wie zeitlich weit verbreitete Merkmale früher Schlacken sind ihr heterogener Aufbau und ihre unterschiedliche Zusammensetzung. Meist sind sie sehr kleinteilig und weisen aufgrund von Teilaufschmelzungen glasige und poröse Partien auf; ihr Gewicht liegt meist nur im zweistelligen Grammbereich (Taf. 4, 1. 2; 9, 1)<sup>904</sup>. Auch finden sich pro Fundlage – wenn überhaupt – meist nur Gesamtmengen zwischen einigen hundert Gramm und wenigen Kilogramm<sup>905</sup>. Die Schlacken sollten oftmals besser als verschlacktes Erz angesprochen werden, bzw. die Übergänge sind fließend<sup>906</sup>, da häufig nämlich weder die Temperaturen, Erhitzungszeiten und Redoxbedingungen<sup>907</sup> noch die Zusammensetzung der Charge<sup>908</sup> für eine vollständige Verflüssigung ausreichen; anders als bei den später üblichen Silikatschmelzen mit Fayalitphasen wurde wahrscheinlich ein völlig anderer Schmelzansatz verfolgt<sup>909</sup>. Oftmals sind nur Teilbereiche der Schlacken vollständig aufgeschmolzen und weitgehend homogenisiert<sup>910</sup>. Wenn man von der Prämisse

---

<sup>897</sup> Siehe hierzu Hauptmann 2000, 101; Hauptmann 2007b, 157; Tylecote 1987, 321.

<sup>898</sup> Hauptmann 2000, 101; Hauptmann 2007b, 157.

<sup>899</sup> Vgl. Hauptmann 2000, 101-103; Siehe auch Hauptmann 2000, 103 Abb. 73; Hauptmann 2007b, 157.

<sup>900</sup> Hauptmann 2007a, 123. 124 Abb. 5; Hauptmann 2008, 134; Hauptmann 2003a, 460; Schreiner u. a. 2003, 490; Hess 1998, 116; Schlacken aus Fenan sogar Cu-Gehalte, berechnet als Oxid, von 13-60 Gew.%  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Cu-Sulfidgehalte wurden nicht bestimmt bzw. als  $\text{Cu}^{\pm 0}$  berechnet. (Hauptmann 2000, 102-106 mit Abb. 73. 74; 112. 118 Abb. 88; Hauptmann 2007b, 159-161 mit Fig. 6.1. 6.2.). Für Schlacken aus weiten Teilen des Untersuchungsgebietes dieser Arbeit siehe Bourgarit 2007, 6 Figure 2.

<sup>901</sup> Hauptmann 2000, 102f. bes. 103 Abb. 73. 104 Abb. 74; Hauptmann 2007b, 159-161 mit Fig. 6.1. und Fig. 6.2.

<sup>902</sup> Hauptmann 2007b, 161; Hauptmann 2000, 103; Bourgarit 2007, 3-6. bes. 4 Table 1; 5.

<sup>903</sup> Hauptmann 2000, 102.

<sup>904</sup> Hauptmann 2000, 101f.; Hauptmann 2007b, 157f.; Hauptmann 2007a, 123; Schreiner u. a. 2003, 489. 494. Bourgarit 2007, 4 Table 1. Dagegen erwähnt Bourgarit ausdrücklich die größeren Schlacken von Murgul, Cabezo Juré und Milland (Bourgarit 2007, 5). Die Schlacken von Murgul fallen auch aufgrund ihrer niedrigen Kupfergehalte auf (Hauptmann 2000, 103; Hauptmann 2007b, 160); Für ein Schlibbild und einen Eindruck von frühen Schlacken siehe Bartelheim u. a. 2002, 43 Abb. 11; 44 Abb. 12.

<sup>905</sup> Hauptmann 2003a, 459; Bourgarit 2007, 4 Table 1; Schreiner u. a. 2003, 489.

<sup>906</sup> Siehe Hauptmann 2000, 102; Hauptmann 2007b, 158f.; Schreiner u. a. 2003, 494.

<sup>907</sup> Hauptmann 2000, 106. 110. Hauptmann 2007b, 164. 170.

<sup>908</sup> Hauptmann 2000, 105f.; Hauptmann 2007b, 164.

<sup>909</sup> Hauptmann 2003a; Hauptmann 2007a.

<sup>910</sup> Hauptmann 2000, 105f.; Hauptmann 2007b, 163f.

einer schlackenlosen Verhüttung ausgeht, die nach Schmelzpunktunterschieden den Wertträger gewinnt, stellt sich die Frage, ob sich dafür eine Idealgröße des zur Verhüttung gebrachten Erzes erschließen lässt. Denn es muss ein Mittelweg zwischen Reduzier- und Ausschmelzbarkeit, refraktären Eigenschaften, Größe und Inhomogenität des Erzes gefunden werden, der bei den erreichbaren Temperaturen, Redoxbedingungen und Schmelzzeiten funktioniert.

Einige der Prozesse, die zu legiertem Kupfer führen können, profitieren von eisenarmen Zusammensetzungen (vgl. Kap. II.2.4.4.7; II.2.6.6). Frühe Schlacken sind oftmals aufgrund der niedrigen Eisengehalte weit weg von idealen eutektischen Zusammensetzungen. Durch die eher oxidierenden Bedingungen während der Verhüttung kann ein weiterer Faktor zum Tragen kommen: Die Menge an verfügbarem zweiwertigem Eisen, welche zur Bildung von Fayalit führen kann, ist in frühen Schlacken vielfach deutlich geringer als ausgewiesen, da es als Magnetit vorliegt<sup>911</sup>. Teils hohe Eisengehalte von Kupfertropfen in frühen Schlacken führt Bourgarit auf lokale Variationen im Redoxpotential und mangelnde Gleichgewichtszustände (*non-equilibrium conditions*) zurück<sup>912</sup>. Weiter müsste untersucht werden, inwiefern die relativ stabile Verbindung Magnetit Eisen weiteren Prozessen entzieht (vgl. unten Fließfähige Matrix Kap. II.2.6.5)<sup>913</sup>. Die Redoxbedingungen und Temperaturen, die für frühe Prozesse erschlossen werden, reichen aus, um Kupfer zu reduzieren, während Eisen als Magnetit vorliegt<sup>914</sup>. Insgesamt niedrige Eisengehalte der Chargen und eher oxidierende Bedingungen können die häufig beobachtbaren niedrigen Eisengehalte von Kupfern, insbesondere von höher legierten Kupfern, erklären. Einen Beleg dafür bietet beispielsweise die Verhüttung extrem eisenarmer Erzzusammensetzungen mit dolomitischer Gangart in Brixlegg, wodurch Restite vorliegen<sup>915</sup>.

#### **II.2.6.4. Restite**

Frühe Schlacken bestehen häufig zu einem großen Teil aus hochrefraktären, unaufgeschmolzenen Chargenrelikten unterschiedlicher Zusammensetzung<sup>916</sup>. Bei diesen handelt es sich oft um quarzreiche Erzreste und Gangmaterial. Dies wird damit begründet, dass eine Zugabe von Flussmittel zur Schmelzbildung ebenso wie eine Kristallisation aus der Schmelze (vgl. bes. die Diskussion von *free silica slags*<sup>917</sup>) überwiegend unwahrscheinlich sind<sup>918</sup>. Wollte man etwa, um den SiO<sub>2</sub>-Gehalt zu erhöhen, Quarz als Flussmittel zusetzen, wäre feinkörniges Material wie Sand wohl am besten, da dieses sich schneller auflösen, i.e. reagieren würde. Dies ist am Aufbau des unzersetzten Materials aber nicht zu

---

<sup>911</sup> Bourgarit 2007, 6 Figure 3 (Abbildungsunterschrift). 8f.

<sup>912</sup> Bourgarit 2007, 9.

<sup>913</sup> Hauptmann 2000, 109 mit Abb. 78; Hauptmann 2007b, 169: Eisenreiche Silikatschmelzen mit FeO und anderen typischen zweiwertigen Oxiden (CaO, MgO, MnO), haben insbesondere bei schwach reduzierenden Bedingungen aufgrund der höheren Liquidus-/Solidustemperaturen kaum die Fähigkeit zur Schmelzbildung mit SiO<sub>2</sub>; Bourgarit 2007, 6 Figure 3 (Abbildungsunterschrift); Hauptmann 2000, 101-115. bes. 111; Hauptmann 2007b, 156; Hess 1998, 80.

<sup>914</sup> Am Beispiel der Bedingungen, die für Schlacken vom Tepe Sialk rekonstruiert werden, siehe Schreiner u. a. 2003, 494 mit Fig. 4.

<sup>915</sup> Bartelheim u. a. 2002, 48; Vgl. Hauptmann 2000, 112-114; Hauptmann 2007b, 167f.; Schreiner u. a. 2003, 491.

<sup>916</sup> Mit weiterer Literatur Hauptmann 2000, 106-109; Hauptmann 2007b, 164-169.

<sup>917</sup> Dazu mit weiterer Literatur Hauptmann 2000, 108f.; Hauptmann 2007b, 167-169; Hess 1998, 98. Die Bezeichnung *free silica slags* impliziert eine Kristallisation von Cristobalit/Tridymit aus SiO<sub>2</sub>-Überschussphasen. Dies ist nicht der Fall. Anhand des Erscheinungsbildes kann auch eine Zugabe, um die Schmelze einzufrieren oder das Absaugern von (Metall-) Phasen zu ermöglichen, zwar nicht gänzlich ausgeschlossen werden, aber doch unwahrscheinlich gemacht werden. Es dürfte sich um Erzrelikte aus der Charge handeln.

<sup>918</sup> Zu einer Argumentation siehe etwa Hauptmann 2007a, 123.; Am Beispiel von Schlacken aus Tepe Sialk: Schreiner u. a. 2003, 493; Hauptmann 2000, 108f.; Hauptmann 2007b, 167-169.

erkennen<sup>919</sup>. Eine homogene Schmelzbildung wird für spätere Epochen als wichtiges Ziel angesehen und daher häufig auch auf die frühe und früheste Metallurgie übertragen<sup>920</sup>. Statt zur Schmelzbildung könnte die Zugabe von Quarz (SiO<sub>2</sub>) allerdings auch umgekehrt dazu dienen, eine flüssige Schlacke zu verhindern bzw. „abzukühlen“ (vgl. wiederum die Debatte um *free silicia slags*)<sup>921</sup>. Flüssige Schlacken lassen sich aber besser vermeiden, indem man von vorneherein ein nicht zu fein aufbereitetes eisenarmes Erz mit refraktärem Ganggestein unter eher oxidierende Bedingungen verhüttet (siehe im Folgenden)<sup>922</sup>.

Hochrefraktäre Relikte, auch als Restite oder Resister bezeichnet, bilden häufig einen Hauptbestandteil früher Schlacken und bestehen – in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Charge – oftmals zu einem großen Teil aus eher groben Gesteinsbruchstücken wie Quarz (SiO<sub>2</sub>), Feldspat ([Ba,Ca,Na,K,NH<sub>4</sub>][Al,Fe<sup>3+</sup>,B,Si]<sub>4</sub>O<sub>8</sub>) sowie Eisenoxiden und auch Baryt (Ba[SO<sub>4</sub>]), Chromit (Fe<sup>2+</sup>Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) oder Periklas (MgO)<sup>923</sup>. Auch bei einem Teil der Restite fanden oberflächlich bzw. partiell Umwandlungen durch thermische und chemische Einwirkungen statt. An Quarzen etwa kann sich oberflächlich, aber auch in die Tiefe entlang von Rissen gehend, teilweise Cristobalit und/oder Tridymit teils mit Gehalten an Na<sub>2</sub>O und K<sub>2</sub>O bilden (Quarz, Cristobalit, Tridymit: SiO<sub>2</sub>). Diese geschieht beispielsweise bei Festkörperreaktionen durch Alkalien, z. B. in Fe-Ca-Al-reichen Teilschmelzen, was bei Schlacken aus Fenan nachgewiesen wurde<sup>924</sup>. Diese Umwandlungen betreffen eher feinkörniges Material wie Sandstein, weniger grobe Quarzstücke<sup>925</sup>. Auch wenn es wahrscheinlich nicht das Ziel der Operationen war, so können unabsichtlich zahlreiche Bestandteile der Charge zur Absenkung der Liquidustemperaturen und damit zur Verschlackung von SiO<sub>2</sub> führen (s. Fließfähige Matrix).

#### **II.2.6.5. Fließfähige Matrix**

Die ehemals geschmolzenen Teilbereiche früher Schlacken umschließen als Matrix die weitgehend unzersetzten Chargenrelikte, was den Schlacken ein brekziöses Gefüge verleiht (Die Ausführungen hier beziehen sich v. a. auf Schlacken aus Wadi Fidan 4/Fenan.)<sup>926</sup>. Die Teilschmelzen bilden sich in Bereichen eutektischer Zusammensetzung. Sie sind bei den frühen Schlacken entweder selten fayalitisch oder häufiger glasig und mit hohen Anteilen an höherwertigen Oxiden (häufig Spinelle wie Magnetit) und Klinopyroxen. Denn aufgrund der relativ niedrigen Temperaturen, kurzen Reaktionsdauern, schwach reduzierenden bis oxidierenden Bedingungen und der ungünstigen Chargezusammensetzung kommt es bei der chalkolithischen Verhüttung selten zur Bildung von Fe-Silikaten wie Fayalit<sup>927</sup>. An die Stelle der Fe-Silikate können aber verschiedene andere Schlackenphasen

---

<sup>919</sup> Hauptmann 2000, 106-109; Hauptmann 2007b, 164-169. bes. 164; Siehe hierzu bei Schlacken aus Tepe Sialk: Schreiner u. a. 2003, 493; Dagegen zeigt eine Schlacke aus Tepe Hissar (Iran) aus der Frühbronzezeit (ca. 2400 v. Chr.), die teilweise auch aus unzersetzten Gesteins- und Quarzbruchstücken besteht, dass eine Aufbereitung des Erzes auf Korngrößen von wenigen Millimetern erfolgte. Die Schlacke ist besser durchreagiert. Die Chargenrelikte stecken nämlich in einer fayalitischen Matrix eines zweiten Abstichs, der einen vorhergehenden überlagert. Der erste Abstich ist eine weitgehend homogene Fayalitschlacke (Hauptmann 2007a, 127 Abb. 8 [Abbildungsunterschrift]).

<sup>920</sup> Vgl. hierzu etwa die Annahmen von Schreiner u. a. 2003, 491; Bourgarit 2007, bes. 5.

<sup>921</sup> Hauptmann 2007b, 168f.

<sup>922</sup> (Vgl.) Hauptmann 2000, 108f. mit Abb. 78.; Hauptmann 2007b, 164. 168f. mit Fig. 6.6.; Vgl. Hess 1998, 86-88 mit Abb. 45. 46; 98.

<sup>923</sup> Hauptmann 2007a, 123.

<sup>924</sup> Hauptmann 2000, 106. 108. 109f.; Hauptmann 2007b, 164. 167f. 169f. Vgl. dazu etwa Hess 1998, 70.

<sup>925</sup> Hauptmann 2000, 110; Hauptmann 2007b, 170.

<sup>926</sup> Hauptmann 2007b, 164. 170

<sup>927</sup> Hauptmann 2000, 101-115. bes. 111; Hauptmann 2007b, 156; Hess 1998, 80.

treten<sup>928</sup>. Die Zusammensetzungen hängen dabei von der Pauschalzusammensetzung sowie dem Oxidations- und Aufschmelzungsgrad ab. Die Übergänge können fließend sein (Taf. 10, 1)<sup>929</sup>. Am Beispiel von Schlacken aus Fenan unterscheidet Hauptmann für das Chalkolithikum zwei unterschiedliche Schlackengruppen (unter Abzug der als  $\text{Cu}_2\text{O}$  berechneten Kupferrestgehalte<sup>930</sup>), die sich aus hochprozentigen sekundären Kupfererzen zweier unterschiedlicher geologischer Formationen herleiten; die Erze bringen dabei unterschiedliche Gangart mit: eisenreiche Sandsteine aus der Formation der Massigen Braunen Sandsteine (Massive Brown Sandstone [MBS]) und dolomitische Nebengestein ( $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ ) aus der Dolomit-Kalk-Tonsteinfolge (Dolomite-Limestone-Shale Unit [DLS])<sup>931</sup>. Hauptmann arbeitet anhand des Materials aus Fenan Charakteristika früher Schlacken allgemein heraus. Daraus rekonstruiert er die frühe Verhüttungstechnik<sup>932</sup>. Aufbauend auf diesen Ergebnissen sollen hier Eigenschaften früher Schlacken auch dazu herangezogen werden, die chalkolithischen Methoden zur Legierungserzeugung zu identifizieren. Zunächst sollen die Kennzeichen der fließfähigen Matrix früher Schlacken besprochen werden.

Schlacken, deren Pauschalzusammensetzung reich an Fe-Oxid,  $\text{SiO}_2$  und CaO ist<sup>933</sup>, haben hauptsächlich folgende ehemals fließfähigen Schlackenphasen:  $\text{SiO}_2$  (Oxid), Klinopyroxen (z.B. eisenreicher Diopsid),  $\text{SiO}_2$ -reiche Gläser (und eher selten und meist untergeordnet auch Olivine wie Fayalit<sup>934</sup>) als silikatische Phasen. Dazu kommen höherwertige Cu/Fe-Oxide (meist Spinelle) wie Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), Delafossit ( $\text{Cu}^+\text{Fe}^{3+}\text{O}_2$ ), Cuprospinell ( $\approx \text{Cu}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$ ) und hohe Anteile an Cuprit ( $\text{Cu}_2\text{O}$ )<sup>935</sup>.

Anders als bei eisenreichen Zusammensetzungen, haben Schlacken, die reich an MgO,  $\text{SiO}_2$  und CaO sind (teils mit untergeordneten Gehalten an  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{P}_2\text{O}_5$ )<sup>936</sup>, wie sie sich etwa aus Dolomit ( $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ ) und Quarz als Nebengestein ableiten lassen, hauptsächlich folgende Phasen<sup>937</sup>: Gläser, (Klino-) Pyroxen wie Diopsid ( $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ ), Merwinit ( $\text{Ca}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8$ ), Åkermantit ( $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$ ) und Melilit(h) als silikatische Phasen. Dazu kommen wiederum hohe Anteile an Cuprit. Bei einer Zusammensetzung mit nur 10–15 %  $\text{SiO}_2$  wäre ein Dolomit nach einer Kalzinierung eigentlich hochrefraktär und würde im reinen System erst bei mehr als 2000 °C schmelzen<sup>938</sup>. Wenn ausreichend hohe Gehalte an  $\text{SiO}_2$  von 40–60 % vorliegen, können die Liquidustemperaturen schon bei etwa

---

<sup>928</sup> Am Beispiel von Schlacken aus Fenan siehe für eine Auflistung: Hauptmann 2000, 106 Tab. 10; Hauptmann 2007b, 165 Table 6.1.

<sup>929</sup> Hauptmann 2000, 111. 146 Abb. 125; Hauptmann 2007b, 170. 226 Fig. 7.8.

<sup>930</sup> Hauptmann 2007b, 159f.

<sup>931</sup> Hauptmann 2003b, 96f.; Hauptmann 2000, 102.

<sup>932</sup> Vgl. dazu Hauptmanns Feststellung, dass er die Schlacken von Wadi Fidan 4 als exemplarisch für zumindest die frühe Metallurgie des Fenangebietes darstellen will (Hauptmann 2007b, 158; Hauptmann 2000, 112); Vgl. dazu auch Hauptmann u. a. 1993, 554-556: Schlacken solcher Art sind für die frühe Metallurgie bis an die Wende vom 4. zum 3. Jt. v. Chr. typisch.

<sup>933</sup> Hauptmann 2000, 101. 104. 112; Vgl. Hauptmann 2000, 146 Abb. 125; Hauptmann 2007b, 157f. 160-162. 170-174. 223-228; Die Kupferoxidgehalte ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) wurden zu dieser Betrachtung von Hauptmann abgezogen. Sie tragen aber im Falle von Fenan zwischen 13–60 Gew.% der Schlacke (Hauptmann 2000, 102; Hauptmann 2007b, 159) und vermögen die Liquidustemperatur enorm zu senken (Hauptmann 2000, 103; Hauptmann 2007b, 162 und s. u.).

<sup>934</sup> Fayalit wurde nicht in Schlacken des 4. Jt. v. Chr. von Fenan nachgewiesen, teils aber in solchen beispielsweise vom Norşuntepe und von Murgul (Hauptmann 2003b, 97. 177f. 248). Häufiger anzutreffen ist es in Schlacken ab der Mitte des 4. Jt. v. Chr. aus Fundorten wie Arslantepe, Çayönü Tepesi, Nevalı Çori (Hauptmann 2007b, 248).

<sup>935</sup> Hauptmann 2007b, 170.

<sup>936</sup> Hauptmann 2003b, 96; Hauptmann 2007b, 160. 162f. 174-177.

<sup>937</sup> Hauptmann 2000, 113; Hauptmann 2007b, 163; Hauptmann 2003b, 96f.

<sup>938</sup> Hauptmann 2007b, 162; Hauptmann 2000, 105.

1400 °C liegen<sup>939</sup>. Aber auch Gehalte an anderen Elementen können die Schmelztemperaturen erniedrigen (vgl. oben)<sup>940</sup>.

In ihrer Zusammensetzung ähneln frühe Schlacken aufgrund ihrer Hauptbestandteile idealen eisenreichen Silikatschlacken nur wenig (vgl. Taf. 7, 1. 2; 8, 1). In reinen Systemen und unter den vorherrschenden Redoxbedingungen lägen sie eher in einem hochschmelzenden Bereich von 1600 °C und mehr<sup>941</sup>. Jedoch vermögen viele Bestandteile der Charge wie etwa Cu<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, andere Alkalioxide, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, PbO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe-Oxide, BaO und Pb teilweise bereits in geringen Mengen die Liquidustemperaturen, insbesondere in Teilbereichen der Schmelze, bisweilen drastisch abzusenken<sup>942</sup>: Erste Teilverflüssigungen können bereits bei 600–800 °C stattfinden. Weiter liegt beispielsweise ein eutektischer Schmelzpunkt im System Cu<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> mit 8 Gew.% Cu<sub>2</sub>O bei 1060 °C. Zur Errechnung der Liquidustemperaturen müssten deshalb auch kupferhaltige Phasen wie Cu<sub>2</sub>O und CuO in die Berechnung miteinbezogen werden<sup>943</sup>.

Aus späterer Zeit sind Mn-reiche Silikatschlacken bekannt, die CaO und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> enthalten und bereits bei Temperaturen um 1100 °C niedrigviskos sein können. Sie sind über einen größeren Redoxbereich als Eisensilikatschlacken stabil. Belegt sind sie in Fenan ab der Frühbronzezeit II-IV (ab etwa 3000 bis 2000 v. Chr.)<sup>944</sup>. Es gibt Überlegungen, ob Mn-reiche Zusammensetzungen einen Entwicklungsschritt in der schlackenbildenden Metallurgie darstellen<sup>945</sup>.

Kennzeichnend für chalkolithische Schlacken – oder verschlacktes Material – sind Phasenbestände, die sich aufgrund ungünstiger Zusammensetzung der Charge aus (Teil-) Schmelzen bei relativ niedrigen Temperaturen und eher schwach reduzierenden Bedingungen gebildet haben<sup>946</sup>. Eisensilikate wie Fayalit finden sich nur selten. Stattdessen bilden sich v. a. Klinopyroxen, Delafossit und Magnetit<sup>947</sup>. Häufig tritt Cuprit auf. Die Phasenbestände und der Aufbau der Schlacken legen dabei relativ niedrige Temperaturen und eher schwach reduzierende Bedingungen nahe<sup>948</sup>. Hauptmann erschließt für Tiegelschlacken mit Cuprit, Delafossit und Magnetit als wichtigsten Bestandteilen Sauerstoffpartialdrücke von pO<sub>2</sub>= 10<sup>-4</sup> bis 10<sup>-7</sup> atm (vgl. Taf. 10, 1)<sup>949</sup>.

Gerade Schlacken mit hohen Gehalten an Cuprit (Cu<sub>2</sub>O) und unterschiedlichen (höherwertigen) Cu/Fe-Oxiden, die bei entsprechender Zusammensetzung der Erze noch Sulfide enthalten (wie in den Schlacken von Wadi Fidan 4/Fenan)<sup>950</sup>, sind dabei ein Hinweis darauf, dass diese Schlacken nicht aus einer Weiterverarbeitung, sondern aus Verhüttungsvorgängen stammen (vgl. Taf. 7, 1; 10, 1)<sup>951</sup>. Cuprit

---

<sup>939</sup> Hauptmann 2007b, 162f.; Hauptmann 2000, 105.

<sup>940</sup> Hauptmann 2007b, 162f.; Hauptmann 2000, 103. 105.

<sup>941</sup> Hauptmann 2000, 103f. mit Abb. 73 und Abb. 74. 108f. mit Abb. 78; Hauptmann 2007b, 161 mit Fig. 161. 168f. mit Fig. 6.6.; Bourgarit 2007, 6 Figure 3.

<sup>942</sup> Im Folgenden mitsamt der Beispiele nach Hauptmann 2000, 23. 103. 108f. mit Abb. 78; Hauptmann 2007b, 161f. 168f. mit Fig. 6.6.

<sup>943</sup> Hauptmann 2000, 104; Hauptmann 2007b, 162; Vgl. Hauptmann 2000, 109 Abb. 78; Hauptmann 2007b, 168 mit Fig. 6.6.

<sup>944</sup> Kurz hierzu Hauptmann 2003b, 97-99 mit Fig. 7.8; Bachmann 1980, 114; Hauptmann 2007b, 180-199. 198 Fig. 6.32; 234-236.

<sup>945</sup> Hauptmann 2007b, 236. 249-251.

<sup>946</sup> Hauptmann 2000, 105f.; Hauptmann 2007b, 163f. 226. 189.

<sup>947</sup> Hauptmann 2007b, 193. 223-228. 249.

<sup>948</sup> Hauptmann 2003a, 464.

<sup>949</sup> Hauptmann 2007b, 227. 248.

<sup>950</sup> Für die Schlacken von Fenan, sie enthalten überwiegend Cu-Sulfide, wurden die Schwefelgehalte nicht extra bestimmt (Hauptmann 2000, 102. 115f.; Hauptmann 2007b, 159).

<sup>951</sup> Hauptmann 2000, 102; Hauptmann 2007b, 158; Gehalte an Fe-Oxiden von 20-40 % sollen für alle Schlacken die Regel sein (siehe dazu für Schlacken hauptsächlich des 5. bis 4. Jt. v. Chr. aus Europa und Vorderasien

kann dabei von einer beginnenden Festkörperreduktion sekundärer Kupferminerale, von der Kristallisation aus einer Schmelze bei einer flüssig-flüssig Entmischung oder auch von reoxidiertem flüssigem Kupfer herrühren<sup>952</sup>. Fehlende Fe-Silikatgehalte werden oft als Ausschlusskriterium für eine Verhüttung gesehen<sup>953</sup>. Dies ist so nicht haltbar, da unter den Bedingungen der frühen Verhüttung bei Verwendung besonders eisenarmer Erze verhüttet durchaus Schlacken ohne Eisensilikate entstehen können, wie oben ausgeführt wurde. Umstritten ist das mögliche Auftreten von regelrechten Kupfersilikaten in Vinča-Schlacken: Vermutlich wurden dabei lediglich Einschlüsse von Cuprit in einer glasigen Matrix gemessen<sup>954</sup>. Sulfideinschlüsse treten in Schlacken des 4. und 3. Jt. v. Chr. oft auf (s. Kap. II.3.1)<sup>955</sup>. Aufgrund der geringen Dichteunterschiede bleiben sie häufig in der Schlacke zurück (vgl. Probleme von Matteschmelzverfahren Kap. II.2.4.4.3). Die Sulfideinschlüsse lassen sich etwa durch Zerschlagen der Schlacke und Auslesen oder ein erneutes Schmelzen gewinnen. Kupferreiche Matteeinschlüsse lassen sich anhand der Farbe von eisenreichen unterscheiden<sup>956</sup>. Gibt es Cu/Fe-Sulfide im Überfluss, kann auch regelrechter Kupferstein als Zwischen- oder Nebenprodukt entstehen. Reiner Kupferstein könnte dabei wohl bevorzugt gewesen sein, da sich ein reiner Kupferstein einfach ausschmelzen lässt (vgl. Sulfidschmelzen Kap. II.2.4.4.5), und es bei *co-smelting*- oder Röstreaktionen leicht zur Entmischung von metallischem Kupfer kommen kann<sup>957</sup>. Ebenso können aus eisenarmen Steinen Arsen-/Antimonmangellegierungen bis hin zu Speisen leichter abgeschieden werden<sup>958</sup>. Dagegen ist in Cu-Fe-Steinen nach Gleichgewichtsbedingungen im Cu-Fe-S System die Abscheidung von Kupfer unterdrückt, und beim Rösten würde u. a. Magnetit entstehen<sup>959</sup>.

Ein Teil der Schlacken setzt sich aus Phasen zusammen, die bei Festkörperreaktionen entstanden sind, andere Partien dagegen sind aus Schmelzen auskristallisiert<sup>960</sup>. Auch aufgrund ungleichmäßiger Temperaturverteilung, schwankender Redoxbedingungen und inhomogener Zusammensetzung der Charge können verschiedenen Phasen in unterschiedlichen Partien bestehen<sup>961</sup>. Insgesamt können also „Phasen“ in einer Schlacke nebeneinander zu finden sein, die unter thermodynamischen Gesichtspunkten nicht zusammen existieren können<sup>962</sup>. Zusätzlich zu den oben genannten sind weitere

---

Hauptmann 2000, 101f.; Hauptmann 2007b, 157f.). Aber auch der Aufbau der Schlacken bzw. des erhitzten Materials sowie eine Vergesellschaftung mit Erzfunden werden als Kriterien zur Identifikation eines Verhüttungsprozesses herangezogen (Hauptmann 2000, 102; Hauptmann 2007b, 158f.).

<sup>952</sup> Nach Hauptmann 2000, 110f.; Hauptmann 2007b, 170.

<sup>953</sup> Dazu Hauptmann 2000, 101f.; Hauptmann 2007b, 158f.; Tylecote 1976, 5.

<sup>954</sup> Hauptmann 2000, 112; Vgl. Glumac – Todd 1991a; Glumac – Todd 1991b.

<sup>955</sup> Hauptmann 2000, 115; Ryndina u. a. 1999, etwa 1065; Hauptmann u. a. 1993. – Die Metallsulfide können in unterschiedlicher Form vorliegen (siehe etwa Metten 2003, 49-51). Wenn die Charge sulfidisches Erz bzw. Gangmaterial enthält, können diese auch in die Schlacke gelangen. Dabei kann man primäre Sulfidkristalle aus weitgehend unzersetztem Material, die Hitze ausgesetzt waren, von solchen Sulfidanteilen unterscheiden, die sich aus einer Sulfidschmelze gebildet haben (Schreiner u. a. 2003, 490; Hauptmann 2000, 115). Bei diesen kann es sich um Kupferstein/Matte unterschiedlicher Zusammensetzung (siehe etwa Schreiner u. a. 2003, 490; Hauptmann 2000, 115) handeln. Sie liegen entweder als rundliche Schmelzkügelchen vor, oder sie umschließen eine Schmelzkugel aus Kupfer ganz oder teilweise, von der sie sich beim Abkühlen wegen zu geringer Löslichkeit entmischt haben (Hauptmann 2000, 115.). Schwefel kann Auswirkungen auf die Eigenschaften von Schlacken haben. Jedoch sollen die Auswirkungen geringer Schwefelgehalte – im Falle von Schlacken aus Tepe Sialk von rund 1 % und weniger – vernachlässigbar sein, können aber zur Absenkung der Liquidustemperaturen in zweiphasigen Kupfer-Eisenlegierungen führen (Schreiner u. a. 2003, 490; Hauptmann 1985, 66).

<sup>956</sup> Hess 1998, 70. Metten 2003, 49.

<sup>957</sup> Hauptmann 2000, 115f.

<sup>958</sup> Moesta 2004.

<sup>959</sup> Hauptmann 2000, 115.

<sup>960</sup> Hauptmann 2000, 106. 109. 114; Hauptmann 2007b, 164. 169. 176; Hauptmann nennt Parallelen zu Sinterprozessen.

<sup>961</sup> Vgl. Hauptmann 2000, 147.

<sup>962</sup> Hauptmann 2000, 109; Hauptmann 2007b, 169.



Schlackenphasen zu finden, die sich in Abhängigkeit von der Chargenzusammensetzung, den vorherrschenden Redoxbedingungen, Temperaturen und Prozessdauern bilden<sup>963</sup>. Dabei dürfte auch eine fraktionierte Kristallisation und Differentiation bei der Ausbildung der unterschiedlichen Phasen während der Abkühlung eine gewisse Rolle spielen<sup>964</sup>. Insgesamt würden frühe Schlacken infolge ihrer „ungünstigen“ Pauschalzusammensetzung in reinen Systemen meist hohe Liquidustemperaturen aufweisen<sup>965</sup>. Ein großer Teil früher Schlacken liegt also außerhalb niedrigschmelzender Bereiche (Taf. 7, 2)<sup>966</sup>. Allerdings führten andere Bestandteile der Charge häufig zu einer Senkung des Schmelzpunktes von (frühen) Schlacken. Und auch in reinen Systemen ergeben sich zumindest lokal eutektische Zusammensetzungen<sup>967</sup>. Folgende Feststellung bezieht sich deshalb darauf, dass sowohl die Interpretation von Schlacken im Allgemeinen als auch der Rückschluss auf die Intention des urgeschichtlichen Metallurgen eingeschränkt sind: „Professor Keesmann argued for what he termed "self-organising slags," meaning that different metallurgical slags will often reach nearly identical chemical and mineralogical composition without a conscious attempt by smelters“<sup>968</sup>. Dennoch können weitergehende Überlegungen zu frühen Schlacken und ihrer Entstehung eine Intention erkennen lassen. Da es unter den Bedingungen der frühen Verhüttung kaum möglich war, vollständig verflüssigte Chargen und niedrigviskose Schlacken zu erreichen, war dies vielleicht auch nicht die Absicht des urgeschichtlichen Schmelzers. Kupferoxide wie Cuprit aber, die in einer Verhüttung auf Kupfer unter eher oxidierenden Bedingungen wohl kaum zu vermeiden sind, können die Schmelztemperaturen wiederum senken. Da die überlieferten frühen Schlacken, die in sich schon inhomogen und nur partiell aufgeschmolzen sind, gerade die Anteile der Charge darstellen könnten, die eben die Voraussetzungen zur Schmelzbildung mitbringen und mithin deshalb nicht repräsentativ sein könnten, würden sie nicht die Intention des urgeschichtlichen Metallurgen spiegeln. Pauschalzusammensetzung (i. e. die Auswahl von Erz und Nebengestein), dabei speziell die geringen Eisengehalte, Redoxbedingungen, Temperaturen und Dauer der Operationen, alle diese Faktoren sind ungünstig für die Erzeugung dünnflüssiger Schmelzen bzw. Schlacken<sup>969</sup>. Das Ziel könnte vielmehr gewesen sein, die Wertträger wie Metall aus dem Schlackengerüst abzusaigern (s. u.)<sup>970</sup>. Dabei ergeben sich auch Vorteile für die Legierungserzeugung.

Flüssige Fayalitschlacke kann zu einer Reihe von Problemen bei der Erzeugung von Legierungen führen. In erster Linie dürfte das Eisen zu Arsen- und Antimonverlusten an eisenhaltige Matte oder Speise führen; zudem kann die Abscheidung von Arsen- und Antimonmangellegierungen aus Matte unterdrückt sein. Verluste von Arsen- und Antimon an die eisenhaltige Schlacke selbst sind ebenso zu vermuten. Daneben könnten in einem idealisierten Schachtofenverfahren volatile Legierungspartner (hier Arsen) noch vor der eigentlichen Reaktionszone abrauchen, und da der Arsendampf mit dem Kupferbad wegen der Abdeckung durch flüssige Schlacke nicht in Kontakt kommt, werden Zementationsprozesse verhindert.

---

<sup>963</sup> Siehe etwa Hauptmann 2000, 105-129. bes. 106 Tab. 10.

<sup>964</sup> Vgl. Markl 2008, 473.

<sup>965</sup> Hauptmann 2000, 109 mit Abb. 78; Hauptmann 2007b, 168f. mit Fig. 6.6.; S. o.

<sup>966</sup> Hauptmann 2000, 103-105 mit Abb. 73 und Abb. 74; Hauptmann 2007b, 161-163 mit Fig. 6.1. 6.2; Bourgarit 2007, 6 Figure 3.

<sup>967</sup> Hauptmann 2000, 105; Hauptmann 2007b, 164; Hauptmann 2008, 133f.

<sup>968</sup> Thornton – Rehren 2007, 317; Siehe dazu auch Hauptmann 2008, 133.

<sup>969</sup> Hauptmann 2007b, 25f. 164. 168f. 170-174. 189. 226. 251-253; Vgl. auch die Frage nach Flussmitteln Hauptmann 2007b, 249-251; Vgl. dazu spätbronzezeitliche Schlacken des Trentino vom Prozess des Sulfidausschmelzens bei Metten 2003, bes. 5. 69f. 71.

<sup>970</sup> Hauptmann 2007b, 166-168; Hauptmann 2003a; Hauptmann 2007a.

Ob auch bei frühen Schlacken direkte negative Auswirkungen auf die Legierungserzeugung durch Verluste von Arsen, Antimon oder Nickel an die Phasenbestände möglich sind, muss offen bleiben<sup>971</sup>. Noch viskose Schlacken bzw. das verschlackte Erzgerüst der chalkolithischen Verhüttung könnten auch Vorteile für die Legierungserzeugung gehabt haben. Darin verbliebenes, unterschiedlich legiertes Kupfer lag wahrscheinlich räumlich getrennt vor und konnte somit eine mechanische Aufbereitung gewonnen werden. Auch eine Ausbringung durch die Nutzung von Schmelzpunktunterschieden wäre möglich. Beide Wege können unterschiedliche, teilweise hoch legierte Kupfer(tropfen) liefern. Frühe Schlacken dürften also zeigen, dass der urgeschichtliche Metallurge fayalitische Schlacken vermeiden wollte.

#### ***II.2.6.6. Tiegel und einfacher Grubenofen: Aufbau, Befuerung, Redoxbedingungen und Vermeidung flüssiger Schlacken***

Tiegel und einfache Grubenöfen ähneln sich in ihrem Aufbau (Reaktordesign<sup>972</sup>). Tiegel bestehen aus gebrannter Keramik als „Feuerfestmaterial“ („refraktäres Material“, besser technische Keramik<sup>973</sup>). Bei einem Grubenofen oder bei flachen Bodenmulden kann diese Funktion eine Auskleidung aus (gebranntem oder ungebranntem) Ton oder einfach nur der umgebende Boden übernehmen. Flüssige Schlacken bzw. Aufschmelzungen eines Teiles der Charge lassen sich durch die Art der Prozessführung und die Auswahl sowie Aufbereitung des Erzes, vielleicht auch die Zugabe von „Antiflussmitteln“ vermeiden<sup>974</sup>. Sonst kann das Material der Wandung und der Düsen mit der Charge reagieren und die Zusammensetzung einer sich bildenden Schlacke und des Metalls so (negativ) beeinflussen<sup>975</sup>. Kommt es dennoch zu Reaktionen, wird dies ähnlich wie bei Schachtöfen auch als eine Art sich

---

<sup>971</sup> In silikatischen Bereichen und insbesondere Gläsern eisenarmer Schlacken aus Brixlegg waren lokal begrenzte Gehalte von CuO bis 9 %, ZnO bis 17 % und Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bis 20 % zu finden (Bartelheim u. a. 2002, 48. 49. 46 Tabelle 2). Dies ist vielleicht aber auch auf eine Beeinflussung durch Metalltropfen zurückzuführen. Eine andere Beobachtung dazu zeigt aber auch, dass die silikatische Schmelze bzw. (Cu<sub>2</sub>O-reiches) Glas Einfluss auf die Metallzusammensetzung haben könnte. Denn sich aus diesem Bereich abscheidende Metalltropfen sind recht arm an Arsen und Antimon (vgl. Bartelheim u. a. 2002, 51 Tabelle 3; 47 mit Abbildung 14 (mit Abbildungsunterschrift); 50 mit Abbildung 16; 54).

<sup>972</sup> Zu einer umfassenden funktionalen und typologischen Klassifikation von Tiegeln und den unterschiedlichen darin ablaufenden Prozessen siehe Bayley – Rehren 2007. Siehe dazu auch Thornton – Rehren 2009, bes. 2701. In dieser Arbeit liegt der Schwerpunkt auf der Verhüttung in Tiegeln (dazu Hauptmann 2000, 141-147) bzw. deren Überschneidung zu einfachen Öfen sowie Zementationsprozessen.

Frühe Guss- oder Verhüttungstiegel aus Vorderasien etwa liegen in Form flacher Schüsselchen mit Durchmesser zwischen 10–15 cm und Fassungsvermögen von 200–400 cm<sup>3</sup> vor (Hauptmann 2000, 141-143). Probleme – auch forschungsgeschichtlicher Art – bestehen bei der Deutung bzw. Zuweisung als Verhüttungstiegel. Die Möglichkeit, dass in flachen Bodenmulden, niedrigen bzw. offenen Herden nach den Prinzipien des Tiegelverfahrens verhüttet wurde, besteht und bietet teilweise Vorteile bei der Verhüttung vielfältiger Erze. Zu seichten Bodenmulden siehe Bartelheim u. a. 2002, 55 (cave: extraktive Metallurgie sei nicht sicher zu belegen und damit auch nicht die Deutung der Befunde); Zur Überschneidung des Verfahrens von Tiegeln und frühen Öfen etwa auch Thornton u. a. 2010, 309. – Zu Tiegeln, ihrer Befuerung und Kennzeichen siehe Hauptmann 2000, 141-148 sowie – allerdings weitgehend unter dem Gesichtspunkt, dass Tiegel nur zum Aufschmelzen von Kupfer gedient hätten – Tylecote 1987, 107-109. 179. 183-192.

<sup>973</sup> Thornton u. a. 2010, 308 Anm. 32: „[...] very few prehistoric ceramics were actually “refractory” in the true sense of the term (i.e., able to withstand high temperatures without fusion or decomposition). We use “technical ceramics” as the more general term for early crucibles, tuyères, and furnace fragments, and reserve the term “refractories” for those ceramics that were able to withstand heat and aggressive chemicals better than the usual ceramics used at the time. The conscious selection of refractory clays over common pottery clays began in the late first millennium B.C.E.“

<sup>974</sup> Siehe und vgl. Hauptmann 2007b, 25f. 164. 168f. 170-174. 189. 226. 251-253. bes. 164. 168f. 226; Hauptmann 2000, 108f. mit Abb. 78; Hess 1998, 86-88 mit Abb. 45. 46; 98.

<sup>975</sup> Bachmann 1982, 9; Bachmann 1980, 108-110 (Reaktion mit Wandung).

selbsteinstellendes Flussmittel gesehen, weil die „Aufweichung“ der Wandung in die Tiefe irgendwann zum Erliegen kommt<sup>976</sup>. Dass ein Tiegel aus nur wenig refraktärem Material bedingt durch Aufweichen versagt, kann durch eine kurze Schmelzzeit und/oder eine entsprechend dicke Wandung vermieden werden. Durch die isolierenden Eigenschaften organisch gemagerten Tones etwa kann der äußere Teil der Wandung die Stabilität des Tiegels gewährleisten, während die Innenseite verschlackt<sup>977</sup>. Eine Reaktion der Charge mit der Wandung muss nicht zwingend der Fall sein (s. u.). Mit bislang einer einzigen Ausnahme (Tepe Hissar, um 3600 v. Chr.<sup>978</sup>), wurden vor der Römischen Zeit alle frühen Tiegel von innen befeuert. Diese Tiegelfunde (Verhüttungs- und Schmelztiegel) weisen Brandspuren und Verschlackung vor allem auf der Innenseite bzw. am Rand auf, wohingegen die Außenseite nur Spuren geringer Erhitzung tragen<sup>979</sup>. Sie standen demnach teilweise in einem Brennmaterialbett, wurden aber von oben befeuert und mit Brennmaterial befüllt. Da insbesondere die Ränder von Tiegeln Erhitzungsspuren tragen<sup>980</sup>, bislang aus dem behandelten Zeitraum Tuyères fehlen, und lediglich vereinzelt tönerner Düsenkappen vorliegen, werden zur Belüftung Blasrohre angenommen, die durch menschlichen Atem betrieben wurden<sup>981</sup>. Historische Beispiele aus der Neuen Welt und ethnografische Vorbilder unterstützen diese Hypothese, und auch im Experiment hat sich diese Art der Belüftung bewährt (Taf. 3, 5). Rein organische Blasrohre reichen für Verhüttung und Verflüssigung von Kupfer völlig aus. Die Verteilung der Luft kann so relativ punktgenau erfolgen, und der Fokus des Luftstroms sollte in der Holzkohlefüllung liegen<sup>982</sup>. Die Reaktionszone sollte bei einem Tiegel oder Grubenofen – aber auch bei nicht voll entwickelten Schachtöfen – also in einem relativ eng begrenzten Bereich der Holzkohlefüllung gelegen haben (vgl. Taf. 10, 2). So muss es nicht notwendigerweise zu einer Reaktion mit der Wandung gekommen sein. Das wenig refraktäre Material des Tiegels oder der Ofenauskleidung, das als Flussmittel wirken würde, kann von der Charge ferngehalten werden (vgl. für Öfen Taf. 10, 2)<sup>983</sup>. Im archäologischen Befund zeigen v. a. die Tiegelränder Spuren von Hitzeeinwirkung, welche aber kaum mit der Charge in Berührung kommen<sup>984</sup>. Ähnlich kann auch ein geringer Aufschmelzungsgrad der Erze bzw. Schlacken einen Stoffaustausch mit Tiegel<sup>985</sup> und Metall verhindern helfen. Die Möglichkeit zur Schmelzbildung kann außer über Temperatur, Erhitzungsdauer und Ofenatmosphäre auch über die Chargenzusammensetzung gesteuert werden<sup>986</sup>. Ein geringer Brennstoffbedarf – bedingt durch kurze Prozessdauern und niedrige Temperaturen – kann den Eintrag etwa von CaO, MgO und K<sub>2</sub>O aus der Brennstoffasche verringern, die ebenfalls als Flussmittel wirken können<sup>987</sup>. Dabei kann man in einem Tiegel die erforderlichen Redox-Bedingungen und Temperaturen

---

<sup>976</sup> Thornton u. a. 2010, 309; Thornton – Rehren 2009, 2701. 2705: Der Tiegel als Lieferant von SiO<sub>2</sub> in der frühen Verhüttung, bevor regelhafte Flussmittel aufkommen (ohne zwingende Beweise).

<sup>977</sup> Hauptmann u. a. 2003, 206 mit weiterer Literatur.

<sup>978</sup> Thornton – Rehren 2009.

<sup>979</sup> Thornton u. a. 2010, 306f., Vgl. auch die isolierende Wirkung von Keramik und ihre unzureichenden refraktären Eigenschaften, die eine Befeuerung von oben nahelegen (Tylecote 1987, bes. 189).

<sup>980</sup> Hauptmann 2000, 144f. 147; Hess 1998, 66-68.

<sup>981</sup> Hauptmann 2007b, 220f.; Allgemein zur Leistungsfähigkeit und der Charakteristika von Blasrohren: Rehder 1994.

<sup>982</sup> Hauptmann 2000, 144f.

<sup>983</sup> Merkel – Shimada 1988, 6; Shimada – Merkel 1991, 66f.; Hauptmann 2007b, 220 mit weiterer Literatur; Ottaway 1994, 200.

<sup>984</sup> Vgl. dazu die archäologischen Funde und Überlegungen: Hauptmann 2000, 144f. 147. ferner 101; Hauptmann 2007b, 224f.

<sup>985</sup> Vgl. Hauptmann 2000, 105; Hauptmann 2007b, 163.

<sup>986</sup> Vgl. dazu Hauptmann 2007a, 126; Hauptmann 2000, 106; Hauptmann 2007b, 164.

<sup>987</sup> Zur Möglichkeit, dass Bestandteile der Holzkohleasche als Flussmittel wirken Lechtman – Klein 1999, 509. 518; Rostoker – Dvorak 1991, 9. 11.

einfacher kontrollieren als etwa in einem Ofen; ebenso lassen sich sowohl Erz als auch erschmolzenes Metall besser konzentrieren und sammeln<sup>988</sup>.

Limitierende Faktoren von Tiegeln sind ihr Fassungsvermögen, ihr Feuerfestmaterial und die aufgrund der Belüftung und Systemaufbau wechselnden Bedingungen bei der Verhüttung: Weder Temperaturen noch Schmelzzeiten dürften ausgereicht haben, um alle Chargenbestandteile vollständig zu verflüssigen und insbesondere eine niedrig viskose Schlacke zu erzeugen, und so finden sich häufig Einschlüsse von Kupfertropfen in der Schlacke<sup>989</sup>. Derartige Schlacke wird häufig als Produkt einer unzureichenden Verhüttung gesehen; Folge jedenfalls war, dass man das Kupfer unter hohem Arbeitsaufwand durch Zerschlagen und Zermahlen gewinnen musste<sup>990</sup>. Darin könnten aber auch Vorteile gelegen haben (s. u.).

Unter den vergleichsweise schwach reduzierenden Bedingungen, die für die Zeit des Chalkolithikums rekonstruiert werden, kommt es selten zur Ausbildung einer Fayalitphase. Diese kann aber durch andere Phasenbestände ersetzt werden, deren Entstehung man außer durch Erhitzungsgrad und -dauer noch weiter beeinflussen kann. Denn eine mögliche Schmelze ist schon allein dadurch quantitativ durch das Ausmaß begrenzt, in dem sich die Zusammensetzung der Charge lokal einem Eutektikum nähert<sup>991</sup>. Unter oxidierenden Bedingungen in Magnetit umgewandeltes Eisen ist wesentlich inerte und thermisch stabiler (Reaktionen erst über 1300 °C) als FeO, so dass es nicht für eine Fayalitbildung<sup>992</sup> und, würde man dies weiterdenken, auch nicht für weitere Reaktionen mit anderen Chargenbestandteilen verfügbar sein dürfte. Die Liquidustemperatur steigt bei steigenden Sauerstoffpartialdrücken durch die Zurückdrängung des Fayalitfeldes an<sup>993</sup>. Eisen dürfte damit Matte- oder Speisephase entzogen sein<sup>994</sup>. Um die Bildung von (Cu-) Fe-Oxiden wie Delafossit, Magnetit sowie Fe-(Cu-)Silikaten möglichst zu übergehen, kann man zudem bewusst auf eisenhaltige Kupfererze, Gangmaterial und etwaige Zuschläge verzichten; bzw. man kann zumindest versucht haben, deren Anteil gering zu halten. Die Zusammensetzung früher Schlacken deutet in diese Richtung. Gleichzeitig liegt hier aber auch ein Definitionsproblem vor, denn mögliche frühe Schlacken bzw. verschlacktes Material werden aufgrund fehlender Fe-Silikate oftmals nicht als Reste einer Verhüttung anerkannt<sup>995</sup>. Dabei deutet vieles darauf hin, dass Erze in Ganggestein, das ein guter Schlackenbildner ist, (absichtlich) vermieden wurde; auch eine Zugabe von Quarz bzw. eine bewusste Auswahl quarzreicher und anderer hochrefraktärer Erze respektive Ganggesteine wie Dolomit kann die Bildung flüssiger Schlacken verhindern helfen<sup>996</sup>. Wiederum ist zu betonen, dass das frühe verschlackte Material gerade nur jene Teile der Charge darstellen könnte, welche zur Verflüssigung neigten.

---

<sup>988</sup> Hauptmann 2000, 142.

<sup>989</sup> Siehe und vgl. Craddock 1995, 146-148.

<sup>990</sup> Vgl. Bachmann 1980, 108-110.

<sup>991</sup> Hauptmann 2007a, 126 mit Abb. 7.

<sup>992</sup> Lechtman – Klein 1999, 513.

<sup>993</sup> Hess 1998, 86.

<sup>994</sup> Lechtman – Klein 1999, 518-521.

<sup>995</sup> Siehe Hauptmann 2000, 101 mit Beispielen. Zum Nachweis der Verhüttung Fe-haltiger Kupfererze anhand von (Cu-) Fe-Oxiden siehe Hauptmann 2000, 146; Hauptmann 2000, 147; Vgl. dazu Schlacken aus Tepe Sialk und ihre Deutung; die Schlacken zeigen niedrige Eisenoxidgehalte – was für Verhüttungsschlacken ungewöhnlich sein soll. Dagegen ist der SiO<sub>2</sub> Anteil hoch und findet sich häufig als Restite (Schreiner u. a. 2003, 491. 493). Dazu Hauptmann 2000, 101; Hauptmann 2007b, 158.

<sup>996</sup> Dazu passt etwa die Beobachtung von Hauptmann, dass im 4. Jt. v. Chr. in Fenan manganreiche Erze vermieden wurden (Hauptmann 2000, 102). Ein Erz in Dolomit (bzw. dolomitischem Kalkstein) mit niedrigen SiO<sub>2</sub>-Gehalten (10-15 %) als Gangart wäre ein hochrefraktärer Stoff, der nach einer Kalzination erst bei Temperaturen über 2000 °C schmilzt. Mit Anteilen von 40-60 % SiO<sub>2</sub> kann man die Schmelztemperaturen auf 1400 °C (im „reinen“ System) senken (Hauptmann 2000, 105). Im 4. Jt. scheint man sich in Fenan auf die Mn-

Wenn in einem Reaktor nicht völlig reine Erze sondern Wertminerale und taubes Gestein, die miteinander verwachsen sind, stückig oder kompakt vorliegen, dann können die Kontaktzonen gering sein. Unvermeidbar bleibt aber auch in solchen Fällen, dass die Kontaktstelle zwischen Wertmineral und taubem Gestein eine Reaktionszone darstellt. Je kompakter also die Erze sind, und je diskreter die Wertminerale vorliegen, desto kleiner ist diese Reaktionszone. Dann finden Schmelzbildungen langsamer und erst bei höheren Temperaturen statt als bei feinkörnigem Material<sup>997</sup>. Um also flüssige Schlacken zu vermeiden, kann ein nicht zu fein aufbereitetes bzw. zu homogen vermisches Erz mit einer zur Schlackenbildung ungünstigen Pauschalzusammensetzung eingebracht werden, welches durch eine Blasrohrbelüftung relativ hohen und dabei schwankenden Sauerstoffpartialdrücken und ungleichmäßigen Temperaturverteilungen ausgesetzt ist<sup>998</sup>.

### ***II.2.6.7. Das schlackenlose bzw. schlackenarme Tiegelverfahren und die Erzeugung von Kupferlegierungen im 5. und 4. Jt. v. Chr.***

Bislang wurden die überlieferten Reste hochohritzer Erze und Gangart häufig als Produkt eines Prozesses gesehen, in dem niedrigviskose Schlacken bei möglichst niedrigen Temperaturen beabsichtigt waren, aber die Kontrolle der Zusammensetzung und der Verhüttungsbedingungen nicht hinreichend erfolgte<sup>999</sup>. Dass Schlacken vom Beginn der Metallurgie so selten sind, könnte ein Hinweis darauf sein, dass sie nicht den Regelfall, sondern vielleicht zufällige und unbeabsichtigte Ausnahmen darstellen. Als Ziel der Verhüttungsoperation dieser Zeit zeichnet es sich ab, den oder die Wertträger (Metall/Sulfidphase) aus der Gangart auszuschmelzen<sup>1000</sup>. Die Schlacken der Frühzeit behinderten eher die Abtrennung des Metalls, was eine mechanische Trennung erforderlich machte<sup>1001</sup>. Thornton will mit Bezug auf Bourgarit (2007) die mechanische Aufbereitung nicht pauschal bzw. paradigmatisch gelten lassen. Die Ursprünge einer fortschrittlichen Verhüttungstechnik mit Schlackenabstich, wie sie in der Frühbronzezeit angewandt worden sein soll, sieht er bereits im Chalkolithikum<sup>1002</sup>. Hingegen zeigen viele der bei Bourgarit genannten chalkolithischen Schlacken (Taf. 9, 1; vgl. etwa Chalkolithische Verhüttung Kap. II.3)<sup>1003</sup>, dass diese oftmals Grundzüge der hier vorgestellten schlackenlosen respektive schlackenarmen chalkolithischen Verhüttung zeigen. Die Vorgänge sind komplex, jedoch ist oftmals als Ziel der Operationen das Ausschmelzen der Wertträger nach Schmelzpunktunterschieden zu rekonstruieren. Die Zusammensetzungen der Chargen scheinen erratisch. Betrachtet man lediglich die Schlacke, die viel ungeschmolzene Chargenrelikte und Restkupfer enthält, dann könnte man geneigt sein, diesen Umstand mit einer mangelnden Kontrolle des Verhüttungsprozesses und der Erzauswahl erklären zu wollen. Moderne ökonomische Vorstellungen müssen aber nicht zutreffen<sup>1004</sup>. Auch kann man in einem Tiegel nur eine begrenzte Charge umsetzen, weshalb flüssige Schlacken nur wenig sinnvoll sind. Ob frühe Schlacken nun den Regelfall darstellen oder nicht, so zeigen sie zumeist

---

arme Vererzungen des Sandsteins konzentriert zu haben, oder man hat die Erze sauber vom dolomitischen Nebengestein getrennt (Hauptmann 2000, 102); Vgl. Hauptmann 2000, 108f. bes. 109. vgl. ferner 103 (liegen im FeO/SiO<sub>2</sub>-Verhältnis im quarzreichen Teil der Zusammensetzung/nähert sich nur zögerlich der Zusammensetzung des Fayalit an); Vgl. auch Hauptmann 2007a, 126 mit Abb. 7.

<sup>997</sup> (Vgl.) Hauptmann 1985, 66.

<sup>998</sup> Siehe und vgl. Hess 1998, 86-88 mit Abb. 45 und Abb. 46; Hauptmann 2000, 23. 108f. mit Abb. 78; Hauptmann 2007b, 164. 168f. mit Fig. 6.6; 226.

<sup>999</sup> Siehe z. B. Schreiner u. a. 2003, 491; Bourgarit 2007, bes. 10f.; Vgl. dagegen Hauptmann 2007b, 228. 249.

<sup>1000</sup> (Siehe und vgl.) Hauptmann 2000, 23. 102. 108; Hauptmann 2007b, 166-168; Siehe Hauptmann 2003a; Hauptmann 2007a.

<sup>1001</sup> Hauptmann 2007a, 126.

<sup>1002</sup> Thornton 2009, 305.

<sup>1003</sup> Bourgarit 2007, 4 Table 1.

<sup>1004</sup> Hauptmann 2007b, 228f.; Hauptmann 2000, 23.

eisenarme Zusammensetzungen, die vielfältige Vorteile bieten können. Mit Blick auf Kupferlegierungen könnte man darin auch eine Absicht erkennen.

In Schlacken des 4. und 3. Jt. v. Chr. sind Sulfid- oder Matteeinschlüsse zu beobachten. Diese Einschlüsse haben unterschiedliche Cu/Fe-Verhältnisse und stellen teilweise die einzige kupferführende Phase dar<sup>1005</sup>. Sulfidphasen sind etwa aus Fenan, Murgul, Nevali Çori, und relativ reine Kupfersulfide aus Shahr-i Sokhta und Çayönü Tepesi bekannt. Da eine ausgesprochene Verhüttung sulfidischer Erze erst ab der Spätbronzezeit vermutet wird, werden diese Sulfidgehalte etwa über reliktsche Sulfide in oxidischen Erzen erklärt, auf die der Prozess eigentlich konditioniert gewesen sein soll. Die relativ oxidierenden Bedingungen, während der die oben beschriebenen Schlacken entstanden sind, erlauben aber eine Aufarbeitung auch von Sulfiden, da sie den Bedingungen moderner Konverterprozesse für Matte ähneln; Sulfideinschlüsse zeigen auch Anzeichen einer beginnenden Entschwefelung<sup>1006</sup>.

Aus dem Chalkolithikum liegen bislang nur wenige Kupferbarren und -reguli vor. Möglicherweise lief das Kupfer selten zu kompakten Reguli zusammen. Relativ niedrige Temperaturen, Erz- bzw. Gangartreste, unverbrannte Holzkohle, Asche, kurze Schmelzzeiten usw. könnten das Zusammenlaufen verhindert haben<sup>1007</sup>. Kupfertropfen vom Boden des Tiegels, aus ungeschmolzenem Gangmaterial oder Schlacke gewonnen, bieten noch weitere Vorteile. Die Kupfertropfen könnten als eine Art Schmelzgranulat gedient haben, das sich leichter als kompakte Barren weiterverarbeiten und schmelzen ließ. Wie Versuche und Befunde an archäologischen Schlacken gezeigt haben, können schon die Kupfertropfen eines Schmelzvorganges unterschiedliche Legierungsgrade aufweisen<sup>1008</sup>. Diese unterscheiden sich farblich und könnten nach dem Augenschein bestimmt und sortiert worden sein, um sie gezielt zu mischen und zum Fertigobjekt zu vergießen<sup>1009</sup>. So könnte das Ausgangsmaterial für Objekte aus verschiedenen Kupfersorten bzw. Legierungen auch durch Ausschmelzen nach Schmelzpunktunterschieden während eines oder mehrerer Tiegelgänge erzeugt worden sein<sup>1010</sup>.

Einschlüsse von Kupfertropfen liegen aus den frühbronzezeitlichen Schlacken von Kythnos vor. Die As-Gehalte der Kupfertropfen schwanken zwischen 0,2 und 6,6 %; zusätzlich enthalten sie Nickel (1 bis 2 %), erhöhte Eisengehalte sowie ferner Pb und Sb<sup>1011</sup>. Während die Schlacken von Kythnos im Mittel nur ca. 0,2 % S enthalten, zeigen die darin eingeschlossenen *prills* häufig eine Umhüllung aus Sulfiden. Diese wird auf die Affinität des Kupfers zu Schwefel zurückgeführt, der auch in diesem Fall aus Relikten in oxidischen Erzen herrühren soll. Eine Verhüttung sulfidischer Erze wird wiederum nicht angenommen. Die Arsengehalte werden nicht durch die Zugabe von Arsen bzw. arsenhaltigen Mineralien erklärt, sondern als Resultat der Verhüttung oxidischer Erze mit Arsengehalten gesehen, da solche Erze unter den Schlacken gefunden wurden<sup>1012</sup>. Eine Legierungskontrolle erlaubte die Auswahl von Kupfertöpfchen nach Farbe<sup>1013</sup>. Hauptmann hebt in diesem Zusammenhang noch hervor, dass Schlacken ungefähr ab der Mitte des 4. Jt. v. Chr. variierende Arsengehalte zeigen: von 0,08 % As

---

<sup>1005</sup> Im Folgenden Hauptmann 2007b, 178f. mit weiterer Literatur.

<sup>1006</sup> Siehe und vgl. Hauptmann 2007b, 174. 178f. 193. 248; Metten 2003, 83.

<sup>1007</sup> Hauptmann 2007b, 227. – In Arslantepe scheinen die Tropfen von Metall/Matte separat vorgelegen zu haben, es liegen keine Negativabdrücke an Schlacken vor. Auch fehlen archäologische Hinweise auf das Zusammenschmelzen der Tropfen (Hess 1998, 104).

<sup>1008</sup> Zu Versuchen bei Lorenzen 1965, bes. 32. 35. Tafel IV. V; Hess 1998, 16f.; Vgl. zwei Gruppen von Schlacken des Tepe Sialk, innerhalb derer es nochmals zu Variationen der Kupfereinschlüsse kommt, bei Schreiner u. a. 2003, 492.

<sup>1009</sup> Hauptmann 2000, 25f.; Hess 1998, 16f.

<sup>1010</sup> Hess 1998, 132.

<sup>1011</sup> Hauptmann 2000, 25f. mit weiterer Literatur; Gale u. a. 1985, 90 Table 3.

<sup>1012</sup> Gale u. a. 1985, 81. 86. 89. 91f.

<sup>1013</sup> Hauptmann 2000, 26.

(Kythnos, Norşuntepe) bis in den Prozentbereich (Tülintepe). Im letzteren Falle wird vermutet, dass es sich um arsenhaltige Speise auf Basis arsenreicher Minerale handelt<sup>1014</sup>. Die Schlacken werden von den Bearbeitern auf die Nutzung oxidischer Erze zurückgeführt. Die Cu-Gehalte sind außerordentlich niedrig<sup>1015</sup>.

In Poros Katsambas auf Kreta wurden in die dortige Frühbronzezeit I datierte, thermisch veränderte Fragmente von Löllingit (FeAs<sub>2</sub>) zusammen mit verschlackten Tiegeln gefunden. Sie werden als Hinweis auf eine intentionelle Legierungserzeugung gesehen. In der Schlacke wurden nämlich Einschlüsse von Cu-As mit bis zu 40 % Arsen gefunden, während Barrenfunde kein As aufweisen<sup>1016</sup>. Unterschiedlich legierte Kupfereinschlüsse fanden sich auch in Schlacken von Chrysokamino (FBZ II). Die Gehalte von As und Ni schwanken im unteren Prozentbereich. Aufgrund weit niedrigerer As- und Ni-Gehalte in untersuchten Erzproben wird die Zugabe arsen- und nickelreicher Erze erwogen<sup>1017</sup>. In Abu Matar (FBZ I) wurden Arsengehalte von in Schlacke eingeschlossenen Kupfertropfen als intentionelle Legierung gesehen. Die Arsengehalte sind im Vergleich zu (den verhütteten) Erzen aus Fenan erhöht<sup>1018</sup>.

Mutmaßlich ehemals in Schlacken als Tropfen eingeschlossenes Metall – der Befund ist nicht sicher (!) – vom Buchberg in Nordtirol, welches bei der Verhüttung von verwitterten Fahlerzen entstanden ist, kann außerordentliche Gehalte an Nebenelementen aufweisen (s. u.)<sup>1019</sup>. Dabei liefen vermutlich Prozesse ab, wie sie bei der Entmischung von Arsen/Antimon-Mangellegierungen aus dem System Cu – S – As,Sb stattfinden (vgl. Kap. II.2.4.4.7)<sup>1020</sup>. Ähnliche Schlüsse könnten Ergebnisse (von Schmelzexperimente mit Erzen) aus Norşuntepe zulassen<sup>1021</sup>. Dabei fand keine Homogenisierung des Metalls statt, wie sie im idealtypischen Fall einer schlackenbildenden Verhüttung mit vollständiger gravitativer Entmischung der flüssigen Chargenbestandteile zu erwarten wäre. Ein vermutlich zusammenschmolzenes Stück plattiges Rohmetall vom Buchberg enthält 1,7 Gew.% As, 10,4 Gew.% Sb, 0,7 Gew.% Ag und 1,5 Gew. % S; ein weiteres Stück Rohmetall mit 3,8 Gew.% As, 6,0 Gew.% Sb und 1,4 Gew.% Ag weist 0,05% Fe auf<sup>1022</sup>. Archäologische Gussfladen aus mitteldeutschen Zusammenhängen enthalten mit As, Sb, Ni und Ag die für Fahlerze typischen Elemente; Sb-Gehalte über 10 Gew.% sind nachgewiesen<sup>1023</sup>. Abscheidungs Vorgänge von Speise könnten zunächst für das antimon- und nickelreiche Singener Metall und die Salezer Beile festzumachen sein (vgl. Europa Kap. IV.1.3)<sup>1024</sup>. Vergleichbare Antimongehalte liegen aus dem 5. oder 4. Jt. v. Chr. etwa in den Prestigemetallen der Levante (vgl. Kap. IV.6) oder im Ringanhänger von Emporio auf Chios vor (Kap. IV.1.1.1). Weitere Schlacken mit Einschlüssen legierten Kupfers und Hinweisen auf den Mechanismus der Legierungserzeugung, insbesondere Schlacken vorbronzezeitlicher Zeitstellung, werden v. a. im Kapitel II.3 Chalkolithische Verhüttung besprochen.

---

<sup>1014</sup> Hauptmann 2000, 26; Schmitt-Strecker u. a. 1992, 123.

<sup>1015</sup> Çukur – Kuş 1989, 113f. mit Table 1; 119.

<sup>1016</sup> Hauptmann 2007b, 29 mit weiterer Literatur.

<sup>1017</sup> Dazu, allerdings kritisch zur Zugabe von As-/Ni-Erzen – die Erzbasis sei nicht genau genug bekannt – Hauptmann 2007b, 29 mit weiterer Literatur.

<sup>1018</sup> Siehe und vgl. Hauptmann 2007b, 29.

<sup>1019</sup> Martinek – Sydow 2004, 208f.

<sup>1020</sup> Martinek – Sydow 2004, 206-209; Moesta 2004.

<sup>1021</sup> Vgl. Zwicker 1980, 14f.

<sup>1022</sup> Martinek – Sydow 2004, 208f. mit Tab. 4 (ohne Angabe der Fe-Gehalte); Otto – Witter 1952, 204 Tab. 26 Nr. 1276.

<sup>1023</sup> Bachmann 2003, 27 mit weiterer Literatur.

<sup>1024</sup> Vgl. etwa Lesniak 1991, 9-17. 194.

## II.2.7. Methoden zur Herstellung von Kupferlegierungen mit Arsen, Antimon, Nickel und Zink. Urgeschichtliche Intention und archäometallurgische Definition

Grundsätzlich ist immer in Betracht zu ziehen, dass verschiedene Metalle gemischt worden sein können, um unterschiedliche Kupfersorten zu erzeugen. Dabei können sich auch Recycling und andere Faktoren des Metallkreislaufes auswirken. Ein Teil der legierten Metalle und auch der Kupfersorten mag sich so erklären.

Um speziell Kupferlegierungen zu erzeugen, könnte etwa direkt der Legierungspartner in metallischer Form zu geschmolzenem Kupfer hinzugefügt werden. Für Arsen und die anderen hier diskutierten Legierungspartner wird das für die Frühzeit eher ausgeschlossen, scheint aber nicht unmöglich zu sein<sup>1025</sup>. Gegen Arsen und Antimon in gediegener Form etwa führt Pernicka trotz gelegentlicher archäologischer Funde von Antimon<sup>1026</sup> ihre Seltenheit und den Umstand an, dass für beide in alten Sprachen keine Bezeichnungen bekannt sind<sup>1027</sup>. Arsenfunde bzw. -objekte sind unbekannt. Beide Metalle sind einfach reduzierbar und leicht schmelzbar, aber auch recht flüchtig und oxidierbar<sup>1028</sup>. Antimon schmilzt bei 631 °C, Arsen sublimiert bereits bei 613 °C und verbrennt beim Erhitzen über 180 °C an der Luft zu Arsen(III)-oxid (Arsenik,  $\text{As}_2\text{O}_3$ )<sup>1029</sup>. Dies könnte auch bei der Zugabe von arsenhaltigen Erzen zu geschmolzenem Kupfer greifen. Eine Bearbeitung unter reduzierenden Bedingungen verringert die Gefahr von Verlusten<sup>1030</sup>. Wenn von der Annahme ausgegangen wird, dass arsenhaltige Erze zur Erzeugung von Arsenkupfer dienen, werden dafür nicht selten oxidische Erze vermutet, die unter reduzierenden Bedingungen verhüttet werden können, so dass Arsenverluste dabei geringer ausfallen; bei sulfidischen Erzen – für die eine Röstung häufig als unabdingbar gilt – sei mit so großen Arsenverlusten zu rechnen, dass sie sich nicht für eine Produktion von Arsenkupfer eignen<sup>1031</sup>. Oxidative Bedingungen seien aber vielleicht geeignet, um den Arsengehalt zu steuern<sup>1032</sup>. Einfacher ließen sich deshalb Kupfer gewinnen, die etwa mit Arsen und Antimon legiert sind, wenn deren Produktion gleich mit der Verhüttung einhergeht. Neben der Zugabe des Legierungspartners in metallischer Form gibt es ähnliche Möglichkeiten legiertes Kupfer zu erzeugen: Sie bestehen darin, ein reines Kupfer mit einem arsenhaltigen Erz<sup>1033</sup> oder auch mit Speise als Vorlegierung zu verschmelzen. Die Kupferzusammensetzungen der Frühzeit sprechen allerdings bislang eher für eine direkte Legierungserzeugung, indem nebenelementreiche Chargen verhüttet wurden (vgl. Fahlerze in Europa Kap. IV.1.3 und Levante Kap. IV.6 und s. u.)<sup>1034</sup>. Eine intentionelle Legierung von Kupfer mit Arsenerzen könnte sich ab der Frühbronzezeit etwa im Ägäischen Raum (Poros Katsambas/Kreta; s. o.) nachzeichnen lassen<sup>1035</sup>. Und so ist etwa auch die Zugabe von Speise für spätere Zeiten im Iran nicht auszuschließen (vgl. Kap. IV.3), jedoch liegen in der Verwendung eisenhaltiger Speise Nachteile. Auch bei der Zugabe von arsenhaltigen Erzen, ob nun zu Kupfer selbst oder noch während der Verhüttung, könnten eisenarme Zusammensetzungen Vorteile gehabt haben; dies gilt sowohl für die Produktion als auch für die Zusammensetzung und damit für die Eigenschaften der erzeugten Metalls (s. u.).

---

<sup>1025</sup> Pernicka 1990, 50.

<sup>1026</sup> Antimon kommt gediegen etwa im Kaukasus vor (Tylecote 1987, 144).

<sup>1027</sup> Pernicka 1990, 50.

<sup>1028</sup> Siehe etwa auch Craddock 1995, 289.

<sup>1029</sup> Nach Pernicka 1990, 50.

<sup>1030</sup> McKerrell – Tylecote 1972, 209f. (mit Tabellen). 218; Ottaway 1994, 133.

<sup>1031</sup> Siehe und vgl. McKerrell – Tylecote 1972, 209-211. 218. bes. 211; Vgl. auch Hauptmann 2008, 128.

<sup>1032</sup> McKerrell – Tylecote 1972, 209. 213-215 (mit Abbildungen). 218; Vgl. dazu aber die in dieser Arbeit favorisierte Möglichkeit, durch Auswahl von Kupfertropfen aus der Verhüttung die Nebenelementgehalte und dadurch den Legierungsgehalt zu steuern.

<sup>1033</sup> Bartelheim u. a. 2002, 57 mit weiterer Literatur.

<sup>1034</sup> Hauptmann 2007b, 28f.

<sup>1035</sup> Hauptmann 2007b, 29.



Eine Reihe von Untersuchungen – von denen hier nur einige Eingang fanden – zeigen, dass Arsenkupfer auf unterschiedlichen Wegen erzeugt werden kann: Grundsätzlich ist eine Erzeugung von legiertem Kupfer, hier Arsenkupfer, durch die Verhüttung primärer sulfidischer Erze<sup>1036</sup>, sekundärer verwitterter Erze (mit Restsulfiden)<sup>1037</sup> und Mischungen sulfidischer und oxidischer Erze (*co-smelting*)<sup>1038</sup> möglich, wenn sie natürliche Beimengungen von Nebenelementen wie Arsen enthalten; auch absichtliche Zuschläge etwa in Form arsenhaltiger Erze oder Vorlegierungen (Mutterlegierungen; engl. *master alloy* wie Speise) zum Kupfer sind denkbar<sup>1039</sup>.

Bei den folgend vereinfacht vorgestellten Methoden<sup>1040</sup> – meist wird Arsenkupfer besprochen, um legiertes Kupfer zu erzeugen, können sich die Verfahren bzw. die Prozesse (beispielsweise *co-smelting*, Sulfidschmelzen, Erzeugung von Speise bzw. Arsen-/Antimonmangellegierungen) sowie ihre Vor- und Nachteile überschneiden. Darin sind die Grundlagen für die Chalkolithische Legierungserzeugung (Kap. II.3) zu suchen. Im Einzelnen werden folgende Möglichkeiten diskutiert:

- Gediegen Kupfer mit Arsengehalten<sup>1041</sup>. Dieses lässt sich noch unterhalb der Schmelztemperatur von Kupfer schmelzen (vgl. Schmelzpunktunterschiede).
- Verhüttung oxidischer Erze wie etwa Malachit mit Arsengehalten<sup>1042</sup>; die Beimengungen von Arsenmineralien in oxidischen Erzen könnten zufällig oder auch gesucht gewesen sein<sup>1043</sup>. Aufgrund unterschiedlicher Arsengehalte von Erzpartien können sich verschieden legierte Kupfer während eines Verhüttungsganges bilden. Dies funktioniert insbesondere beim Ausschmelzen nach Schmelzpunktunterschieden aus dem Erz-/Schlackengerüst, wenn sich keine Fayalitschlacke bildet (vgl. Kap. II.2.6.5; II.2.6.7; II.2.4.4.5).
- Es können auch meist antimonhaltige Kupferarsenate (z. B. Olivenit  $[\text{Cu}_2[\text{OH}|\text{AsO}_4]]$ ) reduziert werden, wie sie sich in der Oxidationszone von Lagerstätten finden<sup>1044</sup>; die Verhüttung kann auch zusammen mit Kupferoxiden wie Malachit erfolgen<sup>1045</sup>. Bei niedrigen Temperaturen (700–900 °C) kann Kupfer mit erhöhten As- und Sb-Gehalten entstehen, das wenig Fe enthält, ohne dass sich Schlacke bilden muss<sup>1046</sup>. Mit steigenden Temperaturen, wenn die entstehende Legierung sich verflüssigt, nehmen sowohl der Nickelgehalt als auch insbesondere der Arsengehalt zu<sup>1047</sup>. Solche bei niedrigen Temperaturen (weniger als 900 °C) stattfindenden Prozesse, bei denen der Arsengehalt durch die Gas-/Feststoffdiffusion (Zementation) bestimmt wird und weitgehend unabhängig von den Arsengehalten in der Charge sein kann, werden häufig für Arsengehalte von 1–5 % verantwortlich gemacht<sup>1048</sup>. Bei höheren

---

<sup>1036</sup> McKerrell – Tylecote 1972, bes. 209. 218; Vgl. Pollard u. a. 1991b, 169.

<sup>1037</sup> Pollard u. a. 1991b, bes. 169.

<sup>1038</sup> Lechtman – Klein 1999.

<sup>1039</sup> Mit zahlreicher weiterer Literatur: Rehren u. a. 2012, 1717; Lechtman – Klein 1999, 500; Lechtman 1996, etwa 477. 479-481; Hauptmann 2007b, 28f.

<sup>1040</sup> Siehe etwa Thornton u. a. 2002, 1451f. mit weiterer Literatur; Zwicker 1991; Budd u. a. 1992, 679f; Pigott 1999a, 3; Lechtman – Klein 1999, 500 mit weiterer Literatur; Ottaway 1994, 136-138. 206f. mit weiterer Literatur.

<sup>1041</sup> Zwicker 1991, 332; Tylecote 1987, 92f.; Ottaway 1994, 136.

<sup>1042</sup> Im Folgenden auf der Grundlage von Zwicker 1991, 332f.

<sup>1043</sup> Ottaway 1994, 136.

<sup>1044</sup> Hauptmann 2000, 25.

<sup>1045</sup> Ottaway 1994, 206; Pollard u. a. 1990, 1991a, 1991b.

<sup>1046</sup> Budd u. a. 1992, 679f. bes. 680; Budd 1993, bes. 36f.; O'Brien 1999, 36; Lechtman – Klein 1999, 498; Thornton u. a. 2002, 1452; Vincent Pigott (Weeks 2008, 342).

<sup>1047</sup> Budd u. a. 1992, 680; Budd 1993.

<sup>1048</sup> Budd u. a. 1992, 677. 679-681.

Temperaturen mit einer Gas-/Flüssigdiffusion können die Arsengehalte von den Ursprungsgehalten in der Charge abhängig sein, da durch ein komplettes Aufschmelzen des Metallanteils eine Homogenisierung stattfindet<sup>1049</sup>. Da angenommen wird, dass sulfidische Erze nicht in einem Schritt verhüttet werden können bzw. bei einer Verhüttung über 1300 °C außerordentlich hohe Arsengehalte im Kupfer hinterlassen würden, wurde geschlossen, dass wohl Arsenate bei niedrigen Prozesstemperaturen genutzt wurden<sup>1050</sup>. Bei Versuchen von Pollard und Kollegen wurde mit äußerst arsenreichen Chargen operiert; aus den Ergebnissen folgern sie, dass Arsenkupfer nur bei niedrigen Temperaturen über eine Feststoffdiffusion erzeugt wurde, da sonst sehr hohe As-Gehalte im Kupfer erzeugt würden, die so archäologisch nicht belegt wären. Hauptmann gelangt auf Basis dieser Überlegungen jedoch zu dem Schluss, dass Erze mit niedrigeren Arsengehalten, wie sie urgeschichtlich zur Verfügung standen, durchaus geeignet waren, um Arsenkupfer über Zementationsprozesse bei hohen Temperaturen (Arsendiffusion in flüssiges Kupfer) zu erzeugen; das erzeugte Kupfer kann dann partiell mehr Arsen als das verwendete Erz enthalten (vgl. unten Zementation)<sup>1051</sup>. Diese Überlegungen decken sich mit den Beobachtungen weiterer Autoren<sup>1052</sup>.

- Eine Röstung und anschließende Verhüttung von sulfidischen Erzen kann zu Arsenkupfer führen. Bei der Röstung besteht die Gefahr, dass giftiges Arsen(III)-oxid als flüchtiger Hüttenrauch freigesetzt wird und zur Legierungsbildung fehlt (vgl. Rösten sulfidischer Erze Kap. II.2.4.4.1)<sup>1053</sup>.
- Arsen (gediegen etwa als Scherbenkobalt<sup>1054</sup>) oder arsenhaltige Erze können flüssigem Kupfer zugemischt werden<sup>1055</sup>. Die Zugabe von Auripigment ( $\text{As}_{2-4}\text{S}_{3-6}$ ) und Realgar (AsS) zu geschmolzenem Kupfer wird erwogen<sup>1056</sup>, könnte aber „explosiv“ sein<sup>1057</sup>. Eine vorhergehende Röstung wird deshalb vermutet<sup>1058</sup>. Gegen eine größere Bedeutung dieser Erze wird ihre Seltenheit angeführt<sup>1059</sup>. Auch Arsenopyrit ( $\text{FeAsS}$ ) und Löllingit ( $\text{FeAs}_2$ ) sind zu nennen<sup>1060</sup>. Bei der Zugabe von arsenhaltigen Pyriten könnte eisenhaltige Matte ( $\text{CuFeS}$ ) entstehen, die an der Oberfläche schwimmt und abgeführt oder oxidativ verschlackt werden muss<sup>1061</sup>. Die Zugabe von Domeykit ( $\text{Cu}_3\text{As}$ ) oder Algodonit ( $\text{Cu}_{1-x}\text{As}_x/\text{Cu}_{5-8}\text{As}$ ) zu flüssigem, auch gediegenem Kupfer, wird etwa für den Iran diskutiert<sup>1062</sup>. Die Kupferarsenide Domeykit oder Algodonit können zusammen mit gediegen Kupfer vorliegen oder flüssigem Kupfer beigemischt werden; unter reduzierenden Bedingungen können sie sich „much like sugar in water“<sup>1063</sup> auflösen und zu einer Legierung der Kupferschmelze mit Arsen genutzt werden<sup>1064</sup>. Minerale wie Domeykit und Nickelin (NiAs) sind in flüssigem Kupfer quasi unbegrenzt löslich;

<sup>1049</sup> Siehe und vgl. Budd u. a. 1992, 679f.

<sup>1050</sup> O'Brien 1999, 36.

<sup>1051</sup> Hauptmann 2007b, 205. 222; Pollard u. a. 1990; Pollard u. a. 1991a.

<sup>1052</sup> Hauptmann 2007b, 205 mit weiterer Literatur.

<sup>1053</sup> Lechtman – Klein 1999, 498f.

<sup>1054</sup> Zwicker 1991, 335.

<sup>1055</sup> Budd u. a. 1992, 679; Ottaway 1994, 137.

<sup>1056</sup> Zwicker 1991, 335; Craddock 1995, 289.

<sup>1057</sup> Mündliche Mitteilung E. Pernicka bei Vincent Pigott (Weeks 2008, 342)

<sup>1058</sup> Pollard u. a. 1990, 72.

<sup>1059</sup> O'Brien 1999, 34. 36.

<sup>1060</sup> Rehren u. a. 2012, 1717.

<sup>1061</sup> Tylecote 1987, 43. 193; Ottaway 1994, 136.

<sup>1062</sup> Hessel – Lamberg-Karlovsky 1980, 231. 233; Thornton u. a. 2002, 1452 mit weiterer Literatur.

<sup>1063</sup> Pigott 1999b, 78 nach einer mündlichen Mitteilung von W. Rostoker. Mit weiterer Literatur. Ebenso „like sugar in water“ Thornton u. a. 2002, 1451.

<sup>1064</sup> Pigott 1999b, 78; Benoit 2004, 184; Lechtman 1996, 477; Vgl. die Lagerstättenregion von Anarak mit den Lagerstätten Talmessi und Meskani (Pigott 1999b, 78f.; Hessel – Lamberg-Karlovsky 1980, 231. 233).

bei Mineralen wie Tennantit ( $\text{Cu}_{12}[\text{S}(\text{AsS}_3)_4]$ ) hingegen ist die Löslichkeit durch die des Schwefels in Kupfer begrenzt, kann aber durch eine Abführung des Schwefels erhöht werden<sup>1065</sup>. Bei der Zugabe von Arsenmineralien wie Realgar stellte in Versuchen sich bildende Schlacke einen limitierenden Faktor dar<sup>1066</sup>. Zu archäologischen Erzfinden siehe etwa solche von Arslantepe<sup>1067</sup>.

- Gemeinsame Verhüttung von Kupfererzen und arsenhaltigen Mineralien, sei es durch Erzvergesellschaftung oder Zumischung (vgl. auch bislang genannte arsenhaltige Erze); bei der Verhüttung, ggfs. einem *co-smelting* (oder *mixed smelting*, *co-reduction*, (s. u.)), können sie zu legiertem Kupfer führen (siehe für eine Aufzählung Rostoker und Dvorak<sup>1068</sup>).
- Beim sog. *co-smelting* werden oxidische und sulfidische Erze gemeinsam verhüttet bzw. können sich gegenseitig reduzieren. Arsenverluste können so minimiert werden<sup>1069</sup>. Von einer Auswahl eisenarmer Erze und überwiegend oxidierenden Bedingungen profitiert die Legierungserzeugung, unter anderem weil sich dann wahrscheinlich Übergänge zur Abscheidung von Speisephase bzw. Arsen-/Antimonmangellegierungen<sup>1070</sup> aus Sulfidphasen ergeben (vgl. *co-smelting* Kap. II.2.4.4.8.). Abdeckungen verbessern unter Umständen die Ausbringung von höher legiertem Kupfer, *co-smelting*-Versuche erfolgten oftmals mit Abdeckungen (vgl. Zementationsprozess [?] unten)<sup>1071</sup>.
- Durch die Verwendung sulfidischer, oder besser gemischt oxidisch-sulfidischer Erze kann bei zunehmender Entschwefelung eine Arsen-/Antimonmangellegierung als kupferreiche Speisephase aus einer idealerweise kupferreichen und eisenarmen Sulfidphase abgeschieden werden (vgl. *co-smelting* Kap. II.2.4.4.8; Speise Kap. II.2.4.4.7; Chalkolithische Verhüttung Kap. II.3)<sup>1072</sup>. Die Legierungspartner Arsen und Antimon finden sich etwa in Fahlerzen. Fahlerze können bei einer Verhüttung je nach ihrer Zusammensetzung und den Verhüttungsbedingungen durchaus Kupfer erzeugen, die relativ reich an Arsen, Nickel und/oder Antimon sind<sup>1073</sup>. Gegebenenfalls kommen Gehalte an Bismut und/oder Silber hinzu.
- Bei der Verhüttung von Chargen die sowohl Arsen als auch Eisen enthalten, können Eisenarsenide (eisenhaltige Speise) entstehen<sup>1074</sup> (vgl. Iran Kap. IV.3), die zur Legierungserzeugung mit aufgeschmolzenem Kupfer gemischt werden können (vgl. Tepe Hissar und Arisman im frühbronzezeitlichen Iran)<sup>1075</sup>. Die Produktion der Speise als Zwischenschritt erfolgte im Iran wohl intentionell, oder war die Aufarbeitung eines beiläufig angefallenen Nebenproduktes. Die Beigabe der Eisenarsenide zu Kupfer funktioniert, das Eisen muss unter Umständen im Anschluss verschlackt werden<sup>1076</sup>. Doch dürfte Eisen im Kupfer zurückbleiben, da es eine hohe Affinität zu Arsen hat. Ein eingehender Vergleich mit der japanischen Legierung *shirome*, die auf diese Weise hergestellt wurde, bietet sich an<sup>1077</sup>. Nach Budd und Kollegen können etwa bei einer Verhüttung von Fahlerzen und sekundären Verwitterungserzen auch über dabei stattfindende Zementationsprozesse Arsenkupfer

---

<sup>1065</sup> Rostoker – Dvorak 1991, 6f. 11f.

<sup>1066</sup> Palmieri u. a. 1993, 597.

<sup>1067</sup> Palmieri u. a. 1993, 574-576.

<sup>1068</sup> Rostoker – Dvorak 1991, 11 (cave: abweichende Definition von *co-smelting*).

<sup>1069</sup> Thornton u. a. 2002, 1452; Rostoker – Dvorak 1991, bes. 11; Lechtman – Klein 1999, bes. 499. 522f.

<sup>1070</sup> Moesta 2004.

<sup>1071</sup> Rostoker u. a. 1989, 74; Rostoker – Dvorak 1991, 9. 12; Lechtman – Klein 1999, bes. 500-503.

<sup>1072</sup> Moesta 2004.

<sup>1073</sup> Vgl. etwa Bartelheim u. a. 2002, etwa 57 und Tabelle 3.

<sup>1074</sup> Zwicker 1991, 333. – Siehe etwa Rehren u. a. 2012; Thornton u. a. 2009.

<sup>1075</sup> Zwicker 1991, 333f.; Vincent Pigott (Weeks 2008, 342); Ottaway 1994, 137; Rehren u. a. 2012, 1717.

<sup>1076</sup> Craddock 1995, 290.

<sup>1077</sup> Vgl. Craddock 1995, 290.

erzeugt werden; der Arsengehalt des Kupfers hängt – bei Gas-/Flüssigdiffusion – vom ursprünglichen Arsengehalt des Erzes ab<sup>1078</sup>. So gewonnenes, unter Umständen hoch legiertes Kupfer kann dann als Vorlegierung verwendet werden (vgl. oben)<sup>1079</sup>. Mit einem einstufigen Verhüttungsprozess bei über 1300 °C verbinden Budd und Kollegen einen überhohen Arsengehalt des erzielten Metalls<sup>1080</sup>. Durch eine Gas-/Flüssigdiffusion können auch in einzelnen Kupfertropfen Arsengehalte erzeugt werden, die über dem Ursprungsgehalt des Erzes liegen (vgl. Kap. II.2.6.7 und siehe im Folgenden)<sup>1081</sup>. Aus (teilweise verwitterten) Fahlerzen können reine, eisenarme Arsen-/Antimonmangellegierungen bzw. Speise mit konzentrierten Gehalten an diesen Nebenelementen, evtl. über die Abscheidung aus einer Sulfidphase<sup>1082</sup> entstehen. Je nach Legierungsgrad können diese teilweise ebenfalls Vorlegierungen darstellen. Eisenarme Zusammensetzungen bieten dabei aber generell Vorteile gegenüber Eisenarseniden.

- Arsen- und zinkreiche Kupferlegierungen lassen sich durch einen Zementationsprozess herstellen, was auch als Färben bekannt ist<sup>1083</sup>. Dazu können die Legierungspartner in metallischer Form und teilweise auch als Erz genutzt werden. Insbesondere in geschlossenen Behältnissen, und wenn die Oberfläche des zu legierenden Metalls wie etwa bei Blechen oder Tropfen groß ist, läuft die Diffusion besonders erfolgreich. Tylecote 1987, 144: „Under such conditions [i. e. reduzierende Atmosphäre und vorzugsweise geschlossene Behältnisse] zinc vapour is given off at quite low temperatures and it is best to granulate the copper and carry out the process just below the melting point so that the zinc vapour is absorbed by the large area of solid copper.“ Indes genügen ansatzweise auch Holzkohleabdeckungen. Arsenopyrit beispielsweise zersetzt sich bei 650°C zu As und FeS<sup>1084</sup>. Aufgrund des hohen Dampfdrucks von Arsen dürfte mit solchen Prozessen bei vielen Verhüttungsoperationen zu rechnen sein; bei offenen Reaktoren sind Verluste wahrscheinlich<sup>1085</sup>. Bei oxidischen Kupfererzen ist mit erstem reduzierten Kupfer bereits um 700°C zu rechnen, das dann Arsen aufnehmen kann<sup>1086</sup>. Bei Zementationsprozessen mit Zink kann es unter Verwendung eisenhaltiger Zinkerze zu Verunreinigungen mit Eisen kommen<sup>1087</sup>. Da bei der chalkolithischen Verhüttung *prills* und ähnliches entstehen, die eine große Oberfläche haben, können Zementationsprozesse schon während der Verhüttung zur Legierungserzeugung beitragen.
- Evtl. könnten, insbesondere in geschlossenen Behältnissen, auch Destillationseffekte zum Tragen kommen<sup>1088</sup>.
- Obwohl es sich nicht direkt um Herstellungsverfahren handelt, sind auch die Nutzung arsenreicher und ggfs. anderweitig nebenelementreicher Erze oder die gezielte Auswahl höher legierter Kupfer aus einem größeren Metallstock in diesem Zusammenhang zu nennen<sup>1089</sup>.

---

<sup>1078</sup> Budd u. a. 1992, 679f.

<sup>1079</sup> Budd u. a. 1992, 679.

<sup>1080</sup> O'Brien 1999, 36; Vgl. Budd u. a. 1992, 679.

<sup>1081</sup> Vgl. Budd u. a. 1992, 679f.; Hauptmann 2007b, 205. 222.

<sup>1082</sup> Vgl. Moesta 2004.

<sup>1083</sup> Mit weiterer Literatur Thornton u. a. 2002, 1452; Vgl. Rostoker – Dvorak 1991, 11; Zwicker 1991, 333. 335; Budd u. a. 1992, 679f.; Yener 2000, 59; Craddock 1995, 284f. 292. 294-298; Tylecote 1987, 41. bes. 144. 186.

<sup>1084</sup> Rostoker – Dvorak 1991, 11.

<sup>1085</sup> Rostoker – Dvorak 1991, 11f.

<sup>1086</sup> Rostoker – Dvorak 1991, 11.

<sup>1087</sup> Craddock 1995, 298.

<sup>1088</sup> Vgl. Craddock 1995, 284. 302-321; Tylecote 1987, 42.

<sup>1089</sup> Vgl. Rapp 1988, 22 mit weiterer Literatur.

Die Herstellung von Arsenkupfer mit den genannten Erzen und Verfahrenswegen funktioniert in Versuchen. Ein überzeugender archäologischer Nachweis, ob bzw. welche Verfahren tatsächlich genutzt wurden, steht aber bislang aus<sup>1090</sup>. Am Metall allein ist dies auch kaum abzulesen. In dieser Arbeit sollen dennoch verhalten optimistisch Grundzüge möglicher Verfahrenswege vorgestellt werden<sup>1091</sup>. Wenn erhöhte Werte von As zusammen mit Sb, Bi, Ni und/oder Ag auftreten, kann man von der Nutzung verunreinigter Erze ausgehen (in diesem Fall wahrscheinlich Fahlerze)<sup>1092</sup>. Lediglich erhöhte Arsenwerte lassen umgekehrt nicht darauf schließen, dass Arsen beigemischt wurde<sup>1093</sup>. Die kombinierte Betrachtung der Verhüttungsrückstände, wie sie etwa in den Schlacken eingeschlossen sind, und der Kupferzusammensetzung einer Metallsorte lässt Aussagen zum Herstellungsweg zu. Deshalb sollen für erste (Arsen-) Kupferlegierungen die Grundzüge der Verfahrenswege auf Überschneidungen hin untersucht werden. Im Einzelfall können zwar unterschiedliche Wege beschrieben worden sein. Jedoch zeigt sich für frühe Legierungen, dass diese wohl während der Verhüttung durch die Verwendung arsen- bzw. nebenelementhaltiger Erze erzeugt wurden. Mit ihnen kamen Arsen und andere Legierungspartner als natürliche, wohl aber beabsichtigte Teile der Charge, während der Verhüttung in das erzielte Metall; am wahrscheinlichsten stammen sie aus dem Erz, vielleicht auch aus Zuschlägen oder Flussmitteln<sup>1094</sup>. So wird bei der Verhüttung arsenhaltiger Erze Arsen im Wesentlichen vom Kupfer aufgenommen und dann nur unter stark oxidierenden Bedingungen flüchtig<sup>1095</sup>. In Anwesenheit von Eisen besteht bei sehr hohen Arsengehalten die Möglichkeit, dass sich eisenhaltige Speise bildet (vgl. Kap. II.2.4.4.7), die Arsen- und Antimongehalte im Kupfer können dann von den Mengenverhältnissen von Cu:Fe:As(Sb) abhängen<sup>1096</sup>. Ähnlich dürfte Arsen auch an regelhafte eisenhaltige Schlacken verloren gehen (vgl. Kap. II.2.5.3). Eisenarme Chargen bieten deshalb viele Vorteile für die frühe Verhüttung und die Mechanismen der chalkolithischen Legierungserzeugung. Die Zusammensetzungen früher Kupfer und besonders legierter Kupfer sind eisenarm und unterstützen die These von der Verhüttung eisenarmer Chargen. Ein Ausschmelzen der Wertträger nach Schmelzpunktunterschieden aus refraktären (eisenarmen) Chargen ist wahrscheinlich, da vorhandenes verschlacktes Material allenfalls teilverflüssigt war<sup>1097</sup>. Da die Legierungspartner und -mechanismen zu niedrigen Schmelzpunkten beitragen, dürften Schmelzpunktunterschiede mehr noch bei der Erzeugung hoch legierter Kupfer eine Rolle spielen.

Zunächst kann unabhängig von der Herstellungsmethode festgestellt werden, dass in der Frühzeit die Legierungen häufig eisenarme Zusammensetzungen aufweisen. Prinzipiell kommen die Zulegierung arsenreicher Erze oder einer Vorlegierung (Mutterlegierung) zu geschmolzenem Kupfer sowie die Verhüttung arsenhaltiger Kupfererze in Frage. Die Ausbringung legierten Metalls über eine Verhüttung arsenhaltiger Erze profitiert bei verschiedenen Prozessen von eisenarmen Zusammensetzungen (Sulfidschmelzen, Speiseabscheidung). Daneben dürften auch Zementationsprozesse stattfinden. Dass die teils erhöhten Eisengehalte späterer Arsenkupfer, wie sie meist aus der Zeit nach dem Ende des 4. Jt. v. Chr. stammen, von der Zugabe arsenreicher, eisenhaltiger Speisen oder Erze zu geschmolzenem Kupfer herrühren, kann vermutet werden.

---

<sup>1090</sup> Craddock 1995, 287-289; Zuletzt etwa Merkl 2011, 128.

<sup>1091</sup> Vgl. etwa Merkl 2011, 67. 128.

<sup>1092</sup> Craddock 1995, 287f.

<sup>1093</sup> Craddock 1995, 288.

<sup>1094</sup> Zwicker 1991; Hauptmann 2007b, 28f.

<sup>1095</sup> Nach Pernicka 1990, 50.

<sup>1096</sup> Nach Pernicka 1990, 50.

<sup>1097</sup> Hauptmann 2003a; Hauptmann 2007a.

Nach O'Brien werden für die Herstellung von Arsenkupfer durch die Verhüttung arsenhaltiger Erze im Wesentlichen zwei Verfahrensstränge diskutiert<sup>1098</sup>: Die Verhüttung primärer sulfidischer polymetallischer Erze (z. B. Fahlerze) bei hohen Temperaturen – was zu einem hohen Arsengehalt führen könnte, und die Verhüttung sekundärer verwitterter Kupferarsenate bei niedrigen Temperaturen in einem schlackenlosen Verfahren. Letztere Methode mit Kupferarsenaten bei niedrigen Temperaturen wurde von Budd und Kollegen favorisiert<sup>1099</sup>.

Mittlerweile ist die Sachlage allerdings komplexer und offener (vgl. oben): Vielfältige Möglichkeiten, Arsenkupfer aus sulfidischen Erzen zu gewinnen, stehen in der Diskussion. Bei allen Unterschieden könnten einfache Verhüttungsbedingungen, niedrige Temperaturen und ein Ausschmelzen des Metallanteils nach Schmelzunterschieden der gemeinsame Nenner sein. Dazu an dieser Stelle ein Beispiel (vgl. Chalkolithische Verhüttung Kap. II.3): O'Brien rekonstruiert den Herstellungsprozess eines niedrig legierten Arsenkupfers vom glockenbecherzeitlichen Verhüttungsplatz (ca. 2400–2200 v. Chr.) auf Ross Island (Irland). Ihm zufolge wurden sulfidische Erze (tennantitreiches Fahlerz, Chalkopyrit-Arsenopyrit) direkt geröstet und anschließend in einem schlackenlosen Verfahren verhüttet. Dies verbindet er mit den niedrigen Eisengehalten der gleichzeitigen Kupferfunde<sup>1100</sup>. Allerdings könnte ein Kupfertropfen an Kupfersulfid auch für eine Abscheidung einer Arsenkupferphase aus einer Sulfidphase sprechen. Der Tennantit von Ross Island weist niedrige Eisengehalte auf<sup>1101</sup>.

Eine intentionelle Produktion insbesondere von Arsenkupferlegierungen wird von vielen Autoren angenommen<sup>1102</sup>. Aber auch eine unbeabsichtigte Produktion von Arsenkupfer, bedingt durch die Art der verwendeten Erze mit zufälligen natürlichen Beimengungen an Arsen wird verfochten<sup>1103</sup>. Eine Beobachtung für die Britischen Inseln – der Beginn der Arsenkupfermetallurgie wird dort allerdings später als auf dem europäischen Kontinent angesetzt – könnte dabei interessant sein, so sich diese heute noch so halten lässt und verallgemeinern ließe: Nur die Vererzungen einer bronzezeitlichen Mine (Ross Island-Killarny/Irland) lassen die Erzeugung von Arsenkupfer zu. Dem stehen 30 oder mehr Bergwerke gegenüber, bei denen dies nicht der Fall ist<sup>1104</sup>. Hier soll nicht der genauen Herkunftsfrage nachgegangen werden, sondern auf die mögliche Bedeutung dieses Missverhältnisses hingewiesen werden. Denn wenn nur diese Mine Arsenkupfer lieferte, und Arsenkupfer ein gefragtes Produkt war (Arsenkupfer war zwischen 2500-2000 v. Chr. die dominierende Kupfersorte), dann wurde ihre Ausbeutung absichtlich betrieben<sup>1105</sup>. Die arsenhaltigen Erze von Ross Island-Killarny liegen aufgrund der wahrscheinlich zu vernachlässigenden Ausbildung einer sekundären Verwitterungszone zudem in sulfidischer Form vor<sup>1106</sup>. Wahrscheinlich wurden unter anderem eisenarme Fahlerze genutzt<sup>1107</sup>. Möglicherweise ist daraus ein starkes Argument für die Intention von Arsenkupfer ableitbar. Eine Bewertung der Verfügbarkeit primärer wie sekundärer (Fahl-) Erze scheint angebracht. Denn der bei Pernicka vermittelte Eindruck, dass Fahlerze als linsenartige Einschlüsse in Kupfergängen auftreten, und daher arbeitsintensiv in der Gewinnung sind, legt vorläufig nämlich auch nahe, dass teils ein erheblicher Aufwand betrieben worden sein könnte, um gezielt diese abzubauen und anzureichern

---

<sup>1098</sup> O'Brien 1999, 34f. (zu den Arbeiten von Pollard u. a. 1990; Budd u. a. 1992, bes. 679f.; Budd 1993) – Vgl. dazu z. B. Hauptmann 2007b, 28f.

<sup>1099</sup> Budd u. a. 1992, 680.

<sup>1100</sup> O'Brien 1999, 38-40.

<sup>1101</sup> Vgl. O'Brien 1999, 40.

<sup>1102</sup> Etwa Charles 1967; McKerrell – Tylecote 1972, bes. 209. 218; Lechtman 1996, etwa 506; Merkl 2011, 61.

<sup>1103</sup> Pollard u. a. 1991b, 169.

<sup>1104</sup> O'Brien 1999, 36. 39f.

<sup>1105</sup> O'Brien 1999, 40.

<sup>1106</sup> O'Brien 1999, 37.

<sup>1107</sup> O'Brien 1999, 35. 38-40.

(Taf. 2, 1)<sup>1108</sup>. Ob anschließend die Möglichkeiten, Arsenkupfer oder Metall an sich material-, rohstoff- und zeitaufwandsoptimiert zu gewinnen (Schmelzen von Sulfidphasen) im Vordergrund standen, bleibt offen<sup>1109</sup>. Jedenfalls wurde womöglich enormer Aufwand betrieben, um an Fahlerze zu gelangen. Das daraus erzeugte Kupfer dürfte entsprechend begehrt gewesen sein.

### **II.3. Chalkolithische Verhüttung und Legierungen: Verhalten von Arsen, Antimon, Nickel und Silber sowie mögliche Auswahlkriterien für das Erz**

Die vorhergehenden Abschnitte haben gezeigt, dass zur Herstellung von legiertem Kupfer verschiedene Wege möglich sind und prinzipiell auch nutzbar waren. Keiner dieser Wege ist bislang für die Frühzeit zweifelsfrei belegt, auch sind noch nicht alle Schritte befriedigend geklärt. So steht eine Zulegierung von Arsen zum Beispiel in Form von Arsenmineralen zu geschmolzenem Kupfer im Raum. Eine Zugabe von metallischem Arsen wird eher ausgeschlossen. Eine andere Möglichkeit, legiertes Kupfer zu erzeugen, ist eine Zumischung von Vorlegierungen. Diese lässt sich archäologisch erstmals möglicherweise in Arslantepe, Tepe Hissar und Arisman etwa ab der Wende vom 4. zum 3. Jt. v. Chr. beobachten. Gerade in dieser Zeit ändern sich die Verhüttungstechniken hin zu einem schlackenbildenden Verfahren. Eine Zulegierung – gleich welcher Art (Arsen, Zinn) – würde dann im Idealfall zu bereits raffiniertem Kupfer erfolgen. Vielfach wird eine Verhüttung arsenhaltiger Kupfererze erwogen; jedoch ist es schwierig Erze zu identifizieren, die genügend hohe Arsengehalte aufweisen<sup>1110</sup>. Verhüttung oder Schmelzen arsenhaltiger Erze in einem bewusst daran angepassten Verfahren könnte zur Erzeugung von Arsenkupfer führen<sup>1111</sup>. Solange keine genügend arsenreichen Erze bekannt sind, muss eine Anreicherung der Nebenelemente über den Ursprungsgehalt im Erz in Teilen des ausgebrachten Metalls angenommen werden. Dabei erlaubt das Anreicherungsverhalten der Nebenelemente bei einer schlackenlosen Metallurgie (in Tiegeln), legiertes Kupfer aus schwach nebenelementhaltigen Kupfererzen zu schmelzen, was in einem schlackenbildenden Verfahren nicht möglich wäre. Mehrere Beobachtungen lassen sich mit schlackenlosen Verfahren in Übereinstimmung bringen. Etwa lässt sich häufig eine Korrelation von As und Ni beobachten, sodass man daraus schließen kann, dass die Nebenelemente direkt aus dem Kupfererz stammen<sup>1112</sup>. Das aufgefundene verschlackte Material und die Tatsache, dass nur wenig davon vorliegt, unterstützen die Hypothese einer schlackenlosen Verhüttung<sup>1113</sup>. Ebenso deuten das Verhalten von Kupfer und seinen Legierungspartnern bei der Verhüttung im Abgleich mit der Zusammensetzung der Artefakte in die gleiche Richtung. In einer Zusammenschau werden auch die Vorteile einer schlackenlosen Verhüttung für die Legierungserzeugung sichtbar.

Die Grundzüge der chalkolithischen Legierungserzeugung zu charakterisieren, gestaltet sich wegen der Überlagerung von verschiedenen Prozessen schwierig. Zudem erfolgte die Vorlage und Untersuchung der Schlacken unter völlig anderen Fragestellungen. Die Zusammensetzungen von Metallartefakten lassen nur in der Zusammenschau und auch dann nur tendenziell Aussagen zu. Insgesamt zeichnet sich

---

<sup>1108</sup> Vgl. Pernicka 1990, 75 Abb. 24.

<sup>1109</sup> Unter anderem weil Eigenschaften irischer Arsenkupfer nicht ausgenutzt wurden, stellt O'Brien die Frage, ob diese vielleicht nur „function of the smelting process“ (O'Brien 1999, 40) waren.

<sup>1110</sup> Hauptmann u. a. 2003, 201; Vgl. Schmitt-Strecker u. a. 1992; Begemann u. a. 1994; Hauptmann u. a. 2002.

<sup>1111</sup> Etwa McKerrell – Tylecote 1972, bes. 209. 218.

<sup>1112</sup> Pernicka 1990, 55.

<sup>1113</sup> Craddock 1995, 122-137. bes. 126f. 135. ferner 137-146; Craddock 2000, bes. 155f.; Craddock – Meeks 1987, bes. 187f.; Hauptmann 2003a.

ab, dass ein wesentlicher Grundzug der schlackenlosen Verhüttung und Legierungserzeugung darin besteht, dass die Wertträger nach Schmelzpunktunterschieden ausgebracht wurden<sup>1114</sup>.

### **II.3.1. Sulfidische Erze, Sulfidphasen und die Abscheidung von Speisen bzw. Arsen-/Antimonmangellegierungen**

Der Wandel von der Verhüttung oxidischer hin zu sulfidischen Erzen wurde oft damit erklärt, dass erstere leichter zu verhütten und auf den Lagerstätten einfacher zugänglich sind<sup>1115</sup>. Einer der Gründe für eine spät gedachte Zuwendung zu sulfidischen Erzen ist, dass man für diese Erze eine der Verhüttung vorangehende Röstung und einen Matteschmelzprozess als notwendig erachtete (vgl. Kap. II.2.4.4.1; II.2.4.4.2)<sup>1116</sup>. Jedoch können sulfidische Erze bei der chalkolithischen Verhüttung (vgl. *co-smelting*, Röst-Reaktionsprinzip Kap. II.2.4.4.8) verhüttet werden und dabei Legierungen erzielt werden. Dieser Weg bietet Vorteile für die Legierungserzeugung, u. a. indem dabei Arsenverluste durch vorhergehendes Rösten (vgl. Kap. II.2.4.4.1) und während der Verhüttung (vgl. Kap. II.2.4.4.3)<sup>1117</sup> vermieden werden können. Spätestens an der Wende vom 5. zum 4. Jt. ist die Verhüttung sulfidischer Erze auf dem Balkan<sup>1118</sup> und wahrscheinlich auch in den Alpen (Brixlegg)<sup>1119</sup> belegt, und die Nutzung von sulfidischen Erzen und Fahlerzen in der frühen Verhüttung tritt immer deutlicher hervor<sup>1120</sup>. Bourgarit folgend sind für die Nutzung (teil-) sulfidischer Erzchargen der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. etwa Abu Matar, Shiqmim (Levante), Dolnoslav (Bulgarien) und Brixlegg (Österreich) sowie für die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. Norşuntepe (Türkei), Tepe Sialk III<sub>6-7</sub> (Iran) und Fenan Wadi Fidan 4 in der Levante sowie möglicherweise Murgul (Türkei) zu nennen<sup>1121</sup>. Ein Grund für die Nutzung sulfidischer Erze könnte sein, dass diese häufig mehr As, Ni und Sb enthalten<sup>1122</sup>. Weiter erlauben gemischt oxidisch-sulfidische Chargen mit der Abscheidung von Arsen-/Antimonmangellegierungen bzw. Speisen eine besondere Darstellungsmethode für legierte Kupfer<sup>1123</sup>. Aber auch oxidische Erze können sehr reich an Arsen sein und werden oft für Arsenkupfer verantwortlich gemacht<sup>1124</sup>.

Das Modell eines Schachtofenverfahrens benötigt Schlacken. Durch das „Rezept“ für eine Schlackenerzeugung, d. h. die dafür notwendige Zusammensetzung der Charge, gelangt bei einer schlackenbildenden Verhüttung Eisen ins System der Verhüttung. Der mögliche Einfluss der Erzbasis – insbesondere ob sulfidische oder oxidische Erze verhüttet wurden – auf die Eisengehalte des ausgebrachten Kupfers kann nicht sicher nachvollzogen werden: Einerseits fanden Versuche dazu unter verschiedenen Fragestellungen statt. Andererseits erfolgten Änderungen in der Verhüttungstechnik, deren Einfluss auf die Eisengehalte schwierig zu beurteilen ist, weil man davon ausgeht, dass sie sich mit dem Wandel in der Erzbasis überlagern. So enthält zwar nach Verhüttungsversuchen von Tylecote und Kollegen Kupfer aus oxidischen Erzen mehr Eisen als solches

---

<sup>1114</sup> Siehe und vgl. Hauptmann 2003a, bes. 465; Hauptmann 2007a, 132.

<sup>1115</sup> Strahm 1994, 33f.; Strahm – Hauptmann 2009, 122f.

<sup>1116</sup> Ottaway 1994, 101f.

<sup>1117</sup> Lechtman – Klein 1999, 521-523.

<sup>1118</sup> Ryndina u. a. 1999.

<sup>1119</sup> Bartelheim u. a. 2002, 54-57. 66.

<sup>1120</sup> Bourgarit u. a. 2003, 438f. mit weiterer Literatur.

<sup>1121</sup> Bourgarit 2007, 4 Table 1.

<sup>1122</sup> Aussagen dazu sind schwer zu treffen. So können zwar auch im Eisernen Hut arsenreiche Verwitterungsminerale vorliegen, aber das Vorkommen arsenhaltiger Kupfererze in der Umbildungszone unter dem Eisernen Hut ist umstritten. Dagegen werden an Arsen und anderen Nebenelementen reiche sulfidische Erze häufiger beschrieben (siehe Hauptmann 2007a, 117f.).

<sup>1123</sup> Moesta 2004; Lesniak 1991.

<sup>1124</sup> Mit weiterer Literatur Thornton u. a. 2010, 308.



aus sulfidischen Erzen<sup>1125</sup>. Dieser Befund ist aber auch mit stärker reduzierenden Bedingungen während der Verhüttung verbunden<sup>1126</sup>. Ein Wechsel zu sulfidischen Erzen (Fahlerze) während der Frühbronzezeit wird mit niedrigen Eisengehalten in Verbindung gebracht<sup>1127</sup>. Allerdings mehren sich die Hinweise auf die Nutzung von Fahlerzen und sulfidischen Erzen in der frühen Metallurgie. Sie liegen bereits aus dem ausgehenden 5. und frühen 4. Jt. v. Chr. vor (z. B. Südosteuropa, Brixlegg, Abu Matar [vgl. oben])<sup>1128</sup>. In Mesopotamien verwendetes Kupfer mit höheren Eisengehalten aus dem 3. Jt. v. Chr. wird auf die Verwendung oxidischer Erze zurückgeführt; Grund dafür könnte sein, dass in semiariden Gebieten oxidische Erze aufgrund besser ausgebildeter Oxidationszonen länger verfügbar waren<sup>1129</sup>. Allerdings führte die früheste Verhüttung, die mutmaßlich auf Basis oxidischer Erze erfolgte, in der Regel zu Kupfer mit niedrigen Eisengehalten. Während sich so zunächst die Auswirkungen der Erzauswahl auf die Eisengehalte kaum festmachen lassen, tritt diese mit Blick auf die Wahl des Verfahrens deutlicher hervor. Craddock geht von einer schlackenlosen Metallurgie im Chalkolithikum aus<sup>1130</sup>. Dabei ist Eisen ein *Schlüsselfaktor* für die Möglichkeit, die Wertträger nach Schmelzpunktunterschieden aus der Charge auszubringen<sup>1131</sup>: Ohne Eisen im System kommt es unter 1250 °C kaum zur Bildung flüssiger Schlacken. Gerade Fahlerze oder deren Verwitterungserze sind wohl besonders eisenarm<sup>1132</sup>. Die Verhüttung (teil-) sulfidischer Erze mit Gehalten an Arsen und Antimon (wie Fahlerze!) bzw. das Mischen solcher sulfidischer Erze mit oxidischen Erzen ermöglicht eine besondere Methode der Legierungserzeugung: Nach Moesta kann sich im System Cu – S- As, Sb (absichtlich) eine Arsen-/Antimonmangellegierung als Speisephase abscheiden, wenn in der Mattephase der Kupfergehalt relativ zu Schwefel und Arsen/Antimon (gezielt) hoch eingestellt ist (Taf. 5, 1; vgl. Kap. II.2.4.4.7)<sup>1133</sup>. Auch Versuche und Beobachtungen an Schlacken könnten einen Zusammenhang der Erzeugung von As-Sb-(Ni)-Kupfern mit Sulfidphasen nahelegen<sup>1134</sup>. Bei falscher Zusammensetzung führt die Verhüttung allerdings zur Bildung von eisenhaltigen Speisen (vgl. Kap. II.2.4.4.7). Eisenfreie Matte bietet Vorteile für den Anfall eisenarmer Arsen-/Antimonmangellegierungen bis hin zu Speisen; diese können unmittelbar dem Kupfer zulegiert oder selbst als Legierung verwendet werden. Neben einer gezielten Auswahl eisenarmer Erze können auch eher oxidierende Bedingungen die Zusammensetzung der Matte beeinflussen, da Eisen bevorzugt oxidiert wird (vgl. Kap. II.2.6.6)<sup>1135</sup>. Wenn das Lösungsvermögen von Matte für Arsenide und Antimonide überschritten ist – und dies wird bei eisenfreien und kupferreichen Kupfersulfidphasen schneller bzw. überhaupt erst erreicht, kommt es zum Anfall einer Speisephase<sup>1136</sup>. Durch Temperaturunterschiede ließen sich dann verschieden legierte Kupfer separat ausschmelzen. Vorteil dieser Methode wäre es auch, dass die Nebenelementgehalte im Kupfer gebunden und somit (bei weiteren Schritten) weniger leicht verloren gehen können<sup>1137</sup>. Hauptmann stellt fest, dass verschiedene Schlacken des 4. und 3. Jt. v. Chr. Einschlüsse von Sulfiden bzw. Matte mit

---

<sup>1125</sup> Tylecote u. a. 1977; Pernicka 1999, 166; Ebenso Tylecote 1980a, 189: Kupfer aus der Verhüttung sulfidischer Erze seien eisenärmer.

<sup>1126</sup> Pernicka 1999, 166.

<sup>1127</sup> Pernicka 1999, 166.

<sup>1128</sup> Bourgarit u. a. 2003, 438f. mit Literatur.

<sup>1129</sup> Pernicka 1999, 166 mit Figure 6.

<sup>1130</sup> Siehe etwa Craddock 1995, 122-137. bes. 126f. 135.

<sup>1131</sup> Bourgarit u. a. 2003, 438.

<sup>1132</sup> Siehe beispielsweise Lesniak 1991, 197

<sup>1133</sup> Mit weiterer Literatur Moesta 2004, 270f. mit Abb. 1 (mit Abbildungsunterschrift); Moesta 1998; Vgl. dazu Martinek – Sydow 2004, 207-209.

<sup>1134</sup> Zu entsprechenden Beobachtungen siehe Zwicker 1980, 14f.

<sup>1135</sup> Lechtman – Klein 1999, 518-521.

<sup>1136</sup> Lesniak 1991, 202-205.

<sup>1137</sup> Lesniak 1991, 207.

unterschiedlichen Cu/Fe-Verhältnissen enthalten. Oftmals stellen sie die einzige kupferführende Phase dar und rühren wohl von Reliktsulfiden her<sup>1138</sup>. Zu nennen wären etwa Schlacken von Cabrières-La Capitelle du Broum<sup>1139</sup>, Shahr-i Sokhta<sup>1140</sup> (beide erste Hälfte des 3. Jt. v. Chr.); ältere Schlacken mit Sulfideinschlüssen stammen aus Abu Matar (weitere Überlegungen Kap. IV.6)<sup>1141</sup>, Wadi Fidan 4<sup>1142</sup>, Shiqmim und Norşuntepe (vgl. Kap. IV.2.2)<sup>1143</sup>. Wenn die Eisengehalte hier etwa aus einer ungünstig zusammengesetzten Charge stammen, wären dies auch hier Indizien für eine Abscheidung von Speisen oder Kupfer aus Sulfidphasen. Hauptmann sieht als Ziel entsprechender Schmelzoperationen, auch wenn sich Sulfidphasen finden lassen, die Ausbringung von Kupfer; Erzbasis könnten demnach oxidische Erze aus der Oxidationszone mit Anteilen von unverwitterten Sulfiden sein<sup>1144</sup>. Die Abscheidung von Arsenkupfer aus Sulfidphasen auf Basis eisenarmer Fahlerze kann auch für den schlackenlos gebliebenen Schmelzplatz von Ross Island/Irland des 3. Jt. v. Chr. angenommen

---

<sup>1138</sup> Hauptmann 2007b, 178f.; Hohlmann u. a. 2004, 266; Hauptmann u. a. 1993, 541. 559-562; Hauptmann 2003a, 465; Ryndina u. a. 1999.

<sup>1139</sup> Aus Cabrières Fundort La Capitelle du Broum (Bourgarit u. a. 2003) stammen Schlacken und Kupfertropfen aus der Verhüttung von Fahlerzen vom beginnenden 3. Jt. v. Chr. Die auf Nussgröße aufbereiteten Schlacken zeigen eine kurze Erhitzung auf Temperaturen von etwa 1000-1200 °C und eher schwach reduzierende Bedingungen ( $pO_2$  um  $10^{-6}$  atm). Insgesamt liegen hohe  $SiO_2$ -Gehalte vor, und die Schlacken sind nur wenig durchreagiert. Ein Ausschmelzen des Wertträgers zeigt sich an. Kupfertropfen mit hohen Gehalten an Sb (um 3 Gew.%) und Ag (2 Gew.%) sollen sich mit chalkolithischen Artefakten (Sb 1–10 Gew.%, Ag 1–2 Gew.%) in Verbindung bringen lassen. Die Schlacken zeigen hohe Gehalte an Kupfersulfiden (Matte) und die Kupfertropfen zeigen Kupfersulfideinschlüsse. Nach den Bearbeitern sind viele Verfahrensstränge denkbar, ein Ausschmelzen der Matte aus dem Erz mit anschließender Weiterverarbeitung wird ebenso ins Spiel gebracht wie ein *co-smelting*. In einer Anmerkung (Bourgarit u. a. 2003, 438 Anm. vii) beziehen sie sich auf ein Konverterverfahren, das zur Abscheidung einer Metallphase auch eine Mischungslücke nutzt.

<sup>1140</sup> Hauptmann u. a. 2003.

<sup>1141</sup> Shugar 2003. – Schlacken von Abu Matar werden von Shugar in Tiegelschlacken und Schlacken eines „proper shaft furnace“-Verfahrens geschieden (Shugar 2003, 451). Insgesamt wirkt die Nähe der Schlacken von Abu Matar zu fayalitischen Eisensilikatschlacken recht konstruiert – wie insbesondere auch die Erklärung für das Zustandekommen der Tiegelschlacken durch versehentliche Schlackenbeigaben etwa mit der Holzkohle; ein Ausschmelzen von Retourschlacken könnte plausibler sein (vgl. Shugar 2003, 451f.). Die dem Tiegelverfahren (Schmelzen) zugeordneten Schlacken weisen einen Eisengehalt von im Mittel nur 5,8 % und die „Ofenschlacken“ von durchschnittlich nur 8 % auf (Shugar 2003, 456) an der Gesamtzusammensetzung auf. Fayalit findet sich wohl eher isoliert und dann in Verwachsung mit Magnetit; auch Delafossit und Cuprit (letzteres v. a. in Tiegelschlacken) sind häufig (Shugar 2003, 451-453) und deuten auf eher oxidierende Bedingungen. Die Schlacken sind nur teilweise aufgeschmolzen und unreakierte Anteile geben einen Hinweis auf die Verhüttung gemischter Kupfercarbonate/-oxide und sulfidischer Kupfererze mittels *co-smelting*-Reaktionen (Shugar 2003, 454f. 457). Das Verfahren wird als eine Verhüttung durch *co-smelting* im Schachtofen im ersten Schritt und ein Wiederaufschmelzen aus der Schlacke ausgelesener Kupfertropfen im Tiegel als zweiter Schritt rekonstruiert (Shugar 2003, 457). Die Arsengehalte in diesen Schlacken – in Abu Matar sind auch arsenreiche Schlacken bekannt (vgl. Shugar 2003, 457 mit Anm. 33) – sind sehr niedrig (Shugar 2003, 456f.). Gleichwohl finden sich auch arsenreiche Kupfertropfen (bis 2,5 % As in metallischen *prills*, 6,7 % in „corroded prills“), jedoch sind die Fe-Gehalte der *prills* teils erhöht: im Mittel der *prills* aus Tiegelschlacken 0,33 % Fe, bei den *prills* aus Ofenschlacken durchschnittlich 0,97 % Fe (Shugar 2003, 456). Weitere Aussagen sind nicht zu treffen, da die Gehalte als Mittelwerte angegeben sind. Ein Abgleich des Verfahrens mit bei Hauptmann (2003a) und Moesta (2004) beschriebenen Vorgängen wäre interessant. Als Tendenz deutet sich an (Shugar 2003, 455 Table 3; Angaben in Gew.%): *prills* aus Ofenschlacken: 0,96 % Fe, 0,49 % As, 0,11 % S; *prills* aus Tiegelschlacken: 0,33 % Fe, 0,54 % As, 0,12 % S. Auch wäre nach der Reinheit der verwendeten sulfidischen Erze zu fragen (vgl. Shugar 2003, 454 Table 2 [mit Abbildungsunterschrift]. 455).

<sup>1142</sup> Hauptmann 2007b, 178.

<sup>1143</sup> Zwicker 1980.

<sup>1144</sup> Hauptmann 2007a, 130-133.

werden<sup>1145</sup>. Für den Balkan der zweiten Hälfte des 5. und des beginnenden 4. Jt. v. Chr. liegen Hinweise auf die Verhüttung polymetallischer (teil-) sulfidischer Erze mit *co-smelting* oder Röstprozessen vor; weiter gibt es Indizien für Abdeckungen und die Abscheidung von Metallphasen aus Matte<sup>1146</sup>. Niedrige Eisengehalte höher legierter Kupferartefakte des 4. Jt. v. Chr. könnten in diese Richtung deuten<sup>1147</sup>. Auch die Schlacken von Brixlegg mit einer umstrittenen Frühdatierung deuten auf eine Verwendung eisenarmer Fahlerze hin. Auch wenn der genaue Verfahrensweg offen ist, lassen sich aus den Schlacken Hinweise auf *co-smelting*-/Röstreaktions-Prozesse<sup>1148</sup>, die Abscheidung von Arsen-/Antimonmangellegierungen und das Ausbringen des Wertträgers nach Schmelzpunktunterschieden ableiten<sup>1149</sup>. Auf diese Weise gewonnene Legierungen sollten auch Schwefelgehalte aufweisen (vgl.

---

<sup>1145</sup> An einem glockenbecherzeitlichen Verhüttungsplatz (ca. 2400-2200 v. Chr.) auf Ross Island fand sich ein Kupfertropfen mit um die 7,35 % Arsen an reinem (?) Kupfersulfid („copper sulfide or ‘matte’“ [O’Brien 1999, 39]) haftend. Kupfertropfen und Matte stellen überdies wohl die einzigen *beweiskräftigen* Hinweise auf Metallextraktion an diesem Fundplatz dar, da Schlacken fehlen (bzw. aufgearbeitet sein könnten) (O’Brien 1999, 38f.). Nach O’Brien fand die Darstellung eines niedrig legierten Arsenkupfers durch ein direktes Rösten und Verhütten der sulfidischen Erze (tennantitreiches Fahlerz, Chalkopyrit-Arsenopyrit) statt (O’Brien 1999, 39). Die Beobachtung des hoch legierten Kupfers an einer Kupfersulfidphase könnte für die Methode nach Moesta (2004) sprechen. O’Brien führt aus, dass der Tennantit von Ross Island niedrige Eisengehalte aufweist (O’Brien 1999, 40). Dies würde gut mit der hier charakterisierten chalkolithischen Legierungserzeugung in Einklang stehen. Dazu passt, auch mit dem hier vorgeschlagenen Mechanismus der Legierungserzeugung, O’Briens Schlussfolgerung (O’Brien 1999, 40): „A primitive non-slugging technology using sulfarsenide ore may be consistent with the low iron content of contemporary metalwork“.

<sup>1146</sup> Ryndina u. a. 1999: In verschlacktem Material an einem Tiegel von Dolnoslav sind Kupfertropfen in eine Sulfidhülle eingeschlossen, und einige Kupferobjekte der zweiten Hälfte des 5. und des beginnenden 4. Jt. v. Chr. zeigen Sulfidgehalte von 0,94-3,4 Gew.% (Ryndina u. a. 1999, bes. 1063. 1065). Für Dolnoslav wird eine teilweise Röstung polymetallischer sulfidischer Erze oder ein *co-smelting* zusammen mit Malachit erwogen sowie aufgrund der Randmorphologie des Tiegels eine Abdeckung für möglich gehalten (Ryndina u. a. 1999, 1066f.). Die Eisengehalte der Kupfer mit Sulfideinschlüssen liegen hoch (0,09-2 %) (Ryndina u. a. 1999, 1063). Der Tiegel war Temperaturen von nicht über 800 °C ausgesetzt, und die Temperaturen der Prozesse werden auf 1100-1200 °C geschätzt. Akzessorisch (?) finden sich Fayalitphasen im verschlackten Material (Ryndina u. a. 1999, 1065f.).

<sup>1147</sup> Vgl. dazu die Ausführungen zu den Eisengehalten in den archäologischen Kapiteln dieser Arbeit und die Eisengehalte bronzezeitlicher Artefakte und ihres Herstellungsprozesses sowie ihre Erzbasis bei Lesniak 1991, bes. 9-17. 119f. 217. 219-225. 233.

<sup>1148</sup> Bartelheim u. a. 2002, 54-56.

<sup>1149</sup> Insgesamt wurden etwa 250 g Schlacken gefunden. Ein Teil davon ist sehr kleinteilig und wird als zersprungenes oder zerschlagenes Material (0,5-2 cm) beschrieben. Weiter gibt es zwei ca. 6 cm große Stücke die etwa die Hälfte der Gesamtmenge ausmachen. Die Mehrheit der Schlacken zeigt das typische Erscheinungsbild früher Schlacken (Bartelheim u. a. 2002, 43-45): weitgehend unzersetzte Quarzrelikte sind in eine ehemals flüssige Matrix eingebettet. Auch finden sich viele feindispers verteilte Kupfereinschlüsse. Die kleinen Kupfereinschlüsse, als Flitter beschrieben (Bartelheim u. a. 2002, 45. ferner 50), sind kupferfarben, während größere Tropfen mit bis zu 2 mm Dm eine silberne Farbe haben (Bartelheim u. a. 2002, 45. 49-53 mit Abb. 15 und Tab. 3). Die kleineren Einschlüsse bestehen meist aus eher reinem Kupfer, während die größeren Tropfen die Gehalte an Arsen und Antimon zunehmen (zusammen bzw. in der Summe meist unter 2 %) (Bartelheim u. a. 2002, 50. 57). Bei den größeren Tropfen handelt es sich häufig auch um Mehrphaseneinschlüsse aus einer Mischung von As- und Sb-armem Kupfer, und As- und Sb-reichem Kupfer. Meist sind diese noch in eine Hülle aus Kupfersulfid (Cu<sub>2</sub>S) eingeschlossen. Kupfersulfid findet sich manchmal auch an den Korngrenzen im Innern. Arsen und Antimon können bei manchen dieser Mehrphaseneinschlüsse in den As- und Sb-reichen Kupferpartien mindestens ein Viertel, bis hin zu einem Drittel, des Metallgehaltes ausmachen. Die größeren Kupfertropfen bzw. Mehrphaseneinschlüsse können daher auch sehr arsen- und antimonreich sein und eine silberne Farbe zeigen (Bartelheim u. a. 2002, 51- 53 Tabelle 3). Dagegen scheint ein Teil der kleineren Kupfertropfen, die sich aus Bereichen silikatischer Schmelzen – teilweise Cu<sub>2</sub>O reichen Gläsern – abscheiden, recht arm an Arsen und Antimon zu sein (vgl. Bartelheim u. a. 2002, 51 Tab. 3. 47 mit Abb. 14 [mit Abbildungsunterschrift]; 50 mit Abb. 16; 54). Zu fragen wäre, ob die größeren Tropfen wegen ihrer Legierung mit Arsen und Antimon evtl. frühzeitig während der Verhüttung geschmolzenes Kupfer darstellen,

aber Kap. II.2.4.4.7)<sup>1150</sup>. Schlacken aus Tepe Sialk (Sialk III<sub>6-7</sub> ca. 3700-3400 v. Chr.) weisen auf ähnliche Prozesse wie in Brixlegg hin; sie stammen aus einem Milieu, in dem Arsenkupfer genutzt wurde<sup>1151</sup>.

---

das Zeit hatte, sich zu größeren Tropfen zu sammeln – oder ob sie größere Kupfermengen bedeuten, deren größere Oberfläche mehr Arsen und Antimon aufnehmen konnte und ob ein Teil der kleinsten Tröpfchen oder Flitter (s. o.) nicht höher schmelzendes reine(re)s Kupfer darstellt. Interessant ist auch die Frage, ob die die Schlackenmatrix Einfluss auf die Zusammensetzung hat, sind doch die sich aus ihr ausscheidenden kleineren Tropfen recht arm an Arsen und Antimon. Eine weitere denkbare Variante wäre die Abscheidung einer metallischen und an As und Sb reicheren Phase aus einer Sulfidphase nach Moesta (2004), worauf die Kupfersulfidphase hinweist (vgl. Bartelheim u. a. 2002, 50; vgl. Kap. II.2.4.4.7). Bartelheim u. a. (2002, 55f.) rechnen mit einem Röstreaktionsprozess. Zumindest erklärten solche Vorgänge gut die legierten Kupfertropfen und stellten einen Beleg für den Mechanismus dar.

Bei der Schlackenmatrix (Bartelheim u. a. 2002, 47) handelt es sich um eine Calciumschmelze mit Magnesiumanteilen. Interessant ist der Umstand, dass der Eisengehalt im Vergleich zu anderen frühen Schlacken sehr niedrig sein soll. Einzig ein völlig glasiges und homogenisiertes Schlackenstück (BRX 6) hat einen deutlich höheren Eisengehalt. Die Gangart ist dolomitisches Nebengestein (Bartelheim u. a. 2002, 47), das sich hochrefraktär verhalten kann. Die Zusammensetzung einer Probe (Flächenanalyse BRX 1) (Bartelheim u. a. 2002, 47) weist rund 43 % SiO<sub>2</sub> und Anteile an CaO, MgO und FeO von etwa je 5 bis 10 % auf. Der CuO Gehalt beläuft sich auf nahezu 18 %, und ein Gehalt von etwa 11 % Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wurde ermittelt. Die Schlackenmatrix wird hauptsächlich aus Klinopyroxen gebildet. In den Klinopyroxen (im Folgenden nach Bartelheim u. a. 2002, 48) herrschen als Kationen oft Ca, seltener Mg vor. Eisen ist erheblich seltener. Zink kann bis etwa zur Hälfte des Eisenanteils eingebaut sein. Auch Kupfer ist in den Klinopyroxen zu finden. Zink und Kupfer sind im Kern der Kristalle angereichert. So ist etwa Åkermantit Ca<sub>3</sub>MgSiO<sub>4</sub> durch Mischkristallbildung von Hardystonit ersetzt, bei dem Zink anstelle des Magnesiums im Kristallgitter sitzt. Diese Substitutionen sind auf die Eisenarmut der Erze zurückzuführen, da normalerweise Fe diese Stelle einnimmt (Bartelheim u. a. 2002, 47). Weiteres Kupfer bleibt als Einschlüsse neben Tropfen auch als „Schlieren“ in den Pyroxenen zurück (Bartelheim u. a. 2002, 50). In den die Pyroxene umgebenden Gläsern mit variierender Zusammensetzung – die aber auch durch Metalltropfen beeinflusst wird (vgl. Bartelheim u. a. 2002, 47) – finden sich punktuell Gehalte an CuO bis 9 %, ZnO bis 17 % und Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bis 20 % (Bartelheim u. a. 2002, 48. 49. 46 Tab. 2). Gerade Antimon ist also partienweise stark vertreten (Bartelheim u. a. 2002, 49).

Ein Fahlerz in dolomitischem Ganggestein diente dem Chemismus der Schlacken nach als Rohstoff (Bartelheim u. a. 2002, 54. 59). Beimengungen von Malachit und Kupferkies sind nicht auszuschließen (Bartelheim u. a. 2002, 57). Die Schlacken zeichnen sich mit Ausnahme eines Stückes durch ihre Eisenarmut aus. Im Brixlegger Revier, das sich im Ramsadolomit befindet, überwiegen als Mineralisation Fahlerze verschiedener Zusammensetzung in eisenarmen Dolomiten. Dies würde gut zum Chemismus der Schlacken passen. Wie bei anderen frühen Verhüttungsoperationen handelt es sich um ein schwer schmelzbares Nebengestein. Die Schmelztemperatur von Kupfer wurde nur partienweise erreicht (Bartelheim u. a. 2002, 56). Die andersartige, glasige, eisenreiche und weitgehend homogen aufgeschmolzene Schlacke (BRX 6) weist Matte auf, bestehend aus hauptsächlich FeS, daneben wohl CuS und CuFeS<sub>2</sub> (Bartelheim u. a. 2002, 47. 53 Tab. 3). Weiter finden sich in dem Stein von BRX 6 neben feinen Kupfereinschlüssen auch Speise mit Antimon, Nickel, Eisen, Kupfer und ferner Schwefel und Arsen (Bartelheim u. a. 2002, 49. 54). Die Schlacken waren im generellen von einer niedrigviskosen Konsistenz weit entfernt (Bartelheim u. a. 2002, 55f.). Ihre Eigenschaften werden als „breiförmig“ beschrieben (Hauptmann u. a. 2002, 56). Die größeren Tropfen, dies sind die arsen- und antimonreicheren, konnten aus den zerschlagenen oder zerplatzten Schlacken von Hand ausgelesen werden. Durch eine Sortierung nach Farbe könnte man die nebenelementreichsten auswählen und so legiertes Kupfer anreichern (Bartelheim u. a. 2002, 59). Die kleinen Metalleinsprengungen, die im vorliegenden Fall noch in der kleinteiligen Schlacke sind, könnte man durch Kleinmahlen und Schlämmen oder erneutes Einschmelzen der Schlacke gewinnen.

<sup>1150</sup> Lesniak 1991, bes. 119f. 194. 253.

<sup>1151</sup> Vgl. Schreiner u. a. 2003: Insgesamt wurden einige hundert Gramm Schlacken von Nussgröße gefunden. Im Falle von Tepe Sialk gehören die nebenelementreicheren Schlacken zu einer Gruppe (TS-A) die sich von einer andersartigen etwa zeitgleichen Schlackengruppe (TS-B) aus anderer Fundstelle in Sialk absetzt. Die Schlacken weisen hohe Arsen- und Antimonergehalte (As 1,5 % und Sb 0,5 %) auf, und das in ihnen enthaltene Kupfer weist noch mehr As und Sb auf (Gehalte bis zu 30 % beider Elemente), wobei die Schlacken von TS-A an diesen Elementen reicher als die Schlacken von TS-B sind (Schreiner u. a. 2003, 492). Die TS-A Schlacken weisen geringere Eisenoxidgehalte als die von TS-B auf (Schreiner u. a. 2003, 489f. 494). Die genaue Erzbasis dieser

Verschlacktes Material, das Indizien für die Nutzung (teil-) sulfidischer Erzchargen sowie die Metall- und Legierungserzeugung durch die Abscheidung aus Sulfidphasen bietet, ist absolut gesehen selten. Jedoch stellt dieses Material einen erheblichen Anteil an den insgesamt nur geringen Mengen früher Schlacken dar (Taf. 8, 2; 9, 1)<sup>1152</sup>, sodass seine Relevanz durchaus stark zu gewichten ist.

Die folgenden Kapitel ergänzen die Betrachtungen zur Abscheidung von Metallen und Speisen aus Sulfidphasen. Es handelt sich einerseits um eine Ergänzung, da verschiedene Prozesse bei der frühen Verhüttung gleichzeitig ablaufen und zur Legierungserzeugung führen können (s. o.). Andererseits kann der Inhalt der folgenden Kapitel auch als Alternative gesehen werden, da vielfach keine Hinweise auf die Nutzung (teil-) sulfidischer Chargen zu gewinnen sind.

### II.3.2. Auswahl des Erzes

Die Auswahl des Erzes und seiner Gangart (sowie optionaler Flussmittel) – also die Zusammensetzung der Charge – hat Einfluss darauf, ob Schlacken entstehen. Bei einer anschließenden Verhüttung entscheiden weiter der Aufbereitungsgrad der Charge und auch die Bedingungen, ob sich eine Schlacke bildet. Davon hängt ab, ob eine Flüssig-Flüssig Entmischung der Chargenbestandteile stattfindet, oder ob sich die Wertträger nach Schmelzpunktunterschieden trennen lassen. Bei Flüssig-Flüssig Entmischung entsprechend einem idealtypischen Schachtofenverfahren mit eisenreichen Fayalitschlacken, sammelt sich der komplette Metallgehalt am Boden und die (überführten) Legierungselemente sind gleichmäßig mit dem Metall vermischt. Bei einer schlackenlosen Verhüttung mit hochrefraktärer Gangart können die Wertträger in unterschiedlicher Form (Oxid, Metall, Sulfid) aus dem Erzgerüst ausgesaigert werden oder im Erzgerüst bzw. noch hochviskosen Schlacke verbleiben<sup>1153</sup>. Da Erze inhomogen zusammengesetzt sein und damit nebenelementreichere Partien aufweisen können, lassen sich so entweder nebenelementreiche Aggregationen ausschmelzen oder nachträglich durch mechanische Aufbereitung gewinnen.

---

Schlacken und ebenso das Endprodukt dieses Prozesses ist zwar unbekannt, die Schlacken lassen es aber unter Vorbehalt mittelbar zu, die Erzbasis zu rekonstruieren (Schreiner u. a. 2003, 493. 495): wahrscheinlich wurde ein oxidiertes Kupfersulfid oder eine Mischung von Kupfercarbonaten (Malachit, Azurit?), Oxiden (Cuprit, Tenorit?) und Sulfiden (Digenit, Bornit) verhüttet. Besonders auffällig für einen möglichen Herstellungsweg von Legierungen sind folgende Beobachtungen (Schreiner u. a. 2003, bes. 490. 493): die Prozesstemperaturen werden auf max. etwa 1050-1150 °C geschätzt (1000-1100 °C nach Marcus Schreiner [Weeks 2008, 337]), ein wohl carbonatisches Nebengestein (die Zusammensetzung der Charge würde bei erst 1300-1700 °C schmelzen), die Bedingungen waren eher oxidierend, und insbesondere bei TS-A liegen sehr niedrige Eisengehalte (vgl. Vorkommen von Augit [Schreiner u. a. 2003, 489]) vor. Eine Nutzung eisenarmer Sulfide wird angenommen, die Matteeinschlüsse kommen zusammen mit Kupfer bzw. Arsenantimonmangellegierungen vor, die Kupfertropfen weisen häufig einen Überzug aus Sulfiden auf. Gerade für die Schlacken von TS-A – „The specimens look as if several different materials had just been glued together.“ (Schreiner u. a. 2003, 489) – könnte sich ein Ausschmelzen von eisenarmen Sulfidphasen (dagegen aber Schreiner u. a. 2003, 490) und eine Entmischung von Arsen-/Antimonmangellegierungen (vgl. Moesta 2004) sowie *co-smelting*- bzw. Röstreaktions-Prozesse anzeigen.

Diese Schlacken von Tepe Sialk liegen räumlich wie zeitlich in einem Verbreitungshorizont von Arsenkupferartefakten. Die Schlacken von TS-A (Level III) datieren 3710-3490/3460-3370 cal BC und die von TS-B (Level III) datieren 3760-3510 cal BC und entsprechen Sialk III<sub>6-7</sub> (Schreiner u. a. 2003, 488). Das metallische Endprodukt von Tepe Sialk aus der Zeit um 3600 BC könnte Kupfer unterschiedlicher Zusammensetzung sein. Als Hauptbeimengungen finden sich Arsen (0–9 %), Eisen (0–5 %) und geringe Mengen Antimon (Schreiner u. a. 2003, 490. 494. 495).

<sup>1152</sup> Vgl. Bourgarit 2007, bes. 4 Table 1.

<sup>1153</sup> Hauptmann 2003a, bes. 465; Hauptmann 2007a, 132.

### II.3.3. Verhüttungsbedingungen

Neben der Auswahl des Erzes haben insbesondere die Redoxbedingungen Einfluss auf die Zusammensetzung des erzielten Metalls. Um Kupfer und andere Elemente zu reduzieren, müssen genügend hohe Temperaturen und ausreichend reduzierende Bedingungen gegeben sein (Taf. 2, 3)<sup>1154</sup>. Dies gilt idealerweise nur unter standardisierten Bedingungen und bei Verwendung reiner Metalloxide, falls keine Schlacke entsteht<sup>1155</sup>. Bei einer urchenzeitlichen Verhüttung sind die Bedingungen so nicht gegeben. Versuche zeigen, dass erhebliche Verluste an Nebenelementen während einer Verhüttungsoperation entstehen können<sup>1156</sup>. Je oxidierender die Bedingungen sind, desto größer ist zunächst die Wahrscheinlichkeit, dass die Elemente gar nicht erst reduziert, oder dass sie (re-) oxidiert werden und in die Schlacke gehen. Die Bildung von Schlacke wiederum erfordert eher stark reduzierende Bedingungen. Für Kupfer und andere, in den Anforderungen ähnliche Elemente genügen teilweise schon schwach reduzierende Bedingungen. Existiert während der Verhüttung eine Phase mit metallischem Kupfer, tendieren die Nebenelemente dazu, im Kupfer zu verbleiben<sup>1157</sup>. Einige Elemente wie Fe, Zn und Pb reagieren empfindlich auf Sauerstoff. Bei stark reduzierenden Bedingungen werden sie in das Kupfer überführt<sup>1158</sup>. Insbesondere Eisen würde aber die Eigenschaften des Kupfers negativ beeinflussen<sup>1159</sup>. Eisen wiederum ist unbedingte Voraussetzung für fayalitische Schlacken. In einem idealisierten Schachtofenverfahren würde sich das erschmolzene Metall weitgehend am Boden sammeln. Es enthielte alle reduzierten Nebenelemente – soweit sie nicht an die Schlacken verloren gehen – in homogenisierter respektive verdünnter Form<sup>1160</sup> und könnte beim Sinken durch die Schlacke auch Eisen aufnehmen. Um dieses in kompakter Form vorliegende Kupfer weiterzuverarbeiten, müsste es aufwendiger und mutmaßlich bei höheren Temperaturen und längeren Schmelzzeiten, somit also bei erhöhter Gefahr von Nebenelementverlusten, wieder eingeschmolzen werden. Um das Eisen zu entfernen, würde darüber hinaus eine Raffination nötig werden. Dabei wird viel Sauerstoff über eine möglichst große Oberfläche geschmolzenen Kupfers geblasen, um das Eisen zu oxidieren<sup>1161</sup>. Gleichzeitig könnten dabei auch mögliche Legierungsbestandteile oxidiert werden und verloren gehen. Aber auch bei Kupfertropfen (*prills*) aus der chalkolithischen Verhüttung können Nebenelementverluste auftreten, da diese wegen ihres großen Verhältnisses von Oberfläche zu Volumen leicht oxidiert werden können<sup>1162</sup>. Eisen kann durch eine Vorauswahl des Erzes und die Steuerung der Verhüttungsbedingungen<sup>1163</sup> weitestgehend aus dem System der Verhüttung, und damit aus dem Kupfer, ferngehalten werden. Dies bedingt allerdings einen grundsätzlich anders gearteten Ansatz: die schlackenlose Verhüttung. Aufgrund der Art der Verhüttung, der Möglichkeiten der Belüftung und der Abdeckung der Charge sind die Redoxbedingungen dabei eher Schwankungen unterworfen. Eisen ist in festem Kupfer nur in geringen Mengen löslich (<0,2 %)<sup>1164</sup>. In flüssigem Kupfer kann mit steigenden Temperaturen mehr Eisen gelöst werden. Je höher die Temperaturen und reduzierenden Bedingungen sind, und je länger die Prozesse

---

<sup>1154</sup> Merkl 2011, 57f. mit Fig. 6.6; Craddock 1995, 198-200.

<sup>1155</sup> Merkl 2011, 58 mit weiterer Literatur.

<sup>1156</sup> Merkl 2011, 58; McKerrell – Tylecote 1972.

<sup>1157</sup> Merkl 2011, 58 mit weiterer Literatur.

<sup>1158</sup> Hauptmann 2007b, 202f.

<sup>1159</sup> Merkl 2011, 64. 66f.

<sup>1160</sup> Vgl. dazu Hauptmann 2007b, 202f. bes. 203.

<sup>1161</sup> Siehe etwa Hauptmann 2007b, 204.

<sup>1162</sup> Rehren 2004, 280.

<sup>1163</sup> Merkl 2011, 64 mit weiterer Literatur: Eisen kann beim Verhütten und Aufschmelzen sowohl als Oxid als auch als Sulfid abgeschieden werden.

<sup>1164</sup> Hierzu und im Folgenden Merkl 2011, 67.

dauern, umso mehr Eisen kann gelöst werden<sup>1165</sup>. In Gegenwart von Sauerstoff kann Eisen – falls es überhaupt reduziert vorliegt – zu Eisenoxiden oxidiert werden und diese wiederum können aus Kupfer ausfallen<sup>1166</sup>. Craddock und Meeks konnten zeigen, dass in weiten Teilen der Alten Welt die Fe-Gehalte von Kupferartefakten langfristig im Mittel von 0,05 % auf 0,3 % ansteigen, und dass dies mit der Entwicklung von einer schlackenlosen hin zu einer „fortschrittlicheren“, reduzierenderen und schlackenbildenden Verhüttungstechnik korreliert<sup>1167</sup>. Die Eisengehalte können mit Einschränkungen als Prozessindikator gelten<sup>1168</sup>. Niedrige Eisengehalte könnten zudem auf einer bewussten Auswahl eisenarmer Erze beruhen und sich mit dem Schmelzen von Speisen in Verbindung bringen lassen (s. o.). Auch für weitere Elemente ist beim Schmelzen ein wechselseitiger Einfluss von Reaktordesign, der Art der Verhüttung und der Redoxbedingungen festzustellen, welche die Fraktionierung, d. h. die Aufteilung und den Übergang in Schlacken und Kupfer bedingen<sup>1169</sup>: Nach Hauptmann ist die Reihenfolge der Anreicherung von Elementen in der Metallphase (in Fenan/Levante; durch die Zeiten hindurch: FBZ II/III, Eisenzeit, Römische Zeit) ungefähr As>Ni>Pb>Co>Zn>Fe, ausdrückbar jeweils durch einen Verteilungskoeffizienten; er gibt das Verhältnis der Menge eines Elementes im Kupfer zur Menge dieses Elementes in der Schlacke an<sup>1170</sup> (Taf. 11, 1; vgl. dazu auch die Reihung nach der Leichtigkeit der Oxidation von Pernicka<sup>1171</sup> in Kap. II.2.2.1). Der Übergang von Zn, Fe, Co und Pb in Kupfer erfolgt besser bei stärker reduzierenden Bedingungen. Silber als Edelmetall sammelt sich im Kupfer weitgehend unabhängig von den Bedingungen<sup>1172</sup>. As und Ni zeigen sich stabil unter variierenden Redox- und Feuerungsbedingungen, und Arsen hat den höchsten Verteilungskoeffizienten<sup>1173</sup>. Arsen ist sehr volatil und sollte einfach sublimieren und oxidieren (Sublimationspunkt As 613 °C, kann bei 193 °C zu As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oxidieren)<sup>1174</sup>. Die Anreicherung im Metall erfolgt über eine Zementation, bei der gasförmiges Arsen in die Oberfläche des zunächst noch festen Kupfers diffundiert (Festkörperreaktion)<sup>1175</sup>. Dadurch kann die Liquidustemperatur der entstehenden CuAs-Legierung auf bis zu 685 °C<sup>1176</sup> (689 °C?<sup>1177</sup>) am eutektischen Punkt herabgesetzt werden. Der eutektische Punkt für das binäre System von Kupfer und Arsen liegt bei 21,5 % As und 78,5 % Cu. Niedrige Liquidustemperaturen sind anfangs wohl oberflächlich bzw. lokal begrenzt, jedoch könnte so ein Ausschmelzen einer angereicherten CuAs-Legierung bei niedrigen Temperaturen möglich sein. Die Absorption (Zementation) von Arsen kann bei höheren Temperaturen und in flüssigem Zustand des Kupfers besser erfolgen und mit höheren Temperaturen können so höhere Arsengehalte erreicht werden<sup>1178</sup>. Bei niedrigen Temperaturen, wenn ein schmelzflüssiger Zustand der entstehenden Legierung nicht erreicht wird, kann die Arsenaufnahme begrenzt sein. Bei Experimenten, in denen dies der Fall war, wurde Werte von 4 % Arsen nicht überschritten<sup>1179</sup>. Dies könnte ein Hinweis auf die Prozesstemperaturen sein<sup>1180</sup>, denn die Arsengehalte

<sup>1165</sup> Craddock – Meeks 1987, 192f.; Merkl 2011, 67 mit weiterer Literatur.

<sup>1166</sup> Merkl 2011, 67.

<sup>1167</sup> Craddock – Meeks 1987, 187-190. 193. 202; Vgl. auch Hauptmann 2007b, 202-204 bes. mit Fig. 6.34.

<sup>1168</sup> Merkl 2011, 67.

<sup>1169</sup> Hauptmann 2007b, 199f. 204-207.

<sup>1170</sup> Hauptmann 2007b, 205 mit Fig. 6.37.

<sup>1171</sup> Pernicka 1987, 630.

<sup>1172</sup> Hauptmann 2007b, 205.

<sup>1173</sup> Hauptmann 2007b, 205.

<sup>1174</sup> Hauptmann 2007b, 205; Merkl 2011, 58.

<sup>1175</sup> Hauptmann 2007b, 205; Pollard u. a. 1990, bes. 73; Vgl. Craddock 1995, 284f. 294-296.

<sup>1176</sup> Hauptmann 2000, 144.

<sup>1177</sup> Vgl. Giesserei Lexikon (2008) 1400 s. v. Zustandsschaubild Cu-As (St. Hasse); McKerrell – Tylecote 1972, 211.

<sup>1178</sup> Pollard u. a. 1990, 73; Pollard u. a. 1991a, 130f.; Budd 1993, 36f. mit Abbildung; Budd u. a. 1992, 679-681;

Vgl. dazu auch Lorenzen (1965, 35f.), der dies auch für Blei beobachtet hat.

<sup>1179</sup> Pollard u. a. 1991b, 170.

<sup>1180</sup> Vgl. Budd 1993, 36f. mit Abb.; Budd u. a. 1992, 677. 679-681. 683.

vieler früher Artefakte überschreiten 5 % nicht (Britische Frühbronzezeit) und liegen etwa beim sog. Mondseekupfer im Mittel um 2 %. Für Kupfer wie das Mondseekupfer sind aber Fehler anzunehmen und damit könnten die Überlegungen in solchen Fällen hinfällig sein. Budd und Kollegen sehen als Ergebnis von Verhüttungsversuchen mit Kupferarsenaten Prozesstemperaturen zwischen etwa 700 und 900 °C als Bedingung, um zu hohe Arsengehalte zu vermeiden<sup>1181</sup>. Hauptmann jedoch hält eine Beschränkung der Prozesstemperaturen nicht für notwendig, da die Versuche mit besonders arsenreichen Erzen durchgeführt wurden, was nicht auf die urgeschichtlich genutzten Erze zu übertragen sei, und da das Metall ohnehin geschmolzen werden musste<sup>1182</sup>. Legierungen wie die von Naḥal Mišmar könnten sich aus besonders nebenelementreichen Erzen erklären oder aber Prozessen wie einer Speisebildung geschuldet sein. Inwieweit bei der Erzeugung von Legierungen ein Sulfidschmelzen (vgl. oben) von Kupfer, Arsen und weiteren Elementen eine Rolle gespielt haben könnte, muss weiter untersucht werden. Arsen(III)-sulfid beispielsweise schmilzt bei sehr niedrigen Temperaturen ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ; Schmelzpunkt 300 °C, Siedepunkt 707 °C). Die niedrigen Schmelzpunkte einiger Sulfide könnte man sich zu Nutze gemacht haben; sie wären dann in flüssigem Zustand entschwefelt oder *co-smelting*-Prozessen zugeführt worden, auch die Abscheidung einer Metallphase könnte forciert worden sein. Das temperaturabhängige Absaigerungsverhalten verschiedener Mineralgemenge müsste wohl weiter berücksichtigt werden. Insgesamt kann sich Arsen in Kupfer soweit anreichern, dass es den Ursprungsgehalt im Erz übersteigt<sup>1183</sup>. Hinweise darauf geben die Ergebnisse von Pollard und Kollegen mit Bildung (über-) eutektischer Anteile (s. u.). Auch zur Herstellung von Messing, einer Legierung von Zink und Kupfer, wurden Zementationsprozesse (hier von Zink) eingesetzt<sup>1184</sup>. Da Zink leicht flüchtig (Siedepunkt 906 °C) und oxidierbar (und damit leicht verschlackbar) ist, erweisen sich Kupferbleche in meist verschleißbaren Behältern als vorteilhaft; da so eine reduzierende Atmosphäre und eine möglichst große Oberfläche für die Diffusion vorliegen. Der Verschluss des Behälters verhindert, dass gasförmiges Zink entweicht<sup>1185</sup>. Holzkohle im Gefäß liefert dabei CO für eine reduzierende Atmosphäre. Einen ähnlichen Befund für Arsen brachte ein Verhüttungsversuch von arsenhaltigem Kupfererz in einem geschlossenen Tiegel<sup>1186</sup>. Dabei könnten auch Destillationsprozesse zum Tragen kommen<sup>1187</sup>. Bei der Zumischung eisenhaltiger Zinkerze können Verunreinigungen der Legierung mit Eisen auftreten<sup>1188</sup>. Bereits unter Holzkohleabdeckungen kann es zur Bildung von Messing kommen<sup>1189</sup>. Übertragen auf Arsen könnte das bedeuten, dass bei einer Verhüttung in einem Ofen die Atmosphäre und/oder die Schlacken für ein ausreichend geschlossenes Reaktorsystem sorgen. Auch bei stärker wechselnder und eher oxidierender Atmosphäre können As und Ni angereichert werden, wie die frühbronzezeitliche Verhüttung aus dem Fenangebiet zeigt, die wahrscheinlich in Windöfen stattfand<sup>1190</sup>. Nickel reagiert aufgrund seiner Ähnlichkeit zum Kupfer sehr ähnlich und zeigt eine gute Löslichkeit in flüssigem wie festem Kupfer; Verluste bei der Verhüttung sollten deshalb zu vernachlässigen sein<sup>1191</sup>. Beim Schmelzen und Glühen hat sich gezeigt, dass Arsen

---

<sup>1181</sup> Budd u. a. 1992, 679-681.

<sup>1182</sup> Hauptmann 2007b, 205. 222.

<sup>1183</sup> Hauptmann 2007b, 205.

<sup>1184</sup> Craddock 1995, 284f. 292-302. Bes. 294-296. – Vgl. dagegen die Trennung von Gold und Silber Craddock 1995, 285.

<sup>1185</sup> Hauptmann 1990, 55.

<sup>1186</sup> Lorenzen 1965, bes. 32f. 35f.

<sup>1187</sup> Vgl. Craddock 1995, 284. 302-321.

<sup>1188</sup> Craddock 1995, 298. – Möglicherweise ist dies der Fall, wenn die entstehende Legierung sich verflüssigt und im Reaktor befindliches Eisen aufnimmt.

<sup>1189</sup> Craddock 1995, 295f.

<sup>1190</sup> Hauptmann 2007b, 206; Vgl. auch Pollard u. a. 1991b, 170.

<sup>1191</sup> Merkl 2011, 69f.



unter oxidierenden Bedingungen als Arsen(III)-oxid recht volatil sein kann. Reduzierende Bedingungen können das vermeiden<sup>1192</sup>. Insgesamt sollen die Verluste aber vernachlässigbar sein<sup>1193</sup>.

Ein geschlossenes Behältnis kann sowohl ein Entweichen als auch eine Oxidation von Arsen vermeiden helfen. Darüber hinaus könnten auch bei niedrigen Grundgehalten von Arsen im Erz höher legierte Arsenkupfer erzeugt werden, womit entsprechende Überlegungen zur Notwendigkeit hoher Arsengehalte im Erz von Pollard und Kollegen<sup>1194</sup> vielleicht hinfällig werden. Wenn dabei bei vergleichsweise hohen Temperaturen flüssiges Kupfer oder eine Kupferlegierung entsteht, kann dabei die Diffusionsrate derart erhöht sein, dass der Legierungsgrad scheinbar über den Ursprungsgehalt im Erz steigen kann<sup>1195</sup>.

Arsen- und nickelhaltige Kupfer, insbesondere solche mit hohen Nickelgehalten, die als regelrechte Arsennickelkupfer gelten, werden etwa mit der Zumischung von Nickelarseniden oder aus der Verhüttung von Erzen der Ophiolithe erklärt. Ihre Herstellung lässt sich auch auf Temperaturunterschiede zurückführen (s. u.). Da Nickel wohl erst bei höheren Temperaturen reduzierbar sowie auf- und ausschmelzbar ist, könnten erhöhte Nickelgehalten bei gleichzeitig hohen Arsengehalten für höhere Temperaturen und eine reduzierendere Atmosphäre, unter Umständen unter Abdeckungen, sprechen (Holzkohle, Deckel). Temperaturen, die zu geschmolzenem Kupfer und damit in etwa auch der Reduktion von Nickel und seiner Aufnahme durch Kupfer führen (s. u.), und eine reduzierende Atmosphäre könnten wiederum auch für Zementationsprozesse von Arsen förderlich sein. Weiter müsste auch nach dem Schmelzverhalten der Minerale gefragt werden.

#### **II.3.4. Temperatur und Atmosphäre (Abdeckungen) als wesentliche Faktoren für die Legierungserzeugung**

Neben der Atmosphäre dürfte auch der Temperatur bei der Verhüttung eine maßgebliche Bedeutung für das Zustandekommen von Metallsorten und Legierungen zuzumessen sein. Beide stehen in einem wechselseitigen Verhältnis. Bei der chalkolithischen Verhüttung, die bei insgesamt eher niedrigen Temperaturen stattfindet, dürfte aber gerade die Temperatur wegen der Schmelzpunktunterschiede deutliche Auswirkungen haben. Ähnlich dürfte die Temperatur auch für (teil-) sulfidische Chargen entscheidend sein, denn Röstreaktionen oder *co-smelting*-Prozesse erlauben eine Umwandlung der Charge bereits bei niedrig Temperaturen<sup>1196</sup>. Insgesamt kann eine Verhüttung, etwa auch die direkte Reduktion, bei niedrigen Temperaturen stattfinden. Ergebnisse zu Einflüssen der Temperatur bei der

---

<sup>1192</sup> Merkl 2011, 74; McKerrell – Tylecte 1972, bes. 210f.

<sup>1193</sup> Merkl 2011, 74.

<sup>1194</sup> Etwa Pollard u. a. 1991a, 131: Pollard und Kollegen experimentierten mit einer Charge mit 10 % Arsenanteil. In einem offenen Tiegel mit Holzkohleabdeckung bei Temperaturen unter 1000 °C wird durch eine entstehende As-Cu-Legierung die Liquidustemperatur nur dann erreicht bzw. ausreichend herabgesetzt, wenn die Charge sehr arsenreich ist, weil sonst eine Anreicherung des Kupfers mit Arsen aufgrund der hohen Arsenverluste unterbleibt bzw. zu gering ist. – Während Pollard und Kollegen also einerseits von der Verwendung ausgesprochen arsenreicher Erze ausgehen, damit Arsenkupfer entstehen kann, betonen sie andererseits, dass die Temperaturen so niedrig sein müssen, dass kein flüssiges Kupfer entsteht, da sonst der Arsengehalt im Kupfer zu hoch würde.

<sup>1195</sup> Pollard und Kollegen konstatieren nämlich ob des Umstandes, dass bei der Entstehung einer flüssigen Kupferphase die Diffusionsrate soweit erhöht sein kann, dass der Ausgangsgehalt von Arsen im Erz oder die Verhüttungstemperatur niedrig zu halten sei, um kein zu hoch mit Arsen legiertes Kupfer zu erzeugen (Pollard u. a. 1991a, 132; siehe dazu Hauptmann 2007b, 205).

<sup>1196</sup> Merkl 2011, 153.

Verhüttung von Oxiden liegen v. a. aus Versuchen von Pollard und Kollegen sowie weiteren Wissenschaftlern vor; sie sind aber teilweise nicht widerspruchsfrei<sup>1197</sup>.

Bei Temperaturen unter 950 °C soll *Nickel* nicht reduziert werden und sich deshalb nicht in Kupfer finden lassen. Nickeloxid wird nach Pollard und Kollegen<sup>1198</sup> erst ab Temperaturen von etwa 950 °C bis 1000 °C reduziert. Die Umsetzung zu Nickel ist dann recht vollständig. Es entsteht eine Kupfer-Nickel-Legierung. Der Schmelzpunkt von Nickel liegt bei 1455 °C und sein Siedepunkt bei 2732 °C<sup>1199</sup>. Dass sich geringe Nickelgehalte bei Kupfer nachweisen lassen, das bei niedrigeren Verhüttungstemperaturen gewonnen und dann nochmals um-/aufgeschmolzen wurde, erklärt sich nach Pollard und Kollegen folgendermaßen: Wenn der ursprüngliche Nickelanteil (in der Charge) hoch war, dann wird unreduziertes Nickeloxid in flüssiges Kupfer inkorporiert<sup>1200</sup>. Steigende Temperaturen führen zu mehr Nickel im Kupfer<sup>1201</sup>. Insgesamt ergibt sich, dass bei Temperaturen, die zur Verflüssigung von Kupfer bzw. einer seiner Legierungen genügen, reduziertes, aber noch festes Nickel aufgenommen wird. Durch eine Diffusion von Kupfer in das feste Nickel entsteht eine Ni-Cu-Legierung, die eine niedrigere Liquidustemperatur hat und sich deshalb im umgebenden flüssigen Kupfer auflöst. Um Nickel in das Kupfer zu überführen sind also Bedingungen günstig, die ein flüssiges Kupfer(legierungs)bad erzeugen<sup>1202</sup>.

*Silber* lässt ebenso wie Kupfer, Arsen und Antimon bereits bei niedrigen Temperaturen zwischen 600–900 °C reduzieren<sup>1203</sup>. Jedoch kann in erschmolzenem Kupfer der Silbergehalt zusammen mit der Temperatur steigen<sup>1204</sup>. Vielleicht stellen unterschiedliche Silbergehalte sich ansonsten ähnlicher Kupfer einen Verdachtsmoment auf Schmelzpunktunterschiede dar. Der Schmelzpunkt reinen Silbers liegt bei 961,78 °C. Eine Anreicherung, wie dies bei gasförmigen Arsen durch eine Diffusion möglich ist, ist wegen seines Siedepunktes (2210 °C) auszuschließen.

*Antimon* wird von der Temperatur nach Pollard und Kollegen bei der Verhüttung kaum beeinflusst<sup>1205</sup>. Es wird über den Temperaturbereich von 600–1000/1100 °C reduziert. Sein Schmelzpunkt liegt bei 630,63 °C und sein Siedepunkt bei 1587 °C<sup>1206</sup>. Es liegt bei den Temperaturen einer Verhüttung also maximal flüssig vor. Antimon bildet dabei kleine Schmelzkügelchen aus Kupfer-Antimon-Mischkristallen und Cu<sub>3</sub>Sb-Phasen in der metallischen Kupferphase aus<sup>1207</sup>. Antimon kann, da es als Oxid sehr volatil ist, während eines nicht daran angepassten metallurgischen Prozesses unter oxidierenden Bedingungen leicht verloren gehen, und schon ein Glühen oder eine Heißbearbeitung können zu Verlusten führen<sup>1208</sup>.

*Arsen* lässt sich gut bei Temperaturen zwischen 600 und 1100 °C reduzieren<sup>1209</sup>. Sowohl Arsen als auch sein Oxid sind sehr volatil und liegen in diesem Temperaturbereich gasförmig vor<sup>1210</sup>. Der Arsengehalt

---

<sup>1197</sup> Pollard u. a. 1990; Pollard u. a. 1991a; Pollard u. a. 1991b. – Zusammenfassung von Ergebnissen etwa bei Klassen – Stürup 2001, 66.

<sup>1198</sup> Pollard u. a. 1991a, 131.

<sup>1199</sup> Giesserei Lexikon (2008) 865 s. v. Nickel (St. Hasse).

<sup>1200</sup> Pollard u. a. 1994, 131; Merkl 2011, 70.

<sup>1201</sup> Klassen – Stürup 2001, 66.

<sup>1202</sup> Pollard u. a. 1991a, 130 Figure 1; Vgl. Lorenzen 1965, 34–36 mit Tabelle; Pernicka 1990, 78f.

<sup>1203</sup> Pollard u. a. 1991a, 133.

<sup>1204</sup> Klassen – Stürup 2001, 66; Lorenzen 1965, 35f.

<sup>1205</sup> Pollard u. a. 1991b, 172; Pollard u. a. 1991a, 130f.; Klassen – Stürup 2001, 66.

<sup>1206</sup> Giesserei Lexikon (2008) 69 s. v. Antimon (St. Hasse): Schmelzpunkt 630,5 °C, Siedepunkt 1750 °C.

<sup>1207</sup> Nach Pollard u. a. 1991a, 131.

<sup>1208</sup> Merkl 2011, 71f.

<sup>1209</sup> Pollard u. a. 1991a, 130f.

<sup>1210</sup> Pollard u. a. 1991a, 130; Pernicka 1990, 50.

gewonnenen Kupfers steigt nach Pollard und Kollegen mit höheren Temperaturen während der Verhüttung<sup>1211</sup>. Beim Erhitzen an der Luft auf über 180 °C oxidiert Arsen zu Arsen(III)-oxid ( $\text{As}_2\text{O}_3$ )<sup>1212</sup>.

Teilweise zeigen die binären Kupferarsenlegierungen, die bei den Versuchen von Pollard und Kollegen entstanden sind, große Anteile an eutektischen Zusammensetzungen (ca. 20 % As, Schmelzpunkt 685 °C [vgl. oben])<sup>1213</sup>. Leicht bilden sich bei etwa 1000°C durch Zementationsprozesse auch übereutektische Zusammensetzungen, wenn die Metallphase flüssig ist<sup>1214</sup>. Teilweise werden solche Resultate bei Versuchen erreicht, in denen geschlossene Behältnisse genutzt wurden<sup>1215</sup>. Bei Versuchen von Pollard und Kollegen erfuhr die mit Holzkohle abgedeckte Charge keine Störung durch eine Belüftung, da elektrische Öfen genutzt wurden<sup>1216</sup>. Die Arsenausbeute im Metall, bezogen auf den Ausgangsgehalt in der Charge, lag bei Pollard und Kollegen bei etwa 80 %<sup>1217</sup>. Die Versuche von Pollard und Kollegen beruhten auf einer Erzbasis mit sehr hohen Arsenkonzentrationen. Da die meisten archäologischen Funde keine so hohen Arsengehalte (unter 5 %) wie die Versuchsergebnisse aufweisen, leiten sie eine Verhüttung bei niedrigen Temperaturen ab. Aufgrund der in natürlichen Erzen häufig niedrigen Nebenelementgehalte muss dem so nicht zu folgen sein<sup>1218</sup>. Die von den Autoren der Studie erschlossenen niedrigen Temperaturen werden häufig abgelehnt (vgl. u.)<sup>1219</sup>. Die Ergebnisse lassen aber den Schluss zu, dass mit unterschiedlichen Temperaturen verschiedene Metall (-legierungen) erschmolzen werden können.

Überlegungen von Hess zur Metallurgie von Arslantepe, bei unterschiedlichen Temperaturen As-Kupfer und As-Ni-Kupfer auszuschmelzen, sind vor diesem Hintergrund interessant<sup>1220</sup>. Kupfer mit erhöhten Nickel- wie auch Silbergehalten könnte, wenn andere Mechanismen wie die Abscheidung aus Sulfidphasen ausgeschlossen werden können, auf höhere Temperaturen hinweisen<sup>1221</sup>. Die As-Ni-Kupfer des Vorderen Orients könnten bei höheren Temperaturen durch Ausnutzung von Schmelzpunktunterschieden gewonnen worden sein<sup>1222</sup>. Auch obige Überlegungen im Zusammenhang mit Arsen zu Zementationsprozessen können greifen. Zu bedenken bleiben weiterhin ebenfalls die Verhüttung entsprechend zusammengesetzter Erze wie solche der Ophiolithe oder die Zugabe von Nickelarseniden. In Kupfereinschlüssen von Schlacken aus Zambujal wurden Anteile arsenreicher Phasen mit bis zu 20 Gew.% As festgestellt<sup>1223</sup>. Nur geringe Schlackenmengen wurden gefunden. Das Kupfer wies abgesehen von Arsen nur wenig Verunreinigungen auf. Schwefel wurde weder in Schlacken als Matteeinschluss noch im Kupfer nachgewiesen. All dies führt dazu, dass die Verwendung arsenreicher sekundärer (verwitterter) Erze erwogen wird. Ergänzend werden die Nachweise direkter Verhüttung in chalkolithischen Siedlungen wie Almizaraque, El Malagon und Los Millares von der iberischen Halbinsel als zusätzliche Indizien angeführt<sup>1224</sup>; allgemein sind die Eisengehalte in

---

<sup>1211</sup> Siehe etwa Pollard u. a. 1991a, 130 Fig. 1.

<sup>1212</sup> Pernicka 1990, 50.

<sup>1213</sup> Pollard u. a. 1991b, 170f. mit Table 2; bes. 170; Siehe auch die Ergebnisse bei McKerrell – Tylecote 1972, 211.

<sup>1214</sup> Pollard u. a. 1990, 72.

<sup>1215</sup> Ottaway 1994, 193f. bes. 203; Lorenzen 1965.

<sup>1216</sup> Pollard u. a. 1991b, 169; Vgl. Pollard u. a. 1990, 72.

<sup>1217</sup> Pollard u. a. 1990, 72.

<sup>1218</sup> Hauptmann 2000, 144.

<sup>1219</sup> Vgl. Hauptmann 2000, 144.

<sup>1220</sup> Hess 1998. Siehe dazu und weiteren Überlegungen Arslantepe Kap. IV.2.2.

<sup>1221</sup> Klassen – Stürup 2001, 66.

<sup>1222</sup> Wenn man die in den Schlacken mengenmäßig überwiegende „Nickelspeise“ als schwerer schmelzbaren, zurückgebliebenen Wertträger interpretiert ([vgl.] Hess 1998, 131f.).

<sup>1223</sup> Müller u. a. 2007, 19.

<sup>1224</sup> Müller u. a. 2007, 16. 21f.

chalkolithischem bis mittelbronzezeitlichem Kupfer hier niedrig<sup>1225</sup>. Die eutektischen Anteile könnten neben der Anwesenheit arsenreicher Partien im Erz auch auf Zementationsprozesse zurückzuführen sein.

Mit steigender Temperatur sind weniger reduzierende Bedingungen notwendig, um ein Oxid zum Metall zu reduzieren. Das ist im umgekehrten Fall von Bedeutung: Je niedriger die Temperatur während der Verhüttung ist, umso reduzierender muss die Atmosphäre sein (vgl. Taf. 2, 3). Dies wird angelegentlich als Einwand vorgebracht, um gegen eine niedrige Temperatur bei der Verhüttung zu argumentieren<sup>1226</sup>. Dass die Temperaturen jedoch eher niedrig waren, lässt sich am Fehlen regelhafter fayalitischer Schlacken, dem Phasenbestand verschlackter Chargenbestandteile und den geringen Eisengehalten von Kupfer ablesen. Teilweise kann dies aber auch durch eine gezielte Auswahl der Zusammensetzung der Charge bedingt sein. Ein Teil der Elemente könnte noch in festem Zustand reduziert worden sein<sup>1227</sup>. Hinweise auf niedrige Temperaturen bei der Verhüttung, ergeben sich auch daraus, dass unterschiedliche und dennoch ähnliche Kupfersorten und Cluster sich in ihren Gehalten an As, Ni, Sb und Ag unterscheiden. Ein Beispiel dafür sind die Unterschiede zwischen Mondsee- und Riesebuschkupfer<sup>1228</sup>: Die Gehalte an Ni, Ag und As sind bei Riesebuschkupfer, das bei tieferen Temperaturen geschmolzen worden sein könnte, niedriger als bei Mondseekupfer. Undeutlich ist das Ergebnis für Antimon. Immer wieder zeigt sich, dass gerade As und Sb sich bei nur leicht unterschiedlichen Bedingungen *scheinbar* verschieden verhalten<sup>1229</sup>. Deutlicher wird dieser Befund bei höher mit Arsen legierten Stücken aus Mondseekupfer (s. u.). Interessant ist ein Blick auf das Ellingham-Diagramm für die Reduzierbarkeit der Elemente (Bildungsenthalpien für Oxide) im Temperaturbereich zwischen etwa 600 und 1100 °C mit sich überschneidenden Werten ( $\Delta G^\circ$ ) für As, Sb und Ni nach einer Abbildung bei Pernicka (Taf. 11, 2; vgl. Taf. 2, 3)<sup>1230</sup>. In diesem Temperaturbereich könnte Arsen nach den oben gemachten Ausführungen das größte Anreicherungspotential bzw. die auffälligsten Unterschiede aufweisen. Die Schmelz- bzw. Sublimationspunkte von As, Sb, Ag und Cu liegen gerade zwischen 600 und 1100 °C (vgl. Taf. 11, 1. 2). Weiter können auch Schmelzpunktunterschiede von Mineralgemengen eine Rolle spielen. Ausreichend reduzierende Bedingungen könnten bei diesen niedrigen Temperaturen durch geschlossene Behältnisse gewährleistet worden sein (Tiegel Typ Ghabristan, Dolnoslav [?], hohe Gefäße İkitzepe, Abu Matar [?]; cave [teil-] sulfidische Verhüttungen möglich). Abdeckungen wiederum begünstigen die Bildung von Arsenkupfer durch Zementationsprozesse. Häufig ist aber die Art des Reaktionsgefäßes, genauer gesagt ob eine Abdeckung vorhanden war, ungeklärt, und die Frage danach muss deshalb ausgeklammert werden. Gegenwärtig könnte sich As-reiches Mondseekupfer außer durch Zementationsprozesse auch durch Schmelzpunktunterschiede erklären. Die Beiträge einzelner Mechanismen zur Legierungsbildung bleiben schwierig zu bewerten und zu quantifizieren (vgl. Mondseekupfer in Kap. IV.1.3). Nachdem zunächst niedrig schmelzendes Kupfer oder seine Verbindungen gewonnen wurden, wobei wahrscheinlich auch höher legierte Kupfer entstanden sind, könnte man die Restgehalte bei höheren Temperaturen aus der Charge geschmolzen oder durch Zerschlagen der Schlacke gewonnen haben, womit sich unterschiedliche Kupfer aus einer Charge gewinnen ließen. Insbesondere Arsen könnte sich aufgrund seines Sublimationspunktes in Kupfer

---

<sup>1225</sup> Chalkolithische und früh- bis mittelbronzezeitliche Kupfer und Arsenkupfer tragen in 98 % der Fälle Eisengehalte von unter 0,01 %, Der Rest bis zu 0,2 % (Müller u. a. 2007, 18).

<sup>1226</sup> Pernicka 1990, 79; Vgl. dazu auch Pernicka 1987, 630f. mit Abb. 1; Pernicka 1990, 46f.; Pernicka 1999, 164.

<sup>1227</sup> Hauptmann 2007a, 130; Hauptmann 2007b, 219. 222; Vgl. Budd u. a. 1992, bes. 679-681 mit Pernicka 1990, 78.

<sup>1228</sup> Klassen – Stürup 2001, bes. 66f.

<sup>1229</sup> Vgl. etwa Pernicka 1987, 636f.

<sup>1230</sup> Vgl. dazu Pernicka 1987, 630f. mit Abb. 9.

gezielt anreichern und bei niedrigen Temperaturen bevorzugt mit dem Kupfer ausbringen lassen. Aufgrund seines niedrigen Schmelzpunktes könnte Antimon ebenfalls bereits bei niedrigen Temperaturen ausgeschmolzen werden und dabei Kupfer sammeln. Silber und speziell Nickel könnten aufgrund der Schmelzpunkte im Gegensatz zu Arsen und Antimon erst mit einer entstehenden Kupferschmelze gewonnen werden<sup>1231</sup>.

### II.3.5. Weitere Überlegungen

Die Ergebnisse der vorigen Kapitel können durch vielfältige Faktoren in Frage gestellt werden. Inwiefern ein Sulfidschmelzen von Kupfer und der Nebenelemente eine Rolle spielt, wurde oben diskutiert. Sulfideinschlüsse bzw. Matte als kupferführende Phasen in den Schlacken geben Hinweise darauf. Stark reduzierende Bedingungen, etwa in einem geschlossenen Behältnis, würden sicherlich einer Entschwefelung vorbeugen, sodass sich die Vorteile dieses Verfahrens nutzen ließen. Schwefelreiche Kupfersulfidphasen (vgl. Matte) haben einen niedrigen Schmelzpunkt und können Kupfer lösen und sammeln<sup>1232</sup>. Dabei können auch Nebenelemente mitgelöst werden. Die Kupfersulfidphasen lassen sich ausschmelzen, noch bevor der Rest der Charge sich verflüssigt<sup>1233</sup>. Dies steht in Einklang mit einem der Grundzüge chalkolithischer Verhüttung. Selten finden sich vollständig aufgeschmolzene Chargen. Zur Abscheidung einer Metallphase musste die Kupfersulfidphase nachfolgend entschwefelt werden. Mit vollständiger Entschwefelung steigen wiederum die Risiken von Arsenverlusten durch Verdampfen. Den Zeitpunkt für einen Abbruch der Entschwefelung könnte ein Nachlassen des stechenden Schwefeldioxidgeruchs angezeigt haben<sup>1234</sup>. Das Aufsetzen eines Deckels könnte zu diesem Zeitpunkt erfolgt sein. Unter reduzierenden Bedingungen werden die Metalloxide zu niedrigeren Oxidationsstufen bzw. den Metallen reduziert<sup>1235</sup>: Arsenide ( $\text{Cu}_3\text{As}$ ) und Antimonide ( $\text{Cu}_2\text{Sb}$ ) können nach der Reduktion in der Matte solange gelöst werden, bis deren Lösungsvermögen überschritten wird, und es zur Ausscheidung einer Speisephase kommt. Unter reduzierenden Bedingungen ist der Speiseanfall höher, da mehr Verunreinigungen in die Matte gelangen können.

### II.3.6. Zusammenfassung

Eine vollständige und allgemeingültige Erklärung für das Zustandekommen chalkolithischer Kupfersorten und Legierungen ist bei der Möglichkeit der Überschneidung verschiedener Verfahrensstränge nur schwer möglich, selbst wenn weitere offene Fragen bezüglich der Verhüttung geklärt würden. Obwohl Schwefel sich in der Metallphase anreichert und bei oxidischen Erzen aus sulfidischen Relikten stammen kann, würden etwa die Untersuchung der Schwefelgehalte von Kupferobjekten und eine systematische Charakterisierung der Erzbasis ergänzende Aussagen erlauben.

Unabhängig davon, ob nun bereits früh auch sulfidische oder wahrscheinlicher gemischte Erze geschmolzen wurden, ob die Abscheidung einer Arsen-/Antimonmangellegierung nach Moesta (2004) forciert wurde, oder ob Oxide verhüttet wurden (Pollard u. a. 1991a,b), zeigt sich in frühen Schlacken oftmals, dass sie hohe Anteile an Restiten aufweisen und nur insofern verflüssigt wurden, als dass die Gangart eine niedrigschmelzende Zusammensetzung mitbrachte. Eine Trennung nach Schmelzpunktunterschieden deutet sich an. Wertträger, die von sich aus niedrigschmelzend sind, oder

---

<sup>1231</sup> Ähnlich Pollard u. a. 1991a, 133f.

<sup>1232</sup> Hauptmann u. a. 2003, 205.

<sup>1233</sup> Hauptmann u. a. 2003, 205.

<sup>1234</sup> Rehren u. a. 2012, 1724.

<sup>1235</sup> Lesniak 1991, 201-211.

Teile der Charge, die durch Mischung eine solche Zusammensetzung aufweisen (Eutektikum), können wie bereits dargelegt gezielt aus dem Rest der Charge ausgeschmolzen worden sein. Demgegenüber würde eine gravitative flüssig-flüssig Entmischung zu einer Homogenisierung der Nebenelementgehalte im Kupferbad führen, das sich unter der Schlacke sammelt. Kompakte Erze dagegen schmelzen schwerer vollständig auf. Außerdem ermöglichen sie es, aus inhomogenen Mineralgemengen *prills* getrennt voneinander abzusaigern, oder sie in einem Erz- bzw. Schlackengerüst zu halten. Damit besteht die Möglichkeit, diese anschließend nach Legierungsgrad zu sortieren. Eisenarme Erz- bzw. Gangartzusammensetzungen verhindern die Bildung flüssiger Schlacken. Gleichzeitig funktioniert die Abscheidung von Arsen-/Antimonmangellegierungen bzw. eisenarmen Speisen in Abwesenheit von Eisen besser.

Sowohl für vollständig oxidische arsenhaltige Erze als auch für Chargen mit zunächst sulfidischen Anteilen könnten sich verschleißbare Reaktoren als vorteilhaft erwiesen haben. Abdeckungen können auch die Anreicherung von Arsen befördern. Insgesamt ist es möglich, sulfidische wie auch oxidische Erze und gemischte Chargen bei relativ oxidierenden Bedingungen zu verhütten. Auch *co-smelting*-Prozesse können bei gemischten oder durch oxidative Bedingungen teilentschwefelten Chargen zur Entstehung von Metall führen. Oxidative Bedingungen entziehen auch Eisen weiteren Prozessen und befördern im Falle (teil-) sulfidischer Chargen eine Entschwefelung, die zur Abscheidung von Kupfer und eisenarmen Speisen führen kann.

Bei der chalkolithischen Legierungserzeugung ist ein hoher Ausgangsgehalt der Erze an Nebenelementen nicht unbedingt entscheidend. Nebenelemente können nämlich durch die Art der Ausbringung gegenüber dem Ursprungserz partiell angereichert werden. Das auf „natürliche“ Weise gewonnene Schmelzgranulat (verschiedenartige *prills*) musste nicht aufwendig umgeschmolzen werden, sodass es nicht zu einer unbeabsichtigten Raffination kam<sup>1236</sup>. Eine Läuterung, die Eisen eliminiert, gleichzeitig aber auch die Gefahr von Verlusten an Legierungsbestandteilen mit sich bringen kann, war bei der chalkolithischen Verhüttung wahrscheinlich nicht notwendig.

## II.4. Blei und Silber

Die Archäometallurgie und Geologie von Silber sind eng mit der von Blei verbunden<sup>1237</sup>. Beide Metalle treten in ihren Lagerstätten häufig zusammen auf (vgl. Kap. III.). Außerdem sind Blei bzw. seine Erze eine Hauptquelle für Silber und andere Metalle. Blei wird zudem zur Extraktion von Silber<sup>1238</sup> und anderen Edelmetallen aus ihren Erzen verwendet. Es dient darüber hinaus dazu, Silber und Edelmetalle von unedleren Metallen durch Kupellation (Kap. II.4.3) zu trennen. Daneben wird auch das erste archäologische Auftreten von Blei und Silber in einem engen zeitlichen Zusammenhang gesehen<sup>1239</sup>. Aber auch weitere Quellen für Silber und insbesondere Silberlegierungen dürfen nicht außer Acht gelassen werden (Kap. II.4.4). Damit könnten (in einem ersten Schritt) andere Extraktionsmethoden als die der Kupellation verbunden sein.

---

<sup>1236</sup> Vgl. zu ähnlichen Überlegungen Pollard u. a. 1990, 73.

<sup>1237</sup> Siehe zu einem kurzen und eingängigen Abriss der Quellen für, und der Gewinnung von, Blei und Silber Moesta 1983, 76-100. – Kurz zu archäologischem Blei und Silber Pernicka 1990, 56-59. – Das folgende Kapitel beruht, mit einigen Änderungen, auf meiner unveröffentlichten Magisterarbeit.

<sup>1238</sup> Plin. nat. 33, 95.

<sup>1239</sup> Moorey 1985, 114; Pernicka 1990, 57.

### II.4.1. Blei und seine Erze

Blei<sup>1240</sup> ist eines der am häufigsten vorkommenden Metalle, wobei gediegenes Blei in der Natur nur sehr selten unter speziellen Bedingungen gebildet wird<sup>1241</sup> und deshalb meist in seinen Erzen vorliegt. Das am weitesten verbreitete Bleimineral ist der Bleiglanz (Galenit; chem.: PbS), ein Bleisulfid, das häufig mit Silbermineralen vergesellschaftet ist<sup>1242</sup>. Bleiglanz<sup>1243</sup> ist aufgrund seiner Eigenschaften wie hoher Dichte, kohleartigem Aussehen und oft kubischer Struktur leicht zu erkennen. Im frischen Bruch zeigt er einen bläulich silbrigen metallischen Glanz (Taf. 3, 2). Er lässt sich z. B. durch Waschen einfach vom leichteren anhängenden Ganggestein trennen. Der Bleiglanz enthält einen Bleianteil um 80 %.

Weitere wichtige Minerale sind der sekundär durch Verwitterung gebildete, meist farblose oder weiße Cerussit (Weißbleierz/Bleicarbonat; chem.  $\text{PbCO}_3$ ), der durch die Reaktion von kohlensäurehaltigem Wasser mit Bleiglanz entsteht, und weitere, sekundär durch Oxidation entstandene Erze. Weißbleierze finden sich häufig am Ausbiss und damit an der Oberfläche von Bleiglangzängen<sup>1244</sup>.

Für die frühe Verwendung von Bleierzen zur Gewinnung von Blei – und daraus Silber, wie noch zu erörtern sein wird (s. Kap. II.4.2.1.1.2; II.4.3) – sprechen neben archäologischen Objekten vor allem zwei Gründe: Zum einen sind Bleierze auffallend metallisch im Aussehen<sup>1245</sup> und dürften schon früh das Interesse des Menschen geweckt haben; zum anderen lassen sich Bleierze relativ einfach verhütten. Dazu sind ein einfacher Herd und mäßig reduzierende Bedingungen ausreichend. Blei könnte das erste aus seinen Erzen erschmolzene Metall sein<sup>1246</sup>. Die zufällige Entdeckung der Gewinnung von Blei durch eine unbeabsichtigte Behandlung von Bleierzen mit Feuer ist durchaus denkbar<sup>1247</sup>.

Folgendes Beispiel soll einen Eindruck vermitteln, wie niedrig die technischen und technologischen Anforderungen sein können<sup>1248</sup>:

The hunter and settler in Missouri, in the United States, early learned to procure the lead necessary for making their shot and bullets by building a fire in the hollow of a fallen tree or in an old stump, and smelting the pieces of galena they had picked up on the surface. The desired metal collected in the ashes, and required only a simple re-smelting to be ready for casting.

Jedoch ist bei „primitiven“ Bedingungen die Ausbeute an Blei niedriger und die Überführung von Silber sowie anderen Elementen in das Blei ist geringer (s. u.)<sup>1249</sup>.

#### II.4.1.1. Gewinnung von Blei

In den Anfängen der Bleimetallurgie war möglicherweise Cerussit von größerer Bedeutung als oftmals angenommen<sup>1250</sup>. Als Verwitterungsprodukt des Bleiglanzes liegt es oberflächennah und damit leicht

---

<sup>1240</sup> Zu einer allgemeinen Einführung in die Metallogie und die Metallurgie von Blei und seinen Erzen siehe: Moorey 1994, 292-297; Craddock 1995, 205-233; Pernicka 1990, 45. 56-59; Pernicka 1987, 640-642; Tylecote 1986, 54-61; Tylecote 1987, 40f.; Willies 1991. – Zu archäologischen Funden Pernicka 1990, 45. 56-58.

<sup>1241</sup> Siehe Pernicka 1990, 45.

<sup>1242</sup> V. a. in hydrothermalen Erzgängen (Moorey 1994, 292).

<sup>1243</sup> Siehe Craddock 1995, 206; Tylecote 1986, 54; Moesta – Franke 1995, 60; Pernicka 1990, 56.

<sup>1244</sup> Tylecote 1986, 54; Moesta – Franke 1995, 60.

<sup>1245</sup> Siehe Tylecote 1986, 54.

<sup>1246</sup> Schoop 1995, 38-40; Pernicka 1990, 64 Abb. 16.

<sup>1247</sup> Gowland 1901, 361; Ähnlich könnte auch die Gewinnung von Silber aus Blei entdeckt worden sein (Gowland 1918, 122); Pernicka 1990, 56.

<sup>1248</sup> Lamborn 1861, 132 zitiert nach Craddock 1995, 205.

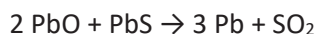
<sup>1249</sup> Pernicka 1987, 640f.

<sup>1250</sup> Allgemein Moesta – Franke 1995, 60; Siehe für den Vorderen Orient Moorey 1994, 233.

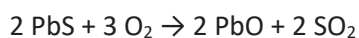
zugänglich vor. Außerdem ist es leicht verhüttbar. Temperaturen von 500 °C sind ausreichend, um metallisches Blei zu erzeugen. Dazu genügt ein einfaches Lagerfeuer mit Holz.

Zur Abscheidung von metallischem Blei und Bleiphasen insbesondere aus Bleisulfiden können im metallurgischen Prozessablauf mehrere Oxidations- und Reduktionsstufen führen, die in einem, aber auch mehreren Gängen erfolgen können<sup>1251</sup>: Insgesamt genügen für diese Prozesse recht einfache Bedingungen, und das Rösten muss nicht in einem separaten Schritt erfolgen<sup>1252</sup>.

Im oberen Teil eines Schmelzofens oder am Rand eines offenen Feuers kann die Bildung von metallischem Blei aus Bleisulfiden bei einer „Röstreaktion“<sup>1253</sup> erfolgen, die ab etwa 550 °C und ideal bei bzw. ab etwa 700 °C abläuft. Optional kann die Verhüttung mit Zuschlägen vollzogen werden<sup>1254</sup>. Da Bleiglanz (PbS) ein Bleisulfid ist, muss es erst durch Rösten zumindest partiell zum gelben Oxid oxidiert werden<sup>1255</sup>. Entstehende Bleiglätte (Bleioxid; chem. PbO) kann mit dem nichtoxidierten PbS zu Blei reagieren, der Schwefel entweicht sodann als gasförmiges Schwefeldioxid (vgl. die Reaktionsgleichung). Beim Verhütten von Bleisulfiden kann somit ein Teil des Schwefels als Reduktionsmittel wirken. Das Brennmaterial dient nur zum Erreichen der für die Vorgänge benötigten Temperaturen. Ähnlich ist dies auch beim *co-smelting* von sulfidischen Kupfererzen zu Kupfer der Fall (vgl. oben). Da Blei eine geringere Affinität zu Schwefel hat als Eisen, kann anders als bei der Kupferverhüttung unmittelbar auf Blei geschmolzen werden; eine Entstehung von Sulfidphasen ist weniger wahrscheinlich<sup>1256</sup>.



Nach Tylecote benötigt obige Reaktion Temperaturen von 800 °C<sup>1257</sup>. Die Reduktion zu Blei aus Bleiglanz kann aber auch über folgende Zwischenreaktion führen<sup>1258</sup>:



Stets vorhandenes Kohlenstoffmonoxid (CO) reduziert dann bereits bei Temperaturen ab ca. 160 °C einen Teil des PbO zum Metall. Jedoch finden die Umsetzungen bei höheren Temperaturen besser statt. Das geröstete Erz wird dabei insbesondere in der Mitte des Ofens bzw. Feuers bei geringer Luftzufuhr zu Blei reduziert. Ein Teil des PbS kann in der Bleischmelze (Schmelzpunkt von Blei bei 327,5 °C), die durch *co-smelting*-Reaktionen/Röstreaktionen und Reduktion entsteht und in einem Ofen nach unten absinkt, gelöst und dadurch weiteren Reaktionen entzogen werden<sup>1259</sup>. Insgesamt kann so noch vor der Bildung von Schlackenschmelzen der größte Teil des Bleis bei relativ niedrigen Sauerstoffpartialdrücken, d. h. bei einem hohen CO/CO<sub>2</sub>-Verhältnis, gewonnen werden<sup>1260</sup>. Eine Schlackenbildung von unreduziertem PbO mit SiO<sub>2</sub> zu niedrigschmelzenden Bleisilikaten kann bei Temperaturen von etwa 700–750 °C einsetzen und bei rund 960 °C vollständig erfolgen; häufig sind

---

<sup>1251</sup> Hauptmann u. a. 1988, 106.

<sup>1252</sup> Schoop 1995, 40.

<sup>1253</sup> Tylecote 1986, 54-55; Moesta – Franke 1995, 61f.; Hauptmann u. a. 1988, 106.

<sup>1254</sup> Das Erz lässt sich bei einer primitiven Verhüttung in kleinen Öfen oder Schmelzgruben ohne Zuschläge erhitzen. Dabei kann es zu einer Reaktion des Erzes mit der Ofenauskleidung kommen. Dabei evtl. entstehende Schlacken aus einer Mischung von Erz und Ofenmaterial sind sehr variabler Zusammensetzung (Pernicka u. a. 1985, 191-192); Zu Zuschlägen siehe etwa Marechal 1985, 31.

<sup>1255</sup> Moesta – Franke 1995, 61f.; Tylecote 1986, 54f.

<sup>1256</sup> Pernicka 1987, 640.

<sup>1257</sup> Tylecote 1987, 113; Tylecote 1986, 54.

<sup>1258</sup> Tylecote 1987, 113.

<sup>1259</sup> Tylecote 1986, 54; Hauptmann u. a. 1988, 106.

<sup>1260</sup> Die Reduktion verläuft bei einem Sauerstoffpartialdruck, wie er durch die Gleichgewichtskurve PbO/Pb im pO<sub>2</sub>/T-Diagramm wiedergegeben ist. Die optimale Temperatur liegt bei 700 °C. (Hauptmann u. a. 1988, 102 Abb. 111; 106. 110).



dies auch Reaktionen mit der Wandung von Ofen oder Tiegel. Solcherart silikatisch gebundenes Bleioxid wiederum kann dann bei etwa 1100 °C unter stärker reduzierenden Bedingungen als bei den zuvor ablaufenden Prozessen reduziert werden<sup>1261</sup>.

Zusammenfassend kann festgehalten werden: Blei hat einen niedrigen Schmelzpunkt (327,5 °C). Das verlässliche Reduzieren der Erze erfordert etwas höhere Temperaturen von im Idealfall über 500 °C. Soll beim Rösten sulfidischer Erze vornehmlich Bleioxid (PbO) entstehen, werden Temperaturen von über 800 °C benötigt<sup>1262</sup>. In etwa diese Temperaturen wiederum sind nötig, um Bleioxide (vollständig) zu reduzieren (s. o.)<sup>1263</sup>. Gleichzeitig kann sich damit die Neigung zur Schlackenbildung erhöhen.

Auch wenn Bleischlacken etwa durch Reaktionen mit der Wandung prinzipiell leicht entstehen können, so finden sich Schlacken der frühen Bleiverhüttung eher selten. Dafür gibt es mehrere Erklärungen: Bei einem primitiven Verhüttungsprozess in einem einfachen Herd oder Feuer entsteht diese nicht zwingend bzw. ein Gutteil des Metallgehaltes lässt sich noch vorher gewinnen (s. o.). Insbesondere da das Blei einfach aus der Matrix des Erzes bzw. dem Schlackengerüst ausgeschmolzen werden kann, könnte eine Verhüttung mit einer intentionellen Bildung regelhafter Schlacken bis in neuere Zeit häufig nicht zu verfolgen sein<sup>1264</sup>. In der „Schlacke“ bzw. dem verschlackten Material zurückgebliebenes Blei könnte durch eine mechanische Aufbereitung gewonnen worden sein und Schlacken so der Überlieferung entzogen sein<sup>1265</sup>. Auch entsteht selbst in regelrechten Schmelzherden oder Öfen Schlacke möglicherweise nicht immer, besonders wenn das Erz durch vorherige Auslese hoch angereichert wurde<sup>1266</sup>. Schlacken enthalten häufig noch Blei in Form von Einschlüssen metallischen Bleis, Bleioxiden und Bleisilikaten, welches teilweise nicht mechanisch gewinnbar sind. Dies führt dazu, dass Schlacken der Bleiverhüttung häufig noch einmal aufgeschmolzen wurden, um das Blei zu gewinnen<sup>1267</sup>.

Die Art der Schmelzvorrückung und der Prozessführung und damit die Bedingungen während der Verhüttung haben Einfluss auf die Qualität und den Silbergehalt des erschmolzenen Bleis<sup>1268</sup>. Bei weniger reduzierenden Verhältnissen und niedrigen Temperaturen ist die Bleiausbeute zwar geringer, dafür hat das Blei aber eine hohe Güte. Verunreinigungen wie Eisen- und Kupferminerale werden nicht reduziert und gehen in optionale Schlacke, wieder andere wie Arsen werden oxidiert und gehen als Rauch ab. Bei stärker reduzierenden Bedingungen und höheren Temperaturen werden mehr Silberminerale (und andere Verunreinigungen) reduziert und vom Blei aufgenommen.

Um reineres Blei zu erhalten, kann das so erhaltene Werkblei gesaigert werden<sup>1269</sup>: Im Bereich um den Schmelzpunkt führt langsames Erhitzen oder Abkühlen dazu, dass beispielsweise Kupfer als Metall,

---

<sup>1261</sup> Hauptmann u. a. 1988, 106. 110.

<sup>1262</sup> Bei Temperaturen von 500–600 °C bleiben beim Rösten eher Sulfide bestehen; bei 800–900 °C werden dagegen hauptsächlich Oxide gebildet (Marechal 1985, 30).

<sup>1263</sup> Schoop 1995, 40.

<sup>1264</sup> Tylecote 1987, 127. 303; Vgl. (dagegen) auch mit dem Beispiel Laurions, von wo riesige Mengen Bleischlacke vorliegen, Moesta – Franke 1995, 62.

<sup>1265</sup> Vgl. Tylecote 1987, 303.

<sup>1266</sup> Vgl. Craddock 1995, 207. Schlacken treten in großer Menge erst seit der Antike auf (vgl. Moesta – Franke 1995, 62).

<sup>1267</sup> Craddock 1995, 210; Mit einer verbesserten Prozessführung durch Zuschläge und eine günstiger gestaltete Ofenbauweise kann die Metallausbeute der Erze derart gesteigert werden, dass es sich auch lohnt, alte Schlacken wieder aufzubereiten um darin zurückgebliebenes Metall zu gewinnen, wie etwa im Gebiet um Laurion im zweiten Jahrhundert v. Chr. und wieder in der Neuzeit geschehen (Kalcyk 1982, 141-142. 206-207); Trotzdem sind es oft die typischen Bleischlacken, die den Weg zu den alten Bergbau- und Hüttenplätzen weisen, wie etwa in Laurion, Siphnos usw. (vgl. Moesta – Franke 1995, 62).

<sup>1268</sup> Siehe dazu etwa Moesta – Franke 1995, 62; Tylecote 1987, 138; Pernicka 1987, 640.

<sup>1269</sup> Nach Pernicka 1987, 685-688 mit Abb. 35.

Sulfid ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) oder Arsenid ( $\text{Cu}_3\text{As}$ ) abgetrennt wird. Silber und Gold verbleiben entgegen vielen anderen Elementen dabei im Blei. Wenn man also Blei mit Kupfergehalten von mehr als 0,05 % häufig oder langsam aufschmilzt oder lange flüssig hält, kann sich auch Kupfer als *Schlicker* absetzen. Dadurch reichern sich vermutlich Silber und Gold in der Bleischmelze leicht an<sup>1270</sup>. Vielleicht könnte ein mehrfaches Aufschmelzen mit dem Befund konzentrischer Rippel an Bleiglätte Arismans in Beziehung zu setzen sein (vgl. Kat. 39).

Blei kann aus Bleiglätte, die bei der Kupellation anfällt, mit den oben beschriebenen Verfahren einfach wieder rückgewonnen (gefrischt) werden. Dieses Frischblei sollte dann – insbesondere nach einer effektiven Kupellation – viel weniger Silber und andere Elemente als Rohblei enthalten. Dies ist aber nicht in allen Fällen zu vermuten<sup>1271</sup>.

#### II.4.2. Silber

Nur wenige Metalle dürften zu Beginn der extraktiven Metallurgie in metallischer Form bekannt gewesen sein. Darunter sind Gold und Kupfer, die beide in der Natur häufig gediegen vorliegen. Blei und Silber finden sich selten in gediegener Form. Sie müssen erst verhüttet und im Falle von Silber zumeist mittels Blei aus seinen Erzen extrahiert werden. Danach erfolgt die eigentliche Gewinnung des Silbers, indem das Blei abgetrieben wird. Die Frage, wann Silber entdeckt wurde, ist schwer zu beantworten und unterliegt einem sich derzeit rapide ändernden Forschungsstand. Gründe dafür sind u. a. in verschiedenen Konzepten zu suchen. Die Gewinnung von Silber durch Kupellation galt als große technische Hürde. Unter diesem Eindruck stand die Bewertung früher Silberobjekte, weswegen eine Frühdatierung oft nicht erwogen wurde. Eine Reihe von Silberfunden, insbesondere aus Ägypten und dem Vorderen Orient, wird von der Forschung allerdings seit langem dem 4. Jt. v. Chr. zugewiesen<sup>1272</sup>. Mittlerweile sind Silberfunde auch aus dem europäischen Raum bekannt bzw. in diese Zeit datiert.

Von der Silbermetallurgie zeugen aber nur wenige Reste, und Silberfunde können auch für Kupfer gehalten werden. Gold wiederum gilt als Edelmetall *par excellence* und ist, wenn auch selten, vergleichsweise einfach zu finden und zu gewinnen. Häufig liegt es gediegen in Seifen sowie als Berggold vor und ist dabei fast immer bereits mit bloßem Auge zu erkennen<sup>1273</sup>. Assoziationen wie Beständigkeit und Macht ziehen heutzutage das Interesse stark auf das Gold<sup>1274</sup>. Kupfer als namensgebender Werkstoff ganzer Epochen spielt in der Erforschung der Metallurgie dagegen auch aufgrund seines Fundreichtums und der daraus ableitbaren Aussagen die größte Rolle. Silber wurde in der Forschung lange vernachlässigt. Da Silber selten gediegen vorkommt, muss es zumeist über metallurgische Verfahren erzeugt werden. Frühe Silberartefakte weisen teilweise einen erheblichen Bleigehalt auf. Dies ist ein Hinweis darauf, dass dieses Silber mittels Kupellation aus Blei gewonnen wurde<sup>1275</sup>. Blei und Silber gehören zu den Metallen, die spätestens an der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. bekannt waren.

---

<sup>1270</sup> Pernicka 1987, 687.

<sup>1271</sup> Pernicka 1987, 641. 684f.

<sup>1272</sup> Siehe bes. Kat. 30. 32. 33. 36. 37. 42. 43. 44-49. 50. ferner 51-57.

<sup>1273</sup> Moesta – Franke 1995, 60f.

<sup>1274</sup> Dies mögen Titel von Ausstellungen wie „Macht, Herrschaft und Gold“ oder „Gold und Kult der Bronzezeit“ verdeutlichen (Fol – Lichardus 1988; Großmann 2003).

<sup>1275</sup> Moesta – Franke 1995, 59; Siehe – teils einschränkend – dazu II.4.3.3.

#### II.4.2.1. Quellen: Gediegen Silber, Silbererze, Bleierze usw. (vgl. II.4.3.3)

Silber tritt uns meist in Erzen gebunden entgegen<sup>1276</sup>. Gediegen liegt es häufiger derb, als Anflug, in Blechen, Platten oder hakigen Formen vor<sup>1277</sup>. In der Urgeschichte und insbesondere für die Anfänge der Silbermetallurgie mag gediegen Silber noch eine Rolle gespielt haben, aber als Silberquelle etwa für das Münzwesen im Altertum war es zu selten<sup>1278</sup>. Grundsätzlich ist es überlieferungsbedingt schwierig, etwas zum Umfang und technischen Stand der frühen Silbermetallurgie zu sagen. Die unterschiedlichen Quellen von Silber haben gemein, dass zumeist Blei und damit Kupellation notwendig ist, um es auszubringen<sup>1279</sup>. Beim verbleienden Schmelzen besteht die Möglichkeit, dass neben dem (silberhaltigen) Werkblei als wichtigstem Produkt noch silberhaltige Sulfidphasen und Speise entstehen können<sup>1280</sup>. Auch bei Fahlerzen können aufgrund der geochemischen Vergesellschaftung Blei und Sulfidphasen auftreten. Grundsätzlich stehen verschiedene Quellen zu Disposition (zu Lagerstätten siehe Kap. III)<sup>1281</sup>:

1. Gediegen Silber liegt, meist sekundär (supergen) durch die Oxidation von silberhaltigen sulfidischen Erzen wie Bleiglanz (PbS) und Silberglanz (Ag<sub>2</sub>S) gebildet, in den oxidierten Zonen von sulfidischen Lagerstätten vor.

Primäres Silber ist höchst selten, und Vorkommen von Bedeutung sind meist an teils sulfidische Lagerstätten mit Kobalt-Nickel-Arsen-Vererzungen gebunden<sup>1282</sup>, wie z. B. in Kongsberg (Norwegen), dem Erzgebirge (Sachsen), Sarrabus (Sardinien), Bou-Azzer (Marokko) und Cobalt (Ontario). Gediegen Silber ist und war vermutlich immer selten; gediegen Kupfer ist etwa 500mal häufiger verfügbar als gediegen Silber<sup>1283</sup>. Nach Tylecote findet sich gediegen Silber unter der Verwitterungszone<sup>1284</sup>. Aus Kongsberg sind armdicke Silberlocken bekannt geworden<sup>1285</sup>.

2. Sog. Dürrerze (*dry ores*) wie Silberchloride (Cerargyrit oder Hornsilber; AgCl); Silbersulfide (Argentit oder Silberglanz, Ag<sub>2</sub>S), darunter komplexe Erze wie Pyrargyrite (Ag<sub>3</sub>SbS<sub>3</sub>; Rothgiltigerz), Proustit (Ag<sub>3</sub>AsS<sub>3</sub>), Stephanit (Ag<sub>5</sub>SbS<sub>4</sub>); und silberhaltige Fahlerze (s. 3.)<sup>1286</sup>. Cerargyrit und Argentit sollen recht häufig und einfach zu verhütten sein<sup>1287</sup>.
3. Komplexe teilweise oxidierte sulfidische Erze wie Jarosite (sulfathaltiges Eisenerz) in Rio Tinto (Spanien) und Blei-Antimon-Silber Erze von Siphnos (Griechenland), teilweise in Erden bzw. Tonen<sup>1288</sup>, die in der Anreicherungszone eines Erzkörpers zwischen Eisernem Hut und dem primären Erzkörper vorliegen<sup>1289</sup>. Weiter ist Silber(erz) in Kupferlagerstätten meist mit Fahlerzen, Malachit und Azurit vergesellschaftet<sup>1290</sup>.

---

<sup>1276</sup> Moesta – Franke 1995, 60f.

<sup>1277</sup> Nach Moesta – Franke 1995, 60.

<sup>1278</sup> Moesta – Franke 1995, 59. 60.

<sup>1279</sup> Reallexikon der germanischen Altertumskunde 28 (2005) 427-432 s. v. Silber (A. Hauptmann) 429.

<sup>1280</sup> Reallexikon der germanischen Altertumskunde 28 (2005) 427-432 s. v. Silber (A. Hauptmann) 429f.

<sup>1281</sup> Nach Gale – Stos-Gale 1981c, 174-175; Nach Craddock 1995, 211f.; Vgl. dazu Tylecote 1987, 87-89.

<sup>1282</sup> Siehe hierzu auch Pohl 1992, 133-139.

<sup>1283</sup> Patterson 1971, 297.

<sup>1284</sup> Tylecote 1987, 87.

<sup>1285</sup> Reallexikon der germanischen Altertumskunde 28 (2005) 427-432 s. v. Silber (A. Hauptmann) 429.

<sup>1286</sup> Für weitere Beispiele siehe Gale – Stos-Gale 1981c, 174.

<sup>1287</sup> Tylecote 1987, 87.

<sup>1288</sup> Siehe Tylecote 1987, 87. 88; Wagner – Weisgerber 1978, 125.

<sup>1289</sup> Craddock 1995, 216.

<sup>1290</sup> Tylecote 1987, 87.

Für die Zeit vor dem Mittelalter werden Kupfererze als Silberquelle von der Forschung meist nicht in Erwägung gezogen. Von Kupfer kann Silber durch einen Saigerungsprozeß getrennt werden<sup>1291</sup>. Erhöhte Kupfergehalte im Silber dürften die Folge sein. Vgl. dazu Kupfersilberlegierungen (Kap. II.4.4) und Chemische Kennzeichen (Kap. II.4.3.3). Fahlerze könnten eine Silberquelle für Kupfersilberlegierungen der Frühzeit darstellen. Silber könnte aus Fahlerzen durch Sulfidphasen oder Blei ausgebracht werden.

4. Silberhaltige Bleierze, v. a. Bleiglanz (Galenit, PbS), Weißbleierz (Cerussit, PbCO<sub>3</sub>)<sup>1292</sup> und Anglesit (PbSO<sub>4</sub>).
5. Silber in Elektron, einer natürlichen Gold-Silber Legierung; und Silber in Kupfer (vgl. 3).
6. Silber in pyritischen Erzen, entweder in Pyrit (Schwefelkies, Katzungold; FeS<sub>2</sub>) selbst, Chalkopyrit (CuFeS<sub>2</sub>) oder Arsenopyrit (FeAsS). Diese werden jedoch häufiger auf Gold als auf Silber genutzt.
7. Zinkerze (?)<sup>1293</sup>.

Gleichwohl es verschiedene Quellen für Silber gibt, sollen im Folgenden nur die wahrscheinlich in der Urgeschichte bedeutsamsten charakterisiert und die Möglichkeiten, Silber aus ihnen zu extrahieren, dargestellt werden<sup>1294</sup>. Während zumindest in der Alten Welt, bedingt durch die Art der Vorkommen und auch eine mögliche Erschöpfung anderer Silberquellen, Bleiglanz (Bleisulfid) bis in die jüngere Vergangenheit eine der wichtigsten Silberquellen darstellte<sup>1295</sup>, zeigt ein Blick in die Neue Welt, dass eine Vielzahl von Erzen zu Beginn der Silbermetallurgie verfügbar gewesen sein könnte<sup>1296</sup>. So könnten die Verwitterungsprodukte von Bleiglanz, wie z. B. Cerussit, für die Anfänge der Silbermetallurgie von Bedeutung gewesen sein<sup>1297</sup>. Grundsätzlich kommen also neben Silber in gediegener Form auch verschiedene Erze als Rohstoffquelle in Betracht. Neben ausgesprochenen Silbererzen sind dies auch Erze, die wie Bleierze Silber nur als Nebenelement enthalten.

#### **II.4.2.1.1. Gediegen Silber und Silbererze**

Silber wird wie auch Gold zu den Edelmetallen gezählt. In der Natur kommt es jedoch nur selten gediegen vor<sup>1298</sup>. Dabei liegt es meist in tieferen Bereichen von Erzadern und nur selten oberflächennah vor. Es erscheint fast immer in Form von dünnen Blättchen oder feinen Fäden. In den oberen Bereichen der Lagerstätten wird es nämlich durch Chloride und andere Salze im Oberflächenwasser sehr leicht in Silberchlorid (Cerargyrit, Silberhornerz; chem. AgCl) umgewandelt, was durch Nitrate noch beschleunigt wird. Dieser Vorgang betrifft auch archäologische Silberobjekte<sup>1299</sup>. Zurück bleibt eine weiß-graue Masse, welche in Grabungen leicht übersehen werden kann. Entgegen Gold in Schwemmsanden und Flüssen bildet Silber aufgrund der

---

<sup>1291</sup> Pernicka 1987, 640.

<sup>1292</sup> Cerussit aus der oberen ausgewaschenen Zone einer Lagerstätte kann möglicherweise sehr arm an Silber sein, während solches aus tieferen Bereichen dagegen silberreich sein könnte. Siehe hierzu Gale – Stos-Gale 1981c, 174 Anm. 34.

<sup>1293</sup> Vgl. Craddock 1995, 214.

<sup>1294</sup> Der folgende Abschnitt beruht, mit einigen Änderungen, auf meiner unveröffentlichten Magisterarbeit.

<sup>1295</sup> Vgl. Craddock 1995, 211-212.

<sup>1296</sup> Siehe Patterson 1971, 294-304. 313.

<sup>1297</sup> Craddock 1995, 214.

<sup>1298</sup> Gowland 1918, 121; Tylecote 1986, 54; Tylecote 1987, 87-89.

<sup>1299</sup> Dieser Prozess betrifft wohl aber hauptsächlich Regionen in Küstennähe, wo der Salzgehalt des Oberflächenwassers bzw. des Bodens durch Gischt bedingt ist. Auch die Düngung in der Landwirtschaft sollte den gleichen Effekt haben (vgl. Gowland 1918, 123f.); Tylecote 1986, 54.

Verwitterungsvorgänge keine sekundären Seifenlagerstätten aus<sup>1300</sup>. Gediegen Silber ist also im Vergleich zu gediegen Gold und Kupfer schwer zugänglich; bedingt durch die Form, in der es vorliegt, muss es außerdem zur Weiterverarbeitung erst erschmolzen werden. Dies geschieht meist mit Hilfe von Blei. Insbesondere wenn gediegen Silber stark mit Gestein verwachsen ist, ist es ökonomisch fast nur noch möglich, es mit Blei oder ab dem Mittelalter mit Quecksilber auszulösen<sup>1301</sup>. Gowland schloss daher, dass die extraktive Kupfermetallurgie und die Entdeckung von Blei den Weg für die Silbermetallurgie bereiteten<sup>1302</sup>.

Nach Craddock können gediegen Silber und Dürrerze auch ohne Kupellation direkt erschmolzen werden<sup>1303</sup>. Er hält es daher mit Blick auf die Neue Welt für möglich, dass diese am Beginn der Silberverwendung standen<sup>1304</sup>. Ehemals leicht zugängliche Vorkommen von gediegen Silber und Silberhornerz könnten gerade im Bereich des (östlichen) Mittelmeeres, der ostmediterranen Metallurgieprovinz, Anatoliens und des Iran zu suchen sein<sup>1305</sup>. Allerdings sollen spätestens ab der Eisenzeit in der Alten Welt silberhaltige Bleierze, ferner Jarosite und Silber aus Kupfer, die bedeutenderen Silberquellen sein<sup>1306</sup>.

#### II.4.2.1.1.1. Silbererze

Zur Gewinnung von Silber aus Silbererzen ist es günstig bzw. oft notwendig, dass diese entweder bleihaltig sind, oder aber beim Verhütten Blei bzw. Bleierz zugegeben wird<sup>1307</sup>. Diese Art der Gewinnung ist mindestens seit der Antike bekannt<sup>1308</sup>. Das Verbleien von *hochsilberhaltigen* Erzen kann direkt geschehen, indem man sie ohne vorangehende Verhüttung in eine Bleischmelze trinkt<sup>1309</sup>.

---

<sup>1300</sup> Man denke aber an Elektron sowie die Gewinnung von Silber aus Tonen oder Eisenmineralien wie möglicherweise auf Siphnos (Wagner – Weisgerber 1978, 125).

<sup>1301</sup> Siehe Craddock 1995, 212. 214-216.

<sup>1302</sup> Gowland 1918, 121; Gowland 1901, 360; Siehe auch Tylecote 1986, 54.

<sup>1303</sup> Craddock 1995, 212.

<sup>1304</sup> Dabei zieht er v. a. die Verhältnisse in der Neuen Welt zum Zeitpunkt der Kolonialisierung heran, wo gediegen Silber im oberen Bereich von Lagerstätten häufig anzutreffen war. Auch nennt er Kongsberg in Norwegen, wo der Abbau historisch ab 1623 belegt ist (siehe Craddock 1995, 212). Jedoch gibt es keine Hinweise auf einen früheren Abbau in Kongsberg (siehe Craddock 1995, 212; Tylecote 1987, 87). Andere Autoren weisen jedoch auf die andersartige Situation in Kongsberg sowie auch der Neuen Welt hin (siehe oben und vgl. etwa Tylecote 1987, 87f.).

<sup>1305</sup> Silber kann bereits in der Oxidationszone, noch vor der Zementationszone, ausgefällt werden, wenn es auf halogenhaltige Lösungen trifft, was in Wüsten und Meeresnähe der Fall sein kann. Es wird dann als Cerargyrit (Hornsilber, Silberhalogenid) oder gediegen Silber ausgefällt (Huttenlocher – Ramdohr 1965b, 52). So standen für die Frühzeit des europäischen und vorderasiatischen Bergbaus – am ehesten im Mittelmeerraum, in Teilen des Balkans, dem Bereich der anatolischen Schwarzmeerküste und dem Iran – möglicherweise am Beginn eines Abbaus reiche Oxidationszonen sowie die obersten Argentit-führenden Teile der Zementationszone zur Verfügung (vgl. Neue Welt [Patterson 1971]).

<sup>1306</sup> Craddock 1995, 212; Tylecote macht Korrosion von Silber für die relative Seltenheit von Silberobjekten vor der frühen Eisenzeit verantwortlich (Tylecote 1986, 54). Jedoch ist Vorsicht bei dieser Interpretation geboten, weil Silber ab dieser Zeit als Münzmetall in größerem Umfang in Umlauf kam und die Silbermetallurgie vielleicht einen Aufschwung nahm (später ist auch Silber als Nebenprodukt aus der Kupfergewinnung in Betracht zu ziehen) und so das Bild verzerren könnte.

<sup>1307</sup> Gowland 1901, 360.

<sup>1308</sup> Gowland 1901, 360. 388; Moesta – Franke 1995, 59-64; So schreibt Plinius über Silber: „Excoqui non potest, nisi cum plumbo nigro aut cum vena plumbi. Galenam vocant, quae juxta argenti venas plerumque reperitur.“ (Plin. nat. 33, 95).

<sup>1309</sup> Bachmann 2003, 29.

Einige Silbererze, insbesondere wenn diese reich an Silber sind, können leicht mit Methoden der Kupferverhüttung auch ohne Zugabe von Blei zu Silber reduziert werden; darunter fallen Cerargyrit (Silberchlorid) und die mit gediegen Silber häufiger vergesellschafteten sulfidischen Silberminerale Argentit und Pyrargyrit<sup>1310</sup>. Nach Tylecote kann das Silber aus Cerargyrit gewonnen werden, indem man es auf etwa 800 °C erhitzt<sup>1311</sup>. Anreicherungen von Cerargyrit könnten am Ausbiss von Lagerstätten (für Bleiglanz oder Silbererze) zur Verfügung gestanden haben; häufig finden sich Dürrerze auch auf Kupferlagerstätten<sup>1312</sup>.

Auch andere polymetallische Erze könnten in Betracht gezogen werden. Fahlerze, die hohe Gehalte an Arsen aufweisen und auch reich an Silber sein können, kommen sowohl für die Gewinnung von Kupfer als auch von Silber in Betracht<sup>1313</sup>. Lange galt die Nutzung von Fahlerzen vor dem Hohen Mittelalter als ausgeschlossen. Mittlerweile liegen Hinweise auf eine frühe Fahlerznutzung aus den Alpen vor. Die Verhüttung von Fahlerzen zur Kupfergewinnung ist höchstwahrscheinlich in Brixlegg (Österreich) um oder bereits vor 4000 v. Chr. belegt (Kap. IV.1.3)<sup>1314</sup>. Ob diese frühe Zeitstellung auch für die Ausbeutung von Fahlerzen auf Silber denkbar wäre, bleibt zu klären (s. u.)<sup>1315</sup>. Mit der Nutzung von ausgesprochenen Kupfererzen auf Silber als Bei- oder gar Primärprodukt wie im Hohen Mittelalter ist vermutlich erst später zu rechnen; möglicherweise sind silberhaltige Kupfererze wie Fahlerze aber für Kupfersilberlegierungen verantwortlich zu machen (s. u.).

#### II.4.2.1.1.2. Silber aus Bleierzen

Silber muss aus Bleierzen<sup>1316</sup> in einem zweistufigen Schmelzprozess gewonnen werden. Im ersten Schritt wird dabei das Silber zusammen mit Blei aus dem Erz gewonnen. Im zweiten Schritt, der Kupellation, wird es durch selektive Oxidation vom Blei getrennt. Als wichtigste Quelle für die Gewinnung von Silber in Urgeschichte und Antike gelten silberhaltige Bleierze. So wurden die bekanntesten Silberbergwerke der Antike (Laurion = Bleiglanz und Cerussit; Siphnos = Tone/Eisenerz) nicht auf gediegen Silber oder Silbererze abgebaut, sondern auf den Silbergehalt in den Bleierzen. In Laurion und in einigen kleinasiatischen Minen ließ sich Blei mit bis etwa 2000 g Silber/t Blei gewinnen<sup>1317</sup>. Das häufigste Bleimineral ist Bleiglanz (Galenit, Bleisulfid PbS). In der Urgeschichte mögen auch seine Verwitterungsprodukte Cerussit (Weißbleierz, Blei(II)-carbonat  $\text{Pb}[\text{CO}_3]$ ) und Anglesit (Blei(II)-sulfat  $\text{Pb}[\text{SO}_4]$ ) genutzt; sie waren möglicherweise von größerer Bedeutung, da sie oberhalb des Grundwasserspiegels vorkommen<sup>1318</sup>. Craddock macht auch antike Schriftquellen für die Rolle von Cerussit geltend, in denen beispielsweise Plinius für Cerussit ebenso wie für die ähnlich aussehende Litharge dieselbe Bezeichnung verwendet (*cave: galena*)<sup>1319</sup>. In den oberen Bereichen einer Lagerstätte ist Silber in Bleierzen angereichert, da Blei durch Lösungsvorgänge ausgewaschen wird<sup>1320</sup> (vgl. die Verwitterung von Bleiglanz zu Weißbleierz). Bleierze mit einem Silbergehalt ab 0,15 % sind selten. Bleiglanz mit Silberanteilen ab 0,2 % gilt als gutes und um 0,5 % als reiches Erz. Es sind aber

---

<sup>1310</sup> Craddock 1995, 211f.; Giardino 2000, 60.

<sup>1311</sup> Tylecote 1980a, 206.

<sup>1312</sup> Gowland 1918, 122-123.

<sup>1313</sup> Siehe etwa Giardino 2000, 58; Bachmann 2003; Kassianidou 2003.

<sup>1314</sup> Siehe Krause 2003, 40.

<sup>1315</sup> Vielleicht mit „einfacheren“ Verfahren als den meist geschilderten (vgl. Bachmann 1993, 490f.; Kassianidou 2003).

<sup>1316</sup> Craddock 1995, 221-228; Moorey 1985, 107-110.

<sup>1317</sup> Tylecote 1986, 54.

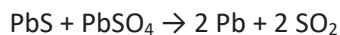
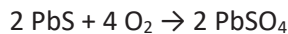
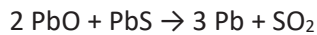
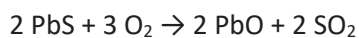
<sup>1318</sup> Pernicka u. a. 2011, 663; Tylecote 1986, 54.

<sup>1319</sup> Craddock 1995, 213f.

<sup>1320</sup> Tylecote 1986, 54; Tylecote 1970, 23.

auch Erze mit Gehalte von über 1 % vorhanden<sup>1321</sup>. Aus einer Mine in der Nähe von Afion Karahissar (Kleinasien) wird Bleiglanz mit einem Silbergehalt von 1,84 % berichtet<sup>1322</sup>. Abbau kann sich aber schon früher lohnen: Als untere Grenze für die Silberextraktion der bronzezeitlichen Ägäis wird ein Gehalt von 700-800 g Silber pro Tonne genannt<sup>1323</sup>. Der Silberanteil ist in Form winziger Einsprengungen von Silbermineralien, sog. Silberträgern, mit dem Bleimineral verwachsen. In Bleiglanz liegt das Silber dabei häufig in Form von Pyrargyrit (Dunklem Rothgiltigerz, chem. Ag<sub>3</sub>SbS<sub>3</sub>) vor. Eine mechanische Trennung ist ob der sehr ähnlichen Dichte und feinen Verwachsung kaum möglich. Um das Silber auszubringen, muss es zunächst mit dem Blei als Werkblei ausgeschmolzen werden<sup>1324</sup>.

Durch eine Röstreaktion bei ca. 1000 °C kann aus dem Bleiglanz (silberhaltiges) Werkblei erschmolzen und von optional flüssigen Schlacken abgetrennt werden (siehe hierzu Blei Kap. II.4.1). Blei lässt sich aus Bleiglanz bereits unter einfacheren Bedingungen ohne vorhergehende Röstung gewinnen, da in einem zumindest partiell offenen Feuer das Erz teilweise zum Oxid geröstet und gleichzeitig zum Metall reduziert werden kann (vgl. Formel unten)<sup>1325</sup>.



Silber, aber auch andere im Erz enthaltene Schwermetalle (Spurenelementmuster) wie Gold, Kupfer sowie Zink, Arsen, Bismut, Antimon und Tellur werden dabei vom Werkblei aufgenommen und mit diesem ausgebracht. Mit stärker reduzierenden Bedingungen und höheren Temperaturen jedoch wird das Silber besser reduziert und vom Blei aufgenommen; Verluste, etwa in die Schlacke, sind dann geringer<sup>1326</sup>. Falls sich Schlacken bilden, sammeln sich darin viele der Verunreinigungen und auch bis zu 30 % Blei; das ausgebrachte Blei nimmt praktisch alles Silber auf, wodurch eine Anreicherung erfolgt<sup>1327</sup>. Ein Verdampfen von Blei führt zu einer weiteren Konzentrationserhöhung<sup>1328</sup>. Entsteht bei der Bleiverhüttung (eisenhaltige) Speise, kann in dieser Silber verloren gehen<sup>1329</sup>; eisenarme Speise dürfte also auch hier von Vorteil sein. Der tatsächliche Silbergehalt von Blei aus silberreichen Bleierzen liegt bei etwa einem Gewichtsprozent, was weder die Eigenschaften des Bleis nennenswert verändert, noch es in der Praxis ermöglicht, das Silber etwa durch fraktionierte Kristallisation in der Metallschmelze anzureichern (vgl. aber Kap. II.4.1.1)<sup>1330</sup>. Um das Silber auszubringen, wird deshalb in einem zweiten Schmelzschrift, der Kupellation, das Silber (zusammen mit etwaigem Gold) vom Blei

<sup>1321</sup> Moesta – Franke 1995, 60f.; Pohl 1992, 164. – In der Urgeschichte könnten angereicherte Erze vorgelegen haben (Pernicka u. a. 2011, 672).

<sup>1322</sup> Gowland 1918, 122; Forbes 1943, 496.

<sup>1323</sup> Mit weiterer Literatur Gale – Stos-Gale 2008, 399.

<sup>1324</sup> Moesta – Franke 1995, 60f.

<sup>1325</sup> Moesta – Franke 1995, 62.

<sup>1326</sup> Craddock 1995, 221; Pernicka u. a. 2011, 663.

<sup>1327</sup> Pernicka u. a. 2011, 663. Zeitlich nicht näher bestimmt, soll vor der hellenistischen Zeit Blei wenig Verwendung gefunden haben, und Versuche, die Ausbeute zu steigern, sollen nicht stattgefunden haben. Dies wird in Verbindung mit dem Ziel der Operation gesehen: Silber zu gewinnen (Pernicka u. a. 2011, 663).

<sup>1328</sup> Pernicka u. a. 2011, 663.

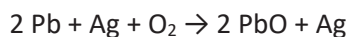
<sup>1329</sup> (Vgl.) Thornton u. a. 2009, 309.

<sup>1330</sup> Moesta – Franke 1995, 62.

und den anderen gegebenenfalls anwesenden unedleren Metallen durch eine selektive Oxidation abgetrennt (siehe hierzu Kupellation)<sup>1331</sup>.

### II.4.3. Kupellation

Die Kupellation ist die oxidative Trennung von Blei und Silber<sup>1332</sup> (Kupellation<sup>1333</sup> oder Abtreiben bzw. Treibprozess/-arbeit) und erfolgt bei mindestens 900 °C, indem Luft auf die Oberfläche des geschmolzenen Bleis geblasen wird. Dabei oxidiert das flüssige Blei aufgrund seiner hohen Oxidationsempfindlichkeit bevorzugt zu Bleiglätte (Litharge; PbO, Schmelzpunkt bei 886 °C<sup>1334</sup>) und löst bzw. nimmt die Oxide der meisten anderen Metalle auf<sup>1335</sup>. Genügen zu Beginn Temperaturen von 900 °C um Blei und die entstehende Bleiglätte flüssig zu halten, können im Verlauf des Prozesses wegen des höheren Schmelzpunktes von Silber (960 °C) Temperaturen um 1000 °C nötig werden<sup>1336</sup>.



Eine geeignete Vertiefung im Boden oder ein Tiegel („Kupelle“) reichen als Reaktor aus, um silberhaltiges Blei abzutreiben<sup>1337</sup>. Dabei kann das silberhaltige Blei durch ein Holzfeuer von oben erhitzt und dadurch geschmolzen werden. Die Flammen ziehen Luft von der Seite an und diese oxidiert die Oberfläche des geschmolzenen Bleis. Diese Prozesse können auch in regelhaften Herden ablaufen<sup>1338</sup>. Sie können eine Entwicklung zum Kupellationsofen zeigen, der mit einer Kuppel überbaut ist, und somit eine bessere Energieausnutzung aufweist<sup>1339</sup>. Da in der archäologischen Überlieferung, bislang entsprechende Vorrichtungen weitgehend fehlen, können für die Urgeschichte Tiegel oder einfache Herde als Reaktor angenommen werden, die sich in ihrem Aufbau und ihrer Funktionsweise zunächst einmal gleichen. Herd bzw. Tiegel sollten möglichst flach sein, damit die Luft auf eine möglichst große Oberfläche trifft, und die Oxidationsprozesse beschleunigt werden (vgl. Taf. 3, 4;

---

<sup>1331</sup> Andere Verfahren um das Silber zu extrahieren sind erst seit dem Ende des Mittelalters bzw. seit der Neuzeit bekannt. Zu nennen ist etwa das Zusetzen von Zink zur Bleischmelze. Dieses nimmt das Silber auf und setzt sich wegen seiner geringeren Dichte als Schaum an der Oberfläche der Schmelze ab, von wo die angereicherte Zink-Silber-Legierung abgeschöpft werden kann (Moesta – Franke 1995, 62f.).

<sup>1332</sup> Zur Kupellation siehe Moesta 1983, 78-88; Wagner 1984, 4; Tylecote 1986, 60. ferner 61; Craddock 1995, 221-231. bes. 223; Moesta – Franke 1995, 63-73; Pernicka u. a. 2011, 663f. 672; Tylecote 1987, 138-140. ferner 134-138. 195-198; Blei oxidiert an der Oberfläche relativ schnell. Frisch geschnittenes Blei glänzt metallisch. Durch den Sauerstoff in der Luft aber wird innerhalb von Stunden eine dünne Haut aus Bleioxid gebildet, so dass es seinen Glanz schnell verliert und spätestens nach ein paar Tagen nur noch bleigrau aussieht. Diese Oxidhaut schützt das Blei dann aber vor weiterer Oxidation, so dass es – je nach Lagerung – lange überdauern kann (Moesta – Franke 1995, 63. 64). Silber als Edelmetall wird demgegenüber selbst bei erhöhten Temperaturen von reiner Luft nicht angegriffen. Letztendlich basiert die Trennung von Blei und Silber darauf, dass das unedlere Blei verbrannt (oxidiert) wird und das edle Silber dabei (fast) nicht angegriffen wird und sich anreichert. Das Schwarzanlaufen von Silber wird durch Reaktionen mit Schwefelverbindungen hervorgerufen (Moesta – Franke 1995, 63f.).

<sup>1333</sup> Der Begriff Kupellation rührt daher, dass dieser Prozess im ausgehenden Mittelalter in Öfen durchgeführt wurde, die zur besseren Ausnutzung des Heizmaterials mit einer Kuppel überbaut waren (Moesta – Franke 1995, 64).

<sup>1334</sup> In geschmolzenem Zustand eine dünnflüssige, honiggelbe Flüssigkeit (Moesta – Franke 1995, 65).

<sup>1335</sup> Pernicka u. a. 2011, 664.

<sup>1336</sup> Pernicka u. a. 2011, 664.

<sup>1337</sup> Moesta – Franke 1995, 64; Vgl. Pernicka u. a. 1985, 192 mit Anm. 10; Craddock 1995, 221-231.

<sup>1338</sup> Craddock 1995, 221-228.

<sup>1339</sup> Moesta – Franke 1995, 64.



Taf. 12, 4-7)<sup>1340</sup>. Es stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, was Form sowie Material und damit die Eigenschaften der Tiegel betreffen.

Die geschmolzene, dünnflüssige und honiggelbe Bleiglätte (PbO) schwimmt aufgrund ihrer geringen Dichte auf dem geschmolzenen silberhaltigen Blei (Pb[Ag]) und schützt es so vor weiterer Oxidation<sup>1341</sup>. Um auch das restliche Blei abzutreiben und das Silber zu gewinnen, muss die Bleiglätte abgeführt werden. Zwar geht ein Teil der Bleiglätte auch als Rauch verloren<sup>1342</sup>, aber ihre Entfernung erfolgt hauptsächlich entweder durch eine Ableitung oder ein Abstreichen<sup>1343</sup>. Die Bleiglätte hat eine niedrige Oberflächenspannung und damit benetzende Eigenschaften. Dadurch kann sie vom porösen Material des Tiegels bzw. Herdes aufgenommen werden. Saugende Eigenschaften haben sowohl mittelporige Keramik als auch durch Pflanzenasche, Knochenasche und anderes gemagerte Wandung<sup>1344</sup>. In diesem Fall imprägniert die Bleiglätte geradezu die Wandung von Tiegel oder Herd. Die flüssige Bleiglätte reagiert dabei leicht mit der Kieselsäure des Tons keramischer Tiegel und Herdwandungen unter Bildung von Bleisilikaten. Diese können glasförmig erstarren (Schmelzpunkt bei 714 °C)<sup>1345</sup>. Das Silber kann dann in Bleiglas eingebettet bleiben und sich durch Zerbrechen des Scherbens nach Ende des Prozesses herauslösen lassen. Keramische Wandungen können aufgrund der Aggressivität des Bleioxids bereits zwischen 700 und 900 °C schmelzen<sup>1346</sup>. Eine Erhitzung von oben bietet sich also an<sup>1347</sup>. Archäologisch lassen sich vom Abtreibprozess neben Silber nur Bleiglätte (Bleioxid, PbO) und bzw. oder stark davon angegriffene und imprägnierte Tiegel finden (s. u.); das Blei der Litharge wie auch aus Bleisilikaten ist indes rückgewinnbar und deswegen nicht zwingend überliefert<sup>1348</sup>. Im Idealfall werden beim Abtreiben des Bleis auch andere unedle Metalle<sup>1349</sup> oxidiert, von der Bleiglätte gelöst und mit dieser abgeführt; andernfalls müssen sie, wenn sie sich an der Oberfläche absetzen, gesondert

---

<sup>1340</sup> Siehe etwa die Form eines flachen Probiertiegelchens aus dem späten 16. Jh. n. Chr. aus Österreich zum Testen des Silbergehaltes bei Rehren 2003, 208 Fig. 14,2.

<sup>1341</sup> Moesta – Franke 1995, 65; Pernicka u. a. 2011, 664.

<sup>1342</sup> Auch Blei und Bleiglanz sind sehr leicht zu verflüchtigen, und zwar unabhängig davon, ob es sich um einen Herd mit oxidierenden Bedingungen oder eher um einen reduzierenden Schachtofen handelt, so dass schon beim Erschmelzen von Blei der Hauptverlust durch Dampf entstehen kann (Craddock 1995, 210). Wie leicht Blei verdampft, ist auch daran zu sehen, welche Rücksicht auf das Personal beim Verhütten genommen wird oder zumindest werden sollte (siehe Craddock 1995, 209). Beim Bleischmelzen zu Silvester sollte deshalb auch das Fenster geöffnet sein.

<sup>1343</sup> So besteht eine Möglichkeit darin, die Bleiglätte über eine Rinne in eine neben dem Feuer liegende Mulde abfließen zu lassen. Diese Möglichkeit bietet sich für Herde mit großen Mengen an. Aber auch mit einer eisernen „Krücke“ – an der, wenn sie kalt ist, das Bleioxid haften bleibt – kann die Glätte von der Oberfläche abgezogen werden (Moesta – Franke 1995, 65).

<sup>1344</sup> Moesta – Franke 1995, 65f; Pernicka u. a. 2011, 664; Pernicka 1990, 58; Im Gegensatz zu metallischem Blei, das sich nicht mit Ton, Silikaten und Asche verbindet und deshalb eine Schmelzkugel bildet (sog. Bleikönig), verbindet sich Bleiglätte leicht mit Silikaten. Das führt dazu, dass die beim oxidierenden Brennen gebildete Bleiglätte keine Schmelzkugel formt, sondern auf der Oberfläche verläuft, sie benetzt. Flüssigkeiten mit dieser benetzenden Eigenschaft können auch in feine Poren eindringen. Besteht nun der Tiegel oder Herd aus Material mit diesen Merkmalen, wird entstehende Bleiglätte von den Poren aufgesaugt (Moesta – Franke 1995, 65). Um diese saugenden Eigenschaften zu erhalten, eignen sich als Beimengungen für Tiegel bzw. Herdauskleidungen Materialien wie Aschen von Pflanzen und Knochen. Auch mittelporige Keramik weist dieses Kennzeichen auf (Moesta – Franke 1995, 65f.; Pernicka u. a. 2011, 664; Craddock 1995, 228).

<sup>1345</sup> Dasselbe Prinzip findet auch Anwendung bei der Herstellung von Bleiglasuren (Pernicka u. a. 1985, 192).

<sup>1346</sup> Pernicka u. a. 2011, 664. 667.

<sup>1347</sup> Pernicka u. a. 2011, 664. 672f.

<sup>1348</sup> Hauptmann u. a. 1988, 106. 110.

<sup>1349</sup> Die Bezeichnung „unedel“ wird für Metalle gebraucht, die schon bei Normalbedingungen mit dem Sauerstoff aus der Luft reagieren, d. h. oxidieren und dadurch zunächst unansehnlich und in der Folge gar unbrauchbar werden (siehe Moesta – Franke 1995, 63).

entfernt werden<sup>1350</sup>. Das edlere Silber und etwaiges Gold werden (fast) nicht oxidiert und bleiben so zurück<sup>1351</sup>. Von den anderen Elementen gehen insbesondere Kupfer, Bismut, Selen und Tellur in die Glätte, im Silber können jedoch zunächst Reste davon verbleiben<sup>1352</sup>. In Bleiglätte eines frühen Stadiums kann sich vergleichsweise viel Arsen, Antimon und auch Zinn finden. Im Verlaufe eines häufig mehrstufigen Prozesses reichert sich das Silber so immer mehr an, bis es schließlich als Silberblick durch die Bleiglättenhaut bricht und am Ende als rundlicher Schmelzkörper vorliegt (s. Taf. 3, 3)<sup>1353</sup>. Plinius führt dazu aus, „*argentum autem innatat superne, ut oleum aquis*“<sup>1354</sup> – „das Silber aber schwimmt oben wie Öl auf Wasser“. In Anbetracht der gegenüber Bleiglätte höheren Dichte von Silber, ist der Grund dafür in den benetzenden Eigenschaften der Bleiglätte und der Bildung von Bleisilikaten zu suchen<sup>1355</sup>. Das Silber liegt am Ende oben auf. Die überlieferten Bleiglättestücke stellen wahrscheinlich meist die von der Bleiglätte schwer angegriffenen und durchdrungenen Kupellen dar<sup>1356</sup>. Entsprechend zeigen Bleiglättefunde an der Oberfläche eine Vertiefung, in der das geschmolzene Silber zusammen mit eventuellem Gold auflag<sup>1357</sup>. Vielleicht zeigen imprägnierte Kupellen wie in Arisman (Kat. 39) Anzeichen dafür, dass der Prozess häufiger unterbrochen wurde. Diese Bleiglättefunde könnten überdies den urgeschichtlichen Weg zur Entfernung von Bleiglätte aus Bleisilberschmelzen anzeigen: Die saugenden Eigenschaften der Tiegel wurden also genutzt.

In der Regel zeichnet sich kupelliertes Silber gegenüber gediegen Silber, das kein Blei enthält, durch Beimengungen von unedlen Metallen und insbesondere Blei aus (s. u. Kap. II.4.3.3)<sup>1358</sup>. Die Bleigehalte lassen sich nur schwer unter 0,5 % senken<sup>1359</sup>. Zu reines Silber neigt wegen der Austretens gasförmigen Sauerstoffs zum Spratzen; eine picklige Oberfläche von *argentum pustulatum* galt in der Antike als Zeichen hoher Reinheit (s. Taf. 3, 3)<sup>1360</sup>.

Neben Silber kann auch Gold wegen seiner chemischen Ähnlichkeit in Blei aufgelöst und kupelliert werden. Goldführende Erze wie auch Seifen können deshalb zur Goldgewinnung mit Blei oder Bleiglätte versetzt werden<sup>1361</sup>. Ähnlich können auch bei unterschiedlichen Legierungen von Nichtedelmetallen mit Gold und Silber die Edelmetallgehalte von den Nichtedelmetallen getrennt werden, indem solche Legierungen zur Raffination mit Blei aufgeschmolzen und anschließend kupelliert werden<sup>1362</sup>. Ob etwa Arsen und Antimon aus Bleiglätte für die Legierung mit Kupfern genutzt werden können, bleibt weiter zu überlegen.

---

<sup>1350</sup> Craddock 1995, 223. Die Kupellation von sehr reinem silberhaltigem Blei nach der oben beschriebenen Methode bereitet kaum Schwierigkeiten; manche Verunreinigungen bedingen jedoch teilweise recht komplexe Prozeduren, um diese zu entfernen (siehe Moesta – Franke 1995, 66; Tylecote 1987, 196f.).

<sup>1351</sup> Tylecote 1987, 198.

<sup>1352</sup> Pernicka 1987, 641.

<sup>1353</sup> Aus praktischen und ökonomischen Gründen wird dieser Prozess häufig in mehreren Schritten in immer kleiner werdenden Herden durchgeführt (Moesta – Franke 1995, 65; Tylecote 1987, 138). Bleiglätte vom Beginn des Prozesses kann im Verhältnis zu späterer Bleiglätte reich an Antimon, Arsen und Zinn sein. Bismut ist schwierig zu entfernen (Pernicka u. a. 2011, 664).

<sup>1354</sup> Plin. nat. 33, 95. – Dagegen Projektgruppe Plinius 1989, 21 Anm. 70.

<sup>1355</sup> Craddock 1995, 223; Reallexikon der germanischen Altertumskunde 28 (2005) 427-432 s. v. Silber (A. Hauptmann) 430.

<sup>1356</sup> Siehe Craddock 1995, 223-228; Vgl. auch Moesta – Franke 1995, 65.

<sup>1357</sup> Pernicka u. a. 2011, 664; Craddock 1995, 223.

<sup>1358</sup> Tylecote 1986, 61.

<sup>1359</sup> McKerrell – Stevenson 1972.

<sup>1360</sup> Moesta – Franke 1995, 66.

<sup>1361</sup> Moesta – Franke 1995, 70.

<sup>1362</sup> Moesta – Franke 1995, 71.

### ***II.4.3.1. Bleiglätte und Tiegelfragmente als Nachweis von Kupellation***

Neben Silber können sich als Überreste der Kupellation Bleiglätte und von solcher durchdrungene Teile des Reaktionsgefäßes erhalten<sup>1363</sup>. Aufgrund ihres relativ geringen Wertes sind (aus späterer Zeit) Bleiglättestücke häufig überliefert. Reine Bleiglätte besteht aus Bleioxid (PbO). Bei archäologisch überlieferten Funden ist durch Verwitterung meist ein Teil zu Blei(hydro-)carbonaten umgewandelt, die mehr als 75 Gew.% Blei aufweisen<sup>1364</sup>. Wie Bleierze kann man Bleiglätte, die auch von Tiegel- und Ofenwandung resorbiert sein und teilweise noch andere Metalle enthalten kann, einer Verhüttung zuführen, um das Blei wiederzugewinnen. Oder man kann sie nutzen, um Silber aus seinen Erzen zu lösen (s. bes. Kap. II.4.2.1.1.1). Zur Rückgewinnung muss die Bleiglätte lediglich reduziert werden<sup>1365</sup>. Ein Merkmal für wiedergewonnenes Blei sind meist Beimengungen von Arsen, Antimon, Bismut und Kupfer<sup>1366</sup>. Folglich könnte der Fundbestand von Kupellationsresten relativ begrenzt sein.

Frühe archäologische Funde von Bleiglätte, von solcher imprägnierte Tiegel- und Ofenwandungen, bzw. deren Abformungen wie auch Blei-Silberschlacke liegen von einigen Fundorten des 4. Jt. v. Chr. vor: Beispiele fanden sich in Fatmalı Kalecik (Kat. 28), Habuba Kabira-Süd (Kat. 34), Arisman (Kat. 39) und Tepe Sialk (Kat. 38) (Taf. 12, 1–7). Auch für Arslantepe wird einmal Bleiglätte genannt (Kat. 35d)<sup>1367</sup>, diese jedoch in späterer Literatur nicht mehr erwähnt<sup>1368</sup>. Pernicka konstatiert für Bleiglätte aus Habuba Kabira, dass sie aufgrund der hohen Reinheit – sie besteht fast ausschließlich aus PbO – vermutlich abgegossen oder abgezogen wurde<sup>1369</sup>. Aus Griechenland (s. Kap. IV.1.1.1.1) stammen Silberartefakte (Nadel aus Limenaria-Lioudas auf Thasos, Ende 6. Jt. v. Chr., ohne Kat.) und Bleiglätte vom Beginn des 4. Jt. v. Chr. (Limenaria-Markoulis, ohne Kat.), die Hinweise auf eine frühe Kupellation bzw. Extraktion aus Bleierzen geben. Weitere Silberartefakte sind bekannt, die teilweise noch ins 5. und 4. Jt. v. Chr. datieren könnten (Kat. 8–10). Die nächst jüngeren Bleiglättefunde aus der Mesogaia-Ebene gehören in die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. (ohne Kat.). Ab der Wende vom 4. zum 3. Jt. v. Chr. werden Silberartefakte und Bleiglättefunde aus diesem Raum zahlreicher.

### ***II.4.3.2. Überlegungen zur Kupellation am Beginn der Silbermetallurgie***

Obleich es möglich ist, gediegen Silber einfach zu erschmelzen und aus manchen ausgesprochenen Silbererzen das Silber durch eine Verhüttung zu extrahieren, so scheint doch aufgrund Verwachsung von Silber und Silbermineralen eine Zugabe von Blei oft angezeigt. Inwieweit sich Silber dieser Quellen auch ohne Blei durch eine Zerkleinerung und Auslese der Charge (nach der Verhüttung) gewinnen lässt, wäre zu fragen. Allerdings finden sich diese Silberquellen oft in tieferen Gängen. Aus oberflächennahen Bereichen der Lagerstätten bietet sich als Rohstoffbasis für die Blei-Silbergewinnung hauptsächlich silberhaltiger Bleiglanz und Cerussit (Weißbleierz) an. Vieles spricht dafür, dass die Extraktion von Silber häufig über Blei lief, aus welchem das Silber wiederum durch Abtreiben gewonnen werden musste. Zwar ist für den Beginn der Silbermetallurgie die Nutzung gediegen Silbers und solcher Erze, aus denen Silber durch eine einfache Verhüttung gewonnen werden konnte, nicht auszuschließen (Domuztepe, Kat. 27), gleichwohl stellt die Kupellation die technische Hürde für eine zuverlässige Silbergewinnung dar. Die Beantwortung der Frage nach dem Wo und Wann der Innovation Kupellation

---

<sup>1363</sup> Siehe hierzu Craddock 1995, 223; Pernicka u. a. 2011, 664. – Ausführlich zum Aufbau von mit Bleiglätte vollgesogenen Wandungen Pernicka u. a. 2011, 664.

<sup>1364</sup> Nach Pernicka u. a. 2011, 664.

<sup>1365</sup> Tylecote 1986, 60.

<sup>1366</sup> Craddock 1995, 211.

<sup>1367</sup> Dazu Hess u. a. 1998, 57.

<sup>1368</sup> Vgl. Pernicka u. a. 2011, 662f.

<sup>1369</sup> Pernicka 1990, 59.

gestaltet sich aber schwierig. Quellenkritische Probleme ebenso wie die Aussagekraft chemischer Analyseergebnisse lassen keine schnellen Antworten zu. In den kulturgeschichtlich-archäologischen Kapiteln dieser Arbeit wird dieser Frage deshalb näher nachgegangen.

Ausgehend von Blei bleibt festzuhalten, dass Funde von verwendeten Schmelzöfen oder Herden aus dem 4. Jt. v. Chr. bislang fehlen und somit zu den technischen Vorrichtungen ebenso wie zu Ofenprozessen, zur Erzbasis und zur Art etwaiger Zuschläge keine Angaben gemacht werden können. Durch Überlegungen zum (weitgehenden) Fehlen von Schlacken, Herden und Öfen im Vergleich mit Experimenten und ethnographischen Beispielen wird ersichtlich, dass die Möglichkeit zur Verhüttung von Blei in einfachen Feuern und Herden mit ephemeren oder häuslichem Charakter besteht. Auch wären Prozesse in Tiegeln möglich. Blei kann unter recht einfachen Bedingungen hergestellt werden. Stärker reduzierende Bedingungen würden allerdings Verluste von Silber in Schlacken geringer halten. Ab der Antike treten Schlacken verstärkt auf, z. B. aus Laurion in Griechenland. Ihre Kristallstruktur (Fayalitbildung) weist auf hohe Temperaturen und stark reduzierende Bedingungen hin<sup>1370</sup>. Die bei hohen Temperaturen durch Verdampfung entstehenden Verluste von Blei sind dabei akzeptabel, solange Silber das Ziel der Operation ist. Als Kupellationsherde angesprochene Vorrichtungen stammen etwa aus dem antiken Laurion<sup>1371</sup>. Die Produktion des als Münzmetall benötigten Silbers erreichte industrielle Züge. Für die früheste Silberproduktion darf ein anderer *modus operandi* auch in Anlehnung an die Kupfermetallurgie erschlossen werden. Schon bei der Verhüttung von Blei ist eine Schlackenbildung nicht notwendig. Blei kann sich absaigern. Weiter bedarf die Kupellation nicht unbedingt spezieller Vorrichtungen. Sie kann in einfachen Herden oder einem Tiegel bzw. Keramikgefäß durchgeführt werden. Die Überlieferungschancen von Überresten der Kupellation sind schwer einzuschätzen. Das Feuerfestmaterial des Reaktors kann mit Bleiglätte zu Bleisilikaten reagieren, eine Zerkleinerung mit dem Ziel, das Silber auszulesen, könnte erfolgt sein. Ebenso lässt sich Blei aus Bleiglätte rückgewinnen, oder die Bleiglätte kann dazu genutzt werden, Silber aus seinen Erzen zu lösen. Möglicherweise bleiben deshalb nur geringste archäologisch nachweisbare Spuren zurück. Als unmittelbare Nachweise für das Verfahren der Kupellation liegen Bleiglätte bzw. mit solcher imprägnierte Reste von Tiegeln (Kupellen) oder Herdauskleidung wahrscheinlich ab der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. vor. Häufig sind es jedoch lediglich die Objekte selbst, die von der Silbergewinnung zeugen. Hinweis auf das Verfahren ihrer Herstellung, hier die Frage nach der Kupellation, kann in begrenztem Umfang ihre chemische Zusammensetzung geben.

Für das weitgehende Fehlen von Belegen gilt deshalb möglicherweise: *absence of evidence is not evidence of absence*, wie gezeigt wurde. Aufgrund der geringen Reste müssen die Silberfunde also weitgehend für sich selbst sprechen. Jedoch sind wegen des frühen Auftretens von Kupfersilberlegierungen und der Überlegungen zu Sulfidphasen und Speisen (s. u.; vgl. auch die Kupfermetallurgie) weitere Bemerkungen zu machen: Zum einen sind aufgrund der Paragenese verschiedener Mineralien Blei und Silber, aber auch Kupfer oft miteinander vergesellschaftet. Zum anderen können technisch bedingt je nach Prozess auch Blei, Silber, Kupfer, Arsen und Antimon zusammen mit Sulfidphasen und Speisen auftreten. Möglicherweise ist deshalb zunächst eine intentionelle primäre Gewinnung von Silber aus Bleierzen weder anhand der chemischen Signatur noch anhand von Bleiglättefunden ohne weitere Indizien sicher erschließbar. So könnten Fahlerze und andere Erze zur Darstellung von Silber eben wegen der Vergesellschaftung mit Blei (-erzen) teilweise den Umweg über eine Kupellation erfordern. Kupfersilberlegierungen, mutmaßlich aber auch Silber

---

<sup>1370</sup> Craddock 1995, 221.

<sup>1371</sup> Gowland spricht sie als Herde zur Verhüttung von Blei an (Gowland 1901, 2991-392), Craddock dagegen hält sie für Kupellationsherde und nimmt für die eigentlichen Schmelzöfen eine Höhe von 3-4 m an (Craddock 1995, 222-223).

wiederum könnten sich bei sulfidischen Erzen auch durch die Abscheidung von eisenarmer Speise aus Sulfidphasen erzeugen lassen (s. u.). Aufgrund der Prozessbedingungen kann auch hier wieder Blei eingetragen werden. Die genauen Herstellungstechniken lassen sich vielleicht nicht im Einzelfall bestimmen, können aber für Kommunikationsräume tendenziell erschlossen werden.

### ***II.4.3.3. Chemische Kennzeichen von Silber als Hinweis auf Rohstoffbasis und Gewinnungsverfahren (vgl. II.4.2.1)***

Bei der Gewinnung von Silber kann – ähnlich wie bei der extraktiven Kupfermetallurgie – das komplexe Zusammenspiel von Abläufen und Prozessen, die innerhalb der *chaîne opératoire* auf dem Weg vom Erz zum Metall stattfinden, Einfluss auf die Zusammensetzung nehmen. Weiterhin kann sich etwa durch Legierung und beim späteren Umlauf durch Recyclingpraktiken die Zusammensetzung des Silbers ändern. Bei der extraktiven Silbermetallurgie kommt erschwerend hinzu, dass eine etwaige Kupellation mit ihren oxidierenden Bedingungen einer weitgehenden Raffination gleichkommt, und dass der potentielle Zusatz von exogenem Blei Provenienzstudien mittels der Bleiisotopie verunklart. Auf das Ausgangsmaterial und den Herstellungsprozess erlaubt die chemische Zusammensetzung von Silberartefakten nur bedingt Rückschlüsse, genauer gesagt liefert sie bloß Indizien. Eindeutige Kriterien, Wertebereiche oder Grenzwerte, die Aussagen zu Erzbasis, Herstellungsprozess und Provenienz einzelner Fundstücke erlauben, lassen sich kaum aufstellen. Einen Überblick bieten Craddock<sup>1372</sup> sowie Gale und Stos-Gale<sup>1373</sup>. Mit einigen weiteren Angaben und Anmerkungen folgt nachstehende Auflistung von Kriterien diesen Autoren und ist meiner Magisterarbeit entnommen<sup>1374</sup>. Die Nummerierung bezieht sich auf die in Kapitel II.4.2.1 „Quellen“ gegebene:

1. Gediegen Silber ist typischerweise eher rein mit Beimengungen von Kupfer unter 0,5 %, Bismut unter 0,05 % und Gold- und Bleigehalten von weniger als 0,01 %; der Gehalt von Quecksilber liegt in der Regel zwischen 0,4 % bis 4 % bei einem Mittel von 0,5 %; er kann aber auch darunter liegen<sup>1375</sup>. Bei aufgeschmolzenem Silber verdampft das Quecksilber, sodass der Quecksilbergehalt sinkt; Aussagen werden dadurch zusätzlich erschwert. Gediegen Silber kann mittels Blei gewonnen werden und ist häufig mit Cerargyrit vergesellschaftet, das selbst wiederum Bleigehalte aufweisen kann. Beim Schmelzen kann dieses unbeabsichtigt in das Silber gelangen; damit können die Bleigehalte höher liegen als oben angegeben. Gediegen Silber ist eher rein, es sind aber auch Fälle bekannt, in denen es Gold, Kupfer (selten bis 10 %), Quecksilber, Arsen, Antimon, Eisen, usw. enthält<sup>1376</sup>.
2. Silber aus Dürrerzen ist durch niedrige Kupfer- und Bismutgehalte charakterisiert. Es kann bis zu 0,5 % Gold enthalten. Hornsilber kann Bleigehalte von bis zu 2,5 % aufweisen, die sich auch in verhüttetem Silber niederschlagen können<sup>1377</sup>. Zu unreinen Silbererzen, auch solchen, die gediegen Silber oder Dürrerze enthalten, kann Blei in Form von Metall, Bleiglätte, Erz oder Schlacke zugeführt werden, um das Silber zu extrahieren. Das Silber wird dabei vom Blei aufgenommen, während das Gangmaterial in die Schlacke geht. Insgesamt können sich die Bleiwerte je nach Gewinnungsweg ändern.

---

<sup>1372</sup> Craddock 1995, 212-213.

<sup>1373</sup> Gale – Stos-Gale 1981c, 175f.

<sup>1374</sup> Nach Craddock 1995, 212-213; Gale – Stos-Gale 1981c, 175f.

<sup>1375</sup> Diese Werte stammen jedoch von gediegen Silber v. a. aus der Neuen Welt (siehe Patterson 1971, 301. 302 Table 7; 314 Table 13); Siehe zu den Identifikationskriterien auch Pernicka 1987, 641; Pernicka 1990, 58.

<sup>1376</sup> Nach Forbes 1943, 495.

<sup>1377</sup> Craddock 1995, 212-213.

3.–6. Silber aus anderen Quellen muss höchstwahrscheinlich mit Hilfe von Blei extrahiert (vgl. 2.)<sup>1378</sup> und dann kupelliert bzw. durch Kupellation aus Blei gewonnen werden. Durch Kupellation gewonnenes Silber enthält auf jeden Fall Blei; die Gehalte sollen typischerweise zwischen 0,05 % und 2,5 % schwanken und sie liegen selten unter 0,5 %<sup>1379</sup>. Pernicka hingegen sieht Bleigehalte von 0,01–0,1 % Pb als Indikator für kupelliertes Silber<sup>1380</sup>. Verunreinigungen wie Cu, Sn, Sb, As und Bi werden mit dem Blei oxidiert, während Gold nicht oxidiert wird und sich zusammen mit dem Silber anreichert, wobei sich das Gold/Silber-Verhältnis nicht ändert<sup>1381</sup>. Tylecote nennt eine erreichbare Reinheit von 98,5–99,7 % für ein zusätzlich durch eine Raffination gereinigtes Silber; zusätzlich sollen Gehalte von 0,1–0,5 % Cu und 0,1–1,0 % Pb vorliegen<sup>1382</sup>.

Für Iridium wird diskutiert, ob es einen Indikator für den Herstellungsprozess oder die Provenienz darstellen kann<sup>1383</sup>: Pernicka argumentiert, dass Iridiumgehalte (zusammen mit Gold) für die Gewinnung von Silber aus silberhaltigem Gold aus alluvialen Quellen durch das Verfahren der Zementation sprechen. Flussgold enthält Iridium und andere Platinmetalle. Beim Zementationsverfahren, welches ab dem 6. Jh. v. Chr. in der lydischen Hauptstadt Sardis archäologisch nachgewiesen ist, wird der Silbergehalt von silberhaltigem Gold erniedrigt. Das silberhaltige Gold wird dazu, idealerweise in Form von Körnchen oder Blechen, u. a. zusammen mit Kochsalz erhitzt. Das Silber und ein Teil des Iridiums werden nach Pernicka dabei als Chloride abgeführt, wodurch der relative Goldgehalt erhöht wird. Vorzugsweise unter Zugabe von Blei kann das Silberchlorid reduziert und das metallische Silber durch Kupellation ausgebracht werden, wobei auch Iridium in das Silber gelangt<sup>1384</sup>. Nach Wood und Kollegen aber ist das Verhalten von Iridium beim Zementationsverfahren mit Salz noch nicht abschließend geklärt; wahrscheinlich wird es aber wenig beeinflusst und verbleibt wohl im Gold<sup>1385</sup>. Nach Pernicka sollte über das Zementationsverfahren gewonnenes Silber um 1 % Gold enthalten<sup>1386</sup>. Wood und Kollegen demgegenüber setzen auseinander, dass die statistische Betrachtung von Spurenelementen, vornehmlich Iridium und Gold kombiniert mit Methoden der Bleiisotopie eine ganze Reihe von Hinweisen geben können: Es sollen sich daraus Indikatoren für Gewinnungstechnik, Recyclingpraktiken, Provenienz und gegebenenfalls Erzbasis (Bleiglanz oder Cerussit) des Silbers ableiten lassen<sup>1387</sup>. Wood und Kollegen setzen dabei aber voraus, dass das Iridium über Bleisilbererze in das Silber gelangte und sie postulieren auch ein derartiges Erzvorkommen für das Taurusgebirge, gleichwohl es noch nicht gefunden ist; Pernicka sieht dafür jedoch keine geochemische Basis<sup>1388</sup>. Wood und Kollegen führen als Argument für die Existenz derartiger Erzvorkommen bronzezeitliche Silberobjekte mit erhöhten Goldwerten an, für die eine Gewinnung aus

---

<sup>1378</sup> Wird z. B. Silber aus Jarositen ohne Zugabe von Blei geschmolzen/verhüttet, dann ist die Ausbeute gering (Craddock 1995, 216. bes. 217).

<sup>1379</sup> Craddock 1995, 213; Vgl. Gale – Stos-Gale 1981c, 175. 179; Versuche zeigen, dass es schwer ist, den Bleigehalt bei der Kupellation unter 0,5 % zu senken (McKerrell – Stevenson 1972). Es kommt zum ‚Spratzen‘ beim Abkühlen, wenn gasförmiger Sauerstoff explosionsartig freigesetzt wird (Moesta – Franke 1995, 66); Vgl. oben Kupellation (Kap. II.4.3).

<sup>1380</sup> Pernicka 1990, 58.

<sup>1381</sup> Zu weiteren Aussagemöglichkeiten, die der Goldgehalt in Silber zulässt siehe Gale – Stos-Gale 1981c, 175.

<sup>1382</sup> Tylecote 1987, 139f.

<sup>1383</sup> Dabei werden archäologische Silberobjekte aus dem ersten Jt. n. Chr. (Silbergefäße der Sassaniden und Byzantinisches Silber) sowie aus der Mitte des 1. Jt. v. Chr. (Münzen aus dem ostmediterranen Raum) besprochen (jeweils mit weiterer Literatur): Wood u. a. 2017a; Wood u. a. 2017b; Pernicka 2017.

<sup>1384</sup> Pernicka 2017, 124.

<sup>1385</sup> Wood u. a. 2017b, 128.

<sup>1386</sup> Pernicka 2017, 124.

<sup>1387</sup> Wood u. a. 2017a; Wood u. a. 2017b.

<sup>1388</sup> Wood u. a. 2017, 8; Pernicka 2017, 123f.; Vgl. dazu Wood u. a. 2017b, 127.

Cerussit vermutet wird; außerdem weisen sie auf südamerikanische Silbermünzen hin, die Iridium und weitere Platinmetalle enthalten, und für die ebenfalls angenommen wird, dass das Rohmaterial bergmännisch gewonnen wurde<sup>1389</sup>. Pernicka wiederum erwartet bei Silber aus silberhaltigen Bleierzen niedrige Gold- und Iridiumkonzentrationen und sieht dies in athenischen Münzen der archaischen Zeit bestätigt<sup>1390</sup>.

Silber aus silberhaltigem Bleiglanz enthält in der Regel 0 % bis 0,5 % Gold, 0,05 % bis 2,5 % Blei, unter 0,5 % Kupfer und 0,01 % bis 1 % Bismut, in Einzelfällen auch mehr Bismut<sup>1391</sup>. Der Bleigehalt von Silber sollte aber, unabhängig davon, ob es kupelliert wurde oder nicht, in der Praxis nicht unter 0,5 % abgesenkt werden: Wenn geschmolzenes Silber abkühlt, tritt sonst – wie bereits erwähnt – der Effekt des ‚Spratzens‘ auf, d. h. Sauerstoff aus dem noch flüssigen Innern tritt schlagartig durch die bereits erstarrte dünne Oberflächenhaut, die dadurch ein blasiges bzw. pickeliges Aussehen erhält. Dieses Phänomen galt schon in der Antike als Zeichen einer hohen Reinheit, wofür die Bezeichnung *argentum pustulatum* gebraucht wurde (s. Taf. 3, 3)<sup>1392</sup>. Athenische Silberdrachmen aber, die mittels Kupellation gewonnen wurden, weisen Bleigehalte von unter 0,5 % auf<sup>1393</sup>. Sehr reines Silber eignet sich u. a. wegen des Spratzens nur bedingt für einen Guss, weshalb leicht verunreinigtes Silber wahrscheinlich eher im Sinne des urgeschichtlichen Handwerkers nutzbar war<sup>1394</sup>. So kann Blei auch beim Kupferguss dazu dienen, den Sauerstoff gleichmäßig zu verteilen. Im Falle von Silber dürften neben Blei auch andere Verunreinigungen diesen Zweck erfüllen. Bei Silber mit einem Bleigehalt von weniger als 0,05 %, in der Praxis wohl schon unter 0,5 %, ist es also unwahrscheinlich, dass es durch Kupellation gewonnen wurde (vgl. aber die athenischen Silberdrachmen). Jedoch kann auch Silber, das nicht durch eine regelgerechte Kupellation gewonnen wurde, Blei enthalten, beispielsweise wenn das Ausgangserz solches enthielt (z. B. bei Silberchloriden [etwa Hornsilber]; vgl. Punkt 1.–2.)<sup>1395</sup>.

Aufgrund der stark oxidierenden Bedingungen bei der Kupellation würde Zink vollständig eliminiert. Zink in Silber spricht also gegen eine Gewinnung mittels Kupellation. Zinkhaltiges Silber des 3. Jt. v. Chr. aus dem Vorderen Orient deutet möglicherweise darauf hin, dass es nicht kupelliert wurde<sup>1396</sup>.

Der Goldgehalt von Silber aus silberhaltigen Bleierzen hängt zunächst vom Ausgangserz ab<sup>1397</sup>. Silber aus oxidischen Erzen und Jarositen kann bis einige Prozent Gold enthalten. Nach Craddock enthält Silber aus Bleiglanz meist nur zwischen 0,01–0,1 % Gold (vgl. oben). Silber der Antike könnte hauptsächlich aus oxidischen Erzen gewonnen worden sein<sup>1398</sup>. Für das Taurusgebirge wird erwogen, dass in der Bronzezeit leichter verfügbares Weißbleierz aus der Oxidationszone, welches gegenüber Bleiglanz mit Gold angereichert sein kann, für die Silbergewinnung ausgebeutet wurde, da Bleiglanz oftmals unterhalb des Wasserspiegels liegt und hier zudem mit Sphalerit (ZnS) vergesellschaftet ist; Sphalerit würde u. a. die Silberausbeute verringern<sup>1399</sup>. Dabei ist zu bemerken, dass der

---

<sup>1389</sup> Wood u. a. 2017, 8; Wood u. a. 2017b, 128.

<sup>1390</sup> Pernicka 2017, 124.

<sup>1391</sup> Gale – Stos-Gale 1981c, 175 mit Anm. 45.

<sup>1392</sup> Moesta – Franke 1995, 66-67 mit Anm. 18. 19.

<sup>1393</sup> Moesta – Franke 1995, 67-68 mit Tab. 7.

<sup>1394</sup> Vgl. Moesta – Franke 1995, 68.

<sup>1395</sup> Gowland 1918, 122-123.

<sup>1396</sup> Nach Craddock 1995, 213.

<sup>1397</sup> Siehe hierzu Craddock 1995, 213.

<sup>1398</sup> So könnte etwa in Laurion vor allem wegen Cerussit und Anglesit geschürft worden sein (Conophagos 1980, 160-165); Für weitere Beispiele mit weiterführender Literatur siehe Craddock 1995, 213-214.

<sup>1399</sup> Wood u. a. 2017a, 4 mit weiterer Literatur; Vgl. Pernicka 2017, 123f.

Aufbereitungsgrad von Bleierzen Auswirkungen auf den Goldgehalt von Silber haben kann. Unter Umständen könnte ein niedriger Aufbereitungsgrad zur Erhöhung des Goldanteils führen<sup>1400</sup>.

Metallisches Silber verbindet sich mit Quecksilber<sup>1401</sup> leicht zu einem Amalgam. Ähnlich lässt sich Silber auch aus manchen Dürreerzen mit flüssigem Quecksilber extrahieren. Dieses Verfahren wird jedoch gewöhnlich nicht bei Erzen angewendet, in denen Silber in Verbindung mit anderen Metallen wie etwa Blei oder Kupfer vorkommt, da diese sonst ebenfalls vom Quecksilber gelöst würden. Spätestens seit dem Mittelalter wird Quecksilber verwendet, um das Restsilber aus den Überresten anderer metallurgischer Verfahren zu gewinnen. Aus Erzen, in denen Silber in nichtmetallischer Form chemisch gebunden vorliegt, kann Silber erst seit der Einführung nasschemischer Methoden gewonnen werden, was vermutlich erst seit dem 16. Jh. n. Chr. möglich ist.

Jarosite<sup>1402</sup> enthalten oft eine Reihe von anderen Metallen wie Silber, Arsen, Antimon, Bismut (vgl. Fahlerze) und teilweise Blei. Die Silbergewinnung kann durch die Zugabe von Blei erfolgen. Beim Verhütten geht Bismut mit dem Silber in das Blei. Jarosite sind normalerweise eisenhaltig. Arsen und Antimon reagieren leicht mit Eisenmineralen zu sog. Speise. Diese nimmt, wenn sie geschmolzen ist, auch Silber auf. Die Rückgewinnung des Silbers aus eisenreichen Speisen ist relativ aufwendig<sup>1403</sup>. Eisenhaltige Speise könnte Silberverluste bedeuten. Das silberhaltige Blei enthält noch Kupfer, Bismut, Gold sowie weiter Arsen und Antimon. Diese würden bei der Kupellation, abgesehen von Gold und dem größten Teil des Bismuts, welche mit dem Silber zurückbleiben, in die Bleiglätte gehen. Der Bismutgehalt kann durch wiederholte Kupellation gesenkt werden<sup>1404</sup>. Das Beispiel der Jarosite zeigt, dass auch in der Silbermetallurgie eisenarme Chargen möglicherweise Vorteile bieten. So lassen sich z. B. Silberlegierungen leicht über Vorgänge im Zusammenhang mit eisenarmen Speisen, u. a. aus Sulfidphasen, erklären (s. u.).

#### **II.4.4. Silberlegierungen wie Elektron, goldhaltiges Silber und Kupfersilberlegierungen**

Elektron (auch Elektrum)<sup>1405</sup> d. h. silberhaltiges Gold und goldhaltiges Silber sind relativ häufig. Für die Existenz dieser Silberlegierungen werden geologische Vorkommen und ein Ursprung durch Legierungen bzw. Recyclingpraktiken diskutiert<sup>1406</sup>. Als natürliche Quelle kommen neben Elektron (Au, Ag) auch verschiedene Erze in Frage. Berggold hat häufig hohe Gehalte an Silber (bis 20–30 %) und geringe an Kupfer (unter 1 %), höhere Gehalte an Kupfer hingegen werden nach Tylecote als Hinweis auf eine absichtliche Zulegierung von Kupfer zu silberreichem Gold gesehen, um den aufhellenden Effekt von Silber aufzufangen, oder etwa auf das Lötten mit Kupfer als feinem Puder oder Malachit<sup>1407</sup>.

---

<sup>1400</sup> Pernicka 2017, 124 mit weiterer Literatur.

<sup>1401</sup> Zu Gewinnungsmethoden mit Hilfe von Quecksilber siehe Craddock 1995, 214-216.

<sup>1402</sup> Im Folgenden nach Craddock 1995, 216-221.

<sup>1403</sup> Craddock 1995, 220-221.

<sup>1404</sup> Unraffiniertes Silber vom Rio Tinto enthält zwischen 4 % und 15 % Bismut und das Silber mittelalterlicher islamischer aus Minen des afghanischen Teils des Hindukusch enthalten bis mehrere Prozent Bismut (Craddock 1995, 221).

<sup>1405</sup> Als Elektron oder Elektrum gilt (heute) silberhaltiges Gold bei Silbergehalten über 25 % (Begemann – Schmitt-Strecker 2008, 130; Moesta – Franke 1995, 11-22. 167). Für Silber mit einem Goldanteil unter 10 % wurde früher die Bezeichnung güldisches Silber verwendet.

<sup>1406</sup> Mit weiterer Literatur Courcier u. a. 2008a, 29f.

<sup>1407</sup> Tylecote 1987, 72-86. – Siehe zu Fragen von Legierungen in Mehrstoffsystemen mit Gold und Silber Moesta – Franke 1995, 16-35.



Kupfersilberlegierungen treten – obwohl sie für gemeinlich bzw. ehemals als selten galten<sup>1408</sup> – in der Urgeschichte relativ zahlreich auf (vgl. Kap. IV)<sup>1409</sup>. Neben einer gezielten Herstellung durch Legierung können diese auch Resultat einer Verhüttung entsprechend zusammengesetzter Erze sein<sup>1410</sup>. Dabei kann Silber durch verschiedene Prozesse während einer Verhüttung angereichert werden. Ein Blick auf die historische Erzeugung von Silber aus Kupfererzen kann hierzu Grundsätzliches aufzeigen:

Fahlerze stellten im ausgehenden Mittelalter eine der Hauptquellen für Silber dar<sup>1411</sup>. Die hohe Bedeutung von Fahlerzen als Silberquelle gegenüber dem in dieser Hinsicht viel diskutierten Bleiglanz wird neuerdings hervorgehoben<sup>1412</sup>. Fahlerze bilden selten monomineralische Lagerstätten und sind daher meist in Verbindung mit anderen Mineralien zu finden<sup>1413</sup>. Sie können auch als Silberträger in Bleiglanz auftreten<sup>1414</sup>. Bachmann nennt als charakteristischen Silberträger die antimonhaltige Varietät Tetraedrit<sup>1415</sup>. Tetraedrite können nach Kassianidou bis zu 18 % Silber enthalten; üblicherweise sind es weniger als 5 %<sup>1416</sup>. Hauptmann gibt an, dass für (silberhaltige) Tennantite und Tetraedrite Silbergehalte von 2–4 % typisch sind, und selten bis 30 % Ag erreicht werden<sup>1417</sup>. Inwieweit sich frühe Kupfersilberlegierungen (teilweise sog. Billon<sup>1418</sup>) etwa aus solchen Erzen herleiten und dabei etwa Antimongehalte durch eine Raffination oder – für den Fall einer Gewinnung mittels der Zusetzung von Blei – Kupellation eliminiert wurden, muss weiter untersucht werden.

In durch Kupellation gewonnenem Silber sollte Antimon weitgehend entfernt sein<sup>1419</sup>. Jedoch zeigen Kupfersilberlegierungen von Arslantepe teils erhöhte Antimonwerte (0,0X-0,X % Sb)<sup>1420</sup>. Für die Kupfersilberlegierungen von Arslantepe wird eine Herkunft aus entsprechenden Erzen genauso wie eine Zumischung von (kupelliertem) Silber diskutiert; letztere Variante wird favorisiert<sup>1421</sup>. Die Kupfer(legierungen) von Arslantepe weisen Arsen, Nickel und Antimon, in einem Fall auch sehr viel Antimon, auf<sup>1422</sup>. Da die Kupferlegierungen dort aber in der Regel niedrigere Antimongehalte als die Kupfersilberlegierungen aufweisen, und kupelliertes Silber praktisch kein Antimon enthalten sollte, ist eine Zumischung von solchem Silber zu dortigem Kupfer wohl auszuschließen. Ein Verdacht auf silberhaltige Fahlerze als Quelle für Kupfersilberlegierungen besteht somit. Weiter in Betracht zu ziehen bleibt auch, dass Blei gesaigert werden kann, was zur Abtrennung von Kupfer als Metall, Sulfid (Cu<sub>2</sub>S) oder Arsenid (Cu<sub>3</sub>As) führen kann (vgl. Kap. II.4.1.1). Dies kann zu sich überschneidenden

---

<sup>1408</sup> Pernicka benannte als singulären Fall den Fund einer Pfeil-/Speer(?)spitze aus dem Riemchengebäude von Uruk (Kat. 45) (Pernicka 1990, 55).

<sup>1409</sup> Zu archäologischen Funden von Cu-Ag-Legierungen siehe beispielsweise Hauptmann – Palmieri 2000, 77f.; Diese gelten im 4. Jt. v. Chr. als selten. Ausnahmen sind die Funde von Arslantepe, wo sie recht massiv auftreten. Weitere Belege sollen meist jünger sein (siehe etwa Hauptmann u. a. 2002, 57f.; Hauptmann – Palmieri 2000, 77f.). Vor dem Hintergrund der geringen Anzahl früher Silberfunde und der wenigen analysierten Stücke sind die in dieser Arbeit zusammengetragenen Artefakte aus Kupfer-Silberlegierungen als gar nicht so selten zu bewerten.

<sup>1410</sup> Dazu, ob diese intentionell legiert wurden oder zufällig durch das Verhütten gemischter Erze entstanden und zu den Eigenschaften, siehe Hauptmann u. a. 2002, 52; Vgl. auch Rassamakin 2004a, 148.

<sup>1411</sup> Vgl. etwa Goldenberg – Rieser 2004, 39; Bartelheim u. a. 2002, 33; Bartelheim u. a. 2003, 441.

<sup>1412</sup> Hauptmann 2008, 127 mit weiterer Literatur.

<sup>1413</sup> Bachmann 2003, 27.

<sup>1414</sup> Bachmann 2003, 27.

<sup>1415</sup> Bachmann 2003, 27.

<sup>1416</sup> Kassianidou 2003, 198.

<sup>1417</sup> Reallexikon der germanischen Altertumskunde 28 (2005) 427-432 s. v. Silber (A. Hauptmann) 429.

<sup>1418</sup> (Münz-) Legierung aus Kupfer und Silber – gegebenenfalls untergeordnet mit weiteren Metallen – mit einem Silbergehalt unter 50 %, meist 30–40 % Silber und Rest Kupfer (Moesta – Franke 1995, 167).

<sup>1419</sup> Hauptmann u. a. 2002, 65.

<sup>1420</sup> Vgl. Hauptmann u. a. 2002, 51 Table 7; Bes. Hauptmann u. a. 2002, 51 Table 7, Lab.-no. ARSL 48-ARSL 49.

<sup>1421</sup> Hauptmann u. a. 2002, 58. 65.

<sup>1422</sup> Hauptmann u. a. 2002, 51 Table 7; 54 Table 8.

Prozessen und Ergebnissen führen und erschwert eindeutige Aussagen. Sulfidphasen wie auch Speisen (s. u.) können ebenfalls mit verbleiendem Schmelzen (oder der Verwendung von bleihaltigen Chargen; s. Fahlerze) in Verbindung stehen<sup>1423</sup>. Für das Zustandekommen der Kupfer von Arslantepe werden im wesentlichen jedoch nur Schmelzpunktunterschiede diskutiert (Kap. IV.2.2).

Als Quelle für die Kupfersilberlegierungen der Neuen Welt sieht Lechtman<sup>1424</sup> Fahlerze aus den Zentralanden; sie nimmt an, dass die Mengenverhältnisse von Kupfer und Silber aus dem Erz sich im erschmolzenen Produkt widerspiegeln. Dabei geht sie von einer vorhergehenden Röstung des sulfidischen Erzes aus. Wiewohl Silber auf diesem Weg wohl kaum eliminiert würde, könnte sich über erhöhte Antimonergehalte unter Umständen die Abscheidung aus einer Sulfidphase anzeigen (s. u.). Dabei sammelt sich auch Blei in der Metallphase. Dieser Weg ist für Arslantepe zwar nicht nachzuweisen, wird aber unten dennoch diskutiert. Zunächst sollen jedoch weitere Methoden aufgeführt werden. Dabei bilden die bislang genannten und die folgenden Methoden, Kupfer(silber)legierungen zu gewinnen, einen Rahmen, um die Metallurgie der Urgeschichte und Arslantepes näher zu charakterisieren.

Die eigentliche Gewinnung von Silber aus Kupfer- bzw. Fahlerzen kann auf unterschiedliche Arten geschehen<sup>1425</sup>: So können hochsilberhaltige Erze direkt verbleit werden, indem man sie in eine Bleischmelze trinkt. Fahlerze – das sollte für die frühe Metallurgie mit wahrscheinlich niedrigen Prozesstemperaturen berücksichtigt werden (Kap. II.3) – sind dabei häufig mit Blei(glanz) vergesellschaftet, und so kann Blei mit ins System gelangen. Auch aus silberhaltigen sulfidischen Kupfererzen gewonnener Kupferstein kann verbleit werden. Das Verbleien erfolgt, indem Kupferstein mit Bleierz, Bleiglätte oder metallischem Blei reduzierend eingeschmolzen wird. Die Menge des zuzusetzenden Bleis richtet sich nach dem Silbergehalt des Steins, wobei zahlreiche Produkte entstehen können, von denen das Silber enthaltende Treiblei das wichtigste ist. Dieses kann der Kupellation zugeführt werden. Insgesamt können viele Schritte und eine aufwendige Verarbeitung von Zwischenprodukten notwendig sein, die mit hohen Bleiverlusten verbunden sind. Das Silber kann durch einen sog. Saigerungsprozess auch aus Kupfer gewonnen werden. Dazu verschmilzt man silberhaltiges metallisches Kupfer mit Blei. Der Beschreibung von Bachmann nach zu urteilen, versucht man wohl, mit der Herstellung von Scheiben eine möglichst große Oberfläche der Saigerstücke zu erreichen<sup>1426</sup>. Diese werden in Kohle auf etwa 330 °C erhitzt, um silberhaltiges Reichblei mit einem Schmelzpunkt von etwa 327 °C, aus einem festen Kupferskelett (Kienstöcke) zu schmelzen. Das Reichblei muss der Kupellation zugeführt werden. Die Kienstöcke können gedarrt werden: Bei höherer Temperatur wird das darin befindliche restliche Blei und Silber entfernt. Beim Darren wie auch beim Saigerverfahren kann das Ausschmelzen von silberhaltigem Blei in oxidierender Atmosphäre durch die Oxidation des Kupfers erleichtert werden<sup>1427</sup>.

Das Saigern oder die Saigerung (auch Seigerung), also das Ausschmelzen einer leichtflüssigen Phase aus einer schwerflüssigen „Matrix“, kann auch für andere Elemente und ihre Verbindungen genutzt werden. Dabei muss der Schmelzpunkt der schwerflüssigen Phase nicht erreicht werden. Hier einzuordnen ist auch das Ausschmelzen von Metallsulfidphasen oder reduzierten Metallen aus ihren Erz- oder Schlackengerüsten. Die frühe Metallurgie nutzt Schmelzpunktunterschiede ohnehin. Dieses

---

<sup>1423</sup> Reallexikon der germanischen Altertumskunde 28 (2005) 427-432 s. v. Silber (A. Hauptmann) 429f.

<sup>1424</sup> Lechtman 1988, 353-355. bes. 355.

<sup>1425</sup> Im Folgenden (dort ausführlicher) nach Bachmann 2003, 29f.; Craddock 1995, 232f.; Siehe auch Moesta – Franke 1995, 73-75.

<sup>1426</sup> Siehe Craddock 1995, 233 Fig. 6.15.

<sup>1427</sup> Moesta – Franke 1995, 75.

Saigern sollte nicht mit dem Saigern einer Schmelze zum Zwecke der Läuterung verwechselt werden (vgl. Kap. II.2.4.4.4).

Matte wird als Lösungsmittel für Edelmetalle in der modernen extraktiven Metallurgie genannt und auch Speise kann Edelmetalle sammeln<sup>1428</sup>. Inwieweit sich darüber Kupfersilberlegierungen aus Fahlerzen darstellen lassen, bleibt weiter zu eruieren. Die Wege zur Erzeugung legierter Kupfer, Kupfersilberlegierungen und auch Silber aus sulfidischen (Fahl)erzen liegen dicht beieinander<sup>1429</sup>: Dabei führen die Prozesse vom Erz über Sulfidphasen zu Speisephasen. Für Kupfersilberlegierungen von Arslantepe merkt Lesniak hinsichtlich des Schmelzens von Arsen-/Antimonmangellegierungen aus einer sulfidischen Phase folgendes an<sup>1430</sup>: Bei hohen Temperaturen bildet Silber Mischsulfide vom Typ  $(\text{Cu,Ag})_2\text{S}$ . Mit sinkenden Temperaturen zerfallen diese und Ag wird ausgeschieden. Dabei sammeln sich Silber wie auch Blei in metallischer Form bevorzugt in entstehender Speise.

Speise finden sich an zahlreichen Plätzen antiker Silberextraktion aus polymetallischen Erzen<sup>1431</sup>, sie werden allerdings (meist) als Abfallprodukte erachtet<sup>1432</sup>. Inwieweit es sich dabei ausschließlich um eisenhaltige Speise handelt, und anderes für die oben angedachte (eisenarme) Speise gelten mag, wird hier aus Umfanggründen nicht weiter verfolgt.

Es deuten sich in der frühen extraktiven Metallurgie auf legierte Kupfer und Kupfersilberlegierungen zahlreiche Überschneidungen zwischen den beteiligten Prozesse an: mit niedrigen Prozesstemperaturen und der Auswahl der Erze nach bestimmten Gesichtspunkten wie der Eisenarmut und der engen Verbindung von Sulfid- und Speisephasen sowie Blei (Kap. II.2.4.4.7; II.3). Metall-, Sulfid- und Speisephasen treten häufig zusammen bzw. überschneidend auf<sup>1433</sup>. Die denkbare Rolle diesen Phasen möglicher, niedriger Schmelzpunkte und insbesondere Blei sowie ihre Rolle als Sammler von Metall sind dabei zu betonen.

Methoden zur Silberanreicherung, die auch bei der Herstellung an sich zum tragen kommen könnten: Ag-Cu-Legierungen können durch Segregationsprozesse beim Abkühlen, thermische und/oder chemische Behandlung und Korrosion an der Oberfläche Silber anreichern<sup>1434</sup>. Im ersteren Falle können Ag-Cu-Legierungen mit hyper- wie hypoeutektischen Zusammensetzungen silberreiche Oberflächen ausbilden<sup>1435</sup>. Das oberflächliche Herauslösen von Kupfer aus Cu-Ag-Legierungen zwecks der Versilberung ist als Abstrichversilberung bekannt<sup>1436</sup>.

---

<sup>1428</sup> Agarwal – Yannopoulos 1976, xix; Vgl. dazu Bachmann 1982, 17; Vgl. dazu für Speise in der Archäologie auch Kassianidou 1998, 70; Kassianidou 2003, 199.

<sup>1429</sup> Siehe und vgl. Keesmann 1993, bes. 111. 115. 116f. 119-121 mit Abb. 8; Hess 1998, 131.

<sup>1430</sup> Vgl. Lesniak 1991, 121. 135. 165. 193. ferner 158. 163.

<sup>1431</sup> Kassianidou 2003, 199; Craddock 1995, 219-221.

<sup>1432</sup> Kassianidou 2003, 203.

<sup>1433</sup> (Im Rahmen der Gewinnung von Silber aus komplexen, sulfidischen Kupfererzen und dem Saiger-/Seigerprozess) Moesta – Franke 1995, 73-75. bes. 119f.

<sup>1434</sup> Nach Beck u. a. 2003, 561 mit weiterer Literatur.

<sup>1435</sup> Beck u. a. 2003, bes. 562f.; Durch schnelles Abkühlen des Gussobjektes, wie es in der Urzeit der Fall war, konnte bei hypoeutektischen Zusammensetzungen die silberne Farbe verstärkt werden. Durch wiederholtes Aufglühen bzw. Ausglühen und Hämmern, etwa zum Zwecke der Formgebung, lässt sich durch die dabei auftretende selektive Oxidation der kupferreichen Partien die Oberfläche weiter versilbern (hierzu mit weiterer Literatur Hauptmann u. a. 2002, 52).

<sup>1436</sup> Reallexikon der germanischen Altertumskunde 28 (2005) 427-432 s. v. Silber (A. Hauptmann) 430.

### III. Erzlagerstätten für frühe legierte Kupfer, Silber und Kupfersilberlegierungen

Die Lagerstättenkunde als Teilbereich der heutigen Mineralogie<sup>1437</sup> beschäftigt sich mit der Entstehung (der Genese), der Verbreitung und dem Aufsuchen (der Prospektion) von Lagerstätten und Höffigkeitsgebieten, sowie mit deren Bewertung und der nachfolgenden Erschließung (Exploration). Die beiden letztgenannten Aspekte, Prospektion und Exploration, musste auch der urgeschichtliche Mensch beherrschen, um mit dem eigentlichen Berg- bzw. Abbau beginnen zu können. So können oberflächennahe Lagerstätten zwar zufällig entdeckt, aber auch gezielt prospektiert werden. Dabei weisen wiederkehrende Auffälligkeiten und Merkmale im Gelände wie Oberflächenform, Bewuchs (Zeigerpflanzen für Schwermetall), Verfärbungen, z. B. von ausfließendem Wasser und Geröll, Ausbisse usw. den Weg zu Lagerstätten. Neben den eisenreichen braunen oder braunroten Limonit-Hämatitmassen des sog. Eisernen Hutes, die schon an sich gesuchte Anzeichen sein können, dürften etwa auch die blau (Azurit) und grün (Malachit) gefärbten Oxidationsprodukte des Kupfers Aufmerksamkeit erregt haben<sup>1438</sup>. Ebenso verhält es sich beim Bleiglanz mit seiner teils kubischen Struktur, seinem Glanz und seiner hohen Dichte sowie dem weißen Cerussit mit seiner kristallartigen Struktur und seinem Glanz bei ebenfalls hoher Dichte. Diese Bleierze können als Silberquelle dienen. Für das (zeitversetzte Wieder-) Aufsuchen könnten auch Bergbauspuren wie Abraumhalden und die Waldstruktur in der Umgebung anthropogene, aber relativ beständige Zeichen gewesen sein. Damals wie heute dürften zusätzlich auch Toponyme und Geschichten den Weg gewiesen haben.

#### III.1. Definitionen von Lagerstätten und Erzen: Implikationen für den urgeschichtlichen Bergbau

Lagerstätten bezeichnen *per definitionem* Bereiche der Erdkruste und der Erdoberfläche mit lokalen Anreicherungen von Mineralen oder Mineralgemengen (hier Erzkörper) und weiteren Rohstoffen, welche in natürlichen Konzentrationen solcherart vorliegen, dass sie wirtschaftlich lohnend und rentabel abgebaut werden können<sup>1439</sup>. Sonst bezeichnet man Konzentrationen von Rohstoffen als Vorkommen. Von Erz spricht man erklärtermaßen, wenn das mehr oder weniger mit wertlosen Begleitmineralien (Gangart) verwachsene (metallhaltige) Mineral oder Mineralgemenge (der Lagerstätten bzw. Erzkörper) mit Aussicht auf Erfolg abgebaut und weiterverarbeitet werden kann, um Bestandteile daraus zu extrahieren<sup>1440</sup>. Besonders in der Urgeschichte mag zusätzlich die Zusammensetzung der Gangart und damit das Verhalten bei der Verhüttung eine Rolle bei der Auswahl gespielt haben (Kap. III.3.1). Dass die Metallgewinnung aus den Erzen und der Abbau der Erze aus den aktuell bauwürdigen Lagerstätten wirtschaftlich erfolgreich ausführbar sein soll oder sich bei

---

<sup>1437</sup> Siehe etwa Pohl 1992, 1. – Folgendes Kapitel ist abschnittsweise meiner Magisterarbeit entnommen.

<sup>1438</sup> So Eibner 1993, 16.

<sup>1439</sup> Pohl 1992, 4f. ferner 409-412.

<sup>1440</sup> Diese Definition folgt weitgehend der von J. F. Kemp im Jahre 1909 gegebenen: „Erz ist ein mehr oder weniger mit Gangart verwachsenes, metallhaltiges Mineral oder Mineralgemenge, das – vom Standpunkt des Bergmanns oder Aufbereiters betrachtet – mit Gewinn abgebaut, bzw. gewinnbringend weiterverarbeitet werden kann. Die Frage, ob ein Metall oder mehrere Metalle Gewinn abwerfen, scheint das einzig mögliche Kriterium zu sein, welches benutzt werden kann.“ (J. F. Kemp zitiert nach Neumann 2001). Siehe zu dieser und weitergehenden Definitionen von Erz auch Huttenlocher – Ramdohr 1965a, 7. Die Definition des Begriffes Erz löst sich immer mehr von der Bindung an die metallische Komponente. Mithin werden heute alle bergmännisch gewinnbaren Stoffe als Erz angesprochen. So werden Erze heute ferner noch unterschieden in Erzmineralien, aus denen Metall gewonnen wird, und Industriemineralien wie Diamant oder Graphit, die als solche Verwendung finden. Zu neueren Begriffsdefinitionen siehe Taylor (1989) und UK Institution of Mining and Metallurgy (zitiert nach Neumann 2001) und Neumann 2001.

nutzbaren Vorkommen in Zukunft lohnen könnte, bedingt für den Metallgehalt eine nach dem Stand der Technik und den wirtschaftlichen Verhältnissen veränderliche untere Grenze<sup>1441</sup>. Dabei spielen und spielten Erschließungskosten, Abbaukosten und fernerhin sicherlich auch politische Faktoren sowie die Situation auf den Absatzmärkten eine Rolle. Solche Bauwürdigkeitsgrenzen<sup>1442</sup> spielen aus wirtschaftlicher Sicht heute eine große Rolle, und sicher wird auch der prähistorische Mensch auf der Suche und bei der Gewinnung von Rohstoffen darauf geachtet haben, dass diese in gewissem Sinne ökonomisch erreichbar waren. Ab wann aber Lagerstätten und Erze als nutzbar galten, lässt sich nicht sicher rekonstruieren. Gerade hier können in der Urgeschichte im Rahmen von Kommunikationsräumen vielleicht auch „politische“ Konstellationen – vor allem für den Fall, dass man für eine Rohstoffbeschaffung „Expeditionen“ annehmen möchte – relevant gewesen sein. Gerade kleine oberirdisch anstehende Lagerstätten vom Typ der Ganglagerstätten u. ä., wie sie noch historisch bis in die Neuzeit den Hauptteil der abgebauten Metall-/Erzanreicherungen bildeten<sup>1443</sup>, boten wahrscheinlich ideale Bedingungen für den urgeschichtlichen Menschen. Dies gilt wegen ihrer Bildungsbedingungen und damit ihres Aufbaus, ihrer Verfügbarkeit und der auf ihnen vorkommenden Mineralvergesellschaftungen. Diese werden heute als nicht mehr bauwürdig angesehen und sind deshalb auf modernen mineralogisch-lagerstättendkundlichen Kartierungen kaum mehr verzeichnet<sup>1444</sup>.

Der Metallgehalt (und die Zusammensetzung) der Erze dürfte eher ein begrenzender Faktor gewesen sein als die Größe der Lagerstätte. Beim Stand der Verhüttungstechnik mit ihren mutmaßlich nicht kontinuierlich verlaufenden Prozessen stellt sich die Frage, wie hoch der im Kupfererz enthaltene Kupfergehalt oder im Bleierz enthaltene Silbergehalt sein musste, um die Metalle bei der angenommenen Größe der Reaktoren rentabel zu erzielen. Anders ausgedrückt: Wie hoch muss der Metallgehalt im Erz sein, um eine bestimmte Menge Metall (für ein Objekt) in einem Gang zu erschmelzen? Oder wie oft mussten die Schmelzgänge wiederholt werden? Es geht also um den wahrscheinlichen Arbeits- und Materialaufwand (etwa Holzkohle) für die Herstellung eines Objektes. Das spielt auch eine Rolle bei der Beurteilung des Wertes und der Bedeutung von Metall für den urgeschichtlichen Menschen.

Neben dem Metallgehalt des Erzes könnten für die chalkolithische Verhüttung und Legierungserzeugung auch die Zusammensetzung und die Struktur von Wertträger und taubem Gangstein von Bedeutung sein. Eventuell bevorzugte man deshalb andere Erze als heute.

---

<sup>1441</sup> So Pohl 1992, 5; Nahezu alle Rohstoffe können hier bei entsprechender Nachfrage und damit bedingter Preisentwicklung als Beispiel herangezogen werden. Bis dato als aufgrund der Gewinnungskosten nicht bauwürdige Vorkommen können ins Blickfeld des Menschen geraten, wenn – auch aufgrund technischer Neuerungen – die Gewinnung lohnend wird, wie sich das eigentlich schon seit Beginn der Förderung, aber aktuell unter öffentlicher Anteilnahme, bei Erdöl, Erdgas und Seltenen Erden abzeichnet. Dabei bleiben Unwägbarkeiten bestehen, wie etwa der „Run“ auf seltene (und exotische) Materialien – ohne dass man dabei zwischen Mineralien, Tier(product)en oder Pflanzen unterscheiden muss, so dass auch ein besonders aufwendig und mühsam zu erhaltenes Material durchaus mit Aussicht auf wirtschaftlichen Erfolg gewinnbar sind. Zu dieser Problematik bei (Industrie-)Rohstoffen der heutigen Zeit siehe Press – Siever 2003, 595-633.

<sup>1442</sup> Zu modernen Bauwürdigkeitsgrenzen bzw. dem Anreicherungs- oder Konzentrationsfaktor verschiedener Metalle, d. h. dem Verhältnis eines Elementes in Lagerstätten zu seiner durchschnittlichen Häufigkeit in der Erdkruste, siehe Press – Siever 2003, 614-616 mit Tabelle 22.1.

<sup>1443</sup> Pohl 1992, 47.

<sup>1444</sup> Ottaway 1994, 16; Pohl 1992, 106.

## III.2. Gefügebestand und wichtige Lagerstättentypen der Urgeschichte

Oberflächlich sind bzw. waren Lagerstätten an ihrem Ausbiss, der oftmals durch Verwitterung umgewandelt war, als sog. Eiserner Hut oder engl. *gossan* relativ leicht zu erkennen<sup>1445</sup>. In der Alten Welt sollen keine Ausbisse unbearbeitet überdauert haben, und Eiserner Hüte sind selten<sup>1446</sup>. Deshalb ist es schwierig, unmittelbare Aussagen zu den ursprünglich vorhandenen Mineralvergesellschaftungen zu treffen. Mittelbar wird versucht, den ehemals verfügbaren Erzbestand zu erschließen<sup>1447</sup>. Für die Urgeschichte darf angenommen werden, dass der Abbau sich auf Oxidations-, Umbildungs- und Zementationszone konzentrierte, und je nach Klimazone Tiefen von mehr als 100–150 m keinesfalls erreicht wurden<sup>1448</sup>. Die moderne Geologie und Bergbaukunde handelt die Lagerstätten bzw. ihre Reviere unter folgenden zwei Gesichtspunkten ab: Entstehung in Folge erdgeschichtlicher Ereignisse und Abbauwürdigkeit unter modernen Voraussetzungen und Maßstäben<sup>1449</sup>. Die urgeschichtliche Verfügbarkeit von reichen Erzen, gediegen Metall oder Spurenelementen, die als Legierungspartner in verhüttetes Kupfer gelangen können, werden von der modernen lagerstättenkundlichen Forschung vernachlässigt<sup>1450</sup>. Große Lagerstättenregionen hatten zwar auch eine Bedeutung in der Urgeschichte, bedeutender jedoch waren Art und Beschaffenheit einzelner Lagerstätten und Ausbisse<sup>1451</sup>. Deshalb ist es von großer Wichtigkeit, moderne lagerstättenkundliche Erkenntnisse mit archäometallurgischer und antiker Literatur zu verknüpfen sowie archäologische wie archäometallurgische Erkenntnisse aus Begehungen usw. in die Betrachtung miteinzubeziehen<sup>1452</sup>.

---

<sup>1445</sup> Hauptmann 2000, 15.

<sup>1446</sup> Hauptmann 2007a, 117.

<sup>1447</sup> Hauptmann 2007b, 9f.; Hauptmann 2008, 129.

<sup>1448</sup> Ausbildung und Mächtigkeit von Oxidations- und Zementationszone können sehr unterschiedlich ausfallen und sind u. a. abhängig von der Art des Primärerzes, dem Nebengestein und dem Klima. Insbesondere die hydrographische Situation entfaltet Wirkung. In ariden und tropisch-ariden Klimazonen werden die mächtigsten und reichhaltigsten Oxidationszonen ausgebildet (Balkan, Pontiden, Taurus, Kaukasus, Zagros) (Hauptmann 2007a, 119). In anderen Zonen spielt sich die Umbildung in deutlich kleineren Bereichen in einer Größenordnung von einigen zehner Metern ab. Die Verwitterungszone (welche für den frühen Abbau interessant gewesen sein soll) betrug im mediterranen Bereich wohl meist etwa bis 5 m (vgl. Ai Bunar, Bulgarien), kann aber auch tiefer reichen. In nördlicheren Breiten ist mit 2–3 m zu rechnen (Eibner 1993, 16).

<sup>1449</sup> Hierzu Ottaway 1994, 16; Hauptmann 2007b, 10f.

<sup>1450</sup> Hauptmann 2007b, 10.

<sup>1451</sup> Hauptmann 2007b, 11.

<sup>1452</sup> Pernicka 1987, 645. vgl. 645-705. So sind die in dieser Arbeit genannten Beispiele nur exemplarisch zu verstehen. Sie sollen den Blick auf verschiedenste Probleme lenken. So könnten sie im Falle Zyperns erklären helfen, warum dort möglicherweise nicht mit einer frühen Silbermetallurgie zu rechnen ist, bzw. warum dort keine günstigen Voraussetzungen für die frühe Silbermetallurgie vorliegen. Abgesehen von dem Umstand, dass mit dem Beginn extraktiver Metallurgie auf Zypern erst um die Wende vom 4. zum 3. Jahrtausend v. Chr. gerechnet wird (Hadjisavvas 1999, 18). Ob dies so haltbar ist, wäre gesondert zu untersuchen (Kap. IV.1.1.1.2).

Erzkörper können verschieden ausgebildet sein<sup>1453</sup>. Am häufigsten werden hydrothermale Gangerzlagerstätten in der Literatur beschrieben<sup>1454</sup>. Einige der heute wichtigsten Erzlagerstätten gehören zur Gruppe der hydrothermalen Lagerstätten. In der Urgeschichte dürften diese infolge der Metall- bzw. Mineralkonzentration, Verfügbarkeit, Erreichbarkeit und der Mineralvergesellschaftungen von noch größerer Bedeutung gewesen sein, als dies noch bis in die Neuzeit hinein der Fall war<sup>1455</sup>. Erzgänge sind hydrothermal gefüllte Spalten und Klüfte, in denen sich die Erze aus mineralisierenden Lösungen absetzen<sup>1456</sup>. Die Mächtigkeit (Dicke) und streichende Erstreckung (horizontale Länge) der Gänge können sehr unterschiedlich ausfallen. Die Spaltenbildung hängt maßgeblich von den mechanischen Eigenschaften des Nebengesteins ab. Diese bilden sich in kompetenten Gesteinen besser aus als in inkompetenten spröden Gesteinen. Die Verteilung der Erze in den Gängen ist oft inhomogen, und so gibt es innerhalb der vererzten Teile reichere und ärmere

---

<sup>1453</sup> Die Entstehung von Erzlagerstätten (Metallogenese) steht meist im Zusammenhang mit magmatischen, sedimentären und metamorphen Bildungsprozessen und der Ausfällung aus heißen wässrigen und metallhaltigen bzw. mineralisierenden Lösungen (siehe hierzu allgemein Press – Siever 2003, 618-629; Pohl 1992, bes. 98-111; Huttenlocher – Ramdohr 1965a; ferner Huttenlocher – Ramdohr 1965b). Erzlagerstätten (auch als Vererzungen oder Erzkörper bezeichnet) können aufgrund dieser verschiedenen Bildungsbedingungen unterschiedlich aufgebaut sein. Hier interessieren hauptsächlich solche, die aus hydrothermalen Lösungen ausgefällt wurden und uns heute als Ganglagerstätten (auch Erzgänge oder kurz Gänge genannt) vorliegen (siehe unten). Die anderen Lagerstättentypen sollen nur kurz erwähnt werden.

Wichtige Kupfererze finden sich auch in sedimentären Lagerstätten (Press – Siever 2003, 623), die letztlich auch hydrothermalen Ursprungs sind, doch dürften die Ganglagerstätten (etwa Pohl 1992, 47-54) und die Lagerstätten der Ophiolithe (etwa Pohl 1992, 13-17) für Kupfer und Blei-Silber aufgrund der Anreicherungsbedingungen und Mineralvergesellschaftungen bedeutender und auch augenfälliger gewesen sein. Seifenlagerstätten oder kurz Seifen, die zu den sedimentären Lagerstätten zählen, sind vor allem für die Gewinnung von Gold bedeutend (Pohl 1992, 190). Kontaktmetasomatische Bleilagerstätten sowie bleireiche Skarnlagerstätten sind in der Regel silberreich (Pohl 1992, 173). Sie befinden sich bevorzugt an aktiven Kontinentalrändern. Auch porphyrische Kupferlagerstätten können, wo sie reiche Buntmetall-Ganglagerstätten ausbilden, für den urgeschichtlichen Abbau auch von Blei-Silber herangezogen worden sein, besonders wo sie entwickelte Eiserne Hüte sowie Zementationszonen ausbildeten. Porphyrische Kupferlagerstätten haben meist Erzkörper mit mehreren Quadratkilometer großen Ausbissflächen und weisen eher niedrige Kupfergehalte (durchschnittlich etwa 0,64 %) auf. Die porphyrischen Lagerstätten können aber einen Hof (Halo) von reichen Buntmetall-Ganglagerstätten ausbilden (Pohl 1992, 44-47). Ähnlich können auch andere Lagerstättentypen wie z. B. vulkanogen-exhalative Lagerstätten, wie die Sulfiderzkörper des Iberischen Pyritgürtels (Rio Tinto), urgeschichtlich genutzt worden sein, wenn die Mineralanreicherungen gangartig und/oder durch Verwitterungslösungen angereichert waren (hierzu Pohl 1992, 155; Huttenlocher – Ramdohr 1965b, 65. ferner auch 57).

<sup>1454</sup> Hauptmann 2007a, 119.

<sup>1455</sup> Hydrothermale Lagerstätten (nach Press – Siever 2003, 618-621) entstehen durch heißes zirkulierendes Grund- oder Meerwasser oder durch heiße Lösungen, wie sie bei Magmenintrusionen freigesetzt werden. Dabei löst das heiße Wasser Minerale aus dem Gestein heraus, transportiert diese an die Oberfläche und lagert sie beim Abkühlen in Spalten und Klüften des Gesteins zu Ganglagerstätten ab. Dass diese vor allem oberflächennah gebildet werden, liegt in dem Umstand begründet, dass die Spalten des Gesteins in größerer Tiefe aufgrund des hohen Druckes geschlossen sind. Neben Temperaturen spielen etwa auch Drücke und Reaktivität des umgebenden Gesteins eine Rolle für die Auskristallisation. Solche Ausfällungen können auch in Imprägnationslagerstätten vom Typ der so genannten porphyrischen Kupferlagerstätten auftreten, jedoch mit relativ geringen Metallgehalten, die aber aufgrund ihrer Größe für Tagebaue attraktiv sind, oder im Bereich des Ozeanbodens, wenn heiße Lösungen auf das kalte Ozeanwasser treffen. Seifenlagerstätten (Press – Siever 2003, 622-624), die in den Bereich der Sedimentären Lagerstätten gehören, können hier als Lagerstätten von Blei-Silber und auch Kupfer vernachlässigt werden. Aufgrund des edlen Charakters von Gold waren vor allem rezente Flusseeifen wichtige Lagerstätten von Gold. Kassiterit für die Zinnmetallurgie bildet ebenfalls Seifen aus. Magmatische Lagerstätten (Press – Siever 2003, 621f.) entstehen dadurch, dass Minerale im geschmolzenen Magma auskristallisieren und absinken – sich also gravitativ entmischen, was sich in häufig schichtigen bis lagig aufgebauten Mineralanreicherungen äußert.

<sup>1456</sup> Pohl 1992, 47; Zum Absatz der Erze aus hydrothermalen Lösungen siehe Pohl 1992, 27-30. 37-39.

Partien. Da die Lösungen auch mit dem Nebengestein reagieren können, kann es zu Vermischungen der Erzminerale mit Quarz, Calcit oder anderen häufigen Mineralen, der sog. Gangart, kommen<sup>1457</sup>.

Eine weitere und vor allem im Bereich des Vorderen Orients verbreitete Form sind vulkanogen-sedimentäre Sulfiderzlagerstätten (vulkanogene Massivsulfid-Lagerstätten, VMS)<sup>1458</sup>: Sie sind im Bereich der Faltengebirge des Tethischen metallogenetischen Gürtels verbreitet, der von der Iberischen Halbinsel bis zum Himalaya reicht. Ihre Genese ist mit hydrothermalen Vorgängen bei der Entstehung Mittelozeanischer Rücken verbunden. Charakterisiert sind sie durch Vererzungen mit Pyrit, Chalkopyrit sowie auch Fahlerzen und/oder Blei-Zinkerzen. Erhöhte Gold- und Silbergehalte können auftreten. Von Bedeutung sind etwa Lagerstätten auf Zypern sowie Ergani Maden und der Artvin Distrikt mit Murgul in der Türkei. Außerdem sind die Ophiolith-Lagerstätten<sup>1459</sup> der Türkei und Georgiens zu erwähnen.

Silber liegt in verschiedenen Lagerstättentypen vor, wobei epigenetisch-hydrothermale die weitaus häufigsten sind<sup>1460</sup>. Dabei sind viele Vorkommen silberführende Teile anderer Lagerstätten, insbesondere von Buntmetallen (wie etwa Blei und Kupfer). Auch kommen Kupfer und Blei häufig zusammen vor. In Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Chalkopyrit und Fahlerz ist Silber teils im Gitter teils als kleine Einsprengsel (Mineral-Einschlüsse) enthalten. Heute fällt Silber meist als Nebenprodukt der Gewinnung von Blei, Zink, Kupfer und Gold an.

Die Gefügemerkmale der VMS-Lagerstätten, die oben nur kurz angerissenen wurden, könnten das vergleichsweise häufige Auftreten von Goldsilberlegierungen und die wahrscheinliche Bedeutung von Fahlerzen im Bereich des Vorderen Orients erklären.

Fahlerze<sup>1461</sup> wie auch andere Sulfosalze des Kupfers kommen untergeordnet außer in VMS-Lagerstätten auch in hydrothermalen Gängen vergesellschaftet mit Bleiglanz, Flussspat, Zinkblende und Schwerspat vor (Schwarzwald, Harz, Mosel, Rheinisches Schiefergebirge). Im Bereich der Zementationszone (s. u.) reichern sich bevorzugt silberreiche Fahlerze an. Während sie in urgeschichtlicher Zeit lediglich auf Kupfer hin ausgebeutet worden sein sollen, soll ihr Silbergehalt *später* von Bedeutung gewesen sein. Fahlerzmineralisationen mit Anreicherungen verschiedener Elemente liegen in Sulfiderzen häufig als Einlagerungen vor<sup>1462</sup>. Selten sind eigenständige Fahlerzlagerstätten (Cabrières/Frankreich, Schwaz/Österreich, Ross Island), wo ab dem Spätneolithikum respektive Chalkolithikum Abbau nachgewiesen sein soll. Fahlerze liegen auch mit Bleiglanz vergesellschaftet vor<sup>1463</sup>, was die Frage nach dem ursprünglichen Silberträger und der Herstellungsmethode erschweren kann. Da Fahlerze aufgrund ihrer Ausbildung häufig als

---

<sup>1457</sup> Pohl 1992, 48.

<sup>1458</sup> Im Folgenden nach Hauptmann 2007a, 119.

<sup>1459</sup> Zu den Ophiolithen allgemein siehe Pohl 1992, 6. 13-16. ferner 54. 56. 102; Press – Siever 2003, 469. 624f.; Bei den Lagerstätten handelt es sich um exhalative Anreicherungen hydrothermalen Lösungen auf ehemaligem mittelozeanischen Rücken, die meist als Schloten aufgewachsen sind („*black smokers*“; siehe hierzu Press – Siever 2003, 469. 624f.) und die durch Umlagerungsprozesse mit den Ophiolithen, also Fragmenten früherer ozeanischer Kruste mit unterlagerndem Mantel, mit an die Landoberfläche gelangten. Ähnlich wie bei den Ganglagerstätten handelt es sich um Ausfällungen aus hydrothermalen Lösungen, die aufgrund der Bildungsbedingungen und, sofern erhalten, im Querschnitt einen schichtartigen Aufbau zeigen. Letztlich sind sie damit von den Ganglagerstätten, was Konzentration, Erreichbarkeit und Lage des Erzkörpers angeht, gar nicht so verschieden. Wo sie supergenen Anreicherungen unterliegen, dürften die Mineralvergesellschaftungen wohl denen von Hydrothermalen Ganglagerstätten ähneln.

<sup>1460</sup> Pohl 1992, 193; Ferner Huttenlocher – Ramdohr 1965b, 51; Schönenberg 1979, 21f. 60f. 71.

<sup>1461</sup> Hier zunächst nach Hauptmann 2007a, 120f.

<sup>1462</sup> Rezapkin 2010, 100 mit weiterer Literatur.

<sup>1463</sup> Bachmann 2003, 26f.



Einlagerungen in anderen (sulfidischen) Erzen vorkommen, könnte der Nachweis ihrer Nutzung auf eine gezielte Auswahl dieser meist nebenelementreichen Erze schließen lassen (vgl. Taf. 2, 1).

### III.2.1. Frühe Nutzung von Fahlerzen?

Verdachtsmomente auf die frühere Ausbeutung von Fahlerzen bzw. Erzen der Oxidationszone mit Fahlerzrelikten sind gegeben (Brixlegg, vgl. weiter die Spurenelementmuster von Mondseekupfer und weiterer Kupfer etwa in Vorderasien, *prestige metals* der Levante). Die Rolle von Fahlerz als Lieferant von Silber bzw. Silberlegierungen (vgl. Arslantepe) ist undeutlich, doch neu zu bewerten. Besonders spannend ist die Buckelscheibe von Hornstaad, die einen sicher datierten frühen Beleg für die Nutzung von Fahlerzen darstellt und gleichzeitig – leider nur ein vages – Indiz für die Kenntnis von Silberlegierungen aus eben diesen Erzen darstellen könnte. Inwieweit die Nutzung von Fahlerzen Vorteile bringen könnte, neben der Darstellung von (legiertem) Kupfer über die Abscheidung aus Sulfidphasen ist seine mögliche Eisenarmut (vgl. Kap. II.3) zu nennen, wird in dieser Arbeit noch mehrfach diskutiert. Sowohl die frühe Verhüttung an sich, d. h. die Ausbringung des Wertträgers aus dem Erz, als auch die Abscheidung aus Sulfidphasen können von eisenarmen Zusammensetzungen profitieren. Siehe dazu auch die kurze Diskussion um Fahlerze und die Implikationen ihrer Eigenschaften (Kap. II.1).

### III.3. Ganglagerstätten als urgeschichtlich bedeutender Lagerstättentyp: Auswirkungen der sekundären Teufenzonierung und des Ganggesteins auf die Verhüttung

Für den urgeschichtlichen und antiken Bergbau dürften also (hydrothermale) Ganglagerstätten<sup>1464</sup> oder kurz Gänge (auch Erzkörper, Erzgang, umgangssprachlich Erzader), besonders solche mit deszendenter Anreicherung, die wichtigste Rolle gespielt haben. Außer auf ausgesprochene Ganglagerstätten trifft dies auch auf porphyrische Kupferlagerstätten und Lagerstätten der Ophiolithe zu, wo sie Gänge ausbilden. Hauptsächlich bedingt durch die Abbaumethoden und die Mineralkonzentrationen waren Ganglagerstätten bis in die jüngere Neuzeit der bedeutsamste und ergiebigste ausgebeutete Lagerstättentyp und sind teilweise noch heute von Bedeutung (vgl. Taf. 2, 2)<sup>1465</sup>. Ganglagerstätten zeigen mit zunehmender Tiefe eine Änderung ihres Erz- und Gangbestandes oder vertauben<sup>1466</sup>. Man unterscheidet zwischen den primären und sekundären Teufenunterschieden: Primäre Teufenunterschiede sind Variationen im ursprünglichen Mineralbestand; im Unterschied dazu spricht man von sekundären Teufenunterschieden, wenn sie auf Verwitterungseinflüssen zurückgehen, die von der Oberfläche her wirken<sup>1467</sup>. Folge von primären Teufenunterschieden in Blei-Zinkerzgängen ist oft eine relative Zunahme des Zinks mit der Tiefe<sup>1468</sup>. Durch die sekundäre Teufenzonierung, die durch supergene Alterationen hervorgerufen wird, werden primäre Erzlagerstätten (infolge des Lösungstransportes und der Wiederabscheidung der Mineralien) durch Konzentrationen in der Oxidations- und Zementationszone im Wesentlichen in drei Zonen gegliedert (Taf. 2, 2)<sup>1469</sup>: Zum Hangenden liegt die Oxidationszone mit dem Eisernen Hut an der

---

<sup>1464</sup> Für eine kurze Einführung siehe Press – Siever 2003, 618-620; Pohl 1992, 47-54.

<sup>1465</sup> Pohl 1992, 47.

<sup>1466</sup> Diese Zonierung der Paragenese hängt mit den Bildungstemperaturen und -drücken zusammen (siehe hierzu Pohl 1992, 49).

<sup>1467</sup> Pohl 1992, 49.

<sup>1468</sup> Pohl 1992, 49; Auch horizontale Zonierungen sind möglich (Pohl 1992, 49).

<sup>1469</sup> Siehe Huttenlocher – Ramdohr 1965a, 74-78.

Oberfläche (englisch *gossan*). Weiter zum Liegenden befindet sich die Zementations- oder Anreicherungszone. Darunter liegt der primäre, unveränderte sulfidische Erzkörper.

Durch atmosphärische Einflüsse (wie Niederschlagswasser, Temperatur und Luft) unterliegen Lagerstätten einer deszendente Anreicherung. Im Bereich der sog. Oxidationszone werden oberflächennahe Sulfide oxidiert, dabei gelöst und mit dem Wasser größtenteils in die Tiefe abgeführt, wo sie im Bereich des oszillierenden Grundwasserspiegels ausgefällt und angereichert werden<sup>1470</sup>. Ausbildung und Mächtigkeit der einzelnen Zonen sind von klimatischen Bedingungen abhängig (Taf. 2, 2). Kupfer etwa, aber auch Zink und Silber, werden dabei gelöst und größtenteils in die Tiefe weggeführt. Andere Bestandteile, aber unter bestimmten Bedingungen teilweise auch die eben genannten, verbleiben dagegen infolge ihrer geringen Löslichkeit nahe der Oberfläche, werden hier wieder ausgefällt und reichern sich an. Edlere Metalle werden bevorzugt wieder ausgeschieden oder liegen gediegen vor<sup>1471</sup>. Die Vorgänge sind komplex und abhängig vom Milieu<sup>1472</sup>. Eisen bildet mit Sauerstoff und Wasser das Eisenoxidhydroxid Limonit ( $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) und das Eisenoxid Hämatit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) als stabile Verbindungen und führt zur charakteristischen roten bis braunen Färbung des Eisernen Hutes<sup>1473</sup>. Die so ausgewaschene und verarmte Oxidationszone des Eisernen Hutes enthält aber teilweise gegenüber dem primären, also unverwitterten, sulfidischen und oft minderwertigen Erzkörper als Reicherze vor allem oxidische und carbonatische Erze wie Malachit, Azurit, Cuprit, Chrysokoll und gediegen Kupfer, die durch Verwitterungslösungen teilweise *in situ* gebildet und angereichert wurden<sup>1474</sup>. Reste an sulfidischen Erzen sind weiterhin auch erhalten<sup>1475</sup>. Arsen, Nickel und zuweilen Blei können sich im Eisernen Hut bis auf das Hundertfache angereichert haben<sup>1476</sup>. Hess nennt die Elemente Arsen, Antimon und Nickel, die in der Oxidationszone gegenüber dem sulfidischen Erzkörper angereichert werden und u. U. zur Bildung eigenständiger arsen- und nickelführender Minerale führen können<sup>1477</sup>. Andere Autoren sehen Arsen und Antimon wahrscheinlicher in der sekundären Anreicherungszone angereichert und/oder sehen sulfidische Erze als am arsenreichsten an<sup>1478</sup>.

Die Oxidationszone mit dem Eisernen Hut, dem in der Regel eine gebleichte Auslaugungszone folgt, steht noch unter dem oxidativen Einfluss der Atmosphäre. Dieser Übergangsbereich kann mit Abnahme der Oxidationswirkung nach der Tiefe manchmal noch weiter unterteilt werden und bis zum Grundwasserspiegel reichen. Unter dem Eisernen Hut kann so auch eine Umbildungszone folgen, in

---

<sup>1470</sup> Hauptmann 2007a, 117; Pohl 1992, 59-66. 152. bes. 64; Huttenlocher – Ramdohr 1965a, 74-78.

<sup>1471</sup> Pohl 1992, 65.

<sup>1472</sup> Der Eisernen Hut kann bei sehr saurem Milieu und fehlendem Carbonatgehalt auch (weitgehend) frei von Wertmineralen sein (englisch *false gossan*) (Pohl 1992, 64), da Carbonate die Ausfällung initiieren können; jedoch können umgekehrt carbonatische oder andere basische Gesteine eine sekundäre Anreicherung praktisch unterbinden, wenn sie die sauren Bedingungen zu weit puffern, so dass Lösungsvorgänge ausbleiben.

<sup>1473</sup> Hauptmann 2007b, 11.

<sup>1474</sup> Hauptmann 2000, 15. Schon im Eisernen Hut reichern sich Wertstoffe aus den zu gelösten Metallsulfaten oxidierten Primärsulfiden an (Huttenlocher – Ramdohr 1965a, 75f.). Neben Eisen sind dies u. a. residuales Gold und verschiedene ockerige Minerale wie Blei, Zink, Antimon, Molybdän und Nickel (Pohl 1992, 65).

Chalkopyrit kann zu Kupfersulfat ( $\text{CuSO}_4$ ) oxidiert werden, das sehr leicht in Lösung geht und deshalb in die Tiefe weggeführt wird und sich dort absetzt, wenn es nicht durch Carbonate (etwa Kalkspat), Phosphate, Arsenate etc. noch im Eisernen Hut zu auffallend gefärbten Kupferverbindungen wie Malachit ausgefällt wird. Zink wird zu leicht löslichem  $\text{ZnSO}_4$  oxidiert und in dieser Form in die Tiefe abgeführt, während Blei in das schwer lösliche  $\text{PbSO}_4$  umgewandelt wird und sich so vor allem an Ort und Stelle im Eisernen Hut anreichert. Dies bedingt, dass Blei und mit ihm Silber teilweise schon im Eisernen Hut leicht erreichbar vorliegen.

<sup>1475</sup> Hauptmann 2007a, 117.

<sup>1476</sup> Hauptmann u. a. 2002, 60. 65.

<sup>1477</sup> Hess 1998, 134.

<sup>1478</sup> Dazu Golden 2010, 138.

der dann komplexe Verwitterungsgemenge vorliegen<sup>1479</sup>: Diese sind oft von mulmig-erdiger Konsistenz. Die Anwesenheit arsenhaltiger Kupfererze dort ist umstritten. Häufig kommen Jarosite vor, die Gold, Silber und Blei in *beträchtlichen Mengen* enthalten können (z. B. Rio Tinto)<sup>1480</sup>. Sulfide reichern sich in tieferen Bereichen der Oxidationszone an.

Manche Oxide und Carbonate werden bereits knapp über dem Grundwasserspiegel bzw. im Bereich des oszillierenden Grundwasserspiegels ausgefällt (z. B. Cuprit, Malachit und Azurit), wieder andere bleiben in Lösung bis sie das Grundwasser erreichen, wo unter reduzierenden Bedingungen die gelösten Metalle ausgeschieden werden und sich anreichern<sup>1481</sup>. Spätestens im Bereich des Grundwasserspiegels, der Zementations- oder Anreicherungszone, in der Sauerstoffmangel herrscht, fallen die gelösten Metalle aus, wobei es sich dabei insbesondere um Sulfide und Edelmetalle handelt; ausgesprochene Reicherzkörper können entstehen<sup>1482</sup>. Überdies kann es hier aufgrund weiterer Reaktionen auch zu einer Bildung sekundärer Sulfide aus den primären Erzen kommen. Reiche Kupfersulfide herrschen vor, und Hauptmann nennt Chalkosin ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), Covellin ( $\text{CuS}$ ), Bornit ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), und arsenhaltige Mineralien wie die Fahlerze Tennantit ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_3\text{-}_4$ ) und Tetraedrit ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_3\text{-}_4$ )<sup>1483</sup>. Tetraedrit kann teils Silber- und Quecksilbergehalte aufweisen. Weiter zu nennen sind Sulfosalze wie Enargit ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ). Silbererze können hier vorherrschen und dann in verschiedener Form wie Chlorargyrit (Cerargyrit;  $\text{AgCl}$ ) vorliegen. Aber auch Elemente wie Kupfer, Kobalt, Nickel, Selen und Tellur finden sich hier<sup>1484</sup>. Silber, Gold und Nickel können sich oberhalb der sulfidischen Anreicherungszone anreichern<sup>1485</sup>.

Die Zementationszone geht dann allmählich in den Bereich des primären, unveränderten Erzkörpers über, in dem primäre Sulfide vorliegen. Er ist ärmer an Kupfererzen<sup>1486</sup>. Die urgeschichtliche Nutzung des primären Erzkörpers und damit neben den zu bewältigenden Tiefen auch die Verhüttung von sulfidischen Erzen werden häufig als schwierig angesehen<sup>1487</sup>.

---

<sup>1479</sup> Hauptmann 2007a, 117 mit weiterer Literatur.

<sup>1480</sup> Hauptmann 2007a, 117; Hauptmann 2008, 129.

<sup>1481</sup> Je nach Metall, Mineralzusammenhang und Lösungsbedingungen werden die Wertstoffe an unterschiedlichen Stellen wieder ausgefällt. Einfluss auf den Ort Erzabscheidung hat dabei auch die so genannte Spannungsreihe. Vereinfacht gesagt werden, wenn Metalllösungen auf sulfidische Erze treffen, Sulfide und gediegene Metalle mit ausgeprägt elektropositivem, d. h. edlerem, Charakter an diesen ausgefällt oder zementiert, wogegen die vorhandenen unedleren Erze in Lösung gehen können. Ein Ausschnitt aus der Spannungsreihe, welche die Reihenfolge der Ausfällung (und Lösung) mit beeinflusst, lautet  $\text{Au} > \text{Ag} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Zn} > \text{Fe}$ . Zu unterschiedlichen Angaben der Position einzelner Elemente (Schürmann'sche Reihe) vgl. Pohl 1992, 29. 65 und Huttenlocher – Ramdohr 1965a, 77. Aber auch andere Bedingungen können Einfluss auf Abfolge der Ablagerung haben; siehe hierzu etwa die bei der hydrothermalen Lagerstättengeneese wirksamen Faktoren (vgl. etwa Pohl 1992, 28-29). Die absinkenden Schwermetallsulfate zementieren an den noch unveränderten Sulfiden unedlerer Metalle. Zu nennen sind dabei Gold, das meist schon vorher in der tieferen Oxidationszone konzentriert ist, weiter Silber und Kupfer (Cuprit, Malachit und Azurit) (Huttenlocher – Ramdohr 1965a, 77).

<sup>1482</sup> Hauptmann 2007a, 117f.; Hauptmann 2008, 129.

<sup>1483</sup> Hauptmann 2007a, 117f.; Palmieri u. a. 1993, 574.

<sup>1484</sup> Hauptmann 2007b, 12.

<sup>1485</sup> Hauptmann 2007a, 118.

<sup>1486</sup> Hauptmann 2007a, 119.

<sup>1487</sup> Hauptmann 2007a, 121.

### III.3.1. Technologische Kriterien für die Erzauswahl mit Blick auf die Metallzusammensetzung

Die sekundäre Zonierung von Lagerstätten wurde häufig als Basis von evolutionistischen Modellen der Metallurgieentwicklung herangezogen<sup>1488</sup>. Jedoch ist dieses vereinfachte Modell nicht ausreichend und ausschlaggebend, um die Entwicklung der urgeschichtlichen Metallurgie alleine zu erklären. Insbesondere die These von der Erschöpfung oxidischer Erze, die zusammen mit einer verbesserten Verhüttungstechnik zur Ausbeutung sulfidischer Erze geführt haben soll, lässt sich nicht für alle Entwicklungen heranziehen<sup>1489</sup>. Vielmehr ist auch danach zu fragen, inwieweit das Ziel der Verhüttungsoperationen, hier die Ausbringung legierten Kupfers, eine gezielte Auswahl der Erzbasis zur Folge hatte (vgl. Kap. II.3). Neben ungeklärten Fragen zur Verfügbarkeit etwa arsenhaltiger Minerale in verschiedenen Zonen einer Lagerstätte (s. o.), könnten weitere Faktoren wie die Art des Nebengesteins und die Zusammensetzung des Erzes jenseits der gesuchten Nebenelemente weitere Auswahlkriterien dargestellt haben.

Neben der zur Verhüttung gebrachten Erzbasis könnte so auch die Art des Nebengesteins eine Rolle gespielt haben. Zum einen ist an dessen Verhalten bei der Verhüttung zu denken. Es kann als Flussmittel wirken bzw. selbstfließend sein<sup>1490</sup> oder sich im Gegensatz dazu refraktär verhalten (vgl. die Eisenarmut von Fahlerzen). Für die frühe Verhüttung könnte sich ein Ausschmelzen des Wertträgers aus einer refraktären Gangart anzeigen (Kap. II.3). Eisenarme Erze eignen sich dafür besonders. Daneben spielt die Konsistenz des Nebengesteins bereits beim Abbau aufgrund der zur Verfügung stehenden Gezähe eine Rolle. Vorbehaltlich entsprechender Alterationen des Nebengesteins, die Zermürbungen zur Folge hatten, ließen sich Vererzungen in wenig verfestigten Gesteinen wie Sandstein, Schiefer und teilweise vielleicht carbonatischen Gesteinen ([?] Dolomit ist härter, aber spröder als Kalkstein) gegenüber solchen in magmatischen oder metamorphen Gesteinen leichter gewinnen<sup>1491</sup>. So wurden etwa Sandsteinerze am Norşuntepe oder auch in Fenan zur Verhüttung gebracht (Kap. IV.2; IV.6). Inwieweit die Auswahl des Erzes dabei auch nach den Eigenschaften seiner Gangart während der Verhüttung erfolgte, wäre eine in der Zukunft zu erörternde Frage.

Spurenelemente im Erz können sowohl innerhalb einer Lagerstätte als auch zwischen Lagerstätten variieren. Gleichzeitig können verschiedene Lagerstätten aber auch gleiche Spurenelementmuster bzw. Erzzusammensetzungen aufweisen<sup>1492</sup>. Ähnliche Legierungen könnten also aus einer oder auch aus verschiedenen Lagerstätten stammen. Technologisch gesehen würde das die Nutzung ähnlicher Erzzusammensetzungen und Verhüttungsmethoden bedeuten, um zu einem ähnlichen Ziel zu kommen. Gleichzeitig geben obige Überlegungen zur Verhüttbarkeit und dem Abbau weitere mögliche Kriterien vor, die zur Auswahl ähnlicher Erze (und damit Metalle) geführt haben könnten.

---

<sup>1488</sup> Dazu Hauptmann 2007b, 12; Hauptmann 2007a, 121.

<sup>1489</sup> Dazu – im Hinblick auf einen regional unterschiedlichen Aufbau von Lagerstätten – Hauptmann 2007b, 12f.

<sup>1490</sup> Hauptmann 2007a, 121.

<sup>1491</sup> Hauptmann 2007a, 121. – Hauptmann äußert sich an dieser Stelle nicht zu carbonatischem Gestein.

Mögliche refraktäre Eigenschaften während der Verhüttung könnten vorliegen.

<sup>1492</sup> Merkl 2011, 58.

## IV. Kulturgeschichtlicher Rahmen der Technologie früher Kupferlegierungen und von Silber

Metalle als Produkte einer Technologiekette sind teilweise über große Räume und auch lange Zeiten hinweg verbreitet<sup>1493</sup>. Metallobjekte lassen sich anhand ihrer Typologie und ihrer Zusammensetzung charakterisieren (und Aussagen daraus ableiten). Dabei zeichnen sich Verbreitungsgebiete ab. Die Verbreitung von Metallen kann über Diffusion von Technologien, Ideen und Menschen sowie den Austausch oder Handel von Rohmaterial oder Fertigprodukten erfolgt sein<sup>1494</sup>. Dieser Austausch war auch notwendig, um innerhalb miteinander verbundener Austauschsysteme das Kupfer zu verbreiten, denn die Rohmaterialquellen sind nicht gleichmäßig über die Welt verteilt<sup>1495</sup>. In einem großen Maßstab aber gesehen, ließen sich sowohl Kupfer unterschiedlicher Zusammensetzung bzw. Legierung als auch Silber (mittels Kupellation) überall gezielt herstellen und verteilen<sup>1496</sup>. In einigen Gunstregionen war dies allerdings leichter möglich. Für Arsenkupfer könnten aufgrund der Mineralvergesellschaftungen die Lagerstättenregionen Irans solch einen Gunstraum darstellen. Für die frühe Silbermetallurgie könnten etwa im östlichen Mittelmeerraum, in Teilen Anatoliens und im Iran sehr günstige Bedingungen vorgelegen haben, was dann in der Folge zu einer zielgerichteten Silbermetallurgie geführt haben mag. Tausch, Austausch und Handel, manchmal über große Distanzen, von allen möglichen, teilweise seltenen Materialien und Fertigprodukten spielen in der Urgeschichte eine bedeutende Rolle<sup>1497</sup>. Auch für Kupfer (-legierungen), Silber und später gewiss insbesondere Zinn dürfte dies wegen der ungleichmäßigen Verbreitung ihrer Rohstoffquellen zunächst besonders zutreffen<sup>1498</sup>. Mit zunehmendem Ausmaß der Verbreitung von Metallobjekten könnte dabei ein gradueller Wandel von Prestige- und Statusgut aufgrund von Seltenheit, Symbolgehalt usw. zu Wert-, Tausch- und Gebrauchsgegenstand eingesetzt haben<sup>1499</sup>.

Um die Verbreitung von Metallen, also Kupfer und seinen Legierungen sowie Silber und darüber hinaus auch der ihnen zugrunde liegenden Technologien zu beschreiben und nachzuvollziehen, wurden teilweise diese Verbreitungskreise oder Austauschsysteme in größeren und generalisierenden Maßstäben<sup>1500</sup> betrachtet. Die räumliche und zeitliche Verbreitung von Kupfersorten und Objekttypen in weiten Teilen der Alten Welt wurden von Chernykh etwa als Metallurgieprovinzen und ihnen untergeordnete metallurgische Foci umschrieben<sup>1501</sup>. Diese umfassen jeweils mehrere, auch zeitlich

---

<sup>1493</sup> Zum Problem von Kulturkontakten und der Verbreitung von Metallen sowie Systemen zu deren Beschreibung und kulturell-technologischen Entwicklungen im Allgemeinen für weite Teile des Untersuchungsgebietes dieser Arbeit und den zugrundeliegenden theoretischen Strömungen s. Kohl 2009, 1-15. bes. 14f.; Kohl 1987.

<sup>1494</sup> Siehe etwa Hansen 2009, 11; Zu Beispielen und Modellen anhand der Verbreitung von Kupfer und anderem im Bereich des westlichen Ostseeraumes und der Mondsee-Kultur siehe Klassen 2000, 274-278.

<sup>1495</sup> Chernykh 1992, 5; Hansen 2009, 11.

<sup>1496</sup> Innerhalb der Kommunikationsräume bzw. innerhalb einzelner diese konstituierenden „Kulturen“ waren Lagerstätten erreichbar. Kultur stehen meist nicht isoliert. Es bestehen Kontakte vielfältiger Art zu anderen Kulturen. Innerhalb der Kommunikationsräume sollte die Möglichkeit bestanden haben, entweder von „eigenem Boden“ oder in Netzwerken darüber hinaus Metall zu beziehen.

<sup>1497</sup> Siehe etwa Hansen 2009, 11.

<sup>1498</sup> Kohl 2009, 29.

<sup>1499</sup> Kohl 2009, 29. 245.

<sup>1500</sup> Dieser Aspekt nach Kohl 2009, 14f.

<sup>1501</sup> Chernykh 1992; Chernykh 2011; Kohl arbeitet sich teilweise an Chernykh 1992 ab und legt seiner Besprechung teils Chernykh's Metallurgieprovinzen, die in gewisser Weise Horizonten entsprechen, zugrunde (Kohl 2009, bes. 31f.).

unterschiedliche archäologische Kulturen<sup>1502</sup>. Teilweise bilden die Kulturen auch zeitliche Horizonte und sind oder werden über Kontaktfunde oder kulturelle Parallelen miteinander verknüpft<sup>1503</sup>. Manche dieser Kulturen werden neben ihrer Metallurgie auch in anderer Hinsicht wegen ihrer starken Gemeinsamkeiten als Kulturkomplexe betrachtet (vgl. u.). Gemeinsamkeiten zwischen Kulturen dürften im Rahmen bestehender, respektive übereinstimmender Wertsysteme einen Wissenstransfer über soziale Netzwerke begünstigt haben. Ablesen lassen sich diese etwa an Kontaktfunden<sup>1504</sup>. Zu überprüfen ist, ob ein Teil dieser Kulturen Gemeinsamkeiten bei der Produktion und Verwendung und damit der Technologie von Kupfer aufweisen, denn bisweilen wurden die gleichen oder doch sehr ähnliche Kupfersorten und Metallformen (Typen) über mehrere Kulturen hinweg verwendet. Andere Autoren konzipieren die Verbreitung von Kupfer(technologie) etwa als Metallurgiedrift und Diffusion<sup>1505</sup>. Dabei liegen nahezu all diesen Systemen meist Fragen nach autochthoner Entstehung, Diffusion, technologischen (R)Evolutionen, Fortschritt usw. implizit oder explizit zugrunde<sup>1506</sup>. Pauschale Antworten lassen sich nicht geben. Dazu sind auch die zeitliche Auflösung und Fundlage zu ungenau und viele veränderliche Aspekte wie der Forschungsstand und Überlieferungsbedingungen spielen eine Rolle. Durch einen zunehmenden Fund- und Befundbestand, Neuinterpretationen bekannter Ensembles von Verhüttungsresten und bei einer Betrachtung ohne Scheuklappen – d. h. ohne konservative Einordnung der Funde bei einer erwiesenen oder wahrscheinlichen frühen Datierung – muss ein Teil der bisherigen Annahmen zum Gang der Technologiegeschichte frühen Kupfers und seiner Legierungen sowie des Silbers revidiert werden. Generell sollen die hier beschriebenen Systeme der Kultur- und Kupferverbreitung dazu verwendet werden, um die Verbreitung und mögliche Kontaktlinien der extraktiven Metallurgie sowohl des Kupfers und insbesondere seiner Legierungen als auch des Silbers zu beschreiben und nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden zu suchen. Dabei geht es in erster Linie darum, die Technik zu charakterisieren und weniger darum, eine Verbreitungsrichtung mit einem zeitlichen oder technischen Primat einer Region zu fordern. Rohstoffarme Empfängerregionen sind von Vor- oder Fertigprodukten – sieht man von

---

<sup>1502</sup> Eine so generalisierende Perspektive, über unterschiedliche Kulturen hinweg, ist auch nötig oder möglich, weil die Unterschiede zwischen auch scheinbar gegensätzlichen Kulturen verschwimmen können, oder sich innerhalb von Kulturen tiefgreifende Änderungen vollziehen können. Dies hängt auch mit dem prekären aber notwendigen, weil ordnenden archäologischen Kulturkonzept zusammen (Kohl 2009, bes. 16-19. 32; vgl. zum Kulturbegriff Lichardus 1991a, 13). Basierend auf Childes Definition des Begriffes einer archäologischen Kultur aus dem Jahr 1929 soll der reduzierten Definition durch Johnson von 1999 gefolgt werden: Sich wiederholende Muster/Vergesellschaftungen von Merkmalen wie Keramik, Hausformen und Bestattungspraktiken, die räumlich und zeitlich beschränkt sind, umreißen eine archäologische Kultur ohne deren Träger jedoch unbedingt näher zu charakterisieren (vgl. dagegen die Ansichten Kossinas von 1926) (siehe hierzu – diese Überlegungen basieren auf folgendem Zitat – mit kurzen Originalpassagen und der Bibliographie der hier erwähnten Autoren Merkl 2011, 13f.).

<sup>1503</sup> Siehe etwa Parzinger 1993b; Hinsichtlich der Metallurgie besonders Parzinger 1993b, 343-352; Vgl. etwa auch Strahm – Hauptmann 2009, bes. 118 Fig. 2.

<sup>1504</sup> Pfeiffer 2013, 100.

<sup>1505</sup> Siehe etwa Krause 2003, 226 Abb. 211; Strahm – Hauptmann 2009, 126 Fig. 8.

<sup>1506</sup> Siehe dazu etwa Merkl 2011, 32-34. 59: Ein neueres Modell der Verbreitung und Etablierung der Metallurgie stammt von Hauptmann und Strahm. Dieses sieht fünf *Metallurgical Development Phases* vor, die sich in Europa und Vorderasien ähnlich vollziehen. In der *Preliminary Stage* und der *Initial Phase* tauchen gelegentlich Artefakte aus meist gediegen Kupfer und Kupfermineralien auf. Eine *Innovative Phase* zeichnet sich durch eine stark ausweitende Kupferproduktion (Rein- und Arsenkupfer) noch auf Basis oberflächennaher oxidischer Erze aus. Eine *Consolidation Phase* soll die Anwendung komplizierter Verfahren zur Verhüttung sulfidischer Erze und Fahlerze aus tieferen und schwerer abzubauenen Lagerstättenbereichen zeigen (Bronze?). Mit einer *Industrial Phase* wäre eine geradezu explodierende Kupfermetallurgie vor dem Hintergrund einer sozialen Differenzierung bzw. als Ursache derselben zu beobachten (Strahm – Hauptmann 2009; vgl. Strahm 1994). Die Ausbreitung der Metallurgie wird dabei durch eine Diffusion ausgehend vom Vorderen Orient rekonstruiert (vgl. Strahm – Hauptmann 2009, 126 Fig. 8).

einem Erzhandel ab (vgl. die Levante) – aus Lagerstättengebieten und damit Erzeugerregionen zwar abhängig, können aber großräumig in einem Verbund betrachtet werden. Auch mögliche Kreisläufe von Metall mit Recycling und Zustrom von neuem Material können so subsumiert werden. Nach Hansen ist aufgrund der Recyclingfähigkeit „der „Normalfall“ der archäologischen Überlieferung das Fehlen von Metall“<sup>1507</sup>. Dies könnte neben anderen quellenkritischen Überlegungen weitreichende Implikationen haben (konkret dazu an entsprechender Stelle):

„Metallurgische Neuerungen werden im archäologischen Fundgut in Form der Fertigprodukte sichtbar, und zwar meist im Kontext hervorragender Bestattungen oder umfangreicher Gabenopfer. Da diese Quellen nur diskontinuierlich und bei weitem nicht überall sprudeln, erhalten wir durch die Metallbeigaben nur ein unvollständiges Bild der Entwicklungen im Bereich des Metallhandwerks. Die durch unterschiedliche soziale Dynamiken entfalteten Beigabennormen bieten nur ausschnittsweise und schlaglichtartig Einblick in Produkte der technischen Entwicklung“<sup>1508</sup>.

Einen Ausweg kann eine generalisierende Betrachtung der Entwicklungen in Kommunikationsräumen unter Heranziehung verschiedener Quellen (Metallfunde selbst sowie ihre Zusammensetzung, Überreste der Produktion) bieten. Die Verbreitung und Verwendung von gleichen Kupfertypen und Objekttypen und die ihnen zugrundeliegende Technologie wurden überregional in weiten Gebieten geteilt. Ob nun natürliche Gegebenheiten wie der Aufbau von Lagerstätten oder kulturelle Faktoren, bedingt durch die Einbindung in sozioökonomische, politische, ideologische Netzwerke, für die Verwendung einer Technologie, Kupfersorte oder Legierung ausschlaggebend waren, ist zunächst gleichermaßen eine mögliche Erklärung<sup>1509</sup>. Ebenso ist die zeitliche und geographische Verortung des Ursprungs der Kupellation auch aufgrund des dünnen Fundbestandes und der schlechten Erforschung des Silbers kaum auszumachen. Eine Neubewertung der Technologiegeschichte in einem großen räumlichen wie zeitlichen Maßstab gelingt leichter und widerlegt vielleicht auch allzu einseitig evolutionäre Deutungen von Technologiegeschichte und Innovation.

Quantitative und qualitative Unterschiede, wie Bevölkerungszahlen und Hierarchisierung, Spezialisierung und (später) Technologien wie Maß- und Schriftsysteme, Kalender und die Möglichkeit Kontrolle oder Einfluss über andere Gebiete auszuüben, geben in den Kommunikationsräumen manchen Kulturen oder Einheiten einen Vorrang (vgl. Uruk)<sup>1510</sup>. Modelle von *core – periphery – margin* haben damit eine gewisse Berechtigung bzw. Bedeutung für die Diskussion<sup>1511</sup>; jedoch soll hier die Verbreitung und Verwendung von Metall „weltweit“ untersucht werden, ohne den „Zentren“ eine prägende Rolle zuzuweisen; schließlich könnte sich auch die rohstoffreiche Peripherie in technischer Hinsicht als besonders innovativ darstellen<sup>1512</sup>. Werden etwa die Beziehungen Südmesopotamiens mit der Uruk-Kultur zum Umland unter anderem als koloniales Netzwerk charakterisiert, so gibt es auch Überlegungen, welche bis ins 5. Jt. v. Chr. zurückreichende und gleichgewichtete Netzwerke für die Entwicklungen hervorheben<sup>1513</sup>. Die Kommunikationsräume müssen als offene und sich überlappende Systeme gedacht werden. Diese können wie im Falle der frühen ostmitteleuropäischen Kupferbeile

---

<sup>1507</sup> Hansen 2011a, 277. – Dazu auch Hansen 2009, 12f. 42.

<sup>1508</sup> Hansen 2009, 11. – Hansen 2009, 25-37. 42 am Beispiel von endständigen Schaftlochäxten des 4. Jt. v. Chr. in einer zirkumpontischen Perspektive. Zu Quellenkritik bei der Betrachtung von unterschiedlichen Räumen siehe etwa Chernykh 1992, 23-25.

<sup>1509</sup> Vgl. Yener 2000, 25; Hansen 2009, 11.

<sup>1510</sup> Kohl 2009, 224.

<sup>1511</sup> Mit Kritik daran bzw. der bestehenden Verwendung des Modells siehe Kohl 2009, 245-247. bes. 245.

<sup>1512</sup> Yener 2000, 10f.; Vgl. auch Thornton 2009.

<sup>1513</sup> Kurz dazu mit weiterer Literatur Hansen 2009, 37.

und der westeuropäischen Jadeitbeile sowohl korrespondieren als auch konkurrieren<sup>1514</sup>. Wenn einer der Partner im Kommunikationsnetzwerk ins Wanken geriet oder aus dem Netzwerk ausschied, egal aus welcher Ursache, dann könnte das gesamte System ins Stocken geraten sein oder sich neu ausgerichtet haben<sup>1515</sup>. Die zugrundeliegenden Ursachen können etwa durch archäologisch nicht erschließbare Ereignisse oder strukturelle, allmähliche Veränderungen ausgelöst werden<sup>1516</sup>. Solcherlei Veränderungen können sowohl in der ersten als auch der zweiten Instanz, d. h. im Kommunikationsnetzwerk oder in einem einzelnen, das Netzwerk konstituierenden Gesellschaftssystem, auftreten. Diese Instanzen stehen in einer wechselseitigen Beziehung und eine Reihenfolge ist dabei nicht festzumachen. Auch für Technologien gelten ähnliche Überlegungen. Technologien sind in einen kulturellen Kontext eingebunden. Viele Faktoren haben Einfluss auf eine Technik und umgekehrt können Veränderungen von Techniken Kaskaden des Wandels auslösen. Monokausale Erklärungen, allen voran solche, die sich vermeintlich sicher aus dem archäologischen (und überlieferten) Material ableiten lassen, wie etwa die oft genannte Erschöpfung von Lagerstätten, technologischer Fortschritt und Einwanderungsereignisse<sup>1517</sup> (neue Einflüsse), greifen zu kurz; vielmehr stehen sie in einem komplizierten Kontext voller Wechselwirkungen<sup>1518</sup>. Ursache und Wirkung sind kaum zu trennen. Die archäologische Überlieferung ist immer inkomplett und schwierig zu interpretieren, deshalb ist man immer auf weitere Indizien angewiesen. Einige Regionen sind aufgrund des Erforschungsstandes, andere bleiben aufgrund der Überlieferungswege *terrae incognitae* für die Metallurgie aber auch im Allgemeinen. Deshalb ist man auf quellenkritische und allgemeine Überlegungen angewiesen, um diesen Umstand zu kompensieren. Dabei hilft ein breiter Blickwinkel<sup>1519</sup>.

Für die Entwicklung der Metallurgie, insbesondere der Erzeugung von Legierungen, lässt sich vielleicht kein einzelner Ursprungsort festmachen, wie es oft versucht wird; ähnliches gilt für Kulturen, Sprachen, Ethnien, wie auch Innovationen und Technologie allgemein<sup>1520</sup>. In einem miteinander verbundenen Kommunikationsraum lief ein sich unablässig entwickelnder Prozess ab, in dem Menschen, Ideen und Technologien sich ständig hin und her bewegt, verändert und angepasst haben<sup>1521</sup>. So kann eine Idee in einem neuen Kontext neu übersetzt und weiterentwickelt worden sein, oder durch den Kontakt von außen können neue Impulse in sie assimiliert und an sie akkommodiert werden. „Prehistoric processes are interconnected and shared among different peoples, and, for that reason, our reconstructions of them must be as inclusive as possible“<sup>1522</sup>. Nach Hansen wurde in der Diskussion um die Bedeutung

---

<sup>1514</sup> Hansen 2009, 21f. – Falls dies kein Artefakt der Forschung ist (derzeit kann ich keine Anhaltspunkte vorbringen, es wäre aber eine spannende Frage).

<sup>1515</sup> (Vgl.) Kohl 2009, 10f.

<sup>1516</sup> Kohl diskutiert in aller Kürze an verschiedenen Beispielen (Zentralasien, Harappa-Kultur, Mesopotamien und die sekundären Staaten östlich davon im 3. und 2. Jt. v. Chr.), wie langfristige Entwicklungen wie Bevölkerungsveränderungen oder neue Technologien – in diesem Fall u. a. neue Formen des Getreideanbaus – zu Änderungen im Siedlungsbild einer Kultur führen könnten und sich systemisch auf alle Teile eines Netzwerkes auswirken könnten. Solcherlei Veränderungen sind archäologisch, wenn auch schwierig, so doch aus der Langzeitentwicklung ableitbar. Auch ein Beispiel aus frühhistorischer Zeit wird angeführt, bei welchem durch ein kurzfristiges politisches Ereignis – Hammurabis Eroberung von Mari – langfristige Änderungen in den Bezugssystemen von Rohstoffen, hier die Ausrichtung des Metallbezugs, entstanden sein könnten (Kohl 2009, 231-233).

<sup>1517</sup> Vgl. hierzu Kohl 2009, 249-252: Anstelle von plötzlichen Einwanderungen und vollständigen Ersetzungen der Bevölkerungen ist vielleicht vielmehr ein langsames „Einsickern“ und eine Assimilation, teilweise über lange Zeiträume, zu vermuten.

<sup>1518</sup> Siehe dazu etwa die kulturelle Entwicklung in den Steppen nach Kohl 2009, 15.

<sup>1519</sup> (Vgl.) Kohl 2009, 10f.

<sup>1520</sup> Kohl 2009, 234-237. bes. 236f.

<sup>1521</sup> Kohl 2009, 236.

<sup>1522</sup> Kohl 2009, 237.



der Metallurgie spätestens seit Childe Metallen, ihrer Gewinnung und Verbreitung neben anderen Technologien (Rad und Wagen, Segel) häufig ein maßgeblicher Anteil oder gar die Rolle eines Katalysators für soziale Veränderungen und für die Herausbildung komplexer Gesellschaften im Zuge einer *Urban Revolution* beigemessen; dies wird heute aber kritisch gesehen<sup>1523</sup>. Dazu bemerkt Hansen, dass zweifelsohne bereits die frühesten Kupferobjekte eine wichtige Rolle innehatten, diese jedoch meist Schmuck darstellen oder im Falle von Großgeräten funktional nicht zwangsläufig bereits bekannten Materialien überlegen waren, und ihre Bedeutung deshalb darin zu suchen ist, dass sie im Rahmen (bestehender) gesellschaftlicher Rahmenbedingungen verwendet und sozial differenzierend wirksam wurden<sup>1524</sup>. Kohl zufolge kann der Austausch von Metall genauso bedeutend werden wie seine Produktion<sup>1525</sup>. Die Entwicklung der Metallurgie als entscheidenden Faktor für soziale Entwicklungen oder umgekehrt zu identifizieren, mag nicht gelingen. Beide dürften miteinander verwoben und in andere Entwicklungen eingebunden gewesen sein. Frühe Metallurgie wurde in unterschiedlichen Räumen von Kulturen mit verschiedener sozialer Komplexität getragen<sup>1526</sup>. Was sich für uns als immerzu kongruente Entwicklung darstellt, muss nicht gleich abgelaufen sein.

Möglicherweise tiefgreifende Veränderungen vollziehen sich beispielsweise in Europa während des 5. und insbesondere 4. Jt. v. Chr., und sie zeigen, dass weitere Erfindungen und Technologien zirkulierten. Ein ökonomischer wie sozialer Wandel wird vermutet. Sherratt fasste ein Bündel an Neuerungen unter der *Secondary Products Revolution* zusammen<sup>1527</sup>: sekundäre Produkte wie Zugkraft von Tieren ebenso wie Milch und Wolle, Reiten und Wagennutzung sollen sich in dieser Zeit verbreiten. Das Siedlungsgefüge wandelt sich. In weiten Teilen Europas kommen neue Hausformen und Siedlungssysteme auf: Jetzt finden sich kleine Häuser in häufig befestigten bzw. umgrenzten Siedlungen<sup>1528</sup>. Der Impetus für einen Teil dieser Entwicklungen wird in Südosteuropa und darüber hinaus gesucht<sup>1529</sup>. Änderungen werden auch in der Landwirtschaft sichtbar. Neue Getreidesorten sowie möglicherweise der Pflug kommen auf. Nach ca. 4000 v. Chr. werden weite Gebiete in Europa vom Ackerbau erfasst, die zuvor möglicherweise wegen ihrer Bodengüte außen vor blieben. Im Bereich der Trichterbecherkultur wurde Ackerbau üblich. Ein Zusammenhang mit dem Pflügen wird vermutet. Die Konsequenzen sind kaum zu erfassen<sup>1530</sup>. Etwa eine Freistellung von Arbeitskraft für die Produktion von Gütern, darunter Kupfer, wird gesehen. Einige Merkmale der im Einzelnen wie im Ganzen diskutablen Modelle wie Sherratts *Secondary Products Revolution* und auch Childes *Urban Revolution* scheinen sich zu manifestieren<sup>1531</sup>. Auch wenn im Einzelnen die Ursachen und Wirkungen umstritten sind, das Wie, Wann und Wo von kulturellen, rituellen und ökonomischen Neuerungen und Veränderungen nicht sicher auszumachen ist, so zeigt sich doch, dass ein höchstwahrscheinlich ständiger Umlauf von Ideen und Technologien im Gange war, und unter diesen war die Metallurgie nur eine von vielen. Für scheinbare Evolutionen und Devolutionen der kulturellen Systeme, ihre Komplexität usw. kann eine einzelne Komponente wie die Metallurgie nicht alleine verantwortlich zu machen sein<sup>1532</sup>.

---

<sup>1523</sup> Hansen 2011a, 275.

<sup>1524</sup> Hansen 2011a, 275f.; Hansen 2009, 13.

<sup>1525</sup> Kohl 2009, 15.

<sup>1526</sup> (Sehr knapp) Hansen 2011a, 276.

<sup>1527</sup> Mehrere Artikel zu diesem Thema von Sherratt, zusammenfassend in: Sherratt 1997.

<sup>1528</sup> Vgl. Müller 2001, 276-311.

<sup>1529</sup> Ganslmeier 1999, 121.

<sup>1530</sup> Überregional wirksame Impulse müssen nicht überall gleich wirken. Verschiedene Kulturen oder Gruppen können auf die gleichen oder doch zumindest sehr ähnlichen Impulse oder Probleme unterschiedlich reagieren (vgl. Müller 2001, 437f.).

<sup>1531</sup> Zusammenfassend dazu Vosteen 1996; Pleslova-Štiková 1977.

<sup>1532</sup> Siehe und vgl. Kohl 2009, 1-15; Hansen 2011a, 275f.

Ähnlich war auch die Industrielle Revolution das Ergebnis sozialer und institutioneller Veränderungen. Diese wurden durch mannigfaltige Faktoren hervorgerufen und werden fortwährend debattiert. Die hier in archäologischer Hinsicht am besten feststellbaren strukturellen Merkmale sind nicht die Ursachen, sondern die sich manifestierenden Folgen wie eine effizientere und weniger arbeitsintensive Produktion von Lebensmitteln in der Landwirtschaft. Diese ermöglichte einen Bevölkerungsüberschuss, der auf der Suche nach Arbeit in die Städte gezwungen der Industrieproduktion zur Verfügung stand<sup>1533</sup>. Mit diesem Beispiel soll nicht der Eindruck erweckt werden, dass die Entwicklung der Metallurgie eine Art Industrielle Revolution in Bezug auf Produktionsmittel und Arbeitskraft oder Spezialisierung voraussetzte, um zu gedeihen. Sondern es soll hervorgehoben werden, dass ein ganzes Set an Neuerungen – nicht zuletzt sozialer und institutioneller Art – die Implementation neuer Techniken in die Gesellschaft<sup>1534</sup> in Bezug auf Innovation<sup>1535</sup> möglicherweise unterstützt haben.

Die Verbreitung von Metalltypen und insbesondere ähnlichen Metallformen ist wohl über Handel oder Austausch von Objekten im weitesten Sinne zu erklären. Vielleicht kann man hier differenzieren: einerseits zwischen Formen mit speziellem Symbol- oder Zeichengehalt, die insbesondere in Subsystemen mit geringer kultureller Distanz reisten und verstanden wurden (z. B. Ringanhänger, Buckelscheiben) und andererseits solchen Formen, die im Rahmen weitreichenderer Austauschsysteme bzw. Kommunikationsnetzwerke (Karpato-Balkanische Metallurgieprovinz, Zirkumpontische Metallurgieprovinz) mit Schwergewichten wie verschiedenen Formen von Äxten sowie Beilen (aus unterschiedlichen Materialien) Verbreitung fanden. Aber auch Schmuck bzw. Symbole könnten schon früh weit gereist sein<sup>1536</sup>. Diese Kommunikationsräume und -netzwerke haben sich aufgrund kontinuierlicher Kontakte herausgebildet und dürften wohl Grundzüge von politischen, religiösen oder wirtschaftlichen Föderationen und Allianzen tragen, können aber trotz Indizien in Ermangelung von aussagekräftigen Quellen nicht als solche bezeichnet werden<sup>1537</sup>. Sie zeigen aber die Möglichkeit und Fähigkeit der Beteiligten Kupfer und andere Rohstoffe über teilweise weite Distanzen zu erlangen und das System über längere Zeit stabil zu halten. Diese Austauschnetzwerke, die zumindest in ihren Superstrukturen immer größer wurden (wie möglicherweise von der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz zur Zirkumpontischen Metallurgieprovinz)<sup>1538</sup>, könnten auch zu einer qualitativen Änderung der Technologie geführt haben, da immer größere Quantitäten ausgetauscht werden konnten. Fortschritte im Transportwesen (Rad und Wagen, Domestikation des Pferdes, Schifffahrt) mögen hier eine nicht unwesentliche Rolle gespielt haben. Materialien und Technologie wurden deshalb vielleicht über (immer) größere Räume verbreitet – in einer durch technologische Neuerungen immer kleiner gewordenen Welt<sup>1539</sup>. Dies zeigt sich möglicherweise – oder ist besser nachvollziehbar – in der Verbreitung von Kupfersorten und ähnlichen Objekttypen in immer größeren Gebieten<sup>1540</sup>.

---

<sup>1533</sup> Krell 2004, 57-78. bes. 61-68.

<sup>1534</sup> Vgl. mit weiterer Literatur Ottaway 2001, 87-89.

<sup>1535</sup> Renfrew 1986, 142.

<sup>1536</sup> Am Beispiel von Schmuckscheiben aus Gold und einem sog. Zepter aus Varna sowie am Beispiel von möglichen Analogien an einer Tonstatuette aus Eridu: Hansen 2009, 14-16 mit Abb. 2-4.

<sup>1537</sup> Vgl. Kohl 2009, 10f. 18; Hansen 2009, 11; Dazu am Beispiel von Beilen aus Silex, Jadeit und Kupfer bei Klimscha 2012b, 1222-1225. bes. 1224.

<sup>1538</sup> Kohl 2009, 14.

<sup>1539</sup> Vgl. dazu Hansen 2009, 29-31. 34.

<sup>1540</sup> Kohl 2009, 256-260.

## **IV.1. Kupfer und Silber in Europa, im nordpontischen Raum, im Nordkaukasus und in Westanatolien und Teilen Inneranatoliens im 5. und 4. Jt. v. Chr.: von der Karpato-Balkanischen zur Zirkumpontischen Metallurgieprovinz?**

In weiten Räumen Europas, im nordpontischen Raum sowie in West- und Inneranatolien aber auch im Bereich des Nordkaukasus könnten für die Verbreitung von Metallurgiebelegen im 5. Jt. v. Chr. anhand von Metallformen karpato-balkanische Einflüsse zu diskutieren sein. Der Kommunikationsraum der frühen Metallurgie in Südosteuropa wird nach Chernykh<sup>1541</sup> meist als Karpato-Balkanische Metallurgieprovinz (KBMP) umschrieben. Eine später häufigere Verwendung von intentionellen Arsenkupfern („artificial copper-arsenic alloys“<sup>1542</sup>) und von Silber wird häufig im Rahmen einer postulierten Zirkumpontischen Metallurgieprovinz (ZPMP) gesehen. Dem Kaukasus wurde dabei lange eine bedeutende Rolle zugemessen.

### **IV.1.1. Ostmitteleuropa, Balkan, Ägäis (Südosteuropa) und Osteuropa sowie Zypern**

Den Vorlauf der Metallurgie in Ostmitteleuropa und auf dem Balkan stellt die Nutzung von Kupfer und Kupfermineralien für Ahlen, Angelhaken und Perlen insbesondere ab der zweiten Hälfte des 6. Jt. v. Chr. dar. Sie stammen aus Zusammenhängen wie etwa der Starčevo/Criș-Kultur, Lengyel- oder auch frühen Kontexten der Vinča-Kultur<sup>1543</sup>. Eine qualitative und quantitative Änderung lässt sich bereits im frühen 5. Jt. v. Chr. beobachten. Das Repertoire an Objekten erweitert sich um massive Armbänder, Flachbeile und Schaftlochäxte; Metallfunde werden insgesamt häufiger<sup>1544</sup>.

Das östliche Mitteleuropa und Südosteuropa stellt einen mehrgestaltigen Kommunikationsraum unter anderen, sich überlagernden und in verschiedene Richtungen ausstrahlenden Kommunikationsräumen des 5. und 4. Jt. v. Chr.<sup>1545</sup> für Produkte, Ideen und Ideologien dar. Während des 5. Jt. v. Chr. waren Kulturen und Kulturkomplexe, wie die Vinča-Kultur (nördlicher und zentraler Balkan), die Varna-Kultur (Dobrudža), der Kulturkomplex Kodžadermen-Gumelnița-Karanovo VI (KGK VI; Ostbalkan und Große Walachei), der Komplex Bubanj-Sălcuța-Krivodol (Zentralbalkan und Kleine Walachei), wahrscheinlich der Komplex Cucuteni-Tripol'e (rumänische Moldauregion bis zur Ukraine) im westpontischen Raum, und die Tiszapolgár-Kultur im Karpatenbecken<sup>1546</sup> über die Verwendung ähnlicher Kupferobjekte und -sorten und vermutlich auch andere, nämlich gesellschaftliche, soziale sowie vermutlich auch religiöse Aspekte miteinander verbunden<sup>1547</sup>. Die erste Nutzung von Gold erfolgt in Südosteuropa, etwa mit den

---

<sup>1541</sup> Allgemein bei Chernykh 1992.

<sup>1542</sup> Chernykh 2011, 156.

<sup>1543</sup> Ausführlicher mit weiterer Literatur Kienlin 2010, 9f.; Merkl 2011, 16; Hansen 2009, 12f.; Roberts paper, 7; Borić 2009, 191 mit Anm. 1 (Auflistung).

<sup>1544</sup> Kienlin 2010, 10; Hansen 2009, 13; Merkl 2011, 15f. mit weiterer Literatur. Die Verwendung von Kupfer und Kupfermineralien hauptsächlich für kleine Formen wie Perlen, Ahlen und Angelhaken während des frühen 5. Jt. v. Chr. in der Vinča Kultur (Vinča-Gradac und Vinča-Pločnik Phasen) auf dem nördöstlichen Balkan und in neolithischen Gruppen wie Sopot, Lengyel, Tisza und Herpály nimmt zu; dazu treten schwere Armbänder und gelegentlich Meißel, die etwa aus Zusammenhängen der Vinča Kultur (Tells von Pločnik, Divostin, Gomolava), und Kontexten der Kulturen Marica, Prăcucuteni, Petrești und Tisza/Herpály (nach Kienlin 2010, 10; Borić 2009, 191) stammen.

<sup>1545</sup> Aufgrund von Umdatierungen ist auf Verwerfungen in den kulturellen Gefügen zu achten (siehe kurz Hansen 2011b, 64-66).

<sup>1546</sup> Siehe hierzu mit weiterer Literatur Maran 2004, 431-433; Renfrew – Slater 2003, 315; Parzinger 1993b, 345-347; Pernicka u. a. 1997, 51; Krause 2003, 230. 232; Klassen 2000, 239; Kohl 2009, 30-39.

<sup>1547</sup> Zu nennen wären etwa die agrarische Wirtschaftsweise, die Bedeutung von Metall im Wertesystem der Gesellschaft und die Bestattungssitten (siehe hierzu mit weiterer Literatur Maran 2004, 431f.).

Grabausstattungen von Varna (Bulgarien), wobei die reichsten Gräber durchaus am Anfang der dortigen Entwicklung zwischen bereits 4600 und 4500 v. Chr. stehen könnten<sup>1548</sup>. Die ersten Goldfunde Varnas könnten somit noch vor die Mitte des 5. Jt. v. Chr. datieren<sup>1549</sup>. So soll sich Gold zuerst in Südosteuropa ab etwa der Mitte des 5. und während des 4. Jt. v. Chr. in Osteuropa, später noch weiter im Osten sowie in Westeuropa im 4. und 3. Jt. v. Chr. verbreiten (vgl. aber Pauilhac<sup>1550</sup> Kap. IV.1.3.1)<sup>1551</sup>. Weitreichende Kommunikationsnetzwerke lassen sich möglicherweise nachzeichnen. Besonders hinzuweisen ist auf mögliche Kontaktnetzwerke bis nach Obermesopotamien. Während Hansen weitreichende Netzwerke bis nach Mesopotamien (Eridu) implizit an ideologischen Äußerungen im Fundgut nachzuzeichnen versucht<sup>1552</sup>, werden von Klimscha auch Funde angeführt, die auf der gleichen Technik beruhen. Lange Klingen nämlich stellen in der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. etwa in Europa und dem nordpontischen Raum immer wieder auffindbare Funde dar<sup>1553</sup>. Im ausgehenden 5. Jt. v. Chr. finden sich in den Schichten 19–20 von Tell Brak eine überlange Silexklinge, die als Indiz auf Beziehungen zu Südosteuropa gedeutet wird<sup>1554</sup>. Im obermesopotamischen Raum werden – vorbehaltlich weiterer technologischer Fragen nach ihrer Herstellung – lange Klingen bereits etwa zeitgleich im Milieu häckselgemagerter Keramik verwendet (s. auch Silber und Handelsnetzwerke Kap. IV.5). Eine Verbreitung von Silexbeilen mit zeitlichem Gefälle – ihre Querschnitte sowie teils ihre Schneidengestaltung orientiert sich an kupfernen Vorbildern – in der Zeit von der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. bis zum ersten Viertel des 4. Jt. v. Chr. von der Unteren Donau mit der Gumelnița-Kultur (ca. 4600–4000/4300? v. Chr.) bis in südöstliche Gruppen der Trichterbecherkultur aber auch in Cucuteni-Tripol'e ab der Mitte des 5. Jt. v. Chr. mit der Stufe Cucuteni A soll zu beobachten sein<sup>1555</sup>. In ihrer sozialen Bedeutung und möglicherweise gar genetisch in ihrer Entstehung im Rahmen einer *chaine opératoire* könnten sie mit den Silexklingen in Beziehung zu setzen sein<sup>1556</sup>.

Im Verlauf des 5. Jt. v. Chr. sind in diesem Raum eine Reihe von Schwerveräten wie massive Beile, Meißel und insbesondere auffällige Axttypen zu fassen<sup>1557</sup>. Das scheinbar plötzliche Einsetzen ihrer Überlieferung könnte mit ihrer Verwendung im sozialen Kontext der Bestattung verbunden sein<sup>1558</sup>. Meißel sind vermutlich bereits im 49. Jh. v. Chr. in weiten Teilen des Balkans verbreitet, und das Ende der Vinča Kultur im Zentralbalkan wird zwischen 4650 und 4600 v. Chr. gesehen, deren Ende für die Funde aus Pločnik einen *terminus ante quem* bedeutet<sup>1559</sup>. Aus Pločnik stammen vier Schaftlochäxte zusammen mit 25 Meißeln, vier Armringen und einer Nadel<sup>1560</sup>. Die Objekte dieses sog.

<sup>1548</sup> Renfrew 1986; Hansen 2011a, 287; Hansen 2009, 14. – Zur Datierung Higham u. a. 2007; Hansen 2009, 14. 16 mit Anm. 31; Kienlin 2010, 7; Hansen 2009, 16 Anm. 31 gibt zu bedenken, dass ein durch die Nahrungsgrundlage hervorgerufener Reservoireffekt zum Tragen kommen könnte.

<sup>1549</sup> Klimscha 2011a, 246; Hansen 2009, 14.

<sup>1550</sup> Hansen 2009, 20f.

<sup>1551</sup> Roberts paper, 8; Primas 1995, 80-87. bes. 81 mit Fig. 2; Pernicka u. a. 1997, 49.

<sup>1552</sup> Hansen 2009, 14.

<sup>1553</sup> Siehe die allerdings eklektisch zu nennende Anführung von Funden in dieser Arbeit. – Klingen um 20 cm Länge – als *superblades* bezeichnet – finden sich in reichen Gräbern von Varna, Reka Devnja, der Tiszapolgár-Kultur usw. Genetisch (im Rahmen einer *chaine opératoire*) oder von ihrer Bedeutung her können sie mit gemuschelten Silexbeilen in Beziehung gesetzt werden, ihre Verbreitungsgebiete schließen sich dabei aber teilweise aus (Klimscha 2011a, 263-265).

<sup>1554</sup> Klimscha 2011a, 246.

<sup>1555</sup> Klimscha 2011a, 265.

<sup>1556</sup> Klimscha 2011a, 262-265.

<sup>1557</sup> Kienlin 2010, 10 mit weiterer Literatur; Merkl 2011, 16f.; Hansen 2009, 13; Pernicka u. a. 1997, 48.

<sup>1558</sup> Hansen 2009, 16.

<sup>1559</sup> Mit weiterer Literatur: Hansen 2011a, 287-289; 2011b, 65f.; Kienlin 2010, 7. 10; Zur Datierung von Vinča siehe Borić 2009, bes. 234f.

<sup>1560</sup> Hansen 2011a, 287.

Schwergerätehorizontes<sup>1561</sup> bestehen meist aus relativ reinem Kupfer und es war deshalb auch unter früheren chronologischen Vorstellungen nicht klar, ob – „in dieser frühen Zeit“<sup>1562</sup> – ein Teil der Geräte, aus sehr reinen Erzen verhüttet<sup>1563</sup> oder noch (teilweise) aus gediegen Kupfer hergestellt wurden<sup>1564</sup>. Diese Frage ist insbesondere vor dem Hintergrund der massiven Verwendung von Kupfer interessant<sup>1565</sup>. (Aber auch der zeitliche Beginn einer Arsenkupfermetallurgie könnte sich als offene Frage herausstellen [s. weiter unten]).

Zumindest für einen Teil der Objekte aus Vinča Zusammenhängen, die aus einem anderen Kupfer bestehen – worauf Pernicka bereits 1990 aufmerksam machte<sup>1566</sup>, ist in Zusammenhang mit den möglichen Nachweisen früher Verhüttung in der Vinča Kultur durch Erz- und Schlackenfunde aus Siedlungen wie Belovode, Pločnik und Selevac und weiteren des 5. Jt. v. Chr. ist die Nutzung von verhüttetem Kupfer wahrscheinlich<sup>1567</sup>. Bei den Funden handelt es sich um Kupfercarbonate (Malachit und untergeordnet Azurit), teils werden sie als poröse Masse mit Spuren von Hitzeeinwirkung beschrieben<sup>1568</sup>, und geringste Mengen kleinteiliger Schlacken, die teilweise mit Verhüttung in Verbindung gebracht werden können und Kupfereinschlüsse aufweisen können, sowie potentiellen Grubenöfen<sup>1569</sup>. Erzfunde früherer Zeitstellung fanden als Schmuck- oder Farbmineralien Verwendung<sup>1570</sup>. Schlacken bzw. verschlacktes Material werden aus zahlreichen weiteren Fundorten der Vinča-Kultur berichtet<sup>1571</sup>. Ein metallurgischer Bezug muss sich bei vielen erst noch erweisen. Mit Belovode könnten Schlacken mit Bezug zur Verhüttung ab dem späten 6./frühen 5. Jt. v. Chr.

---

<sup>1561</sup> Der Begriff geht auf Sangmeister zurück (dazu Strahm 1994, 11. 22. 38 Anm. 19). Einem durch Schwergeräte geprägten Reinkupferhorizont stellte Sangmeister einen folgenden Arsenkupferhorizont gegenüber. Zu einer kurzen Charakterisierung der Metallfunde dieses Horizontes siehe Schreiner 2007, 73f. 78.

<sup>1562</sup> Strahm 1994, 10.

<sup>1563</sup> Pernicka 1990, 49. 113f.; Pernicka u. a. 1993, 3-16. bes. 13. 16. 37; Pernicka u. a. 1997, 48f. 118-121. 128-146. bes. 145f.; Maran 2004, 432. – Zu einer Zusammenfassung der frühen Diskussion und den Nachweismöglichkeiten von gediegen Kupfer siehe bes. Pernicka u. a. 1997, 118-121.

<sup>1564</sup> Strahm 1994, 8-11; Dazu mit weiterer Literatur Kienlin 2010, 10. 13; Vgl. auch Pernicka u. a. 1993, 37.

<sup>1565</sup> Vgl. etwa Kienlin 2010, 13.

<sup>1566</sup> Pernicka 1990, 49. 113f.; Vgl. auch Pernicka 1999, 168; Dazu auch Gale u. a. 2003, bes. 128. 168.

<sup>1567</sup> Kienlin 2010, 10. 13. 17. 19; Pernicka 1990, 49. 113f.; Pernicka u. a. 1993, 3-16; Pernicka u. a. 1997, 38f. 118-121. 128-146. bes. 145f.; Roberts paper, 7; Šljivar 2006; Šljivar u. a. 2006; Borić 2009. Zu Siedlungen aus dem Umfeld von Stara Zagora siehe etwa Kienlin 2010, 17.

<sup>1568</sup> Zu Erzen aus Belovode und Pločnik siehe Šljivar u. a. 2006, 252. 256. Ihre Größe bewegt sich zwischen wenigen Millimetern und einigen Zentimetern; die meisten Funde wurden durch die Flotation von Aushub gemacht (Borić 2009, 208; Šljivar u. a. 2006, 252). Belovode: „The most numerous finds encountered in all layers of the settlement, Belovode A-D are large quantities of malachite and much less of azurite. The basic characteristic of this material is the altered structure of almost all samples due to ‘certain thermal treatment’! Although physical and chemical analyses have not been performed, the appearance of all these finds indicates that this was not the result of natural oxidation process. Structure of all samples is porous and always mixed with ash and small pieces of charcoal. These characteristics indicate with certainty that these are the consequences of thermal, we believe, metallurgical process.“ (Šljivar u. a. 2006, 252). Pločnik: „Almost all samples are of altered structure, light, porous and mixed with small lumps of charcoal, soot and ash. It is absolutely certain that this is the consequence of the contact with high temperatures and metallurgical treatment of this carbonate copper ores.“ (Šljivar u. a. 2006, 256).

<sup>1569</sup> Kienlin 2010, 17. 19; Pernicka u. a. 1993, 3. 5. 8 Fig. 2; Glumac – Tringham 1990, 549-554. 558-561 mit Tabellen; Glumac – Todd 1991a; Glumac – Todd 1991b; Šljivar u. a. 2006; Borić 2009; Vgl. Hauptmann 2007b, 158. 173; Bartelheim u. a. 2002, 62; Größe der Schlacken von der Vinča-Kultur max. 2 cm (Glumac – Todd 1991b, 12; Radivojević u. a. 2010, 2779. 2783), bzw. in Selevac sind rund 40 % der Funde kleiner als 1 mm (Bartelheim u. a. 2002, 62)

<sup>1570</sup> Vgl. Radivojević u. a. 2010, 2784; Kienlin 2010, 17.

<sup>1571</sup> Schlacken werden auch aus Vinča, Gornja Tuzla, Anzabegovo IV and Stapani berichtet (Radivojević u. a. 2010, 2778; Glumac – Todd 1991a, 157 Table 2).

vorliegen<sup>1572</sup>. Schlacken von Selevac tragen rundliche Kupfereinschlüsse (*prills* mit 0,18 Gew.% Fe, 0,29 Gew.% Ag; Mitte 5. Jt. v. Chr.)<sup>1573</sup>. Einer sicheren Deutung entziehen sich bislang zylindrische Keramikformen ohne Boden mit Handhaben (z. B. aus Belovode, Pločnik, Divostin), die schwer zu deutende Zeichen von Hitzeinwirkungen tragen; meist werden sie als Teil eines Ofensystems interpretiert und dabei als Kamin angesprochen (Taf. 13, 1. 2)<sup>1574</sup>. Der Nachweis von Verhüttungs- bzw. Gusstiegeln ist umstritten, und nur vereinzelt finden sich Hinweise auf thermische Belastung oder Grünfärbung bzw. Verschlackungsspuren im Innern<sup>1575</sup>. Eine Tiegelverhüttung wurde vorgeschlagen<sup>1576</sup>. Für Belovode wird die Verhüttung in einfachen Grubenöfen und eine Reduktion in festem Zustand (Festkörperreaktion) erwogen<sup>1577</sup>. Schlacken sollen nur im Bereich des Luftstroms entstanden sein (vgl. aber die „Kamine“?!). Mit den porösen erhitzten Erzen könnte sich auch ein Ausschmelzen des Wertträgers verbinden lassen (vgl. Kap. II.3).

Weitere Belege und Hinweise auf extraktive Metallurgie aus Ostmittel- und Südosteuropa liegen aus Kontexten des 6. bis 4. Jt. v. Chr. in Form von möglichen metallurgischen Einrichtungen wie Öfen, Tiegeln und Funden von Erzen und Schlacken vor<sup>1578</sup>. Darunter finden sich auch Hinweise auf die frühe Nutzung sulfidischer Erze womöglich noch in der ersten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. (Pervostepennaya Bolnitsa bei Stara Zagora). Aus Gräbern von Tiszapolgár-Kontexten werden ein „tiegelartiges“ Gefäß

---

<sup>1572</sup> Borić 2009, 238.

<sup>1573</sup> Radivojević u. a. 2010, 2778; Glumac – Todd 1991b, 11f.

<sup>1574</sup> Šljivar 2006, 97 mit Fig. 6; 98 mit Fig. 7-9; Radivojević u. a. 2010, 2779; Šljivar u. a. 2006, 253. 256. 260 Plate II, 3-5; Borić 2009, 208.

<sup>1575</sup> Z. B. aus Pločnik und Belovode. Aufgrund ihrer geringen Größe werden sie auch als Miniaturgefäße angesprochen: Glumac – Todd 1991b, 12f. mit Fig. 5; Šljivar 2006, 97 mit Fig. 5; Šljivar u. a. 2006, 253. 257. 260 Plate II,2; Borić 2009, 208; Ottaway 1994, 53 mit weiterer Lit.; Kienlin 2010, 19. – Teilweise werden dickwandige Keramiken als Behältnisse für Pigmente interpretiert (Gale u. a. 2003, 161 mit weiterer Literatur).

<sup>1576</sup> Glumac – Todd 1991a, 162; Glumac – Tringham 1990, 562.

<sup>1577</sup> Radivojević u. a. 2010, 2785 (zu Belovode): „The research presented here documents the earliest sound evidence for copper smelting known so far, anywhere, consisting of slag droplets rich in typical gangue elements together with molten copper metal. We note the absence of dedicated ceramic vessels such as crucibles or furnace installations from our observations, leaving room for a potential ‘hole in the ground’ model for the predominantly solid-state reduction step (represented here by the small droplets of slag which may have formed in front of the blow pipes), followed by melting and casting elsewhere in the settlement (as indicated by the droplet of metal found away from the slag)“.

<sup>1578</sup> Eine vollständige Aufzählung kann hier nicht geleistet werden. Die Aufzählung hier erfolgt teilweise in angelsächsischer Schreibung nach der zitierten Literatur. Siehe etwa Glumac – Todd 1991a, 157 Table 2; Glumac – Tringham 1990, 558-561 mit Tabellen; Weiter: Aus Promachon-Topolnica in Griechenland, an der Grenze zu Bulgarien liegt analysierte Schlacke vom Ende des 6./frühen 5. Jt. v. Chr. vor. Reiner Malachit wurde in einem schlackenlosen Prozess zu Kupfer reduziert (Roberts paper, 7; Papadopoulos 2008, 67 mit weiterer Literatur); Aus der Mitte des 5. Jt. v. Chr. wird aus Durankulak Haus 4-10 Schicht VI ein „Grubenofen“ (Dm 70cm, Tiefe 45cm) mit einer möglichen Düse aus Tierknochen, eingebaut in die Lehmeinfassung, sowie ein Knochen mit anhaftendem Kupfertropfen berichtet; Schlacken fehlen (Todorova 1999, 238 Abb. 1,6; 242-244 mit Abb. 7,1-2). Ein Tiegel mit verschlackter Innenseite stammt aus ebenso aus Durankulak (Pernicka u. a. 1997, 127). Auf dem Gebiet des heutigen Griechenlands ist Kupferverwendung etwa in Sitagroi und Dikili Tash im späten 6. Jt. v. Chr. nachgewiesen. In Sitagroi Phase III (4700-4300 v. Chr./ca. 4000 nach Pernicka 1987, 614) sind Schlacken und Tiegel nachgewiesen (Lo Schiavo 1989, 280). Azurit- und Malachitstücke, verschlackte Keramikgefäße/Tiegel mit Kupfertropfen, Herde und aus Akladi Cheiri/Tscheiri bei Tschernomarez (nahe des Strandžagebirges, Burgas/Bulgarien, spätes 5. Jt. v. Chr.?, ohne Literaturangabe). Eine kleine Schlacke mit arsenhaltigen *prills* stammt aus der Badener Fundstelle Novacka Cuprija (Glumac – Todd 1991b, 15; Glumac – Todd 1991a, 157 Table 2; 161). Hinweise auf Verhüttung liegen in Fafos vor (Schreiner 2007, 73 mit weiterer Literatur). Ein unzureichend untersuchter *metallurgischer Komplex* der Maritsa Kultur (zeitgleich Karanovo V, ca. 1. Hälfte 5. Jt. v. Chr., s. Kienlin 2010, 5 Fig. 2.1) aus Ofen mit Schlackenresten, Kupfertropfen, oxidischen wie sulfidischen Erzen (im Ofen!) aus der Region Pervostepennaya Bolnitsa bei Stara Zagora wird berichtet. Dieser Komplex gibt einen starken Anfangsverdacht auf die frühe Nutzung sulfidischer Erze (mit weiterer Literatur, nach Ryndina u. a. 1999, 1066). Siehe weiter die hier vorgestellten Fundkomplexe.

(Grab 17/55 Tibava) und Kupferbrocken (Grab 2 Tiszapolgár) in Ungarn erwähnt<sup>1579</sup>. Weiter ergeben sich vielleicht weitere interessante Ansätze aus folgendem Umstand: „In the excavation of Bulgarian Eneolithic sites, archaeologists often find small vessels with cylindrical, hemispherical and bi-conical shapes filled with crushed ore“<sup>1580</sup>. Der Frage nach der Funktion und möglicherweise weiter – sollte sich bei einigen dieser allerdings sehr kleinen und höchstwahrscheinlich zur Pigmentherstellung dienenden Gefäße doch noch ein Verdacht auf extraktive Metallurgie ergeben<sup>1581</sup> – nach den in den unterschiedlichen Gefäßformen ablaufenden Prozessen müsste weiter nachgegangen werden. Beispielhaft sollen zwei weitere Problemkomplexe vorgestellt werden, um einen Ausblick auf die Technik zu gewähren, nämlich frühe Bronzen und frühe Verhüttung mit sulfidischen Anteilen.

Eine auf etwa 4650 v. Chr. datierte Bronzefolie wird aus Vinča-Zusammenhängen von Pločnik berichtet<sup>1582</sup>. Ein kleines analysiertes zinnhaltiges Schlackenstück (0,5x2 cm) wird auch aus Grab 230 des Lengyel-Gräberfeldes Zengövárkony (Ungarn) genannt, das ins späte 5. Jt. v. Chr. datiert werden könnte<sup>1583</sup>. Zinnhaltiges Kupfer an einem Tiegel von Mandalo II (Westmazedonien) wird in das spätere 5. Jt. v. Chr. datiert<sup>1584</sup>. Solche Funde würden die frühesten Belege einer Zinnbronzemetallurgie darstellen<sup>1585</sup>. Dies geht dem gehäuftem Auftreten von Bronzen in diesem Gebiet jedoch um weit mehr als ein Jahrtausend voraus<sup>1586</sup>. Dementsprechend werden solche Stücke zumeist als Zufallsprodukt einer Verhüttung zinnhaltiger Erze im Rahmen einer Verhüttung auf Kupfer gedeutet<sup>1587</sup>. In diesem Zusammenhang ist das angelegentliche Auftreten von frühen Bronzen<sup>1588</sup>, indes meist mit niedrigen Zinngehalten, und insbesondere einer bronzenen Dolchklinge (Sn um 9 %) zweifelhafter Datierung aus Verbicioara (Kat. 62) zu erwähnen. Hinsichtlich ihrer Form lässt die Dolchklinge sich mit Dolchen des Typs Bodrogkeresztúr und Sălcuța vergleichen. Eine Klinge aus Blech, die verschiedentlich als Bronze angesprochen wird, stammt aus Grab 22 des Gräberfelds Velké/Vel'ké Raškovce (Bez. Trebišov/Slowakei)<sup>1589</sup>. Aus dem Gräberfeld mit Tiszapolgár-Keramik liegt weiter ein goldener Ringscheibenanhänger vor. Eine um 4000 v. Chr. datierte rundnackige Hammeraxt aus Jezioro Gopło (Polen) wird aus der Bodrogkeresztúr-Kultur hergeleitet und als eine Variante der Hammeräxte vom Typ Şiria gesehen<sup>1590</sup>. Sie enthält 3,6 % Sn und ist damit möglicherweise mit einem ähnlichen Fund aus Anatolien vergleichbar (Kap. IV.1.4). Aus Gumelnița/Karanovo VI Zusammenhängen bekannte frühe

---

<sup>1579</sup> Nach Merkl 2011, 16 mit weiterer Literatur: Er zitiert Bognár-Kutzián 1972, 164 mit weiteren unanalysierten Kupferspuren mutmaßlich aufgeschmolzenen (*melted*) Metals an Lucska-Keramik.

<sup>1580</sup> Ryndina u. a. 1999, 1063.

<sup>1581</sup> Eine visuelle Untersuchung durch Ryndina und Kollegen in Museen ergab, dass diese Gefäße als Mörser zur Pigmentherstellung dienten, was frühere Schlussfolgerungen weiterer Autoren bestätigt (Ryndina u. a. 1999, 1064).

<sup>1582</sup> Rahmstorf 2017, 185 mit weiterer Literatur.

<sup>1583</sup> Roberts paper, 7; Glumac – Todd 1991b, 14; Glumac – Todd 1991a, 160f. Kritisch dazu Pernicka u. a. 1997, 125.

<sup>1584</sup> Rahmstorf 2017, 185 mit weiterer Literatur.

<sup>1585</sup> Glumac – Todd 1991b, 14; Glumac – Todd 1991a, 160f.

<sup>1586</sup> Ottaway – Roberts 2008, 197.

<sup>1587</sup> Roberts paper, 8; Ottaway – Roberts 2008, 197.

<sup>1588</sup> Zu weiteren (möglichen) frühen Bronzen in diesem Raum siehe Pernicka u. a. 1993, 12; Pernicka u. a. 1997, 121. 124-126; Glumac – Todd 1991b, 10. 15f; Glumac – Todd 1991a, 161. Für den Balkan des 5. Jt. v. Chr. stehen neuerlich etwa 16 mögliche Bronzen in der Diskussion (Rahmstorf 2017, 185 mit weiterer Literatur). – „Weltweit“: Pernicka u. a. 1997, 126; Pernicka 1990, 52-54; Rahmstorf 2017, 184f. mit weiterer Literatur. – Für das (endneolithische) Mitteleuropa vornehmlich des 3. Jt. v. Chr. siehe Krause 2003, 210-213.

<sup>1589</sup> Nach Govedarica 2004, 283 mit Anm. 789 (mit weiterer Literatur, der nicht nachgegangen wurde). Hansen 2009, 19 zufolge wurden – mit Varna hinsichtlich der Ausstattungsmuster vergleichbar – im tiszapolgár-zeitlichen Gräberfeld von Vel'ké Raškovce „kupfernes Schwergewicht, lange Silexklingen, kupferner Armschmuck und in Grab 17 auch ein goldener Ringscheibenanhänger“ gefunden (Hansen 2009, 19).

<sup>1590</sup> Krause 2003, 212 mit Abb. 192.

Bronzen (6–10 % Sn) wurden in einen (zeitlichen) Zusammenhang mit der Nutzung von alluvialem Gold gebracht, da Kassiterit ebenfalls Seifen ausbildet<sup>1591</sup>. Lagerstätten auf Kupferzinnerze könnten ebenso zu erwägen sein. Für das oben genannte Gräberfeld von Zengövárkony sind aus reichen Gräbern der frühen Lengyel-Kultur Steinbeile überliefert. Als deren Material wird anhand von Fotografien alpiner Jadeit diskutiert<sup>1592</sup>. Weiträumige Kontaktnetzwerke deuten sich an. Aus Italien wiederum stammen kreuzschneidige Schaftlochhäxte unklarer Datierung mit Zinngehalten<sup>1593</sup>. Weitere frühe Bronzen werden mit der sog. Übergangszeit der Protobronzezeit verbunden (s. u.). Ungeachtet der tatsächlichen Herstellungsmethode wird eine erweiterte Polymetallurgie mit Bronze in früher Zeit sichtbar. Diese wenigen Belege einer Bronzemetallurgie könnten in ihrer Bedeutung umso stärker zu gewichten sein, als etwa auch Goldfunde insgesamt vergleichsweise selten sind; Gold im Karpatenbalkanraum könnte sich dabei auch aus Ganglagerstätten erklären<sup>1594</sup>.

Dass reine oxidische Erze als alleinige Quelle für reine Kupfer des Balkans zu Grunde zu legen seien, wird mittlerweile in Frage gestellt<sup>1595</sup>. Schon in der ersten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. mit den Hinweisen aus Pervostepennaya Bolnitsa ergeben sich erste Hinweise auf die Nutzung (teil-)sulfidischer Chargen<sup>1596</sup>. Verschlackte Tiegel aus Dolnoslav und Chatalka der späten Gumelnița Zeit in der Landschaft Thrakien zeigen eine Erhitzung auf ca. 800 °C<sup>1597</sup>. Die Schlackenrückstände an Tiegeln von Dolnoslav zeigen vermutlich ein *co-smelting* sulfidischer polymetallischer und oxidischer Erze oder ein Röstreaktionsverfahren an. Die Randmorphologie des Tiegels von Dolnoslav legt die Verwendung von Deckeln nahe (Taf. 13, 3)<sup>1598</sup>. Prozesstemperaturen von etwa 1100–1200 °C werden rekonstruiert. Durch in Schlacke eingeschlossene Kupfertropfen mit Sulfidhülle könnten sich Hinweise auf die Abscheidung einer Metallphase aus Matte ergeben (vgl. Kap. II.2.4.4.5; II.2.4.4.7)<sup>1599</sup>. Ein Teil der Artefakte des Balkans aus der späten Varna- und Gumelnița-Zeit zeigt hohe Sulfid- und Eisengehalte, und diese werden als Hinweise auf die Nutzung (teil-)sulfidischer Erzchargen in der zweiten Hälfte des 5. und dem beginnenden 4. Jt. v. Chr. gesehen<sup>1600</sup>. Die Sulfidgehalte liegen dabei zwischen 0,45/1,5 und 5 Vol.% (0,3–0,75 %)<sup>1601</sup>. Pernicka nennt eine bipolare Verteilung der Eisengehalte bei bulgarischen chalkolithischen Kupferobjekten als Indiz dafür, dass „oxide ores were smelted along with either sulfide ones or, more likely, very pure ores with high copper concentrations“<sup>1602</sup>. In

---

<sup>1591</sup> Glumac – Todd 1991b, 15; Pernicka u. a. 1997, 121.

<sup>1592</sup> Klassen u. a. 2012, 1295.

<sup>1593</sup> Klassen u. a. 2012, 1282.

<sup>1594</sup> Parzinger 1993b, 347.

<sup>1595</sup> Ryndina u. a. 1999, bes. 1059.

<sup>1596</sup> Ryndina u. a. 1999, 1066.

<sup>1597</sup> Ryndina u. a. 1999; Kienlin 2010, 17. 20. – Die folgenden Ausführungen auf Basis von Ryndina u. a. 1999.

<sup>1598</sup> Ryndina u. a. 1999, 1066f. – Andererseits schließen Ryndina und Kollegen aus fehlenden Verschlackungsspuren auf der Außenseite, dass der Tiegel außerhalb eines Ofens stand und mit einer abgestochenen bzw. abgeleiteten und schnell erstarrenden Schmelze bestehend aus Kupfer, vermischt mit etwas viskoser Schlacke und Matte, befüllt wurde (Ryndina u. a. 1999, 1066).

<sup>1599</sup> Vgl. Ryndina u. a. 1999, 1065.

<sup>1600</sup> Ryndina u. a. 1999.

<sup>1601</sup> Siehe für unterschiedliche Angaben Ryndina u. a. 1999. Objekte der in die zweite Hälfte des 5. Jt. und das beginnende 4. Jt. v. Chr. datierenden Gumelnița- und Varna-Kulturen Bulgariens wurden untersucht. Diese weisen Sulfidgehalte zwischen 0,45 und 5 % und teils – soweit genauer untersucht – relativ hohe Eisengehalte von 0,25 und 0,71 % auf. Die beiden Stücke mit den genannten Eisengehalten gehören Chernykh's chemischen Gruppen II und VI an. Auch andere Stücke weisen 0,3 bis 0,75 % S und 0,09 bis 2,0 % Fe auf und gehören ebenfalls Chernykh's chemischen Gruppen II und VI an, heben sich durch die hohen Eisengehalte aber auch davon ab. Ein Prozessablauf mit Röstung und anschließender Verhüttung bei 1100–1200 °C scheint dafür ebenso möglich wie ein einstufiger Prozess mit gleichzeitiger Röstung der sulfidischen Erze und Reduktion der Oxide (nach Ryndina u. a. 1999).

<sup>1602</sup> Pernicka 2004, 323.



Zusammenhang mit der frühen Nutzung sulfidischer Erze verweist Kienlin auf den Befund vom Mariahilfberg in Brixlegg, der mutmaßlich in Kontexten der Münchshöfener Kultur (4500–3900 v. Chr.) steht, und sieht, vorbehaltlich der dortigen problematischen Datierung, eine möglicherweise schnelle Ausbreitung der sulfidischen Verhüttungstechnologie<sup>1603</sup>. Während sich bezüglich der Technologie von Chargen mit sulfidischen Anteilen unter neuen technischen und chronologischen Betrachtungen interessante Bezüge zur Levante ergeben könnten (s. Kap. IV.6), bleibt folgende Äußerung von Ryndina und Kollegen im Zusammenhang mit den Tiegeln von Dolnoslav und Chataka und ihrer Formansprache spannend und muss hinsichtlich formal-typologischer Gesichtspunkte noch überprüft werden, auch wenn der genaue Bezug unklar bleibt und vielleicht lediglich in Hinsicht auf Tiegel als metallurgische (Reaktions-) Gefäße im Allgemeinen getätigt wurde: „Similar vessels from the East Mediterranean were excavated at Timna and Abu Matar and dated to the second half of the fourth millennium BC (Tylecote, 1976)“<sup>1604</sup>. Diese chronologische Einordnung kann als überholt gelten. Weiter bleibt eine zu erörternde Frage, inwieweit sich reine Kupfer mit und ohne Eisengehalte nach einer oxidischen und sulfidischen Technologie differenzieren lassen. Auch andernorts auf dem Balkan ergeben sich dabei weiterhin Verdachtsmomente, dass eine sulfidische Technologie auch für legierte Kupfer in Betracht zu ziehen sein könnte (s. Kap. IV.1.1.1).

Nachweise für den Abbau von Malachit in Erzlagerstätten liegen aus Rudna Glava (Serbien) und Ai Bunar bei Stara Zagora (Bulgarien) vor<sup>1605</sup>: Aus Rudna Glava stammt späte Vinča Keramik, der Abbau ist indes mittels Radiokarbonaten bereits vom Beginn der Vinča Kultur an, von 5400 cal BC bis ca. 4600 cal BC anzusetzen<sup>1606</sup>. In Ai Bunar wurden Horte mit KGK VI Keramik in den Stollen gefunden (2. H. 5. Jt. v. Chr.). Der Abbau könnte in noch früherer Zeit in Angriff genommen worden sein. Er folgte den Mineralisierungen meist einige Meter. In Rudna Glava wurden Teufen von 20–30 m erreicht. In Ai Bunar ist oberflächennaher Bergbau in Gräben von bis zu 100 m Länge nachgewiesen. Eine Verhüttung vor Ort wurde nicht nachgewiesen, und es wird angenommen, dass diese oftmals in Siedlungen erfolgte. Aber auch die Ausbeutung zahlreicher weiterer Lagerstätten in verschiedenen Bergbaurevieren des Balkans wie beispielsweise Ždrelo und Medni Rid mit und ohne direkte Hinweise auf eine Nutzung ist aufgrund bleisotopischer Studien anzunehmen<sup>1607</sup>. Bislang können Kupferobjekte mit einzelnen Lagerstätten nur unter Vorbehalt positiv in Verbindung gesetzt werden<sup>1608</sup>. Einige Siedlungen des Balkans dürften ihr Erz aus verschiedenen Lagerstätten gleichzeitig bezogen haben, und zahlreiche Lagerstätten und Regionen kommen in Frage (Taf. 13, 5)<sup>1609</sup>. Für den Komplex Cucuteni-Tripol'e wird das Revier Medni Rid an der Schwarzmeerküste als Bezugsquelle für Kupfer diskutiert<sup>1610</sup>. Und gleichwohl bulgarisches Kupfer die Cucuteni-Tripol'e Kultur erreichte, können auch ostukrainische Lagerstätten, deren Abbau in der Spätbronzezeit belegt ist, zur Versorgung nicht ausgeschlossen werden<sup>1611</sup>.

---

<sup>1603</sup> Kienlin 2010, 20.

<sup>1604</sup> Ryndina u. a. 1999, 1064. – Siehe zum Zitat dieser Textstelle Tylecote 1976.

<sup>1605</sup> Im Folgenden nach Kienlin 2010, 10. 13. 16f.; Siehe auch Hansen 2009, 13; Hansen 2011b, 66; Ottaway 1994, 53-57; Roberts paper, 7. – Zu weiteren urgeschichtlichen Bergwerken siehe etwa Parzinger 1993b, 346.

<sup>1606</sup> Vgl. zur Datierung Ottaway – Roberts 2008, 196 Table 4.1: „c. 4980–4670 cal. BC“.

<sup>1607</sup> Kienlin 2010, 17 mit weiterer Literatur; Pernicka u. a. 1993, bes. 25-38; Pernicka u. a. 1997, 42. 103-106. 116 Fig. 19; 138-146. 145 Fig. 30.

<sup>1608</sup> Kienlin 2010, 13. 17 mit weiterer Literatur; Pernicka et al 1997, 143-146. bes. 139; Gale u. a. 2003. – Während etwa Rudna Glava als Quelle für Vinča-Kupfer nicht wahrscheinlich gemacht werden kann, lässt sich Ai Bunar neben weiteren Lagerstätten als Quelle von Kupfer und Erzen mit Siedlungen um Stara Zagora verbinden (Gale u. a. 2003, bes. 127. 161. 168f.).

<sup>1609</sup> Kienlin 2010, 17; Pernicka u. a. 1997, 143-146; Gale u. a. 2003, 153f. bes. 154f. 156. 161; Kohl 2009, 33f.

<sup>1610</sup> Kohl 2009, 33; Pernicka u. a. 1997, 141.

<sup>1611</sup> Kohl 2009, 34.

Die Verwendung von Schwergeräteformen und die Nutzung von zumeist reinem Kupfer sowie von meist aus Gold bestehenden Symbolen wie den sog. Ringanhängern bzw. Ringidolen oder teilweise auch Ringscheibenanhängern<sup>1612</sup> wird von vielen der oben genannten Kulturen und darüber hinaus weiteren Kulturen in einem weiten Gebiet geteilt (vgl. die Verbreitung von Buckelscheiben; Taf. 18, 2). Diese kulturellen und insbesondere metallurgischen Gemeinsamkeiten umschreibt Chernykh als ‚Karpato-Balkanische Metallurgieprovinz‘ (KBMP)<sup>1613</sup>. Sie erstreckte sich vom nördlichen Balkan und dem Karpatenbecken über die Westeurasischen Steppen bis (mindestens) zur Mittleren und Unteren Wolga. Nach Chernykh sollen sich möglicherweise bis zu fünf, auch zeitlich, unterschiedlich bedeutende „Foci“ in diesem System festmachen lassen (Taf. 13, 6)<sup>1614</sup>: der nördliche Balkanraum, Transsilvanien (und der Bereich der Mittleren Donau), die westliche Schwarzmeerregion und wahrscheinlich die Westeurasische Steppe zwischen Dnepr und Wolga sowie möglicherweise die Nördlichen Karpaten. „These zones contained archaeological cultures that were closely linked by a network for exchanging metal; each of them used a chemically similar sort of copper“<sup>1615</sup>.

Aber auch Teile Mitteleuropas und (zumindest in späterer Zeit) auch Bereiche Anatoliens hatten Anteil an diesem Kommunikationsraum. Sie teilen viele der Charakteristika, die für den karpato-balkanischen Raum dieser Zeit typisch sind.

Die Produktion und der Austausch von Metallen könnten ihren Ausgang wohl im Balkan als dem mutmaßlichen Kerngebiet der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz im 5. Jt. v. Chr. genommen haben (vgl. Taf. 13, 6)<sup>1616</sup>. Der Fokus der Schwergeräte (-überlieferung) verschiebt sich von Rumänien und Bulgarien (Gumelnița und KGK VI), Serbien und Transsilvanien (spätes Vinča und Tiszapolgár) dann in einem späteren Horizont in den Raum des Karpatenbeckens (Bodrogkeresztúr)<sup>1617</sup>. Relativ reine bzw. oxidische Erze aus den Lagerstätten der Karpaten und des Balkans sollen in dieser Zeit ausgebeutet worden sein, jedoch wird auch die Verwendung von gediegen Kupfer für frühe Objekte diskutiert<sup>1618</sup>. Während für Lagerstätten wie Ai Bunar dabei erwogen wird, größere und überregionale Lieferanten von Metall bzw. Erz gewesen zu sein, ist ihre tatsächliche Rolle schwierig festzumachen<sup>1619</sup>. Die massive Verwendung von Schwergeräten ist – oder scheint dies überlieferungs- und forschungsbedingt zu sein<sup>1620</sup> – hauptsächlich auf das Kerngebiet beschränkt und hat eine gewisse Ausstrahlung in andere Gebiete, in denen Erzquellen fehlen oder minderwertiger bzw. schwieriger abzubauen sein sollen. Trotz der Bedenken hinsichtlich der Forschungs- und Fundsituation sollen sich zur Zeit der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz keine bzw. kaum Anhaltspunkte auf eine Verbreitung von Metall ausgehend vom Kaukasus oder dem südlichen Ural gewinnen lassen. Die Ausbreitung von Kupfer auf Basis von zunächst gediegen Kupfer und später oxidischen Erzen wird vom Balkan in Richtung Osten bis zur Wolga gesehen. Dabei wird auch eine Route über das Schwarze Meer in Betracht gezogen. Als

---

<sup>1612</sup> Siehe hierzu mit weiterer Literatur Maran 2004, 432; Parzinger 1993b, 345-348; Patay – Szathmári 2001, 7; Virág 2010; Und siehe im Folgenden.

<sup>1613</sup> Chernykh 1992, 35-53. bes. 48-53; Chernykh 2011, 152-155; Dazu Maran 2004, 431f.

<sup>1614</sup> Chernykh 1992, 49f. mit Fig. 15; Dazu auch Kohl 2009, 31f. mit Fig. 2.6.

<sup>1615</sup> Chernykh 1992, 50.

<sup>1616</sup> Siehe etwa Kienlin 2010, 10. 13-16. 22.

<sup>1617</sup> Kienlin 2010, 10. 22.

<sup>1618</sup> Pernicka u. a. 1993, 3-16; Pernicka u. a. 1997, 118-121; 128-136; Chernykh 1992, 50; Gale u. a. 2003, 165; Dazu Kienlin 2010, 10. 13; Vgl. die Hinweise auf die Nutzung polymetallischer Erze Gale u. a. 2003, 128. 165; Vgl. Kienlin 2010, 16-20.

<sup>1619</sup> Kienlin 2010, 17; Pernicka u. a. 1997, 103-118. bes. 106. 143-146; Vgl. Gale u. a. 2003, bes. 161f.

<sup>1620</sup> Aus Südosteuropa sind Metallfunde neben Streufunden auch aus Siedlungen, Horten und – insbesondere im Vergleich zu anderen Regionen – häufig aus Gräbern überliefert. Auch der vergleichsweise gute Erforschungsstand einzelner Regionen in Südosteuropa könnte eine Rolle spielen (Pernicka u. a. 1997, 53f.; Kohl 2009, 23-26; Boroffka 2009, 254); Zur Überlieferung im Allgemeinen und der symbolischen Dimension mit weiterer Literatur Kienlin 2010, 13.

Indiz für diese Ausbreitung ist eine vom Balkan ausgehend abfallende Häufigkeit von Kupfer, Gold und Silber zu werten<sup>1621</sup>. Als Hinweis auf die Verbreitung und das Nachwirken karpato-balkanischer Traditionen nach Osten werden von einigen Forschern Schaftlochhüte aus Kupfer und später Bronze im Östlichen Mittelmeerraum, dem Kaukasus und Zentralasien gesehen<sup>1622</sup>.

Diese Ausstrahlung bzw. Verbreitung von Metall als Roh- oder Fertigprodukt und vielleicht auch von Technologie erreicht damit auch andere Gebiete und Kulturen weiter im Osten (und Westen; s. u)<sup>1623</sup>. Der Komplex Cucuteni-Tripol'e bildete sich gegen Ende des 5. Jt. v. Chr. aus und bestand bis etwa ins letzte Drittel des 4. Jt. v. Chr. und reichte dabei anfangs von der rumänischen Moldauprovinz über Moldawien bis in die Ukraine (Phasen A und B1; vgl. auch Kap. IV.1.1.2). Charakteristisch für den Komplex Cucuteni-Tripol'e sind Großsiedlungen (20–150 ha)<sup>1624</sup>. In ihrer Spätphase umschloss die Tripol'e-Kultur dabei ein Gebiet von den Ostkarpaten und dem Oberlauf des Pripjat im Westen und Norden bis zum Unterlauf des Dnepr im Osten. Im Norden reichte es vom mittleren Dnepr und Unterlauf des Pripjat bis zum Schwarzen Meer und Unterlauf der Donau im Süden<sup>1625</sup>. An ihrem Ende ändern sich die Siedlungs- und Wirtschaftsweise von Tripol'e und zahlreiche lokale Nachfolgekulturen kommen auf<sup>1626</sup>. Diese werden unter Post-Tripol'e Elementen zusammengefasst und finden sich teilweise auch in neuen Gebieten. Eine dieser Erscheinungen sind die Funde des Typs Usatovo. Diese werden der Spätphase der späten Tripol'e-Kultur (Phase C2) zugerechnet<sup>1627</sup> und sind hauptsächlich in der Steppenzzone zwischen Dnjestr und Prut nordwestlich des Schwarzen Meeres verbreitet<sup>1628</sup>. Eine Spezialisierung bei der Produktion in Tripol'e-Siedlungen lässt sich etwa im Fall der *Spondylus*-verarbeitung und der Herstellung von bis über 20 cm langen Silexklingen beobachten<sup>1629</sup>.

Eine Verbreitung von balkanischem Kupfer, balkanischer Keramik und Anderem fand auch durch Cucuteni-Tripol'e bzw. über deren Gebiet statt<sup>1630</sup>. Weiträumige Kontakte nach Osten lassen sich etwa auch an der Verbreitung der steinernen sog. zoomorphen und abstrakten Zepter ablesen<sup>1631</sup>. Diese nahmen bereits im späten 5. Jt. v. Chr. ihren Ausgang wahrscheinlich im nördlichen Balkan sowie in Moldau und Bessarabien und finden sich bis in den Bereich des Vorkaukasus und an der Mittleren und Unteren Wolga. Dieses Kontaktsystem scheint auch die Umbrüche um 4000 v. Chr. überdauert zu haben, was auch durch eine vermutete Laufzeit der Zepter bis knapp in die Mitte des 4. Jt. v. Chr. nahegelegt wird<sup>1632</sup>. Hinweis auf einen ausgedehnten Kommunikationsraum in der zweiten Hälfte des

---

<sup>1621</sup> Nach Kohl 2009, 37. 39.

<sup>1622</sup> Kurz dazu mit weiterer Literatur Kienlin 2010, 22; Boroffka 2009.

<sup>1623</sup> Chernykh 1992, 46; Černych 1991.

<sup>1624</sup> Zu (den Siedlungen und der Wirtschaftsweise von) Cucuteni-Tripol'e siehe Kohl 2009, 39-49; Maran 2004, 432.

<sup>1625</sup> Dergačev 1991, vii. Taf. 1.

<sup>1626</sup> Dazu Kohl 2009, 50. 52f.

<sup>1627</sup> Zu Usatovo allgemein Dergačev 1991, 1-10; Zu den Funden Dergačev 1991, 11-17.

<sup>1628</sup> Dergačev 1991, 7-9. 13; Taf. 1.

<sup>1629</sup> Kohl 2009, 48f.

<sup>1630</sup> Maran 2004, 432f.; Chernykh 2011, 153; Chernykh 1992, 35-42. 50.

<sup>1631</sup> Ihren Verbreitungsschwerpunkt haben die zoomorphen, manchmal pferdeähnlichen Zepter (Tierkopfzepter) im nördlichen Balkan und an der Unteren Donau. Vereinzelt Exemplare finden sich in der Steppe an der Unteren Wolga. Die abstrakten Zepter sind in der Moldau und Bessarabien, am Lauf der Mittleren Wolga und im Bereich des Vorkaukasus und Kaukasus (Mündungsbereich des Don in das Asowsche Meer) verbreitet. Vornehmlich finden sich Zepter entlang von Flüssen; Kontakte und Austausch, möglicherweise über See oder entlang von Flüssen, werden diskutiert. Funde am Unterlauf der Wolga wiederum lassen sich aber mit Verbindungen über Land erklären (Maran 2004, 432; Kohl 2009, 39. 135f. mit Abb. 4.3; Govedarica – Kaiser 1996, 76f.; Govedarica 2004, 179. 192-195. 239-243; Vgl. für Metall Chernykh 1992, 46; Černych 1991). Weitere Literatur zu zoomorphen Zeptern mit Schaftloch bei Hansen 2009, 37 Anm. 135.

<sup>1632</sup> Maran 2004, 432; Govedarica – Kaiser 1996, 76f.

5. Jt. v. Chr. stellt der, teilweise auch über Zepter verbundene, sog. *Komplex früher Ockergräber* dar<sup>1633</sup>. Zeitgleich mit Kulturen wie Cucuteni-Tripol'e, Tiszapolgár und Varna sind in einem Gebiet zwischen Siebenbürgen und dem Kaukasusvorland bzw. Kaspischen Meer Bestattungen in Rückenhockerlage mit Ockerstreuung verbreitet bzw. haben sich aufgrund der Kontakte formiert. An Grabbeigaben finden sich u. a. Prestigegüter aus Silex, Muscheln, sog. Zepter und Zepterkeulen aus Felsgestein und häufig auch Kupferartefakte<sup>1634</sup>. An Metall sind insbesondere Formen wie Armbänder<sup>1635</sup>, eine Axt des Typs Şiria (Fălcui; typologisch ältere Bodrogkeresztúr, Cucuteni A4-AB1 [?])<sup>1636</sup>, eine kreuzschneidige Axt des Typs Jászladány (Decea Mureşului; Bodrogkeresztúr, Cucuteni A4-AB)<sup>1637</sup> sowie ein amorphes Kupferstück (Chutor Popova)<sup>1638</sup> zu erwähnen<sup>1639</sup>. Aus Petro-Svistunovo stammt ein kupferner Hammer, der wohl aus einer umgearbeiteten Schaftlochaxt besteht und mit Äxten aus Varna I (Grab 40) verglichen wird<sup>1640</sup>. Besonders hervorzuheben sind Pektorale aus Eberhauern, die in Gräbern gefunden wurden. Die Art und Weise, wie die Eberhauer teilweise mit randlichen Bohrungen als Verzierung und mitunter auch mit Kupferperlen verziert sind, lässt an überregionale Verbindungen denken. Verzierte sowie perforierte Eberhauer sind aus Giurgiuleşti Grab 1, Petro-Svistunovo, dem Gräberfeld von Na'čik (Tripol'e B2) und der Vormajkopsiedlung Svobodnoe belegt<sup>1641</sup>. Den genannten Fundorten wird auch hinsichtlich der Metallurgie (-belege) eine wichtige Stellung zugesprochen. Goldene und silberne mondsichelförmige Bleche, teilweise wohl Eberhauerimitate sowie mögliche Abstraktionen der Eckzähne sind vom Balkan bekannt (s. u.). Dolche aus Metall sind nicht belegt<sup>1642</sup>. Während für Giurgiuleşti etwa aufgrund eines Gefäßes mit Analogien zu Gumelniţa A2 (entspricht Cucuteni A3) und weiterer Indizien eine Frühdatierung angenommen wird, werden daran Zweifel aufgrund der Zusammensetzung von Kupfergegenständen geäußert: von acht untersuchten Objekten enthielten zwei (ein Armreif und ein Schläfenanhänger) deutliche Arsengehalte<sup>1643</sup>.

Auf dem Gebiet des heutigen Bulgariens wurden insgesamt 17 mondsichelförmige Objekte verschiedener Varianten aus Gold, Silber und Elektron gefunden. Vermutlich 14 von ihnen bestehen aus Silber. Weitere mutmaßliche, silberne und silberhaltige Begleitfunde liegen vor. Fundumstände und Kontexte dieser Objektgruppe ermöglichen bislang weder eine sichere chronologische Einordnung noch eine Funktionsansprache (Kat. 1–4)<sup>1644</sup>: Die Funde aus Silber und Gold sowie Elektron stammen aus der Emen Höhle, aus der Umgebung des Rosica Stausees, aus Panajot Chitovo, aus der Tabaška Höhle (alle Bulgarien) und goldene aber kontextlose Exemplare vom Rand eines gumelniţazeitlichen Tells bei Balaci (Kreis Teleorman, Rumänien)<sup>1645</sup>. Diese Funde können teilweise als detailgetreue

<sup>1633</sup> Maran 2004, 432f. Govedarica 2004. – Einen Überblick zu den Metallfunden etwa Govedarica 2004, 230-236.

<sup>1634</sup> Nach Maran 2004, 432f.; Etwa Rassamakin 1999, 75-83. 100-102; Govedarica 2004.

<sup>1635</sup> Govedarica 2004, 189f.

<sup>1636</sup> Govedarica 2004, 182. 235. Tafel 8,1.

<sup>1637</sup> Govedarica 2004, 235. 249. Tafel 5,3.

<sup>1638</sup> Govedarica 2004, 186. 196. Taf. 46,4.

<sup>1639</sup> Siehe auch zur Verwendung schwerer Schaftlochgeräte von Osteuropa bis in den Vorkaukasus von der Mitte des 5. bis zur Mitte des 4. Jt. v. Chr. Ryndina 2003.

<sup>1640</sup> Rassamakin 1999, 79. 83 Fig. 3.16; Govedarica 2004, 122-124. bes. 124. Tafel 33,1.

<sup>1641</sup> Govedarica 2004, 191. 244; Rassamakin 1999, 141 Fig. 3.53. – Siehe auch zu weiteren Formen wie Pseudopsalien und Applikationen aus Eberhauern, Gold, Spondylus, Unio und Muscheln allgemein, beispielsweise aus dem Hortfund von Cărbuna, Govedarica 2004, 244-246. Weiter etwa zu Giurgiuleşti Govedarica 2004, 87-91 mit Abb. 17; Tafel 9, 25. 27.

<sup>1642</sup> Vgl. Govedarica 2004, 237f.

<sup>1643</sup> Rassamakin 2004a, 161. 180; Govedarica 2004, 253.

<sup>1644</sup> Alle Angaben und Zitate des folgenden Absatzes – soweit nicht extra zitiert – nach Popescu 2015.

<sup>1645</sup> Von Balaci stammt wiederum neben einem Stück Golddraht noch ein goldener Armring mit verdickten Enden, der sich mit einem ähnlichen Armring aus dem „ochre tomb“ von Lungoci (Kreis Galaţi/ Rumänien)

Imitate bzw. Übersetzungen von Eberhauern in Metall gesehen werden (Funde aus Panajot Chitovo und vom Rosica See) und Popescu (so schon Konova [nach Popescu]) legt unter Verweis auf Eberhauerfunde aus Siedlungen und Gräbern von Kulturen wie etwa KGK VI, Hamangia, Lengyel, Bodrogkeresztúr, Suvorovo-Novodanilovka und anderen Kontexten Europas eine Datierung von Neolithikum, über Äneolithikum bis Schnurkeramik und Glockenbecher an. Da regelrechte Eberhauer in Bulgarien in der nachfolgenden Bronzezeit fehlen, könnte sich die Datierung nach Popescus Dafürhalten möglicherweise auf Äneolithikum, genauer die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. einengen lassen<sup>1646</sup>. Ein „eberzahnförmiges Zierblech“<sup>1647</sup>, für das Funde aus dem Panajot Chitovo Hort und die des Rosica Sees Vergleiche bilden, stammt auch aus dem Hortfund von Stollhof (Taf. 18, 1)<sup>1648</sup>, der mit einer Datierung ins endende 5. Jt. v. Chr. bzw. beginnende 4. Jt. v. Chr. verbunden ist. Vier der Armringe aus dem Panajot Chitovo Hort haben verdickte Enden und werden von Popescu wiederum mit solchen, nahezu identen Armringen aus der Alepotrypa Höhle (vgl. Kat. 8; Taf. 15, 1) verglichen; in beiden Fundorten bestehen diese aus Silber und auch ihre Anzahl stimmt überein.

Fußend auf Beobachtungen der Fundzusammenhänge und der möglichen Tragweise (Brust-, Hals- und Kopfschmuck) von den Eberhauern, sowie aufgrund ethnografischer Vergleiche legt Popescu nahe, dass Eberhauer wichtige Mittel der sozialen Darstellung waren, und diese Bedeutung auch für die silbernen Imitate derselben bzw. die bogenförmigen Objekte zu vermuten ist<sup>1649</sup>. Ob diese nicht gänzlich homogene Fundgruppe nun in den (ausgehenden) Horizont der KBMP oder den folgenden Horizont der Arsenkupferverwendung gehören, muss offen bleiben. Besondere Bedeutung könnte diesen Formen und insbesondere den möglichen Eberhauerimitaten in einem weiteren Kontext zukommen. Hinsichtlich ihrer möglichen frühen Zeitstellung könnten diese sich mit einem Milieu der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. und des frühen 4. Jt. v. Chr. der Levante vergleichen lassen. Von dort liegen neben hoch mit As und Sb wie auch teils Ni legierten sogenannten *prestige metals* auch gelochte hauerartige Eckzähne von Flusspferden vor. Die Herstellungstechnik der Legierungen der Levante könnte unter Vorbehalt mit den folgend vorgestellten Silberlegierungen zu verbinden sein. Die Bedingtheit der Aussagemöglichkeiten zur Herstellungstechnik betrifft beide Legierungen. Interessant ist, dass die Legierungen und hier vorgestellten Eberhauer aus Gräbern (s. o.) quasi auf zoomorphe Zepter treffen, die nordwestlich und nordöstlich des Schwarzen Meeres ihre Verbreitungsschwerpunkte haben. Letztere entziehen sich aufgrund ihrer Gestaltung größtenteils einem sicheren Vergleich mit tatsächlichen Tieren. Neben recht sicheren Ansprachen einiger Zepter als Pferdekopfdarstellungen werden auch Flusspferde und in einem Fall ein Krokodil als Vorbilder diskutiert. Verbindungen bis nach Ägypten werden bzw. wurden abgeleitet<sup>1650</sup>. Keinesfalls sollten solche weiträumigen Kontaktnetzwerke ausgeschlossen werden. Derzeit sind ähnliche Darstellungen wie die zoomorphen Zepter aber weder aus der Levante noch aus Ägypten bekannt. Strukturelle Ähnlichkeiten bei der Bedeutung und Verwendung von (durchbohrten) Eckzähnen von Tieren könnten aber durchscheinen.

---

vergleichen lässt. Für die Fundassemblage dieses Fundortes (kleine Ringe) werden Ähnlichkeiten zu Gräbern in Varna (Gräber 36 und 43) genannt. Die Funde von Balaci sind leider ohne Kontext (Popescu 2015; Leahu 1992, 117).

<sup>1646</sup> Terminologie nach Popescu 2015.

<sup>1647</sup> Mayer 1977, 46.

<sup>1648</sup> Mayer 1977, 45-48. Tafel 117, 1-11. bes. 46. Der Hortfund von Stollhof zeitigte u. a. zwei Buckelscheiben aus Gold, zahlreiche Doppelspiralanhänger (darunter auch goldene, die mittlerweile verschollen sind) sowie Kupferflachbeilklingen (s. Kap. IV.1.3).

<sup>1649</sup> Popescu 2015.

<sup>1650</sup> Zusammenfassend und kritisch dazu Govedarica – Kaiser 1996, bes. 61f. 79.

Cucuteni-Tripol'e und der *Komplex früher Ockergräber* könnten eine Mittlerrolle für Produkte und Ideen in einem System mit der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz innegehabt haben<sup>1651</sup>. So finden sich Kupferobjekte mutmaßlich balkanischen Ursprungs auch in der Chvalynsk-Kultur (Volgaskaspisches Gebiet) und in Srednij Stog-Gruppen (Dnepr-Donetz-Gebiet), der Skeljanska-Gruppe sowie im Bereich des Vorkaukasus in Svobodnoe (Zamok Svobodnoe Kultur<sup>1652</sup>)<sup>1653</sup>. Auch erste Goldobjekte verbreiten sich<sup>1654</sup>. Die Rolle, die Kulturen wie z. B. dem Komplex Cucuteni-Tripol'e und weiteren außerhalb der Kernzone der KBMP in der Metallurgie zugeordnet wird, steht dabei im Kontrast zur manchmal als eher „primitiv or archaisch“<sup>1655</sup> beschriebenen Metallurgie im Bereich von Cucuteni-Tripol'e und den Chvalynsk und Srednij Stog Gemeinschaften<sup>1656</sup>. „Funktionale“ Formen (Ahlen, Schaftlochäxte und -hämmer, etc.) sind selten, und meist sind es ornamentale Formen wie im Hort von Cărbuna (Präcucuteni III-Tripol'e A2/ Tripol'e A-Präcucuteni III zu Tripol'e B1-Cucuteni A?<sup>1657</sup>), der u. a. jedoch auch einen Meißel sowie eine Axthammer vom Typ Pločnik enthält (vgl. Grab 43 in Varna)<sup>1658</sup>. Häufig sind kupferne Spiralarmringe<sup>1659</sup>. Zwei jeweils doppelt gelochte Goldscheiben mit randlicher Repousséverzierung sind aus Brad bekannt geworden<sup>1660</sup>. Vom selben Fundort aus einem anderen Kontext stammen drei kupferne Schmuckscheiben<sup>1661</sup>. Die Datierung dieser Schmuckscheiben wird häufig mit Cucuteni A<sub>3</sub> bzw. A<sub>2</sub> angegeben. Die zahlreichen Metallfunde aus dem Cărbunahort sollen Analysen zufolge in zwei Gruppen scheidbar sein. „Die erste umfaßt Material, das aus mehreren, unterschiedlich zusammengesetzten Erzen erschmolzen wurde, die zweite metallurgisch reines Kupfer“<sup>1662</sup>. Neben den Goldscheiben aus dem Depot von Brad werden etwa auch die Kupferscheiben aus dem Depot von Hăbăşeşti als Analogien für runde Kupferscheiben von Cărbuna genannt<sup>1663</sup>. Dabei bestehen drei runde Scheibenanhänger aus Cărbuna und der von Hăbăşeşti aus „Kupfer mit wenigen

<sup>1651</sup> Maran 2004, 432f.; Rassamakin 1999, 100. 103f. – Überblick zu den Metallfunden Govedarica 2004, 230-236. – „The wide spread of the “steppe” influences around 4500 BC (pottery, sceptres(?), beads) was connected not with the migration of the Sredny Stog Unity population to the West, but with the copper trade with the Balkans. After the disintegration of the Gumelnița metalwork center, all “steppe” influences disappeared. Instead, Carpathian features appeared in “steppe” materials – after the change of copper trade directions in about 4200 BC. This was also the time when the Tripolye husbandry model interested the forest-steppe population of the Sredny Stog Unity. This process was connected with the spread of prestigious metal articles (gold and copper) among the leaders of this population [...].“ (Videiko 1995, 27f.); Siehe auch Govedarica 2004; Vgl. etwa zu Sredny Stog Rassamakin 1995, bes. 32f. – Kurz zu den Beziehungen der frühen Ockergräber siehe Govedarica 2004, 321-337. 339.

<sup>1652</sup> „pre-Maikop Kuban culture“ (vgl. Rassamakin 1999, 97).

<sup>1653</sup> Schreibung der Namen nach Govedarica 2004. – Siehe zu diesem Horizont im nordpontischen und vorkaukasischen Bereich Rassamakin 1999, 97-112; Chernykh 1992, 42-48. 50; Kohl 2009, 38f.; Černych 1991; Siehe auch Rassamakin 1999, 62. 68. 72-79. – Zu Svobodnoe etwa Rassamakin 1999, 108; Govedarica 2004, 39. 244; Černych 1991, 585.

<sup>1654</sup> Rassamakin 1999, 79. 100; Govedarica 2004, 201. 328.

<sup>1655</sup> Kohl 2009, 34.

<sup>1656</sup> Kohl 2009, 34. 37f. 49; Chernykh 1992, 50-53; Als quellenabhängige Variable könnte dieses Bild zumindest für Cucuteni-Tripol'e dadurch bedingt sein, dass die Mehrzahl der Artefakte von Cucuteni-Tripol'e Zusammenhängen insbesondere aus Horten und Siedlungen stammen, während Funde im Karpaten-Balkan-Raum und in den Gebieten der Steppe und Waldsteppe östlich von Cucuteni-Tripol'e überwiegend aus Gräbern stammen. Gräber aus dem Bereich von Cucuteni-Tripol'e liefern nun durchaus mehr Metallobjekte zu Tage als die Siedlungen und könnten das Bild ändern (siehe und vgl. Kohl 2009, 38. 49).

<sup>1657</sup> Dergačev 2002, 17. – „Neuerdings jedoch [...] Cucuteni A1/2 (Horizont 8a)“ (Parzinger 1993b, 345).

<sup>1658</sup> Kohl 2009, 37. – Zu Cărbuna, Datierung und den möglichen Kontakten Govedarica 2004, 224. 244. 258-260; Chernykh 1992, 37f. mit Fig. 10.

<sup>1659</sup> Klochko 1994, 147f.

<sup>1660</sup> Monah – Monah 1997, 82. 154 Fig. 144. 145; 214f.

<sup>1661</sup> Monah – Monah 1997, 154 Fig. 146-148; 214f.

<sup>1662</sup> Dergačev 2002, 11.

<sup>1663</sup> Dergačev 2002, 17. 76f..

natürlichen Zusätzen“<sup>1664</sup>. Für Hăbășești ist der einzige nennenswerte Nebenelementgehalt der von Silber (0,11%)<sup>1665</sup>. Eine Datierung der Funde von Hăbășești und Brad etwa ins letzte Drittel des 5. Jt. v. Chr. wird angenommen, und die Funde von Cărbuna könnten demselben Zeitraum – oder bereits auch der ersten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. – zuzuordnen sein<sup>1666</sup>. Die Teilhabe am Karpato-Balkanischen System, auch was die Rolle von Metall in der Gesellschaft angeht, wird somit etwas in Frage gestellt bzw. ist nicht einfach zu beantworten<sup>1667</sup>. Die Kernzone der KBMP und die nordöstliche Peripherie und Cucuteni-Tripol’*e* weisen Unterschiede im Formenrepertoire und in der Herstellungstechnik auf. Aus der Kernzone der KBMP liegen durch Schwergewichte vor, die als „fortschrittlicher“ gedacht werden, weil sie durch Guss hergestellt wurden. In der nordöstlichen Peripherie und Cucuteni-Tripol’*e* überwiegen Blechformen und die Bedeutung von Schmieden wird hervorgehoben. Wegen dieser Unterschiede und der als fortschrittlicher gedachten Gussformen wird ein Import von Kupfer als Rohmaterial, Halbfertigprodukt wie Barren in die Peripherie erwogen<sup>1668</sup>. Barren fehlen jedoch<sup>1669</sup>, was aber angesichts der wahrscheinlichen Funktionsweise der chalkolithischen Verhüttung, bei der *prills* entstehen können, nicht verwundern muss. In späteren Cucuteni-Tripol’*e* Siedlungen werden Schlacken und Tiegel sowie Kupferperlen (*prills?*) gefunden<sup>1670</sup>. Eine eigenständige Verarbeitung von Metall, mithin wohl auch Verhüttung, liegt vor<sup>1671</sup>. Die Bedeutung des Komplexes Cucuteni-Tripol’*e* und seiner Nachfolgekulturen sowohl im Allgemeinen als auch in Hinblick auf die Metallurgie zu ermessen, ist wichtig (s. u.). Die Gründe dafür liegen in der Zeitdauer und weiten Verbreitung des Komplexes Cucuteni-Tripol’*e* sowie in möglichen Kontaktfunden weiter östlich und in den Änderungen des Systems der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz, in deren Folge sich die Zirkumpontische Metallurgieprovinz herausbildet. Eine Axt (Typ Ariușd) aus Veremye vom Gebiet der Ukraine (Datierung Tripol’*e* B1-B2/Cucuteni A-B) wird aufgrund ihrer Form mit einer karpato-balkanischen sowie wegen ihrer Zusammensetzung (As 0,9 %; Ni 0,15 %) mit einer kaukasischen Herkunft in Verbindung gebracht<sup>1672</sup>. Aus dem Bereich von Cucuteni-Tripol’*e* werden mögliche Silberfunde berichtet. Das Material der Silberfunde mit einer möglichen Frühdatierung wird dabei häufig als Kupfer-Silberlegierungen angesprochen (vgl. Kat. 12-14,a-d). Zunächst zu erwähnen bleibt eine Dolchklinge unklarer Datierung aus einer Kupfersilberlegierung mit Analogien zu Bodrogkeresztúr- und Cucuteni-Dolchen aus Poduri in der historischen Region Moldau (Kat. 5). Aus der Phase Cucuteni A2 der Siedlung von Trușești (Rumänien; Kat. 12) stammt ein als anthropomorph beschriebener flacher Anhänger (Taf. 14, 2), der mit Violinidolen verglichen wird<sup>1673</sup>. Bei der Materialangabe ist unklar, ob

---

<sup>1664</sup> Dergačev 2002, 77.

<sup>1665</sup> Siehe ANR 8789 in der SAM-Datenbank (CD-ROM bei Krause 2003).

<sup>1666</sup> Klassen 2000, 191-193.

<sup>1667</sup> Kohl 2009, 34-38. Die eher ornamentale – man könnte auch symbolische sagen – Funktion der Kupferobjekte spricht zunächst einmal für eine anders geartete Bedeutung von Metall im Wertesystem der Gesellschaft, ohne dass daraus zwingend eine weniger zentrale Rolle abzuleiten ist (vgl. Kohl 2009, 37 [„ornaments dominate“/“less central role“] mit Kohl 2009, 38 [„high value accorded to this imported material“]).

<sup>1668</sup> Nach Kohl 2009, 38; Siehe auch Monah – Monah 1997, 83; Klochko 1994, 145.

<sup>1669</sup> Kohl 2009, 38.

<sup>1670</sup> Kohl 2009, 38; Monah – Monah 1997, 82f.: In Cucuteni B-Zusammenhängen von Poduri wurde ein Tiegel mit Brandspuren gefunden. Dieser weist allerdings keine Metallspuren auf. In Brânzeni VIII (Cucuteni B) in Moldawien wurden Fragmente eines Tiegels („large crucible pot“) gefunden, die mit Kupfer imprägniert sind. Weiter wurde dort eine runde Schlacke von 45-47 Dm gefunden, die aus der Produktion von 40-45 kg Metall herrühren soll. Aus Traian-Dealul Fântânilor stammen ein von Kupfer durchsetztes mögliches Cucuteni C-Gefäßfragment und ein weiteres Keramikfragment mit Kupferperle. Kupferperlen („beads of copper dispersed while casting“ [Monah – Monah 1997, 83]) fanden sich in Cucuteni B-Kontexten von Sărata-Monteoru.

<sup>1671</sup> Kohl 2009, 38; Monah – Monah 1997, 82.

<sup>1672</sup> Ryndina 2003, 13-15.

<sup>1673</sup> Vgl. Monah 1979, 166; Dumitrescu 1961, 85; Petrescu-Dîmbovița 1999, 521; Dergačev 2002, 78.

das Stück aus Silber besteht oder etwa aus einer Kupfer-Silberlegierung. Mit Cucuteni A2 ist eine Datierung in die zweite Hälfte des 5. Jt. v. Chr. verbunden und es stellen sich Fragen nach dem chronologischen Verhältnis und zu den Beziehungen zu KGK VI bzw. dem nachfolgenden zeitlichen und kulturellen Horizont<sup>1674</sup>. Um 4000 v. Chr. oder in die frühe erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. dürften eine (?) Ahle und Ring(e) (?) aus einer Kupfer-Silberlegierung aus der Siedlung von Nezvisko zu datieren sein, die aus einer Schicht der Phase Tripol'e B2 stammen (Ukraine; Kat. 13)<sup>1675</sup>. Zudem wird aus Tripol'e B1 Schichten der Siedlung Nezvisko der Fund eines amorphen Metallstückes berichtet, das als Schwarzkupferbarren angesprochen wird<sup>1676</sup>. Wiederum aus einer Kupfer-Silberlegierung mit einem Silbergehalt von 35 % besteht ein Schläfenring aus einer Kurganbestattung von Terny aus dem Bereich zwischen südlichem Bug und dem unteren Dnepr in der Ukraine (Kat. 14,a). Nach den Ausführungen bei Rassamakin kommt eine Datierung ins 4. Jt. v. Chr. in Frage<sup>1677</sup>. Über den Vergleich mit der Zusammensetzung der Funde von Nezvisko<sup>1678</sup> wird unter Vorbehalten auch eine Datierung um 4000 v. Chr. oder die frühe erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. erwogen<sup>1679</sup>. Der Ring soll aus einem natürlich mit Silber angereicherten (Kupfer-)Erz gewonnen worden sein<sup>1680</sup>. An bzw. nach der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. kommen auch die ersten Dolche und Arsenkupferfunde auf. Aus der Siedlung Horodnitsa II wird ein Dolch des Typs Bodrogkeresztúr mit 1,47 % Arsen (Tripol'e B2) berichtet, der zusammen mit einer Axt des Typs Jászladány gefunden wurde<sup>1681</sup>.

Spätestens um 4000 v. Chr. kam es in diesem System miteinander verbundener Kulturen und in der Metallurgie der ‚Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz‘ zu möglicherweise tiefgreifenden Veränderungen<sup>1682</sup>, deren Ursachen und Auswirkungen schwer zu beurteilen sind. Als Auslöser werden natürliche wie anthropogen verursachte Umweltkrisen, Einwanderungsereignisse ebenso wie eine Erschöpfung von Rohmaterialquellen der frühen Metallurgie in Erwägung gezogen<sup>1683</sup>.

Speziell im Hinblick auf die Metallurgie würde die These der Erschöpfung von oxidischen Lagerstätten implizieren, dass mangelnde technologische Kenntnisse respektive mangelnder Fortschritt ein Grund für die Änderungen waren<sup>1684</sup>. Mit den zunehmenden Hinweisen und Neubewertungen der urgeschichtlichen Technologie zeichnet sich jedoch immer deutlicher ab, dass sulfidische Erze keine Hürde darstellten und bereits früh verhüttet wurden<sup>1685</sup>. Für den kulturellen Wandel und die Änderungen in den Beziehungssystemen verbietet sich ein monokausaler Erklärungsansatz. Vielmehr ist wahrscheinlich ein allgemeiner Kulturwandel zu beobachten<sup>1686</sup>. Die feststellbaren Änderungen in den Kommunikationssystemen dieser Zeit, auch ablesbar an den Änderungen der Metallurgie (der Wandel von der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz zur Zirkumpontischen Metallurgieprovinz), i. e. der Kupfersorten, könnten bei einer differenzierten Betrachtung und in metallurgischer Hinsicht die Lagerstätten unter Umständen wieder ins Blickfeld rücken und ihnen zumindest unter dem Aspekt

---

<sup>1674</sup> Vgl. Lichter 2001, 30 Abb. 2; 157 Abb. 72; Govedarica 2004, 227 Abb. 56; Vgl. Rassamakin 2004a, 205 Abb. 136; Videiko 1995, 27f.

<sup>1675</sup> Siehe Govedarica 2004, 227 Abb. 56; Ferner Lichter 2001, 30 Abb. 2; Rassamakin 2004a, 205 Abb. 136.

<sup>1676</sup> Ryndina 1962, 87f.

<sup>1677</sup> Rassamakin 2004a, 63-82. 143-151. bes. 72. 148f. 205 Abb. 136.

<sup>1678</sup> Ryndina nach Rassamakin 2004a, 148.

<sup>1679</sup> Vgl. Rassamakin 2004a, 149. 205 Abb. 136.

<sup>1680</sup> Rassamakin 2004a, 148.

<sup>1681</sup> Vajsov 1993, 107.

<sup>1682</sup> Siehe hierzu mit weiterer Literatur Maran 2004, 433; Chernykh 1992, 52; Mit Schwerpunkt auf den nordpontischen Raum Govedarica 2004, 364f.; Rassamakin 2004a, 206-208.

<sup>1683</sup> Zu einer zusammenfassenden Diskussion siehe Kohl 2009, 50-54; Maran 2004, 433; Ferner Pernicka u. a. 1997, 54f.

<sup>1684</sup> Kienlin 2010, 13; Siehe auch Pernicka u. a. 1997, 54.

<sup>1685</sup> Kienlin 2010, 13.

<sup>1686</sup> Kienlin 2010, 13.



der extraktiven Metallurgie eine gewisse Bedeutung zumessen: Leichter abzubauen, unter Umständen einfacher zu verhüttendes oxidisches Erz könnte einer Durchsetzung von reinem Kupfer Vorschub geleistet und damit Regionen die diesbezüglich begünstigt waren, wie möglicherweise etwa dem Balkan, einen (zeitlichen) Vorrang in der Metallurgie gesichert haben. Die mutmaßlich prominente Stellung des Balkans in weitreichenden Kommunikationsnetzwerken könnte durch einen Wechsel zu Arsenkupfer, sulfidischer Verhüttungstechnologie etc., bedingt durch die weitere Verbreitung geeigneter Erzquellen, zurückgetreten sein. So könnten die (bislang untersuchten [?]) serbischen Erzquellen für legierte Kupfer ungeeignet sein. Die Gehalte an As, Sb und Ag sind sehr gering (dafür finden sich Zn, Co und Ni sowie wahrscheinlich Pb)<sup>1687</sup>. Anders könnte sich die Situation in Bulgarien und besonders Ai Bunar darstellen, wo die Erze reich an As, Sb und Ag sowie auch Pb und Zn sind<sup>1688</sup>. Die Wechselwirkungen dabei könnten vielfältig sein. Kultureller Konservatismus, regionale Vorlieben und Innovationsbereitschaft ebenso wie kulturelle Ausrichtungen können eine Rolle spielen. Weder nachweis- noch ausschließbar haben sich vielleicht gerade Regionen besonderes innovativ hervorgetan, die nicht in diesem System waren und/oder deren Bedeutung vielleicht auch nie zu ermessen sein wird, weil die Fundüberlieferung das Bild verzerrt. So könnten beispielsweise die Rolle Mitteleuropas und der dortige Beginn der Arsenkupferverwendung aufgrund fehlender Gräber schwer zu fassen sein (vgl. Kap. IV.1.3).

Das Verständnis vieler Entwicklungen ist abhängig von ihrer zeitlichen Entfaltung. Neuerlich erfolgen bei den Kulturen zahlreiche Umdatierungen<sup>1689</sup>, deren volle Wirkung derzeit noch nicht abzuschätzen ist. Ein Teil der Kulturen wie der Komplex KGK VI, die zuvor maßgeblich am Aufblühen der Metallurgie beteiligt waren, verschwindet. Viele Siedlungen vom nördlichen Balkan bis an den Mittleren Dnepr werden aufgelassen<sup>1690</sup>. Diese Vorgänge, deren Grundlagen noch früher zu suchen sein dürften, könnten um 4250/4200 v. Chr. eingesetzt haben<sup>1691</sup>. Spätestens seit der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. scheint sich der Focus der Metallurgie zum Karpatenbecken mit der Tiszapolgár-Kultur (ca. 4600/4500–4000/3700 v. Chr. [?]) und in ihrer Nachfolge spätestens während der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. mit der Bodrogkeresztúr-Kultur (bereits letztes Drittel 5. Jt. v. Chr. [?]/4200–3500 v. Chr.)<sup>1692</sup>, zum Zentralbalkan und zum Bereich der Cucuteni-Tripol'e-Kultur östlich des Karpatenbeckens bis an die Wolga zu verschieben<sup>1693</sup>. Karpato-balkanische Traditionen wie die Verwendung von Schwergeräten (vgl. auch Zepter) werden trotz der Änderungen in den Kommunikationsräumen zunächst fortgeführt<sup>1694</sup>. Aus der Region des Karpatenbeckens in Siebenbürgen, Ostungarn und der

---

<sup>1687</sup> Schreiner 2007, 161.

<sup>1688</sup> Schreiner 2007, 161.

<sup>1689</sup> Siehe etwa Kienlin 2010, 7.

<sup>1690</sup> In Regionen wie Thrakien, Nordostbulgarien und der Großen Walachei werden die Tellsiedlungen aufgelassen: Maran 2004, 433; Kohl 2009, 34f; Vgl. zu ähnlichen, früheren Entwicklungen im Karpatenbecken auch Link 2006, 83-85.

<sup>1691</sup> Nach der Datierung bei Hansen 2011a, 291; Hansen 2009, 24.; Hansen 2011b, 65 hier auch zu neuen Daten zu Bodrogkeresztúr aus dem letzten Drittel des 5. Jt. v. Chr.; Vgl. auch die Datierungen bei Kienlin 2010, 7; Kohl 2009, 52; Vgl. zu früheren Entwicklungen im Karpatenbecken Link 2006, 41-51. 83-91.

<sup>1692</sup> Das Gräberfeld von Rákóczi-föld der Bodrogkeresztúr-Kultur wird 4334–4075 cal BC datiert (Hansen 2011b, 65); Virág nennt eine Datierung von 4600–4000 v. Chr. für die Tiszapolgár-Kultur und 4300–4000 v. Chr. für die Bodrogkeresztúr-Kultur (Virág 2010, 215 mit weiterer Literatur); Zur Datierung von Vinča, ferner Tiszapolgár und Bodrogkeresztúr siehe Borić 2009, bes. 235f.; Vgl. zur Datierung auch Klassen 2000, 120; Klassen – Pernicka 1998, 37.

<sup>1693</sup> Mit weiterer Literatur Kienlin 2010, 10. 13; Maran 2004, 433; Pernicka u. a. 1997, 54; Schreiner 2007, 73f.; Zu den Aussagemöglichkeiten zu Cucuteni-Tripol'e teils einschränkend Maran 2004, 432; Parzinger 1993b, 347f.

<sup>1694</sup> Parzinger 1993b, 347f.; Kienlin 2010, 13; Die Produktion von Schwergeräten lahm (scheinbar) ab der Zeit der Badener Kultur (Kienlin 2010, 13). Hansen 2009, 35f. zur Möglichkeit, dass Baden nur aufgrund der Fundüberlieferung metallarm scheint.

Slowakei etwa liegt eine große Vielfalt und Zahl von kreuzschneidigen Schaftlochäxten (neben Gräbern und Horten meist als Einzelfunde/-deponierungen) vor, deren Fundzahl außerhalb dieser Gebiete rasch zurückgeht<sup>1695</sup>.

In der Folge dieser Ereignisse beginnt sich spätestens während der ersten Hälfte des 4. Jahrtausend v. Chr. in weiten Teilen um das Schwarze Meer ein System zu etablieren, das Chernykh als ‚Zirkumpontische Metallurgieprovinz‘ bezeichnet<sup>1696</sup> und uns spätestens um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. als ausgebildetes System entgegentreten soll<sup>1697</sup>. Nicht zu unterschätzen in diesem Zusammenhang ist

---

<sup>1695</sup> Nach Hansen 2011a, 291; Hansen 2009, 25. 27.

<sup>1696</sup> Chernykh 1992, 54-97; Chernykh u. a. 2002; Pernicka u. a. 1997, 56.

<sup>1697</sup> Chernykh 1992, 54-97. 165; Siehe auch bes. Chernykh 1992, 97 Note 1; Chernykh u. a. 2002; Chernykh 2011, bes. 156; Pernicka u. a. 1997, 56f.; Kohl 2009, 50; Hansen 2009, 11. 28-37; Sollten sich Umdatierungen der Kulturabfolgen auf dem Balkan, der anatolischen Schwarzmeerküste und des nördlichen Zentralanatolien bestätigen lassen (vgl. Schoop 2005, 305-351; vgl. Kat. 26; siehe unten), bedürften einige Aspekte der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz (KBMP) und der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz (ZPMP) wohl einer Revision. Siehe auch die Fundorte, die diesem Horizont angehören sollen bei Pernicka u. a. 1997, 57; Vgl. zu Pernicka u. a. 1997 bes. Matuschik 1998, 242f.; Zu Kritik an den Metallurgischen Provinzen Chernykh's sowie grundlegenden Prämissen und der Lagerstättenherkunft siehe Černych 2003, 30-34. 54f. bes. 32. 52; Klochko 1994, 136-138. bes. 138 und vgl. Kap. IV.1.1.2. Nach Chernykh (1992, 7-9) teilen Metallurgieprovinzen bzw. diesen untergeordneten Foci ähnliche Artefaktbestände bzw. -morphologien, Herstellungstechniken, Kupfersorten (i. e. auch Legierungen) und auch die soziale Organisation der Produktion. Bei der räumlichen wie zeitlichen Ablösung dieser Systeme durch eine neue Metallurgieprovinz soll es fast immer Änderungen der Technik, der Morphologie der Hauptgattungen von Metallobjekten geben. Es kommt häufig zu einer räumlichen Ausdehnung der Kommunikationsräume sowie ferner Änderungen der Ideologie (Chernykh 1992, 10-12). Auch beim Wechsel von der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz zur Zirkumpontischen Metallurgieprovinz soll es zu Änderungen im Typenspektrum und zum Abfall der Produktion kommen (Chernykh 1992, 51. 167. 304). Die Zirkumpontische Metallurgieprovinz reicht von der Adria im Westen bis in die Südural- und die Wolgaregion im Osten und von der Oberen Wolga im Norden bis zur Ägäis und Kleinasien im Süden und soll in Europa die Gebiete der ehemaligen KBMP umfassen (Chernykh 1992, 55). Sowohl die Rolle des karpato-balkanischen Raumes als auch die der Regionen im Süden (Ägäis, Syropalästina und Mesopotamien) ist schlecht charakterisiert (Chernykh 1992, 140). Die ZPMP soll von spätestens der Mitte des 4. Jt. bis zum 18./17. Jh. v. Chr. bestehen (Chernykh 1992, 55). Als wichtigste Abbau und Metallurgiezentren in der Zirkumpontischen Provinz sollen Kleinasien, Transkaukasien und der balkanisch-karpatische Raum in Erscheinung treten (Chernykh 1992, 167). Außer an weiteren Typen macht Chernykh die Zirkumpontische Metallurgieprovinz vor allem an Schaftlochäxten (Chernykh 1992, 149-155. bes. 153), deren Schaftloch am Rand der Axt sitzt (Hansen 2009, 30) und Arsenkupfer (sowie weiter Zinnbronze bzw. Kupfern mit As und Sn) sowie der Verwendung von Gold fest (Chernykh 1992, 14 Fig. 6; 143f. 148. 167. ferner 140-171; Chernykh u. a. 2002, 91; Chernykh 2011, 156). Eine chronologische Komponente bei der Nutzung der Metalle während des Bestehens der ZPMP ist zu berücksichtigen (vgl. Chernykh 1992, 146 Fig. 49). Nicht so dezidiert bildet auch die Silber- und Bleinutzung ein Element der ZPMP (vgl. Chernykh 1992, 92f. 143; Chernykh u. a. 2002, 85. 91; Hansen 2009, 29; Chernykh 2011, 157). Viele Kulturen, die nach Chernykh die Zirkumpontische Metallurgieprovinz konstituieren (und Arsenkupfer verwenden), datieren oft genug ins 3. Jt. v. Chr. (vgl. Chernykh 1992, 13 Fig. 5; 305; Chernykh u. a. 2002, 85 Fig. 3). Die erste Nutzung von Arsenkupfer lässt sich teilweise aber deutlich früher feststellen (siehe die kulturgeschichtlichen Kapitel dieser Arbeit). Einige dieser Kulturen, sowohl die nach Chernykh die ZPMP konstituierenden als auch solche der KBMP werden (mittlerweile) früher datiert als zunächst von Chernykh angenommen (vgl. Chernykh 1992, 13 Fig. 5 mit Chernykh 2011, bes. 156f.). Das führt zu Zweierlei: Zum einen ist der Beginn von Kulturen der ZPMP teilweise früher anzusetzen und damit auch die Arsenkupferverwendung. Im Falle von anderen Kulturen wie beispielsweise der Bodrogeresztúr-Kultur – auch hier gibt es eine frühe Nutzung von leicht mit Arsen verunreinigtem Kupfer (s. im Folgenden im Text), die aber weder als „Arsenbronze“ (vgl. Chernykh 1992, 145. 167) noch als „widely used“ (Chernykh 2011, 156) gewertet wird – könnte dies aber auch bedeuten, dass der Hiatus zu Kulturen der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz wie etwa zu Baden größer wird (vgl. Chernykh 1992, 304f.; Chernykh u. a. 2002, 83). Andererseits erlahmt etwa erst mit Baden die Produktion von Schwergeräten – scheinbar (Hansen 2009, 35f.). Eine Herleitung der Arsenkupfermetallurgie der ZPMP erfolgt, unter Annahmen wie der eines Siedlungshiatus bis hin zu einer völligen Entvölkerung auf dem Balkan und der

das Aufkommen der als frühbronzezeitlich bezeichneten Kulturercheinungen Majkops und ihr folgend Novosvobodnajas sowie der Kura-Araxes-Kultur. Dies soll Änderungen in der Produktion und dem Austausch von Kupfer zur Folge haben. Das nun in nordpontischem Raum und der Eurasischen Steppe verwendete Arsenkupfer soll sich hauptsächlich aus dem Kaukasus herleiten<sup>1698</sup>. Arsenkupfer gilt etwa – neben Dolchen und anderen neuen Formen – als eines der konstituierenden Elemente der neuen Zirkumpontischen Metallurgieprovinz<sup>1699</sup>. Während die Bedeutung der Änderungen in den Kommunikationssystemen nicht hoch genug eingeschätzt werden kann, sollte die Herleitung von Arsenkupfer für diese Räume (alleine) aus dem Kaukasus (aufgrund der Lagerstätten) nicht überbeansprucht werden. Denn mit dem Wechsel in den Beziehungssystemen sind möglicherweise auch andernorts Wechsel der Lagerstättenregionen und ein Wandel in der Erzbasis verbunden. Und auf dem Balkan waren auch geeignete Lagerstätten vorhanden (Bulgarien, s. o.). In weiten Teilen Südost-, Mittel- und Osteuropas kommt Arsenkupfer (bis 8,4 % As, Fe teils erhöht) als neue Kupfersorte auf und setzt sich immer mehr durch, weshalb auch von einer ‚Protobronzezeit‘ gesprochen wird<sup>1700</sup>. Matuschik sieht einen „späthochkupferzeitlichen Verbreitungsschwerpunkt in den Ostkarpaten“<sup>1701</sup> für das südosteuropäische Arsenkupfer, das Mondseekupfer „sehr ähnlich“<sup>1702</sup> ist<sup>1703</sup>. Pernicka sieht in Europa die Nutzung erster Kupfer mit Arsengehalten um 2 % (0,2–5 %) gleichzeitig mit Schwergeräten aus Reinkupfer im selben Horizont, wobei diese Kupfersorte mit Arsengehalten gelegentlich schon bei den Schwergeräten zu finden sei<sup>1704</sup>, „[...] sie überwiegt eindeutig bei den etwas späteren rechteckigen Flachbeilen, die zum größeren Teil in das 3. Jahrtausend v. Chr. zu datieren sind“<sup>1705</sup>. In Rumänien sei der Übergang am besten zur Zeit von Cucuteni AB und B fassbar<sup>1706</sup>. Clusteranalysen von Klassen<sup>1707</sup> mit typo-chronologischer Besprechung zeigen, dass in unterschiedlichen Gebieten Europas Arsenkupfer in der Art von Mondseekupfer teilweise häufig und dabei vereinzelt bereits im späten 5./frühen 4. Jt. v. Chr. etwa in Schlesien und der Slowakei datierbar sind. Neben weiteren Gebieten kommt Arsenkupfer dieser Art etwa auch in bulgarischen und rumänischen Räumen bereits weit vor den mit der Mondseekultur zugewiesenen Funden zu liegen (bei bulgarisch-rumänischen Funden „zeitlicher Schwerpunkt im frühesten Horizont erkennbar“<sup>1708</sup>). Unter anderem liegt Arsenkupfer in der Art von Mondseekupfer häufig in Form von Flachbeilen vor. Arsenkupfer/Mondseekupfer ist den Clustern Klassens zufolge etwa in der Lengyel-Kultur und der Tiszapolgár-Kultur bekannt und liegt z. B. als Hammeraxt des Typs Pločnik aus einem Tiszapolgár-Kontext von Tibava vor. Ausgehend vom nordalpinen Raum werden etwa von Klassen unter typo-chronologischen Gesichtspunkten weitere (nord-) europäische Arsenkupfer in der Art von Mondseekupfer – trotz meist wohl fehlender Kontexte oder schwierig zu datierender Momente auf Seiten des mutmaßlichen Ausgangs der Funde als auch

---

von fehlenden Lagerstätten im nordpontischen Bereich, häufig aus dem Kaukasus oder Ostanatolien (etwa Schreiner 2007, 74; Hansen 2009, 28). Hier soll nicht die Herkunft der Technologie, sondern es sollen eher ihre Grundzüge eruiert werden. Mittlerweile sieht Chernykh (2011, 156f.) das Aufkommen der ZPMP durch Änderungen in der KBMP an der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. bedingt. Für die Etablierung der ZPMP sei die das ganze 4. Jt. v. Chr. umfassende „proto-ZPMP“ verantwortlich. Die zweite, das 3. Jt. v. Chr. einnehmende Phase stelle dann die ZPMP an sich dar.

<sup>1698</sup> Kohl 2009, 53f.; Vgl. etwa auch Hansen 2011c, 144; Hansen 2009, 28.

<sup>1699</sup> Siehe dazu etwa Hansen 2011c, 144; Pernicka u. a. 1997, 57; Vgl. Chernykh 2011, 154 Fig. 3; 157 Fig. 7.

<sup>1700</sup> Todorova 1993, bes. 314f.; Chernykh 1992, 54-57. 140-158; Mit weiterer Literatur: Maran 2004, 433; Lichter 2006, 528; Parzinger 1993b, 347f.; Pernicka u. a. 1997, 54. 56f. 136f. 155 Table A1; Gale u. a. 2003, 124.

<sup>1701</sup> Matuschik 1998, 231.

<sup>1702</sup> Matuschik 1998, 231.

<sup>1703</sup> Auf der Basis von Schubert 1981, 449-553. Dort erfolgt eine Nennung von Objekten.

<sup>1704</sup> Pernicka 1990, 51.

<sup>1705</sup> Pernicka 1990, 51.

<sup>1706</sup> Pernicka 1990, 51.

<sup>1707</sup> Zu Arsenkupfer/Mondseekupfer: Klassen 2000, 134-159. 222 Abb. 100-102; 224.

<sup>1708</sup> Klassen 2000, 159.

ihrem Endpunkt – nach 3800 v. Chr. datiert. Erstmals und gehäuft sollen etwa in Bulgarien Dolche auftreten (möglicherweise ab ca. 4000 v. Chr.)<sup>1709</sup>. Vergleiche mit Ilipinar IV (3700–3500 v. Chr.) in Kleinasien werden zu den dortigen Arsenkupfern (1,4–8 % As) und den chemisch wie bleiisotopisch zu balkanischen Kupfern der *Protobronzezeit* ähnlichen Kupfern angestellt<sup>1710</sup>. In chronologischer Hinsicht sollten bei diesen Vergleichen einige Schwierigkeiten bestehen. In einer ersten Phase einer Übergangsperiode (des Finaläneolithikums), der nach Todorova Kulturen wie Bodrogkeresztúr I, Ludanice, Lasinja I, Balaton I, usw. angehören – für den Horizont der Bodrogkeresztúr A- und Balaton-Lasinja-Kultur sowie der Ludanice-Gruppe wird neuerdings ein Zeitansatz von 4300–4000 v. Chr. vorgeschlagen<sup>1711</sup>, soll öfter arsenhaltiges Kupfer verwendet worden sein (Gruppe VI nach Chernykh: Sn 0–0,01 %, Pb 0,001–0,1 %, Zn 0–[0,008 %], Bi 0–0,002 %, Ag 0–0,02 %, Sb 0–0,02 %, As 0,1–2,3 %, Ni 0,003–0,2 %, Co 0–[0,003 %], Au 0–0,01 %)<sup>1712</sup>. Dies wird mit dem Erreichen tieferer Lagerstättenzonen wegen der Erschöpfung der Oxidationszone erklärt<sup>1713</sup>. Eine Herleitung von Kupfer der Gruppe VI nach Chernykh wird aus polymetallischen Erzen gesehen<sup>1714</sup>. (Spätere) Arsenkupfer oblag dabei einer gezielten Erzauswahl<sup>1715</sup>. Bei den der Übergangsperiode zugewiesenen As-haltigen Objekten handelt es sich neben kreuzschneidigen Schaftlochäxten um unstratifizierte Flachbeile mit 1–2,3 % Arsen, deren chronologische Einordnung wohl ob des Befundes „Arsenkupfer“ erfolgt (vgl. dazu die Situation in Mitteleuropa Kap. IV.1.3)<sup>1716</sup>: Einzig der Typ Altheim besäße Todorova zufolge dabei einen chronologischen Aussagewert<sup>1717</sup>. Dies könnte für die ganze Fundgruppe und die Bestimmung des zeitlichen Auftretens der Arsenkupfer von Bedeutung sein. Hier muss dringend nachgesetzt werden. Ebenfalls in der Übergangsperiode ließen sich „tastende Bemühungen um immer bessere Verfahren und zufriedenstellende Kupferarten“<sup>1718</sup> beobachten, die sich in Kupfern mit Zinn-, Blei- und Zinkbeimischungen äußerten<sup>1719</sup>. Chernykh galt gar eine Entdeckung von Bronze bzw. Zinnlegierung als wahrscheinlich<sup>1720</sup>. In einer zweiten Phase der Übergangszeit gilt Todorova zufolge die *Protobronzezeit* mit dem Scheibenhenkelhorizont samt Kulturen wie Baalberg, Balaton-Lasinja II-III, Hunyadi-halom, Usatovo und weiteren als erreicht<sup>1721</sup>. Nach Todorova wird in Stufe B II der Cucuteni- Tripol’ e Kultur Arsenkupfer für Dolche verwendet<sup>1722</sup>. Als absoluter Datierungszeitraum des Finaläneolithikums und der *Protobronzezeit* werden zweites und drittes Viertel des 4. Jt. v. Chr.

<sup>1709</sup> Pernicka u. a. 1997, 136; Arsenkupfer soll in der Cucuteni-Tripol’ e B2-Kultur zuerst für Dolche verwendet worden sein (Todorova 1993, 315).

<sup>1710</sup> Pernicka u. a. 1997, 137f.

<sup>1711</sup> Oross u. a. 2010, 401.

<sup>1712</sup> Todorova 1993, 314; Todorova 1981, 9 Abb. 3.

<sup>1713</sup> Todorova 1993, 314.

<sup>1714</sup> Gale u. a. 2003, 128 mit weiterer Literatur; Todorova 1981, 15.

<sup>1715</sup> Todorova 1981, 15.

<sup>1716</sup> Todorova 1981, 12-15 mit Abb. 7; bes. 14f. 28; Zur Datierung bzw. Einordnung – teilweise wohl über den Vergleich zu Mitteleuropa (vgl. etwa Beile Typ Altheim Todorova 1981, 32 mit Anm. 11–12; Novotná 1970, 18f.) – siehe Todorova 1981, 28: „Andererseits ist zu berücksichtigen, daß die Metallgruppe VI erst während der Übergangsperiode in Gebrauch gekommen ist, was wohl auf eine beabsichtigte Erhöhung der Arsenkonzentration sprechen könnte. Ein großer Teil unserer Flachbeile liegt folglich am Ende der in diesem Band [i. e. Todorova 1981, Anm. des Autors] behandelten Zeitspanne“; Klimscha gibt an, dass es große Unterschiede und Schwierigkeiten bei der Ansprache und Datierung der kupfernen Flachbeile (*haches*, dazu *pioches* [Axthacken?]) des Balkans bestehen, dadurch ihre genaue Zahl nicht eingeschätzt werden kann, und daraus resultierend – in einer Größenordnung von etwa 90 % – die Stücke schwierig zu datieren sind, da sie ohne datierende Kontexte oder Beifunde überliefert sind (Klimscha 2012b, 1211; vgl. Klimscha 2011a, 251).

<sup>1717</sup> Todorova 1981, 28. 32.

<sup>1718</sup> Todorova 1981, 15.

<sup>1719</sup> Todorova 1981, 15.

<sup>1720</sup> Todorova 1981, 15 mit weiterer Literatur.

<sup>1721</sup> Todorova 1993, 314.

<sup>1722</sup> Todorova 1993, 315.

genannt<sup>1723</sup>. Die Ursprünge der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz sollen bis in die *Protobronzezeit* zurückreichen<sup>1724</sup>. Einen früheren Hinweis auf die Erzeugung von Arsenkupfer im Rahmen der chalkolithischen Legierungserzeugung könnte die Zusammensetzung von Kupferartefakten darstellen, die Bodrogkeresztúr/Bubanj Hum la zugewiesen werden. Die Objekte beider Kulturen verteilen sich betreffs ihrer Kulturzugehörigkeit gemischt auf zwei ähnliche Cluster. Hinsichtlich ihrer Bleiisotopie könnten beide Kupfersorten (Cluster) dabei einer Lagerstätte entstammen; sie unterscheiden sich nur in ihrem Arsengehalt, der einem Anreicherungsverhalten unterlegen haben könnte (vgl. Kap. II.2.2.1; Taf. 1, 1 a. b)<sup>1725</sup>. Ottaway konstatiert eine Zunahme von Verunreinigungen vor allem an Arsen und Antimon bei Funden der Kulturen Bodrogkeresztúr und Bubanj Hum<sup>1726</sup>. Veränderungen der Metallzusammensetzungen zeichnen sich zaghaft ab. In Abgrenzung dazu liegen in Bulgarien während der Spätbronzezeit mit einer häufigen Verwendung von Zinn als Legierungsbestandteil – im Gegensatz zu allen früheren Epochen – die Arsengehalte in einem engen Bereich zwischen 0,1 bis 0,5 % und das Sb/As-Verhältnis liegt bis zu zehnmal höher ( $\geq 0,3$ ) als während der *Protobronzezeit*<sup>1727</sup>. Neben einer veränderten Erzbasis könnte dies auch auf eine andere Verhüttungsmethode zurückzuführen sein. Während einige Autoren den Beginn der Arsenkupfermetallurgie mit dem Beginn der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz verknüpfen, verweist Matuschik im Zusammenhang mit der Protobronzezeit und Formen wie Dolchen darauf, dass die Wurzeln in der (ausgehenden) Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz ab 4000 v. Chr. zu suchen sind<sup>1728</sup>.

Möglicherweise ist dieses neue Milieu – dessen Beginn sich auch früher abzeichnen könnte – auch für die Einführung des Silbers bzw. der Kupellation wichtig. Die Anwendung der Kupellation ist dabei möglicherweise, auch wenn sie eine kennzeichnende Zusammensetzung des Silbers und charakteristische Überreste liefern kann, teilweise indirekt zu erschließen (vgl. Kap IV.1.2 und Obermesopotamien Kap. IV.2). Kulturen, die diesem System angehören, teilen die Verwendung von Arsenkupfer ebenso wie die von Dolchen spätestens wohl ab dem zweiten Viertel des 4. Jt. v. Chr. oder früher<sup>1729</sup>, wenn die frühen Daten zutreffen sollten. Nietdolche liegen in einem Horizont Varna-Hamangia vor<sup>1730</sup>. Schmale rhombische Klingen, teilweise mit dreieckiger Griffangel bzw. schwach trapezoider Griffplatte, stammen aus Tiszapolgár und Bodrogkeresztúr Kontexten<sup>1731</sup>. Teilweise bestehen diese Dolche aus unlegiertem Kupfer<sup>1732</sup>. Kontinuitäten, insbesondere etwa in Bereichen wie dem Karpatenbecken, dem Zentralbalkan und in benachbarten Gebieten, zeigen sich beispielsweise mit der Weiterverwendung der Ringanhänger und der Schwergeräteformen wie den bislang bekannten Äxten und Beilen<sup>1733</sup>. Inwieweit etwa alte Zentren weiterhin bekannte Formen in reinem Kupfer fertigten, müsste eingehender untersucht werden. Einige der frühesten Arsenkupferfunde liegen spätestens aus der Zeit von der Wende des 5. zum 4. Jt. v. Chr. vor, jedoch soll sich diese Kupfersorte erst im zweiten Viertel des 4. Jt. v. Chr. durchsetzen<sup>1734</sup>. In vielerlei Hinsicht lassen sich die Fortsetzung karpato-balkanischer Traditionen und, trotz Verschiebung der Foci, gerade auch Kontinuitäten in den

---

<sup>1723</sup> Kohl 2009, 35.

<sup>1724</sup> Pernicka u. a. 1997, 57.

<sup>1725</sup> Siehe und vgl. Pernicka u. a. 1993, 13 Fig. 3; 14 Fig. 4; 16f. 20 Fig. 6; Ottaway 1994, 232; Vgl. zu weiteren möglichen Lagerstätten Pernicka u. a. 1997, 105. 139. – Vgl. auch zwei unterschiedliche, Ai Bunar zugewiesene Cluster, in denen sich eine bimodale Arsenverteilung zeigt (Pernicka u. a. 1997, 144).

<sup>1726</sup> Ottaway 1994, 232.

<sup>1727</sup> Nach Pernicka u. a. 1997, 138.

<sup>1728</sup> Matuschik 1998, 241-243. bes. 243.

<sup>1729</sup> Vajsov 1993; Bes. Matuschik 1998.

<sup>1730</sup> Zimmermann 2004-05, 252f.; Vajsov 1993, 115, Abb. 8-9; 120.

<sup>1731</sup> Zimmermann 2004-05, 252f.; Vajsov 1993, 127 Abb. 24,1-2. 8; Matuschik 1998, 216 Abb. 217.

<sup>1732</sup> Zimmermann 2004-05, 253; Vgl. Vajsov 1993.

<sup>1733</sup> Siehe Maran 2004, 433; Hansen 2009, 25. 27.

<sup>1734</sup> Vgl. hierzu etwa Chernykh 2011, 156; Gale u. a. 2003, 124.

Beziehungssystemen beobachten. Dieses „neue“ System ersetzte oder besser überlagerte die alte ‚Karpato-Balkanische Metallurgieprovinz‘ ohne vollständig mit ihr zu brechen und umfasste noch weitere Gebiete (bzw. lässt den räumlichen Umfang deutlicher erkennen)<sup>1735</sup>. Einige der die Zirkumpontische Metallurgieprovinz konstituierenden Bestandteile – Arsenkupfer, Silber, neue Formen (Dolch) – bzw. ihre Ursprünge lassen sich so bereits spätestens am Beginn des 4. Jt. v. Chr. beobachten. Auch die Ringanhänger bieten Hinweise auf einen frühen Beginn dieser Charakteristika wie Silber und legierte Kupfer. Über eine Verkettung mit etwa zeitgleichen Buckelscheiben und in andere Räume wie Mitteleuropa ergeben sich weitere Indizien für eine frühe Nutzung legierter Kupfer sowie Silber.

Ringanhänger treten als typologisch und chronologisch aussagefähige Form der früheren und mittleren Kupferzeit Ostmitteleuropas und Südosteuropas auf<sup>1736</sup>. Sie sind dabei in ihrem balkanisch-karpatenländischen Hauptverbreitungsgebiet in der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. überwiegend an Kulturen wie Kodžadermen-Gumelnița-Karanovo VI, Varna und Tiszapolgár und Bodrogkeresztúr sowie etwa Hunyadi-halom in der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. gebunden. Aus Varna I stammt ein als legiert geltender Ringanhänger mit 50 % Gold, 36 % Kupfer und 14 % Silber sowie Goldperlen mit erhöhten Silbergehalten<sup>1737</sup>. Im folgenden Boleráz/Cernavoda III-Horizont ab Mitte des 4. Jt. v. Chr. sind keine Ringanhänger mehr belegt<sup>1738</sup>. Aber auch außerhalb von Balkanraum und Karpatenbecken treten Ringanhänger auf. In einem Kindergrab im Bereich der mittelkupferzeitlichen Hunyadi-halom-Kultur von Tiszalúc-Sarkad in Ungarn wurden zwei silberne Blechanhänger gefunden (Kat. 7; Taf. 13, 4)<sup>1739</sup>. Diese stellen in der Form jeweils einen verdoppelten Ringanhänger dar. Die Zuweisung des Grabes und mit ihm die der Silberanhänger zur Hunyadi-halom-Kultur kann als gesichert gelten<sup>1740</sup>. Die Hunyadi-halom-Kultur gehört einem der Bodrogkeresztúr-Kultur nachfolgenden Horizont an und datiert absolutchronologisch in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr.<sup>1741</sup>. Zur vorangehenden Bodrogkeresztúr-Kultur zeigt die Hunyadi-halom-Kultur u. a. Kontinuitäten in der Metallurgie<sup>1742</sup>. Beim Rohmaterial der Anhänger könnte es sich aufgrund des Zinkgehaltes um unkuPELLiertes Silber handeln. Hansen macht darauf aufmerksam, dass Ringanhänger bzw. Ringscheiben aus kleinen Horten häufig in Siedlungen

---

<sup>1735</sup> Vgl. Chernykh 2011, bes. 156.

<sup>1736</sup> Siehe hierzu Makkay 1976; Maran 2000, 185. 187-189. 191; Parzinger 1993b, 346f. 348; Patay – Szathmári 2001, 6-8; Hansen 2009, 19f.; Lichter 2006, 528; Vgl. für Anatolien Zimmermann 2007; Mit den Funden aus Varna (Gräber bzw. Kenotaphe 15, 36, 48, 97 und 255) (Zimmermann 2007, 26; Higham u. a. 2007, bes. 645 Table 1) und der kulturellen Zuordnung von Ringanhängern zu Tiszapolgár und Bodrogkeresztúr, könnte sich eine deutlichere Zuweisung in den Zeitraum von 4600-4000 v. Chr. verbinden. Die ältesten Gräber von Varna werden mittlerweile 4560-4450 v. Chr. datiert (Higham u. a. 2007). Das neue Gräberfeld der Bodrogkeresztúr-Kultur von Rákóczifalva-Bagi-föld wird 4334-4075 cal BC datiert (Hansen 2011b, 65) und Virág nennt eine Datierung von 4600-4000 v. Chr. für die Tiszapolgár-Kultur und 4300-4000 v. Chr. für die Bodrogkeresztúr-Kultur (Virág 2010, 215 mit weiterer Literatur). In die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. könnten weiterhin die Funde der Bodrogkeresztúr deuten sowie der Ringanhänger von Tiszalúc-Sarkad (Hunyadi-halom-Kultur; Kat. 7; vgl. zum Horizont Matuschik 1996, 8), für den Anhänger vom Typ Traian-Vajska (Cucteni B, ca. 3800-3600 v. Chr.) als Vergleich in Frage kommen. – Folgender Absatz entstammt, weitgehend unverändert, meiner unveröffentlichten Magisterarbeit.

<sup>1737</sup> Nach Hansen 2017, 137. 140 mit weiterer Literatur: Varna I wird gegenwärtig ins dritte Viertel des 5. Jt. v. Chr. datiert. Der Ringanhänger stammt aus Grab 271. Die Goldperlen mit erhöhten Silbergehalten stammen aus Grab 43. Die erhöhten Silbergehalte der Perlen werden auf natürliches Elektron zurückgeführt. Ein Experimentieren mit unterschiedlichen Metallen, um die Farbe und Eigenschaften zu verändern, wird vermutet.

<sup>1738</sup> Maran 2000, 185.

<sup>1739</sup> Patay – Szathmári 2001.

<sup>1740</sup> Patay – Szathmári 2001, 5f. 8.

<sup>1741</sup> Nach Matuschik gehören diesem Horizont Kulturen und Gruppen wie Hunyadi-halom, Furchenstichkeramik, jüngerer Baalberge, Mondsee und Pfyn an (Matuschik 1996, 8).

<sup>1742</sup> Patay – Szathmári 2001, 8.

und aus Grabbeigaben stammen und etwa die Funde des heutigen Griechenlands mit bekannten Kontexten aus Höhlen kommen<sup>1743</sup>. Daraus ableitend gibt er zu bedenken, dass Opfer- oder Beigabensitten als überlieferungsrelevante Variablen entscheidend für unsere Kenntnis der Verbreitung von Ringanhängern sind. Die Nutzung von Höhlen könnte als ein Charakteristikum des 5. und 4. Jt. v. Chr. auf dem Balkan aufscheinen<sup>1744</sup>. Aber auch in der Levante wurden wichtige Funde früher Zeitstellung in Höhlen gemacht (z. B. Naḥal Mišmar).

Für Bereiche der nordanatolischen Küstenebene am Schwarzen Meer und Teile Anatoliens im Kizilirmakbogen legen Funde von steinernen und metallenen Ringanhängern, darunter solche aus Silber, von Fundorten wie İkištepe, Alişar Höyük, Kuruçay, die Funde von Trabzon und andere mehr sowie die Verwendung von Arsenkupfer wie etwa im westkleinasiatischen Ilipinar den Verdacht nahe, dass west- und zentralanatolische Gebiete Kontakt zu oder Anteil an der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz und/oder in deren Nachfolge an der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz hatten (s. Kap. IV.1.4)<sup>1745</sup>. Die Arsenkupfer in Ilipinar IV (3700–3500 v. Chr.) werden dabei mit balkanischen Kupfern der *Protobronzezeit* verglichen (s. o.).

Ringanhänger ebenso wie Buckelscheiben sind weiträumige Erscheinungen der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. Räumlich schließen sich ihre Verbreitungskreise nahezu aus. Auch die in einem der folgenden Kapitel vorgestellten Buckelscheiben belegen direkt und indirekt einen Horizont, in dem Silber und legierte Kupfer ebenfalls bekannt waren, und welcher der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz vorangeht.

Während häufig für Südost- ebenso wie für Mitteleuropa in der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. eine Krise der Metallurgie veranschlagt wurde, spricht sich Hansen dafür aus, in dieser Zeit eine innovative Phase mit einem ganzen Bündel an Neuerungen zu sehen<sup>1746</sup>. Mit dem Enden der Tradition von altbekannten Formen von Schwergewichten wie auch dem Auslaufen der Ringanhänger scheinen sich jedoch zumindest Änderungen im Zeichensystem niederzuschlagen.

Durch die mögliche Gleichzeitigkeit von Ringanhängern und Buckelscheiben mit sich weitgehend ausschließenden Verbreitungskreisen lassen sich weitere Hinweise auf einen frühen Horizont der Nutzung von Silber und legiertem Kupfer gewinnen. Die mutmaßlichen Fundvergesellschaftungen der Buckelscheiben mit Brillenspiralen, letztere können teilweise aus schwach arsenhaltigem oder leicht legiertem Kupfer bestehen, sind ein erster Hinweis<sup>1747</sup>. Die silberne Scheibe von Štramberg (Kat. 6) belegt direkt die Verwendung von Silber, auch wenn ihre Herstellungstechnik unklar ist. Die Buckelscheibe von Stollhof mit dem eberzahnförmigen Zierblech könnte sich mit weiteren Zierblechen des Balkans aus Silberlegierungen und Gold verbinden lassen. Die zeitlich an der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. liegende Buckelscheibe von Hornstaad (Kap. IV.1.3) weist auf die Nutzung von Fahlerzen hin (vgl. auch die Brillenspiralen), deutet die Kenntnis silberner Vorbilder an und könnte weiter noch Hinweis (wiederum auf das Wissen) auf eine Herstellungsmethode durch die Abscheidung aus einer Sulfidphase sein. Damit stellen sich neue Fragen nach den Herstellungstechniken von Silber.

---

<sup>1743</sup> Hansen 2009, 20.

<sup>1744</sup> Siehe zu einer Aufzählung von Höhlen mit Besiedlungs- oder Nutzungshinweisen Pernicka u. a. 1997, 56.

<sup>1745</sup> Siehe etwa Ottaway 1994, 234-236 mit Abb. 31; Vgl. *balkano-anatolischer Kulturbereich* nach Todorova 1998, 1998, 31; Kohl 2009, 30.

<sup>1746</sup> Hansen 2011c, bes. 137. 145-147.

<sup>1747</sup> Vgl. die Brillenspiralen (TYP 529) in der SAM-Datenbank (CD-ROM bei Krause 2003). So besteht eine Brillenspirale aus Gemeinlebern in Österreich (ANR 5897) mit der Zeitkodierung 3 (=6. Jt. v. Chr.) aus einem Kupfer mit Anteilen von 1,1 % As, 0,35 % Sb, 1,35 % Ag.

#### IV.1.1.1. Festlandgriechenland und Ägäis mit Kreta sowie Zypern

Auch Teile Festland- und Inselgriechenlands sowie Kretas teilen die Verwendung von Arsenkupfer, Silber sowie Dolchen. Bislang sind dabei neben weiteren und teils möglicherweise früheren Silberfunden und Metallurgiebelegen insgesamt auch drei silberne Ringanhänger sowie weitere mit ihnen zusammen gefundene Silberartefakte bekannt geworden (Kat. 8-10; Taf. 15, 1. 2. 4.). Die Einordnung der Funde ist vorbehaltlich unsicherer Fundkontexte und Verknüpfungen sowie der vielfach prekären Datierung<sup>1748</sup>.

In der Ägäis<sup>1749</sup> sollen Metalle und Metallurgie während des Late Neolithic (LN, Spätneolithikum, ca. 5500–4500 v. Chr.) unter balkanischem Einfluss Einzug gehalten haben; Hinweise auf extraktive Metallurgie jedoch werden (bei teils mehrdeutigen Angaben) meist mit folgendem Final Neolithic genannt<sup>1750</sup>. Neben Nadeln (pins) und Perlen (Dikili Tash, Paradeissos, Kitsos Höhle) sind hier insbesondere zwei kleine Nietdolche aus Ajia Marina in der Phokis zu nennen<sup>1751</sup>. Die ersten Kupferfunde der Ägäis und Festlandgriechenlands sollen aus sehr reinem Kupfer bestehen. Eine Nutzung von gediegen Kupfer wird ebenso erwogen (vgl. dazu oben)<sup>1752</sup> wie die Verhüttung reiner oxidischer Erze<sup>1753</sup>. Zu den frühesten Metallfunden der nördlichen Ägäis, Westanatoliens und Kretas werden Flachbeile/Meißel gezählt<sup>1754</sup>. Govedarica erhält durch eine Besprechung nur sicher kontextbezogener Funde Festlandgriechenlands eine nur kleine Auswahl<sup>1755</sup>. Dabei nennt Govedarica als Analogien zu den Funden aus Dikili Tash I/Sitagroi II (5200–4600 v. Chr.) sowie Dikili Tash II/Sitagroi III (4600–3500 v. Chr.) – es handelt vorwiegend sich um Perlen und Nadeln – Funde aus Varna I und Durankulak; als weitere Funde mit teils ostbalkanischen Bezügen nennt er aus Pevkakia einen Kupfermeißel, und aus Sesklo ein Beil vom Typ Gumelnița und einen goldenen Anhänger.

Die scheinbare Armut an Metallfunden in der Ägäis ist zu hinterfragen. Quellenkritische Überlegungen könnten nämlich durchaus dafür sprechen, dass beispielsweise chalkolithisches Metall in der Ägäis nicht in die ohnehin seltenen Gräber und auch nicht in Horte gelangte<sup>1756</sup>. Derweil andernorts in Südosteuropa etwa Ringanhänger in kleinen Horten, die wiederum häufig aus Siedlungen stammen, und in Gräbern gefunden wurden, fanden sich die griechischen Stücke wiederholt in Höhlen<sup>1757</sup>. Solange quellenkritische Fragen nicht aufgearbeitet sind, bleibt indes unklar, ob dies für eine – dann gegebenenfalls noch zu gewichtende – Niederlegungspraxis in Höhlen (im Rahmen von Bestattungen?<sup>1758</sup>) spricht. Denn weitere aufs Tableau gebrachte Erklärungen, wie eine geringe Siedlungskonstanz ebenso wie eine in der Mittelmeerregion starke Erosion sowie der Forschungsstand,

---

<sup>1748</sup> Zur Datierung allgemein bzw. der Terminologie ist anzumerken, dass das Spätneolithikum in Südgriechenland und den Kykliden etwa von 5300-4400 v. Chr. und das Chalkolithikum 4400-3100/3000 v. Chr. angesetzt werden kann, letzteres je nach Region und Forschungstradition auch unter Late Neolithic II, Final Neolithic, Néolithique Récent usw. geführt wird. Hierzu mit weiterer Literatur Maran 2000, 179. Siehe dazu auch Govedarica 2009, 66. Zu einer Chronologietabelle des Neolithikums in Griechenland siehe Gallis 1996, 28f. Fig. 3. Im Folgenden werden die Begrifflichkeiten der jeweiligen Autoren verwendet.

<sup>1749</sup> Kassianidou – Knapp 2008, 216f.; Muhly 2002; Muhly 1996, bes. 78f.

<sup>1750</sup> Kassianidou – Knapp 2008, 216f.

<sup>1751</sup> Muhly 2002, 77; Kassianidou – Knapp 2008, 216.

<sup>1752</sup> Tzachili 2008, 9.

<sup>1753</sup> Mangou – Ioannou 1999, 82.

<sup>1754</sup> Gale – Stos-Gale 2008, 399; Zu einem mittlerweile verschwundenen *Late Neolithic* Flachbeil – „almost certainly a Balkan import“ – aus Knossos siehe Muhly 2002, 78.

<sup>1755</sup> Govedarica 2009, 66 mit Anm. 34.

<sup>1756</sup> Maran 2000, 182f.

<sup>1757</sup> Hansen 2009, 20.

<sup>1758</sup> Vgl. kurz die Ausführungen zu den Fundumständen der Ringanhänger der Eileithyia-Höhle und der Alepotrypa-Höhle und den am selben Ort ohne Kontext gefundenen Gegenständen und Befunden – Bestattungen liegen in beiden Fällen vor – bei Maran 2000, 186f.



werden für das Überwiegen einphasiger Freilandstationen und Höhlen verantwortlich gemacht<sup>1759</sup>. Insgesamt aber sieht etwa Maran für die Ägäis die Niederlegungspraxis als entscheidenden Faktor für unsere Kenntnis von Metall des Chalkolithikums<sup>1760</sup>.

Während des Final Neolithic (FN, Endneolithikum, teilweise auch Chalkolithikum) soll es noch im ausgehenden 5. Jt. v. Chr. zu einem Aufschwung in der Metallurgie gekommen sein; neben Kupfer sollen auch Gold, Silber und Blei verwendet worden sein<sup>1761</sup>. Dolche sollen ab dem Chalkolithikum verbreitet sein (vgl. aber Ajia Marina)<sup>1762</sup>. Möglicherweise ins ausgehende 5. Jt. v. Chr. (LN II) könnte beispielsweise ein Dolch mit Griffangel aus Ajos Dimitrios datieren, der aber vielfach als intrusiv angesehen wird<sup>1763</sup>. Inwieweit solche Funde und die Dolche von Alepotrypa (s. u.) eine Umdatierung typologisch ähnlicher Stücke erfordern, müssen Neufunde aus gesicherten Kontexten erweisen. Mit dem Final Neolithic soll auch, darunter auf Kreta, die Verhüttung zur Kupfergewinnung genutzt worden sein<sup>1764</sup>. Tiegel und Schlacken liegen aus Sitagroi II und Sitagroi III sowie Tiegel aus Kephala (eisenhaltige Schlacken von dort sind umstritten) und aus Gyalı vor, die dem Final Neolithic zugeordnet werden; mit Sitagroi II können sie möglicherweise bereits aus Late Neolithic Kontexten stammen (Sitagroi II ca. 5200–4600 v. Chr.; Sitagroi III ca. 4600–3500 v. Chr.<sup>1765</sup>)<sup>1766</sup>. Ein Tiegel von Mandalo II (Westmazedonien) mit einer Datierung in das späte 5. Jt. v. Chr. weist Kupferanhaftungen mit hohem Zinngehalten auf<sup>1767</sup>. Als möglicher früher Metallurgiebeleg steht er gleichzeitig auch im Zusammenhang mit der Problematik um vermeintlich ungewöhnlich alte Zinnbronzen. Als Fundorte der Ägäis mit Hinweisen auf Verhüttung in Final Neolithic, Frühkykladisch I und Frühminoisch I vornehmlich nach 3000 v. Chr. werden Kythnos, Seriphos, Siphnos, Laurion, Kephala auf Kea und Chrysokamino auf Kreta genannt<sup>1768</sup>. Renfrew berichtet Scherben mit Kupferanhaftungen außer aus Sitagroi (s. u.) auch aus Gyalı bei Nisyros (LN/FN) und Mandalo sowie weiter zwei amorphe Kupferstücke der Alepotrypa Höhle; sie werden als Hinweise auf den Guss von Kupfer interpretiert<sup>1769</sup>. Von Helwing wiederum werden die Funde von Gyalı sowie Schlacken und Tiegel von der türkischen Ägäisküste aus Bakla Tepe und Liman Tepe VII als bis in das Late Chalcolithic zurückreichende Hinweise auf Verhüttung genannt<sup>1770</sup>. Aus der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. liegen aus Çukuriçi Höyük Feuerstellen mit Hinweisen auf Verhüttung vor; eine Arsenkupferproduktion steht im Raum<sup>1771</sup>. Die erste Nutzung von Arsenkupfer soll sich in der Ägäis in Final Neolithic (Petromagoula in Thessalien: sieben Artefakte mit durchschnittlich 2,9 % As) und Late Neolithic IIa (Tharrounia Höhle auf Euböa)

---

<sup>1759</sup> Maran 2000, 182f.

<sup>1760</sup> Maran 2000, 182f.; Hansen 2009, 20.

<sup>1761</sup> Muhly 2002, 77f.

<sup>1762</sup> Alram-Stern 2004, 420f.

<sup>1763</sup> Zachos 2008, 27. 223.

<sup>1764</sup> Mit weiterer Literatur Tzachili 2008, 9.

<sup>1765</sup> Die absoluten Daten nach Govedarica 2009, 66; Vgl. dazu Renfrew 1971b.

<sup>1766</sup> Muhly 2002, 77; Zur Einordnung von Sitagroi II Schlacken ins Late Neolithic siehe McGeehan-Liritzis – Gale 1988, 215; Zur Diskussion um die Schlacken sowie Tiegel mit Schlackenanhaftungen von Kephala siehe Maran 2000, 184; Conophagos 1977: Die Tiegel mit eisenhaltigen Schlackenanhaftungen (sowie mutmaßliche Ofenfragmente) lassen auch oberflächlich aufgefundenen Schlacken für eine Diskussion der chalkolithischen Metallurgie ins Blickfeld rücken.

<sup>1767</sup> Rahmstorf 2017, 185 mit weiterer Literatur; Vgl. auch Alram-Stern 1996, 181;

<sup>1768</sup> Papadopoulos 2008, 66f.; Gale – Stos-Gale 2008, 387f. (mit Diagrammen). 394; Pernicka 1987, 614. – Kurz zu Chrysokamino Betancourt 2008; Siehe auch Alram-Stern 2004, 410-413. – „The *Skouries* copper smelting site on Kythnos, located just to the north of what seems to have been an EC II mine producing arsenical copper ore, is the largest EBA metallurgical site in the eastern Mediterranean. [...] the presence of arsenic in the Kythnos ore deposits has now become a matter of some controversy.”

<sup>1769</sup> Renfrew – Slater 2003, 309. 315f. (cave: Inkonsistenzen).

<sup>1770</sup> Helwing 2017, 165 mit weiterer Literatur.

<sup>1771</sup> Die Einrichtungen sind hufeisenförmig, aber keine Windöfen (Helwing 2017, 165).

Zusammenhängen nachvollziehen lassen, während das Gros der Arsenkupfer aus der Frühbronzezeit stammen soll<sup>1772</sup>. Die drei Nadeln und der Dolch von Tharrounia mit durchschnittlich 3,12 % Arsen werden dabei um 4000 v. Chr. oder vom späten 5. bis ersten Viertel des 4. Jt. v. Chr. datiert<sup>1773</sup>. Bleiisotopisch ist der Dolch, neben zahlreichen weiteren Funden anderer Fundorte, mit dem Verhüttungsplatz Skouries und den Erzen von Kythnos in Verbindung zu bringen<sup>1774</sup>. Bei metallographischen Analysen der Nadel mit 4,79 % As wurde kein Schwefel festgestellt<sup>1775</sup>. Damit ist die in Kapitel II.2.4.4.7 vorgestellte Möglichkeit nach Moesta (2004) und Lesniak (1991) Arsenmangellegierungen zu schmelzen nicht zweifelsfrei nachzuweisen (siehe dazu im Folgenden und unten einen Ringanhänger). Als alternativer oder komplementärer Weg könnten z. B. Zementationsprozesse anzustellen sein; die teils erhöhten Pb-Werte indes lassen sich gut auch mit einem Ausschmelzen nach Schmelzpunktunterschieden erklären.

Tharrounia Höhle auf Euböa (Mangou – Ioannou 1999, 84 Table 1)

	Cu	Pb	Sn	As	Sb	Fe	Ni	Co	Zn	Bi	Ag	Au	Total
<b>Dolch</b>	59,23	0,33	0,21	2,22	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01	0,19	0,01	-	62,30
<b>Nadel</b>	75,27	0,78	0,23	4,79	0,11	0,02	0,03	0,00	0,00	0,05	0,04	-	81,32
<b>Nadel</b>	81,89	0,09	-	2,30	0,51	0,34	2,16	0,04	0,01	0,07	0,02	-	87,43
<b>Nadel</b>	83,27	-	-	3,17	0,02	0,05	0,05	-	0,00	1,36	0,04	-	87,97

Zwei Late Neolithic datierte Nadeln aus Arsenkupfer werden für Kastri genannt<sup>1776</sup>. Vom LN Fundplatz Pefkakia wird ein Kupferobjekt mit einem Arsengehalt von 3,4 % berichtet<sup>1777</sup>. Schlacken von Kea, die unter Vorbehalt dem Final Neolithic zugewiesen werden, werden mit Arsenkupfer in Verbindung gebracht; insgesamt soll eine gute Charakterisierung der Entwicklungen der frühen ägäischen Metallurgie noch ausstehen<sup>1778</sup>, und sich die Entwicklung der Arsenkupfermetallurgie kaum nachvollziehen lassen<sup>1779</sup>. Die Frage um die Herstellung von Arsenkupfer im ägäischen Bereich folgt den Hauptlinien der Diskussion andernorts<sup>1780</sup>: (intentionelle) Verhüttung natürlich verunreinigter Erze und Zulegerung bzw. Mischen unterschiedlicher Erze. Nach Papadimitriou soll in der Mittelbronzezeit wie auch in der Frühbronzezeit möglicherweise einer „Rezeptur“ gefolgt worden sein<sup>1781</sup>: Arsenwerte um 3 % dominieren. Bei diesen Gehalten kann durch Kaltbearbeitung bereits die maximale Härte erreicht werden.

Sitagroi hatte schon früh in der Forschung eine wichtige Stellung durch seine Lage am Schnittpunkt zwischen Balkan und Ägäis im Rahmen der Diskussion um die Radiokarbondatierung<sup>1782</sup>. Der Fund

<sup>1772</sup> Tzachili 2008, 11f.; Muhly 2008b, 71; Zu frühminoischen Arsenkupferfunden und Analysen Muhly 2008a, 37.

<sup>1773</sup> Muhly 2008b, 71; Sampson 1996, 73.

<sup>1774</sup> Gale – Stos-Gale 2008, 399.

<sup>1775</sup> Mangou – Ioannou 1999, 98.

<sup>1776</sup> Papadopoulos 2008, 59.

<sup>1777</sup> McGeehan-Liritzis – Gale 1988, 222.

<sup>1778</sup> Tzachili 2008, 12; Muhly 2008b, 74.

<sup>1779</sup> Zusammenfassend mit weiterer Literatur Alram-Stern 2004, 402-404.

<sup>1780</sup> Vgl. Tzachili 2008, 12; Mangou – Ioannou 1999, 64; Alram-Stern 2004, 403f.

<sup>1781</sup> Papadimitriou 2008, 282.

<sup>1782</sup> Renfrew 1971b, bes. 275; Vgl. Renfrew 1969, 14 Fig. 1.

zahlreicher Scherben<sup>1783</sup> mit Anhaftungen von Kupfer und Kupferkorrosionsprodukten wird mit dem Guss in Verbindung gebracht. Die Scherben sollen zumindest teilweise sekundär für den Guss genutzt worden sein und stammen mehrheitlich aus Phase III. Unter ihnen befinden sich auch Deckel. In Kupferobjekten aus Phase III wurde Schwefel nachgewiesen, „indicating production from sulfide ores with incomplete oxidation during the matt blowing stage“<sup>1784</sup>. Mit Ausnahme einer Schlacke sollen sich fast keine Hinweise auf eine Verhüttung vor Ort finden lassen (s. u.)<sup>1785</sup>, insbesondere das weitere Fehlen von Schlacke und Barren (*bun ingots*) wird hervorgehoben. Drei Partikel aus korrodiertem Kupfer sowie (weitere?) aus Kupfercarbonat werden als Hinweis auf die Handhabung geschmolzenen Kupfers gewertet. Die Funde ließen sich zwar auch mit der chalkolithischen Verhüttung in einem schlackenlosen Verfahren mit *prills* in Verbindung bringen und Deckel erlaubten dabei eine Kontrolle der Atmosphäre oder Zementationsprozesse, aber das Fehlen weiterer Schlacken oder anderer Hinweise auf extraktive Metallurgie ist stark zu gewichten, da der Grabungsaushub von Sitagroi bei einer Maschenweite von 3 mm gesiebt wurde. Dadurch wurden elf kleine Kupferartefakte bekannt. Interessant ist der Befund von möglichen Schlacken aus Sitagroi Phase II und III; Muhly gibt 2002 als früheste Schlacken allerdings nur die aus Sitagroi III an<sup>1786</sup>. Dazu auch Stos (2003): „Two Chalcolithic pieces from Sitagroi show an origin consistent with the ores from a large mining district in southeast Bulgaria near the resort of Burgas (Zidarovo and Varly Briag). Both these pieces were identified by McGeehan and Gale (1988) as “slags?” but if their chemical analyses are correct, they both seem to be pieces of corroded arsenic copper (Cu 93 and 96,3%; McGeehan [sic] and Gale 1988: table 5:218)“<sup>1787</sup>. Bei dem Stück mit 93 % Cu handelt es sich um einen Fund aus Phase Sitagroi II; das andere ist anhand der Angaben nicht sicher zu identifizieren<sup>1788</sup>. Ferner ergeben sich bei den zwei in Table 2 in McGeehan-Liritzis – Gale (1988) jeweils der Phase II und III zugewiesenen Stücken (*Copper slag?/piece*) mögliche Inkonsistenzen mit den beiden im Text genannten „Two Phase II slag samples [...] adhering to crucible fragments“<sup>1789</sup>, da nach Ausweis der Tabelle 2 die „on a sherd“<sup>1790</sup> haftenden Stücke Phase III angehören sollten. Dabei wurden metallische Einschlüsse „in slag“<sup>1791</sup> der beiden Phase II zugewiesenen Stücke beprobt. In Literatur von 1988 und 1996 wurden also mögliche Schlacken aus Phase II genannt, die aufgrund ihrer sehr niedrigen Eisengehalte als Schlacken aus einem *crucible melting* gedeutet werden<sup>1792</sup>: Die metallischen Einschlüsse in Schlacke 9 (Phase II; LN) aus Kupfer enthalten signifikante Gehalte an Arsen, Silber und Gold; die metallischen Einschlüsse aus Silber enthalten einiges Kupfer, und die Schlackenmatrix der Schlacke 9 ist relativ reich an Antimon, Arsen und Silber<sup>1793</sup>. Objekte aus Phase II und III enthalten Blei und Silber, sollen indes jedoch nicht als

<sup>1783</sup> Renfrew – Slater 2003, 303. 307.

<sup>1784</sup> Renfrew – Slater 2003, 303.

<sup>1785</sup> Die folgenden Fundvorstellungen und Überlegungen auf Basis von Renfrew – Slater 2003, bes. 303f. 307.

<sup>1786</sup> Muhly 2002, 77.

<sup>1787</sup> Stos 2003, 328.

<sup>1788</sup> Vgl. McGeehan-Liritzis – Gale 1988, 218 Table 5.

<sup>1789</sup> McGeehan-Liritzis – Gale 1988, 215. – Vgl. McGeehan-Liritzis – Gale 1988, bes. 202 Table 2.

<sup>1790</sup> McGeehan-Liritzis – Gale 1988, 202 Table 2.

<sup>1791</sup> McGeehan-Liritzis – Gale 1988, 215. – Ebenso McGeehan-Liritzis 1996, 171.

<sup>1792</sup> Die folgenden Überlegungen stehen auf der Basis der Informationen bei McGeehan-Liritzis – Gale 1988, bes. 200f. 202 Table 2; 212f. 215. 220f.; McGeehan-Liritzis 1996, 171 (mit Verweisen zu Analysetabellen [s. McGeehan-Liritzis 1996, 170]); Eine weitergehende Untersuchung musste aus Zeitgründen unterbleiben.

<sup>1793</sup> McGeehan-Liritzis – Gale 1988, 215: „Two Phase II slag samples from Sitagroi clearly indicate crucible melting; they have a very low iron content and were found adhering to crucible fragments. Microprobe analyses of metallic inclusions in slag 9 reveal both copper containing significant amounts of arsenic, silver and gold and also silver containing some copper. The relatively high antimony, arsenic and silver contents in the slag matrix do not seem consistent with the melting of native copper.“ (vgl. dazu die Tabellen von Analysen [Nr. 6 copper inclusion], deren Zuordnung mir nicht möglich ist [McGeehan-Liritzis – Gale 1988, 216f. Table 4; 218 Table 5]).

Arsenkupfer (hier: über 1 % As) gelten können<sup>1794</sup>. Die möglichen Schlacken aus Sitagroi wären daher erneut zu überprüfen – auch wegen des Nachweises von Schwefel in allerdings späterem Kupfer. Denn nach den Ausführungen von Hauptmann (2007b; 2003a) zu frühen Schlacken sind Sulfidschmelzen möglich; nach Lesniak (1991) und Moesta (2004) lassen sich Arsen-/Antimonmangellegierungen und Speisen aus Sulfidphasen (s. u. Ringanhänger) ausscheiden. Sulfidphasen wie Speisen können weiter auch als Sammler für Edelmetalle wie Silber dienen bzw. wirken und sind oft auch mit Blei vergesellschaftet (s. Kap. II.2.4.4.7; II.4.2.1)<sup>1795</sup>. In dieser Hinsicht würden sich einige Artefakte aus Sitagroi II mit solchen Prozessen verbinden lassen<sup>1796</sup>:

An./Inv. Nr.	Cu	As	Sn	Pb	Fe	Co	Ni	Zn	Sb	Bi	Ag	Au
<b>Sitagroi II (McGeehan-Liritzis 1996, 366 Table 4.6.3)</b>												
11	95,5	1,6	<.3	0,3	0,9	-	0,12	<.3	1,0	-	0,7	-
<b>Sitagroi II (McGeehan-Liritzis – Gale 1988, 216 Table 4)</b>												
17	90,8	-	-	0,4	0,02	-	-	-	-	-	0,41	-

Das gelegentliche Auftreten von mit Blei oder Antimon legierten Kupfern, vor allem wohl zur Frühbronzezeit, könnte vor diesem Hintergrund interessant sein<sup>1797</sup>. Eine sichere Aussage lässt sich beim jetzigen Untersuchungsstand jedoch nicht ableiten.

Ein mutmaßlicher Ringanhänger aus Emporio auf Chios (Taf. 15, 3; s. auch unten) wird *Late Neolithic* datiert und enthält 24,26 % Sb, 4,15 % As, 3,9 % Pb, 2,56 % Ag, 0,02 % Ni sowie 0,14 % Fe und wird hinsichtlich seiner Zusammensetzung mit Objekten aus Naḥal Mišmar verglichen<sup>1798</sup>.

<b>„Ringanhänger“ Emporio (Mangou – Ioannou 1997, 65 Table 3) - = not detected</b>												
Cu	Pb	Sn	As	Sb	Fe	Ni	Co	Zn	Bi	Ag	Au	Total%
65,65	3,90	-	4,15	24,26	0,14	0,02	-	0,05	-	2,56	-	100,73

Auch die Erzeugung dieser Legierung ließe sich in Anbetracht seiner Zusammensetzung möglicherweise durch die Abscheidung einer Speisephase aus einer Sulfidschmelze erklären (vgl. Taf. 5, 1); der Eisengehalt ist jedoch relativ hoch. Alternativ könnte ein entsprechend zusammengesetztes Mineralgemenge geschmolzen worden sein, womit im Rahmen der chalkolithischen Verhüttung eine Herleitung aus *prills* wahrscheinlich wird. Während in Early Bronze Age Metallartefakten der Ägäis sonst niedrige Eisengehalte vorliegen (häufig im Bereich von 0,0X %), zeigen arsenhaltige Funde aus Emporio Fe-Gehalte häufig im Bereich von 0,X %<sup>1799</sup>.

Während für das Late Neolithic und die Frühbronzezeit Festlandgriechenlands überwiegend eine Nutzung von Arsenkupfer neben Reinkupfern konstatiert wird, sollen „Arsenbronzen“ mit höheren Gehalten an Arsen das Arsenkupfer ab der Frühbronzezeit ersetzen. Vereinzelt treten auch erste

<sup>1794</sup> McGeehan-Liritzis – Gale 1988, 215. 220.

<sup>1795</sup> Siehe und vgl. Reallexikon der germanischen Altertumskunde 28 (2005) 427-432 s. v. Silber (A. Hauptmann) 429f.

<sup>1796</sup> McGeehan-Liritzis 1996, 171f. 366 Table 4.6.3 Analysis No 11 (vgl. dort auch zu den Objekten aus Phase III von Sitagroi); McGeehan-Liritzis – Gale 1988, 216 Table 4.

<sup>1797</sup> Siehe etwa McGeehan-Liritzis 1996, 197f.; Hauptmann 2007b, 202.

<sup>1798</sup> Muhly 2002, 78; Mangou – Ioannou 1997, 65 Table 3; 70.

<sup>1799</sup> Vgl. Mangou – Ioannou 1997, 65 Table 4.

Zinnbronzen auf, die ab der Spätbronzezeit dominieren<sup>1800</sup>. In der Ägäis soll sich nach Mangou und Ioannou eine Entwicklung in der Nutzung von *relativ reinem Kupfer* im Late Neolithic über Arsenkupfer während der Frühbronzezeit hin zu Bronze in der Spätbronzezeit beobachten lassen<sup>1801</sup>. Aber das eine ihrer beiden analysierten LN Objekte ist der eben besprochene mutmaßliche Ringanhänger aus *hoch legiertem SbAs-Kupfer* (s. auch unten), das andere kann nicht als ein Reinkupfer verstanden werden, wie es aus der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz vorliegt<sup>1802</sup>. Die Eisengehalte der LN Kupfer und Legierungen sind relativ hoch (0,X %), das Arsenkupfer der Frühbronzezeit ist teilweise eisenarm (0,0X-0,X %) und die Bronzen der Spätbronzezeit zeigen Eisen im Bereich von 0,X %<sup>1803</sup>. Der Anstieg des Eisengehaltes zur Spätbronzezeit wird ursächlich in Änderungen der Verhüttungstechnik vermutet<sup>1804</sup>. Hinweis auf möglicherweise windbetriebene Ofenkonstruktionen stellen perforierte freistehende keramische Zylinder dar, die sich ab der Frühbronzezeit in der Ägäis finden (Sideri auf Kythnos, Chrysokamino auf Kreta)<sup>1805</sup>. Für frühe Bronzen soll hier noch stellvertretend auf zwei Frühminoisch I datierte Dolche aus Krasi mit 6 und 10 % Zinn aufmerksam gemacht werden<sup>1806</sup>. Zahlreiche Dolche liegen aus Frühminoisch I Zusammenhängen vor<sup>1807</sup>. In Abhängigkeit davon, wie hoch man FM I ansetzt, ergeben sich andere Implikationen für den Stand der Technik und die Verwendung von niedrig bzw. stark legiertem Arsenkupfer und Zinn sowie die im Folgenden vorgestellten Silberfunde. Dolche, Arsenkupfer und Silber finden sich bereits seit dem Late und Final Neolithic<sup>1808</sup>. Nach dem Ergebnis aus der bleiisotopischen Analysen von Erzen, Metallfunden und Schlacken wurden in der Frühbronzezeit Erze von Kythnos, Seriphos, Siphnos und Laurion und evtl. auch von Kea auf Kythnos und in Chrysokamino verhüttet<sup>1809</sup>.

„Clearly, on the basis of our present evidence, the use of arsenical copper tells us very little regarding the antecedents of any metallurgical tradition. The use of arsenical copper was simply too ubiquitous across the ancient world during the centuries ca. 4000-2000 B.C. to be of much help in understanding what was going on at a site such as Ayia Photia“<sup>1810</sup>. Gerade darin mag aber der Schlüssel zum Verständnis der Arsenkupfermetallurgie liegen. Frühe Verbindungen zwischen der Ägäis und dem Schwarzmeerraum werden anhand verschiedener Dolchformen gezogen. Auch auf die Dolche Südosteuropas wird verwiesen<sup>1811</sup>. Ein Verdacht auf die Herkunft der Arsenkupfermetallurgie über Nordgriechenland, implizit etwa aus dem Bereich der Cucuteni-Kultur zur Zeit des frühen 4. Jt. v. Chr., wurde geäußert<sup>1812</sup>. Eine Herkunft der Kupfer- wie auch der Silbermetallurgie aus diesen Räumen wird für möglich gehalten, Gale und Stos-Gale verweisen zudem insbesondere auf die reichen Lagerstätten entlang der südlichen Schwarzmeerküste und der Troas<sup>1813</sup>. Dolche liegen auch aus mutmaßlichen Final

<sup>1800</sup> Mangou – Ioannou 1999, bes. 82f. 86; Papadimitriou 2008, 277. 278 Fig. 8. 279-281. 287; Zur Metallurgie, den Metallzusammensetzungen und Late Neolithic Arsenkupfer siehe etwa auch McGeehan-Liritzis – Gale 1988; Vgl. Alram-Stern 2004, 403.

<sup>1801</sup> Mangou – Ioannou 1997, 64. 68. 70.

<sup>1802</sup> Vgl. Mangou – Ioannou 1997, 65 Table 3.

<sup>1803</sup> Vgl. Mangou – Ioannou 1997, 64-68 mit Tabellen und Abbildungen.

<sup>1804</sup> Mangou – Ioannou 1997, 70.

<sup>1805</sup> Craddock 2000, 160.

<sup>1806</sup> Muhly 2008b, 72; Muhly 2002, 79; Zu einer Auflistung früher Bronzen siehe McGeehan-Liritzis 1996, 351-354 Table 4.3.1.4. – Zu Dolchfunden siehe etwa Muhly 2002, 79.

<sup>1807</sup> Muhly 2002, 79.

<sup>1808</sup> Vgl. dazu auch Muhly 2002, bes. 79.

<sup>1809</sup> Gale – Stos-Gale 2008, bes. 387. 399.

<sup>1810</sup> Muhly 2008b, 71f.

<sup>1811</sup> Mit weiterer Literatur Gale – Stos-Gale 2008, 399.

<sup>1812</sup> Alram-Stern 2004, 403; Sherratt 2000, 68.

<sup>1813</sup> Gale – Stos-Gale 2008, 399.

Neolithic Zusammenhängen der Alepotrypa-Höhle vor<sup>1814</sup>. Der dort gefundene Ringanhänger (s. u.) weist insbesondere nach Südosteuropa. Zwei der dortigen analysierten Silberfunde und ein Kupferfund sind bezüglich ihrer Erzherkunft mit dem Erzfeld von Laurion vereinbar<sup>1815</sup>. Eine frühe eigenständige extraktive Metallurgie in der Ägäis zeichnet sich ab<sup>1816</sup>. In Frühkykladisch II werden aufgrund von Nietdolchen Kontakte zum westlichen Schwarzmeerraum mit Tripol'e C2 vermutet und kontinuierliche maritime Verbindungen abgeleitet (s. u.)<sup>1817</sup>. Wie die Tabelle mit den Funden der Tharrounia Höhle (s. o.) auf Euböa zeigt, gehen die Arsenwerte mit niedrigen Eisengehalten einher. Funde der Peloponnes mit Arsengehalten zeigen, dass in der Bronzezeit (ab Frühhelladischer Zeit) der Peloponnes hohe Arsengehalte auch teils mit erhöhten Eisengehalten einhergehen können, allerdings wurde analysebedingt nur die oftmals korrodierte Oberfläche gemessen<sup>1818</sup>. Änderungen in der Herstellungsmethode und/oder Erzbasis könnten sich erschließen lassen.

#### **IV.1.1.1.1. Silbermetallurgie und ihr Milieu (teilweise ohne Katalog- und Karteneintrag)**

„The apparent absence of both litharge and silver at all these sites suggests that either silver metallurgy was not practised or, more probably, that litharge was not looked for at these sites and was thus thrown out by the excavators. For sites where no detailed study of debris was done, including comparison with the debitage from other sites, we are not in a position to come to any conclusions regarding silver and lead working“<sup>1819</sup>. McGeehan-Liritzis und Gale beziehen sich dabei für ihre Untersuchung der Metallurgie des griechischen Festlandes auf die Fundorte Sitagroi, Dimini, Petromagoula und Sesklo, da diese zusammen die spätneolithische und frühbronzezeitliche Zeitspanne abdecken<sup>1820</sup>. Diese Einschätzung zur Fundlage ist, obwohl sie aus dem Jahre 1988 stammt und zu den fraglichen Zeitpunkten teilweise zum Balkan ausgerichtete Regionen betrifft<sup>1821</sup>, dennoch interessant. Neue Funde und Umbewertungen alter Ensembles haben das Bild in Teilen der Ägäis mittlerweile stark verändert.

An den Beginn des Late Neolithic gegen Ende des 6. Jt. v. Chr. wird eine Silbernadel aus Limenaria-Lioudas auf Thasos datiert, die vermutlich aus silberhaltigem Bleierz extrahiert wurde<sup>1822</sup>. Vom Fundort Limenaria-Markoulis stammt weiter Litharge aus der ältesten, über Keramik und Radiokarbondaten wahrscheinlich ins späte Final Neolithic zu datierenden Schicht. Ein Datum zum Beginn des 4. Jt. v. Chr. wird genannt<sup>1823</sup>. Eine mittlerweile verschollene Perle mit der Materialangabe Blei oder Silber wird aus Final Neolithic Zusammenhängen von Palaikastro berichtet<sup>1824</sup>. Weitere, mutmaßlich frühe Silberfunde sind u. a. mit Ringanhängern verbunden.

Ringanhänger aus verschiedenen weiteren Materialien wie Stein, Knochen, Ton, Gold und in einem mutmaßlichen Fall SbAs-Kupfer sowie Darstellungen derselben sind im ägäisch-griechischen Raum häufig<sup>1825</sup>. Aufgrund der vereinzelt bis ins ausgehende ägäische Spätneolithikum zurückgehenden

---

<sup>1814</sup> Siehe etwa Muhly 2002, 79.

<sup>1815</sup> Stos-Gale 1987, 286-288 mit Tab. 31.4 und Fig. 31.22; Pernicka 1987, 683; Gale – Stos-Gale 2008, 399f. mit Table 37.7.

<sup>1816</sup> Gale – Stos-Gale 2008, 387f. (mit Diagrammen). 390.

<sup>1817</sup> Mit weiterer Literatur Gale – Stos-Gale 2008, 403.

<sup>1818</sup> Vgl. die Ergebnisse von Metallanalysen bei Kayafa 2003 (Tabellen).

<sup>1819</sup> McGeehan-Liritzis – Gale 1988, 215.

<sup>1820</sup> McGeehan-Liritzis – Gale 1988, 200f.

<sup>1821</sup> McGeehan-Liritzis – Gale 1988, 201. 207; Renfrew – Slater 2003, 315.

<sup>1822</sup> Papadopoulos 2008, 63. 65.

<sup>1823</sup> Papadopoulos 2008, 63-65.

<sup>1824</sup> Muhly 2008b, 73.

<sup>1825</sup> Muhly 2002, 77f. mit weiterer Literatur; Maran 2000, 190 mit Anm. 60.

Vorbilder für metallene Ringanhänger und des Umstandes, dass anstelle des in anderen Regionen zumeist genutzten Goldes hier Silber verwendet wird (Taf. 18, 2), spricht sich Maran dezidiert gegen einen Import von Fertigprodukten und für eine lokale Fertigung aus<sup>1826</sup>. Neben Funden silberner Ringanhänger ist ein Hortfund vom Schwarzmarkt mit 53 Goldobjekten, darunter zahlreiche Ringanhänger, zu nennen<sup>1827</sup>. Besonders hervorzuheben ist ein formal unklares Stück, möglicherweise ein Ringanhänger, aus legiertem Kupfer von Emporio auf Chios (Taf. 15, 3)<sup>1828</sup>. Mit dieser Legierung könnte eine herausstechende, möglicherweise silberne Farbe verbunden sein, und das Stück sich so auch, vorbehaltlich der unsicheren Ansprache, mit silbernen Ringanhängern verknüpfen lassen. Anhand sowohl des Materials und damit der Herstellungstechnik (Sulfidphasen mit Speiseabscheidung, Ausschmelzen nach Schmelzpunktunterschieden?) als auch der Form könnten sich Kommunikationsnetzwerke bis nach Tell Ğudeide (Amuq F) (vgl. Kap. IV.2.2) und anhand der Legierung allein nach Naħal Mišmar<sup>1829</sup> nachzeichnen lassen. Aus Tell Ğudeide stammt ein ringanhängerartiges Stück aus Stein (Taf. 30, 3; s. Kap. IV.2.2). Im Milieu von Amuq F wiederum ist auch Silber und seine Gewinnung durch Kupellation bekannt (vgl. Obermesopotamien Kap. IV.2.2).

Ein silberner Ringanhänger der Alepotrypa-Höhle (Kat. 8), auf der südlichen Peloponnes an der Westküste der Mani-Halbinsel gelegen, wurde zusammen mit je einem Paar kleiner und einem Paar größerer Ringe aus Silber sowie zahlreichen silbernen Perlen einer Kette in Kammer I gefunden (Taf. 15, 1). Ein gemeinsamer Kontext ist durchaus wahrscheinlich, aber leider nicht mehr sicher zu rekonstruieren. Aus Kammer II der gleichen Höhle stammen vier kupferne Dolche und zwei amorphe Kupferbrocken bzw. möglicherweise Erz oder Schlacken (vgl. Kat. 8) als Hinweise auf eine lokale Metallverarbeitung<sup>1830</sup>. Weitere Metallfunde der Höhle sind zwei Meißelklingen, eine Beilklinge, Nadeln etc<sup>1831</sup>. Die Zusammensetzung der analysierten Silberfunde legt eine Kupellation nahe<sup>1832</sup>. Zusammen mit dem silbernen Ringanhänger aus der ‚Höhle des Euripides‘ bei Peristéria auf Salamis wurde ein ebenfalls silberner Drahring gefunden (Kat. 9; Taf. 15, 2). Aus dem Bereich der Eileithyia-Höhle bei Amnissos (Kreta) stammen ein silberner Ringanhänger, ein silberner Drahring und ein spulenförmiges Objekt, die zusammen evtl. einen geschlossenen Fund bildeten (Kat. 10; Taf. 15, 4). Maran machte gegen begründete Zweifel eine Zuweisung dieser ägäischen Ringanhänger mittels ihrer Formmerkmale sowie allgemeiner Überlegungen in die gleiche Zeit wie die der balkanisch-donauländischen Stücke wahrscheinlich, d. h. zwischen etwa 4500 und 3500 v. Chr.<sup>1833</sup>. Mit den Ringanhängern lassen sich auch die silbernen „Begleitfunde“, wenn auch teils unter Vorbehalt, in die gleiche Zeit datieren<sup>1834</sup>. Auch Überlegungen zu Fundumständen, Fundzusammenhängen und der Forschungsgeschichte stützen diese Datierung der Ringanhänger<sup>1835</sup>. So hatte beispielsweise Miložičić bei dem Stück aus dem Bereich der Eileithyia-Höhle auf Kreta schon früh Verbindungen zu

<sup>1826</sup> Maran 2000, 190.

<sup>1827</sup> Muhly 2002, 78. – Ein Teil der goldenen Ringanhänger stammt vom Schwarzmarkt und die Herkunft nicht letztlich sicher zu machen, jedoch ist dies hier nicht weiter von Belang, da der Bereich des Balkans zu vermuten ist (Muhly 2002, 78). Hansen nennt Bulgarien oder die Türkei als mögliche Herkunftsorte (Hansen 2009, 20).

<sup>1828</sup> So auch Muhly 2002, 78 und Mangou – Ioannou 1997, 70. – Das Stück besteht aus einem Ring, dessen mutmaßliche Aufhängung aber weggebrochen ist (Hood 1982, 661 Fig. 295, 17; 664. Plate 139, 17).

<sup>1829</sup> Mangou – Ioannou 1997, 70.

<sup>1830</sup> Zachos 2007, 172f.; Papathanasiou 2001, 25.

<sup>1831</sup> Zachos 2007, 172f.

<sup>1832</sup> Vgl. Kat. 8 Analyse.

<sup>1833</sup> Maran 2000, 185. 187-189. 191. bes. 187f.

<sup>1834</sup> Siehe Kat. 8-10.

<sup>1835</sup> Siehe den Katalog zu Fundumständen, Fundzusammenhang, stratigraphischer Einbindung, Datierung und evtl. Bemerkungen bei den entsprechenden Stücken (Alepotrypa Kat. 8; „Höhle des Euripides“ Kat. 9; Eileithyia-Höhle Kat. 10) sowie Maran 2000, 185 Anm. 36; 186-187.

balkanischen Kulturgruppen erkannt<sup>1836</sup>, aber aufgrund des von Miložić erwogenen Kontextes und seiner Datierung ging der Ringanhänger als Fund der frühminoischen Zeit in die Literatur ein<sup>1837</sup>. Zahlreiche Autoren folgten ihm in dieser Auffassung, teils unter dem Paradigma, dass es vorminoisches Silber auf Kreta nicht gegeben haben könne<sup>1838</sup>. Das Stück aus Kreta diene umgekehrt sogar zur Datierung seiner balkanisch-donauländischen Parallelen<sup>1839</sup>.

Die Funde von Arsenkupferobjekten, Dolchen (aus Kontexten der Alepotrypa-Höhle, Ajos Dimitrios auf der Peleponnes, Zas-Höhle auf Naxos<sup>1840</sup>) und Ringanhängern aus Silber könnten ein Anhaltspunkt auf deren gemeinsames Auftreten um spätestens 4000 v. Chr. darstellen. Jedoch ist ein Zusammenhang nicht sicher herzustellen, eine denkbare frühere Datierung ist nicht auszuschließen, und mögliche frühere Dolche spätneolithischer Zeitstellung stammen etwa aus Ajia Marina (s. o.).

Mit einer Datierung ans Ende des Neolithikums (zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr.) könnten Hinweise auf Kupellation in Form von Lithargefunden aus der Mesogaia-Ebene in der Attika verbunden sein<sup>1841</sup>: In die Übergangsphase zwischen Final Neolithic und Frühhelladikum I (FH I ca. 3000/2600-2500/2400 v. Chr.) werden eine Kupferschlacke und ein Lithargefragment aus Koropi datiert. Zahlreiche weitere, teilweise in Werkstattkontexten und in großen Mengen gefundene Bleiglättestücke verschiedener Form stammen aus Zusammenhängen des Final Neolithic und insbesondere Frühhelladikums I und II sowie ferner des Mittelhelladikums von Fundorten wie Lambrika bei Koropi, Merenda Markopoulou und Velatouri Kerateas.

Aus dem frühbronzezeitlichen Limenaria auf Thasos stammt eine weitere Bleiglätte<sup>1842</sup>. Einen Anfangsverdacht auf eine frühe extraktive Silbermetallurgie stellen Final Neolithic und Frühbronzezeit I Keramikscherben aus Kontexten der Silbermetallurgie von Siphnos und Antiparos sowie in die Übergangsphase zwischen Final Neolithic und Frühhelladikum I datierte Oberflächenfunde aus dem Bereich von Galerien im Erzfeld von Laurion dar<sup>1843</sup>.

Noch in die späte Phase von Frühminoisch I, Muhly gibt ein Datum um 3000 v. Chr., könnten ein Großteil der Metallfunde aus dem Gräberfeld von Ajia Photia-Siteia zu datieren sein<sup>1844</sup>. Darunter sind ein kleiner Tieranhänger und zwei kleine diskoidale Perlen aus Silber<sup>1845</sup>. Zahlreiche weitere solcher diskoider Silberperlen einer Halskette sind vom östlich von Heraklion gelegenen Frühminoisch I-Gräberfeld von Gournes bekannt<sup>1846</sup>. Nach Muhly datieren diese Funde ebenso in die späte Phase von Frühminoisch I wie Perlen aus Kapros Grab D auf Naxos, woher auch eine silberne Schale stammt<sup>1847</sup>. Vasilakis gibt als Datierungsansatz für die Funde von Gournes Final Neolithic/Frühe Vorpalastzeit (4500–2700 v. Chr.) und nennt als Vergleiche für die Perlen neben Louros (s. u.) die Funde aus der Alepotrypa-Höhle<sup>1848</sup>. Unter der gleichen Datierungsangabe werden von ihm neun Silberfunde aus Grabzusammenhängen von Krasi-Pediada berichtet<sup>1849</sup>. Neben den erwähnten Dolchen stammt aus

---

<sup>1836</sup> Miložić 1953, 9.

<sup>1837</sup> Miložić 1953, 9; Dazu Maran 2000, 186.

<sup>1838</sup> Dumitrescu 1961, 85; Branigan 1968, 222; Makkay 1976, 257-260; McGeehan-Liritzis 1996, 109; Zu diesem Problem und zur Datierung Maran 2000, 186.

<sup>1839</sup> Miložić 1953, 9; Dazu Maran 2000, 186.

<sup>1840</sup> Gale – Stos-Gale 2008, 399.

<sup>1841</sup> Kakavogianni u. a. 2008; Papadopoulos 2008, 65.

<sup>1842</sup> Mit weiterer Literatur Kakavogianni u. a. 2008, 54.

<sup>1843</sup> Mit weiterer Literatur Kakavogianni u. a. 2008, 45f.; Gale – Stos-Gale 2008, 399.

<sup>1844</sup> Zur Diskussion um die Datierung siehe Muhly 2008b, bes. 69f.

<sup>1845</sup> Muhly 2008b, 73 (dort auch zu einer Analyse des Tieranhängers).

<sup>1846</sup> Muhly 2008b, 73; Vasilakis 2008, 77.

<sup>1847</sup> Muhly 2008b, 73.

<sup>1848</sup> Vasilakis 2008, 75. 77.

<sup>1849</sup> Vasilakis 2008, 75-77 mit Fig. 4-8, a-b.



einem Tholos von Krasi ein Frühminoisch I datierter Silberanhänger<sup>1850</sup>. Aus einem Tholosgrab von Kalokampos bei Trypiti wird eine Silberscheibe mit doppelter Durchlochung sowie kreuzförmiger und randlicher Punktverzierung mit der Datierung Final Neolithic/Frühe Vopalastzeit genannt; eine ähnliche, mit zwei Spiralringen vergesellschaftete Scheibe stammt aus Ajios Andonis bei Kavousi<sup>1851</sup>. Aus dem 3. Jt. v. Chr. (ca. 2800-2300/2200 v. Chr.) liegen in Europa sehr ähnliche doppelt durchlochte Scheiben mit radial oder kreuzförmiger sowie zumeist randlicher Punz- bzw. Grübchenzier aus Muschel, Bernstein, Knochen und selten Metall u. a. aus der Schnurkeramikultur vor<sup>1852</sup>. Maran sieht mit den Funden von Kapros Grab D auf Amargos und jenen von Louros auf Naxos (vgl. beide Fundorte oben) und weiteren einen ersten, sich im frühen 3. Jt. v. Chr. manifestierenden Höhepunkt der Frühkykladisch I-Silbermetallurgie<sup>1853</sup>. Offen bleibt dabei derweil, ob es sich um eine auf Kontinuitäten aufbauende Entwicklung oder einen (von außen angestoßenen) Neuanfang handelt<sup>1854</sup>. Bereits in Frühkykladisch II sind 200 silberne Perlen einer Halskette von Louros auf Naxos zu datieren<sup>1855</sup>. Zahlreiche weitere Silberfunde dieser und späterer Zeitstellung zeigen den Umfang der Silbermetallurgie<sup>1856</sup>. Muhly gibt die von Gale und Stos-Gale 1981 vorgelegten und mittlerweile überholten Zahlen von frühbronzezeitlichen Gold-, Silber- und Bleifunden Kretas und der Kykladen wieder<sup>1857</sup>: Nachfolgende Tabelle zeigt die relativen Anteile dieser Gold-, Silber- und Bleifunde. An ihr lässt sich ablesen, dass in der Frühbronzezeit auf Kreta Gold und auf den Kykladen Silber vorherrscht. Auffällig ist außerdem eine mengenmäßige Korrelation der Silber- und Bleifunde. Die in der Einleitung dieser Arbeit genannte und von der Forschung getragene enge Verknüpfung von Blei und Silber lässt sich hiermit möglicherweise quantitativ beurteilen.

	%Au	%Ag	%Pb
Kykladen	1	54	45
Kreta	83	11	6

Lange Zeit erschien eine in metallurgischer Hinsicht fortschrittliche oder gar innovative Rolle der Ägäis vor dem 3. Jt. v. Chr. als fraglich<sup>1858</sup>. Während jüngst etwa Govedarica die metallurgische (und kulturelle) Entwicklung des 5. Jt. v. Chr. auf dem Südbalkan (Albanien, Westmazedonien, griechisches Festland) als abhängig von „ostbalkanischen Kulturzentren“<sup>1859</sup> und als diesen kulturell untergeordnet charakterisierte, gilt Maran und Muhly das nachfolgende Chalkolithikum bzw. Final Neolithic der Ägäis als durchaus innovativ<sup>1860</sup>. Vor dem Hintergrund der möglichen frühen Schlacken aus – dem zwar

<sup>1850</sup> Muhly 2002, 79.

<sup>1851</sup> Vasilakis 2008, 77. 78 Fig. 9.

<sup>1852</sup> Vgl. Klassen 2000, 198-209. bes. 205.

<sup>1853</sup> Maran 2000, 189f.

<sup>1854</sup> Maran 2000, 192: Möglicherweise könnten, vor dem Hintergrund der Entwicklungen in anderen Regionen Südosteuropas, Einschnitte Mitte des 4. Jt. v. Chr. erfolgt sein. Vgl. dazu etwa Hansen 2009. Hansen sieht das 4. Jt. v. Chr. als einen in vielerlei, auch metallurgischer Hinsicht innovativen Zeitabschnitt.

<sup>1855</sup> Muhly 2008b, 69. 73.

<sup>1856</sup> Siehe etwa Muhly 2008b, 72f.; Vasilakis 2008; Alram-Stern 2004, 427-430; Neben den zahlreichen Kupfer- und Silberfunden der Kampos Gruppe sind Tiegel aus Gräbern von Ajia Photia (Frühkykladisch), die Vergleiche in Funden aus Kastri auf Syros (dort Frühkykladisch II) finden, für Muhly ein Argument eine frühe Kykladische Metallurgie fassen zu können (Muhly 2008b, 73).

<sup>1857</sup> Muhly 2008b, 72; Gale – Stos-Gale 1981c, 181 (dort auch zu trojanischen Funden).

<sup>1858</sup> Siehe für das Festland Govedarica 2009, 66f.

<sup>1859</sup> Govedarica 2009, 66.

<sup>1860</sup> Maran 2000, 184-192; Muhly 2002, 77f.; Siehe auch Renfrew – Slater 2003, 317f.

durchaus östlich gelegenen – Sitagroi II, des Fundes von Emporio und der Hinweise auf frühe extraktive Silbermetallurgie ist eine innovative Rolle vielleicht auch für das 5. Jt. v. Chr. anzunehmen.

#### IV.1.1.1.2. Zypern

Zypern weist reichhaltige, massive Lagerstätten sulfidischer (Kupfer-) Erze auf. Aufgrund der Annahmen, dass oxidische Erze fehlten, und dass sulfidische Erze in früher Zeit nicht verhüttet werden konnten, wurde Zyperns Bedeutung für die frühe Metallurgie in Frage gestellt. Dies dürfte aber neu zu bewerten sein, da zum einen neueren Untersuchungen zufolge prinzipiell genügend oxidische Erzquellen zur Verfügung gestanden haben dürften, um für eine frühbronzezeitliche Metallurgie von Interesse zu sein. Auch die Frage nach der Rolle von Vorkommen gediegenen Kupfers ist offen<sup>1861</sup>. Zum anderen ist die Verhüttung (teil-) sulfidischer Erze andernorts mittlerweile früh nachzuzeichnen, und auch auf Zypern finden sich erste Verdachtsmomente darauf (s. u.). Da die geochemische und isotopische Zusammensetzung nicht mit den wenigen chalkolithischen Funden übereinstimmt, wurde ein Import angenommen<sup>1862</sup>. Für das Silber ist festzuhalten, dass die Ophiolithe Zyperns zwar hervorragende Vorkommen auf Kupfer sind, aber in ihrer Bedeutung für den Blei-Silber Bergbau zurückzutreten scheinen, obwohl Silber etwa in den Eisernen Hüten vertreten ist<sup>1863</sup>. Die ersten einfachen Kupferfunde Zyperns<sup>1864</sup> sollen aus der Zeit um (spätestens) 3500 v. Chr. stammen. Weniger als 20 Metallfunde des gesamten Chalkolithikums (von 3900–2600 v. Chr.) sollen bekannt sein. Indes könnte es sich dabei um ein Problem des Forschungsstandes handeln, da nur wenige Fundorte dieser Zeitstellung ergraben sind<sup>1865</sup>. Andererseits wird angenommen, dass Zypern seine Rolle als Metallproduzent für den Mittelmeerraum erst im 2. Jt. v. Chr. einnehmen konnte. Der Grund dafür wird in der Bewältigung sulfidischer Erze gesehen<sup>1866</sup>. Dies bleibt zu hinterfragen. Der Beginn der extraktiven Metallurgie auf Zypern soll Tzachili zufolge mittels Spuren nachweisbar am Ende des 3. Jt. v. Chr. einsetzen und mit der ersten Hälfte des 2. Jt. v. Chr. einen Aufschwung finden<sup>1867</sup>. Aus *Late Chalcolithic* Zusammenhängen von Kissonerga Mosphilia (Periode 4) wird laut Kassianidou und Knapp sowohl durch die Funde von Kupferobjekten, die mit lokalen Vorkommen vereinbar sind, als auch von Tiegeln eine lokale extraktive Metallurgie möglich<sup>1868</sup>. Dazu und zu Fragen nach sulfidischer Verhüttungstechnologie auf chalkolithischer Basis ohne regelhafte Schlackenbildung könnten folgende Ausführungen in Beziehung zu setzen sein: „Bei den flächenmäßig geringen Ausgrabungsarealen auf Zypern hat man aus der Zeit um 3500 v. Chr. zwar Kupfergegenstände, jedoch bislang noch keine stratifizierte Schlacke gefunden. In einem Rundhaus in Kissonerga-Mosphilia entdeckte man in einer holzkohlehaltigen Schicht neben einem etwa 1 kg schwerem [sic] Meißel ein etwa 1 kg schweres sulfidisches Kupfererzstück, das [...] in den Randbereichen teilweise oxidiert ist“<sup>1869</sup>. Erze wie dieses enthalten Antimon, welches auch in einem Meißel aus einer zu diesem(?) „Siedlungskomplex

---

<sup>1861</sup> Hauptmann 2007b, 10f.

<sup>1862</sup> Hauptmann 2007b, 10f.

<sup>1863</sup> Constantinou 1999, 41.

<sup>1864</sup> Hier v. a. auf Grundlage von Kassianidou – Knapp 2008, 217. 220; Muhly 2002, 80. – Vgl. dazu Ottaway 1994, 234 mit weiterer Literatur: Sie nennt als Zeitpunkt des Auftretens der ersten Kupferobjekte, als Quelle wird gediegen Kupfer vermutet, „kurz nach 4000 v. Chr.“, darunter befinden sich „ein Haken, ein Kupferblech, zwei Meißel, ein Kettenteilglied (spacer bead) und das Fragment einer Klinge“ (Ottaway 1994, 234). Andere Autoren implizieren eine Nutzung von gediegen Kupfer ab etwa 3500 v. Chr. und eine Verhüttung ab etwa 3000 v. Chr.? (Busch 1999, 11; Hadjisavvas 1999, 18. 21f.).

<sup>1865</sup> Kassianidou – Knapp 2008, 217.

<sup>1866</sup> Kassianidou – Knapp 2008, 217. 220. 231f.; Vgl. Hauptmann 2007b, 10.

<sup>1867</sup> Tzachili 2008, 26.

<sup>1868</sup> Nach Kassianidou – Knapp 2008, 217.

<sup>1869</sup> Zwicker 1989, 194.

gehörenden chalkolithischen Siedlung bei Lemba<sup>1870</sup> enthalten ist. Um Aussagen dazu abzuleiten, bedarf es zwar weiterer Nachforschungen, aber erste Zweifel an alten Schemata ergeben sich daraus. Eine erste Nutzung zypriotischer Erzquellen in Chalkolithischer und Frühzypriotisch I Zeit wird von Gale und Stos-Gale gesehen<sup>1871</sup>. Einen Aufschwung, evtl. im Zusammenhang mit Entwicklungen in der Schifffahrt um 2200–1950 v. Chr., könnte sich auf den Kykladen mittels der bleiisotopisch bestimmten Herkunft von Kupfer ablesen lassen<sup>1872</sup>: In Teilen der Kykladen beträgt der Anteil von Kupfern mit mutmaßlich zypriotischem Ursprung in Frühkykladisch I–II 10 %, in Frühkykladisch IIIA steigt er auf 24 %, in Spätkykladisch I–II auf 33 % und in Spätkykladisch II–III schließlich auf 42 %.

Während der Bronzezeit ist Zypern ein wichtiges, wenn nicht gar das wichtigste Metallurgiezentrum des Mittelmeerraumes<sup>1873</sup>. Das lateinische Wort *cuprum* leitet sich deshalb von *aes cyprium* ab. Aber Fragen nach der Verhüttung – auch sulfidischer Erze – in chalkolithischer Zeit sind neu zu stellen.

#### **IV.1.1.1.3. Silber und Kupfersilberlegierungen an der Wende vom 4. zum 3. Jt. v. Chr.**

Objekte aus einer Kupfersilberlegierung finden sich in Südosteuropa möglicherweise verstärkt vom Ende des 4. Jt. oder beginnenden 3. Jt. v. Chr. an<sup>1874</sup>. Sie liegen etwa aus Kroatien (Stari Jankovci)<sup>1875</sup> und Montenegro an der Adria im Grabhügel von Mala Gruda<sup>1876</sup> vor. Die Äxte von Perşinari sollen deutlich jünger sein<sup>1877</sup>. Von Kreta aus Early Minoan I Zusammenhängen (um 3000 v. Chr.) stammen sechs Dolche „aus Silber“. Analysen von drei Exemplaren aus Koumasa zeigen, dass sie schwankende Kupfergehalte enthalten (27 %, 18,7 %, 10 %)<sup>1878</sup>. Eine Gewinnung solcher Legierungen aus sulfidischen Erzen wird teilweise angedacht (s. die Ausführungen bei Kat. 5). Eine Entscheidung, ob es sich um eine Gewinnung von Kupfersilberlegierungen aus Fahlerzen handelt, kann auf Grundlage der hier zusammengetragenen Daten nicht erfolgen. Aufgrund des ungefähr gleichen Zeithorizontes könnte dies aber mit den Hinweisen aus Arslantepe zur Ausnutzung von zumindest Temperaturunterschieden spannend sein. Weiterhin könnte auch eine Gewinnung aus Speisen zu bedenken sein. Mit der Datierung der Äxte des Typs Kozarac sind Silberfunde aus Bosnien verbunden. Eine Datierung dieser Silberfunde ins frühe 3. Jt. v. Chr. darf angenommen werden, für einige dieser Funde bleibt eine Datierung ins ausgehende 4. Jt. v. Chr. jedoch nicht ausschließbar<sup>1879</sup>.

#### **IV.1.1.2. Weiterer nordpontischer Raum im 4. Jt. v. Chr. und Entwicklungen im Vergleich zur vorangehenden Zeit**

Auch im nordpontischen Gebiet und den Steppen zeigen sich Umbrüche und Kontinuitäten mit dem Ende der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz an<sup>1880</sup>. Im Dnepr- und Donez-Gebiet etwa endet während der Zeit von Tripol'e B2 die Skeljanska Kultur, die nach Rassamakin wesentlichen Anteil an

---

<sup>1870</sup> (Dazu) Zwicker 1989, 194.

<sup>1871</sup> Gale – Stos-Gale 2008, 403.

<sup>1872</sup> Gale – Stos-Gale 2008, bes. 388f. (mit Diagrammen). 390. 405; Vgl. Kassianidou – Knapp 2008, 217.

<sup>1873</sup> Kassianidou – Knapp 2008, 217. 218. 239.

<sup>1874</sup> Im Folgenden die Belege der Kupfersilberlegierungen zunächst nach Muhly 2011, 865 mit weiterer Literatur.

<sup>1875</sup> Balen – Mihelić 2007, bes. 105-107. Zwei endständige, einschneidige Schaftlochäxte. Ag 71,61 %, Au 15,76 %, Cu 9,87 %, Pb 2,08 %, Fe 0,68 % (EDXRF-Analyse einer Axt) (Balen – Mihelić 2007, 105).

<sup>1876</sup> Primas 1996; Maran 2007, 8f.; Endständige, einschneidige Schaftlochaxt mit zylindrischer Schaftröhre mit Facetten an Schaftröhre und Klinge. Semiquantitative Spektralanalyse: Ag ++++/ Au + / Cu + (Primas 1996, 107).

<sup>1877</sup> Primas 1996, 93.

<sup>1878</sup> Kupfergehalte nach Muhly 2011, 865 mit weiterer Literatur; Vasilakis 2008, 82f. 81f. Fig. 21-22. 26.

<sup>1879</sup> Siehe die Ausführungen von Hansen 2011c, 142.

<sup>1880</sup> Siehe für die Entwicklungen im 4. Jt. Rassamakin 1999, 112-125.

der Vermittlung der Metallurgie hatte, ohne aber dass alle Charakteristika aus dem karpato-balkanischen Bereich abbrechen<sup>1881</sup>. Um etwa 3800/3700 mit Tripol'e C1 kommen (nach Rassamakin) in diesem Gebiet Nachfolgekulturen und Gruppen wie Kvitjanska, Unteres Michailovka, Dereivka und Konstantinovsk neben anderen auf<sup>1882</sup>. Hinweise auf weiterbestehende Verbindungen liegen etwa in Form von Tripol'e C1 und C2 Keramik vor. Nach Ryndina sollen die metallurgischen Kenntnisse von Kvitjanska auf karpato-balkanischen Traditionen fußen, sowie die Erze sich aus dem Karpatenraum herleiten lassen<sup>1883</sup>. Metallartefakte sind häufig, und Gussformen für endständige Schaftlochäxte liegen vor<sup>1884</sup>. Silberfunde stammen aus Gräbern von Trapovka und Kovalevka (Kat. 14, c. d; Taf. 14, 3 1. 2). Diese werden von Rassamakin den Gräbern von Unterem Michailovka zugeteilt<sup>1885</sup>; die Zuweisung zu dieser Gruppe ist bei vielen Gräbern allerdings „on too loose a basis, covering too wide an area and period“ (Rassamakin!)<sup>1886</sup>. Über Vergleiche mit Tripol'e B2–C1 und Funden von Tripol'e B2–C1 und C2 Keramik in Gräbern dieser leidlich definierten Gruppe ergäbe sich – dem System von Rassamakin folgend – die Möglichkeit einer Datierung noch in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr.<sup>1887</sup>. An anderer Stelle wird der Fund von Trapovka zu Usatovo gestellt (s. u.; vgl. Kat. 15, d). In den Kurganen von Konstantinovsk am rechten Ufer des Don kurz vor der Einmündung des Donez im Bereich nordöstlich des Asowschen Meeres (Russland) sollen sich Majkopeinflüsse (Phase Novosvobodnaja) an Flintpfeilspitzen, Keramik und Metallgegenständen ablesen lassen<sup>1888</sup>. Ein Zepter aus der Siedlung Konstantinovsk der gleichnamigen Kultur und evtl. eines des Gräberfeldes wird Tripol'e C1–C2 angesetzt<sup>1889</sup>. Aus einem Kurgangrab von Konstantinovsk stammen mehrere einfache Ringe aus Silber (Kat. 14, b). Nach Rassamakin ergibt sich eine Datierung um die Mitte des 4. Jt. v. Chr.<sup>1890</sup>. In Keramik der Siedlung Konstantinovsk lassen sich Anklänge an Tripol'e C2 Keramik von Fundorten wie Usatovo erkennen<sup>1891</sup>. Mit dem Grab von Konstantinovsk sind nach Rassamakin über die Keramik und die Metallgegenstände Verbindungen zu Majkop-Novosvobodnaja zu verfolgen<sup>1892</sup>.

In der Zeit von Tripol'e C2 (ab ca. 3500/3400 v. Chr.) brechen die Kulturen weiter auf und lokale Entwicklungen lassen sich beobachten<sup>1893</sup>. In der Steppenzzone zwischen Dnjestr und Prut nordwestlich des Schwarzen Meeres treten Usatovo Elemente die Nachfolge von Tripol'e an, bzw. Funde des Typs Usatovo werden der Spätphase der späten Tripol'e-Kultur (Phase C2) zugerechnet<sup>1894</sup>. Elemente vom östlich anschließenden Unteren Michailovka sollen sich dabei in Usatovo feststellen lassen. Beide überlappen sich zeitlich<sup>1895</sup>. Keramik vom Typus Usatovo soll Ähnlichkeiten mit Keramik von Spät-Majkop haben,<sup>1896</sup> und importierte Majkop-Gefäße werden berichtet<sup>1897</sup>. Govedarica sieht anhand

<sup>1881</sup> Rassamakin 1999, 111f.

<sup>1882</sup> Rassamakin 1999, 112-122.

<sup>1883</sup> Ryndina (1993, 31) zitiert nach Rassamakin 1999, 116.

<sup>1884</sup> Rassamakin 1999, 116.

<sup>1885</sup> Rassamakin 1999, 91-93 mit Fig. 3.25. Fig. 3.28.

<sup>1886</sup> Rassamakin 1999, 92.

<sup>1887</sup> Siehe Kat. 14, c. d; Rassamakin 1999, 91f.; Vgl. Rassamakin 2004b, 133f. Kat. 43; Rassamakin 2004a, 123. 124 Abb. 100,7; 140 Abb. 111; bes. 141. 205 Abb. 136.

<sup>1888</sup> Rassamakin 1999, 117. 122; Rassamakin 2004a, 111f.

<sup>1889</sup> Govedarica 2004, 241f.

<sup>1890</sup> Vgl. Rassamakin 2004a, 110. 111 Abb. 90, 23; 112; Rassamakin 2004a, 109-115. 151-168. bes. 162-165. 205 Abb. 136.

<sup>1891</sup> Siehe hierzu Rassamakin 2004a, 196.

<sup>1892</sup> Rassamakin 2004a, 111f.

<sup>1893</sup> Rassamakin 1999, 122.

<sup>1894</sup> Rassamakin 1999, 122; Chernykh 1992, 92-95; Zu Usatovo allgemein Dergačev 1991, 1-10. 13; Taf. 1; Zu den Funden Dergačev 1991, 11-17.

<sup>1895</sup> Rassamakin 1999, 122f.

<sup>1896</sup> Dergačev 1991, 15f.; Govedarica 2002, 790.

<sup>1897</sup> Dergačev 1991, 15f.

einzelner Metallformen wie Beilen gute Parallelen zwischen Usatovo und der jüngeren Phase der Majkop-Kultur, die ungefähr zeitgleich mit Usatovo einzuordnen ist<sup>1898</sup>. Die Funde vom Typ Usatovo gehören chronologisch voll der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz an. Chernykh hebt aber Bezüge zum karpato-balkanischen Raum sowie auch zu Kleinasien und zur Ägäis hervor, sowohl was die Formen als auch das Rohmaterial der Metallartefakte angeht, wobei er Usatovo trotzdem fest im System der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz verankert sieht (s. u.)<sup>1899</sup>. Lagerstätten in der Nähe der Usatovo Kultur liegen beispielsweise am Oberen Dneestr und des Weiteren im Bereich der Ostkarpaten. Belege auf extraktive Metallurgie aus der Zeit von Usatovo liegen nicht vor, lediglich vage Hinweise auf eine Erzaufbereitung sowie ein mutmaßlich zum Guss dienender Tonlöffel. Die sich ändernde chemische Zusammensetzung von Kupfer von Mittel- zu Spät-Tripol'e sah Chernykh als Hinweis auf einen Wechsel der Erzquellen, die Nutzung von Arsenkupfer in Usatovozusammenhängen hielt er zunächst für einen Hinweis auf eine kaukasische (i. e. transkaukasische), später dann eine balkanische oder ägäische Herkunft<sup>1900</sup>. Leicht erhöhte Nickelgehalte in einigen der analysierten Artefakte, darunter bei einem Dolch, aus Usatovozusammenhängen sind bekannt. Dolche zeigen eine mit Arsen angereicherte Oberfläche, deren Arsengehalt durch eine inverse Oberflächensegregation während des Auskühlens beim Gussvorgang entstanden oder möglicherweise auch durch einen Zementationsprozess unter Verwendung von Holzkohle, Arsenoxid und Pflanzenasche gesteigert worden sein soll<sup>1901</sup>. Der Ursprung der dazu angewendeten Verfahren, um die silberne Farbe von Arsenkupferartefakten gezielt zu steigern, oder gar die Herkunft der Objekte selbst wurde im ägäisch-anatolischen Raum gesucht<sup>1902</sup>.

Verschiedene Gräber der Usatovo-Gruppe enthielten silberne Ringe und Perlen (Kat. 15, a-f; Taf. 14, 1 1–5. 3 1)<sup>1903</sup>. Die Silberfunde stammen aus den Kurganen von Parcani I (Kat. 15, a), Sucleia (Kat. 15, b) und Purkary (Kat. 15, f) in Moldawien, Usatovo (Kat. 15, c) und Trapovka (vgl. oben; Kat. 15,d; 14,c) in der Ukraine sowie Alexandrovka (Kat. 15, e). Meist handelt es sich um einfache Drahringe mit anderthalb bis vier Windungen, seltener um einfache Ringe mit sich fast berührenden Enden. Sie werden als Schläfenanhänger/-ringe angesprochen; in einem Fall (Sucleia) handelt es sich um einen ausgesprochenen Lockenring. Aus Usatovo selbst stammen des Weiteren noch silberne Perlen. Für Funde vom Typus Usatovo kann man eine Datierung in die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. von etwa 3500-3200 v. Chr. annehmen<sup>1904</sup>.

Während die möglicherweise früh datierbaren Funde (vor frühem 4. Jt. v. Chr.) der nordpontischen Steppe und angrenzender Gebiete häufig aus Kupfer-Silberlegierungen bestehen (s. o.; vgl. Kat. 14 a–d; s. bes. Kat. 14, a; 13; 12), könnten die später datierenden Funde eine neue Qualität erreichen. Ihr Material wird als Silber angesprochen, und die Kenntnis der Kupellation könnte sich erschließen lassen. Die Bleigehalte zweier Silberfunde des Gräberfeldes von Usatovo von 0,13 % und 0,15 % sprechen für Kupellation. Für das 4. Jt. v. Chr. ist im pontischen Steppengebiet ein Auftreten von älteren (Cucuteni-)Tripol'e<sup>1905</sup> und Majkop-Erscheinungen festzustellen. Rassamakin erwähnt, dass Arsenkupfer in dieser Zeit seinen Einzug in diesem Gebiet hält<sup>1906</sup>. Im Milieu von Majkop sind Silberfunde häufig (vgl.

---

<sup>1898</sup> Vgl. Govedarica 2002, 790.

<sup>1899</sup> Chernykh 1992, 92-96. bes. 92f. 94. 95.

<sup>1900</sup> Chernykh 1992, 93 mit Anm. 6; 148. 157. 159; Klochko 1994, 149f.; Černych 2003, 32f.

<sup>1901</sup> Mit weiterer Literatur Chernykh 1992, 95. – Zur inversen Segregation Budd – Ottaway 1991, 136. 138.

<sup>1902</sup> Mit weiterer Literatur Chernykh 1992, 95f.

<sup>1903</sup> Chernykh 1992, 95; Folgender Absatz entstammt meiner Magisterarbeit.

<sup>1904</sup> Govedarica 2004, 51. 53. 227 Abb. 56; Dergačev 1991, 1f. 6-10. 13-17. bes. 16 (cave: Angabe von unkalibrierten <sup>14</sup>C-Daten bei den Datierungen).

<sup>1905</sup> Siehe auch Rassamakin 2004a, 205f. 210.

<sup>1906</sup> Rassamakin 2004a, 185. 208f.

Kat. 17–21 und Kap. IV.1.2.3). Beziehungen zur Majkop-Kultur lassen sich etwa zwischen dem Gebiet am unteren Don und der entstehenden Majkop-Kultur bereits in der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. beobachten, und sich dann für die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. deutlicher nachweisen<sup>1907</sup>. Kontakte zwischen der Trichterbecher-Kultur und Majkop-Novosvobodnaja könnten über das Gebiet von Tripol'e abgelaufen sein<sup>1908</sup>. Aus beiden Kulturbereichen liegt (möglicherweise) Silber vor (s. Kap. IV.1.2.3; Kap. IV.1.3). Ablesen lassen sich diese Verbindungen an je einer Knaufhammeraxt aus Reiffenhausen (Taf. 17, 5) und Müsleringen, die eine Parallele in Funden von Klady finden (Kat. 18,f; Taf. 16, 1)<sup>1909</sup>. Eine kupferne Axt von Klady ist mit 30 % Blei legiert und trägt Silbertauschierungen<sup>1910</sup>. Mit den Armringfragmenten von Rudki liegt ein Silberfund wahrscheinlich auch aus dem Kulturbereich der Trichterbecherkultur vor (Kat. 11). Insgesamt zeichnet sich während des gesamten 4. Jt. v. Chr. für den nordpontischen Raum ein Spannungsfeld zwischen Karpaten-Balkanraum, Kaukasus und weiteren Gebieten ab. Hansen macht auf Parallelen in den Ausstattungsmustern der Gräber von Usatovo und des Gräberfelds von Remedello-Sotto aufmerksam<sup>1911</sup>. Von dort liegt eine Silbernadel vor (nicht im Kat.)<sup>1912</sup>, die sich mit ähnlichen Nadeln aus der späten Kura-Araxes-Kultur vergleichen lässt<sup>1913</sup>. Nach den Veränderungen um etwa 4000 v. Chr. lässt sich der Horizont der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz, der durch die Ausbreitung von Arsenkupfer und Dolchen<sup>1914</sup> gekennzeichnet ist, vorbehaltlich der problematischen Datierungen und vorbehaltlich der Deutung der Metallurgie auch mit dem Aufkommen der Silbertechnologie mit Kupellation in Verbindung bringen. In der Folge sind im Bereich nördlich des Schwarzen Meeres vom Donaugebiet bis zur Wolga besonders in der Grubengrabkultur in den Jahrhunderten um die Wende vom 4. zum 3. Jt. v. Chr. zahlreiche Silberartefakte, meist in Form von Lockenringen und Perlen, zu finden<sup>1915</sup>.

Für das 5. und 4. Jt. v. Chr. lässt sich eine Verwendung und teilweise ein Nebeneinander verschiedener Kupfer beobachten<sup>1916</sup>. Die Verwendung ähnlicher Objekttypen wie auch Kupfersorten über einen weiten Raum wird häufig mit einer Verbreitung von Objekten aus Ursprungszentren erklärt. Die Herkunft reiner Kupfer wurde meist im karpato-balkanischen Bereich gesucht. Arsenhaltiges und insbesondere dabei auch nickelhaltiges Kupfer wurde aus dem Bereich des Kaukasus und nickelhaltiges Kupfer meist aus dem transkaukasischen Bereich abgeleitet<sup>1917</sup>. So etwa wird auch im Falle eines Messers aus Bulachovka mit Arsen und Nickel eine Abkunft aus dem Bereich des Kaukasus vermutet. Mittlerweile werden etwa auch aus Beloretschensk im Bereich des Vorkaukasus nickelführende Lagerstätten berichtet (vgl. auch Kap. IV.1.2.3). Kohl betont dabei<sup>1918</sup>, dass die grundsätzlich gedachte Herkunft von reinen Kupfern aus dem karpato-balkanischen Bereich und der arsenhaltigen Kupfer aus dem Kaukasus nun von verschiedenen Forschern in Frage gestellt wird; es wird vielmehr die Möglichkeit diskutiert, dass für beide Kupfersorten etwa auch Lagerstätten der Ukraine und besonders des Donezbeckens genutzt worden sein könnten; dabei handelt es sich auch um Vererzungen in

<sup>1907</sup> Rassamakin 2004a, 206. 208.

<sup>1908</sup> Rassamakin 1999, 125; Sherratt 2004, 413. 414. 415f.; Sherratt 1997, 201f. 226 note 3.

<sup>1909</sup> Hansen 2010, 304.

<sup>1910</sup> Rezepkin 2000, 9.

<sup>1911</sup> Hansen 2009, 33.

<sup>1912</sup> Primas 1995, 87 mit weiterer Literatur.

<sup>1913</sup> Vgl. Kavtaradze 1999, 76. 78 Fig. 7, 1. 2.

<sup>1914</sup> Vgl. auch die Fundorte von denen Silberfunde stammen. In Bereichen der Steppen selbst scheinen Messer bzw. Dolche vor der Zeit von Usatovo zu fehlen (vgl. Černych 2003, 40-44).

<sup>1915</sup> Siehe dazu mit weiterer Literatur Primas 1995, 81 Fig. 2; 82; Eine genaue Auflistung der Stücke mit kultureller Zuordnung und Zitaten findet sich bei Motzoi-Chicideanu – Olteanu 2001, bes. List 2.

<sup>1916</sup> Im Folgenden – dort zusammenfassend – auf Basis von Rassamakin 2004a, 72f.; Siehe etwa auch Černych 2003, 35. 52f.

<sup>1917</sup> Siehe auch Chernykh 1992, 35-97. 145-153. bes. 46. 49 Fig. 15; 6 Fig. 3.

<sup>1918</sup> Im Folgenden auf Basis von Kohl 2009, 166-168 mit weiterer Literatur.

Sandstein<sup>1919</sup>. Zudem liegen Hinweise auf eine zumindest lokale Metallverarbeitung im nordpontischen Raum in Form von Düsen, Gussformen, Tiegeln und Klopsteinen seit chalkolithischer Zeit vor bzw. sind indirekt zu erschließen<sup>1920</sup>. Unklar scheint zu sein, inwieweit sich Arsenkupfer und „Reinkupfer“ respektive „reine“ Kupfer der Steppen miteinander vergleichen lassen bzw. sich möglicherweise nur beim Arsengehalt unterscheiden<sup>1921</sup>. Neben einer möglichen Zulegierung von Arsen<sup>1922</sup> könnte auch eine Anreicherung bei der Verhüttung eine Erklärung bieten. Kaukasische und balkanische Arsenkupfer wiederum könnten sich in der chemischen Zusammensetzung ähneln<sup>1923</sup>. Damit könnten diese eher auf eine ähnliche Technologie (inklusive Erzauswahl) als auf eine bestimmte Lagerstättenherkunft zurückzuführen sein<sup>1924</sup>. Auch die Beobachtung, dass (spätestens) zur Zirkumpontischen Metallurgieprovinz Arsenkupfer nahezu „überall“ auftritt, kann als Argument gegen eine ausschließlich kaukasische Herkunft (des Metalls) gesehen werden<sup>1925</sup>. Die Rangfolge und Entwicklung von Reinkupfer und Arsenkupfer bzw. deren zeitlicher Beginn wie auch die Herkunft der Arsenkupfertechnologie könnten zur Disposition zu stellen sein (vgl. oben Giurgiulești, Horodnitsa II und südosteuropäische Flachbeile). Ohne genauere Studien ist es indes zunächst verfrüht, weitergehende Aussagen zu treffen. Allerdings lässt sich zur Bestärkung anfügen: Während die von L. Černych und V. I. Kločko in archäologischer Hinsicht vorgebrachten und zu bedenkenden Einschränkungen und Kritikpunkte an den von E. N. Chernykh herausgearbeiteten Metallurgischen Provinzen bzw. Horizonten (hier insbesondere der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz und der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz) wie eine zu geringe Verknüpfung der Metallzusammensetzungen mit einzelnen Kultureinheiten wenig Berücksichtigung fanden, macht L. Černych auch auf Probleme bei einer Prämisse E. N. Chernykh aufmerksam<sup>1926</sup>: E. N. Chernykh zufolge habe die Metallurgiekette keinen Einfluss auf die Zusammensetzung von Metallartefakten, und folglich ließe sich eine bestimmte Metallzusammensetzung einer entsprechenden Lagerstätte(nregion) zuordnen (vgl. zur Herkunftsfrage anhand chemischer Gruppen allgemein Kap. II.2.2.1). L. Černych stellt dem Schlüsse von V. A. Galibin<sup>1927</sup> entgegen, denen zufolge bereits Variationen in der Erzzusammensetzung in einem Erzgang, mehr noch einer Lagerstätte und weiter einer Lagerstättenregion auftreten können. Neben weiteren Faktoren werden insbesondere auch den Verhüttungsbedingungen und -schritten maßgebliche Einflüsse auf die Metallzusammensetzung zugeschrieben. Dies steht im Einklang mit der in dieser Arbeit ausgearbeiteten chalkolithischen Verhüttung und Legierungserzeugung und bestärkt vorläufig oben geäußerte Vermutung, dass etwa für die balkanischen und kaukasischen Arsenkupfer ähnliche Technologien zugrunde liegen könnten.

---

<sup>1919</sup> Zu zahlreichen Lagerstätten im Bereich der Ukraine und Moldawiens, ein Vergleich mit dem Erzreichtum Anatoliens wird angestellt, und forschungsgeschichtlichen Problemen wie der in der Literatur tradierten angeblichen Erzarmut bei Černych 2003, 50; Kločko 1994, bes. 136-138. 143; Černych u. a. 1998, 246.

<sup>1920</sup> Der Guss sei bereits für das frühe Äneolithikum zu erschließen, eine eigenständige extraktive Metallurgie spätestens ab dem späten 4. Jt. v. Chr. Siehe Kohl 2009, 166-168; Černych 2003, 28-34; Kločko 1994, bes. 138. 145. 154.

<sup>1921</sup> Dazu Černych 2003, 54.

<sup>1922</sup> Černych 2003, 54.

<sup>1923</sup> Mit weiterer Literatur Černych 2003, 53. 54.

<sup>1924</sup> Ähnlich Černych 2003, 54.

<sup>1925</sup> Siehe und vgl. Kločko 1994, 162.

<sup>1926</sup> Černych 2003, 30-34. 54f. bes. 32. 52; Kločko 1994, 136-138. bes. 138.

<sup>1927</sup> Hier zitiert nach Černych 2003, 52 mit weiterer Literatur.

## IV.1.2. Der Kaukasus und darüber hinaus: Entwicklungen in der Metallurgie bis Majkop und Kura-Araxes

Der Kaukasus, in sich wiederum gegliedert von Nord nach Süd in Großen Kaukasus, Transkaukasien, und Kleinen Kaukasus, ist ein rohstoffreiches Faltengebirge und stellt sowohl eine Barriere als auch ein Bindeglied und Nadelöhr wegen seiner Täler dar<sup>1928</sup>. Und gerade für die Kulturen dieses möglichen Kontaktraumes stellt die Chronologie ein entscheidendes Problem dar<sup>1929</sup>. Die Entwicklungen lassen sich für die Gebiete des Kaukasus und insbesondere die frühe Metallnutzung nur schlaglichtartig beleuchten. Einen Überblick über die metallurgische Entwicklung bieten Courcier (2007 und 2010), Courcier u. a. (2008b, 40-47) und Kavtaradze (1999). Die Datierung insbesondere der frühen Entwicklung ist problematisch<sup>1930</sup>. In der Einordnung der Funde und Entwicklungen folgt der „vorbronzezeitliche“ Abschnitt folgender Zusammenschau weitestgehend Courcier und Kollegen. Die Schreibung der Fundortnamen erfolgt – soweit sich das stringent einhalten lässt – vornehmlich nach Kavtaradze, ist ein Fundort dort nicht behandelt, dann folgt die Schreibung den Artikeln von Courcier und Kollegen, es sei denn durch ein direktes Zitat ohne Nennung des Fundortnamens in den genannten Artikeln ergibt sich ein anderes Primat. Dadurch können angelsächsische Schreibungen zu finden sein. Alte Analysen und die Art ihrer Darstellung erschweren Aussagen zur metallurgischen Entwicklung der Kaukasusregion<sup>1931</sup>. Eine Entwicklung der Metallurgie des „kupferzeitlichen“ Horizontes der weiteren Kaukasusregion zu rekonstruieren, gestaltet sich auch in weiterer Hinsicht als schwierig. Metallurgie und Kulturentfaltung nördlich und südlich des Kaukasus dieser Zeitstellung sind nämlich – scheinbar – unterentwickelt verglichen mit dem, was etwa vom Balkan oder noch aus dem Bereich von Cucuteni-Tripol'e bekannt ist. Erst mit Kulturen, die als frühbronzezeitlich gelten, lässt sich eine dem Anschein nach unvermittelte Explosion der Kulturentwicklung beobachten. Derzeit wird dabei der Beginn der Majkop-Kultur im Norden um 3800/3700 v. Chr., jener der Kura-Araxes-Kultur um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. angesetzt<sup>1932</sup>.

### IV.1.2.1. Frühe Entwicklungen im Nordkaukasus: Karpato-balkanischer Impetus?

Das erste Auftreten von Kupfer im Bereich des nördlichen Kaukasus wird u. a. mit karpato-balkanischen Einflüssen in Verbindung gebracht<sup>1933</sup>. Ausschlaggebend für diese Annahme ist, dass im Balkan reine Kupfervererzungen vorherrschen<sup>1934</sup>. Bei den Funden handelt es sich bei einer Kupferperle aus Svobodnoe (Bez. Ust'-Labinsk; ca. 2. H. 5. Jt. v. Chr.<sup>1935</sup>) und diversen Gegenständen, darunter vier Anhänger, aus Veselaja Rošča II Kurgan 15 Grab 1 um reines Kupfer mit geringen Spuren an Verunreinigungen<sup>1936</sup>. Im Zusammenhang mit balkanischen Importen wird ein Kupferfragment aus dem Gräberfeld von Nal'čik angeführt<sup>1937</sup>. Keramik der nördlich des Asowschen Meeres verbreiteten

<sup>1928</sup> Kavtaradze 1999, 67. Zur Geographie des Kaukasusraumes Kohl 2009, 62-68.

<sup>1929</sup> Kavtaradze 1999, 67. 80f.

<sup>1930</sup> Courcier 2007, 199; Vgl. etwa die „Datierung“ bei Courcier u. a. 2008b und etwa Kül Tepe I bei Kavtaradze 1999, 71f.

<sup>1931</sup> Courcier 2007, 229.

<sup>1932</sup> Kohl 2009, 57; Ivanova 2012, 10.

<sup>1933</sup> Černych 1991, bes. 585; Courcier u. a. 2008b, 41.

<sup>1934</sup> Courcier u. a. 2008b, 41.

<sup>1935</sup> Courcier 2007, 201 Tableau 1.

<sup>1936</sup> Mit weiterer Literatur Courcier u. a. 2008b, 40f.; Černych 1991, 591 Tab. 1; Courcier 2007, 201; Rassamakin 2004a, 85 mit Anm. 160; 111. – Svobodnoe scheint etwa zeitgleich mit Cucuteni A/Tripol'e A2-B1 (vgl. dazu Govedarica 2004, 50. 239. 247; vgl. Rassamakin 2004a, 158).

<sup>1937</sup> Lyonnet 2007, 135; Mehr als 100 Bestattungen wurden freigelegt, wobei die meisten beigabenlos blieben und lediglich dieses eine Kupferartefakt bekannt geworden ist (Kohl 2009, 71). Datiert werden kann Nal'čik in Tripol'e B2 (Govedarica 2004, 244).



Skelya Kultur wurde in Svobodnoe gefunden und bietet einen Hinweis auf eine Einbindung in Kontaktnetzwerke im Rahmen des Tausches von Prestigeobjekten mit möglicher Anbindung an die Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz im späten 5. Jt. v. Chr.<sup>1938</sup>. Ebenfalls auf Beziehungen mit den Steppen könnten Armreifen aus Serpentin und Stein hinweisen, die in Svobodnoe und Nal'čik gefunden wurden (vgl. von beiden Fundorten auch die Eberhauer)<sup>1939</sup>. Diese werden ebenso wie Flachbeile aus Serpentin – obwohl als „specifically local artefacts“<sup>1940</sup> bezeichnet – als Hinweis auf die Einbindung in Prestigegeguttauschsysteme gesehen<sup>1941</sup> (vgl. strukturell zu beiden Formen Westeuropas Jadeitsystem?). Dazu könnte folgende Beobachtung anzustellen sein: „In the assemblage from Kurgan 2, Burial 18, at Komarovo there are beautifully polished flat axe-adzes, analogous to finds from the settlements of the Kuban culture (Svobodnoe, Zamok) [...]“. Auch Silexklingen ebenso wie Obsidian könnten in diesem Zusammenhang weiter zu diskutieren sein<sup>1942</sup>. Die Skelya Kultur gilt als Mittler zwischen den Kulturen des Karpaten-Balkan- und Donau-Raumes, der Kuban-Region und der Waldsteppe entlang der Wolga<sup>1943</sup>. Die Verwendung reinen Kupfers wird als Indiz auf einen Import von Erz oder Metall vom Balkan gesehen und soll sich mit den dortigen Lagerstätten verbinden lassen<sup>1944</sup>. Aus dem Bereich des Nordkaukasus werden neben weiteren Metallfunden des 5. Jt. v. Chr. (z. B. konvexe Kupferappliken) u. a. eine kreuzschneidige Schaftlochaxt (Analogie zum südosteuropäischen Typ Ariuşd) mit 1,5 % Arsen aus Ust'-Labinsk und ein Dolch aus Khadzhokh III berichtet, die an die Wende des 5. zum 4. respektive in das frühe 4. Jt. v. Chr. datiert werden<sup>1945</sup>. Vergleiche der Appliken etwa aus Veselaja Roščica mit Funden aus Varna werden gezogen<sup>1946</sup>.

„Wenig später“ als die Funde von Svobodnoe sollen Metallfunde aus Mešoko datieren (um 4000 v. Chr.)<sup>1947</sup>. Während eine Klinge (blade) aus reinem Kupfer besteht, tragen ein Anhänger, eine Ahle und ein Ahlenfragment Arsengehalte von zwischen 1 und 1,2 % und werden – entsprechend ihrer Zusammensetzung – unter Vorbehalt als Hinweis auf eine eigenständige Metallurgie gewertet<sup>1948</sup>. Der vormajkopzeitlichen Siedlung Mešoko werden (dabei?) Majkop-Bezüge attestiert<sup>1949</sup>.

#### ***IV.1.2.2. Frühe Entwicklungen im Bereich Transkaukasiens***

Erste Metallobjekte wie einfache Perlen, Nadeln und Pfrieme sind vom Gebiet Transkaukasiens aus Siedlungskontexten der späten Šulaveri-Šomutepe-Gruppe des 6. Jt. v. Chr. bekannt (z. B. Chramis Didi-

<sup>1938</sup> Courcier u. a. 2008b, 41. – Nicht ausschließend aber kritisch zur Herkunft des Metalls aus karpato-balkanischen Zusammenhängen siehe Kohl 2009, 71f.

<sup>1939</sup> Kohl 2009, 71f. mit weiterer Literatur; Zu den Eberhauern vgl. Govedarica 2004, 244.

<sup>1940</sup> Rassamakin 1999, 108.

<sup>1941</sup> Kohl 2009, 71; Rassamakin 1999, 108-111.

<sup>1942</sup> Rassamakin 1999, 111.

<sup>1943</sup> Courcier u. a. 2008b, 41.

<sup>1944</sup> Courcier u. a. 2008b, 41; Chernykh 1992, 158; Rassamakin 2004a, 111.

<sup>1945</sup> Ryndina 2003, 17 mit Fig. 4, 1; Courcier 2010, 79. 86 Fig. 8, 7; Courcier u. a. 2008b, 44; Rassamakin 2004a, 111; Černych 1991, 585f. mit Abb. 4.

<sup>1946</sup> Rassamakin 1999, 111.

<sup>1947</sup> Courcier u. a. 2008b, 41; Zur Datierung siehe Courcier u. a. 2008b, 41 („In Meshoko, a settlement similar to Svobodnoe but slightly later in date [...]“) und die <sup>14</sup>C-Daten bei Courcier 2007, 201 Tableau 1; Lyonnet 2007, 134 mit Anm.; Die Besprechung der Funde erfolgt beispielsweise im Rahmen eines Abschnittes mit Datierungsangaben in einer Überschrift (s. Courcier u. a. 2008b, 40), die vom Ende des 6. Jt. bis zum dritten Viertel des 5. Jt. v. Chr. reichen, und vor einem nächsten Abschnitt zum 4. Jt. v. Chr. (s. Courcier u. a. 2008b, 43).

<sup>1948</sup> Courcier u. a. 2008b, 41 mit weiterer Literatur.

<sup>1949</sup> Kohl 2009, 76. 77.

Gora, Aruchlo/Nachiduri I, Gargalar Tepesi; vgl. Fundorte unten)<sup>1950</sup>. Sie bestehen meist aus sehr reinem Kupfer mit geringen Gehalten an Blei, Silber, Eisen und Zinn (vgl. aber unten)<sup>1951</sup>. Für Objekte aus Chramis Didi-Gora werden neben Kupfer als Hauptbestandteil für Sn 0,03, Pb 0,001, Ag 0,002, Fe 0,02 sowie Sn 0,001, Ag 0,002 und Fe 0,01 (wohl in Prozent) angegeben<sup>1952</sup>. Aus Aratashen in Armenien stammen 57 Arsenkupferperlen des Neolithikums<sup>1953</sup>. Als Quelle der frühen Metallobjekte werden ohne genauere Anhaltspunkte die Oxidationszonen transkaukasischer Lagerstätten und eine Nutzung lokaler Arsenkupfererze vermutet<sup>1954</sup>. In diesem Zusammenhang werden im Distrikt Marneuli bei Zitelisopeli gefundene Schlacken und Rillenschlegel genannt<sup>1955</sup>. Die Rillenschlegel werden mit „well-known hammers (chisels)“<sup>1956</sup> von Aruchlo/Nachiduri I, Kül Tepe I usw. verglichen; solche (chisels) sollen aber auch aus Kura-Araxes Kontexten (4./3. Jt. v. Chr.) vorliegen und lieferten keine verlässlichen Datierungsgrundlagen<sup>1957</sup>. Courcier und Kollegen wollen aufgrund der unklaren Datierung keine Aussagen zum Stand der Metallurgie treffen<sup>1958</sup>. Für die Šulaveri-Šomutepe-Gruppe werden mögliche kulturelle Bezüge nach Mesopotamien erwogen<sup>1959</sup>. Schachner bemerkt, dass für das früheste Äneolithikum im östlichen Transkaukasien trotz großflächig untersuchter Fundorte keine Schlacken bekannt seien<sup>1960</sup>. Hier sei neben den eben erwähnten Schlacken aus dem zentraltranskaukasischen Zitelisopeli auf Schlacken aus Kül Tepe I (Ende Šulaveri-Šomutepe) hingewiesen (beide könnten aber auch in der folgenden „Phase“ zu besprechen sein)<sup>1961</sup>. Erwähnte Bezüge nach Mesopotamien könnten sich etwa in Halaf-Keramik für das 5. Jt. v. Chr. in Kül Tepe I (Nachitschewan) manifestieren<sup>1962</sup>. Hinsichtlich der Frage nach der Metallnutzung im östlichen Transkaukasien am Anfang der Metallurgie, nämlich ob reines gediegenes Kupfer oder Arsenkupfer genutzt wurde, bemerkt Schachner, dass aufgrund der Art der Analysen Arsen immer dann nachgewiesen wird, wenn die Beprobung der zumeist kleinen Objekte nicht nur die korrodierte Patina betrifft. Dabei vermutet Schachner, dass die Arsenanteile in den Kupfern auf natürliche Beimengungen im verwendeten Erz zurückzuführen sind<sup>1963</sup>. Zeitgleich zur ausgehenden Šulaveri-Šomutepe-Gruppe sollen in Kül Tepe I (Nachitschewan) Arsenkupfer, teils mit Nickelgehalten, verwendet worden sein (siehe im Folgenden, Schichtzuweisung und Datierung sind problematisch<sup>1964</sup>)<sup>1965</sup>.

„During the next chronological period – not well characterized and where different types of settlements including shelters under caves are grouped together (Sagvardzhile, Tsiteli-Gorebi, Natsar-Gora, Gargalar-Tepesi, Chalagan-Tepe, Chikhori, Samele Klde and Alikemektepesi) – metal objects are

<sup>1950</sup> Kavtaradze 1999, 69-71 mit Fig. 3; Courcier u. a. 2008b, 42; Hansen 2009, 12; Chernykh 1992, 32-35; Schachner 2002, 118f. mit Abb. 4-5.

<sup>1951</sup> Schachner 2002, 118. 120 Tabelle 1.

<sup>1952</sup> Kavtaradze 1999, 69.

<sup>1953</sup> Hansen 2017, 142 mit weiterer Literatur.

<sup>1954</sup> Kavtaradze 1999, 71.

<sup>1955</sup> Kavtaradze 1999, 71.

<sup>1956</sup> Kavtaradze 1999, 71.

<sup>1957</sup> Kavtaradze 1999, 71.

<sup>1958</sup> Courcier u. a. 2008b, 41f.

<sup>1959</sup> Nach Radiokarbonaten soll sie ungefähr zeitgleich mit den Kulturen Umm Dabagija (Sotto), Hassuna, Samarra und Halaf sein, und auch in typologischer Hinsicht anhand teilweise wenig ausgeprägter stilistischer Ähnlichkeiten von Keramik und Figurinen wurden und werden Parallelen mit diesen Kulturen gezogen (nach Kavtaradze 1999, 71; dazu auch Kohl 2009, 67-69).

<sup>1960</sup> Schachner 2002, 119.

<sup>1961</sup> Zu beiden mit weiterer Literatur siehe Courcier 2007, 203 Tableau 2.

<sup>1962</sup> Kohl 2009, 58. 68f. mit Fig. 3.7.

<sup>1963</sup> Schachner 2002, 118f.

<sup>1964</sup> Siehe Schachner 2002, 120 Tab. 1 Anm. 25.

<sup>1965</sup> Kavtaradze 2001, 138.

more numerous and few evidence for metal production (crucible, mold) has been found”<sup>1966</sup>. Die Besprechung dieser Funde, Metallurgiebelege und Arsenkupfer erfolgt bei Courcier und Kollegen vor solchen des 4. Jt. v. Chr.<sup>1967</sup>. Einfache Bearbeitungstechniken (Kaltbearbeitung, Glühen) und einfache Formen (Ringe, Ahlen, kleine Klingen [small blades], Pfeilspitzen) werden berichtet<sup>1968</sup>. In einem Haus in Leyla Tepe wurden u. a. mögliche metallurgische Öfen, Schlacken und Kupfertropfen gefunden (Spät-Äneolithikum)<sup>1969</sup>. Ein möglicher Barren vom selben Fundort wird genannt; mit Ausnahme von Leyla Tepe jedoch sollen Metallartefakte chalkolithischer Zeitstellung im Bereich des Südkaukasus relativ selten sein<sup>1970</sup>. Neben der Verwendung von reinem Kupfer (Ahle aus Sagvardzhile<sup>1971</sup>) lässt sich auch die Verwendung von Arsenkupfer (teilweise mit Nickel) beobachten<sup>1972</sup>. Erze mit Gehalten an Arsen wie auch Nickel sind mit Ophiolithen im Kaukasus belegt<sup>1973</sup>. Möglicherweise aus der zweiten Hälfte des 5. Jt. bzw. aus der Zeit der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr.<sup>1974</sup> liegen „messer“-/dolchartige Gegenstände sowie Nadeln und weitere Kupferobjekte vor, die Arsen und teilweise Nickel enthalten<sup>1975</sup>. Sie stammen aus Zusammenhängen von Kül Tepe I und Teghut, die Kavtaradze spät in der Sequenz von Šulaveri-Šomutepe ansetzt bzw. von dieser abkoppeln möchte<sup>1976</sup>. Verschiedene Gegenstände aus Kül Tepe I enthalten teils Arsen über 1 %, eine Nadel zusätzlich 1,6 % Nickel und 0,02 % Fe<sup>1977</sup>. Das aus Teghut stammende „knife“ enthält 5,4 %, ein Ahlenfragment von dort 3,6 % Arsen<sup>1978</sup>. Auch ein „copper dart or a leaf-like knife“ aus Tetri Mgvime weist 0,7 % Arsen auf<sup>1979</sup>. Einer Zwischenphase (Sioni) zwischen Šulaveri-Šomutepe und Kura-Araxes mit Fundorten wie Sioni und Delisi etc. könnten möglicherweise Nadeln und eine Ahle aus Bronze (bis 4 % Zinn) zuzuordnen sein. Die Bronzen – „[...] supposedly of this period [...], certain doubts arise concerning the circumstances of their discovery.“<sup>1980</sup> – stammen aus Delisi. Die Arsengehalte bei Artefakten des Spät-Äneolithikums vor der Kura-Araxes-Kultur im Bereich des östlichen Transkaukasiens liegen bei teils deutlich über 1 % und eine bewusste Herstellung wird erwogen<sup>1981</sup>. Die hohen Arsengehalte gehen mit niedrigen Eisenanteilen einher<sup>1982</sup>. Hypothetisch in „diese“ Zeit datiert werden Bleibarren aus Guad Ikhu (Abchasien)<sup>1983</sup>.

---

<sup>1966</sup> Courcier u. a. 2008b, 42.

<sup>1967</sup> Siehe Courcier u. a. 2008b, 43.

<sup>1968</sup> Courcier u. a. 2008b, 42.

<sup>1969</sup> Schachner 2002, 119; Kohl 2009, 69. – Datierung „vor“ der Kura-Araxes-Kultur (siehe Chronologietabelle bei Schachner 2002, 128 Tabelle 3). – Zu einer „small burnt pit“ und „two-chamber kilns“, die in metallurgischem Zusammenhang erwähnt werden, siehe Helwing 2012, 212.

<sup>1970</sup> Kohl 2009, 69.

<sup>1971</sup> Kavtaradze 1999, 73; Courcier u. a. 2008b, 42.

<sup>1972</sup> Courcier u. a. 2008b, 42f.

<sup>1973</sup> Courcier u. a. 2008b, 42f.

<sup>1974</sup> Vgl. Kavtaradze 1999, 70 Fig. 3.

<sup>1975</sup> Kavtaradze 1999, 71f.

<sup>1976</sup> Kavtaradze 1999, 71; So auch Chernykh 1992, 33 mit Note 1. 35; Vgl. dazu Schachner 2002, 115.

<sup>1977</sup> Kavtaradze 1999, 71f.; Chernykh 1992, 35. – Die Ergebnisse sind aber mit Vorsicht zu genießen, da die Objekte stark korrodiert waren (Selimchanow 1966, bes. 224f. 230 [Tabelle]).

<sup>1978</sup> Kavtaradze 1999, 72.

<sup>1979</sup> Kavtaradze 1999, 73.

<sup>1980</sup> Kavtaradze 1999, 71.

<sup>1981</sup> Schachner 2002, 119-121 mit Tabelle 1; bes. 119.

<sup>1982</sup> Vgl. Schachner 2002, 120 Tabelle 1. Zur Aussagekraft von Analysen insbesondere früher Objekte vgl. Schachner 2002, 118f.

<sup>1983</sup> Courcier 2007, 203 Tableau 2; 204.

Obedeinflüsse im Bereich des Kaukasus und mögliche Beziehungen mit Tepe Gaura XI A – Amuq F, wie beispielsweise für Teghut, werden diskutiert<sup>1984</sup>. In Gaura XII und XI fanden sich verschiedene Kupferobjekte. Das Kupfer von Gaura XI setzt sich dabei durch hohe Gehalte an Arsen und insbesondere Nickel ab<sup>1985</sup>. Teilweise enthalten die Kupfer auch nur Nickel in nennenswertem Umfang wie eine Ahle aus Kül Tepe<sup>1986</sup>. Ein Import aus dem Bereich des Irans oder Anatoliens wurde deshalb angenommen. Aber Courcier und Kollegen verweisen auf die Verbindung von Nickel mit den Ophiolithen im Bereich des Kaukasus<sup>1987</sup>.

Folgendes Bild könnte sich ergeben<sup>1988</sup>: Soweit die teils problematischen Analysen an mitunter stark korrodierten Stücken eine Aussage erlauben, könnte es nach einer Phase der Nutzung von gediegen Kupfer oder der Verhüttung von sehr reinem, unlegiertem Kupfer im Laufe der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. oder später zu Änderungen in der Metallnutzung, mithin zu einer ersten extraktiven Metallurgie oder aber Änderungen der Erzbasis und Verhüttung gekommen sein. Dies wird durch Funde von Schlacken (cave: unklare Fundumstände und Datierung) und durch das Auftreten von verunreinigtem Kupfer (Arsenkupfer, teils mit Nickel) neben reinen Kupfern nahegelegt; auch das „irreguläre“ Auftreten von Bronze würde sich in diese „Zeit des Experimentierens“ mit unterschiedlichen Erzen<sup>1989</sup> und Verhüttungsmethoden fügen.

#### ***IV.1.2.3. Das 4. Jt. v. Chr. – Ende des Chalkolithikums und Beginn der Frühbronzezeit mit Majkop und Kura-Araxes***

Kurz vor oder spätestens um die Mitte des 4. Jt. v. Chr., jedenfalls zu dem Zeitpunkt, als die ‚Zirkumpontische Metallurgieprovinz‘ vollständig ausgeprägt sein soll, etablieren sich auch die sog. Frühbronzezeitlichen Kulturen im Bereich des Kaukasus. Ein früherer Beginn der folgend beschriebenen Entwicklungen wegen ans Ende des 5. Jt. v. Chr. führender Radiokarbonaten für die Majkop-Kultur bleibt offen<sup>1990</sup>. Der Majkop-Kultur (etwa 3800/3700–3500 v. Chr. oder ab der Mitte 4. Jt. v. Chr.) und ihrer späteren, zeitlich überlappenden Phase Majkop-Novosvobodnaja (etwa 3500–3200 v. Chr.) im Vorkaukasus<sup>1991</sup> und der Kura-Araxes-Kultur (oder Early Transcaucasian „cultural

---

<sup>1984</sup> Dabei reichen die Deutungen von der Anwesenheit von Menschengruppen bis hin zur Verbreitung von Obed-Keramik einhergehend mit der Ausbreitung der langsamen Drehscheibe (mit weiterer Literatur Kavtaradze 1999, 72). Gleichzeitig werden mögliche Beziehungen mit Tepe Gaura XI A – Amuq F in Betracht gezogen, die sich im Milieu des „Middle Eneolithic“ Transkaukasiens manifestieren könnten, wie etwa in Teghut (Kavtaradze 1999, 73). Keramik und Figurinen in Teghut und Tepe Gaura sollen „some kind of similarity“ aufweisen (Kavtaradze 1999, 73). Bei den Änderungen in der Architektur, von der Rechteckarchitektur Tepe Gauras XII zur Rundbauweise von Gaura XI A, verweist Kavtaradze auf die Tradition der neolithischen Rundbauten in Transkaukasien (Kavtaradze 1999, 73).

<sup>1985</sup> Kavtaradze 1999, 73; Tobler 1950, 212.

<sup>1986</sup> Kavtaradze 1999, 72; Courcier u. a. 2008b, 42f. – Siehe etwa auch Leyla Tepe bei Schachner 2002, 120 Tabelle 1.

<sup>1987</sup> Courcier u. a. 2008b, 42f.; Vgl. Kavtaradze 1999, 72.

<sup>1988</sup> Vgl. Schachner 2002, 118-121.

<sup>1989</sup> Die unterschiedlichen Zusammensetzungen der Kupferobjekte werden durch die Nutzung verschiedener, lokal anstehender Erze erklärt. Mit weiterer Literatur siehe Kavtaradze 1999, 72.

<sup>1990</sup> Mit weiterer Literatur Boroffka 2009, 249.

<sup>1991</sup> Datierung und innere Gliederung der Majkop-Kultur erfolgten und erfolgen z. T. über Parallelen zu nordpontischen, karpato-balkanischen und vorderasiatischen Kulturen. Dabei bieten sich zahlreiche mögliche Synkretismen und die Datierung ist bis dato schwierig (Govedarica 2002, bes. 781-783; Maran 2004, 433f.). Häufig unterteilt man sie in eine ältere Phase (etwa 3800/3700-3500 v. Chr.) und in eine jüngere Phase (3500-3200 v. Chr.) (hier nach Govedarica 2002; Rezepkin 2010; Courcier 2010; vgl. Ivanova 2012, 10). Der Datierung und Bewertung einzelner Fundorte wird hier nicht vorbehaltlos gefolgt, da die Phasen mit unterschiedlichen

community“<sup>1992</sup>) ab etwa der Mitte des 4. Jt. v Chr. in Gebieten Transkaukasiens, Ostanatoliens und Nordwestirans werden innerhalb der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz bei der Verbreitung und Produktion von Metall eine große Bedeutung und ein prägender Rang zugemessen<sup>1993</sup>. Chernykh rechnet beide Kulturen in metallurgischer Hinsicht seiner Zirkumpontischen Metallurgieprovinz zu<sup>1994</sup>. Beide Kulturen überlappen sich zeitlich. Und obwohl die Herkunft des Metalls der Majkop Kultur teilweise, trotz unterschiedlicher Metallinventare beider Kulturen, in Zusammenhängen bzw. im Metallhandel mit der Kura Araxes Kultur vermutet wird<sup>1995</sup>, gibt es nahezu keinen Hinweis auf direkte Kontakte – eine wichtige Ausnahme könnten Siedlungen bei Krasnodar darstellen<sup>1996</sup>. Ein Berührungspunkt könnten As-Ni-Kupfer sein, für die sich unter Umständen geeignete Lagerstätten auch in demselben Bereich befinden, ansonsten aber weiter im Süden vermutet wurden (Transkaukasien, Iran, Anatolien) (s. auch unten)<sup>1997</sup>.

Etwa gleichzeitig bzw. spätestens zu dieser Zeit kommen die Gebiete Nordmesopotamiens mit dem Einzugsgebiet des Oberen Euphrats auf der Anatolischen Hochebene als Resultat der Uruk Expansion in einen Kommunikationsraum, der mit „Greater Mesopotamia“ umschrieben wird<sup>1998</sup>. Auch Teile des Iran hatten Anteil an diesem System<sup>1999</sup>. So werden als eine mögliche Ursache für die Formation von Kura-Araxes, wie auch ferner von Majkop, Einflüsse auf mögliche Substratkulturen<sup>2000</sup> durch mesopotamische Elemente angenommen, die der Urukexpansion vorangehen (besonders etwa für Berikdeebi, Leyla Tepe, Teghut)<sup>2001</sup>. Für den Vorgang wird ein Vergleich zu den Entwicklungen in den Phasen Hacinebi A und B1 gezogen<sup>2002</sup>. In der dortigen Phase A, bevor sich Urukeinflüsse manifestieren,

---

Inhalten gefüllt werden. Siehe hierzu etwa die Ausführungen zu den Datierungen im Katalog (Kat. 17-21) sowie Rassamakın 2004a, 183f. (auch zur Datierung des Beginns der Majkop-Kultur). Zum Beginn von Majkop auch Kohl 2009, 57f.; Hansen sieht eine Datierung von Majkop (Oshad?!) in die Mitte oder in die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. (Hansen 2009, 31); Mit weiterer Literatur zu Datierung und Kulturbeziehungen Courcier u. a. 2008b, 43.

<sup>1992</sup> Kohl 2009, bes. 86f. 89.

<sup>1993</sup> Kohl 2009, 54. 57f.; Courcier u. a. 2008b, 43; Schachner 2002, 115; Courcier 2007, 219. – Allgemein zur postulierten Bedeutung von Kura-Araxes bzw. des Gebietes des Transkaukasus bei der Verbreitung von Metall und metallurgischen Kenntnissen: Kavtaradze 1999, 76.

<sup>1994</sup> Kohl 2009, 84; Chernykh 1992, 67-83; Siehe auch Courcier 2010, 88.

<sup>1995</sup> Chernykh 1992, 73f.; Vgl. Kohl 2009, 80-82. – Siehe wiederum zur postulierten Rolle Transkaukasiens und Kura-Araxes Kavtaradze 1999, 76.

<sup>1996</sup> Nach Kohl 2009, 84: Beide unterscheiden sich in Siedlungsformen, Hausbau, Wirtschaft und den Metallinventaren. Zu den nahezu fehlenden Hinweisen auf Kontakte und möglichen Ausnahmen (Siedlungen bei Krasnodar und Siedlung bei Lugovoe in Inguschetien) mit weiterer Literatur siehe Kohl 2009, 84. Zu möglichen Kontakten, die sich in den Siedlungen bei Krasnodar zeigen nach einer mündlichen Mitteilung von Lyonnet bei Kohl 2009, 84; Siehe Chernykh 1992, 79.

<sup>1997</sup> Kohl 2009, 81f. 84; Während Chernykh die Lagerstätten von As-Ni Legierungen im Bereich Transkaukasiens, Anatoliens und des Irans vermutet (Chernykh 1992, 35-97. 145-153. bes. 46. 49 Fig. 15; 74. 6 Fig. 3), gibt es neuere Hinweise auf Lagerstätten bei Beloretschensk (Kohl 2009, 81f. mit weiterer Literatur; s. u.). Die Herkunft eines Teils des Metalls der Majkop Kultur sieht Chernykh (1992, 74) in Kura-Araxes Zusammenhängen (Kohl 2009, 82). Interessanterweise finden sich die oben genannten Hinweise auf Kontakte mit Kura-Araxes bei Krasnodar in einer Region mit möglichen As-Ni Kupferlagerstätten.

<sup>1998</sup> Kohl 2009, 54; Vgl. Rothman 2001, 6 Fig. 1,1.

<sup>1999</sup> Vgl. in metallurgischer Hinsicht Courcier u. a. 2008b, 44.

<sup>2000</sup> Die Verbreitung von Kura-Araxes findet in einem weiten und kulturell heterogenen Gebiet statt. Die Entstehung respektive das scheinbar unvermittelte Auftreten dieser Kultur um die Mitte des 4. Jt. v. Chr., meist verbunden mit einem Hiatus zu den Resten von Vorgängerkulturen eines Siedlungsplatzes bzw. mit Abbrüchen und Wechseln bei der Besiedlung auf dem Gebiet Transkaukasien und in Teilen Ostanatoliens, des nordöstlichen Kaukasus und Nordwestirans ist ungeklärt. Mesopotamische Einflüsse auf Substratkulturen können vielleicht in Teilen ihres Verbreitungsgebietes geltend gemacht werden (nach Kohl 2009, 69-71).

<sup>2001</sup> Kohl 2009, 54. 70; Courcier 2007, 2007, 228; Lyonnet 2007, 150.

<sup>2002</sup> Lyonnet 2007, 150; Kohl 2009, 70.

ist Silber belegt (Kat. 29). Die Gründe für das Ausgreifen mesopotamischer Kulturen werden u. a. in metallurgischen Fortschritten gesehen (s. u. aber auch zu Wolle)<sup>2003</sup>. So vermutet Lyonnet möglicherweise karpato-balkanische Traditionen, die im späten 5. Jt. im Kaukasus wirkten<sup>2004</sup>. Kohl dagegen weist karpato-balkanischen Traditionen im Gebiet des Kaukasus eine untergeordnete Rolle zu und sieht frühe chalkolithische Entwicklungen vielmehr durch Entwicklungen im Iran beeinflusst, die auch die Metallurgie der Obed-Kultur in Nord- und Südmesopotamien beeinflusst haben sollen (s. u.)<sup>2005</sup>. Die Keramik einiger Fundorte mit Metallurgiebelegen und Silber wie etwa Soyug Bulaq (Kat. 16) in Transkaukasien und auch die Majkop-Keramik haben dabei eine Tradition in der Art von von *chaff-faced* Keramik, die Ähnlichkeiten zu solcher Keramik aus der frühen und mittleren Urukperiode und der Amuq F Phase *Greater Mesopotamias* aufweist<sup>2006</sup>. Auch für die Phasen A und B von Hacinebi zeigen sich Parallelen zu häckselgemagerter Amuq F Keramik (vgl. Obermesopotamien Kap. IV.2.2). Ivanova lehnt dabei Verbindungen in den weiteren Bereich Mesopotamiens ab und sieht die Entwicklungen von Majkop und im Kaukasus mit Kontakten zum Iranischen Plateau und zu Zentralasien verbunden und begründet dies mit einem Vergleich verschiedener Merkmale und mit der Verbreitung von Rohstoffen; als Scharnier sieht Ivanova dabei ob der Verwendung häckselgemagerter Keramik den Nordwestiran mit der Region des Urmia Sees<sup>2007</sup>. Die Gräber und ihre Beigaben – darunter Silber – von z. B. Soyug Bulaq, Tepe Gaura und Sé Girdan (am Urmia See) sowie Majkopgräber könnten sich in mehreren Punkten miteinander vergleichen bzw. verbinden lassen, Lapislazuli bietet etwa einen Anknüpfungspunkt zum vorkaukasischen und silberführenden Staromyšastovskaja (Kat. 20)<sup>2008</sup>. Insgesamt könnten sich weite Teile Obermesopotamiens und des Vorkaukasus wie etwa auch Susa miteinander in Beziehung setzen lassen (s. Kat. 16). Kupellation ist aber nicht für alle silberhaltigen Artefakte und Legierungen dieser möglicherweise miteinander verbunden Räume zu vermuten (vgl. Soyug Bulaq [Kat. 16]). Letztlich können weder für die Metallurgie noch die Majkop-Kultur an sich klare Wurzeln ausgemacht werden; letztere stellt sich gleichsam als unter verschiedenen Einflüssen synkretisch gebildet dar<sup>2009</sup>. Bezüge in die Steppen etwa mit der Wirtschaftsweise von Spättripol'e ebenso wie nach Nordmesopotamien werden gesehen<sup>2010</sup>. Interessant sind Hinweise auf das möglicherweise intentionelle teilweise Abbrennen von Gebäuden in der Region Krasnodar<sup>2011</sup> (vgl. dazu Cucuteni-Tripol'e). Während etwa zeitgleich mit dem Ende des Uruk Systems auch Majkoperscheinungen enden könnten, greift die Kura-Araxes-Kultur weiter nach Süden aus (s. u.)<sup>2012</sup>.

Die Metallurgie, ihre Ursprünge sowie die Rolle der genannten Kulturen in der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz sind schwer zu bewerten. Diese hängen u. a. von den Bezügen, der Entstehung und nicht zuletzt der Datierung und Deutung der Kulturen ab. Ohne kritische Bewertung der zwar wenigen, aber dennoch vorhandenen frühen Metallfunde kann man (durchaus) zu dem Ergebnis gelangen, dass

---

<sup>2003</sup> Lyonnet 2007, 150; Kohl 2009, 70f.

<sup>2004</sup> Lyonnet 2007, 150; Kohl 2009, 70.

<sup>2005</sup> Kohl 2009, 71. – Vgl. dagegen mit den Aussagemöglichkeiten zur metallurgischen Entwicklung bzw. dem Ursprung der Metallurgie anhand des Fundbestandes in diesem Gebiet und der Möglichkeit, dass doch karpato-balkanische Traditionen der Metallurgie von Majkop zugrunde liegen könnten Kohl 2009, 72.

<sup>2006</sup> Frühe Majkop Keramik wird mit syrischer und nordmesopotamischer Keramik (Amuq F und Gaura XII-IX) verglichen. Starke Ähnlichkeiten sollen sich feststellen lassen (nach Kohl 2009, 74 mit weiterer Literatur; siehe Lyonnet 2007, bes. 148); Vgl. dazu bzw. dagegen Ivanova 2012, 19-23.

<sup>2007</sup> Ivanova 2012, bes. 23.

<sup>2008</sup> Lyonnet u. a. 2008, 38f. 40; Siehe Kat. 16 Soyug Bulaq.

<sup>2009</sup> Kohl 2009, 74f. bes. 75.

<sup>2010</sup> Kohl 2009, 75. 78.

<sup>2011</sup> Kohl 2009, 76.

<sup>2012</sup> Kohl 2009, 82f.

im Bereich des Nordkaukasus um eben diese Zeit ohne jeden Vorlauf die metallurgische Entwicklung explodierte<sup>2013</sup>.

Die Ursprünge und Grundlagen der Metallurgie von Majkop und Kura-Araxes zu charakterisieren, ist schwierig. Dies ist auf die relative Armut an Metallfunden der vorangehenden Zeitstufe zurückzuführen, was auch in der Überlieferung respektive den Deponierungssitten begründet sein könnte. Dieses Bild könnte sich mit einem insgesamt besseren Forschungsstand der vormajkop- und vorkura-araxes-zeitlichen Entwicklung im Kaukasus noch ändern; nach Kohl gibt es aber Hinweise, dass das Bild zumindest für die vormajkopzeitliche Entwicklung wahrscheinlich weitgehend bestehen bleibt<sup>2014</sup>. Im zentralen Kaukasus etwa ist es teilweise zur Ausbildung massiver Sedimentablagerungen gekommen, die selbst bronzzeitliche Siedelspuren abdecken<sup>2015</sup>. Im 3. Jt. v. Chr. fehlen Beigaben aus Edelmetall fast vollständig<sup>2016</sup>. Aufgrund der begrenzten Aussagemöglichkeiten zu den Grundlagen der Metallurgie ist auch das mögliche gleichzeitige und ihr vorangegangene kulturelle Kontaktgefüge der Majkop-Kultur zu berücksichtigen (s. u.). Jedoch bietet die Majkop-Kultur kein eindeutiges Bild und ist unterschiedlichen chronologischen Sichtweisen unterworfen. Die Quellenlage zur majkopzeitlichen Metallurgie mit ihren reichen Grabfunden stellt sich besser dar als die zur Kura-Araxes-Kultur. So stehen für die Majkop-Kultur etwa zwischen 150 und 250 untersuchte Grabkomplexe höchstens ungefähr 30 ergrabene Siedlungen gegenüber<sup>2017</sup>. Es gibt auch Felsabris mit Funden von Majkopmaterial<sup>2018</sup>. Von der Kura-Araxes-Kultur sind hunderte Siedlungen<sup>2019</sup> bekannt, hingegen nur wenige Gräberfelder<sup>2020</sup>. Einzige Ausnahme stellt das an Metallobjekten aus Kupfer, Silber und Gold reiche Grab von Arslantepe dar, das wegen Bezügen zu Uruk und der oftmals postulierten Einwanderung von Trägern der Kura-Araxes-Kultur in ein fremdes Milieu eine Sonderstellung einnehmen könnte<sup>2021</sup>. Ähnlich reiche und dabei der Kura-Araxes-Kultur zuordenbare Gräber sind sonst nicht bekannt<sup>2022</sup>.

Für den Bereich des Vorkaukasus werden vormajkopzeitliche Beziehungen sowohl zu Ostanatolien und Nordmesopotamien mit Amuq C–E<sup>2023</sup> als auch karpatisch-balkanische Traditionen diskutiert, die sich dann später mit Tripol'e-Traditionen in der Majkop-Novosvobodnaja-Phase möglicherweise fortsetzen oder wiedereinsetzen<sup>2024</sup>. Für die Phase Novosvobodnaja werden auch nordostanatolische Bezüge zu Korucutepe mit seiner Grabbauweise ins Spiel gebracht<sup>2025</sup>. Weiter werden für die Entwicklung der

---

<sup>2013</sup> Siehe und vgl. dazu Kohl 2009, 57. 72.

<sup>2014</sup> Siehe (und vgl.) Kohl 2009, 67-72. bes. 71f.: Gräber lieferten in vielen der bislang betrachteten Zeiten und Räume dieser Arbeit die meisten Metallartefakte zu Tage. Um das Fehlen von Kontakt- und Metallfunden zu verdeutlichen, nennt Kohl als Beispiel das Gräberfeld von Na'chik, dessen Gräber relativ arm an Funden sind, und wenn sie denn Funde enthalten, dann meist solche lokalen Ursprungs (vgl. aber oben die Serpentinarmbänder). Aus mehr als 100 Gräbern liegt nur ein Kupferstück vor.

<sup>2015</sup> Kohl 2009, 65.

<sup>2016</sup> Hansen 2009, 33.

<sup>2017</sup> Kohl 2009, 74 mit weiterer Literatur.

<sup>2018</sup> Kohl 2009, 76.

<sup>2019</sup> Abschließendes über das Siedlungswesen lässt sich nicht sagen, da viele Siedlungsreste von Kura-Araxes unter späterer Bebauung aus der späten Bronze- und der frühen Eisenzeit verborgen sein könnten. Die bislang ergrabene Siedlungen überschreiten in der Regel 5 ha nicht (Kohl 2009, 90f. 95).

<sup>2020</sup> Kohl 2009, 74. ferner 113.

<sup>2021</sup> Vgl. Kohl 2009, 74; Kavtaradze 1999, 76. 79f.

<sup>2022</sup> Kohl 2009, 90f.

<sup>2023</sup> Govedarica 2002, 792.

<sup>2024</sup> Siehe zu vormajkopzeitlichen karpato-balkanischen Elementen und auch zu möglichen späteren Einflüssen, etwa von Tripol'e-Traditionen auf die Majkop-Novosvobodnaja-Phase mit weiterer Literatur Rassamakin 2004a, 11. 210. ferner 180. 183.

<sup>2025</sup> Kohl 2009, 58.

Majkop-Novosvobodnaja-Kultur und ihrer Grabkonstruktionen von verschiedenen Autoren Elemente aus den Steppen, dem nördlichen Mitteleuropa (Bereich der Trichterbecherkultur) und Nordmesopotamien angeführt<sup>2026</sup>. Keramische Bezüge etwa werden mit Amuq F und Gaura XII-IX sowie ikonographische, rituelle und typologische Parallelen im Bereich des Vorderen Orients gesehen<sup>2027</sup>. Rezepkin wiederum sieht im Nordkaukasus die erste Phase von Majkop vornehmlich durch das ostanatolische Chalkolithikum und die zweite Phase Novosvobodnaja durch die Uruk-Kultur beeinflusst<sup>2028</sup>. Ob und wie diese (möglichen) Beziehungen zur Metallurgie der Majkop-Kultur in Zusammenhang zu setzen und in Bezug auf die Eigenständigkeit der Metallurgie zu gewichten sind, bleibt schwierig. Die Analogien sind aber zumindest Hinweis auf die Einbindung in einen zeitlichen Horizont und Kontaktnetzwerke. Interessant ist auch das Aufkommen von Dolchen und ihre Vergesellschaftung mit Silberfunden sowie Schaftlochäxten in Gräbern, darunter die Schaftlochaxt von Klady Kurgan 31 Grab 5 aus Kupfer mit hohem Bleigehalt von 30% und Silbereinlagen (Kat. 18, f; Taf. 16, 1)<sup>2029</sup>. Dieser spätere Axttyp zeigt Verbindungen bis beispielsweise ins nordwestdeutsche Reiffenhausen und nach Müsleringen<sup>2030</sup>. Bezüge der Majkop-Kultur nach Nordwesteuropa sollen vielfältiger Natur sein, wobei der Wagentechnologie im Rahmen der Netzwerke eine große Bedeutung beigemessen wird<sup>2031</sup>. Hansen impliziert durch die Nennung bestimmter Axttypen (vgl. o.) und anderer kaukasischer Metalltypen, wie Meißeln mit Hohlseide und pyramidenförmigem Schäftungsteil mit Arsengehalten und deren Verbreitung, einen Zusammenhang mit der Ausbreitung von Arsenkupfer in verschiedene Gebiete Europas (Norddeutschland, Chalkidike in Griechenland)<sup>2032</sup>. Die einzigen analysierten Silberfunde des Vorkaukasus sind die Artefakte von Klady<sup>2033</sup>: Sie enthalten meist kein Blei, dafür oftmals einige Prozent Gold und Kupfer. Eine Nadel und eine Applike enthalten Blei, das sich aus der Kupellation oder der Nutzung bleihaltigen Silbers erklären könnte. Einige der Funde von Klady bestehen aus Kupfersilberlegierungen mit Hinweisen auf intentionelle Anreicherung des Silbers an der Oberfläche. Hinweis auf mögliche balkanische Einflüsse und Traditionen in der Metallkunst stellen neben allgemeinen kulturellen Kontakten vielleicht oben genannte Funde aus Svobodnoe, Naľ'čik usw. dar. Da frühe Artefakte aus reinem Kupfer bestehen, wird ihre Herkunft von einem Teil der Forschung aus dem karpato-balkanischen Bereich hergeleitet<sup>2034</sup>. Letztendlich legen verschiedene Autoren Einflüsse aus dem Gebiet der Steppen und damit solche aus der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz der Entwicklung der vermeintlich plötzlich einsetzenden Maikop Metallurgie zugrunde<sup>2035</sup>. Auf Parallelen etwa mit der Wirtschaftsweise aus dem Gebiet der Steppen und damit Tripol'e ebenso wie auf Parallelen und möglicherweise Vorläufer mit dem Grabbau in diesem Bereich wird aufmerksam gemacht<sup>2036</sup>. Besonders interessant sind Entsprechungen zu Majkop bzw. Majkop-Novosvobodnaja beim Material in frühen Kurganen der sog. Konstantinovsk-Kultur (z. B. auch asymmetrische Flintpfeilspitzen)<sup>2037</sup>. Aus Konstantinovsk liegen Silberringe vor (Kat. 14, b).

---

<sup>2026</sup> Kohl 2009, 58; Rezepkin 2000, 31.

<sup>2027</sup> Siehe mit weiterer Literatur: Kohl 2009, 73-75.

<sup>2028</sup> Rezepkin 2010, 95f.

<sup>2029</sup> Zu den Analyseergebnissen Rezepkin 2000, 9.

<sup>2030</sup> Hansen 2009, 33-36 mit Abb. 28, 5. 8; Abb. 32; bes. 34f.; Ebenso Hansen 2010, 304.

<sup>2031</sup> Hansen 2009, 34f. mit weiterer Literatur.

<sup>2032</sup> Hansen 2009, 28. 34f.

<sup>2033</sup> Zu den Analyseergebnissen mit weiterer Literatur Rezepkin 2000, 9f.

<sup>2034</sup> Siehe etwa Courcier u. a. 2008b, 41.

<sup>2035</sup> Nach Kohl 2009, 72.

<sup>2036</sup> Zur Wirtschaftsweise mit einem starken Element der Viehhaltung und insbesondere einem Schwerpunkt auf Rinder siehe Kohl 2009, 76-78. – Zum Grabbau siehe Kohl 2009, 75.

<sup>2037</sup> Kohl 2009, 75; Rassamakin 2004a, 111f.



Mit den Tumuli von Sé Girdan im Nordwestiran am Urmia See liegen evtl. Hinweise auf Maikop Einflüsse sowie auch Gold- und Silberfunde (Kat. 41) in der 2. H. des 4. Jt. v. Chr. weit im Süden vor<sup>2038</sup>. Von dort sind metallurgisch vergleichbare Arsenkupferfunde von Interesse, wie sie aus der kaukasischen Frühbronzezeit bekannt sind<sup>2039</sup>. Weiter wurde dort ein katzentierartiges Tierkopfszepter aus Stein gefunden. Eine Ockerstreuung scheint möglich (Hockerbestattung mit Rotfärbung) (Kat. 41). Diese Einflüsse gehen zeitlich auch Kura-Araxes Einflüssen im Nordwestiran voran, die dort am Ende des 4. Jt. v. Chr. einsetzen<sup>2040</sup>. Ivanova erwähnt vom Urmia See pauschal aus Tumuli stammende Silberperlen im Zusammenhang mit Entwicklungen, die sich im zweiten Viertel des 4. Jt. v. Chr. entspinnen<sup>2041</sup>. Material mit Bezügen zu Majkop fand sich etwa auch in nicht erforschten und mittlerweile zerstörten Kurganen in der Küstenebene des Kaspischen Meeres (Dagestan)<sup>2042</sup>.

Die Kura-Araxes-Kultur oder Transkaukasische-Kultur tritt etwa ab der Mitte des 4. Jt. in Erscheinung. Arsenkupfer werden verwendet. Diese werden von Teilen der Forschung als Ergebnis einer absichtlichen Zulegierung von Arsen zu Kupfer gewertet<sup>2043</sup>. Als eine „cultural-historical community“<sup>2044</sup> könnte sich diese Kulturerscheinung möglicherweise annähernd gleichzeitig an verschiedenen Orten herausgebildet haben<sup>2045</sup>. Zu den möglichen Regionen werden das nordöstliche Anatolien, Transkaukasien und die westliche Kaspische Küstenebene gerechnet<sup>2046</sup>. Die Erscheinung Kura-Araxes könnte dabei einen Kulturkomplex auf Basis mehrerer lokaler Kulturen darstellen, die eine wie auch immer geartete *Koinē* bildete; hinsichtlich der regionalen Variabilität sind aber auch chronologische Aspekte bei der Bewertung zu berücksichtigen<sup>2047</sup>. Der Ursprung ihrer charakteristisch schwarz-rot polierten Keramik wird dabei im nordöstlichen Anatolien mit Fundorten wie Sos Höyük vermutet<sup>2048</sup>. Im Laufe ihres Bestehens verbreitete sich die Erscheinung Kura-Araxes über weitere Gebiete und umfasste weite Teile Transkaukasien, den zentralen und nördlichen Kaukasus, das östliche Anatolien und den nordwestlichen Iran (Godin IV)<sup>2049</sup>. Dabei zeigt neben anderen einer der nördlichsten Fundorte, Velikent in Dagestan, eventuelle Synkretismen mit Majkop und gilt als Dagestan Variante der Kura-Araxes-Kultur mit teilweise lokalen Wurzeln<sup>2050</sup>. Auch hier wird Arsenkupfer verwendet (0,1 bis 5 % As)<sup>2051</sup>. Keramische Gussformen liegen aus Velikent vor<sup>2052</sup>. Die frühe Feinkeramik dieser Kura-Araxes Variante könnte sich mit solcher des nordmesopotamischen Bereichs und ferner mit „Uruk-related“ fine ceramics with impressed designs from northern Syria<sup>2053</sup> vergleichen lassen. Es werden auch mögliche Verbindungen von frühbronzezeitlichem Material aus Dagestan zum Bereich der Steppen in Erwägung gezogen<sup>2054</sup>. Analogien zu Keramik von Kura-Araxes im späten 4. Jt. v. Chr. sollen sich etwa in Mikhailovka I (Ukraine) feststellen lassen; dort werden weiter

---

<sup>2038</sup> Kohl 2009, 85f.; Hansen 2009, 37.

<sup>2039</sup> Kohl 2009, 86.

<sup>2040</sup> Kohl 2009, 85f.

<sup>2041</sup> Neben Sé Girdan befinden sich darunter weitere Grabhügel, wobei nicht erwähnt wird, wie die Funde zuzuordnen sind (Ivanova 2012, 19).

<sup>2042</sup> Kohl 2009, 86.

<sup>2043</sup> Kohl 2009, 87.

<sup>2044</sup> Kohl 2009, bes. 86. 89.

<sup>2045</sup> Zu Entstehung und Ursprung siehe Kohl 2009, 18. 69f. 88f. 91f. 96f.; Nocera 2000, 77.

<sup>2046</sup> Kohl 2009, 88f. 96.

<sup>2047</sup> Kohl 2009, 89.

<sup>2048</sup> Kohl 2009, 88f.

<sup>2049</sup> Kohl 2009, 87. 91.

<sup>2050</sup> Kohl 2009, 102f.; Courcier u. a. 2008b, 46.

<sup>2051</sup> Kohl 2009, 106; Courcier u. a. 2008b, 46.

<sup>2052</sup> Ab bzw. in der frühesten Siedlungsphase (ca. ab 3600 v. Chr.) (Kohl 2009, 106).

<sup>2053</sup> Kohl 2009, 106.

<sup>2054</sup> Kohl 2009, 102f.

auch Majkop Affinitäten gesehen<sup>2055</sup>. Gegen Ende des 4. Jt. v. Chr. und in der ersten Hälfte des 3. Jt. v. Chr. kamen im Südwesten weitere Gebiete in Anatolien, im nordwestlichen Syrien sowie das nördliche Palästina in den Einflussbereich von Kura-Araxes. Hier ist die Keramik als Typ Khirbet-Kerak oder *Red-Black Burnished Ware* (RBBW) bekannt<sup>2056</sup>. Ihre Verbreitung wird allgemein gerne mit Wanderungsbewegungen erklärt, teilweise überdies dahingehend, dass die Träger der Kura-Araxes-Kultur Prospektoren auf der Suche nach Metall gewesen seien oder als Mittler von Erz, Metall oder Techniken aufgetreten seien<sup>2057</sup>, was sich jedoch nicht beweisen lässt<sup>2058</sup>. Auch auf Zypern finden sich Anhaltspunkte auf Kura-Araxes Kontakte im frühbronzezeitlichen Marki Alonia, für die als Grund ebenfalls die dortigen Metallressourcen in Betracht gezogen werden; dagegen fehlen Hinweise auf Kura-Araxes Elemente im Fenangebiet (Levante)<sup>2059</sup>. Auf eine teilweise Deckungsgleichheit mit der Verbreitung der Keramik des *chaff-faced* Horizontes kann aufmerksam gemacht werden<sup>2060</sup>. An vielen oder gar allen Fundorten der Malatya Region entlang des Oberen Euphrats (z. B. Norşuntepe, Arslantepe) wie auch an einigen Fundorten des westlichen Irans soll sich das Kura-Araxes Fundgut am Beginn des 3. Jt. v. Chr. wiederum als intrusiv darstellen. Dabei soll sich in Bruch in den materiellen Hinterlassenschaften dieser Siedlungen zeigen, weswegen dies eines der besten archäologischen Beispiele einer Bevölkerungsbewegung darstellen soll<sup>2061</sup>. Dies ist im Hinblick auf die dort zuvor (und weiterhin) geübten metallurgischen Tätigkeiten spannend.

Das Ausgreifen von Kura-Araxes Elementen auf Gebiete Anatoliens im Westen, Syriens und Palästinas im Süden und Westirans im Südosten am Ende des 4. Jt. und dem Beginn des 3. Jt. v. Chr. wird im Zusammenhang mit dem Kollaps des Uruk Systems gesehen<sup>2062</sup>. Diese Gebiete hatten Anteil an einem von Uruk besetzten Kommunikationsraum, teilweise in Form von Handels- oder Koloniestationen, bzw. waren nur über solches Gebiet zu erreichen. Einer der Gründe für die sog. Urukexpansion wird in wirtschaftlichen Interessen bzw. im Wirtschaftssystem und dabei insbesondere in der Suche nach Weideflächen für (Woll-) Schafe zur Erzeugung von Wolle gesehen<sup>2063</sup>. Im nordwestlichen Iran und in Südmesopotamien könnte der Übergang zur Nutzung von Wollschafen bereits zwischen 4000 und 3600 v. Chr. erfolgt sein. Vor diesem Hintergrund ist interessant, dass in Arslantepe die Schafhaltung nach Ausweis von Knocheninventaren von Phase VII (Spät-Uruk) zu VI (EBA I) um 3500 v. Chr. zunimmt<sup>2064</sup>. Ein möglicher Zusammenhang mit der Zunahme von Kura-Araxes Elementen in Arslantepe Periode VI – dies wird mit einer postulierten Einwanderung aus nördlicher Richtung erklärt und weiter in Zusammenhang mit der Herkunftsfrage von Wollschafen gebracht – ist schwierig zu bewerten<sup>2065</sup>. Ein weiterer Hinweis auf die Bedeutung von Schafen für Kura-Araxes sind Funde von

---

<sup>2055</sup> Nach Kavtaradze 1999, 79f.: Ein eventueller Synkretismus in einem Gefäß aus der Siedlung Mikhailovka I (Ukraine) wird angeführt. Für die Siedlung werden auch Majkop und Usatovo Einflüsse diskutiert.

<sup>2056</sup> Kohl 2009, 87. 96f. mit Datierungen und weiterer Literatur; Nocera 2000, 77; Miroshedji 2000, bes. 272 Fig. 1; Philip – Millard 2000; Frangipane 2000, 444-450.

<sup>2057</sup> Kavtaradze 1999, 76. 79f.; Vgl. Kohl 2009, 96f. 101f.; Vgl. Palumbi 2008, 48.

<sup>2058</sup> Kohl 2009, 101f.

<sup>2059</sup> Kohl 2009, 101f.

<sup>2060</sup> Vgl. Palumbi 2008 und Marro 2008, bes. 11-13. 16. 19.

<sup>2061</sup> Nach Kohl 2009, 96f.

<sup>2062</sup> Kohl 2009, 83. 97f. 216; Vgl. Kavtaradze 1999, 79f.

<sup>2063</sup> Kohl 2009, 222f.

<sup>2064</sup> Kohl 2009, 223.

<sup>2065</sup> Nach Kohl 2009, 222f. Kohl hebt hervor, dass sich solche Fragen wie die nach der Herkunft und dem Einfluss von Wollschafen und die gesamte damit verbundene Industriekette (Technologie) etwa auf Urbanisierungsvorgänge aus dem archäologischen Material nur schwerlich beantworten lassen. Insbesondere weist er darauf hin, dass die Annahme der Wollnutzung in miteinander verbundenen Gesellschaften schnell verlaufen sein kann und die Herkunftsrichtung kaum festzustellen ist (Kohl 2009, 223).

Schaffigurinen<sup>2066</sup>. Diese Überlegungen ermöglichen es, den Blick von einer allzu starken Rolle der Metallurgie zu lösen. In metallurgischer Hinsicht soll die Ausbreitung von Kura-Araxes mit der Suche nach Metallressourcen, mit Metall- bzw. Erzhandel und mit einer Verbreitung von hoch mit Arsen legiertem Kupfer und charakteristischen Artefaktformen einhergehen<sup>2067</sup> (s. u. Arslantepe). Diese der Metallurgie zugewiesene überragende Bedeutung kann aber als überholt gelten.

Von Arslantepe stammen in qualitativer wie quantitativer Hinsicht als exzeptionell zu bezeichnende Kupferfunde aus einem Grabzusammenhang und einem Hort. Wie anderen herausgehobenen Funden und Fundorten widerfährt ihnen große Aufmerksamkeit, und sie sind deshalb mit Maß zu gewichten. Die Herkunft des Kupfers bzw. der Kupferartefakte des Hortfundes aus Periode VI A von Arslantepe wird wegen seiner Arsengehalte von bis zu 4 % und niedriger Nickelgehalte nicht in einem lokalen Umfeld, sondern häufig wegen der Tradition der Arsenkupferverwendung und der Formen unter anderem auch im kaukasischen Raum vermutet<sup>2068</sup>. Ein Teil der Artefaktformen weist in diese Richtung. Für die zusammen mit neun Schwertern mit Silbereinlagen und einer Vierfachspirale gefundenen zwölf Speerspitzen (1,3–4,43 % Arsen) von Arslantepe finden sich formal vergleichbare Formen im Bereich Transkaukasiens etwa im ins frühe 3. Jt. v. Chr. zu datierenden Tsartsis Gora bei Satschchere in Georgien<sup>2069</sup>. Der Metallurgie von Arslantepe und Kura-Araxes wird große Bedeutung beigemessen. Dies geschieht sowohl im Hinblick auf die Metallurgie in Anatolien und Nordsyrien als auch in Hinsicht auf Arslantepe als Mittler von Metallprodukten im Rahmen eines Metallhandels<sup>2070</sup>.

Dass der Kaukasus seit der sog. Frühbronzezeit (EBA und MBA) und mit ihm Kulturen wie Majkop und Kura Araxes Kultur wahrscheinlich eine wesentliche Rolle als Mittler und Lieferant von Arsenkupfer in einem geänderten Kommunikationsraum spielten und teilweise formativ auf andere Kulturen gewirkt haben könnten, deutet sich im Falle von Majkop mit dem in den Gräbern angesammelten Reichtum an<sup>2071</sup>. Er weist auf eine bedeutende Rolle hin, die diese Kultur einerseits zwischen dem Kaukasus und dem Norden mit den Steppen und andererseits möglicherweise den Kulturen des Vorderen Orients einnahm. Zudem stellt das Kubangebiet – zumindest heutzutage – eine landwirtschaftliche Gunstregion für den Getreideanbau mit dem Potential für eine große Bevölkerung dar<sup>2072</sup>, und das Gebiet nimmt auch in verkehrsgeographischer Hinsicht im Verbund mit Neuerungen etwa im Bereich der Mobilität und des Transportes eine günstige Position ein, die von der Majkop-Kultur besetzt wurde<sup>2073</sup>. Mögliche auch chemisch passende Metallagerstätten liegen auf ihrem Gebiet, insbesondere aber in ihrem Einzugsgebiet<sup>2074</sup>. Die Fähigkeit, sich Metall zugänglich zu machen und wahrscheinlich aber auch zu produzieren<sup>2075</sup>, könnte sowohl in ihrer Mittlerrolle für Metall<sup>2076</sup> aus dem

---

<sup>2066</sup> Lordkipanidse 1991, 51.

<sup>2067</sup> Kavtaradze 1999, 79. 80.

<sup>2068</sup> Kavtaradze 1999, 76.

<sup>2069</sup> Kavtaradze 1999, 76. 79. 77 Fig. 6, 37. 38; 78 Fig. 7, 3.

<sup>2070</sup> Kavtaradze 1999, 79.

<sup>2071</sup> Chernykh 1992, 159-162. bes. 162; Kohl 2009, 54. 57-61; Courcier u. a. 2008b, 44f.; Für Kura-Araxes siehe auch Kavtaradze 1999, 76. 79f.

<sup>2072</sup> Vgl. Rostankowski 1979, 111 Abb. 7; Mellor 1982, 12f. 100f.; Ivanova 2012, 2.

<sup>2073</sup> Vgl. Hansen 2009, 29-31. 34; Kohl 2009, 110f.

<sup>2074</sup> Courcier 2010, 83. 88.

<sup>2075</sup> Courcier 2010, 88.

<sup>2076</sup> Chernykh 1992, 158-162. bes. 159f.; Kohl 2009, 78-82.

Kaukasus via einer „Caucasian Bridge“<sup>2077</sup> in weite Gebiete der Steppen als auch in der Produktion primärer und sekundärer landwirtschaftlicher Erzeugnisse begründet liegen<sup>2078</sup>.

Die Entwicklungen im Gebiet in und rund um den Kaukasus respektive das Aufkommen der Kulturen Majkop und Kura-Araxes in dieser Zeit wird oft im Zusammenhang mit einer erblühenden Metallurgie gesehen<sup>2079</sup>. Dieser Aussage steht wahrscheinlich quellenbedingt entgegen, dass nur relativ wenige Metallgegenstände insbesondere aus Kura-Araxes Zusammenhängen der frühen Phase vorliegen<sup>2080</sup>. Ob diese Kulturen nun direkte Produzenten von Metall waren oder nur deren Mittler, ist dabei zunächst einmal unerheblich (zur Diskussion s. u.)<sup>2081</sup>. Sie zeigen zuerst einmal mögliche weiträumige Kontakte in einer Form an, die sich chronologisch nur schwer in einer zeitlichen Auflösung verfolgen lassen, die weitergehende Aussagen (wie etwa dem Ursprungsgebiet einer Technologie) erlaubt.

Wird teilweise erwogen, dass der Kaukasus ein Lieferant für Kupfer nach Mesopotamien gewesen ist, so zeigt sich aufgrund von bleiisotopischen Untersuchungen urukzeitlicher Kupfer, dass diese möglicherweise aus Zentral- und Nordostanatolien stammen<sup>2082</sup>. Nach Schachner hatte das östliche Transkaukasien keine Teilhabe an einem im 3. Jt. v. Chr. entstehenden Zinnhandel; er schließt eine Bedeutung des Kaukasus für die südlichen Regionen des Alten Orients dieser Zeitstellung aus<sup>2083</sup>.

Einige Eigenheiten der Metallurgie und Metallfunde von Majkop und Kura-Araxes sollen im folgenden Kapitel noch einmal gesondert besprochen werden. Dabei werden auch Entwicklungen bei den Metallzusammensetzungen und der Metallurgie angerissen.

#### ***IV.1.2.4. Metall und Metallurgie der Majkop- und der Kura-Araxes-Kultur sowie die Lagerstätten des Kaukasus***

Im Bereich des nördlichen Kaukasus und Vorkaukasus stammen aus Kurganen (Majkop, Staromyšastovskaja, Kostromskaja) und Siedlungen der Majkop-Kultur zahlreiche Metallartefakte<sup>2084</sup>. Darunter sind neben Perlen, Ringen und Anhängern insbesondere zoomorphe Figurinen, Gefäße und ornamentale Applikationen aus Gold und Silber zu nennen. An Formen aus Kupfer sind etwa Beile, Meißel und verschiedene Formen von Schaftlochäxten überliefert. Dolche mit flachem Blatt sind typisch für diese Periode<sup>2085</sup>. Der Beginn einer Edelmetallmetallurgie von Gold und Silber zeichnet sich in einer ersten Phase von Majkop ab (Fundorte Majkop [Kat. 17; Taf. 14, 4], Staromyšastovskaja [Kat. 20], Kostromskaja, vgl. Kurgan bei Novosvobodnaja [Kat. 21]). Diese wird in der zweiten Phase (Phase Novosvobodnaja) fortgeführt, wobei sich aber die Anzahl der Objekte verringert (Fundorte Novosvobodnaja und Klady [Kat. 18], vgl. „Kurgan bei Nalčik“ [Kat. 19], Kishpek, Chegem I und II, Bamut)<sup>2086</sup>. Die Silber- wie auch Goldmetallurgie von Majkop könnte auf der eigenständigen Ausbeutung von inzwischen nachgewiesenen Lagerstätten beruhen<sup>2087</sup>. Helwing zufolge lässt sich, während erstes Arsenkupfer in Mešoko nachgewiesen ist, ein Aufschwung der Arsenkupfernutzung in

<sup>2077</sup> Chernykh 1992, 159f. 162; Kohl 2009, 80f.

<sup>2078</sup> Nachweise von Wolle, Leinen (Flachs) und auch von Fasern aus Baumwolle liegen aus Novosvobodnaja Kurganen vor (Kohl 2009, 223); Vgl. auch Chernykh 1992, 158-162 (The export of metal and the problem of the ‘international division of labour’).

<sup>2079</sup> Vgl. Courcier u. a. 2008b, 43f.

<sup>2080</sup> Vgl. Kohl 2009, 74; Kavtaradze 1999, 73; Hansen 2009, 37.

<sup>2081</sup> Zu Kura-Araxes als Mittler und Produzent Kavtaradze 1999, 76. 79f.; Courcier u. a. 2008b, 44f.

<sup>2082</sup> Begemann – Schmitt-Strecker 2009, 1. 21. 23. vgl. dagegen 23.

<sup>2083</sup> Schachner 2002, 127.

<sup>2084</sup> Mit weiterer Literatur Courcier u. a. 2008b, 43.

<sup>2085</sup> Courcier u. a. 2008b, 44.

<sup>2086</sup> Nach Courcier 2010, 79.

<sup>2087</sup> Courcier 2010, 83.

den frühen Majkopgräbern beobachten<sup>2088</sup>. Gleichzeitig soll wiederum gemäß Helwing „an intensive exploitation of native gold/silver/electrum“<sup>2089</sup> stattgefunden haben. Die Gründe bzw. Basis für letztere Feststellung werden nicht genannt. An dieser Stelle soll bezüglich der Silbermetallurgie auf zwei Umstände aufmerksam gemacht werden: die Gleichzeitigkeit mit dem möglichen Aufschwung der Arsenkupfermetallurgie sowie die teilweise bescheidenen Anklänge von Majkop Keramik an *chaff-faced* Ware aus dem weiteren Bereich Obermesopotamiens. Aus diesem Milieu liegen zahlreiche Silberobjekte sowie direkte Belege für die Kenntnis der Kupellation vor. Inwieweit die Erzeugung von Arsenkupfer bzw. legiertem Kupfer der Majkop-Kultur (s. u.) dabei auch eine andere Herstellungstechnik für Silber nahelegen könnte, bleibt einstweilen offen.

In der Phase Majkop-Novosvobodnaja ab der Mitte des 4. Jt. v. Chr. wird die Metallurgie der ersten Majkop-Phase fortgeführt, aber ein Bedeutungsverlust in Betracht gezogen<sup>2090</sup>. Als neue Formen tauchen Haken/Gabeln (hooks/forks, russ. *kryuki*) und eine möglicherweise neue Art kreuzschneidiger Schaftlochäxte auf. Ähnliche Formen sind aus zeitgleichen Siedlungen bekannt, die mit der Kura-Araxes-Kultur in Verbindung gebracht werden<sup>2091</sup>. Chronologische Probleme bei der Einordnung der Schaftlochäxte scheinen zu bestehen<sup>2092</sup>. Neben den einfachen flachen Dolchen der vorangehenden Zeit werden in dieser Phase auch Dolche mit einer Mittelrippe oder multiplen Rippen verwendet<sup>2093</sup>. Einige der Formen lassen sich etwa mit Objekten aus möglichen Kura-Araxes Zusammenhängen vergleichen<sup>2094</sup>. Für die kreuzschneidigen Schaftlochäxte werden von Courcier und Kollegen neben Kura-Araxes Kontexten zwei Regionen mit Vergleichen benannt: einerseits Obermesopotamien und der Iran (Tepe Hissar, Tepe Gaura, Tepe Sialk, Gisarlyk und Sé Girdan) und andererseits der Balkan für Formen wie sie aus Ust'-Labinsk und Ruguzdha vorliegen<sup>2095</sup>. Anhand von Lanzenspitzen lassen sich Verbindungen zu Kura-Araxes und Regionen wie Syrien, Mesopotamien und Anatolien ziehen (Amuq H und Arslantepe VI A und VI B)<sup>2096</sup>. An den in großer Vielfalt auftretenden Schaftlochäxten können interessante Kontaktnetzwerke nach Mesopotamien und Mitteleuropa abgelesen werden<sup>2097</sup>.

Insgesamt stammen aus Majkop-Gräbern möglicherweise rund 7400 Gold- und 1000 Silberartefakte vom Gebiet des Vorkaukasus<sup>2098</sup>. Der Kaukasus in der frühen Bronzezeit könnte für die Edelmetalle Gold und Silber sowie für Arsenkupfer ein wichtiger Lieferant für die umliegenden Kulturen der Steppen und des Vorderen Orients gewesen sein<sup>2099</sup>.

In der Region des Vorkaukasus zu den Zeiten von Majkop und Majkop-Novosvobodnaja bestehen die meisten Kupferartefakte mit Arsenkupfer und Arsen-Nickel-Kupfer aus zwei Kupfersorten bzw. -legierungen; sie weisen folgende Elementgehalte auf<sup>2100</sup>: Für die Phase Majkop liegen die Arsenwerte zwischen 0,5 % und 9,08 %, für die Phase Majkop-Novosvobodnaja zwischen 0,7 % und 10 %. Hier ist kein nennenswerter Unterschied feststellbar. Einige der Objekte enthalten zudem Nickel. Diese Artefakte unterscheiden sich dabei im Nickelgehalt, wobei sich zwei Gruppen gegeneinander

---

<sup>2088</sup> Helwing 2012, 212.

<sup>2089</sup> Helwing 2012, 212.

<sup>2090</sup> Courcier u. a. 2008b, 43.

<sup>2091</sup> Courcier u. a. 2008b, 43f.

<sup>2092</sup> Vgl. Courcier 2010, 79.

<sup>2093</sup> Courcier u. a. 2008b, 44; Courcier 2010, 79.

<sup>2094</sup> Siehe im Folgenden und vgl. Courcier u. a. 2008b, 43-46. bes. 43f. 45f.

<sup>2095</sup> Nach Courcier u. a. 2008b, 44; Vgl. Ryndina 2003, bes. 16f. mit Fig. 4, 1; Courcier 2007, 210-212.

<sup>2096</sup> Ausführlicher und mit Nennung zahlreicher Fundorte und Literatur Courcier u. a. 2008b, 44; Courcier 2010, 84.

<sup>2097</sup> Courcier 2010, 79. 84; Hansen 2010.

<sup>2098</sup> Kohl 2009, 79 mit weiterer Literatur; Hansen 2009, 33.

<sup>2099</sup> Vgl. Kohl 2009, 79-82. bes. 82; Chernykh 1992, 159-162.

<sup>2100</sup> Kohl 2009, 80f.; Courcier 2010, 79; Courcier u. a. 2008b, 44; Chernykh 1992, 74; Courcier 2007, 202. 216f.

abgrenzen lassen. Eine Gruppe enthält zwischen 0,001 % und 0,1 % Nickel, bei der anderen Gruppe liegen die Werte zwischen 0,1 % und 4,4 %. Insgesamt enthalten die Artefakte der Phase Majkop-Novosvobodnaja deutlich weniger Nickel und auch Silber, Blei und Antimon als die Artefakte der Phase Majkop. Auch die Artefakte der Kura-Araxes-Kultur sind durch sehr niedrige Gehalte an Nickel, Antimon und Blei gekennzeichnet. In dieser Hinsicht lassen sich Kupfer der Phase Majkop-Novosvobodnaja und der Kura-Araxes-Kultur bedingt miteinander vergleichen<sup>2101</sup>. Kawtaradze stellt für die Kupferobjekte der Kura-Araxes-Kultur fest: „Sie bestehen überwiegend aus Arsenkupfer mit 2 % bis 8 % Arsen, die Beimengung von geringen Bleigehalten in diesen Artefakten werden als Indiz dafür gewertet, dass das Arsen aus polymetallischen Erzen stammt (z. B. aus Fahlerzen). [...] Da die entsprechenden Metallobjekte keine Sulfideinschlüsse enthalten, ist anzunehmen, dass es sich um oxidische und karbonatische Erze aus oberflächennahen Bereichen gehandelt hat“<sup>2102</sup>. In einem Fall geht bei Artefakten der Majkop-Kultur ein stark erhöhter Arsengehalt mit einem erhöhten Nickelgehalt einher<sup>2103</sup>. Die Zusammensetzung des Metalls mit Nickelgehalten im Gegensatz zu einer vermeintlichen Abwesenheit von Nickel sowie dem vermuteten Fehlen von Oxidationszonen bei Lagerstätten im Nordkaukasus legten den Schluss nahe, dass Majkop von einem Metallzufluss aus der Kura-Araxes-Kultur bzw. Anatolien und dem Iran abhängig war<sup>2104</sup>. Grundlegend dafür war auch die Annahme von Chernykh, dass die Zusammensetzung des Metalls die ursprüngliche Zusammensetzung des Erzes widerspiegelt. Chernykh vermutete Quellen südlich des Kaukasus für Arsenkupfer und die iranoanatolische Zone für nickelhaltiges Kupfer. Majkop wurde deshalb lediglich als Mittler zwischen der Kura-Araxes-Kultur und den Steppen im Norden gesehen<sup>2105</sup>. Nickelhaltige Lagerstätten sind aber ebenso wie ausgebildete Oxidationszonen derweil im Nordkaukasus nachgewiesen<sup>2106</sup>. Zweifel an der Mittlerrolle sind aber auch aufgrund der nur vagen Ähnlichkeit der Metallinventare, die eher nur die Phase Majkop-Novosvobodnaja betreffen<sup>2107</sup>, der unzureichenden Untersuchungen von Siedlungen und dem daraus resultierenden scheinbaren Fehlen von Hinweisen auf extraktive Metallurgie in Majkop Zusammenhängen geltend zu machen<sup>2108</sup>. Für Kura-Araxes und (die Phase) Majkop überhaupt ist auf die großen Unterschiede in ihrem archäologisch feststallbaren kulturellen Habitus aufmerksam zu machen (Siedlungen, Hausbau, Subsistenzwirtschaft, Metallinventare); gleichwohl gelten beide als sichere Bestandteile der ZPMP<sup>2109</sup>. Diese Überlegungen sowie die Lagerstätten im Bereich von Beloretschensk (Krasnodar, Russland)<sup>2110</sup> und weitere nickelhaltige Kupferlagerstätten im Kaukasus<sup>2111</sup> lassen eine eigenständige Metallproduktion möglich erscheinen<sup>2112</sup>. Neben Zumischungen entsprechend nickelhaltiger Arsenerze wird ein Verdacht auf die Nutzung von sulfidischen Erzen und besonders Fahlerzen für die Herstellung der nickelhaltigen Arsenkupfer der Majkop Kultur geäußert<sup>2113</sup>. Ein möglicher unregelmäßiger „Gusskuchen“ aus Klady Kurgan 31 Grab 5, der bei dieser

---

<sup>2101</sup> Courcier 2010, 79; Courcier 2007, 216-218. bes. 218. 223f.

<sup>2102</sup> Kawtaradze 2001, 140.

<sup>2103</sup> Courcier 2007, 217.

<sup>2104</sup> Courcier 2010, 79. 83; Courcier u. a. 2008a, 29; Courcier u. a. 2008b, 35-40; Kohl 2009, 67. 80-82; Chernykh 1992, 60f. – Nickel in Erzen wurde in älteren Studien nicht analysiert (Courcier u. a. 2008a, 29). Nickel ist weiter auch mit Ophiolithen vergesellschaftet, die auch im Kaukasus verbreitet sind. Eine Nutzung solcher Lagerstätten könnte schon früh angezeigt sein (Courcier 2007, 228).

<sup>2105</sup> Courcier u. a. 2008b, 44f.; Chernykh 1992, 60. 73f. 159f.; Courcier 2007, 202. bes. 218.

<sup>2106</sup> Courcier 2010, 83.

<sup>2107</sup> Kohl 2009, 80-82. 91; Courcier u. a. 2008b, 43-46. bes. 44. 45.

<sup>2108</sup> Vgl. die oben gemachten Ausführungen zum Quellenbestand; Courcier u. a. 2008b, 45; Courcier 2010, 83.

<sup>2109</sup> Kohl 2009, 84.

<sup>2110</sup> Kohl 2009, 81; Rezepkin 2000, 9.

<sup>2111</sup> Courcier 2007, 202. 204.

<sup>2112</sup> Courcier 2010, 88.

<sup>2113</sup> Rezepkin 2010, 100.

Ansprache aus einem Ofen stammen müsste, könnte jedoch auch das Ergebnis des Zusammenschmelzens von Kupfertropfen sein<sup>2114</sup>. In chronologischer wie typologischer Hinsicht ist ein Austausch von Metall bzw. Wissen, Kenntnissen und Formen zwischen Majkop-Novosvobodnaja und Kura-Araxes jedoch anzunehmen<sup>2115</sup>. Eine vollständige Abhängigkeit der Majkop Kultur von Metall aus Kura-Araxes-Zusammenhängen ist aber, bevor die quellenkritischen Probleme aufgearbeitet sind, nicht zu postulieren<sup>2116</sup>. Eine gewisse Strahlkraft von Kura-Araxes lässt sich möglicherweise an Arslantepe ablesen. Neben Fertigobjekten könnten auch Erze gehandelt worden sein, worauf die Zusammensetzungen der Metallartefakte von Arslantepe einen Hinweis geben<sup>2117</sup>.

Für die Zeit der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. wurden in Transkaukasien Hinweise auf Verhüttung und Nutzung von Kupfer und Arsenkupfer gefunden. Diese stammen aus Siedlungen wie Leyla Tepe, Berikldeebi, Boyuk Kesik, Teghut und Soyuq Bulaq, die auch nordmesopotamische Einflüsse zeigen<sup>2118</sup>. Helwing bespricht etwa die südkaukasischen Fundorte Leyla Tepe, Berikldeebi, Boyuk Kesik und Soyuq Bulaq im Rahmen von Fundorten, die Keramik mit Einflüssen häckselgemagerter Keramik Obermesopotamiens aufweisen und Hinweise auf Arsenkupfer geben<sup>2119</sup>. Dabei macht Helwing für Formen unter Verweis auf zum Teil dort gefundene Schaftlochäxte und Dolche neben dem bislang diskutierten Balkanraum als möglicher Ursprungsregion auf ebenfalls denkbare Vorbilder solcher im Iranischen Hochland und darüber hinaus in Zentralasien aufmerksam; eine Einbindung in Kontaktnetzwerke mit dem Iranischen Hochland deutet sich zudem über den Fundort MPS 16 auch über Keramik an<sup>2120</sup>: MPS 16 (Mil Plain Site?) in der Mil-Ebene Südaserbaidschans mit *chaff-faced* Ware wies auch bemalte Sialk III<sub>4-5</sub> Keramik auf<sup>2121</sup>. Aus Kurganen von Soyuq Bulaq (Kat. 16)<sup>2122</sup> stammen Kupferfunde mit Arsen und auch Nickel, darunter ein Dolch (1–2 % As, max. 0,2 % Fe), eine Ahle (0,8–6,8 % As, 0,8–6,4 % Ni, max. 0,2 % Fe), zusammen mit zahlreichen Perlen und Ringen aus Silber-, Silber-Gold-Kupfer- und Silber-Gold-Legierungen. Teilweise wurden zur Herstellung der Perlen Metallfolien um einen Kern, darunter Karneol, gewickelt<sup>2123</sup>. Auch Lapislazuliperlen sind belegt<sup>2124</sup>. Die Legierungen mit Silber – vermutlich sind sie stark korrodiert, und Silber könnte im Gesamtobjekt abgereichert und in der Patina angereichert sein – könnten teilweise anhand einer fehlenden Homogenisierung unzureichende Bedingungen beim Verhütten oder Schmelzen anzeigen<sup>2125</sup>. Auch ein Schmelzen nach Schmelzpunktunterschieden oder eine Abscheidung aus Sulfidphasen könnte dieses Bild, zumindest beim zunächst frisch verhütteten Metall, ergeben (vgl. Größe und Bearbeitungsspuren der eher kleinen Artefaktformen [Kat. 16]). Fraktionierte Kristallisation bzw. Saigerungserscheinungen (im Erz) beim Abkühlen oder bei der Lagerung und Korrosion des Metalls bieten eine weitere Erklärung. Bei dem Dolch konnte nur die stark korrodierte Oberfläche analysiert werden, und die Aussagen sind nur vage; die Gehalte variieren innerhalb der analysierten Stücke<sup>2126</sup>. Objekte wie die aus Kül Tepe I bestehen teilweise aus arsen- und nickelhaltigem Kupfer, während die Artefakte anderer Fundorte arsenarm

---

<sup>2114</sup> Rezepkin 2000, 63. 66.

<sup>2115</sup> Courcier u. a. 2008b, 45f.

<sup>2116</sup> Courcier u. a. 2008b, 45.

<sup>2117</sup> Courcier u. a. 2008b, 46.

<sup>2118</sup> Courcier u. a. 2008b, 45; Schachner 2002, 119; Kohl 2009, 69; Courcier 2010, 88.

<sup>2119</sup> Helwing 2012, 205. 212f.

<sup>2120</sup> Helwing 2012, bes. 212-214.

<sup>2121</sup> Helwing 2012, bes. 205-211.

<sup>2122</sup> Courcier u. a. 2008a.

<sup>2123</sup> Courcier u. a. 2008a, bes. 23. 25. 28.

<sup>2124</sup> Helwing 2012, 213.

<sup>2125</sup> Courcier u. a. 2008a, 23. 25.

<sup>2126</sup> Courcier u. a. 2008a, 28.

sind<sup>2127</sup>. Courcier bemerkt, dass reine Kupfer neben ersten Legierungen existieren<sup>2128</sup>. Wie oben dargelegt liegen vereinzelte Hinweise auf Schlacken in der frühesten Entwicklung und auch in der Folgezeit vor (z. B. Leyla Tepe [mit *prills* ?])<sup>2129</sup>. Teile des Kupfers zeigen bei hohen Arsenanteilen meist relativ niedrige Eisengehalte<sup>2130</sup>. Insgesamt sind diese Aussagen bei der unterschiedlichen chronologischen Einordnung der Funde durch verschiedene Autoren<sup>2131</sup> und beim jetzigen Untersuchungsstand unter Vorbehalt zu sehen.

Mitte des 4. Jt. v. Chr. – zeitgleich kommt im Norden die Novosvobodnaja Phase von Majkop auf – gehen die nordmesopotamischen Einflüsse zurück und die Kura-Araxes-Kultur etabliert sich in Transkaukasien und im südwestlichen Teil des Kaukasus<sup>2132</sup>. Nach Courcier und Kollegen soll mit dem Aufkommen der Kura-Araxes-Kultur ein Aufschwung in der Metallurgie einhergehen<sup>2133</sup>. Nach Kavtaradze sind Metallfunde der frühen Kura-Araxes-Kultur bzw. ihr unmittelbar vorangehender Gruppen jedoch selten<sup>2134</sup>. Der Großteil des Metallinventars der Kura-Araxes-Kultur besteht aus Arsenkupfer<sup>2135</sup>. Silber und Blei sind in Form von Anhängern, Spiralen und Lockenringen aus Amiranis Gora (s. u.) und Kvatskhelebi bekannt (beide nicht im Kat.)<sup>2136</sup>. Silber soll erst spät in der entwickelten Kura-Araxes Kultur auftreten. Eine Gewinnung aus Blei wird angenommen<sup>2137</sup>. Die Gehalte an Arsen in Kupferobjekten betragen unterschiedlichen Angaben zufolge meist zwischen 1 bis 6 % (für die Frühbronzezeit)<sup>2138</sup>, 2 bis 8 %<sup>2139</sup> bzw. zwischen 2 und 4 % und in seltenen Fällen bis 6 % oder sogar 22,7 %<sup>2140</sup>. Neben Arsen werden Verunreinigungen mit Blei, Zink sowie Spuren von Antimon und Nickel genannt<sup>2141</sup>. Die hohen Gehalte an Arsen sollen nach Kavtaradze in der späten Entwicklung von Kura-Araxes vor allem für Schmuck verwendet worden sein, während Werkzeuge und Waffen niedrigere Gehalte aufweisen<sup>2142</sup>. Perlen mit über 25 % As aus dem Kaukasus könnten eine Art von Vorlegierung darstellen (Frage *prills*/Granulat?)<sup>2143</sup>, werden aber ihrerseits als Belege für die Zugabe von Arsen (-erz) gesehen<sup>2144</sup>. Der Höhe des As-Gehaltes könnte auch auf eine Speiseabscheidung aus Sulfidphasen hinweisen. Chernykh hebt die hohen Zinkgehalte von 1 bis 2,5 % (bis 5 % nach Courcier<sup>2145</sup>) bei Objekten der Kura-Araxes-Kultur hervor und sucht die Gründe an erster Stelle in einem Prozess, bei dem eine Sublimation von natürlich im Erz vorhandenem Zink vermieden wurde, bringt aber auch den

---

<sup>2127</sup> Schachner 2002, 120 Tabelle 1.

<sup>2128</sup> Courcier 2007, 202.

<sup>2129</sup> Schachner 2002, 119; Courcier 2007, 218f. (zu einer Analyse [von Metall] einer Schlacke [?] mit 88,26 % Cu, 7,272 % As, 4,752 % Pb, 3,56 % Fe, 0,92 % Sb, 0,213 % Ni und 0,119 % Ag). Unklar ist, ob sich beide Autoren womöglich auf das gleiche Stück beziehen.

<sup>2130</sup> Schachner 2002, 120 Tabelle 1.

<sup>2131</sup> Vgl. Schachner 2002, 120 Tabelle 1; 124f. Tabelle 2; 128 Tabelle 3; Courcier 2007, 202-204 mit Tableau 2; 218f.

<sup>2132</sup> Courcier u. a. 2008b, 45.

<sup>2133</sup> Courcier u. a. 2008b, 45.

<sup>2134</sup> Kavtaradze 1999, 73.

<sup>2135</sup> Chernykh 1992, 66; Courcier 2007, 223 mit Anmerkungen.

<sup>2136</sup> Aus den frühesten Schichten der fortgeschrittenen Stufe der Kura-Araxes Kultur genannter Fundorte (nach Kavtaradze 1999, 76). – In einem Grab von Amiranis Gora wurden ein Anhänger aus Blei und eine Silberspirale gefunden. Aus einem Grab in Kvatskhelebi wurden vier Silberspiralen gefunden (Dscharaparidze 2001, 99).

<sup>2137</sup> Dscharaparidze 2001, 99.

<sup>2138</sup> Chernykh 1992, 66.

<sup>2139</sup> Kavtaradze 1999, 74.

<sup>2140</sup> Courcier u. a. 2008b, 46; Courcier 2007, 223; Schachner 2002, 124f.; Courcier 2010, 86.

<sup>2141</sup> Courcier 2010, 86.

<sup>2142</sup> Kavtaradze 1999, 76.

<sup>2143</sup> Tylecote 1987, 34f.

<sup>2144</sup> Vgl. Tylecote 1987, 193.

<sup>2145</sup> Mit weiterer Literatur Courcier 2007, 223f.



Fund eines Zinkobjektes aus einem als Majkopzusammenhang bezeichneten Kontext (Mešoko im Nordkaukasus) ins Spiel<sup>2146</sup>. Zu den ersten Überlegungen von Chernykh würden (unter anderen Vorzeichen) die für die chalkolithische Legierungserzeugung erwogenen Zementationsprozesse passen. Nur ein kleiner Teil der Kupfer der Kura-Araxes-Kultur weist erhöhte Nickelgehalte auf (0,04 bis 1%); mehrheitlich liegt er unter 0,03 %<sup>2147</sup>. Nickel ist typisch für Teile des Majkopkupfers. Der überwiegende Teil armenischer Kura-Araxes Kupfer zeigt hohe As/Sb Verhältnisse (As/Sb 10–1280), wobei aber unklar ist, ob die Messwerte durch Korrosion beeinflusst sind<sup>2148</sup>. Auch Kupferobjekte aus Arslantepe VI B1 zeigen eher niedrige Nickel- und Antimongehalte. Nach Courcier zeigen sich darin Parallelen zu Südostanatolien und der Kura-Araxes-Kultur<sup>2149</sup>. Dagegen zeigen frühere Arsenkupferlegierungen von Arslantepe VII und VI höhere Konzentrationen an Arsen, Antimon, Nickel, Bismut und oft auch Silber. Darin sollen sich diese Kupfer wiederum mit dem etwa zeitgleichen Kupfer der ersten Phase von Majkop vergleichen lassen<sup>2150</sup>. Für das Kupfer der Kura-Araxes Kultur wird aufgrund der Zusammensetzung die direkte Verhüttung arsenhaltiger polymetallischer Erze aus der Oxidationszone angenommen, da in den Artefakten kein Schwefel nachgewiesen werden konnte<sup>2151</sup>. Mit dem Ende von Kura Araxes, nach einer Erschöpfung oxidischer Erze sollen sulfidische Erze ausgebeutet worden sein<sup>2152</sup>. Weiter zu eruieren bleibt in technischer Hinsicht der Vergleich von armenischen Kupferobjekten aus der Kura-Araxes Kultur ob ihrer erhöhten Ni- und Ag-Gehalte mit Artefakten aus Naḥal Mišmar und Arslantepe<sup>2153</sup>. Auch die in Arsenkupfer der Kura-Araxes-Kultur zu findenden Bleibeimischungen, die als Indiz auf die Verwendung polymetallischer Erze gesehen werden<sup>2154</sup>, könnten bei Beantwortung der Frage nach der Herstellungsmethode helfen. Damit zusammenhängende Fragen bedürfen zu ihrer Klärung genauerer Betrachtungen, als es die pauschalen Vorstellungen der Fakten hier erlauben. Sollten erhöhte Zinkgehalte etwa mit erhöhten Arsenwerten einhergehen, wäre dies ein guter Indikator für Zementationsprozesse und Fragen nach dem Reaktordesign würden sich stellen. Auch hohe As/Sb Verhältnisse könnten sich in diese Richtung deuten lassen. Dagegen zeigen Analysen von Objekten innerhalb des Verlaufs der Kura-Araxes-Kultur (Kura-Araxes und späte Kura-Araxes Kultur) aus dem östlichen Transkaukasien im Vergleich zur vorhergehenden Entwicklung (vgl. oben), dass hohe Arsengehalte mit vergleichsweise hohen Eisenanteilen (häufig im Bereich von 0,X %) einhergehen<sup>2155</sup>. Änderungen der Verhüttungs- respektive Legierungstechnik könnten sich anzeigen. Jedoch bemerkt Schachner, dass sich etwa im östlichen Transkaukasien eine technologische Entwicklung bis in die Mittelbronzezeit (frühes 2. Jt. v. Chr.) nicht verfolgen lasse, und eine Metallurgie am häuslichen Herd kennzeichnend sei<sup>2156</sup>. Inwieweit dies mit der fast ausschließlichen Verwendung von Arsenkupfer bis ins 2. Jt. v. Chr. in dieser Region zu verbinden ist<sup>2157</sup>, bleibt zu sehen. Auch der Niederschlag einer technischen Neuerung des 3. Jt. v. Chr. – die zur gleichen Zeit auch in Anatolien aufkommt, nämlich Tondüsen, lässt sich kaum fassen<sup>2158</sup>. Diese sollten mit Änderungen des Reaktordesigns und/oder den stattfindenden Prozessen einhergehen. Ein

<sup>2146</sup> Chernykh 1992, 66.

<sup>2147</sup> Chernykh 1992, 66.

<sup>2148</sup> Meliksetyan – Pernicka 2010, 47f. mit Fig. 2.

<sup>2149</sup> Courcier 2010, 86.

<sup>2150</sup> Courcier 2010, 86f.

<sup>2151</sup> Courcier u. a. 2008b, 46; Kavtaradze 1999, 74. 76. – Zum Schwefel in den Kupferobjekten Kavtaradze 1999, 74.

<sup>2152</sup> Courcier u. a. 2008b, 46 (hier auch zu möglichen Lagerstättenregionen).

<sup>2153</sup> Siehe dazu Meliksetyan – Pernicka 2010, 49.

<sup>2154</sup> Kavtaradze 1999, 74.

<sup>2155</sup> Vgl. Schachner 2002, 124f. Tabelle 2.

<sup>2156</sup> Schachner 2002, 123. 126.

<sup>2157</sup> Vgl. Schachner 2002, 127.

<sup>2158</sup> Schachner 2002, 122.

Bezug zu steigenden Eisengehalten könnte herzustellen sein. Mit der Entwicklung der Arsenkupferzusammensetzung lassen sich diese zeitlich nicht eng verbinden – u. a. auch wegen chronologischer Schwierigkeiten der bislang kaum rekonstruierbaren Entwicklung der Metallzusammensetzungen. Insgesamt sind die extraktive Metallurgie und ihre Hinterlassenschaften in Nord- und Transkaukasien schlecht erforscht<sup>2159</sup>. Die folgende Entwicklung soll sich aber dennoch erkennen lassen: Für die Zeit des 3. bis 2. Jt. v. Chr. der späten Kura-Araxes Kultur (Ende gegen 2500/2300 v. Chr.) wie der nachfolgenden frühbronzezeitlichen Kulturen Bedeni und Trialeti<sup>2160</sup> sollen die Legierungen durch Beimischungen entstanden sein – diese Hypothese basiert auf der Annahme, dass am Ende der Kura-Araxes-Kultur oxidische Erzquellen erschöpft (vgl. oben) waren, und auf der Rekonstruktion des Schmelzprozesses mit Rösten, womit die Gefahr der Elimination von Arsen verbunden ist<sup>2161</sup>. Als mögliche Beimischungen sind Realgar (As<sub>4</sub>S<sub>4</sub>) und Auripigment (As<sub>4</sub>S<sub>6</sub>) etwa aus dem Gebiet Transkaukasiens bekannt<sup>2162</sup>. Die Einführung von Bronze mit schwankenden Zinngehalten in Transkaukasien erfolgt im Laufe des 3. Jt. v. Chr.<sup>2163</sup>: In der ersten Hälfte des 3. Jt. v. Chr. tauchen erste vereinzelte Bronzen in der späten Entwicklung von Kura-Araxes auf und werden nachfolgend v. a. zur Zeit von Bedeni häufiger. Weiterhin werden neben wenig Reinkupfer verschiedene, v. a. mit Arsen, Antimon, Nickel und Zink verunreinigte Kupfer verwendet. In der späten zweiten Hälfte des 3. Jt. v. Chr. mit der Trialeti Kultur setzt sich Bronze immer mehr durch; aber auch Kupfer mit Arsen- und Antimongehalten bleibt in Gebrauch, und eine Nutzung dieser wegen ihres silbernen Erscheinungsbildes liegt nahe<sup>2164</sup>. Viele der Formen der Kura-Araxes Kultur wie Ahlen, Beile, unterschiedliche Formen kreuzschneidiger Schaftlochäxte und verschiedene Lanzenspitzen sowie Dolche zeigen Ähnlichkeiten zu solchen aus Majkop-Novosvobodnaja-Zusammenhängen<sup>2165</sup>. Auch aus der Siedlung Velikent (Dagestan; 3600–1900 v. Chr.) liegen aus der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. Hinweise auf extraktive Metallurgie und die Verarbeitung von Kupfer vor. Die Kupferobjekte weisen zwischen 0,1 und 5 % Arsen auf<sup>2166</sup>. Die Gold- und Silberverwendung nimmt in der nachkura-araxeszeitlichen Entwicklung in Transkaukasien weiter zu<sup>2167</sup>. Kavtaradze zählt unter den Objekten mit hohen Arsengehalten neben Perlen auch Anhänger und Lockenringe auf<sup>2168</sup>, so dass sich eine Auswahl der Kupfersorte unter dem Aspekt der Farbe aufdrängt.

Zeugnisse metallurgischer Tätigkeiten bzw. damit in Verbindung gebrachte Einrichtungen aus Kura-Araxes Kontexten stammen – im Gegensatz zu Majkop – aus einer Reihe von Siedlungen<sup>2169</sup>. Die Datierung der ganzen Region ist kompliziert und darüber hinaus sind die Stratigraphien vieler Fundorte

<sup>2159</sup> Courcier 2010, 88. 90.

<sup>2160</sup> Kurz zur kulturellen Entwicklung und zu den Ausrichtungen in den Kontaktnetzwerken Courcier u. a. 2008b, 46f.

<sup>2161</sup> „After the exhaustion of copper rich oxide ores, it was necessary to exploit deeper sulfidic deposits, chalcopyrite, which required preliminary roasting for the removal of the sulfurous minerals and the oxidation of ore. This caused a significant reduction of arsenic in the cast metal. Therefore, in the opinion of Georgian archaeometallurgists, the artefacts with high arsenic content were won from oxidized arsenic-copper ores, and after the beginning of the use of sulfide ores, the “soft” copper, smelted from sulfurous minerals, needed the admixture of other alloying elements to increase its melting and mechanical characteristics.”(Kavtaradze 1999, 81); Courcier u. a. 2008b, 46.

<sup>2162</sup> Kavtaradze 1999, 74.

<sup>2163</sup> Kavtaradze 1999, 81. 83f. bes. 84. 86; Courcier u. a. 2008b, 46f.

<sup>2164</sup> Kavtaradze 1999, 86f.

<sup>2165</sup> Courcier u. a. 2008b, 45; Courcier 2010, 84f.

<sup>2166</sup> Courcier u. a. 2008b, 46.

<sup>2167</sup> Kavtaradze 1999, 84. 86.

<sup>2168</sup> Kavtaradze 1999, 76.

<sup>2169</sup> Chernykh 1992, 73.

kaum geklärt<sup>2170</sup>. Eine (genaue) Datierung und Zuordnung der Überreste metallurgischer Tätigkeiten und damit deren Bewertung ist schwierig und soll an dieser Stelle Spezialisten dieses Raumes vorbehalten bleiben. Folgende Aufzählung von Funden und Befunden folgt in Teilen der von Courcier u. a. (2008b, 46) sowie Kavtaradze (1999, 73-76) gegebenen Vorstellung und die Schreibung der Fundortnamen erfolgt nach diesen Textstellen:

Gussformen für Barren und Objekte stammen aus zahlreichen Fundorten (für Barren: Gudabertka, Baba Dervish, Kül Tepe II, Karaköpek; für sonstige Objekte, vielfach Schaftlochhäxte: Amiranis-Gora, Brdadzor, Kvatskhelebi C1 (Georgien; 2. H. 4. Jt.–1. H. 3. Jt. v. Chr. [?]), Garni, Shengavit, Kül Tepe II, Baba-Dervish II, Shortepe, Karaköpek, Geoj-Tepe [Schichten K1 und K3])<sup>2171</sup>.

Aus Amiranis Gora stammen aus einem als metallurgischer Werkstatt beschriebenen Kontext Tondüsen und eine keramische Barrengussform sowie ein Ofen<sup>2172</sup>. Durch Radiokarbonaten aus in diesem Bereich bevorrateter Holzkohle und eine weiteren zur frühen Phase von Kura-Araxes dieses Fundortes gehörigen <sup>14</sup>C-Datierung ergibt sich eine weite Datierungsspanne vom zweiten bis vierten Viertel des 4. Jt. v. Chr.<sup>2173</sup>. Vergleiche von Amiranis Gora zu anderen Fundorten mit Datierungen würden eine Datierung am ehesten in die zweite Hälfte oder ferner ins letzte Drittel des 4. Jt. v. Chr. nahelegen<sup>2174</sup>. Aus einem zu Amiranis Gora gehörigen Gräberfeld werden u. a. drei Silberobjekte und ein Bleiobjekt berichtet (nicht im Kat.)<sup>2175</sup>. Aus Baba-Dervish II (Aserbajdschan) liegen Öfen mit ovalen Gruben, Kuppeln und teilweise Belüftungsvorrichtungen sowie Tondüsen vor<sup>2176</sup>. Schachner deutet sie trotz der von den Ausgräbern berichteten Schlackenreste als Backöfen. Ausschlaggebend ist dabei für ihn, dass von unten belüftet und mutmaßlich auch befeuert wurde, während dies in Metallschmelzöfen meist von der Seite oder oben erfolgt<sup>2177</sup>. Vom selben Fundort stammen auch Schlacken und eine Barrengussform, die mit Vergleichsstücken für die Produkte der Gussform, nämlich Barren, aus Gudabertka und dem anatolischen Iğdir in Beziehung gesetzt werden<sup>2178</sup>. Schlackenfunde werden neben Baba Dervish II auch aus Khizanaant Gora (Georgien; 1. H. 3. Jt. v. Chr. [?]), Garni (Armenien) und

---

<sup>2170</sup> Nocera 2000, 77-79; Vgl. Kavtaradze 1999, bes. 67. 73f. 81.

<sup>2171</sup> Courcier u. a. 2008b, 46; Kavtaradze 1999, 73f. 75 Fig. 5,8. 77 Fig. 6,1-7. – <sup>14</sup>C-Datum für Kvatskhelebi C1: „From the oldest level, C1, of the Kvatskhelebi mound in Central Georgia, (...). The samples on which the two radiocarbon datings have been taken belong to phase 1, the earliest one, but both of them contradict the archaeological context (LE(RUL)-157 : 3706-3349 B.C. ; LJ-3272 : 2912-2581 B.C.“ (Nocera 2000, 77f.). Für Kvatskhelebi C1 (hier mit 2σ, aber in etwa auch mit 1 σ) ergibt sich nach Nocera eine Datierungsspanne von der zweiten Hälfte des 4. bis ersten Hälfte des 3. Jt. v. Chr. (Nocera 2000, 77f. 87 Table 4). Kavtaradze hingegen gibt als Datierungsspanne mit dem Datum von LE-157 1σ 3644-3376 cal. B.C. nur die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. an (Kavtaradze 1999, 73).

<sup>2172</sup> Kavtaradze 1999, 74. 75 Fig. 5, 1-4. – Zur Datierung jüngerer Schichten des zweiten Tells von Baba Dervish siehe Nocera 2000, 78.

<sup>2173</sup> Ein <sup>14</sup>C-Datum (1σ 3790-3374 cal B.C.; TB-4) wurde an Holzkohle gewonnen, die in einem Keramikgefäß im Fußbodenniveau des Werkstattbereichs aufbewahrt wurde. Ein weiteres Datum dieses Fundortes wird einer frühen Phase von Kura Araxes zugeordnet (1σ 3630-3048 cal B.C.; TB-9) (Kavtaradze 1999, 73f.; Nocera 2000, 77. 87 Table 4).

<sup>2174</sup> Vgl. Kavtaradze 1999, 73f. bes. 74.

<sup>2175</sup> Mit weiterer Literatur Chernykh 1992, 64.

<sup>2176</sup> Courcier u. a. 2008b, 46; Kavtaradze 1999, 74. 75 Fig. 5, 5. 6. 8. – Eine <sup>14</sup>C-Datierung für Schichten von Baba Dervish, die einer späteren Entwicklung von Kura-Araxes zugeordnet wird, und ein Datum von 2559-2147 cal. B.C. (2σ) bietet, wird wegen des jungen Datums jedoch kritisch gesehen (Nocera 2000, 78. 87 Fig. 4).

<sup>2177</sup> Schachner 2002, 121.

<sup>2178</sup> Kavtaradze 1999, 74. 75 Fig. 5,8. 77 Fig. 6, 11. 12.

Kül Tepe II (Aserbaidzhan; ca. um das 2. v. Chr.)<sup>2179</sup> sowie Amiranis Gora genannt<sup>2180</sup>. Von diesen Fundorten werden auch Metallanhaftungen an Gefäßen, Tiegeln und Gussformen berichtet<sup>2181</sup>. Courcier und Kollegen nennen für Schlacken, Tondüsen<sup>2182</sup>, Ofenreste und Tiegel die Fundorte Misharchaj I, Geoj-Tepe (Schichten K1 und K3), Yanik-Tepe, Tebriza, Kül Tepe II, Khizanaant-Gora und Mokhra Blur (Kyul Tepe)<sup>2183</sup>.

Zusammenfassend lässt sich für den Kaukasus feststellen, dass im Bereich des Vorkaukasus karpato-balkanische Einflüsse geltend gemacht werden könnten. Erste Metallfunde liegen aus der Zeit der zweiten Hälfte des 5. und dem beginnenden 4. Jt. v. Chr. vor<sup>2184</sup>. Neben Reinkupfern lassen sich auch erste arsenhaltige Kupfer (Mešoko) feststellen. In Transkaukasien werden die frühesten Metallartefakte mit der späten Šulaveri-Šomutepe-Gruppe (Ende 6. und frühes 5. Jt. v. Chr.) verbunden<sup>2185</sup>. In Kül Tepe I (Nachitschewan) sollen zeitgleich zur ausgehenden Šulaveri-Šomutepe-Gruppe Arsenkupfer, teils enthalten sie Nickel, verwendet worden sein<sup>2186</sup>. Für (spätestens) etwa die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. lässt sich ein Nebeneinander von reinen Kupfern und Kupfern mit Arsen und teils Nickel feststellen. Eine Nutzung lokaler Erze der Ophiolithe wird vermutet<sup>2187</sup>. Das Kupfer der Majkop Kultur wird aufgrund von Arsen- und teils Nickelgehalten aus dieser Region, dem Iran oder Anatolien abgeleitet<sup>2188</sup>. Majkop wurde zumeist nur als Mittler gesehen. Diese Frage wird aber neu gestellt. Auch das Kupfer der Kura-Araxes Kultur ist überwiegend arsenhaltig<sup>2189</sup>. Ein Ausgreifen Mesopotamiens auf kaukasisches Gebiet ob seiner Möglichkeiten und Fähigkeiten im Bereich der Metallurgie wird erwogen<sup>2190</sup>. Metallsorten und -formen ähneln sich in einem weiten Gebiet. „Le métal apparaît comme un vecteur essentiel dans les relations entre le Caucase, les steppes, la Mésopotamie et l’Anatolie au cours du Chalcolithique et du début de l’Âge du Bronze“<sup>2191</sup>. Der Beginn einer eigenständigen Metallurgie im Bereich des Vorkaukasus wird am Beginn des 4. Jt. v. Chr. gesehen<sup>2192</sup>. In (vorangehenden) Mešoko verbindet sich damit ein niedrig legiertes Arsenkupfer. „It is also at this time that an intrusion of north-mesopotamian features is observed both in the North Caucasus (Majkop “phase I”) and in Transcaucasia (Leilatepe, Berikledeebi, Boyuk Kesik, Tekhut, Soyuq Bulaq). In some of these settlements, metallurgical activities (cuprous and precious metal) were proved. At

---

<sup>2179</sup> Zu den Schlacke- und Tuyèrefunden: Kavtardze 1999, 74. – <sup>14</sup>C-Datum von Kül Tepe/Kjultepe *site 1 level II* 1σ 3766-3543 cal B.C. (LE-163) (Kavtaradze 1999, 74; vgl. Nocera 2000, 78. 87 Table 4). „The largest mound site (site 1) of the Kjultepe group [...], 9 m of deposit has been recovered from level II, attributable to the Kura-Arax culture. Two datings show the maximum overlapping interval of 3931 and 3382 B.C. [...] It would therefore seem that the context to which the samples belong, on which these datings have been carried out, must be considered to date from the beginning of the Kura-Arax culture.“ (Nocera 2000, 78; vgl. Nocera 2000, 87 Table 4). Letztere Datierungsspanne ist im 2σ Bereich angegeben. – Khizanaant Gora: Ein <sup>14</sup>C-Datum (2σ 3029-2504 cal B.C.) liegt aus *level C1* der Schichtenfolge dieses Fundortes mit vier zu Kura Araxes gehörenden Schichten vor, und wird als zu jung für diese Schicht erachtet, die der älteren Entwicklung von Kura Araxes zugeordnet wird (Nocera 2000, 78. 87 Table 4; vgl. auch Kavtardze 1999, 84).

<sup>2180</sup> Courcier 2007, 225 Tableau 4 (mit weiterer Litatur).

<sup>2181</sup> Kavtaradze 1999, 74. 77 Fig. 6,13.

<sup>2182</sup> Tondüsen liegen aus Baba-Dervish II, Kül Tepe II und Misharchaj I vor (Courcier u. a. 2008b, 46; Kavtardze 1999, 74. 75 Fig. 5,7).

<sup>2183</sup> Courcier u. a. 2008b, 46.

<sup>2184</sup> Courcier 2007, 228.

<sup>2185</sup> Courcier 2007, 228.

<sup>2186</sup> Kavtaradze 2001, 138.

<sup>2187</sup> Courcier 2007, 228.

<sup>2188</sup> Courcier 2007, 228.

<sup>2189</sup> Courcier 2007, 228.

<sup>2190</sup> Courcier 2007, 228.

<sup>2191</sup> Courcier 2007, 229.

<sup>2192</sup> Courcier u. a. 2008b, 47.

this time the Carpathian-Balkan Metallurgical Province declines“<sup>2193</sup>. Damit könnte sich andeuten, dass Arsenkupfer und Silber sich in diesem Raum mit der Formation der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz verbreiten. Interessant dabei sind die möglichen Affinitäten in der Keramik zu Keramik der Phase Amuq F und dem *chaff-faced* Horizont in Teilen Obermesopotamiens. Im obermesopotamischen Raum ist die Kupellation bereits um 4000 v. Chr. anzunehmen.

Die Entwicklung der Metallurgie wird bislang nach alten Schemata wie dem von der Nutzung oxidischer Erze hin zu sulfidischen Erzen gedeutet<sup>2194</sup>. Nach Courcier u. a. fehlt es an neueren, systematischen Untersuchungen zu Metallherkunft und Technologie, darunter auch solchen, die sich der Frage nach den Prozesssträngen der Verhüttung wie dem *co-smelting* widmen<sup>2195</sup>. Hinzuweisen ist darauf, dass sich möglicherweise aus der Zusammensetzung der Metallartefakte teilweise überregional mindestens drei technologische Horizonte der Arsenkupfermetallurgie scheiden lassen könnten, denen eine unterschiedliche Erzbasis und/oder verschiedene Verhüttungsverfahren zugrunde liegen können. Bei den Verhüttungsverfahren führen unterschiedliche Prozesse zur Anreicherung des Arsens. Die Hinweise darauf sind derzeit aber (auch mit Obermesopotamien) interpoliert und bedürften einer näheren Untersuchung. Neben Reinkupfern und ersten frühen Arsenkupferobjekten (z. B. Mešoko) sind in der ersten Phase der Majkop-Kultur Kupfer mit höheren Konzentrationen an Arsen, Antimon, Nickel, Bismut und Silber zu beobachten. Beginnend mit der Zeit von Kura-Araxes sind hohe As/Sb Verhältnisse charakteristisch. In einer späten Phase könnten sich steigende Eisengehalte abzeichnen. Während aufgrund nicht nachgewiesener Schwefelgehalte die Erzbasis der Kura-Araxes Kupfer zunächst aus der Oxidationszone stammen soll, würden aufgrund einer von der Forschung angenommenen Erschöpfung eben dieser Quellen zunehmend sulfidische Erze verhüttet. Wegen der Prozessrekonstruktion mit einer Röstung und eines damit einhergehenden Abrauchens des Arsens wird eine Zulegierung von Arsen vermutet. Mangels weiterer Indizien und ohne eine genaue Aufarbeitung der Metallzusammensetzungen kann an dieser Stelle – vorbehaltlich von Wechseln in der Erzbasis usw. oder der Zulegierung von Arsen, noch auf mögliche Einflüsse von Temperaturen und damit Schmelzpunktunterschieden oder Zementationsprozessen aufmerksam gemacht werden, die zur Arsenanreicherung und Legierungsbildung ab Kura-Araxes und ab der Phase Majkop-Novosvobodnaja beigetragen haben könnten.

#### **IV.1.3. Frühe Metallurgie in Nord-, West- und Südeuropa. Von Schwergeräten, Reinkupfer, Importen und Karpato-balkanischen Traditionen (und) zu Arsenkupfer wie Mondseekupfer, Dolchen, zirkumpontischen Traditionen und (dem Beginn) eigenständiger extraktiver Metallurgie in Teilen Mittel- und Südosteuropas sowie einem verspäteten Beginn der Metallurgie in Süd- und Westeuropa?**

Die früheste und frühe Metallurgie zwischen Alpenraum und Ostsee und westlich des Karpatenbeckens ist durch Metallfunde mit Bezügen zur Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz geprägt<sup>2196</sup>. Das Metall bzw. diese Formen sollen zuerst als Fertigprodukte oder Rohkupfer nach Mitteleuropa gelangt sein<sup>2197</sup>. Neben Kommunikationsräumen, wie sie durch archäologische Kulturen angezeigt werden, lassen sich Austauschsysteme für weitere Produkte und aller Voraussicht nach übergreifende Ideen-

---

<sup>2193</sup> Courcier u. a. 2008b, 47.

<sup>2194</sup> Courcier 2007, 229.

<sup>2195</sup> Courcier 2007, 229; Courcier u. a. 2008b, 47.

<sup>2196</sup> Kienlin 2010, 13-16.

<sup>2197</sup> Krause 2003, bes. 225. 232; Klassen 2000, 235-238. 239-269; Strahm 2010, 184-186; Vgl. Kienlin 2010, 4. 13f.

wie Ideologiekreise fassen (Stichwort Neolithisierung)<sup>2198</sup>. Betrachtungen dieser Art werden hier kurz gehalten und dienen vor allem dazu, einen Ausblick auf mögliche Ausrichtungen bzw. Änderungen der Kupfertechologie und Silberverwendung in einer weiten Perspektive zu geben.

Das Karpatenbecken wird spätestens seit der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. mit der Tiszapolgár-Kultur und in ihrer Folge mit der Bodrogkeresztúr-Kultur als Ausgangspunkt für die Verbreitung von Kupfer(sorten) und Metallartefakten<sup>2199</sup> sowie in deren Konsequenz von metallurgischen Kenntnissen nach Mitteleuropa gesehen. Zeugnis metallurgischen Wissens bieten etwa Belege (verarbeitender) Metallurgie wie Tiegel<sup>2200</sup>. Nach Krause soll die dominierende Achse eines auch als ‚karpatenländische Metallurgiedrift‘ bezeichneten Metallflusses vom (nordwestlichen Rand des) Karpatenbecken(s) (mit Lengyel IV/Epilengyel) als einem Kerngebiet der frühen Metallurgie nach Nordwesten über Niederösterreich, Mähren und Böhmen und weiter über Mitteldeutschland bis an die westliche Ostsee mit Dänemark und Südschweden reichen (vgl. Taf. 17, 1. 2)<sup>2201</sup>. Während trotz aller zunächst abgrenzenden Tendenzen mit Kommunikationsräumen für Teile West- und Südeuropas deutlicher gerade auch balkanische Beziehungen nachzuweisen sein könnten (vgl. Kap. IV.1.3.1), werden überdies für Mittel- und Nordeuropa zusätzliche Kontaktnetzwerke für Metall und anderes gesehen. Weitere Routen weiter östlich über die Flusssysteme von Dnestr, Westlichem Bug und Weichsel usw.<sup>2202</sup> oder auch entlang von Elbe und Oder mit neolithischen Kulturen wie Jordanów<sup>2203</sup>, Baalberge<sup>2204</sup>, Brześć-Kujawski und Trichterbechergruppen als Mittler und Empfänger des Kupfers im nördlichen Mitteleuropa und Ostseeraum müssen ab spätestens etwa 4000 v. Chr. – für einen nach Klassen

---

<sup>2198</sup> Vgl. etwa Klassen 2004, 69-72. 345-356; Klassen 2000, 241. 244-255. 298. – In weiten Teilen Mitteleuropas vollziehen sich etwa ab oder kurz nach der Mitte des 5. Jt. v. Chr. tiefgreifenden Veränderungen. Diese betreffen nahezu alle Bereiche. Im Siedlungswesen und Hausbau kommen anstelle der neolithischen Langbauten kleine ein- bis mehrräumige Häuser auf, die oftmals in Reihen angeordnet sind. Neue Landschaften werden aufgesiedelt wie etwa die Norddeutsche Tiefebene oder nordalpine Feuchtbodenbereiche. In der Landwirtschaft kommen neue Getreidesorten auf. Insgesamt zeigen sich in einem weiten Raum Neuerungen. In dieser Zeit verbreiten sich auch die ersten Metalle in diesem Raum. Austausch von Kupfer und Verbreitung der Metallurgie werden im Rahmen der Verbreitung einer Kupferzeitideologie und dem Tausch von Prestigegütern über enorme Distanzen gesehen. In (gut aufgearbeiteten) Teilen des Untersuchungsgebietes sind um 3800 v. Chr. noch einmal qualitative und quantitative Veränderungen festzustellen. So ist finden sich im Mittelelbe-Saale-Gebiet ab dieser Zeit Grabenwerke und Großsteingräber und eine sich differenzierende Gesellschaft wird postuliert. (Müller 2001; Krause 2003, 225-235; Klassen 2004, 335-339. 257-271; Kienlin 2010, 16).

<sup>2199</sup> Zu berücksichtigen sind wahrscheinliche Umdatierungen in Südosteuropa. Die mutmaßliche Ausbreitung von Metall(urgie) lässt sich möglicherweise u. a. an der Verbreitung von kupfernen Schwergewichten wie beispielsweise Hammeräxten und kreuzschneidigen Äxte sowie frühen Flachbeilen nachzeichnen. So gibt es etwa einige wenige nördliche Funde der rundnackigen Hammeräxte vom Typ Şiria in der norddeutschen Tiefebene mit Karow in Sachsen-Anhalt (Deutschland) und Jezioro Gopolo/Gopło in Polen sowie auch im Alpenvorland mit dem Fund „von Überlingen“ am Bodensee; eine Schaftlochaxt und ein Flachbeil stammen aus Linz-St. Peter in Österreich (Krause 2003, 148; Matuschik 1997a; Kienlin 2010, 13f.; Turck 2010, 23-26 [auch zu weiteren Typen]). Vgl. dazu eine aus Frankfurt an der Oder (Brandenburg) stammende Axt vom Typ Pločnik und einen Meißel vom Typ Gumelnița aus Bülow bei Teterow (Mecklenburg-Vorpommern) (bei Govedarica 2009, 67). – Vgl. dazu Hansen 2009, 28.

<sup>2200</sup> Siehe Klassen 2000. Bei Klassen finden sich auch weitere frühe Metallfunde und in dieser Arbeit nicht besprochene Metallurgiebelege Mitteleuropas wie hier teilweise unberücksichtigte Tiegel (Klassen 2000, bes. 244. 272. 283-285 mit Abb. 125).

<sup>2201</sup> Krause 2003, 199. 145-148. 226 Abb. 211; 232. 241f.; Klassen 2000, 239-242 mit Abb. 115; Klassen 2004, 69-72 mit Abb. 48-49; Klassen – Pernicka 1998; Strahm 2010, bes. 183 Abb.; 185; Kurz zur Metallurgie des Bereiches der Lengyel-Kultur und der Stichbandkeramik mit weiterer Literatur Merkl 2011, 17. – Vgl. das Bild, das sich bei der Auftragung lediglich der Hammeräxte und Flachbeile der Typen Pločnik ergibt, bei Klassen 2000, 240 Abb. 115.

<sup>2202</sup> Vgl. etwa Sherratt 2004, 414. bes. 415.

<sup>2203</sup> Klassen 2000, 241-243.

<sup>2204</sup> Müller 2001, 411f. 415f. bes. 416 mit Abb. 256; Klassen 2000, 257.

*gerichteten Export*<sup>2205</sup> – in Betracht gezogen werden<sup>2206</sup>. Silexbeile aus Kontexten der Gumelnița-Kultur im Bereich der Unteren Donau zeigen eine nach Hansen mutmaßlich *sukzessive Ausbreitung* über die Cucuteni-Kultur in die Trichterbecherkultur in Südpolen und Nordmitteleuropa während des 5. und 4. Jt. v. Chr.<sup>2207</sup>. Pétrequin, Klimscha, Hansen und andere sehen darin ein Pendant zu den Phänomenen der Jadeitbeiledeponierungen in Westeuropa und der Kupferäxte und -beile Ostmitteleuropas (Taf. 17, 3)<sup>2208</sup>. Vornehmlich in Westeuropa nämlich zirkulieren sog. Jadeitbeile<sup>2209</sup>, deren Rohmaterial

---

<sup>2205</sup> Klassen 2000, 240 (entlang der Flusssysteme von Elbe und Oder zur Ostsee).

<sup>2206</sup> Zusammenfassend mit weiterer Literatur Krause 2003, 225-243. bes. 232-237. vgl. 226 Abb. 211; Kienlin 2010, 15 mit weiterer Literatur; Turck 2010; Im Einzelnen: Klassen 2004, 69-72; Klassen 2000, 239-242 mit Abb. 115; Müller 2001, 410-418; Klassen – Stürup 2001, 68.

<sup>2207</sup> Hansen 2009, 28 mit weiterer Literatur; Klimscha 2012b, bes. 1220-1222.

<sup>2208</sup> Hansen 2009, 20-23 mit Abb. 13. 28; Pétrequin u. a. 2010, bes. 193 Abb.

<sup>2209</sup> Für West- und Mitteleuropa wird ein in sich weiter gegliedertes Austauschnetzwerk von langen Jadeitbeilen (subsumiert Jadeitit, Omphazitit, seltener Amphibolit, Serpentin und Nephrit) von über 13,5 cm Länge rekonstruiert, als dessen Foci Carnac am Golf von Morbihan in der Bretagne sowie die Steinbrüche von Monte Viso und Monte Beigua in den Alpen beschrieben werden (Klassen u. a. 2012, 1280f. 1297-1305; Pétrequin u. a. 2010, 191; Pétrequin u. a. 2012a, bes. 694-701 mit Abbildungen; Pétrequin u. a. 2012c; Pétrequin u. a. 2012d). Die östliche Hälfte Europas und dabei insbesondere Südosteuropa mit Varna, sozusagen als Gegenpol – der jedoch auch von Jadeit erreicht wurde (z. B. die Gräberfelder von Varna) (Klassen u. a. 2012, 1296; konkrete Beispiele z. B. Klassen u. a. 2012, 1287), war in eine Sphäre der Nutzung der Metalle Kupfer und Gold eingebunden. Auch andere Formen und Materialien fanden eine Verbreitung in den Netzwerken, wie z. B. Variscitperlen in Westeuropa. Quellen für Variscit und für Beile genutztes Fibrolith liegen in Spanien (Klassen u. a. 2012, 1285). Eine mehrere hundert Kilometer breite Zone zwischen dem jadeitführenden Westeuropa und dem Südosteuropa mit seinen zahlreichen Metallfunden bleibt dabei während dem Höhepunkt des westlichen Jadeitbeilsystems insbesondere zur Zeit der Nachahmungen metallener Beile (Typen Puy und Pauilhac mit annähernd rechteckigem Querschnitt) nahezu fundfrei von Jadeitbeilen und (scheinbar?) Kupfer (siehe und vgl. Klassen u. a. 2012; 1280; vgl. Pétrequin u. a. 2012a, 584f. Fig. 8-9; 699 Fig. 136). Gleichzeitig sind aber in manchen Regionen indes auch Silexbeile verbreitet (vgl. etwa den Typ Glis-Weisweil um vermutlich 4250–3900 v. Chr., welcher Cortailod und der Hornstaader Gruppe zugeordnet werden könnte: Pétrequin u. a. 2012b, 1017-1021; vgl. z. B. die Silexbeile der Gumelnița Kultur der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. und die Verbreitung von Silexbeilen mit rechteckigem Querschnitt im 5. und 4. Jt. v. Chr.: Klimscha 2012b, bes. 1220-1222. 1225 Fig. 24 [cave: Fehler in Legende]). Die Austauschsysteme von Kupfer sowie Jadeit- und Silexbeilen sollen sich mit wenigen Ausnahmen scheinbar weitgehend ausschließen (Klimscha 2012b, 1222-1224. 1226). Frühe Kupferimporte finden aber teilweise in Gebiete mit hohen Fundkonzentrationen an Jadeitbeilen statt (Klassen u. a. 2012, bes. 1285). Der erste Jadeitabbau in den Gewinnungszentren erfolgte bereits im 6. Jt. um 5300 v. Chr., und Jadeitbeile nahmen eine erste, begrenzte Verbreitung (vgl. Pétrequin u. a. 2012a, 695. 696 Fig. 133). Jadeitbeile verbreiten sich schon im frühen 5. Jt. v. Chr. in einem weiteren Gebiet Europas (Pétrequin u. a. 2012a, 696f. mit Fig. 134). Eine starke und weiträumige Verbreitung zeigen sie zwischen ca. 4800 und 3800 v. Chr. (zur Definition dieses Zeitraumes siehe Klassen u. a. 2012, 1280f.; vgl. auch Pétrequin u. a. 2012a, 696-701. 698 Fig. 135). Auf dem Höhepunkt dieses Phänomens ist im Osten auch Kupfer und Gold verbreitet und Kontakte bis Varna zeigen sich (4700–3800 v. Chr.) (Klassen u. a. 2012, 1281. 1295f.; Pétrequin u. a. 2012a, 698). Etwa gleichzeitig um 4700/4600 v. Chr. tauchen erste Kupferflachbeile und Jadeitbeile mit „metallischen“ Kennzeichen wie rechteckigen Querschnitten auf (Klassen u. a. 2012, 1296f.). Die Teilung in Ost und West geht auf die Zeit vor die Metallurgie zurück und besteht noch für Jahrtausende nach den hier beschriebenen Vorgängen (nach Klassen u. a. 2012, 1297f.). Für die Beile wird ein Austauschnetzwerk rekonstruiert, in dem diese vom Gewinnungsort des Rohmaterials unter anderem zu Zentren nach Carnac und dem Pariser Becken gelangen; dort werden sie teilweise – z. B. zu den Carnac-Typen Saint-Michel und Tumiac – umgearbeitet und dann noch in der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. in verschiedene Richtungen und dabei auch bis zurück zum Ursprungsort getauscht (Pétrequin u. a. 2012b; siehe dazu auch Varna Klassen u. a. 2012, 1296). Gegen eine Verbreitung *down the line* könnten Fundhäufungen in einzelnen Regionen sprechen (Pétrequin u. a. 2010, 194; Pétrequin u. a. 2012a, 669 Fig. 104; 695 Fig. 132. bes. 587f. mit Fig. 11). In Italien kommt es ab etwa ca. 4300–4000 v. Chr. bzw. nach 4400–4300 v. Chr. durch zwischenzeitlich dort bekannte Metallbeile zur Imitation dieser, was sich an rechteckigen Querschnitten des Jadeittyps Puy ausdrückt und einen Bruch in der Jadeitbeiltradition bedeutet (Pétrequin u. a. 2012a, 698-700), wobei die Datierungen der Verbreitung umstritten sind (Pétrequin

in den Alpen seinen Ursprung nahm, und auch kleine Beile aus Fibrolith sowie Variscit etwa in Form von Perlen. Die Zirkulation wird durch Eliten getragen gedacht. Konzentrationen von Jadeitbeilen finden sich in der Bretagne und dem Pariser Becken. Während sich die Verbreitung weitgehend vom metallführenden Südosteuropa mit Varna als Zentrum absetzt, finden sich auch frühe Metallimporte und Schöpfungen mit möglichen Anleihen bei Jadeitbeilen im Verbreitungsgebiet der Jadeitbeile. Diese finden sich, neben Regionen, die an das Verbreitungsgebiet des Kupfers grenzen (Slowenien, Kroatien sowie Bosnien und Herzegowina) oder starke Impulse aus Südosteuropa aufnahmen

---

u. a. 2012a, 700). Etwa gleichzeitig oder kurze Zeit später (nach 4300–4200, vor 3800 v. Chr.) wird das Auftreten des ebenfalls durch Metallformen beeinflussten Typs Pauilhac gesehen, der vor allem in Südfrankreich nördlich der Pyrenäen Hauptkammes verbreitet ist (Pétrequin u. a. 2012a, 701). Während metallische Attribute bei Jadeitbeilen etwa gleichzeitig mit den frühen Kupferbeilen bereits um 4700/4600 v. Chr. aufkommen, werden metallische Einflüsse verstärkt in der Zeit um oder kurz vor 4300 v. Chr. aufgenommen, unterdessen kommen gleichzeitig auch Silexbeile mit rechteckigem Querschnitt auf (Klassen u. a. 2012, 1296f.). Die Tradition der langen Jadeitbeile endet um 3600 v. Chr.; kleinere Beile aus diesen Materialien für den quasi lokalen Gebrauch haben noch ein längeres Fortleben bis ins 3. Jt. v. Chr. (Pétrequin u. a. 2012a, 701; Klassen u. a. 2012, 1303f.). Der Tausch der langen Beile mit dem Golf von Morbihan, dem Pariser Becken und Varna als Foci wird als von Eliten durchgeführt rekonstruiert (etwa Klassen u. a. 2012, 1296 [für Varna I]. bes. 1297f.). Die Systeme West- und Osteuropas sollen dabei miteinander konkurrieren. Durch das Vorherrschen einer an die Jadeitbeile gebundenen Ideologie soll sich auch eine Resistenz des Westens gegen Metall erklären (Klassen u. a. 2012, 1298). Das Ende des westlichen Jadeitsystems soll zur Zeit der verstärkten Annahme von Einflüssen metallener Vorbilder auf die Gestaltung von Jadeitbeilen eingeläutet worden sein (vgl. Pétrequin u. a. 2012a, 701f.). Aufgrund des Forschungsstandes ist nicht gänzlich klar, inwieweit das Verbreitungsbild von Jadeitbeilen in Südosteuropa noch Veränderungen erfährt; Pétrequin, Cassen und Klassen erwarten aber keine fundamentalen Änderungen mehr (Klassen u. a. 2012, 1281). Zur Älterdatierung des Phänomens der Jadeitbeile im Vergleich zur früheren Forschung kam es durch Umdatierungen der Riesentumuli von Morbihan und der Menhire in die Mitte des 5. Jt. v. Chr. sowie Datierungen der Abbaustellen in den Zeitraum zwischen 5200 und 3800 v. Chr. (Pétrequin u. a. 2010, 192f.).

Kontaktnetzwerke zwischen Eliten, in denen Objekte und Ideen ausgetauscht wurden, manche dabei aber nicht überall angenommen wurden, werden namhaft gemacht (siehe etwa Klimscha 2012b, 1223). In der Zweiteilung Europas in eine westliche Jadeitbeil- und ein südöstliche Kupfer- und Goldaustauschosphäre werden unterschiedliche Prestigeobjektsysteme gesehen (im Folgenden kurz nach Klassen u. a. 2012, 1297-1305; Pétrequin u. a. 2012c; Pétrequin u. a. 2012d). Die Materialien bzw. Objekte waren wahrscheinlich stark an rituelle Vorstellungen und Handlungen geknüpft. Die Materialien erhalten diese Bedeutung durch ihre Seltenheit und exotische Natur. Ursprung und Eigenschaften des Rohmaterials an sich dürften diesbezüglich einen wesentlichen Anteil gehabt haben (Pétrequin u. a. 2010, 193). Die Eliten ziehen demzufolge dabei Macht aus der Kontrolle über die Materialien. Grundlegende Farbunterschiede der Systeme (Grün vs. Gelb und Rot) werden konturiert. Die Fundkontexte und häufig senkrechte Positionierung der (Jadeit-) Beile, sie werden kaum in Gräbern oder Siedlungen gefunden, sprechen für rituelle Deponierungen an besonderen, auffälligen Orten (wiederkehrender Bezug zu Gewässern, Findlingen, Abris, Fissuren im Fels, Höhlen, Menhiren bzw. Megalithen). Dabei wird für die Rekonstruktion ihrer Bedeutung auch die Verwendung von Jade sowie auch Beilen daraus in unterschiedlichen Kulturen und Zeiten weltweit herangezogen. Eine Interaktion und (gegenseitige) Beeinflussung beider Austauschsysteme ist zu bemerken. Mit dem sich schnell über das gesamte Verbreitungsgebiet langer Jadeitbeile ausstreuenden Typ Puy wird auch eine bestehende Trennung zwischen Nord (hellgrünes Gestein für Äxte) und Süd (dunkelgrünes Gestein für Äxte) überkommen. Unter Vorbehalt angedacht werden für diese Zeit Stimuli aus Südosteuropa mit Varna, die zum Ende des Zeichensystems Jade führten. Die zu bewältigenden Distanzen, die Seltenheit des Materials und anderes mehr sprechen dafür, dass für den Erfolg der Jadebeile nicht ökonomische, sondern soziale Konzepte entscheidend waren. Und dies mutmaßlich über Kultur- und Sprachgrenzen hinweg. Theokratisch gedachte Eliten und soziale Ungleichheit werden in diesen Systemen als grundlegend erachtet. Nur relativ wenige Beile pro Jahr könnten in Umlauf gekommen sein. Ihre aufwendige Herstellung, in deren Verlauf das Feuer setzen und Schleifen und ab Mitte des 5. Jt. auch das Sägen gehörte, ihr außerordentlich hartes sowie beständiges und dabei exklusives Rohmaterial, Umarbeitungen und eine mögliche Biographie der Stücke und lange Laufzeiten von Typen wie auch einzelner Exemplare werden diskutiert und als Indizien für die Beurteilung des den Beilen in der Urgeschichte zugemessenen – als hoch eingeschätzten – Wertes herangezogen.



(Mitteldeutschland), hauptsächlich in den Regionen mit Jadeitbeilkonzentrationen<sup>2210</sup>. Spätestens zur Mitte des 5. Jt. v. Chr. kommt es bei verschiedenen Typen von Jadeitbeilen zur Ausbildung von Charakteristika, die auf Metallformen zurückgeführt werden<sup>2211</sup>. Während Varna als Gegenpol des Jadeitsystems beschrieben wird, scheint aber auch das Gebiet Bulgariens bis zur Schwarzmeerküste von Jadeitbeilen zwischen 4600/4500 und 4200/4100 v. Chr. relativ häufig erreicht worden zu sein<sup>2212</sup>.

Vermutlich mit der Donau als Kommunikationsweg hatte das Alpenvorland mit dem Bodensee Anteil an einem System mit dem Karpatenbecken<sup>2213</sup> und auch der Cucuteni-Kultur (vgl. etwa Reute<sup>2214</sup>). In diesen Regionen sind wohl teilweise Silexbeile verbreitet<sup>2215</sup>. Archäologisch lässt sich die Verbreitung der Metallurgie in diesen Kulturräumen für die frühesten Zeiten bislang nur punktuell fassen. Gründe dafür könnten beispielsweise in unterschiedlichen Entwicklungen für die jeweiligen Zeiten und Räume zu suchen sein, oder auch darin, dass sich die Verbreitung in Etappen vollzogen und etwa einzelne Räume ausgespart hat (Stichworte metallablehnende Kulturen [Michelsberg]<sup>2216</sup> und Jadeitbeile in Westeuropa), oder dass Quellenlage (fehlende Gräber im Jungneolithikum Süddeutschlands<sup>2217</sup>) und Forschungsstand<sup>2218</sup> keine genaueren Aussagen ermöglichen. Weitere sozio-ökonomische und ideologische Umwälzungen in weiten Teilen Europas an der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr., die sich in Änderungen bei der Siedlungs- und Wirtschaftsweise (Neolithisierung des Nordens) und der Verbreitung von Keramik etc. ablesen lassen, zeigen weite Kommunikationsräume an und warnen vor einer allzu einseitigen Fixierung auf die Entwicklung von Metallurgie und Technologie, aber gleichsam stellen sie auch einen Anhaltspunkt für eine Einbindung letzterer in eine breitere kulturelle Sphäre dar<sup>2219</sup>. Neben einer Ausweitung der Siedlungs- bzw. Anbaugebiete ist im späten 5. und frühen 4. Jt. v. Chr. in weiten Teilen Mitteleuropas das Auftreten unverzierter Keramik zu beobachten<sup>2220</sup>. Eine im weitesten Sinne ähnliche Entwicklung bei der Keramik könnte sich etwa in Obermesopotamien nachvollziehen lassen (vgl. *Chaff-Faced Ware* Kap. IV.2.2).

Eine Bewertung etwa von Achsen in diesem Kommunikationssystem ist schwierig. Bislang tendierte man meist dazu, das Verbreitungsbild des frühesten und frühen Kupfers (West-) Mitteleuropas mit diffusionistischen Konzepten alleine durch eine Ausbreitung von importierten Fertigobjekten und Kupfer sowie einer späteren quasievolutionären Annahme der extraktiven Metallurgie zu erklären<sup>2221</sup>. Im Großen und Ganzen behält dieses Bild aufgrund der Bezüge des Materials zu karpato-balkanischem

---

<sup>2210</sup> Klassen u. a. 2012, bes. 1285. 1287-1291. 1300; Klassen u. a. 2008/2009.

<sup>2211</sup> Klassen u. a. 2012, 1296.

<sup>2212</sup> Klassen u. a. 2012, 1295f.

<sup>2213</sup> Krause 2003, 232. 241; Strahm 1994, 11.

<sup>2214</sup> Matuschik 1998, 213-235.

<sup>2215</sup> Vgl. auch Anm. oben zu den Jadeitbeilen.

<sup>2216</sup> Zusammenfassend Turck 2010, 63-74. 101-104. bes. 101f.; Hansen 2011a, 292. – Pétrequin u. a. (2010, 194) sehen einen Zusammenhang zwischen der Verbreitung von Jadeitbeilen und der Michelsberger Kultur.

<sup>2217</sup> Siehe etwa Ottaway 1982, 197.

<sup>2218</sup> Siehe etwa Merkl 2011, 33f. 40-43 mit Tab. 5.1 und 5.4; Vgl. etwa Strahm 1994, 34. – Für Mitteleuropa sind neben der generellen Verbreitung von Typen und Kupfersorten insbesondere drei Regionen, für die (unter unterschiedlichen Gesichtspunkten) leicht unterschiedliche Phasen der Akkulturation/Assimilation der Metallurgie aufgestellt wurden, intensiv untersucht: der nordalpine Raum (etwa Strahm 1994), das Mittelbe-Saale-Gebiet (Müller 2001, bes. 410-417) und der westliche Ostseeraum (Klassen 2000, 2004). – Zu quellenkritischen Überlegungen etwa auch Turck 2010, 35f. 67.

<sup>2219</sup> Vgl. zu den sozio-ökonomischen Entwicklungen Klassen 2000, bes. 246-253. ferner 257-269. 298.

<sup>2220</sup> Klassen 2000, 248f.

<sup>2221</sup> Kienlin (2010, 4. 15) äußert sich kritisch zu diffusionistischen Modellen in dieser Untersuchungsregion. Als Beispiele nennt er Parzinger 1993; Klassen 2000; Müller 2001; Krause 2003. Man könnte noch Strahm 1994 anfügen.

Formengut zunächst seine Gültigkeit<sup>2222</sup>. Ein Teil dieser Überlegungen beruht auch auf dem diachronen Vergleich der Verbreitung von Kupfersorten. Wird der Ursprung der frühesten Kupferobjekte aus Reinkupfer im Karpatenraum verortet, so wird eine später einsetzende eigenständige Metallurgie auch mit einem Wandel in den Bezugssystemen und anderen Herkunftsregionen wie etwa dem westslowakischen Raum sowie dem Ostalpenraum mit der Mondseekultur und der Nutzung eines niedrig legierten Arsenkupfers in Verbindung gesetzt (s. u.)<sup>2223</sup>. Allerdings gibt es immer mehr Hinweise auf eine noch frühere eigenständige Metallurgie. Diese gegen evolutionistische und diffusionistische Modelle zu gewichten und einzuordnen, bleibt schwierig, ist aber von Bedeutung, um die Verbreitung oder Annahme der Arsenkupfertechnologie und Silberverwendung zu verstehen.

Die frühesten Metallfunde im Gebiet zwischen Alpen und Ostseeraum aus einem Zeithorizont ab möglicherweise der Mitte des 5. Jt. v. Chr. oder spätestens 4100/4000 v. Chr. bis etwa 3800/3700 v. Chr. werden einem Import- und Schwergewerzehorizont<sup>2224</sup> mit vor allem aus dem karpato-balkanischen Bereich bekannten Formen wie vielfältigen Axttypen und Beilklingen sowie Schmuck- bzw. Symbolformen wie Doppelspiralanhänger und Buckelscheiben zugeordnet. An Geräten finden sich daneben auch Ahlen und Pfrieme<sup>2225</sup>. In einem jüngeren Abschnitt sollen erste Dolche hinzukommen<sup>2226</sup>. Die Schwergewerze sowie Ahlen und Pfrieme bestehen oftmals aus reinem Kupfer, das wahrscheinlich durch die Verhüttung reiner Erze gewonnen wurde, aber auch eine (teilweise) Verwendung von gediegenem Kupfer ist nicht gänzlich auszuschließen (vgl. Kap. IV.1.1)<sup>2227</sup>. Vielfach sind die Schwergewerze (Beile und Schaftlochäxte) ohne Fundkontexte überliefert und könnten teilweise älter sein als vielfach angenommen<sup>2228</sup>. So kommt etwa Klassen zu einer Älterdatierung einiger Stücke durch eine Neubewertung typologischer Vergleichsstücke (darunter einer der Depotfunde von Pločnik; vgl. Kap. IV.1.1)<sup>2229</sup>. Erste Importe nach Mitteleuropa und Südsandinavien könnten deshalb noch, oder möglicherweise spätestens, in die zweite Hälfte des 5. Jt. v. Chr. (Ertebølle- bis allerfrüheste Trichterbecher-Kultur) zu datieren sein<sup>2230</sup>. Auch werden weitreichende Netzwerke oder direkte Kontakte vom Schwarzen Meer (Varna) bis nach Pauilhac und bis an den Atlantik mit Carnac am Golf von Morbihan anhand von Kupferflachbeilen und Jadeitbeilen, Goldfunden sowie der Ikonographie

---

<sup>2222</sup> Kienlin 2010, 14; Vgl. Kienlin 2010, 13-16.

<sup>2223</sup> Nach Kienlin 2010, 15 mit weiter Literatur; Siehe etwa Klassen 2004, 69. 72; Zur frühen Metallurgie des Ostalpenraumes siehe Lippert 2006.

<sup>2224</sup> Nördliches Mitteleuropa: 1. *Importphase* ab möglicherweise der Mitte des 5. Jt. v. Chr. noch in der Ertebølle Kultur (Flachbeile) bis 3800/3700 v. Chr., und 2. *Importphase* 3800–3500 v. Chr. (Klassen 2000, 239-255. 257-269; Klassen 2004, 69-72. bes. 71 Abb. 49. 51). – Mitteldeutschland – Mittel-Elbe-Saale-Gebiet (MES): 1. *Frühe Importphase* in TRB-MES I von 4100-3800 v. Chr. in einem Horizont mit Jordanów/Frühe Amphoren und Trichterbecher, und 2. *Import- und Bearbeitungsphase* TRB-MES II/III von 3800–3300 mit Hutberg/Salzmünde A/Baalberger Gräber (Müller 2001, 410-418. bes. 415f. vgl. 266 Abb. 140; 267 Abb. 141). – Alpenvorland: 1. *Initial- oder Importphase* von Wende 5./4. Jt. bis 3800 v. Chr. als Reinkupfer-/Schwergewerzehorizont (vgl. dazu jedoch die Hornstaader Scheibe und den Dolch von Reute; vgl. die Diskussion hier), und 2. Experimentierphase 3800–3400/3300 v. Chr. mit Mondsee und Pfyn (Strahm 1994, 5-23. bes. 6f. Abb. 2; 11. 23. 21 Abb. 15; Zusammenfassend Krause 2003, 237-241. bes. 237-239); Vgl. *Innovation Phase* für Mondsee und Pfyn mit eigener Produktion und *Initial Phase* für Regionen mit nur Import (Strahm – Hauptmann 2009, 119. 125f.).

<sup>2225</sup> Strahm 1994, 10f.; Überblick über das Metallkorpus und die Metallurgie Mitteleuropas: Kienlin 2010, 13-16.

<sup>2226</sup> Schreiner 2007, 112. 116.

<sup>2227</sup> Strahm 1994, 10f.

<sup>2228</sup> Klassen 2004, 69-72; Müller 2001, 210. 413. 414 Abb. 255.

<sup>2229</sup> Klassen 2004, 69-72. – Klassen nennt eine Datierung der Kupferflachbeile vom Typ Pločnik in ihrem Ursprungsgebiet zwischen 4600-4300 v. Chr. und ein Fortleben des Typs bis 4100 v. Chr. (Klassen 2004, 69). Den Datierungen und ihren Auswirkungen wurde nicht weiter nachgegangen, vgl. aber Kap. IV.1.1 zur Datierung von Vinča-Pločnik.

<sup>2230</sup> Klassen 2004, 69-72; Roberts paper, 12; Kienlin 2010, 16; Hansen 2009, 28.

postuliert (Taf. 17, 3; vgl. Kap. IV.1.3.1)<sup>2231</sup>, die vorwegnehmen oder zeigen, was auch für die Zeit der Arsenkupfertechnologie anzunehmen ist. Auch die meist aus Gold bestehenden Buckelscheiben (Taf. 18, 2) verbreiten sich in der Zeit des oben genannten Import- und Schwergerätehorizonts. Aus Mitteleuropa liegen Buckelscheiben verschiedenen Materials vor: aus Hornstaad ein Exemplar aus Kupfer, zwei goldene aus Stollhof<sup>2232</sup> und aus Štramberk (Kat. 6) eine aus Silber (s. u. zur Besprechung; Taf. 18, 1–4). Mit den goldenen Buckelscheiben von Stollhof vergesellschaftet ist ein „eberzahnförmiges Zierblech“, welches vergleichbar mit silberhaltigen halbmondförmigen Blechanhängern aus Bulgarien ist (Kat. 1–4). Die Hornstaader Scheibe könnte einen interessanten Fall darstellen. Ihre Form weist auf eine Einbindung in weitreichende Kontaktnetzwerke hin, ihre Zusammensetzung möglicherweise zunächst auf eine lokale Produktion und ein Kommunikationssystem auf niedrigerer Ebene (s. u.)<sup>2233</sup>. Aber die Zusammensetzung respektive die daraus ableitbare Herstellungsmethode könnte gleichzeitig wiederum auf weiträumige Kontaktnetzwerke hindeuten.

Weitere mehrdeutige und möglicherweise ältere Hinweise auf eine eigenständige, wenn auch wahrscheinlich von außen angestoßene, extraktive Metallurgie noch im 5. Jt. v. Chr. in Mitteleuropa bleiben vage. Sie stammen beispielsweise aus verschiedenen jungneolithischen Kulturen Süddeutschlands und des Alpenraumes. Neben einer Ahle und einem Stück Draht der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. aus Schernau stellen Ohrringe aus der Münchshöfener-Kultur die möglicherweise ältesten Kupferobjekte Mitteleuropas dar<sup>2234</sup>. Häufig gelten diese als Zeichen eines Gelegenheitsimportes aus dem Karpatenbecken<sup>2235</sup>. Für die Münchshöfener-Kultur wurde schon früh eine eigenständige Metallurgie postuliert<sup>2236</sup>. Diese Annahme beruhte auf einem „*Stück Rohkupferschmelze*“<sup>2237</sup> aus nickel- und arsenhaltigem Kupfer eines Siedlungsbefundes der Münchshöfener Kultur in Salzburg Maxglan Wohnstelle B, dem aber auch sekundäre Hitzeeinwirkung attestiert wird und das mit ostalpinen Lagerstätten in Verbindung gebracht wird<sup>2238</sup>. Mit dem Befund vom Mariahilfberg bei Brixlegg in Tirol (Österreich) liegt nun ein Hinweis auf extraktive Metallurgie aus mutmaßlich Münchshöfener Kontexten vor<sup>2239</sup>. Sie würden den frühesten Hinweis auf Verhüttung im nordalpinen Bereich möglicherweise bereits im 44./43. Jh. v. Chr. darstellen, spätestens aber in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. zu datieren sein<sup>2240</sup>. Die Belege bestehen aus Schlacken, einem

<sup>2231</sup> Pétrequin u. a. 2010, bes. 194f.; Klassen 2004, 265 mit Abb. 141.

<sup>2232</sup> Mayer 1977, 45-48. Tafel 117, 1-11.

<sup>2233</sup> Klassen 2010.

<sup>2234</sup> Turck 2010, 20-23 (Unsicher sind gaterlebenzeitliche Funde aus Rössen); Vgl. Müller 2012, 50 Anm. 23.

<sup>2235</sup> Vgl. dazu Merkl 2011, 17f.

<sup>2236</sup> Hell 1954, 25; Lippert 2006, 18.

<sup>2237</sup> Lippert 2006, 18.

<sup>2238</sup> Lippert 2006, 18 mit Anm. 11; Hell 1954, 20 Abb. 6, 18; 24f.; Turck 2010, 20f. mit Abb. 7.

<sup>2239</sup> Bartelheim u. a. 2002, bes. 60; Bartelheim u. a. 2003; Höppner u. a. 2005, 298f; Huijsmans u. a. 2004, 56-60; Kienlin 2010, 20. – Vgl. dazu Turck 2010, 20-21 mit Abb. 8.

<sup>2240</sup> Kurz zur Datierung Bartelheim u. a. 2003, 443; Vgl. Kienlin 2010, 14. 20; Hansen 2011a, 289; Vgl. dagegen Turck 2010, 20-22. bes. 33. Die Schlacken stammen aus der neolithischen Schicht SE 6 von Qu. 4. Die keramischen Funde dieser Schicht mit Furchenstichverzierung sind typologisch mit Funden der niederbayrischen Münchshöfener Kultur zu verbinden. Chronologisch in die gleiche Zeit weisen Radiokarbonaten von Tierknochen: 4460–4160 cal. BC (2  $\sigma$ ) und 4500–4330 cal. BC (2  $\sigma$ ) (Bartelheim u. a. 2002, 41f. mit Abb. 10 und Anm. 2). Ein weiteres Datum an einer Holzkohle aus verbackenem Lehm mit Kupferspuren weist in die 1. H. des 4. Jt. v. Chr. (3910–3650 cal. BC 2  $\sigma$ ) (Bartelheim u. a. 2002, 42 mit Abb. 10 und Anm. 3). Vieles – die Radiokarbonaten und die kulturelle Einordnung anhand der Funde – spricht für eine Datierung noch in die zweite Hälfte des 5. Jt. v. Chr. (Bartelheim u. a. 2002, 60). Dieser Zuordnung ist verschiedentlich widersprochen worden. Häufig wird dabei die stratigraphische Zuordnung der Schlacken in Frage gestellt. Aber auch eine Datierung in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. wäre für die Diskussion der

Blechfragment, einer Kupferperle und Teilen von Blasrohrdüsen mit Hinweisen auf die Verhüttung lokal anstehender eisenarmer Antimonfahlerze (Tetraedrit)<sup>2241</sup> aus einer hochrefraktären Charge (Taf. 4, 1. 2)<sup>2242</sup>. Die beiden Metallartefakte haben zwar niedrigere Gehalte an Arsen und Antimon als Teile der in der Schlacke eingeschlossenen Kupfertropfen, zeigen aber dennoch ein Verunreinigungsmuster, welches für Fahlerze typisch ist<sup>2243</sup>. Größere *prills* in der Schlacke sind reicher an As und Sb als kleine Einschlüsse<sup>2244</sup>. Bislang sollen zuordenbare Fertigprodukte fehlen<sup>2245</sup>. Die Deutung bzw. Datierung der Funde ist aber aufgrund ihrer möglicherweise frühen Zeitstellung, ihres Kontextes und der Stratigraphie umstritten, und das Material wird auch mit Pfyn, Altheim und Mondsee in Verbindung gebracht (deren Metallurgie im Übrigen ebenfalls umstritten ist)<sup>2246</sup>. Diese lassen sich aber bei einer frühen Zeitstellung zwanglos in ein Bild fügen und mit Hinweisen auf sulfidische Metallurgie aus dem Bereich der späten Gumelnița- und Varna-Kultur zeitlich verbinden<sup>2247</sup>. Die Fundstelle von Brixlegg Mariahilfbergl liegt auf einer markanten Felskuppe<sup>2248</sup> an einer verkehrsgeographisch günstigen Stelle im Tiroler Unterinntal am Ausgang des Alpbachtales. Unter anderem gibt es Anbindung an das bayerische Alpenvorland und nach Oberitalien<sup>2249</sup>. Neben Keramik mit Furchenstichverzierung, die sich typologisch Funden der niederbayrischen Münchshöfener Kultur zuordnen lassen<sup>2250</sup>, nehmen auch weitere keramische Funde<sup>2251</sup> aus diesem Kontext wie Rössener Gefäßfragmente (Rössen II), Keramik der *Vasi a bocca quadrata*-Kultur sowie von Wauwil und Polling die verkehrsgeographischen Bezüge wieder auf. Die Keramik der norditalienischen *Vasi a bocca quadrata*-Kultur aus Brixlegg verweist auf Verbindungen zum Raum südlich der Alpen, wo erste Kupfergegenstände zwischen etwa 4500/4200 und 3900 v. Chr. auftauchen (s. Kap. IV.1.3.1)<sup>2252</sup>.

Insbesondere die in Brixlegg beobachtbare Erzauswahl passt zur in dieser Arbeit vorgebrachten chalkolithischen Verhüttung<sup>2253</sup>. Fahlerze können nämlich sehr eisenarm sein<sup>2254</sup>. Ein Ausschmelzen des Wertträgers aus einer hochrefraktären Charge nach Schmelzpunktunterschieden zeigt sich an<sup>2255</sup>. *Co-smelting* bzw. Röstreaktionsprozesse<sup>2256</sup> oder das Schmelzen von Sulfidphasen und die

---

Befundlage und seiner Interpretation aufschlussreich. Für den älteren Teil der Datierungsspanne geben Bartelheim und Kollegen ca. 4500 – 3900 v. Chr. an; den jüngeren Datierungsraum mit ca. 3900 – 3600 v. Chr. (Bartelheim u. a. 2002, 60; Bartelheim u. a. 2003, 443).

<sup>2241</sup> Huijsmans u. a. 2004, 60f. mit Tab.1 und 2; Höppner u. a. 2005, 298f.; Bartelheim u. a. 2003, 441. – Zu den Tondüsenfragmenten Bartelheim u. a. 2002, 42.

<sup>2242</sup> Zu den Schlacken siehe kurz Bartelheim u. a. 2003, 445f.; Kap. II.3.1; Vgl. zur Technik Hauptmann 2007b, 167f.

<sup>2243</sup> Bartelheim u. a. 2002, 57 mit Tabelle 4; 58f. 77 Tabelle 6; Bartelheim u. a. 2003, 446.

<sup>2244</sup> Höppner u. a. 2005, 302.

<sup>2245</sup> Hansen 2011a, 64; Bartelheim 2007, 190.

<sup>2246</sup> Merkl 2011, 17f. mit Anm. 22. bes. 18.

<sup>2247</sup> Kienlin 2010, 20; Ryndina u. a. 1999; Roberts paper, 8; Vgl. auch Merkl 2011, 17.

<sup>2248</sup> Bartelheim u. a. 2002, 34-36.

<sup>2249</sup> Bartelheim u. a. 2002, 33f.

<sup>2250</sup> Bartelheim u. a. 2002, 37. 41f.

<sup>2251</sup> Bartelheim u. a. 2002, 41.

<sup>2252</sup> Hansen 2011a, 289; Klassen 2010, bes. 35f.; Vgl. dazu auch Münchshöfener Keramik in Vergesellschaftung mit Kupfer in Norditalien (Turck 2010, 23. 26.).

<sup>2253</sup> Vgl. zu einer möglicherweise gezielten Erzauswahl – hier eisenarm – aufgrund der Elementassoziationen Martinek – Sydow 2004, bes. 203 Tab. 1.

<sup>2254</sup> Vgl. Tylecote 1987, 30 Table 2.1.

<sup>2255</sup> Zum Prinzip Hauptmann 2007b, 167f.; Siehe und vgl. Bartelheim u. a. 2002, 55f.

<sup>2256</sup> Bartelheim u. a. 2002, 54-56.

Abscheidung von Kupfer<sup>2257</sup> bzw. Arsen-/Antimonmangellegierungen aufgrund einer Mischungslücke könnten zu Legierungen führen (Kap. II.2.4.4.7; bes. II.3.1)<sup>2258</sup>.

Fragmente epilengyelzeitlicher Tiegel von Bisamberg-Hochfeld (Niederösterreich)<sup>2259</sup> aus einer Siedlungsgrube könnten an die Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. zu datieren sein. Die Funktionsansprache lautet Gusstiegel. Eine Herkunftsaussage und Charakterisierung des verwendeten Kupfers sind anhand der Analysen nicht möglich und Arsen ist nicht belegt<sup>2260</sup>. Eine Herkunft aus dem Bereich der Ostalpen wird jedoch von Eibner erwogen<sup>2261</sup>.

Weitere, teilweise tüllenbewehrte Gusstiegelfragmente mit arsenhaltigen Kupferanhaftungen stammen aus einer Siedlung der Kanzianiberg-Lasinja Gruppe am Keutschacher See im österreichischen Kärnten<sup>2262</sup>. Datierungen für die Nutzung der Siedlung reichen vom letzten Viertel des 5. bis zum ersten Drittel des 4. Jt. v. Chr. anhand von Radiokarbondatierungen sowie von 3947 bis 3871 v. Chr. nach Dendrodaten. Letzteren Daten ist Turck zufolge der Vorzug zu geben<sup>2263</sup>. Verbindungen der Siedlung nach Oberitalien werden genannt. Ebenfalls vom Fundort, aber mit ungeklärter zeitlicher Stellung, liegt „*feine Plattenschlacke*“<sup>2264</sup> aus einer Verhüttung sulfidischer Erze vor<sup>2265</sup>. Erstgenannte arsenhaltige Kupfer und Tiegelfragmente sind Lippert zufolge „deutlich älter als alle Kupferobjekte der nordalpinen Mondsee-Kultur“<sup>2266</sup>.

Diese vagen Belege für eine eigenständige extraktive Metallurgie verbunden mit der Nutzung von arsenhaltigen Fahlerzen sind älter als die oder etwa zeitgleich mit der Hornstaader Buckelscheibe (Gaienhofen Hornstaad-Hörnle IA, Lkr. Konstanz, dendrodatiert um 3917 v. Chr., Taf. 18, 4) und anderen Objekten. Klassen macht darauf aufmerksam, dass diese aus Kupfer mit hohen Silbergehalten bestehen, welches bei einer engen Definition der Kupfersorte mit wenigen Beispielen ausschließlich zu dieser Zeit im Bodenseeraum und Oberitalien verbreitet ist<sup>2267</sup>. Die analysierten Kupferfunde der Hornstaader Gruppe und darunter die Buckelscheibe bestehen bei einer weiteren Definition aus einem Kupfer mit geringen Antimon- und Nickelgehalten, Arsengehalten bis 0,64 % und ungewöhnlich hohen Silbergehalten von 0,74 bis 1,47 %<sup>2268</sup>. Matuschik kommt zu einem anderen Ergebnis und setzt die Kupfersorte mit einer Herkunft aus slowakischen Lagerstätten in Beziehung<sup>2269</sup>. Klassen vermutet aufgrund seiner Forschungen einen Ursprung des Materials der Hornstaader Buckelscheibe oder der Scheibe selbst in Oberitalien, genauer dem Vorland der Lessinischen Alpen (vgl. zu den Kontakten

---

<sup>2257</sup> Vgl. Hauptmann 2003a; Hauptmann 2007a; Hauptmann 2007b.

<sup>2258</sup> Vgl. Moesta 2004.

<sup>2259</sup> Turck 2010, 29-31; Hauptmann – Ruttkay 1991, 182-184 mit Abb. 1; Eibner – Preßlinger 2006, 22.

<sup>2260</sup> Hauptmann – Ruttkay 1991, 184.

<sup>2261</sup> Eibner – Preßlinger 2006, 22.

<sup>2262</sup> Nach Turck 2010, 32; Lippert 2006, 18. – Zu den Tiegeln: Samonig 2003, 77-79 (Analyseergebnisse im Labor nicht auffindbar).

<sup>2263</sup> Turck 2010, 32 mit Anm. 207.

<sup>2264</sup> Samonig 2003, 78.

<sup>2265</sup> Samonig 2003, 78; Lippert 2006, 18.

<sup>2266</sup> Lippert 2006, 18.

<sup>2267</sup> Klassen 2010, bes. 32-39; Vgl. dazu Krause 2003, 151-153 mit Abb. 117. – Zur Hornstaader Scheibe kürzlich auch Turck 2010, 27-29. – Zusammensetzung der Hornstaader Scheibe in Gew. %: HDM 446 Cu 97, Sn <0,02, Pb n.a., As 0,043, Sb 0,039, Ag 1,22, Ni <0,012, Bi n.a., Au 0,00081, Zn <0,009, Co <0,0001, Fe <0,2 (Höppner u. a. 2005, 295 Table 1).

<sup>2268</sup> Krause 2003, 151 Abb. 117. 152. 310. – Zur Zusammensetzung der Hornstaader Buckelscheibe siehe auch Klassen 2010, 29 Tab. 1 (=Höppner u. a. 2005, 295 Table 1); Klassen (2010) kommt aber zu einer anderen Einteilung und damit Zusammensetzung der Kupferartefakte seiner Gruppe.

<sup>2269</sup> Matuschik 1997b, 19; Siehe jedoch auch Krause 2003, 152; Klassen 2010, 32f.

Kap. IV.1.3.1)<sup>2270</sup>; aber auch eine Herkunft aus dem Inntal ist möglich<sup>2271</sup>, und vorläufig könnte sich hier auch ein technologischer Kreis erschließen lassen. Eine Ausrichtung des westlichen Bodenseegebiets zum südöstlichen Alpenrand lässt sich in der ersten wie auch zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. beobachten<sup>2272</sup>. Die Herkunft der Hornstaader Scheibe wurde zuvor auf meist rein typologischer Basis durch Import eines Fertigobjektes oder lokale Imitation aus importiertem Kupfer aus dem Bereich des Karpatenbeckens erklärt, von wo die zumeist aus Gold bestehenden Buckelscheiben vom Typ Csáford-Stollhof<sup>2273</sup> aus Kulturen wie Bodrogkeresztúr, Jordanów, Balaton-Lásinja vorliegen (Taf. 18, 2)<sup>2274</sup>. Damit verbindet sich ein Zeitansatz um 4300–3900 v. Chr. oder bis erstes Drittel des 4. Jt. v. Chr.<sup>2275</sup>. Anhand der Herkunft von Rohmaterialien wie Silex und weiteren zeigt Hornstaad-Hörnle IA aber auch eine Einbindung in einen weiten (mittel-) europäischen Interaktions- und Austauschraum<sup>2276</sup>. Ungeachtet aller Fragen nach der Herkunft des Materials bleiben die Verbreitungskreise von Buckelscheiben für die Frage nach Kommunikationsräumen und der Datierung aktuell. Buckelscheiben zeigen eine Verbreitung, die sich mit dem Vorkommen von Ringanhängern weitgehend ausschließt. Im Wesentlichen sind sie westlich des Karpatenbeckens verbreitet (ca. 4300–3900 v. Chr.; Taf. 18, 2)<sup>2277</sup>. Etwa zeitgleich bzw. kurze Zeit später, um 3800 v. Chr., ist im Nordalpenraum „Mondseekupfer“ verbreitet, das aus einer eigenständigen Metallurgie hergeleitet werden kann<sup>2278</sup>. Unter Umständen könnte sich ein Zusammenhang zwischen eigenständiger extraktiver Metallurgie, der Nutzung von Arsenkupfer sowie Silber mittelbar über die Fundvergesellschaftungen erschließen lassen. Dabei könnte sich eine ähnliche Entwicklung in einem größeren Gebiet abzeichnen. Die Brillen- und Hakenspiralen, die mit der möglicherweise im Vergleich zu Hornstaader Scheibe etwas jüngeren kupfernen Buckelscheibe von Hlinsko vergesellschaftet sind, bestehen nämlich aus einem Kupfer in der Art von ostalpinem Mondseekupfer ohne Hinweise auf eine ostmitteleuropäische Herkunft des Metalls (vgl. aber unten)<sup>2279</sup>. Ebenfalls aus Mähren und etwa in diese Zeit zu datieren ist die silberne Buckelscheibe aus Štramberk (Kat. 6; Taf. 18, 3), die mutmaßlich mit einer kupfernen Brillenspirale vergesellschaftet war<sup>2280</sup>. Als Herstellungstechnik der Buckelscheibe ist – allein auf Grund der schieren Größe<sup>2281</sup> – die Kupellation wahrscheinlich, aber durch die Analyse nicht sicher zu entscheiden und

---

<sup>2270</sup> Klassen 2010, 32-39. bes. 38.

<sup>2271</sup> Klassen 2010, 43.

<sup>2272</sup> Klassen 2010, 42. – Vgl. zu Beziehungen des nordalpinen Raumes nach Oberitalien Turck 2010, 50f.

<sup>2273</sup> Matuschik 1997a, 97; Parzinger 1992, 245; Vgl. dazu Klassen 2010, 29-32.

<sup>2274</sup> Matuschik 1997a, 96-99; Matuschik 1996, 4-8. besonders 8; Pavelčík 1979, 327-330 mit Abb. 6 und Karte 1; Maran 2000, 191.

<sup>2275</sup> Matuschik 1997a, 96-99. bes. 98-99; Parzinger 1992, bes. 244-248; Makkay 1985; Zur späten Datierung siehe etwa Patay – Szathmári 2001, 8; Virág 2010, bes. 216; Zur Frage nach einem frühen zeitlichen Ansatz dieses Horizontes siehe die Datierung von Bodrogkeresztúr Kap. IV.1.1.

<sup>2276</sup> Mit weiterer Literatur Krause 2003, 230f. mit Abb. 216.

<sup>2277</sup> Virág 2010, bes. 215-217 mit Abb. (Verbreitungskarte).

<sup>2278</sup> Klassen 2010, 29.

<sup>2279</sup> Mit weiterer Literatur Klassen 2010, bes. 32. 34; Weitergehende Aussagen zu Ursprung und Herstellung der Funde von Hlinsko in Mähren sind nach Klassen (2010, 32) nicht zu treffen; Siehe zu Hakenspiralen vom Typ Hlinsko und Mondseekupfer auch Matuschik 1998, 241.

<sup>2280</sup> Dass beide vermutlich aus einem Depot stammen, gewinnt neben den Fundumständen (siehe Jisl 1967, 35; Maran 2000, 190; Dagegen Pernicka 1990, 57 Anm. 21a; Zu einer Zusammenfassung siehe Kat. 6.) durch die Beobachtung der häufigen Vergesellschaftung dieser Typen an Wahrscheinlichkeit (etwa Matuschik 1996, 8). Inwieweit die Buckelscheibe von Štramberk mit Lengyel in Verbindung zu bringen ist, wäre weiter zu überprüfen (vgl. Jisl 1967, 35).

<sup>2281</sup> Das Stück ist im Vergleich zu anderen Buckelscheiben ungewöhnlich groß (vgl. Kat. 6 mit Matuschik 1997a, 97).

bezüglich der Herkunft (des Materials) wurden zahlreiche Vermutungen geäußert<sup>2282</sup>. Zwei aus silberhaltigem Gold bestehende Buckelscheiben liegen aus dem Depot von Stollhof vor (Taf. 18, 1). Insbesondere der Befund eines Eberzahnmittels deutet darauf hin, dass für die Kenntnis oder die Quelle des Silbers Kontakte Richtung Südosten bestanden. Neben den zwei Buckelscheiben enthielt das Depot wohl vier goldene (Goldsilberlegierung?!<sup>2283</sup>) und acht kupferne Brillenspiralen, zwei Armspiralen, mehrere Spiralröllchen, zwei Kupferbeile und das eberzahnförmige Zierblech aus Kupfer (Taf. 18, 1)<sup>2284</sup>. Für das Zierblech liegen silberhaltige Vergleichsstücke aus Bulgarien vor (Kat. 1–4). Die Datierung der Objektgruppe dieser sichelförmigen Bleche ist jüngst einer Revision unterzogen worden, und es ergibt sich die Möglichkeit einer Datierung noch ins späte 5. Jt. v. Chr. Auch die Goldsilberlegierung(en) von Stollhof ließe(n) sich mit diesen chronokulturellen Kontexten in Zusammenhang bringen. Mit einem dem Depot von Stollhof beigefundenen Beil könnte, wenn auch in dieser verkürzten Art und Weise nur prinzipiell, auf die Möglichkeit einer Parallelisierung in einem weiteren Horizont bis Anatolien aufmerksam gemacht werden<sup>2285</sup>. Für das früheste Auftreten der Brillenspiralen (siehe etwa Taf. 18, 1. 3) ergibt sich wie für die Buckelscheiben ein Zeitansatz um 4000 v. Chr. und auch ein ähnlicher kultureller Horizont wie der der Buckelscheiben; jüngere Formen schlagen eine Brücke zu dem zeitlich nachfolgenden Horizont der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. mit Kulturen wie u. a. Hunyadi-halom, Baalberge-Mondsee-Pfyn<sup>2286</sup>. Auch in diesem Horizont ist Silber belegt, etwa in Form zweier verdoppelter Ringanhänger aus Tiszalúc-Sarkad (Hunyadi-halom-Kultur); allerdings wurde dieses wahrscheinlich nicht durch Kupellation gewonnen (vgl. Kat. 7).

Auf diese erste Phase der Metallurgie, die wohl noch maßgeblich durch Import gekennzeichnet ist, – die Abgrenzung zu eigenständiger Produktion scheint allerdings zu verschwimmen oder zurückzulegen zu sein – soll ab ca. 3800 v. Chr. je nach Region eine Experimentier- bzw. Aufbauphase mit beginnender eigener extraktiver Metallurgie folgen, oder eine weitere Importphase mit z. T. eigener Bearbeitung und mit Änderungen in den Bezugssystemen und Kupfersorten würde

<sup>2282</sup> Siehe hierzu auch Kat. 6 Analyse und Bemerkungen. Dass die Buckelscheibe von Štramberg aus kupelliertem Silber bestehe, wird von Pernicka nur implizit angedeutet. Er erhebt nämlich Zweifel an der Datierung, die seiner Ansicht nach „durch die Zusammensetzung erheblich verstärkt“ (Pernicka 1990, 57 Anm. 21a) werden. Sowohl die Verwendung von Blei als auch die Kenntnis der Kupellation im mitteleuropäischen Milieu dieser Zeit stellt er in Abrede und die Entdeckung der Kupellation verortet er dabei irgendwo im weiteren Umfeld des Vorderen Orients (Pernicka 1990, 57; Vgl. dies auch mit Pernickas Darstellung der Entwicklung der Metallurgie und ihrem Ursprung [Pernicka 1990]). Primas äußert diesbezüglich die Vermutung, dass das Material der Buckelscheibe vielleicht von einem aus Anatolien oder dem Vorderen Orient eingehandelten Stück stamme, welches im östlichen Mitteleuropa umgeschmolzen wurde (Primas 1995, 80). Maran möchte in diesem Zusammenhang auch die Ägäis als Rohstofflieferant nicht ausschließen (Maran 2000; Zur möglichen Herkunft des Silbers der Buckelscheibe von Štramberg selbst besonders Maran 2000, 191). Patay und Szathmári verweisen auf eine mögliche Vergesellschaftung von gediegenem Silber mit den reichen Goldvorkommen von Siebenbürgen und halten diese als Rohstoffquelle für denkbar (Patay – Szathmári 2001, 10.).

<sup>2283</sup> Angeli 1967, 491: „F. Mühlhofer erwähnt neben Bronzegegenständen (?) vier Brillenspiralen aus Gold, die zunächst nach Maiersdorf kamen und gegen Ende des vorigen Jahrhunderts als Golddraht nach Wiener-Neustadt verkauft wurden. Ein Teil des Drahtes bestand „aus einer auffallend gleichen Legierung von Gold und Silber“ (E. Beninger, F. Mühlhofer, E. Geyer 1930, S. 86)“.

<sup>2284</sup> Hansen 2011a, 292. 293 Abb. 14; Badisches Landesmuseum Karlsruhe 2010, 384f. Kat. 357-365; Mayer 1977, 45-48. Tafel 117, 1-11; Kienlin 2010, 15 Fig. 2.11. – Zu Analysen siehe Angeli 1967, 492 Tabelle.

<sup>2285</sup> Vgl. zur Typendefinition bzw. -zuordnung der beiden Beile zum Typ Stollhof und dessen Variante Hartberg aber auch Mayer 1977, 45f.; Angeli 1967, 493: „Eines der Beile wurde von P. PATAY (1958, S. 46) als zum Typus Szakalhát [sic] gehörig bestimmt, der für die Bodrogeresztur-Kultur [sic] besonders charakteristisch ist (P. PATAY 1959, S. 149), aber auch weit über deren Verbreitungsgebiet hinaus vorkommt (J. DRIEHAUS 1960, S. 166, Anm. 6)“. Vorbehaltlich der Typenzuweisung von Stollhof: Mit Typ Szakálhát vergleichbare Beile werden aus Anatolien berichtet (Lichter 2006, 527f. mit Anm. 32).

<sup>2286</sup> Vgl. Matuschik 1996, 4-8. bes. 8; Maran 2000, 190; Furmánek 1980, 7; Primas 1995, 80.

folgen<sup>2287</sup>. Diese Phase soll je nach Region zunächst weiterhin durch Importe geprägt sein<sup>2288</sup>. Immer mehr setzen sich gegenüber den vorhergehenden, eher reinen Kupfern arsenhaltige Kupfersorten wie etwa die sog. Ostalpinen Kupfer (Mondseekupfer) durch, die mehr Arsen als andere Verunreinigungen aufweisen, für die meist eine ostalpine Herkunft veranschlagt wird und die wohl mit einer Nutzung von Fahlerzen in Verbindung zu setzen sind<sup>2289</sup>. Mit dem süddeutschen Jungneolithikum und Kulturen des Horizontes Cortailod, Pfyn, Altheim und Mondsee (ca. 3800–3400 v. Chr.) erhöht sich die Zahl der (zugeordneten) Kupferartefakte<sup>2290</sup>. Diese stammen überwiegend aus dem Umfeld der nordalpinen Feuchtbodensiedlungen<sup>2291</sup>, die gute Auffindungs- und Überlieferungsbedingungen bieten. Gleichzeitig soll sich das Typenspektrum mit neuen Formen von Flachbeilen, Hakenspiralen und Dolchklingen usw. wandeln<sup>2292</sup>. Im Gebiet der westlichen Ostsee ist nach Klassen das Auftreten von Blechschmuck zu verzeichnen (vgl. die Herstellungstechnik von Buckelscheiben)<sup>2293</sup>. Aus Gruppen wie Mondsee und Pfyn – oder diesen zugewiesen – liegen im nordöstlichen Bereich der Alpen zahlreiche Belege von Metallurgie wie Tiegel, Kupfertropfen und auch Schlacken vor<sup>2294</sup>. Diese werden meist mit dem Schmelzen und Gießen von Kupfer in Verbindung gesetzt und entsprechend als Gusstiegel bzw. -löffel und Gusstropfen/Gussreste angesprochen, und obwohl von Teilen der Forschung eine Verhüttung lokaler Erze angenommen wird, konnte diese bislang nicht sicher belegt werden<sup>2295</sup>. Eine Verhüttung sulfidischer Erze ist nach Rehren für die von ihm untersuchten Pfyner Tiegel auszuschließen, und die ihnen anhaftenden Sulfidkrusten sind als Ergebnis der Bodenlagerung zu interpretieren<sup>2296</sup>. Anhand von Tiegeln und ihrer Verschlackungen eine Unterscheidung zwischen Schmelzen – in diesem Falle von importiertem Kupfer – und Verhüttung oxidischer Erze zu treffen, ist Rehrens Meinung nach schwierig<sup>2297</sup>. In Tiegelresten finden sich teilweise noch Kupferkügelchen und ursprünglich als Schlacke angesprochene Funde stellen eigentlich verschlackte Fragmente von Tiegeln dar<sup>2298</sup>. Möglicher Hinweis auf die Herstellung von Legierungen ist die bimodale Verteilung von Arsen

<sup>2287</sup> Vgl. Strahm 2010, bes. 180 Abb.; 188-190; Vgl. auch Strahm – Hauptmann 2009, bes. 125f. mit Fig. 8.

<sup>2288</sup> In Mitteldeutschland beispielsweise ist dieser Abschnitt der Entwicklung mit Müllers *TRB-MES II/III (Import- und Bearbeitungsphase)* von 3800 bis 3300 v. Chr. und *TRB-MES IV/V (Import und pyrotechnische Verarbeitung)* von 3300 bis 2800 v. Chr. gleichzusetzen (Müller 2001, 410-418. bes. 416f. vgl. 266 Abb. 140; 267 Abb. 141); Klassen für den westlichen Ostseeraum: 2. *Importphase zwischen 3800/3700 und 3500 v. Chr.* mit einer Nutzung ostalpinen Kupfers und mechanischer Bearbeitung (Klassen 2000, 235-238. 257-269); Strahm für den nordostalpinen Raum: 2. *Experimentierphase von 3800 bis 3400/3300 v. Chr.* (Mondsee-Pfyn) mit erster selbständiger Verarbeitung von Kupfer (Strahm 1994, bes. 6f. Abb. 2; 11f. 23 mit einer Nutzung von Ostalpinem Kupfer; Matuschik 1998, 245; Vgl. Strahm 2010, bes. 188-190; Strahm 2007, bes. 55-58; Zusammenfassend Krause 2003, 232-241); Strahm – Hauptmann 2009, 125f.: *Innovation Phase* (am Ursprungsort importierter Objekte bzw. für Pfyn und Mondsee) und *Initial Phase* (am Bestimmungsort der Objekte).

<sup>2289</sup> Krause 2003, 153-157; 233. 235; Strahm 1994, 11f.; Merkl 2011, 18. 32; Müller 2001, 411.

<sup>2290</sup> Kienlin 2010, 14; Vgl. zum kulturellen Horizont Merkl 2011, 18 Anm. 23; Turck 2010, 37-52; Siehe auch Bartelheim u. a. 2002, 63-65 mit Abb. 20 und 21.

<sup>2291</sup> Kienlin 2010, 14; Merkl 2011, 18; Turck 2010, 39.

<sup>2292</sup> Strahm 1994, 11f.; Kienlin 2010, 14; Merkl 2011, 18; Matuschik 1998, 208-213. bes. 212.

<sup>2293</sup> Klassen 2000, 235. 299; Krause 2003, 233.

<sup>2294</sup> Matuschik 1998, 209-212. 246f. Fundliste A; Ottaway 1982, 320 Appendix XXa; 321 Appendix XXb; Obereder u. a. 1993, bes. 7 mit Abb. 3; Strahm 1994, 12; Kienlin 2010, 14; Merkl 2011, 18; Schlichtherle – Rottländer 1982; Maggetti u. a. 1990; Fasnacht 1991; Fasnacht 1995; Bartelheim u. a. 2002, 63-65 mit Abb. 21; 75f. Liste 3.

<sup>2295</sup> Bis dato ist etwa kein Abbau belegt (Merkl 2011, 18). Ob ein Guss (importierten Kupfers) oder eine lokale Verhüttung vonstattenging, ist umstritten (Roberts paper, 9; Fasnacht 1991; 1995; Vgl. Rehren 2004, 273f.).

<sup>2296</sup> Rehren 2004, bes. 278-280.

<sup>2297</sup> Rehren 2004, 280; Vgl. die Schmelzexperimente von Fasnacht (Fasnacht 1995, 186).

<sup>2298</sup> Obereder u. a. 1993, 7.



in sog. Gussresten (Taf. 20, 1)<sup>2299</sup>. Eine Aufarbeitung dieser, wie auch der Gusstropfen, hinsichtlich ihrer Ansprache und Entstehung ist angezeigt, könnten sie doch auch *prills* aus der Verhüttung darstellen (vgl. Chalkolithische Verhüttung Kap. II.3; II.2.6.7)<sup>2300</sup>.

Die Herkunft des mitteleuropäischen Kupfers wird entsprechend der offenen Frage nach einer lokalen Verhüttung unterschiedlich beantwortet: Hält man eine eigenständige extraktive Metallurgie für wahrscheinlich, gilt auch eine Herleitung des Kupfers aus dem (östlichen) Alpenraum (durch die Mondsee-Gruppe) als möglich, ansonsten wird von einem Import des Metalls aus Bereichen Südosteuropas wie dem Karpatenbecken, den Westkarpaten und dem Slowakischen Erzgebirge oder dem Balkan ausgegangen (s. u. Götschenberg)<sup>2301</sup>. In diesem Zusammenhang verweist Lippert darauf, dass Archäometallurgen bezüglich der Herkunft des „im Seengebiet der Mondsee-Kultur“<sup>2302</sup> verbreiteten Arsenkupfers nicht sicher seien. Dabei wird meist ein Import von Reinkupfer während des sog. Schwergerätehorizontes angenommen, und das Aufkommen von Arsenkupfer zu einem späteren Zeitpunkt wird aus anderen Quellen erklärt. Dabei wäre eine Aussage Lipperts folgenscher: „Das arsenhaltige Kupfer könnte ihrer Meinung nach [d. h. nach Meinung von Archäometallurgen; Anm. des Autors] nämlich auch für einen Import aus dem Karpatenraum sprechen, wo der Arsenzusatz schon viel früher aufgekommen und sehr kennzeichnend für den Schwergeräte-Horizont gewesen war“<sup>2303</sup>. So wird auch von anderen Autoren nach einem zunächst erfolgten Import von arsenhaltigem Kupfer die Arsenkupfertechnologie aus Südosteuropa abgeleitet<sup>2304</sup>. Zwischen dem arsenhaltigen Kupfer Südosteuropas und dem Mondseekupfer werden dabei Ähnlichkeiten (hinsichtlich der Arsenanreicherung bei ansonsten recht reinem Kupfer) konstatiert<sup>2305</sup>. Auch Kupfer weiterer Regionen bietet Vergleiche (s. u.)<sup>2306</sup>. Matuschik hebt die Bindung von Arsenkupfer an Formen mit einem nordalpinen Verbreitungsschwerpunkt und die zahlreichen Metallurgiebelege bei gleichzeitiger Lagerstättennähe hervor und sieht eine nordalpine Herkunft des ihm zufolge „Kupfer vom Typ Mondsee“<sup>2307</sup> zu nennenden Arsenkupfers als anzunehmen. Mit den Arsenkupferfunden der *Protobronzezeit* Südosteuropas sind Matuschik zufolge die Anfänge der Arsenkupfertechnologie im Bereich der Ostkarpaten im Milieu der ausgehenden Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz ab möglicherweise 4000 v. Chr. zu verfolgen<sup>2308</sup>.

Als Handelsform bzw. Gussgranulat wurden kupferne Ringperlen (teils auf Ketten) aus Zusammenhängen von Pfyn und Cortaillod wie die von Burgäschisee-Süd sowie der Munzinger Kultur

---

<sup>2299</sup> Die sog. Gussreste zeigen einen unterschiedlichen Legierungsgrad mit bipolarer Verteilung des Arsens an (siehe Obereder u. a. 1993, 7f. mit Abb. 4; bes. 8 Abb. 4 [G=Gußreste]).

<sup>2300</sup> Vgl. auch Bartelheim u. a. (2002, 55) zu den „Gusstropfen“ vom Götschenberg, deren Deutung als Metalltropfen aus der Verhüttung ins Spiel gebracht wird, deren Herkunft aus einer Verhüttung allerdings kritisch gesehen wird.

<sup>2301</sup> Nach Kienlin 2010, 14f. (mit weiterer Literatur); Fasnacht 1995, 184f.; Strahm 1994, 10-12; Strahm 2010, bes. 189f.; Ottaway 1982, 181-185; Matuschik 1998, 241-243, 245; Bartelheim u. a. 2002, 65; Vgl. Rehren 2004, 273f. – Verbreitungsschwerpunkte der südosteuropäischen Arsenkupfer in den späthochkupferzeitlichen Ostkarpaten sowie Bulgarien werden bei ungenügendem Erforschungsstand, teilweise sind die Ergebnisse anhand der Betrachtung kreuzschneidiger Äxte gewonnen, genannt (Samonig 2003, 78; Obereder u. a. 1993, 8 mit Anm. 14).

<sup>2302</sup> Lippert 2006, 20.

<sup>2303</sup> Lippert 2006, 20.

<sup>2304</sup> Obereder u. a. 1993, 8; Lippert 2006, 20.

<sup>2305</sup> Samonig 2003, 78; Obereder u. a. 1993, 7; Bartelheim u. a. 2002, 65; Matuschik 1998, 241.

<sup>2306</sup> Matuschik 1998, 241.

<sup>2307</sup> Matuschik 1998, 241 mit weiterer Literatur (auch zum Zitat).

<sup>2308</sup> Matuschik 1998, 242f.

diskutiert<sup>2309</sup>. Gegen eine Verwendung als Vorprodukt spricht jedoch, dass die Perlen relativ aufwändig hergestellt wurden<sup>2310</sup>. Ihre Analyse und Auswertung ergab, dass sie aus leicht unterschiedlichen Kupfern zusammengesetzt sind. Bei diesen Kupferobjekten korrelieren hohe Arsengehalte teilweise mit eher niedrigen Silber- und Antimongehalten, während Silber- und Antimongehalte untereinander positiv korrelieren. Dies zeigt sich auch auf breiterer Basis bei der Betrachtung der SAM 2 Materialgruppe E 01 (erstes arsenhaltiges nickelfreies Kupfer Mitteleuropas)<sup>2311</sup>. Die Perlen von Burgäschisee-Süd bilden zwei Colliers und fallen in Ottaways Arsenkupfercluster „2“, „10“ und „1,5“ (vgl. Mondseekupfer/teilweise SAM E 01-A), die wohl weitgehend vereint werden können<sup>2312</sup>. Auch die drei aus Mondseekupfer bestehenden Colliers von Colmar-Aéredrome können wohl diesen Clustern zugeordnet werden<sup>2313</sup>. Unabhängig von ihrer Funktion zeigen etwa die Ringperlen, dass unterschiedliche Kupfer evtl. in einer Werkstatt<sup>2314</sup> oder in einem Verhüttungsgang gewonnen worden sein könnten (Kap. II.3.). Zu diskutieren wären die möglichen Funktionen unterschiedlicher Tiegelformen, darunter insbesondere trogförmige Tiegel<sup>2315</sup> und/bzw. (?) „steilwandige Behältnisse“ der „ältesten Phase“ in der Schweiz<sup>2316</sup>, und ob sich evtl. Abdeckungen erschließen lassen könnten. Anzuschließen daran wären genauere Untersuchungen abweichender Tiegelformen hinsichtlich der Feuerführung, ablesbar an Brandspuren der Keramik, und ihrer Charge. So könnten die trogförmigen Tiegel etwa auch Barrergusformen darstellen. Organische Blasrohre zur Erhitzung sind anzunehmen. Von Schweizer Gebiet liegen erste tönerner Blasrohrdüsen aus der entwickelten Frühbronzezeit vor<sup>2317</sup>. Tondüsenfragmente aus der gleichen Schicht wie die Schlackenfunde, aber ohne kontextuellen Bezug zu Letzteren, liegen aus Brixlegg vor<sup>2318</sup>.

Bis dato ist kein chalkolithischer Abbau von Erz in den Alpen belegt<sup>2319</sup>. Aufgrund einer lokalen und mutmaßlich kulturspezifischen Verbreitung von Mondseekupfer wird häufig eine Ausbeutung nordostalpiner Lagerstätten angenommen<sup>2320</sup>. Ein Abbau etwa im Salzachtal mit dem Mitterberger Erzrevier bei Bischofshofen in den österreichischen Alpen wird vermutet<sup>2321</sup>. Dennoch wird auch ein Import des Rohmaterials (Kupfer) aus Südosteuropa (Karpatenbecken) mit folgender Umarbeitung im nordalpinen Raum in Betracht gezogen<sup>2322</sup>. Als Hinweis auf einen Import oder eine vom

<sup>2309</sup> Etwa die Kupferperlen von Seeberg-Burgäschisee-Süd (Cortailod): Sangmeister – Strahm 1973, 193; Strahm 1994, 18. 20 mit Abb. 14; Schlichtherle – Rottländer 1982, 70; Strahm 2010, 188f.; Badisches Landesmuseum Karlsruhe 2010, 379 Kat. 334-335. – Colmar-Aéredrome (Munzinger Kultur): Lefranc – van Willigen 2010, 187; Strahm 2010, 188; Badisches Landesmuseum Karlsruhe 2010, 314 Kat. 85.

<sup>2310</sup> Sangmeister – Strahm 1973, 191. – Zu einer Deutung mit einem möglichen Bedeutungswandel von Handels- bzw. Gebrauchsware hin zu einem Prestigegegenstand oder Gut in der sozialen Sphäre wie Brautgeld siehe Ottaway 1994, 241 mit weiterer Literatur.

<sup>2311</sup> Sangmeister – Strahm 1973, bes. 197-201. 226f. Diagramm 1; 233 Tab. 3. – Vgl. auch die Verteilung von Arsenwerten in Kupferfunden Europas mit zwei Maxima (Sangmeister – Strahm 1973, 217f.).

<sup>2312</sup> Ottaway 1982, 126-130; Obereder u. a. 1993, 7. 9 Anm. 11: „Die von Ottaway behandelten Cluster 2, 10, 1.5, in denen Mondseefunde vorkommen, sind fraglos großteils zu vereinen“.

<sup>2313</sup> Badisches Landesmuseum Karlsruhe 2010, 314 Kat. 85; Lefranc u. a. 2009, 45; Lefranc u. a. 2012.

<sup>2314</sup> Vgl. die Diskussion bei Sangmeister – Strahm (1973, bes. 200f.) und dazu besonders die Bemerkung, dass die Ketten von Seeberg-Burgäschisee-Süd, bzw. Kupferstäbe als ihre Vorprodukte, aus verschiedenen Güssen stammen mögen (Sangmeister – Strahm 1973, 198). Vgl. (dagegen) Sangmeister – Strahm 1973, 218.

<sup>2315</sup> Badisches Landesmuseum Karlsruhe 2010, 378 Kat. 331-332.

<sup>2316</sup> Fasnacht 1995, 186; Fasnacht 1991, bes. 157. 163 Abb. 2,5. – Eine aufschlussreiche Abbildung fehlt, evtl. handelt es sich um ebenfalls trogförmige Tiegel.

<sup>2317</sup> Fasnacht 2009, 396.

<sup>2318</sup> Bartelheim u. a. 2002, 42.

<sup>2319</sup> Merkl 2011, 54.

<sup>2320</sup> Strahm 1994, 22; Matuschik 1998, 241; Klassen 2000, 299f.; Dazu Bartelheim 2007, 192.

<sup>2321</sup> Lippert 2006, 20; Hansen 2011a, 292; Klassen u. a. 2008/2009, 18.

<sup>2322</sup> Bartelheim 2007, 191f.

Karpatenbecken angestoßene Metallurgie gelten Formen wie die Axt vom Typ Širia aus Überlingen oder die Mondseedolche (vgl. aber unten)<sup>2323</sup>. Einen für das 5. Jt. v. Chr. zu diskutierenden Abbau stellt die Lagerstätte von Špania Dolina-Piesky in der Slowakei dar, deren wichtigste Vererzungen Chalkopyrit und Tetraedrit sind, und die eine mächtig ausgebildete Oxidations- und Zementationszone aufweist<sup>2324</sup>. Von dort liegen mögliche Spätlengyelkeramiken vor, und Hinweise auf (extraktive [?]) Metallurgie in Form möglicher Schlacken und Kupfertropfen stammen aus Spätlengyelzusammenhängen<sup>2325</sup>. Auch aus dem Scheibhenkelhorizont bzw. dem Bereich der Furchenstichkeramik scheinen mit Kupfertropfen Hinweise auf Metallverarbeitung in der Slowakei vorzuliegen<sup>2326</sup>: Die Datierungen sind wegen des dabei von Schreiner implizierten Horizontes (Hornstaad-Hlinsko-Stollhof) zu überprüfen. Auch Bartelheim und Kollegen sprechen bei der Diskussion von Arsenkupfer/Mondseekupfer (ca. 3800–3500 v. Chr. [BC cal ?]) von „Schmuckobjekten der Hortfunde vom Typ Stollhof - Hlinsko - Štramberk“<sup>2327</sup>.

Zeitgleich mit dem Aufschwung der Metallurgie im Bereich Cortaillod, Pfyn, Altheim und Mondsee soll es im Karpatenbecken von 3800 v. Chr. an zu einem Rückgang der Metallurgie gekommen sein, was als Verschiebung des Produktionszentrums gedeutet wird<sup>2328</sup>. „Aus den Ufersiedlungen stammen nachweislich über 160 Reste von Gusslöffeln, eine Anzahl, die in der frühen Kupferzeit in Mitteleuropa keine Vergleiche besitzt“<sup>2329</sup> (vgl. aber zum Kontext unten!). Ungeachtet der Funktion dieser Tiegel (Guss oder Verhüttung) sollte hier zusammen mit dem Aufkommen einer mutmaßlich lokalen Kupfersorte eine extraktive Metallurgie von erheblichem Umfang zu erschließen sein<sup>2330</sup>. Matuschik schreibt zu Gusstiegeformen (mit Grifffüllen?): „Die Funde aus dem Mondsee-Bereich sind nicht stratifiziert.“<sup>2331</sup>. Eine Neubewertung der Datierungen von Beilen aus dem (nordost-) alpinen Raum, unter denen sich „einige Einzelfunde aus dem Siedlungsumfeld befinden“<sup>2332</sup>, vielleicht Opfergaben (vgl. die Jadeitbeile)<sup>2333</sup>, würde sich ebenso anbieten wie auch eine Neudatierung des Gros der dem Horizont Mondsee-Altheim-Pfyn zugewiesenen Metallfunde<sup>2334</sup>. Dies könnte es ermöglichen, insbesondere das Aufkommen von Metallfunden aus bislang als jünger erachtetem arsenhaltigen Kupfer<sup>2335</sup> näher zu bestimmen. Damit verbunden wäre womöglich eine Älterdatierung des Beginns

<sup>2323</sup> Merkl 2011, 18. 32; Krause 2003, 237f.; Obereder u. a. 1993, 8; Lippert 2006, 20.

<sup>2324</sup> Klassen 2000, 239; Turck 2010, 33; Točík – Žebrák 1989, bes. 72f. 75; Schreiner 2007, 27-31. 163f. 173.

<sup>2325</sup> Ottaway (1994, 68 mit weiterer Literatur) berichtet von „Resten von Kupferschlacke, Kupferkörnchen“ aus Slovenské Pravno und weiteren Fundstellen mit Hinweisen auf Kupferverarbeitung und mahnt neue Untersuchungen des Materials an (vgl. Schreiner 2007, 112). Aus dem Depot von Handlová stammen drei Gusskuchen aus Fahlerzkupfer mit Arsenvormacht ≈ Handlová-Kupfer (Schreiner 2007, 112. 144. 151). – Kritisch zur mittlerweile möglicherweise verschollenen, undiagnostischen und in sekundärer Lage befindlichen Keramik mit der Zuweisung Lengyel Brodzany-Nitra bei den Bergwerken in Piesky äußert sich Schreiner (2007, 112).

<sup>2326</sup> Schreiner (2007, 116) berichtet Kupfertropfen aus Suchanad Parnou („Datierung“ Horizont Hornstaad-Hlinsko-Stollhof bzw. 4000-3500 v. Chr. [?]; Vgl. Schreiner 2007, 112. 116).

<sup>2327</sup> Bartelheim u. a. 2002, 191.

<sup>2328</sup> Merkl 2011, 18. 20. 32; Klassen 2000, 258f.

<sup>2329</sup> Obereder u. a. 1993, 7. – Vgl. zur Anzahl Schlichtherle – Rottländer 1982, bes. 59f.; Bartelheim u. a. 2002, 63f. (zu Fundorten); Zur Bedeutung Klassen – Stürup 2001, 57.

<sup>2330</sup> Vgl. zur einer als wahrscheinlich gedachten lokalen Produktion Klassen – Stürup 2001, bes. 57. 69f.; Zu zumindest einer lokalen Verarbeitung Lippert 2006, 20; Explizit dagegen Strahm 2010, 189f.

<sup>2331</sup> Matuschik 1998, 221.

<sup>2332</sup> Strahm 1994, 13. – Siehe auch Sangmeister – Strahm 1973, 203-205; Ottaway 1982, 33-40. bes. 33f. 37: Einige Beile sind Pfyn nur zugeordnet, „None of the Austrian flat axes were found in secure association [...]“ (Ottaway 1982, 37).

<sup>2333</sup> Vgl. dazu nach Klassen die absichtlichen Beschädigungen an südschandinavischen (ab Phase 3 ab ca. 3500 v. Chr.) und nordalpinen Kupferbeilen (Mondseegruppe/Altheimer Kultur) (Klassen 2000, 278-283. 287-292).

<sup>2334</sup> Bartelheim u. a. 2002, 63 (mit einer Aufzählung von Funden mit sicheren Kontexten); Lippert spricht von 70 „eindeutig der Mondsee-Kultur zuordenbaren“ Kupferfunden (Lippert 2006, 20).

<sup>2335</sup> Vgl. Strahm 1994, 12-20. bes. 17.

einer eigenständigen Metallurgie. Beile des Typs Altheim werden in der Entwicklung der chalkolithischen Beilformen als späte Erscheinung gewertet: „This group of axes is thought to represent a more recent development for both archaeological and compositional reasons [...]“<sup>2336</sup>. Mit Varianten der Beile vom Typ Altheim– erhöhte Arsengehalte sind beim Typ Altheim möglich – könnte nach Kienlin zunächst womöglich chronologisch ein Zeitrahmen von der Bodrogkeresztúr-Kultur bis zur Frühbronzezeit abgedeckt sein<sup>2337</sup>. Eine beispielhafte Stellung in der Diskussion nimmt dabei etwa der Depotfund von Malé Leváre ein. Der Fund wird gebildet aus einer kreuzschneidigen, dem Typ Jászladány nahestehenden Axthacke vom Typ Nógrádmárcal, einer Hakenspirale, einem Dolch sowie einem Flachbeil, dem eine Nähe zu Beilen des Typs Altheim attestiert wird. Einer Zuordnung in den Horizont von Bodrogkeresztúr anhand von Axthacke und Spirale wird dabei eine jüngere Eingliederung – jedoch noch vor Baden (-Boleráz) – aufgrund von Flachbeil und Dolch entgegengesetzt<sup>2338</sup>. Eine genaue Aufschlüsselung mit Betrachtung der Datierung und Zusammensetzung des vielfach und uneinheitlich definierten Beiltyps Altheim könnte vielleicht weiteren Aufschluss hinsichtlich des Beginns der Arsenkupfermetallurgie liefern. Matuschik verweist auf eine Bindung von Mondseekupfer im nordalpinen Raum an Objekte, die ausschließlich dort vorkommen wie etwa Dolche Typ Cucuteni Variante Mondsee oder die ihren Verbreitungsschwerpunkt dort haben wie Beile Typ Altheim (nach Mayer) und Hakenspiralen Typ Hlinsko<sup>2339</sup>. Die Problematik der Datierung von Kupferfunden, insbesondere Beilen, ist mutmaßlich vor dem Hintergrund der Umdatierungen von als Einzelfunden gemachten Beilen in Europa stark zu gewichten (s. u.)<sup>2340</sup>. Ähnliches gilt vielleicht auch für Dolche, da „der Anteil absolutchronologisch datierter Dolche im gesamten Fundbestand [...] lediglich ca. 5%“<sup>2341</sup> beträgt und auch deren Kulturzuweisungen vielfach unsicher sind. Ein Teil der Kupferfunde könnte indes auch in den folgenden, als metallarm erachteten Horizont der Horgener Kultur zu datieren sein<sup>2342</sup>. Die frühen Kupferfunde der Westschweiz bleiben bei der Betrachtung hier außen vor, „da weitaus die meisten aus alten Ausgrabungen stammen und nur wenige Objekte stratigraphisch gesichert und in eindeutigem Kontext liegen“<sup>2343</sup>. Von den Metallurgiebelegen des Horizontes Mondsee-Altheim-Pfyn sind neben Metallfunden insbesondere auch eine ganze Reihe von Tiegeln und anderes wie z. B. Kupfertropfen „aufgrund ihrer Provenienz aus Fundorten, wo in erster Linie jungneolithisches Material geborgen wurde, diesem Zeithorizont zugeordnet“<sup>2344</sup>. Über die Zusammensetzung des Kupfers mit Arsengehalten (Mondseekupfer, ostalpines Kupfer) dieses gedachten Horizontes werden Verbindungen zu ähnlichen Kupfern des Karpatenbeckens gezogen<sup>2345</sup>.

<sup>2336</sup> Kienlin 2010, 54.

<sup>2337</sup> Kienlin 2010, 27. 50-55. 69. bes. 54f.; Zu Beilen Typ Altheim, die der SAM Materialgruppe E 01 angehören, siehe Novotná 1970, 19.

<sup>2338</sup> Nach Kienlin 2010, 27; Vgl. Dobeš 1992, 336f.

<sup>2339</sup> Matuschik 1998, 241.

<sup>2340</sup> Zu den meist fehlenden Kontexten früher Kupferfunde – vielfach Beilen – in Mitteleuropa siehe Klassen (2000, bes. 300) und im westlichen Ostseeraum siehe etwa Klassen und Pernicka (Klassen 2004, 69; Klassen – Pernicka 2010, bes. 35. 39) und unten.

<sup>2341</sup> Matuschik 1998, 207. vgl. 213-235; Vgl. zu Dolchen etwa auch Ottaway 1982, 41-46.

<sup>2342</sup> Bartelheim u. a. 2002, 63 mit weiterer Literatur.

<sup>2343</sup> Strahm 1994, 27. – Zur frühen Metallurgie der Westschweiz siehe Strahm 1994, 24-29; „Zu den einzelnen Typen ist zu bemerken, dass Flachbeile noch nicht aus beobachteten Schichtzusammenhängen vorliegen, dass sie jedoch an genau beschriebenen Fundstellen, die ebenfalls nur endneolithische Funde erbrachten, aufgesammelt wurden. Auch für die gleiche Datierung der Dolche gibt es gute Argumente“ (Strahm 1994, 27). Neuere Literatur, die dies verifizieren oder falsifizieren könnte, wurde nicht berücksichtigt. Die Dolche zeigen einen (scheinbaren) Variantenreichtum (Strahm 1994, 26), solche vom Typ Yvonand werden aber mit der Saône-Rhône-Kultur (etwa 2400-1900 v. Chr.) in Verbindung gesetzt (Strahm 1994, 27).

<sup>2344</sup> Bartelheim u. a. 2002, 65. – Siehe Bartelheim u. a. 63-65; Ottaway 1994, 238.

<sup>2345</sup> Bartelheim u. a. 2002, 65; Bartelheim 2007, 191 mit weiterer Literatur.

Mondsee-Keramik nimmt diese Bezüge auf und zeigt Affinitäten zu Balaton 2/3 und Boleráz<sup>2346</sup>. Grund für Bartelheims Befürwortung eines Imports von Arsenkupfer (-erz) in den nordalpinen Bereich mit nachfolgender lokaler Umarbeitung ist, dass die Erze umliegender Regionen „stets Nickel enthalten“<sup>2347</sup>. Dieses insbesondere an die Mondseekultur sowie Altheimer und Pfyner Kultur gebundene Arsenkupfer könne demnach nicht aus dem lokalen Erz gewonnen worden sein, da es sich um ein recht reines, nur von Arsen verunreinigtes Kupfer handele, und da das Nickel „mit prähistorischen Technologien nicht aus dem Metall entfernt werden konnte“<sup>2348</sup>. Dagegen könnte eine Verhüttung lokaler Erze, bei dem das Nickel nicht ins Kupfer gelangte, wie die chalkolithische Verhüttung es ermöglicht (vgl. Kap. II.3), für das Mondseekupfer eine Erklärung bieten. Auch sind etwa der Mondsee-Gruppe zugewiesene nickelhaltige Arsenkupfer bekannt<sup>2349</sup>. Und nickelarme Erze könnten ebenso vorliegen<sup>2350</sup>.

Für den vom späten 5. bis frühen 3. Jt. v. Chr. bestehenden Komplex der Trichterbecherkultur (TRB) wird zunächst eine frühe Importphase mit Artefakten aus dem karpato-balkanischen Raum angenommen<sup>2351</sup>. Ein Wandel in der Kupfersorte hin zu „ostalpinem Kupfer“ wird in einer zweiten Phase festgestellt<sup>2352</sup>. Dafür kommen weiter auch die Karpaten oder westslowakische Lagerstätten in Frage. Vor dem Hintergrund der Ausbreitung von Silexbeilen in die TRB, die ihren Ausgang im Bereich der Gumelnița-Kultur genommen haben sollen (s. Kap IV.1.1), und der Indizien auf eine Frühdatierung von Arsenkupfer in der Art von Mondseekupfer in dortigen Zusammenhängen (s. hier und Kap IV.1.1), ist auch diese mögliche Kontaktlinie für einen frühen Import zu berücksichtigen. Im späten 5. und frühen 4. Jt. v. Chr. finden verschiedene Formen schmaler und teilweise recht dicker Flachbeile eine Verbreitung von Böhmen/Mitteldeutschland bis zum westlichen Ostseeraum, für die aufgrund der Zusammensetzung eine Herkunft teilweise aus westslowakischen Lagerstätten vermutet wird<sup>2353</sup>. Beile des Typs Kaka – sie könnten morphologisch von Beilen aus alpinem Jadeit beeinflusst sein, und ihre Produktion wird zwischen ca. 4100 v. Chr. und 3900 v. Chr. angenommen – bestehen teils aus Reinkupfer, teils aus sog. Nógrádmárcal-Kupfer (Taf. 17, 4)<sup>2354</sup>. Letztere Kupfersorte hat einen Verbreitungsschwerpunkt in der Slowakei (s. u.)<sup>2355</sup>. Mit einem Beginn der Produktion des Nógrádmárcal-Kupfers in der Westslowakei wird von Klassen und Kollegen ab etwa 4300 v. Chr. gerechnet (Brodzany-Nitra-Gruppe des Spätengyel-Horizontes)<sup>2356</sup>. Von Müller wird eine Ausbeutung westslowakischer Lagerstätten mit der Jordanów-Kultur ab 4100 v. Chr. für möglich erachtet<sup>2357</sup>. Nach Klassen u. a. wiederum soll die Produktion ihren Höhepunkt zur Zeit von Ludanice, Bodrogkeresztúr und Jordanów haben (ca. 4000–3800 v. Chr.)<sup>2358</sup>. Dies bleibt hinsichtlich neuer Datierungsansätze von 4300 bis 4000 v. Chr. beispielsweise für Bodrogkeresztúr und Ludanice zu hinterfragen, und eine

---

<sup>2346</sup> Bartelheim u. a. 2002, 65.

<sup>2347</sup> Bartelheim 2007, 191.

<sup>2348</sup> Zitat: Bartelheim 2007, 191; Dazu auch Bartelheim u. a. 2002, 65. Mit weiterer Literatur.

<sup>2349</sup> Merkl 2011, 116f. mit Tab. 10.40b.

<sup>2350</sup> Mündliche Mitteilung von Herrn Prof. Eibner im Januar 2014; Vgl. ferner Junk 2003, 6f.

<sup>2351</sup> Krause 2003, 235; Merkl 2011, 18.

<sup>2352</sup> Krause 2003, 235; Merkl 2011, 18.

<sup>2353</sup> Hansen 2011a, 292; Vgl. Klassen 2000, 98-105. 222 Abb. 100; 240 Abb. 115; 241-244; Klassen u. a. 2008/2009, bes. 16-20.

<sup>2354</sup> Klassen u. a. 2008/2009, 17 Tab. 1; 18; Klassen u. a. 2012, 1288.

<sup>2355</sup> Strahm 2010, 186; Klassen u. a. 2008/2009, 18.

<sup>2356</sup> Klassen u. a. 2008/2009, 20.

<sup>2357</sup> Müller 2001, 432.

<sup>2358</sup> Klassen u. a. 2008/2009, 20.

Vordatierung deutet sich an<sup>2359</sup>. Nur kurze Zeit später soll Handlová-Kupfer einsetzen, und dieses ist dann teilweise gleichzeitig mit dem Nógrádmárcal-Kupfer (4000–3800 v. Chr.)<sup>2360</sup>. In Böhmen wurden Beile, Dolche und Schmuck, die sich typologisch mit solchen aus Cortaillod, Pfyn, Altheim und Mondsee Zusammenhängen vergleichen lassen sollen, meist als Einzelfunde gemacht<sup>2361</sup>. Aus Makotřasy<sup>2362</sup> in Böhmen aus einem TRB Siedlungskontext mit Baalberger Keramik (3800–3600 cal B. C.<sup>2363</sup>) stammen ein Tiegel mit Kupfer- bzw. Schlackenanhäufungen sowie ein kupfernes Meißelfragment. Die Tiegel weisen auf die Verwendung von arsenhaltigem Erz, und eine ostalpine Herkunft wird ins Spiel gebracht (Mondseekupfer)<sup>2364</sup>. Merkl sieht erhöhte Eisengehalte als Hinweise auf eine nicht genauer bestimmte *production* und nennt *prills* (?)<sup>2365</sup>. Beziehungen zu Mondsee/Altheim sollen sich an Keramik und Silex festmachen lassen<sup>2366</sup>. Hinweise auf die Verarbeitung bzw. Verwendung von Mondseekupfer liegen von Michelsberg bei Heilbronn-Klingenberg vor<sup>2367</sup>.

Für Mitteleuropa<sup>2368</sup> ist bezüglich des zeitlichen Beginns der Arsenkupfermetallurgie und einer eigenständigen Metallurgie sowohl niedrig legierter Arsenkupfer (wie Mondseekupfer) als auch möglicherweise im Rahmen dieser produzierter höher legierter Arsenkupfer festzustellen, dass im westlichen Ostseeraum neben Reinkupfern<sup>2369</sup> und anderen bereits im späten 5. Jt. v. Chr. bzw. ab 4000 v. Chr. teils (leicht) arsenhaltige sog. slowakische Kupfersorten zu verzeichnen sind (Nógrádmárcal- [Sb, Ag, Bi] und Handlová-Kupfer [As, Sb, Ag, Bi]<sup>2370</sup>; zur Diskussion der Kupfersorten s. u.)<sup>2371</sup>. Diese sind später auch im Alpenvorland zu finden<sup>2372</sup>. Das Auftreten von Mondseekupfer wird dabei nach 3800/3700 v. Chr. gesehen (zur Verbreitung von Kupfersorten wie Arsenkupfer und solchen auf Fahlerzbasis siehe Taf. 19, 1-4)<sup>2373</sup>. Dabei ergibt sich im westlichen Ostseeraum ein Verbreitungsbild dieser chronologisch unterschiedlich angesetzten Kupfersorten<sup>2374</sup>, dass sich räumlich wie zeitlich ausschließt. Dabei wird der Befund Mondseekupfer oft als datierendes Moment

<sup>2359</sup> Neuerlich wird anstelle früherer Datierungen von 4000–3800 v. Chr. für den Horizont der Bodrogkeresztúr A- und der Balaton-Lásinja-Kultur sowie der Ludanice-Gruppe ein Zeitansatz von 4300–4000 v. Chr. gegeben (Oross u. a. 2010, 401).

<sup>2360</sup> Klassen u. a. 2008/2009, 20.

<sup>2361</sup> Merkl 2011, 18.

<sup>2362</sup> Zusammenfassung bei Turck 2010, 32f.; Klassen – Stürup 2001, 68f.; Pleslová-Štiková 1985, 45f. 117.

<sup>2363</sup> Müller 2001, 87f.; Vgl. Turck 2010, 33; „frühestens um 3700 BC cal“ (Klassen 2000, 103).

<sup>2364</sup> Pleslová-Štiková 1985, 117. 175-177. 217 Pl. XXV,8; Klassen 2000, 135. 148.

<sup>2365</sup> Merkl 2011, 18 mit Anm. 26; 133 mit Anm. 177. Anhand der SAM Analysenummern (SAM ANR 58024-58031, 98902-28903) und den Literaturangaben können die *prills* hier nicht bestätigt werden.

<sup>2366</sup> Klassen 2000, 273.

<sup>2367</sup> Darunter auch ein Tiegel: Mit weiterer Literatur und den Analyseergebnissen Lefranc u. a. 2012, 714. 715 Table 4c.

<sup>2368</sup> Im Folgenden speisen sich, vor dem Hintergrund oben gemachter Beobachtungen, die Überlegungen weitgehend aus Klassens enormer Arbeit (Klassen 2000, bes. 93-190. 221-238); Vgl. dazu hinsichtlich des Riesebusch-Kupfers Klassen – Stürup 2001.

<sup>2369</sup> Siehe etwa Klassen 2000, 121-125. 189f.

<sup>2370</sup> Schubert 1982, bes. 315f.

<sup>2371</sup> Klassen 2000, 98-102. 105. 108-111. 113. 120f. 221-224 mit Abb. 100; 235; Strahm 2010, bes. 186 mit Abb.; 190; Klassen u. a. 2008/2009, 18. 24 Abb. 12; Krause 2003, 151 Abb. 116; 149 Abb. 113; 154 Abb. 119; Vgl. zu den Kupfersorten und ihrer Verwendung für Dolche auch Matuschik 1998, 222f. 227.

<sup>2372</sup> Wohl spät (i. e. ins 3. Jt. v. Chr.) zu datieren (Klassen 2000, 98).

<sup>2373</sup> Siehe etwa Klassen 2000, 222 Abb. 100; 235; Klassen u. a. 2008/2009, 20.

<sup>2374</sup> Klassen 2000, 228-231 mit Abb.; 235-238 mit Abb.; 298f. 301. – Dies müsste weiter mit sich ausschließenden Verbreitungsräumen anderer Artefaktgruppen und deren Datierung verglichen werden (vgl. Klassen 2004, 69-72 mit Abb. 49. 51; 83-108 mit Abb.).

gesehen und als *terminus post quem* (3800 v. Chr.) verwendet<sup>2375</sup>. Sowohl in diesem Gebiet als auch in anderen Teilen Mittel- und auch Südosteuropas wie etwa Mitteldeutschland gibt es Hinweise auf eine Verbreitung von Kupfer mit Mondseesignatur meist in Form von Flachbeilen bereits um 4000 respektive vor 3800 v. Chr.<sup>2376</sup>. Diese werden mit teilweise ab der Mitte des 5. Jt. datierten Jadeitbeilen verglichen – die Beeinflussung könnte auch in der umgekehrten Richtung bzw. wechselseitig verlaufen; den Ausschlag für eine Spätdatierung der Kupferbeile innerhalb vermuteter Umlaufzeiträume der möglicherweise vorbildgebenden Steinbeile geben dabei wohl Überlegungen zu Metallzusammensetzungen; dabei wird etwa Mondseekupfer explizit auch zur Datierung von Kulturen herangezogen, die ihrerseits wiederum zur zeitlichen Einordnung von Mondseekupfer genutzt werden<sup>2377</sup>. Die Spätdatierung auf Basis der Legierungsbestandteile ist zu hinterfragen. Einen weiteren

---

<sup>2375</sup> Siehe und vgl. Klassen 2000, 130. 152. 154. 168f. 222 Abb. 100; 257f. 299; Klassen u. a. 2008/2009, 19f.; Müller 2001, 84. 411; Vgl. auch Klassen – Pernicka 1998, 40; Klassen u. a. 2012, 1286; Klassen 2004, 69: „Da es sich in allen Fällen um Einzelfunde handelt, beruhen die Datierungen auf typologischen und metallanalytischen Vergleichen mit besser datierten Artefakten in den zentral- und südosteuropäischen Ursprungsgebieten“. – Vgl. dazu Klassen u. a. 2012, 1289. – Bei der Datierung und Herkunft der Funde aus sog. Ostalpinem Arsenkupfer, speziell Mondseekupfer werden bei Studien wie „Bartelheim u. a. 2002, 65“ und „Klassen u. a. 2008/2009, 18-20“ unter anderem folgende Arbeiten zur Datierung des Kupfers aus dem ostalpinen Raum als seiner wahrscheinlichen Ursprungs- oder Weiterverarbeitungsregion (letzteres Bartelheim 2007, 192) genannt: Matuschik 1998; Klassen 2000; Strahm 1994. Diese verorten zwar die Herkunft des Kupfers in ostalpinen Raum (Strahm 1994, 22; Matuschik 1998, 241; Klassen 2000, 299f.), jedoch werden in erster wie zweiter Instanz die Probleme bei der Datierung der Funde, Beile wie Dolche und anderes mehr, und mögliche Folgen daraus kaum thematisiert (siehe und vgl. dazu – mit Fundlisten – Bartelheim u. a. 2002, bes. 63-66). Auch hier dient der Befund Arsen- bzw. Mondseekupfer als *terminus post quem* ca. 3800 v. Chr.

<sup>2376</sup> Matuschik 1998, bes. 243; Siehe und vgl. Klassen 2000, 130-132 (Cluster 19-15 mit einem Gussrest aus Herpaly-Kontext in Mittelungarn; vgl. Klassen 2000, 110 zur Datierung: Mitte 5. Jt. v. Chr.). 134f. (Cluster 12-4; 19-7). 149. 159. bes. 165-173. 244. 298. 298; Klassen u. a. 2012, 1288f. mit Fig. 7-8 und Klassen 2008/2009, 17-19 mit Tab. 1 zu zumeist als Einzelfunden gemachten Beilen der Typen Kaka, Rödigen und Steinbach und Belsdorf (Datierungen/Zuweisungen nach Klassen): Beile Typ Rödigen werden zwischen 4000 und 3800/3700 v. Chr. datiert. Ein Beil dieses Typs besteht aus Handlová-Kupfer und ein weiteres vermutlich aus Mondseekupfer. Bei Beilen des Typ Steinbach (3900–3700 v. Chr.) wurden Handlová-Kupfer und Mondseekupfer nachgewiesen. Beile des Typs Belsdorf (3700–3400 v. Chr.) bestehen, soweit analysiert (zwei analysierte Beile), ausnahmslos aus Mondseekupfer. Diese Typen stammen vornehmlich aus Sachsen-Anhalt, dort insbesondere dem Burgenlandkreis. Morphologische Einflüsse von alpinen Jadeitbeilen auf diese und weitere Kupferflachbeiltypen werden diskutiert; Klassen u. a. 2008/2009, 23-25: Die kulturelle Zuordnung der Beile (Typen Kaka, Rödigen, Steinbach) aus Mitteldeutschland ist unklar, eine noch nicht identifizierte frühe Trichterbechergruppe wird erwogen. In Böhmen erfolgt die Zuordnung der Typen Kaka und Rödigen unter Vorbehalt etwa zur älteren Stufe der Jordanów-Gruppe oder der Ústí-Gruppe (mit Schussenriedeinfluss) oder einer Erscheinung der Trichterbecherkultur im Milieu besagter Gruppen. In Mitteldeutschland besteht dabei eine starke räumliche Überschneidung bei der Verbreitung der Kupferbeile mit möglichen Anleihen bei Jadeitbeilen mit ebenfalls in diesem Raum verbreiteten Jadeitbeilen (Klassen u. a. 2012, 1290 Fig. 9).

<sup>2377</sup> Siehe und vgl. insbesondere zu den Vergleichen Klassen u. a. 2008/2009, 8. 25-31. bes. 27; Klassen u. a. 2012, bes. 1288f. 1296; Kurz zur Datierung der angeführten vergleichbaren Jadeitbeile Pétrequin u. a. 2012a, 627 Fig. 54 und Klassen u. a. 2012, 1296; Vgl. zur Datierung anhand der Metallzusammensetzung: „Determining their date therefore has to rely on a combination of typological and compositional analysis ...“ (Klassen u. a. 2012, 1288); Dazu auch Klassen u. a. 2008/2009, 19-20: „Die unterschiedliche Herkunft des zur Herstellung der hier behandelten Kupferflachbeile verwendeten Kupfers erlaubt eine zumindest grobe Kontrolle der anhand typologischer Erwägungen erstellten absoluten und relativen Chronologie. [...] Generell später als das slowakische Nógrádmárcal-Kupfer ist das ostalpine Mondsee-Kupfer zu datieren. Mit dem Beginn der Produktion ist um 3800 v. Chr. zu rechnen, ein erheblicher Produktionsrückgang ist um 3500 v. Chr. zu beobachten (MATUSCHIK 1998). Danach ist Mondsee-Kupfer nur noch in Südkandinavien in allerdings erheblichem Umfang sicher nachzuweisen (KLASSEN 2000). [...] Die dendrodatierten und aus Mondseekupfer bestehenden Kupferfunde und Verarbeitungsnachweise aus der südwestdeutschen Moorsiedlung der Pfyn-Alzheimer Gruppe von Reute-Schorrenried (MATUSCHIK 1998) belegen eine Verwendung von Mondseekupfer außerhalb des Verbreitungsgebiets der Mondseegruppe selbst sehr bald nach dem dortigen

Ansatzpunkt für eine neue Einordnung könnte die durch Klassen und Kollegen erfolgte Ansetzung von Kupferflachbeilformen mit etwa dreieckigem Umriss „in den Zeithorizont Ludanice-Bodrogkersztúr, entsprechend etwa 4000–3800 v. Chr.“<sup>2378</sup> darstellen. Im Gegensatz zu den hier genannten Daten ergeben sich Anhaltspunkte für eine mögliche Älterdatierung von Bodrogkersztúr und Ludanice (s. Kap. IV.1.1). Vor dem Hintergrund der prekären Datierung vieler Stücke, die einzeln oder selten paarweise ohne Kontext gefunden wurden (vgl. auch oben insbesondere die Beile des nordalpinen Raumes)<sup>2379</sup>, ergeben sich interessante Fragen nach der tatsächlichen kulturellen Zuordnung wie auch nach der darüber erfolgten Datierung (vgl. oben) und damit auch der Datierung der Kulturen selbst. Daran hängen auch Fragen zum Beginn der ersten mitteleuropäischen Metallurgie<sup>2380</sup>, zur Arsenkupfermetallurgie und zum zeitlichen Nebeneinander verschiedener Kupfersorten. Dabei wurde niedrig legiertes Arsenkupfer (um 1% As) auch schon als erstes Kupfer für Teile Europas benannt<sup>2381</sup>. Hierbei könnte der südsandinavische Raum durch seine nördliche Randlage und gleichzeitig seine Stellung am Schnittpunkt des westlichen Jadeitbeilsystems und des östlichen Metallkreislaufes interessant sein, wodurch diese Region an beiden Systemen teilhatte<sup>2382</sup>. Ein weiteres Indiz für eine Frühdatierung von Mondseekupfer könnten nämlich zwei kupferne Flachbeile aus Dänemark

---

Produktionsbeginn. [...] Die typologisch als jung angesprochenen Beile des Typs Belsdorf bestehen (soweit analysiert) ausschließlich aus Mondseekupfer und sollten entsprechend zwischen 3800 und 3500/3300 v. Chr. zu datieren sein. Die typologische und metallanalytische Alterseinschätzung entsprechen sich also sehr gut. Das gleiche gilt für die Beile des Typs Steinbach, die sowohl aus Handlová- als auch aus Mondseekupfer hergestellt wurden. Hier ist darauf hinzuweisen, dass das der schmalen (und typologisch älteren) Variante zugehörige Beil aus Seehausen aus Handlová-Kupfer, die der breiten (und typologisch jüngeren) Variante angehörigen Beile aus Rastenbergl und Steinbach hingegen aus Mondseekupfer bestehen. Damit liegt es nahe, die Beile des Typs Steinbach in den Zeitbereich um die ca. 3800 v. Chr. erfolgte Ablösung der slowakischen durch das ostalpine Kupfer zu datieren (ca. 3900–3700 v. Chr.), wie bereits anhand typologischer Merkmale vermutet. Auch im Falle der Beile des Typs Steinbach ergibt sich damit eine sehr gute Korrelation zwischen typologisch und metallanalytisch erarbeitetem Datierungsansatz. Die für den Einzelfund aus Hertingshausen auf typologischer Basis ermittelte Datierungsspanne von 3900–3700 v. Chr. kann anhand der metallanalytischen Beurteilung auf den Bereich nach 3800 v. Chr. eingeschränkt werden, da Mondseekupfer vor diesem Zeitraum nicht nachzuweisen ist.“; In diesem Zusammenhang verweisen von Klassen u. a. (2008/2009, 20) auch auf Baalberger-Gräber mit Metall. Auch wenn in der zitierten Literatur angeführte Radiokarbonaten metallfreier Gräber zunächst Müllers Datierung Baalberger-Gräber zwischen 3800–3500 v. Chr. bestätigen, so wird auch eine „lange Chronologie“ (ca. 4300–3500 BC cal) für Baalberger Inventare diskutiert. Dabei nutzt Müller für seine Datierung der Gräber den Nachweis von in anderen Regionen ab 3800 v. Chr. datierten Mondseekupfers als (Absicherung des) *terminus post quem* (Müller 2001, 84. 411). – In großem Maßstab gesehen tauchen erste Kupferflachbeile (in Nordgriechenland, Bulgarien und Serbien werden diese früh datiert) und Jadeitbeile mit metallischen Attributen in Europa um 4700/4600 v. Chr. etwa gleichzeitig auf. Die Wege der Beile und die Richtung mutmaßlicher Beeinflussungen im Einzelnen bleiben unklar. Bei einer Spätdatierung der mitteleuropäischen Kupferflachbeile können diese nicht – wie unter anderen chronologischen Vorstellungen (zu den ehemals jünger datierten Jadeitbeilen) ursprünglich angenommen – als Vorbildgeber für die Jadeitbeile gedient haben (siehe und vgl. Klassen u. a. 2012, 1296f.).

<sup>2378</sup> Klassen u. a. 2008/2009, 7.

<sup>2379</sup> Klassen 2000, 126. 169f. 298. 300; Klassen u. a. 2008/2009, bes. 9-11. 17 Tab. 1. Es gibt noch weitere der – hier vielfach zitierten – Studie von Klassen und Kollegen zugrundeliegenden Kupferflachbeilen vergleichbare Stücke aus Kupfer (Klassen u. a. 2008/2009, 8). – Vgl. etwa die Datierung des „Depots“ von Ballstätt ins frühe 4. Jt. v. Chr., das Material der Kupferflachbeile ist unbekannt, bei Klassen u. a. 2008/2009, 9 Kat. 4; 12-14. 27-29. bes. 31; Klassen u. a. 2012, 1288f.: Vergleiche mit den Jadeitbeiltypen Saint-Michel und Tumiác perforé (*haches carnacéennes*) werden gezogen. Diese verweisen auf die Bretagne und nahmen ihren zeitlichen Ausgang um die Mitte des 5. Jt. v. Chr. mit teilweise vermuteter längerer Laufzeit (vgl. kurz auch Pétrequin u. a. 2012a, 627 Fig. 54; Klassen u. a. 2012, 1296).

<sup>2380</sup> Bartelheim u. a. 2002, 66.

<sup>2381</sup> Budd – Ottaway 1995, 95.

<sup>2382</sup> Zur Mittelstellung Klassen u. a. 2012, 1286.



darstellen<sup>2383</sup>: Die als Einzelfunde gemachten Beile aus Mondseekupfer stammen aus Pilegård (Kirchspielsgemeinde Vapelev) auf Sjælland und Vester Bedegadegård (Kirchspielsgemeinde Klemensker) auf Bornholm. Diese werden für das Beil aus Pilegård auf den Jadeittyp Chelles und für das Stück aus Vester Bedegadegård auf den Typ Bégude bzw. den umgearbeiteten Typ Bernon aus Jadeit als Vorbilder zurückgeführt. Während die Produktion der beiden kupfernen Flachbeile aufgrund des Befundes Mondseekupfer<sup>2384</sup> um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. angesetzt wird, werden die vorgeschlagenen Typen aus alpinem Gestein, insbesondere die Vorbilder für das Beil aus Vester Bedegadegård, auf die Zeit der Mitte des 5. Jt. v. Chr. oder früher zurückgeführt. Der große zeitliche Abstand wird mit einer langen Laufzeit der Jadeitbeiltypen aufgrund ihrer sozialen Bedeutung erklärt. In der Gesamtschau der hier angeführten Verdachtsmomente für eine Frühdatierung von Mondseekupfer könnte vielleicht auch eine Älterdatierung dieser beiden Flachbeile in Betracht zu ziehen sein. Auch ein Import etwa aus dem Karpatenbecken ist denkbar<sup>2385</sup>.

Zuletzt soll noch auf die Anwesenheit von Flintdolchen in der frühen skandinavischen Trichterbecherkultur aufmerksam gemacht werden<sup>2386</sup>. Diese Form könnte unter Gesichtspunkten der hierfür eher ungünstigen Materialeigenschaften von Flint als Kopie von Metallformen zu verstehen sein. Silexdolche sind auch aus der Altheimer-Kultur und der Mondsee-Gruppe bekannt<sup>2387</sup>. Die metallenen Originale bestehen häufig aus höher mit Arsen legiertem Kupfer (s. u.). Neben der typologisch eng mit der Jásladány-Axt verwandten Nógrádmartal-Axt bestehen insbesondere „schwere slowakische Nietdolche (letztere ausnahmslos!)“<sup>2388</sup> aus Nógrádmartal-Kupfer. Dolche und auch Brillenspiralen aus Nógrádmartal-Kupfer werden ans Ende der Fröhkupferzeit in den Horizont der Furchenstichkeramik bzw. Bodrogkeresztúr datiert, Brillenspiralen teils noch davor<sup>2389</sup>.

Für Teile des Raumes zwischen Ostsee und Alpen, aber auch für das Karpatenbecken, wird mit ähnlichen Argumenten ein „Hiatus“ in der Metallurgie für die Zeit nach Pfyn, Altheim und Mondsee diskutiert (etwa 3500/3300–2700 v. Chr.)<sup>2390</sup>. Bedingt sei dieser durch die Erschöpfung leicht zugänglicher und einfach zu verhüttender oxidischer Erze; ein nachfolgender Aufschwung im 3. Jt. v.

---

<sup>2383</sup> Vgl. dazu mit einer Vorstellung und Diskussion der Funde Klassen u. a. 2012, 1286; Vgl. kurz zur Datierung und Laufzeit der vergleichbaren Jadeitbeiltypen Pétrequin u. a. 2012a, bes. 627 Fig. 54.

<sup>2384</sup> Dazu auch Klassen u. a. 2012, 1286: Eine eigenständige Metallurgie soll in Südkandinavien zwischen 3500 und 3300 v. Chr. auf Basis des während des Zeitraums von 3750–3300 v. Chr. importierten Mondseekupfers Einzug gehalten haben.

<sup>2385</sup> Klassen 2000, 244.

<sup>2386</sup> Klassen 2000, 260–262 mit Abb. 120; 267f.

<sup>2387</sup> Klassen 2000, 261; Ottaway 1982, 41.

<sup>2388</sup> Schubert 1982, 316.

<sup>2389</sup> Schreiner 2007, 144. 151. – Fröhkupferzeit der Slowakei entsprechend der Mittelkupferzeit ungarischen Forschung (entspricht Bodrogkeresztúr)? Bei Schreiner – während der Besprechung des Karpatenbeckens (Schreiner 2007, 69.) – stehen die Furchenstichkeramik und Bodrogkeresztúr in der Fröhkupferzeit (Schreiner 2007, 74) mit einer Datierung 2. Viertel 4. Jt. v. Chr. (Schreiner 2007, 77 Abb. 4.4 mit Abbildungsunterschrift)? Das Ende der Fröhkupferzeit – im nördlichen Karpatenbecken – liegt nach Schreiner um 3500 v. Chr. (Schreiner 2007, 78). In der Südwestslowakei (Schreiner 2007, 109–116) ordnet er Brillenspiralen wie Dolche dem Fröhäneolithikum [4300–3500 v. Chr.] zu (Schreiner 2007, 112). Dies stellt Schreiner wie folgt dar: Zu bekannten Schwergeräten „[...] kommen brillenförmige Anhänger und runde Blechscheiben (Dobeš 1992). In der jüngeren Phase (Bodrogkeresztúr – Ludanice) wurden erste Dolche gefertigt [...]“ (Schreiner 2007, 112). Den Beginn der Furchenstichkeramik sieht Schreiner 4000–3500 v. Chr. bzw. am Beginn einer postulierten Metallurgie in den Alpen, zeitgleich mit einem (vermeintlichen) Niedergang der Produktion in den Ostkarpaten (Schreiner 2007, 112).

<sup>2390</sup> Etwa Kienlin 2008, 251f. Anm. 692; Kienlin 2010, 15; Merkl 2011, 18. 32f.; Sangmeister – Strahm 1973, 204f.; Strahm 1994, 33f.; Krause 2003, 239f.; Strahm 2010, 190; Ottaway 1982, 197; Klassen 2000, 238. 274; Es scheint sich immer mehr herauszustellen, dass es sich um eine Überlieferungslücke und ein Forschungsproblem handelt (s. Bartelheim 2007, 192; s. obig zitierte Literatur).

Chr. stände dann auf Basis sulfidischer Erze wie Fahlerzen<sup>2391</sup>. Wenn Metallfunde gemacht werden, dann sollen diese aus besonderen Kontexten wie reichen Gräbern oder Horten stammen, manchmal zusammen mit Gold<sup>2392</sup>. Auch in den Kulturen des Horizontes Boleráz und Baden, Cernavodă III und Coțofeni im westlichen Karpatenbecken und anschließenden Gebieten endet – vielleicht auch nur scheinbar<sup>2393</sup> – die Tradition der Schwergeräte (Beile und Äxte), und über die Metallurgie dieser Zeit (etwa 3500–2800 v. Chr.) ist wenig bekannt<sup>2394</sup>. Dolche und Pfrieme kennt man etwa aus der Coțofeni Kultur<sup>2395</sup>. Aus Horgener und Chamer Zusammenhängen liegen Tiegel vor, die zeigen, dass die Kenntnis der Metallurgie nicht abgebrochen ist<sup>2396</sup>, und eine Reihe von Einzelfunden, meist Flachbeile, werden Horgen, Cham und Baden zugeordnet (vgl. oben)<sup>2397</sup>. Um 2700/2500 v. Chr. mit dem spätäneolithischen Kulturkomplex (mit Gruppen wie Makó-Kosihy-Čaka und Nagyrév) im Karpatenbecken und mit dem Glockenbecherphänomen sollen Kontaktnetzwerke und technologische Impulse die Metallurgie im nordalpinen Raum wiederbeleben<sup>2398</sup>. Problematisch bei all diesen Betrachtungen zum Umfang der Metallurgie, der als ein wesentlicher Faktor bei der Bewertung der Entwicklungsstufe herangezogen wird, sind die Art der Quellen und die Möglichkeit von Recyclingkreisläufen<sup>2399</sup>. Während im 4. Jt. v. Chr. die Funde Süddeutschlands etwa aus Siedlungskontexten stammen, und Gräber überhaupt nahezu fehlen<sup>2400</sup>, stammen die zeitgleichen Funde des Karpaten-Balkanraumes aus Gräbern. Im 3. Jt. v. Chr. stammen die meisten Funde Mitteleuropas etwa für die Glockenbecherkultur aus Gräbern, Siedlungsstellen sind weitgehend unbekannt. Dies führt sowohl bei interregional als auch bei diachron vergleichenden Studien zu Schwierigkeiten. Auch bei einer unveränderten Art der Quellengattung, etwa Gräbern, kann sich die Güte der Aussagemöglichkeiten ändern, beispielsweise durch Wandel der Bestattungssitten. Insbesondere trifft das für Funde metallurgischer Tätigkeiten (Tiegel) im 4. Jt. v. Chr. zu. Für den Zeitraum der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr., besonders in Hinblick auf das Metallinventar der Badener Kultur, wurde eine Krise der Metallurgie in Betracht gezogen<sup>2401</sup>. Demgegenüber hebt Hansen hervor, dass diese Zeit und das frühe 3. Jt. v. Chr. in Eurasien einen in vielerlei Hinsicht innovativen Zeitabschnitt darstellten, der im Bereich der Metallurgie eine Zunahme von Silber und Kupferlegierungen mit Zuschlägen (As, Sb, Ag, Sn) zeitigt, und er verweist dabei auch auf die Majkop-Kultur<sup>2402</sup>. Eine enge Vernetzung und aufgrund von gesteigerter Mobilität kleiner gewordene Welt deuten sich an<sup>2403</sup>. Die „etwas plumpen Schaftlochäxte“<sup>2404</sup> mit endständigem Schaftloch aus dem Karpatenbecken und weitere Objekte Südost- und Westeuropas (Meißel, Flachbeile) und insbesondere „Knaufhammeräxte“ lassen sich typologisch und chronologisch mit solchen im Nordkaukasus vergleichen<sup>2405</sup>: So finden etwa eine Schaftlochaxt aus dem Hortfund von Brno-Líšeň und die Knaufhammeraxt von Reiffenhausen (Taf. 17, 5) Vergleiche in solchen des silberreichen Grabes 5 aus

---

<sup>2391</sup> Strahm 1994, 35; Strahm – Hauptmann 2009, 120.

<sup>2392</sup> Merkl 2011, 32; Vgl. Merkl 2011, 20.

<sup>2393</sup> Siehe Hansen 2009, 35f.

<sup>2394</sup> Kienlin 2010, 7. 15; Merkl 2011, 20; Hansen 2011a, 296; Schreiner 2007, 78-85. 116-126.

<sup>2395</sup> Hansen 2011a, 296.

<sup>2396</sup> Merkl 2011, 18; Kienlin 2010, 15.

<sup>2397</sup> Merkl 2011, 20 mit weiterer Literatur.

<sup>2398</sup> Merkl 2011, 33. Zu den Kulturgruppen der nachbadenezeitlichen Entwicklung siehe Merkl 2011, 20; Schreiner 2007, 85-98. 127-133. ferner 133-138.

<sup>2399</sup> (Vgl.) Merkl 2011, 33f. 40-43; Hansen 2011a, 276-278.

<sup>2400</sup> Bartelheim 2007, 191.

<sup>2401</sup> Strahm – Hauptmann 2009, 120; Vgl. Hansen 2011a, 296. 301.

<sup>2402</sup> Hansen 2011a, 296; Hansen 2009, 29-34.

<sup>2403</sup> Hansen 2009, 30f. 34.

<sup>2404</sup> Hansen 2011a, 301.

<sup>2405</sup> Hansen 2011a, 281 Abb. 5, 10. 11; 299 Abb. 21, 3. 4. 5. 8; 300 Abb. 22; bes. 301.

Kurgan 31 von Klady. Eine Knaufhammeraxt von Klady weist 30 % Pb auf und trägt Silberauflagen (Kat. 18,f; Taf. 16, 1). Eine Datierung dieser Äxte in die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. ist angezeigt<sup>2406</sup>. Endständige Schaftlochäxte verschiedener Ausprägung zeigen eine weite Verbreitung in Südosteuropa, im nördlichen Schwarzmeergebiet (Nordpontus), im Kaukasus und in Mesopotamien<sup>2407</sup>. Hansen überdenkt, einen Teil der Schaftlochäxte durch die Betrachtung des Fundes mit Meißeln und Schaftlochäxten von Fajsz in Ungarn der Badener Kultur zuzuordnen. Dadurch sieht Hansen Sherratts Verwendung des Begriffes *Metallschock* in Bezug auf Badener Keramik unterstrichen<sup>2408</sup>. Sherratt selbst sieht in überregionaler Perspektive bei entsprechend skeuomorpher Machart dunkle, polierte Oberflächen als von Silbergefäßen und rote Keramik als von Gold inspiriert. Majkopmetallgefäße als Vorbilder werden explizit genannt<sup>2409</sup>.

Im mitteldeutschen Mittel-Elbe-Saale Gebiet steigt ab der Zeit von etwa 3350 v. Chr. die Zahl der Metallfunde an. Es soll zu einer eigenständigen Kupferextraktion unter Nutzung mutmaßlich lokaler Erzquellen der umliegenden Mittelgebirge wie des Harzes, Thüringer Waldes und Erzgebirges kommen, was sich während der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. in einer Fahlerznutzung mit hohen Silberanteilen niederschlägt<sup>2410</sup>.

Silberne Armringfragmente aus Rudki (Kat. 11) wurden in einem Depot zusammen mit Flachbeilen, Armspiralen und Brillenspiralen gefunden. Aufgrund der Beile kann das Depot von Rudki mit der Trichterbecherkultur sowie weiter mit den Hortfunden von Bygholm<sup>2411</sup> und Bytyń<sup>2412</sup> in Verbindung gebracht werden<sup>2413</sup>. Eine Datierung im gesamten 4. Jt. v. Chr. ist möglich, ein Zeitansatz ab der Mitte des 4. Jt. v. Chr. jedoch am wahrscheinlichsten. Der Hortfund von Bytyń (Polen) enthielt ein Rindergespann sowie Flachbeile aus Mondseekupfer<sup>2414</sup>. Auch ein großer Spiralring aus Bygholm beispielsweise besteht aus Mondseekupfer<sup>2415</sup>. Die Silberfunde von Rudki stammen aus einer Zeit und einem Umfeld, in dem spätestens jetzt zahlreiche Anhaltspunkte für eine eigenständige Metallurgie aber auch vielfältige Hinweise auf weitreichende Verbindungen vorliegen. So werden mögliche Verbindungen der Trichterbecherkultur und des Hortfundes von Bytyń zu Tripol'e B2-Gruppen, der Majkop-Kultur und Anatolien auseinandergesetzt<sup>2416</sup>.

Einen wichtigen Punkt zum Verständnis des Metallumlaufs aber auch der Technik der Verhüttung stellen Barren dar. Aus dem Mitteleuropa des 4. Jahrtausends v. Chr. liegen kaum regelhafte Barren vor, sieht man von sog. Schmelzstücken oder Kupferklumpen<sup>2417</sup> sowie von einer diskutierten

---

<sup>2406</sup> Hansen 2011a, 301.

<sup>2407</sup> Hansen 2011a, 301.

<sup>2408</sup> Hansen 2009, 35f.

<sup>2409</sup> Sherratt 2003, 424f.

<sup>2410</sup> Müller 2001, 410-418. bes. 412-415; Krause 2003, 153-157. 235-237. bes. 235; Kienlin 2010, 16; Hansen 2011a, 303; Merkl 2011, 20; Krause 2003, 154 Abb. 119; 235 Anm. 321: Cluster 2 mit Sb, Ag, Ni und Cluster 3 Fahlerz ohne Ni.

<sup>2411</sup> Zu Bygholm mit einer eher späten Datierung (3500-3300 v. Chr.) in FN II/MN IA der Trichterbecher-Nordgruppe siehe Klassen 2000, 79-81. 351f. vgl. 78 Abb. 24; Müller 2012, 49; Zu einer Datierung von Bygholm noch in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. siehe Midgley 1992, 300f. (siehe Kat. 11 Datierung).

<sup>2412</sup> Sherratt 1997, 201f. 226 note 3: Datierung um 3500 v. Chr.; Dazu auch Klassen 2000, 126f.

<sup>2413</sup> Vgl. Schmitz 2004, 92-94.

<sup>2414</sup> Klassen 2000, 127; Badisches Landesmuseum Karlsruhe 2010, 382 Kat. 345-351; Hansen 2011a, 303 mit Abb. 25.

<sup>2415</sup> Klassen 2000, 134. 138. 149. 157; Vgl. Ottaway 1994, 178.

<sup>2416</sup> Zu den möglichen Verbindungen der Trichterbecherkultur zu Tripol'e B2-Gruppen und den Weg den diese nahmen, wie auch zu möglichen Verbindungen zur Majkop-Kultur oder Anatolien, die sich u. a. vielleicht an Bytyń festmachen lassen, siehe Sherratt 2004, 413. 414. 415f.; Sherratt 1997, 201f. 226 note 3.

<sup>2417</sup> Vgl. dazu Auflistungen von Metallurgiebelegen des nordalpinen Raums von Matuschik 1998, 209-212. 246f. Fundliste A; Ottaway 1982, 182; Bartelheim u. a. 2002, 65f. Liste 3.

Barrenfunktion von Schwergeräten wie Beilen ab. Die oben genannten Perlen werden in der Forschung als Barren gehandelt, und insbesondere für die „Gusstropfen“ ist dies zu diskutieren. Drei Gusskuchen stammen aus dem Depot von Handlová; sie bestehen aus einem Fahlerzkupfer mit Arsenvormacht, sog. Handlová-Kupfer, tragen As- und Sb-Gehalte über dem der Schwergeräte und könnten ein Vorprodukt mit Barrenfunktion darstellen<sup>2418</sup>. Für die spätere Zeit wird eine Barrenfunktion für frühbronzezeitliche Ösenringe (Ösenringkupfer) und Beile des Typs Salez diskutiert<sup>2419</sup>. Letztere haben aber aufgrund ihrer hohen Antimon- und Nickelgehalte (Fahlerzkupfer vom Typ Singen/Singener Kupfer) eine hohe Härte und möglicherweise eine silberne Farbe<sup>2420</sup>. Als Beispiel für die Zusammensetzungen zeigen die von Merkl herausgearbeiteten Cluster mit vornehmlich Randleistenbeilen des Typs Salez im Mittel Sn 0,01 %, Pb, 0,48 %, As 2,27 %, Sb 8,39 %, Ag, 1,17 %, Ni 4,56 %, Bi 0,0 %, Fe 0,04 % (Cluster 56) sowie Sn 0,006 %, Pb 0,49 %, As 2,37 %, Sb 5,46 %, Ag 1,15 %, Ni 3,08 %, Bi 0,01 %, Fe 0,005 % (Cluster 57)<sup>2421</sup>. Eine Umarbeitung der kompakten Form der Beile trüge die Gefahr von Verlusten insbesondere von Antimon. Weiter sprechen teils erhöhte Fe-Gehalte der zur Diskussion gestellten mutmaßlich daraus erzeugten Kupfer gegen eine Barrenfunktion und lassen eine Erzeugung durch etwa Tiegelgänge in den Blickpunkt rücken<sup>2422</sup>. Singener Kupfer (mit As, Sb, Ag und Ni) und Ösenringmetall (mit As, Sb, Ag) könnten sich nach Budd und Kollegen durch Temperaturunterschiede beim Verhütten – teilweise könnte die Reduktion durch Festkörperreaktionen erfolgen – aus einer Charge erschmelzen lassen<sup>2423</sup> (siehe zur Produktion durch die Abscheidung aus Sulfidphasen unten). Pernicka dagegen stellt allerdings die Prämisse in Frage, dass weder vom Metall noch von der Charge eine Schmelze erreicht werden darf: Denn ohnehin müsse, um das Kupfer zu gewinnen, dieses geschmolzen werden. Selbst früheste Schlacken zeigten Temperaturen oberhalb von 1100 °C<sup>2424</sup>. Im Übrigen konstatiert Pernicka, dass sich die Erzherkunft der Ösenringe nicht entscheiden lässt<sup>2425</sup>. Als Lagerstätten der Fahlerze werden solche vom Mitterberg/Kitzbüchel/Schwaz ebenso wie das slowakische Erzgebirge und der Harz/Vogtland – dort sind sie gelegentlich mit Nickel vergesellschaftet (!) – vermutet<sup>2426</sup>. Teilweise sind Ösenringe bleiisotopisch in Übereinstimmung mit Fahlerzlagerstätten in den Alpen zu bringen, insbesondere mit

---

<sup>2418</sup> Schreiner 2007, 112. 144. 151. 160. Die Gusskuchen enthalten Nickelgehalte (vgl. Schreiner 2007, 146).

<sup>2419</sup> Ottaway 1994, 182; Für Ösenringe siehe auch Junk 2003, 17f.

<sup>2420</sup> Merkl 2011, 76. 132; Moesta 2004, 271f.

<sup>2421</sup> Merkl 2011, 120f. – Vgl. dazu auch Ösenhalsringkupfer und Singener Kupfer bei Ottaway 1982, 153-155. 165-169.

<sup>2422</sup> Merkl 2011, 56 mit Anm. 99. 76. 140f.: Antimon-Nickel-Kupfer mit hohen Gehalten an Sb und Ni (Merkl Cluster 56 und 57) wurden fast nur für Randleistenbeile und insbesondere Beile vom Typ Salez verwendet. Aufgrund der standardisierten Form und ihrem häufigen Vorkommen in Horten wird eine Funktion als Barren angenommen. Eine Weiterverarbeitung zu weiteren Formen wird angenommen, was zu verdünnten Gehalten der Elemente (mit ähnlichen Verhältnissen) führen sollte. Merkl sieht dabei Raffinationseffekte am Werk („the copper was cleared and impurities were removed by heating, hot working and casting“[Merkl 2011, 141]). Dagegen spricht, sollte nicht mit anderem Kupfer gemischt worden sein, teils der steigende Fe-Gehalt (Cluster 56 und 57 im Mittel 0,04 und 0,005 %) in manchen Clustern (Cluster 58, 59 und 70 im Mittel 0,07, 0,7 und 0,1 %), welche die verdünnten Antimon-Nickel-Kupfer repräsentieren sollen (Cluster 58-67, 69-71) (vgl. zu den Clustern Merkl 2011, 120-125). Eine „genetische“ Abkunft für einzelne Objekte kann aber nicht ausgeschlossen werden und müsste von Fall zu Fall überprüft werden. Die Cluster 56-63 und 66-67 und 69-71 von Merkl entsprechen den SAM Materialgruppen A-, A1- und B2 und stellen damit antimon- und nickelreiches Fahlerzkupfer vom Typ Singen dar (Merkl 2011, 125). Eine Erzeugung dieser insbesondere durch Sb und Ni charakterisierten Kupfer, etwa durch Tiegelgänge, könnte eine alternative Interpretationsmöglichkeit darstellen.

<sup>2423</sup> Vgl. Budd u. a. 1992, bes. 679-681.

<sup>2424</sup> Pernicka 1990, 78f.

<sup>2425</sup> Pernicka 1990, 78. bes. 99f.

<sup>2426</sup> Pernicka 1990, 99f. mit Anm. 54; Vgl. dazu auch Pernicka 1987, 626.

den Lokalitäten Schwabboden, Eibelschrofen und auch Brixlegg<sup>2427</sup>. Eine gezielte Erzauswahl muss somit auch in Betracht gezogen werden. Verbreitungsschwerpunkte der Ösenringe selbst liegen im Alpenvorland und in Mähren<sup>2428</sup>. Nickel in Fahlerzmetallen (vgl. Singener Kupfer) wird als Hinweis auf Lagerstätten in den Ostalpen gesehen<sup>2429</sup>. Teilweise sind die Ösenringe aus klassischem Ösenringmetall mit Ösenringen aus niedrig legiertem Kupfer vergesellschaftet. In Niederösterreich etwa enthalten diese niedrig legierten Kupfer 0,1 % Nickel; Sulfideinschlüsse in niedrig legierten Kupfern wurden teilweise nachgewiesen<sup>2430</sup>. Ob nun die Erzauswahl und -herkunft oder die Schmelzmethoden unterschiedliche Kupfersorten bedingen, ist gewissermaßen offen. Unterschiede durch die Schmelzmethoden würden einen interessanten Aspekt auf die Vergesellschaftung verschiedener Kupfer innerhalb eines Bezugssystems darstellen.

Vor 4000 v. Chr. sollen Kupferobjekte in Mitteleuropa selten sein. Neben den aus der vorhergehenden Zeit bekannten eher reinen Kupfern<sup>2431</sup> wird ab spätestens 4000/3800 v. Chr. auch die Nutzung verunreinigter Kupfer gesehen, die mehr Arsen als andere Nebenelemente aufweisen (zur Datierung s. o. und vgl. auch unten)<sup>2432</sup>. Nach der Definition von Ottaway ist Arsenkupfer die dominierende *Kupfersorte ihres ersten Horizontes* (u. a. Pfyn, Cortaillod, Altheim und Mondsee)<sup>2433</sup>. Matuschik zufolge ist das typische Arsenkupfer (Mondseekupfer) dieser Zeit durch Gehalte an Arsen (0,27-3,55 %), Antimon (0,009-0,06 %), Silber (0,005-0,038 % und Nickel (0,004-0,025 %) charakterisiert<sup>2434</sup>. Im Durchschnitt liegen die Arsengehalte bei Merkl's diesem Kupfer entsprechenden Clustern um 1 % und je nach Cluster liegen die durchschnittlichen Fe-Gehalte zwischen 0,3 %, 0,01 % und 0 %<sup>2435</sup>. Dieses mutmaßlich im 4. Jt. v. Chr. und insbesondere dessen erster Hälfte verwendete Kupfer (vermutlich auf Fahlerzbasis) wird auch als *Ostalpinen Kupfer* (ein Arsenkupfer in der Art der Mondseekupfer; entspricht einem Teil der Kupfersorte E01-A nach SAM<sup>2436</sup>) bezeichnet und ist im Ostseeraum, im Mittel-Elbe-Saale-Gebiet, dem nordalpinen Raum, wo es für die Gruppen Mondsee und Pfyn typisch ist bzw. diesen zugeordnet wird, im Karpatenbecken und an dessen nordwestlichem Rand verbreitet<sup>2437</sup>.

---

<sup>2427</sup> Höppner u. a. 2005, 310.

<sup>2428</sup> Krause 2003, 161 Abb. 128.

<sup>2429</sup> Mit weiterer Literatur Schreiner 2007, 152.

<sup>2430</sup> Siehe etwa Junk 2003, 13. 126. 169.

<sup>2431</sup> Je nach Studie unterscheidet sich, bedingt durch eine manuelle Auswahl oder Clusteranalysen die Definition der Kupfersorten. Ausschlaggebend für die Definition der Kupfersorten sind As, Sb, Bi, Ni und Ag (vgl. Merkl 2011, 29-32. 82-97). Co, Au, Fe, Pb und Sn wurden meist nicht mit in die Analyse einbezogen, da sie keine Aussagen zur Provenienz zulassen (sollen). Merkl hat auch Fe, Pb und Sn auf der Suche nach dem verwendeten Erz miteinbezogen (Merkl 2011, 91), aber Fe und Bi nicht zur Definition der Cluster herangezogen (Merkl 2011, 133).

<sup>2432</sup> Merkl 2011, 18. 32.

<sup>2433</sup> Zum ersten Horizont: Ottaway 1982, 23-26. 65. 123. 125-131. 181. 190-192. 204. 264 Fig. 25 (Cluster 1.5, 2 und 10); Merkl 2011, 18. 30. 130; Obereder u. a. 1993, 7. – Zum Begriff Arsenkupfer bes. Ottaway 1982, 125f. 138f.

<sup>2434</sup> Hier nach Merkl 2011, 128; Matuschik 1998, 239-244; Krause 2003, 152 Anm. 213.

<sup>2435</sup> Merkl 2011, 128. Die Fe-Gehalte nach den Clustern 13, 30 und 38. Merkl (2011, 128f.) nennt die Cluster 13, 28-31 und 38 der Gruppe *arsenic-copper (low)*, die dem Mondseekupfer entsprechen. Weitere Cluster mit ähnlichen Kupfern existieren (vgl. Merkl 2011, 128-131). Und vgl. Cluster 5 (Merkl 2011, 101f.). Die Cluster erstrecken sich räumlich wie zeitlich teilweise über das gesamte Untersuchungsgebiet Merkl's und das 4. und 3. Jt. v. Chr. Vgl. Cluster 12. Chronokulturell kommen wohl am ehesten die Cluster 13, 30, 38 für das 4. Jt. v. Chr. in Frage. Cluster 30 soll keine frühbronzezeitlichen Funde enthalten (vgl. Merkl 2011, 105f. 113f. 116f.).

<sup>2436</sup> Obereder u. a. 1993, 7.

<sup>2437</sup> Krause 2003, 153-157. 166-169. 233. bes. 235; Strahm 1994, 11f.; Merkl 2011, 18. 32. 72; Müller 2001, 411; Matuschik 1998, 239-244. bes. 243; Ottaway 1982, 138f. 284 Map 11; Schreiner 2007, 146. 151 (Cluster 5); Zu Fahlerzen: Otto – Witter 1952, 32. ferner 60-82. Zu einer engen, auch räumlichen wie zeitlichen Definition von Mondseekupfer siehe Lefranc u. a. 2012, 718.

Zumeist wird die Herkunft dieses Kupfers zur Zeit von Mondsee im Bereich der Ostalpen vermutet<sup>2438</sup>. Die weite Verbreitung dieser Kupfersorte mag sich durch einen weiterbestehenden Austausch mit dem Karpatenbecken und seinem Westrand erklären, oder möglicherweise wurde in verschiedenen Regionen eine geologisch-mineralogisch ähnliche Erzbasis in einem vergleichbaren Verfahren verhüttet<sup>2439</sup>. Kienlin weist zu Recht darauf hin, dass eine allein auf der chemischen Zusammensetzung von Kupfer beruhende Herkunftsbestimmung problematisch ist<sup>2440</sup>. Auch Effekte eines Metallkreislaufes mit Recycling können nicht ausgeschlossen werden<sup>2441</sup>, sind aber wahrscheinlich aufgrund von Überlegungen zur Möglichkeit der Reduzierung von Arsengehalten durch wiederholtes Umarbeiten (vgl. etwa Raffination Kap. II.2.4.4.4 und Chalkolithische Verhüttung Kap. II.3)<sup>2442</sup> und der teils erhöhten Fe-Gehalte zu vernachlässigen.

Eine Ausbeutung und Verhüttung skandinavischer Lagerstätten stehen in der Diskussion. Das sog. Riesebusch-Kupfer der frühen Trichterbecherkultur wurde ursprünglich als Beleg lokaler Verhüttung im Norden ab der Mitte des 4. Jt. v. Chr. gesehen (Mittelschweden, Helgoland, Harz)<sup>2443</sup>. Mittlerweile tendieren Klassen und Stürup (2001) dazu, es als Varietät von Mondseekupfer anzusehen. Direkte Kontakte zwischen dem Mondseegebiet und dem westlichen Ostseegebiet werden vermutet<sup>2444</sup>. Die im Vergleich zu Mondseekupfer andere Zusammensetzung des Riesebusch-Kupfers wird durch eine leicht unterschiedliche Verhüttung (des gleichen Ausgangsmaterials) bei niedrigeren Temperaturen erklärt, was insbesondere zu erniedrigten Silber- und Nickelgehalten führt (Taf. 20, 3)<sup>2445</sup>.

Ein umstrittener Verhüttungsnachweis oxidischer wie möglicherweise auch sulfidischer Erze und (Guss-) Tiegelfragmente liegen aus einer Siedlung vom Götschenberg (Salzachtal, Österreich) vor und werden mit der Mondsee-Gruppe in Verbindung gebracht<sup>2446</sup>: Kupfertropfen (*prills*), wahrscheinlich langsam innerhalb einer Schlacke bzw. Verhüttungscharge oxidischer Erze abgekühlt, zeigen Arsen von 1,46 und 0,5 Gew.% bei 0,06 respektive 0,29 Gew.% Eisen sowie Antimon- und Nickelgehalte<sup>2447</sup>. Eine Nadel und ein Kupferblechfragment zeigen etwa 1,47 und 1,04 Gew.% Arsen sowie 0,07 und 0,04 Gew.% Eisen<sup>2448</sup>. Moesta sieht aufgrund fehlender Sulfidreste im Kupfer eine Gewinnung aus oxidischen Erzen<sup>2449</sup>. Ein nussgroßes Stück Kupferkies zeigt Spuren einer Röstung<sup>2450</sup>. In Abgrenzung dazu enthält ein bronzzeitliches (Urnenfelderzeit?) Gusskuchenfragment vom selben Fundort, das mit einem Konverterverfahren sulfidischer Erze in Verbindung gebracht wird, in der Metallphase 1,09 Gew.% Arsen und 0,43 Gew.% Eisen<sup>2451</sup>.

---

<sup>2438</sup> Obereder u. a. 1993, 8; Klassen 2000, 235-238; Müller 2001, 413-415; Vgl. Krause 2003, 233-235; Kienlin 2010, 15; Merkl 2011, 128f. – Dagegen Strahm 2010, 190: Südosteuropa oder Slowakei.

<sup>2439</sup> Krause 2003, 153-157. bes. 157.

<sup>2440</sup> Kienlin 2010, 15f.

<sup>2441</sup> Zu zwei archäologischen Beispielen, in denen sich möglicherweise Recyclingeffekte in der Kupferzusammensetzung abzeichnen, siehe Merkl 2011, 136. 138f.

<sup>2442</sup> Vgl. Merkl 2011, 128.

<sup>2443</sup> Vgl. Klassen 2000, 176-186. 211-219. 299; Klassen – Stürup 2001, bes. 56-66.

<sup>2444</sup> Klassen – Stürup 2001, 67-71.

<sup>2445</sup> Klassen – Stürup 2001, 62-67. bes. 66f.; Klassen 2000, 179f. mit Abb. 80.

<sup>2446</sup> Lippert 1992, 31. 39. 41; Moesta 1992, 147-155. bes. 143-145. 152-155; Obereder u. a. 1993, 8; Kienlin 2010, 15. 20; Roberts paper, 8f.; Ottaway 1994, 67. – Vgl. die Datierungen bei Lippert 2006, 18. – Vgl. dagegen Bartelheim u. a. 2002, 55; Bartelheim 2007, 191.

<sup>2447</sup> Moesta 1992, bes. 144. 154f.

<sup>2448</sup> Moesta 1992, 143f.

<sup>2449</sup> Moesta 1992, 154.

<sup>2450</sup> Lippert 2006, 19.

<sup>2451</sup> Moesta 1992, 146f. 155.

Das hochreine Kupfer wurde vornehmlich im 5. und 4. Jt. v. Chr. benutzt<sup>2452</sup>. Teilweise zeigt es nur Spuren von Verunreinigungen (z. B. 0,001 % Ni). Merkl nennt die Möglichkeit, dass reine Kupfer mit durchschnittlichen Konzentrationen von 0,1 % Nickel (ca. 3. Jt. v. Chr., Cluster 22) und solche mit 0,01 % Silber (ca. 4. und 3. Jt. v. Chr., Cluster 23) das Resultat von einer (wiederholten) Bearbeitung unter oxidierenden Bedingungen darstellen könnten, da diese Elemente schwer zu eliminieren sind<sup>2453</sup>. Für Arsen wäre dies auch zu untersuchen. Für ein nahezu reines Kupfer des 4. und 3. Jt. v. Chr. (Fundhäufung im frühen 4. Jt. v. Chr.) mit verschiedenen Nebenelementen meist jeweils unter 0,01 %, besonders aber wenn nur Nickel- und Silbergehalte verbleiben, nimmt er ebenfalls Raffinationseffekte (Aufschmelzen oder Treibprozess) an<sup>2454</sup>. Sollten sich diese postulierten Raffinationseffekte so halten lassen (*cave*: reine Erze, gediegen Kupfer), könnte die Verwendung stärker verunreinigter Kupfer in dieser Hinsicht eine bewusste Anpassung des Verfahrens darstellen, das einen Verlust solcher Elemente verhindern sollte.

Der Wechsel von hochreinem Kupfer, sog. Reinkupfer, der frühen Metallurgie Südost- und Mitteleuropas zu Arsenkupfer mit selten mehr als 2 % Arsen wird auch mit einem Wechsel in der Erzbasis in Verbindung gesetzt<sup>2455</sup>. Mithin ist dies als eine Verschiebung von der Nutzung gediegen Kupfers oder oxidischen/carbonatischen Erzen hin zu sulfidischen Erzen (vgl. Ostalpines bzw. Mondsee Kupfer) zu verstehen. Sulfidische Erze galten jedoch vor dem Beginn des 3. Jt. v. Chr. bzw. der Bronzezeit in der Forschung die längste Zeit als zu schwierig zum Verhütten<sup>2456</sup>. Speziell die Nutzung von Fahlerzen wurde und wird immer noch mit Fortschritten beim Abbau und der Verhüttung gleichgesetzt<sup>2457</sup>. So wurde für die Arsenkupfer Europas (mit 2 % As) etwa eine „Kupfergewinnung aus vorwiegend oxidischen Erzen“<sup>2458</sup> in den Raum gestellt. Eine Verwendung sekundärer verwitterter polymetallischer Erze wird angenommen<sup>2459</sup>. Dazu im Widerspruch wurde aufgrund der Annahme, dass infolge Vergletscherung der Alpen eine Oxidationszone fehle, der (verspätete) Beginn der extraktiven Metallurgie in diesem Raum mit einer Verhüttung sulfidischer Erze gleichgesetzt<sup>2460</sup>. Ausgehend vom Balkan wurde die Erschöpfung dortiger oxidischer und carbonatischer Vorkommen in Verbindung mit technologischem Fortschritt für ein Ausweichen auf sulfidische Erzquellen der Alpen und des Slowakischen Erzgebirges verantwortlich gemacht<sup>2461</sup>. „This means that arsenical copper came into use during the shift from using oxide copper ores to using sulfide ores“<sup>2462</sup>. Bunte Arsenerze sollen dabei den Weg zu den Sulfiden gewiesen haben<sup>2463</sup>. Auch in Westeuropa wird ein später Beginn der Metallurgie auf sulfidischer Basis gesehen<sup>2464</sup>. Jedoch dürfte eine dezimeterstarke Verwitterungskruste

---

<sup>2452</sup> Merkl 2011, 126f.

<sup>2453</sup> Merkl 2011, 110f. bes. 126. vgl. 139. 140f. – Beide Elemente werden von Merkl immer wieder in diesem Zusammenhang angeführt, ohne dies näher zu diskutieren. Zu bemerken ist, dass die Abführbarkeit von Arsen nicht genügend klar ist.

<sup>2454</sup> Merkl 2011, 126f.

<sup>2455</sup> Kienlin 2010, 17f.; Schubert 1981, bes. 452f.; Pernicka 1990, 49-52.

<sup>2456</sup> Beispielsweise Strahm 1994, 25; Strahm – Hauptmann 2009, 120. – Zu einer Diskussion siehe Kienlin 2010, 18f.; Merkl 2011, 153.

<sup>2457</sup> Etwa Bachmann 2003, 25; Strahm – Hauptmann 2010, 120; Zu einer Diskussion Merkl 2011, 141; Moesta 2004, 270; Stöllner 2003, 30f.

<sup>2458</sup> Pernicka 1990, 51.

<sup>2459</sup> O'Brien 1999, 34.

<sup>2460</sup> Tylecote 1987, 128; Timberlake 2007, 34; Dazu Killick 2005, 488.

<sup>2461</sup> Muhly 1988, 9f.

<sup>2462</sup> Muhly 1988, 10.

<sup>2463</sup> Muhly 1988, 10.

<sup>2464</sup> Strahm – Hauptmann 2009, 125f.: „The time-delayed spread of metallurgy also had the consequence that not all stages are present in every region. This should also be expected, since the phases are not to be taken as a stringent technological sequence. While in the early centers of origin it is possible to follow the whole

(auf Basis von Chalkopyrit) nach der letzten Vergletscherung relativ schnell aufgebaut – möglicherweise aber auch schnell wieder aufgebraucht – gewesen sein<sup>2465</sup>; für den Raum Mühlbach-Bischofshofen im Salztal werden oxidische Erzgänge von 2–3 m Tiefe genannt, die mancherorts bereits im Jungneolithikum aufgebraucht worden seien<sup>2466</sup>, bzw. ein derart früher Abbau in dieser Region wird in „Erwägung gezogen“<sup>2467</sup>. Schwefel als möglicher Indikator sulfidischer Verhüttung wurde in Kupferobjekten lange nicht untersucht, da er keine Hilfe bei Provenienzstudien darstellt<sup>2468</sup>. Ein Vergleich mit frühbronzezeitlichen Kupfersorten zeigt jedoch, dass spätestens in der Frühbronzezeit unter anderem verschiedene Typen von sog. Fahlerzkupfern<sup>2469</sup> mit (hohen) Gehalten an Verunreinigungen wie As, Sb, Ag und teils Ni von zusammen insgesamt bis 6 % (und mehr) mutmaßlich aus sulfidischen Erzen wie Chalkopyrit und Fahlerzen gewonnen wurden (vgl. oben Salezer Beile aus antimon- und nickelreichem Fahlerzkupfer vom Typ Singen)<sup>2470</sup>. Eine gezielte Auswahl und Aufbereitung der Erze ist anzunehmen<sup>2471</sup>. Die Elementmuster dieser Verunreinigungen finden eine Entsprechung etwa in sog. verdünnten Fahlerzkupfern des Jung- und Spätneolithikums, die v. a. in Mitteldeutschland verbreitet sind, und weiteren Kupfern mit Fahlerzsignatur wie Nógrádmárcal-Kupfer mit Antimonvornacht (besonders am nordwestlichen Rand des Karpatenbeckens, Böhmen, Mitteldeutschland und Süddänemark verbreitet) (Taf. 19, 3. 4; 17, 4)<sup>2472</sup>. Einer Klärung bedürfen „erhöhte Gehalte an Eisen“<sup>2473</sup> von Handlová- und Nógrádmárcal-Kupfer. Handlová- und Nógrádmárcal-Kupfer können teilweise als nur schwach legiert zu bezeichnen sein. Die folgenden Gleichsetzungen betreffen in einigen Fällen nur die Elementverhältnisse, aber können auch für früh datierte Objekte direkt zutreffen, bei denen bisweilen hohe Legierungsgehalte vorliegen<sup>2474</sup>. Für das

---

developmental process step-by-step, some phases are not present in the expansion zones and especially in the marginal areas. For example, the *Innovation Phase* that is based on the extraction of pure copper and oxide ores, is found, as already mentioned, only in southeast and central Europe, the west had practically no need for metal objects at that time. Metallurgy began there first with the *Consolidation Phase*, with the exploitation of sulphidic and fahlores“ (Strahm – Hauptmann 2009, 125). „First after the regression phase, a decline or even a hiatus occurred and with the *Consolidation Phase*, a developed metallurgy that used sulphide ores and fahlore appeared. The origin of this developed metallurgy is not known, it is not unlikely that it could be found in eastern-central Europe, where near-surface oxide ores were exhausted and only fahlore/sulphides were available. In western Europe, the same technology was introduced, and thus can also be attributed to the *Consolidation Phase*. Admittedly, this movement of metallurgy into western Mediterranean had another origin, possibly originating in central Italy“ (Strahm – Hauptmann 2009, 126).

<sup>2465</sup> Moesta 1992, 154; Vgl. auch Ottaway 1994, 64.

<sup>2466</sup> Lippert 2006, 18.

<sup>2467</sup> Lippert 2006, 20.

<sup>2468</sup> Merkl 2011, 31 Anm. 51; Kienlin 2010, 19.

<sup>2469</sup> Zu Definition, Zusammensetzung und Vergesellschaftung von Fahlerzen sowie der Definition von Fahlerzkupfer Bachmann 2003, 26f.; Moesta 2004, 269; Otto – Witter 1952, 32f.; Merkl 2011, 29 Tab. 4.1; 31 Anm. 51; 131. 141f.; Martinek – Sydow 2004, 200; Lesniak 1991, 5f. 196; Krause 2003, bes. 90 Abb. 40; 235. – Zur „Fahlerzverhüttung“, darunter sind verschiedene Prozesse subsumiert, siehe Lesniak 1991, 185-218. bes. 198.

<sup>2470</sup> Ottaway 1982, 153f. 168; Merkl 2011, 31 Anm. 51. 120f.; Krause 2003, bes. 90 Abb. 40; 157-166; Junk 2003, 3; Merkl 2011, 127-133. bes. 120-124 (Cluster 56 und 57. 58-67. 69-71). 125; Mit einem Vergleich von Erzen und Artefakten hinsichtlich ihrer Vereinbarkeit siehe Schreiner 2007, 157-159.

<sup>2471</sup> Vgl. Pernicka 1990, 74.

<sup>2472</sup> Kienlin 2010, 19; Krause 2003, bes. 92. 152-157 mit Abb. 113. 119; 160. 205. 235-237. 241. 263; Schreiner 2007, 144. 146 Tabelle 6.1; 151.

<sup>2473</sup> Schreiner 2007, 157.

<sup>2474</sup> Einschränkung in diesem Fall zunächst ausgehend von Clusteranalysen von Klassen 2000, bes. 222 Abb. 100-102; Vgl. dagegen zu wahrscheinlich höheren Legierungsgehalten und statthaften Gleichsetzungen des Handlová-Kupfers die Medianwerte bei Clustern mit (nahezu) ausschließlich der Frühkupferzeit (im Umfeld der Slowakei) angehörigen Objekten von Schreiner 2007, bes. 144. 146 Tabelle 6.1; 151; Schreiner (2007, 144)



slowakische Fahlerzkupfer vom Typ Handlová werden (teils ausgehend von der Betrachtung klassischen Ösenringmetalls) folgende Gleichsetzungen und Definitionen gegeben, die jedoch nicht statisch zu sehen sind und ohne eine weitere Überprüfung nur als Anhaltspunkt dienen können: Handlová-Kupfer mit As, Sb, sowie Bi und Ag  $\approx$  klassisches Ösenringmetall  $\approx$  Fahlerzmetall ohne Nickel  $\approx$  Ostkupfer (nach Schreiner)<sup>2475</sup>; klassisches Ösenringmetall  $\approx$  SAM C2 (und C2A/B u. C2C für ähnliche Typen)  $\approx$  Ostkupfer  $\approx$  As, Sb (1–3 %) und Ag (bis 2 %) im Verhältnis von etwa 2:2:1 mit Bi von meist 0,05–0,1 %, Nickel meist fehlend  $\approx$  Fahlerzmetall (nach Junk)<sup>2476</sup>. Darüber hinaus gibt es wohl, neben jung- bis endneolithischen Fahlerzkupfern mit oder ohne Nickel, die einen mitteldeutschen Verbreitungsschwerpunkt haben<sup>2477</sup>, weitere bereits jung- und spätneolithische Fahlerzkupfer, die sich durchaus etwa auch mit Singener Kupfer und weiteren frühbronzezeitlichen Kupfern mit hohen Nebenelementgehalten vergleichen lassen<sup>2478</sup>.

Mittelwerte Klassisches Ösenringmetall einer Regionalstudie (Aunjetitz) mit fast ausschließlich frühbronzezeitlichen Artefakten und zwei neolithischen Flachbeilen in Prozent (Krause 2003, 312 Cl.29-Cluster 3).

As	Sb	Ni	Ag	Bi	Sn	Pb	Co	Au	Fe	Zn
1,68	1,23	0,005	1,00	0,08	0,0025	0,005	0,0025	0,005	0,025	0,050

Wie stark solche legierten Kupfer, die sich in größeren Clustern mit Objekten unterschiedlicher Zeitstellung *verbergen* können oder möglicherweise *durchs Raster gefallen sind*, im Vergleich zur Gesamtfundzahl neolithischer Artefakte und insbesondere im Verhältnis der Zahl der Analysen zu gewichten sind, muss hier offen bleiben<sup>2479</sup>. Oben genanntes Handlová-Kupfer ist als durchaus zahlreich zu bezeichnen. Für jung- bis spätneolithische respektive früh- und mittelkupferzeitliche Artefakte müsste eine eigene Clusteranalyse und eine Betrachtung im Einzelnen erfolgen. Die Beobachtung, dass in der Slowakei neben Schaftlochäxten insbesondere auch Schmuck aus silberreichem Fahlerzkupfer mit Antimon gefertigt wurde, könnte einen Hinweis auf die Kenntnis der Herstellung von Kupfersilberlegierungen aus Fahlerzen und damit möglicherweise aus Speisen darstellen; obschon die Silbergehalte niedrig sind (im Mittel 1,18 %), wurden nämlich die silberreichsten für Schmuck verwendet („Datierung“ Frühbronzezeit [?] in der Slowakei, nach 2350 v.

---

weiter zu seinem Cluster 1, also Handlová-Kupfer in der Slowakei: „Die frühkupferzeitlichen Hammeräxte sind vorrangig mit entwickelten Formen vertreten (16 von 24, Typen Székely-Nadudvar, Handlová, Mezőkereszt), es kommen aber auch frühe vor (Szendrő)“.

<sup>2475</sup> Schreiner 2007, 151; Die Zuweisungen können von den Clusterungen der jeweiligen Bearbeiter abhängen, lassen sich indes aber wiederholt beobachten. In der Slowakei wurde nach Schreiner (2007, 144. 151. ferner 109 [zur Datierung]) das Handlová-Kupfer (sein Cluster 1) in frühäneolithischen/frühkupferzeitlichen Artefakten (4300-3500 v. Chr.), insbesondere Hammeräxten, gefunden, verschwindet zum Ende der Frühkupferzeit und taucht in der Frühbronzezeit (mit Zinn als Bronze) wieder auf.

<sup>2476</sup> Ausgehend von der Betrachtung von Ösenringmetall Junk 2003, 6f. 9. bes. 13. 15.

<sup>2477</sup> Krause 2003, 153f. mit Abb. 118-119; Mit Klassischem Ösenringmetall (ohne Ni) und Singener Kupfer (mit Ni) in Clustern von Krause liegende jungneolithische Fahlerzkupfer etwa zeigen einen mitteldeutschen Verbreitungsschwerpunkt im nach Krause ausgehenden (?) 4. Jt. v. Chr. Die enge räumliche wie zeitliche Verbreitung ist möglicherweise im Umstand begründet, dass es sich bei diesen Clustern von Krause um eine Regionalstudie zu Aunjetitz handelt bzw. diese die Parameter für die Clusteranalysen setzte (vgl. Krause 2003, 154 Abb. 119). Dazu zu vergleichen bleibt auch die allgemeine Verbreitung von Metallfunden (mit und zu ihren Kontexten) (vgl. Merkl 2011, 36-43; bes. 40 Fig. 5.2).

<sup>2478</sup> (Siehe und vgl. etwa) Krause 2003, 122. 132-144. bes. 153. 298 (Cluster 34-4). 312; Merkl 2011, 131f.

<sup>2479</sup> Kleinere Cluster mit unter 100 Analysen wurden aufgrund ihres diffusen Verbreitungsbildes nicht kartiert (Krause 2003, 121f.; Merkl 2011, 32). Eine chronologische Kartierung und Besprechung dieser sowie der in größeren Clustern beinhalteten frühen, höher legierten Fahlerzkupfer würde evtl. interessante Ergebnisse zeitigen.

Chr.)<sup>2480</sup>. Sehr interessant ist in diesem Zusammenhang auch eine frühbronzezeitliche Zierscheibe mit hohem Sb-Gehalt und sehr hohen Ag- und Pb-Gehalten, die nach einer Clusteranalyse eine Variante des klassischen Ösenringmetalls darstellt<sup>2481</sup>. Es zeigt sich eine Fahlerzkupferverwendung bereits im 3. Jt. v. Chr. und in einigen Fällen mutmaßlich bereits früher im 5. und 4. Jt. Chr.<sup>2482</sup>. Insbesondere die Befunde von Mariahilfberg bei Brixlegg sind hier noch einmal in Erinnerung zu rufen. Gelegentliche Sulfidnachweise liegen auch aus äneolithischen/kupferzeitlichen und frühbronzezeitlichen Artefakten vor, die aus sehr reinem Kupfer bestehen können (s. u.)<sup>2483</sup>. Detaillierte Analysen von Arsenkupfer, Ostalpinem Kupfer, Kupfer mit Fahlerzsignatur usw., bei denen ein deutlicher Sulfidgehalt festgestellt würde, könnten für Prozesse in Verbindung mit (teil-) sulfidischen Chargen sprechen<sup>2484</sup>. Andererseits können fehlende bzw. nicht nachweisbare Sulfidgehalte unter Umständen eine Ableitung aus sulfidischen Erzen nicht ausschließen (vgl. Kap. II.2.4.4.7). Stöllner vermutet bereits ab dem Jungneolithikum eine Nutzung von (unverwitterten) Fahlerzen<sup>2485</sup>. Andererseits könnten verwittrte Fahlerze genutzt worden sein, bietet dies doch Vorteile für die Ausbringung legierter Kupfer. Die Zusammensetzung von Ostalpinem Kupfer spiegelt schwach ein Muster von Fahlerzen mit As, Sb, Ni und Ag wider (vgl. unten)<sup>2486</sup>. Fahlerzkupfer könnten hauptsächlich aus sulfidischen Fahlerzmineralen wie Tetraedrit ( $\text{Cu}_3\text{SbS}_{3,25}$ ), Tennantit ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_{3,25}$ ) und Enargit ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ) gewonnen worden sein<sup>2487</sup>. Eine Verarbeitung solcher Erztypen, möglicherweise auch verwitterter Teile mit sulfidischen Relikten, zeigt sich in der Zusammensetzung der Objekte, und es ist folglich wahrscheinlich, dass diese absichtlich verwendet wurden, um Kupfer mit bestimmten Eigenschaften zu gewinnen<sup>2488</sup>. Ob nun ursprüngliche

---

<sup>2480</sup> Vgl. Schreiner 2007, 146 mit Tabelle 6.1 (Cluster 8 mit vier Objekten); Zur „Datierung“ siehe Schreiner 2007, 147 Abb. 6.7.

<sup>2481</sup> Krause 2003, 321 „Cl.21-Cluster 19: Einzelprobe“: nach Krause handelt es sich um eine verzierte Zierscheibe aus dem Depot von Chlumec, FBZ mit 0,66 % As, 3,25 % Sb, 0,03 % Ni, 7,5 % Ag, 0,5 % Bi, 0,005 % Sn, 7,5 % Pb, 0,002 % Co, 0,0001 % Au, 0,001 % Fe, 0,001 % Zn.

<sup>2482</sup> Kienlin 2010, 19; Vgl. Merkl 2011, 127-133. bes. 112. Cluster 26. 116f. Cluster 38. 131. 145; Siehe und vgl. Krause 2003, 92. 132-145. – Krause erschließt eine Entwicklung in Horizonten: Basierend auf einer neolithischen Metallurgie mit einer Nutzung von Reinkupfer, Arsenkupfer und Antimonkupfer soll eine Nutzung von Fahlerzkupfer nach einem frühen mitteldeutschen Beginn vor 3000 v. Chr. um die Mitte des 3. Jt. v. Chr. einsetzen, und sich ab etwa 2300/2200 v. Chr. während der Frühbronzezeit mit einer sog. neuen Fahlerztechnologie durchsetzen. Nach 2000 v. Chr. beginnen sich Kupfer ostalpinen Typs und die Bronzeverwendung durchzusetzen (Krause 2003, 145-171. bes. 263-265) (vgl. die Ausführungen dieses Kapitels dazu).

<sup>2483</sup> Kienlin 2010, 19.

<sup>2484</sup> Moesta 2004, 270; Vgl. dazu Merkl 2011, 141; Auch bei der Verhüttung oxidischer Erze mit Resten unverwitterter sulfidischer Erze können durch Spuren schwefelhaltiger Verbindungen Schwefelgehalte ins Kupfer gelangen, die bei der Verhüttung nicht verändert werden. Inwieweit diese von Kupfern aus der Verhüttung regelhafter sulfidischer Erze zu unterscheiden sind, bleibt zu fragen. Bronzezeitliche Kupfer, die mittels des Ausschmelzens einer Sulfidphase gewonnen wurden, sollen jedoch einen fünf- bis zehnmals höheren Schwefelgehalt durch Sulfideinschlüsse erkennen lassen (Moesta 1992, 143). Insbesondere könnten Schwefelgehalte die Erzeugung von Arsen-/Antimonmangellegierungen und Speisen aus einer Sulfidphase anzeigen. Siehe dazu und zu Schwefel und Sauerstoff als Indikator für die Hüttenprozesse und den Nachweisverfahren Lesniak 1991, bes. 1. 5. 37. 119f. 194. 253: Schwefelgehalte um 2 % sind zu erwarten und in bronzezeitlichen Objekten nachgewiesen (deren Legierungen sich wahrscheinlich aus Sulfidphasen ausgeschieden haben). Vgl. dazu aber die Befunde höher legierter Objekte in der Levante und die Ausführungen in Kap. IV.6. Vgl. auch die Ergebnisse von Verhüttungsversuchen oxidischer Erze sowie sulfidischer Erze in einem Matteschmelzverfahren bei Tylecote (1980b, 12 Table 5). Zu den Schwefelgehalten als Indikator der Verhüttung sulfidischer (aber abgerösteter) Erze und oxidischer Erze siehe Rapp (1989).

<sup>2485</sup> Stöllner 2003, 31; Vgl. Kienlin 2010, 16. 19f.

<sup>2486</sup> Siehe und vgl. Merkl 2011, 116f. Cluster 38; 131; Matuschik 1998, 239-244. bes. 243; Otto – Witter 1952, 32. ferner 60-82.

<sup>2487</sup> Moesta 2004, 270; Merkl 2011, 31 Anm. 51. Chemische Formeln nach Moesta.

<sup>2488</sup> Merkl 2011, 141f.

sulfidische Fahlerze, verwitterte Fahlerze mit oxidierten Anteilen, oder ein *co-smelting* durch das Mischen von Fahlerzen und anderen oxidischen Erzen eingesetzt wurden, muss offen bleiben<sup>2489</sup>. Moesta spricht sich für vermutlich leicht verfügbare verwitterte Fahlerze mit Sekundärmineralien wie Malachit, Azurit, Arsenaten und nur geringen Anteilen unverwitterter Fahlerzsubstanz aus, was Vorteile für die Ausbringung von Arsen-/Antimonmangellegierungen durch eine Entmischung aus einer Sulfidphase nach einer Prozessrekonstruktion von Lesniak haben kann (vgl. Kap. II.2.4.4.7)<sup>2490</sup>. Auch die Verwendung rein oxidischer Erze auf Fahlerzbasis erlaubt die Erzeugung legierten Kupfers<sup>2491</sup>. Schreiner erwägt nach einem Vergleich verschiedener Cluster von Fahlerzen und Fahlerzmetallen die theoretische Möglichkeit, aus einem Fahlerz verschiedene Varianten von Fahlerzkupfern zu schmelzen<sup>2492</sup>. Noch immer wird in Teilen der Forschung der Beginn der Fahlerzverwendung im 3. Jt. v. Chr. gesehen<sup>2493</sup>. In dieser Zeit steigen die Nebenelementanteile und verschiedene Kupfer mit teils sehr hohen Gehalten an Antimon, Nickel und Arsen kommen auf. Ihnen gemein sind sehr niedrige Eisenanteile, besonders bei den hoch mit Antimon (bis im Mittel um 8 %) legierten Varianten liegt Eisen in Bereichen von 0,0X % und weniger<sup>2494</sup>, und die Kupfer weisen damit die Grundzüge der hier postulierten chalkolithischen Verhüttung und Erzeugung von Legierungen auf. Lesniak rekonstruiert ein Verfahren (allerdings in Schachtöfen<sup>2495</sup>; vgl. aber Moesta 2004 und Kap. II.2.4.4.7) für bronzezeitliche Artefakte auf Basis sulfidischer Fahlerze, bei dem Arsen- und Antimonmangellegierungen, teilweise auch mit Nickel, als Speisephase aus einer Mattephase durch Ausnutzung einer Mischungslücke ausgeschieden werden<sup>2496</sup>. Charakteristika der von ihm untersuchten höher legierten Artefakte, darunter ein Beil aus dem Hortfund von Salez, sind Sulfidrestgehalte und niedrige Eisengehalte<sup>2497</sup>. Eine Verwendung eisenarmer Fahlerze ist angezeigt<sup>2498</sup>. Eine Nutzung eisenarmer Fahlerze und/oder schlackenloser Verhüttung nach Craddock<sup>2499</sup> scheint auch auf die höher legierten Kupferartefakte des 4. Jt. v. Chr. mit Mondseesignatur zuzutreffen (s. u.). Fahlerze zeigen eine weite Verbreitung und sollen oft weniger als 3 % Eisen enthalten<sup>2500</sup>. Eine gezielte Verwendung von Fahlerzen könnte sich aus diesen Umständen ableiten lassen. Inwieweit für das 5. und 4. Jt. v. Chr. ein Schmelzen von Speisen zu rekonstruieren ist, könnte eine Überprüfung der Sulfidgehalte der Kupfer erweisen<sup>2501</sup>. Lesniak geht bei seinen Betrachtungen von einem äquivalenten Verhalten von Arsen und Antimon aus<sup>2502</sup>. Daher wäre etwa aufgrund der bei den Dolchen oftmals lediglich erhöhten Arsengehalte zu fragen, ob deren Zustandekommen sich im Gegensatz oder ergänzend dazu noch durch folgende Mechanismen erklärt: Auswirkungen von Temperaturunterschieden wie Schmelzpunktunterschieden, Zementationsprozessen bei insgesamt eher niedrigen Temperaturen oder Verwendung antimonarmer

<sup>2489</sup> Meist wird ein linearer Gang vom einfachen zum komplexen angenommen, d.h. oxidischen zu sulfidischen Erzen (dazu Merkl 2011, 153).

<sup>2490</sup> Moesta 2004, bes. 270f.; Lesniak 1991; Zur Verfügbarkeit von verwitterten Fahlerzen und ihrer Ausbildung in den Alpen: Moesta 2004, 270; Martinek – Sydow 2004, 202f. (vgl. weitere Beiträge im selben Band wie beispielsweise Huijsmans u. a. 2004).

<sup>2491</sup> Martinek – Sydow 2004, 202f.

<sup>2492</sup> Schreiner 2007, 160.

<sup>2493</sup> Vgl. Merkl 2011, 142.

<sup>2494</sup> Siehe etwa Cluster 56 und 57 und die Übersicht über die Kupfersorten bei Merkl 2011, 120f. 134 Tab. 10.62.

<sup>2495</sup> Lesniak 1991, 238f.

<sup>2496</sup> Lesniak 1991, bes. 119-143.156-229. 253f.

<sup>2497</sup> Lesniak 1991, 9-17.

<sup>2498</sup> Lesniak 1991, 231-237.

<sup>2499</sup> Siehe etwa Craddock 2000.

<sup>2500</sup> Lesniak 1991, 197.

<sup>2501</sup> Siehe aber die Ausführungen in Kap. II.2.4.4.7. Die Schwefelgehalte lassen womöglich keine eindeutige Aussage zu.

<sup>2502</sup> Lesniak 1991, etwa 185-193. bes. 188. 193.

Erze. Für Teile der Fahlerzkupfer, deren Nutzung während des 5. und 4. Jt. v. Chr. sich nur teilweise gut nachvollziehen lässt, ist jedoch vor dem Hintergrund der chalkolithischen Verhüttung mit den ihr möglichen eisenarmen Chargen und eher oxidierenden Bedingungen usw. eine Abscheidung aus Sulfidphasen vermutbar.

Mit *Ottaways zweitem Horizont* (Boleráz, Horgen, Lüscherz und frühe Schnurkeramik sowie möglicherweise Cham), der mit einer Stagnation der Kupfermetallurgie verbunden wird (vgl. oben), und mit dem dritten Horizont, der einen metallurgischen Aufschwung bringen soll, lässt sich eine größere Vielfalt an Kupfertypen feststellen<sup>2503</sup>. Die Kupfertypen zeichnen sich u. a. durch Gehalte an Antimon, Bismut und Silber aus<sup>2504</sup>. Die Durchsetzung der Kupfermetallurgie soll nach Ottaway in ihrem ersten Horizont in mehreren Kulturen ungefähr gleichzeitig erfolgt sein<sup>2505</sup>. Ab der Mitte des 3. Jt. v. Chr. werden zahlreiche Typen bzw. Varianten von Fahlerzkupfern genutzt<sup>2506</sup>. Im 3. Jt. v. Chr. werden weiterhin niedrig legierte Arsenkupfer (vgl. Mondseekupfer) mit durchschnittlichen Arsengehalten von um 1 % und auch eher reine Kupfer verwendet<sup>2507</sup>. Insgesamt gesehen zeichnet sich ab, dass während des 4. und 3. Jt. v. Chr. in Mitteleuropa und darüber hinaus Entwicklungen in der Metallurgie und die Nutzung verschiedener neuer Kupfersorten in Kontaktnetzwerken ungefähr gleichzeitig und über verschiedene Kulturen hinweg geteilt wurden<sup>2508</sup>.

Frühbronzezeitliche Kupfer zeigen gleichsam, dass auch hochreines Kupfer aus sulfidischen Quellen gewonnen worden sein kann (metallographischer Nachweis von Sulfideinschlüssen z. B. in Beilen des Typs Neyruz)<sup>2509</sup>. Die Elementmuster vorbronze- und bronzezeitlicher Kupfer deuten also auf eine frühe Nutzung von Erzen mit auch sulfidischen Anteilen hin. Nach den Ausführungen von Lesniak lassen sich aus dem gleichen Schmelzgut, etwa sulfidischem Fahlerz, unterschiedliche – reine wie stark legierte – Kupfer durch Abscheidung aus einer Sulfidphase schmelzen<sup>2510</sup>. Auch Budd und Kollegen erwägen dies bei einer Reduktion von Kupfer, legen dem jedoch Temperaturunterschiede zugrunde<sup>2511</sup>. Die genaue Herstellungsmethode könnte aufgrund möglicher Überschneidungen der Prozesse wie auch der ausgebrachten Metallzusammensetzungen zunächst kaum differenzierbar sein. Beide Wege stehen im Rahmen der chalkolithischen, schlackenlosen Verhüttung. Diese zeigt sich Craddock folgend<sup>2512</sup> auch vielfach an den nachstehend betrachteten Zusammensetzungen in niedrigen Eisengehalten. Vielfach ergeben sich im Rahmen dieser hier vorgebrachten chalkolithischen Verhüttung zusätzliche Möglichkeiten auf Basis mutmaßlich inhomogen zusammengesetzter, kompakt eingebrachter Erze unterschiedlich legierte *prills* zu erzeugen. Während auch Abscheidungsvorgänge aus Sulfidphasen zu berücksichtigen und insbesondere für oben besprochene Fahlerzkupfer interessant sind, könnten sich mit den eher niedrigen Temperaturen durch Schmelzpunktunterschiede verschiedener Mineralgemenge wie auch durch das Verhalten von Arsen Anreicherungs-effekte ergeben (Kap. II.3). Die Beteiligung solcher Mechanismen im Rahmen einer chalkolithischen Verhüttung bleibt weiter zu untersuchen, denn arsenhaltige Kupfer wie Mondseekupfer zeigen etwa nur bei Arsen Unterschieden. Ein Anreicherungsverhalten steht dafür zu vermuten. Dazu bleiben erneut, da stark anhand von Dolchen argumentiert wird, zeitlich-räumliche Komponenten zu diskutieren.

---

<sup>2503</sup> Nach Merkl 2011, 30. 154; Ottaway 1982, bes. 23-26. 65f. 121-124 mit Table 9 und 10; 152. 182. 203f.

<sup>2504</sup> Merkl 2011, 30; Ottaway 1982, 181-185.

<sup>2505</sup> Ottaway 1982, 195.

<sup>2506</sup> Merkl 2011, 32f.; Kienlin 2010, 18. 135-172; Kienlin 2008, 251-291. bes. 280-291.

<sup>2507</sup> Merkl 2011, 126-128.

<sup>2508</sup> Siehe und vgl. Merkl 2011, 154f.

<sup>2509</sup> Kienlin 2010, 19; Kienlin 2008, 187-215. bes. 193.

<sup>2510</sup> Lesniak 1991, bes. 215f. 227f.

<sup>2511</sup> Vgl. Budd u. a. 1992, bes. 679-681.

<sup>2512</sup> Siehe etwa Craddock 2000.

Merkls Auswertung von hauptsächlich dem 4. und mehr noch dem 3. Jt. v. Chr. zugewiesenen Kupferobjekten aus weiten Teilen Mitteleuropas<sup>2513</sup> zufolge, übersteigt der Eisengehalt von 83 % der analysierten Objekte 0,05 % nicht<sup>2514</sup>. Die Fe-Gehalte liegen in der Regel nicht über 2 %, insgesamt zeigen nur 11 Analysen mehr als 2 % Eisen; im Falle einer Perle aus Hornstaad-Hörnle beträgt der Fe-Gehalt 17,6% bei einem Cu-Gehalt von 24,7 %<sup>2515</sup>. Bei der Perle könnte es sich um Erz handeln. Ein Teil der weiteren Kupfer mit hohen Eisengehalten stammt aus dem Umfeld der Kupferproduktion (etwa Makotřasy)<sup>2516</sup>. Im Allgemeinen enthalten die Kupferobjekte aus Merkl's Studie nicht mehr als 2,7% Silber. Ausnahmen sollen drei Stücke mit 4,5 % (ANR 62131), 7,3 % (ANR 100023) und 8,7 % (ANR 100026) Silber darstellen<sup>2517</sup>. Für weite Teile Mitteleuropas zeigen die Auswertungen von Merkl, dass die Arsengehalte von Objekten im 4. und 3. Jt. v. Chr. meist zwischen 1–1,5 % liegen und nie über 5,19 % liegen sollen<sup>2518</sup>. In 7 % der untersuchten Fälle liegen die As-Gehalte über 2 %, davon fällt ein Viertel ins 4. Jt. v. Chr. und davor<sup>2519</sup>. Diese Gehalte liegen in einem Bereich, in dem die Eigenschaften bereits maßgeblich beeinflusst werden können (vgl. Kap. II.1)<sup>2520</sup>. Eine Entwicklung im vierten Jahrtausend hin zur Nutzung arsenhaltiger Kupfer lässt sich verfolgen. Im 3. Jt. v. Chr. werden verschiedene Kupfertypen mit teils hohen Gehalten an Verunreinigungen genutzt, darunter Antimon-Nickel-Kupfer u. a., die auch auf der Nutzung von Fahlerzen beruhen<sup>2521</sup>. Generell lässt sich ein Trend<sup>2522</sup> von der Verwendung von Reinkupfern im 5. Jt. v. Chr. über die Nutzung niedrig legierter Arsenkupfer im 4. Jt. v. Chr. hin zu einer größeren Vielfalt teilweise hoch legierter Kupfer im 3. Jt. v. Chr. nachvollziehen (vgl. aber oben problematische Kulturzuweisungen). Verschiedene Kupfer wie niedrig legierte Arsenkupfer mit geringen Fe-Gehalten und Reinkupfer werden weiterbenutzt<sup>2523</sup>. Dabei zeigen die niedrig legierten Arsen- und Reinkupfer des 5. und 4. Jt. v. Chr. im Vergleich zu mit Arsen verunreinigten Kupfern des 3. Jt. v. Chr., dass diese generell ärmer an Elementen wie Pb, Bi und Fe sind, während im 3. Jt. v. Chr. die Objekte im Allgemeinen mehr Verunreinigungen tragen<sup>2524</sup>. So lassen sich also zwei unterschiedliche Tendenzen ablesen: eher niedrig mit Arsen legierte Kupfer mit Verunreinigungen von Pb, Bi und Fe sowie hoch mit Sb, Ag und Ni legierte aber eisenarme Kupfer. Eine Gruppe von Kupfern (Arsenkupfer/Mondseekupfer) die hauptsächlich Mondsee und anderen nordalpinen Gruppen zugeordnet ist, hat durchschnittliche Konzentrationen an As von 1,216 % (min 0,036 %, max 4,9 %) und Fe von 0,132 % (min 0,08 %, max 1,29 %) mit Spuren von Sb, Ni und Bi, aber weder Pb noch nennenswerte Sn-Gehalte<sup>2525</sup>. Zu erwähnen ist auch nickelhaltiges Kupfer aus der

---

<sup>2513</sup> Merkl 2011, 67. – Das Untersuchungsgebiet von Merkl's Arbeit reicht etwa vom Rhein bis zum Karpatenbecken und von den Alpen bis zum Norddeutschen Tiefland und die Studie umfasst Funde vom 5.–3. Jt. v. Chr. (Merkl 2011, 39-42). Seine Cluster lassen sich mit den Ergebnissen früherer Studien sowie diese untereinander vergleichen (Merkl 2011, 29-34. 81-97. 99-142. bes. 83).

<sup>2514</sup> Merkl 2011, 66f.

<sup>2515</sup> Merkl 2011, 66 Anm. 114 (ANR 100032); 67.

<sup>2516</sup> Merkl 2011, 133 mit Anm. 177.

<sup>2517</sup> Merkl 2011, 70 Anm. 122. – Bei ANR 62131 handelt es sich um ein Flachbeil aus Corsier (Schweiz), Zeitstufe „ZT 2“ bei SAM (Krause 2003, CD-ROM). Die anderen Stücke waren nicht auffindbar.

<sup>2518</sup> Merkl 2011, 75. 128-131. 134 Tab. 10,62. 141.

<sup>2519</sup> Merkl 2011, 130.

<sup>2520</sup> Merkl 2011, 128. 130.

<sup>2521</sup> Merkl 2011, 142. 155.

<sup>2522</sup> Vgl. dazu den Scatter Plot bei Merkl 2011, 137 Fig. 10,27 (siehe dazu Kapitel 9. Two-Step Cluster Analysis and Principal Component Analysis on the Entire Database [Merkl 2011, 91-97. bes. 96]).

<sup>2523</sup> Merkl 2011, 136.

<sup>2524</sup> Merkl 2011, 136.

<sup>2525</sup> Merkl 2011, 116-118 (Cluster 38).

Mondseegruppe<sup>2526</sup>. Neben den niedrig mit Arsen legierten Kupfern (Mondseekupfer) gibt es im 4. Jt. v. Chr. einzelne etwa mit Arsen höher legierte Objekte und auch ganze Objektgattungen, die zwar nicht ausnahmslos, aber häufig hohe Arsengehalte aufweisen, wie etwa Dolche. Der Dolch von der Pfyn-Alzheimer Siedlung Bad Waldsee Reute-Schorrenried (um 3800/3700 v. Chr. nach Dendrodaten)<sup>2527</sup> weist etwa 5 % As und <0,016 % Fe auf<sup>2528</sup>. Er gehört nach Matuschik zu Nietdolchen des Typs Cucuteni Variante Mondsee, die eine schwerpunktmäßige Verbreitung im nordalpinen Raum zeigen. Diese haben bei hohen Arsengehalten durchweg niedrige Eisengehalte<sup>2529</sup>. Deutlicher wird dieser Befund bei weiteren Dolchtypen und -varianten mit einer aber mehr karpato-balkanischen Verbreitung<sup>2530</sup>. Besonders stark mit Arsen angereichertes Kupfer wurde systematisch für Dolche verwendet (Taf. 20, 1. 2)<sup>2531</sup>. Der Dolch von Reute und seine Niete haben eine dem Kupfer der Mondseegruppe entsprechende Zusammensetzung (Taf. 20, 1–3; [vgl. auch Gussreste])<sup>2532</sup>. Aus Reute liegen zudem ein Tiegelfragment und Kupferdraht vor<sup>2533</sup>. Von Gusstropfen und Schlacke wird ebenfalls berichtet<sup>2534</sup>. Auch weitere Dolche mit erhöhten Arsenanteilen haben eine Zusammensetzung, die Mondseekupfer entspricht. Während bei Mondseekupfer allgemein erhöhte Sb-Werte im Regelfall mit erhöhten Ag-Werten einhergehen, zeigen Kupfer mit hohen As-Gehalten keine weiteren Auffälligkeiten<sup>2535</sup> außer den bereits erwähnten niedrigen Eisengehalten (s. o.): Die Höhe der As- und Ni-Werte bleibt von den Sb- und Ag- Werten unabhängig. Sb, Ag, Ni, Pb und Bi liegen niedrig. Allerdings können die Bi- und Pb-Werte schwanken und letztere Matuschik zufolge Anreicherung bis 0,23 % Pb aufweisen<sup>2536</sup>. Dem Mondseekupfer (vgl. etwa Taf. 19, 2) vergleichbare Arsenkupfer sind auch aus Südosteuropa, Südschweden, Oberitalien, der Slowakei usw. bekannt<sup>2537</sup>. Eine ähnliche Erzauswahl und Herstellungstechnik dürfte anzunehmen sein. Mit Speisen könnten erhöhte Pb-Gehalte einhergehen (vgl. Kap. II.2.4.4.7). Bei *neolithischen* Objekten, bei denen dies beispielsweise der Fall ist und bei denen neben As, Sb und Ag auch Pb und Zn wie teils auch Ni erhöht sind, handelt es sich um Beilklingen (haches) aus Remerschen („Ile“ sowie ferner „Moselle“) und eine Dolchklinge (Schwebsange) aus Luxemburg<sup>2538</sup>. Für Mondseekupfer zeichnet sich dies nicht so ab.

<sup>2526</sup> Von dem Cluster 37 bei Merkl (2011, 116f. mit Tab. 10.40b) wird die Hälfte der insgesamt 11 Analysen ins 3. Jt. v. Chr., der Rest ins 4. Jt. v. Chr. datiert. Dabei wird ein Teil der Funde der schweizerischen Schnurkeramik und ein anderer der Mondseegruppe zugeschrieben.

<sup>2527</sup> Matuschik 1998; Obereder u. a. 1993, 7; Schlichtherle – Rottländer 1982, 65; Krause 2003, 238f. mit Abb. 220,3; Turck 2010, 47.

<sup>2528</sup> Matuschik 1998, 236 Abb. 233,065-066; 239.

<sup>2529</sup> Nummerierung nach Matuschik 1998: 061 Unterach-„See“ (As 4,1%, Fe 0,0%), 062 Sutz-Lattrigen (As 1,15 %, Fe 0,0 %), 063 Bratislava-Umgebung (As 1,35 %, Fe 0,0 %), 064 Mähren/Slow. FO? (As 2,9 %, Fe 0,0 %), 065 Reute/Dolchblatt (As 5,0 %, Fe <0,016 %), 066 Reute Niet (2,08 %, Fe 0,011 %). Die Nummern nach Matuschik 1998 (Matuschik 1998, bes. 229 Abb. 230; 235f. Abb. 233; 237f. Abb. 234 [in der Abbildungsunterschrift Aufschlüsselung der Typen, vgl. Abb. 233]).

<sup>2530</sup> Matuschik 1998, 213-235. bes. 229 Abb. 230; 235f. Abb. 233; 237f. Abb. 234.

<sup>2531</sup> Ottaway 1982, 126. 136-138. 156-158. 190-192; Matuschik 1998, 213-234. bes. 243f.; Obereder u. a. 1993, 8 Abb. 4 (D=Dolche); Klassen 2010, 42.

<sup>2532</sup> Matuschik 1998, 239-244. bes. 240 Abb. 236; Obereder u. a. 1993, 7. 8 Abb. 4; 9 Anm. 6.

<sup>2533</sup> Matuschik 1998, 208f.; Turck 2010, 47. 48 Abb. 52-53.

<sup>2534</sup> „Das Auftauchen des Dolches in Oberschwaben – zusammen mit deutlichen Hinweisen auf Kupferverarbeitung (Gußiegel, Schlacke, Gußtropfen) – schließt die in diesem frühen Horizont zwischen dem Schweizer Bodenseeufer und Bayern klaffende Fundlücke und überrascht im nordalpinen Raum wie in den damit verknüpften kupferzeitlichen Kulturen des Balkans mit seinem hohen Alter“ (Mainberger 1984, 61); Turck 2010, 47.

<sup>2535</sup> Matuschik 1998, 239-241 mit Abb. 236.

<sup>2536</sup> Matuschik 1998, 241.

<sup>2537</sup> Matuschik 1998, 241f.; Schubert 1981, bes. 449-453; Ottaway 1982, 135; Strahm 2010, 186. 190; Siehe insbesondere für Dolche aus der Slowakei Schreiner 2007, 146. 151f.

<sup>2538</sup> Lefranc u. a. 2012, 714f mit Table 4c.

Der Herstellung besonders arsenreichen Kupfers, wie es etwa für Dolche Verwendung fand, könnte eine Auslese arsenreicheren Kupfers zugrunde liegen. Dieses kann durch Schmelzpunktunterschiede, Zementationsprozesse oder durch Abscheidungsvorgänge von Speisen aus Sulfidphasen (vgl. niedrige Eisengehalte) bei einer chalkolithischen Verhüttung entstanden und nachfolgend gezielt ausgelesen worden sein (vgl. die bimodale Verteilung von Arsen in sog. Gussresten). Erste Ansätze dieser Technik könnten sich dabei, in Abhängigkeit von der Datierung, die geltend gemacht wird, bereits in Brixlegg in Form unterschiedlich legierter *prills* beobachten lassen. Fahlerzkupfer werden teilweise vor der Wende des 5. zum 4. Jt. v. Chr. verwendet (z. B. Nógrádmárcal- und Handlová-Kupfer), und auch erste Verdachtsmomente für eine Vordatierung des Beginns früher Arsenkupfer wie Mondseekupfer sind gegeben. Ob sie sich weiter erhärten, bleibt abzuwarten. Unklar bleibt die mögliche Existenz von weiteren hoch mit As, Sb, Ni und Ag legierten Kupfersorten, teilweise also Fahlerzkupfern, während des ausgehenden 5. und frühen 4. Jt. v. Chr. (vgl. auch Taf. 19, 3. 4; 17, 4). Während sich in Mitteleuropa und Südosteuropa systemisch gesehen zahlreiche Indizien für einen frühen Beginn von Arsenkupfer ergeben (s. o.), wird das Aufkommen von Arsenkupfer indes häufig mit Dolchen und der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz in Verbindung gesetzt<sup>2539</sup>. Auch die vermeintliche Bindung Dolch, Zirkumpontische Komponente und Arsenkupfer löst sich bei genauer Betrachtung ein Stück weit auf. Nach Hansen kommen Dolche und Messer aus Kupfer bereits ab der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. vor<sup>2540</sup>. Er führt insbesondere Dolche aus dem westlichen Schwarzmeergebiet an, die 0,3–2,7 % bzw. 3–10 % Arsen enthalten<sup>2541</sup>. Unabhängig von der Frage nach der intentionellen Herstellung macht er für das Arsenkupfer aufgrund eines vermeintlichen Vorherrschens reiner Kupfer im Karpatenbecken<sup>2542</sup> eine zirkumpontische Komponente und möglicherweise kaukasische Lagerstätten verantwortlich<sup>2543</sup>. Dies ist weiter zu differenzieren. Andere Autoren sehen die Herkunft (der Technologie) des Arsenkupfers in Südosteuropa noch in karpato-balkanischen Traditionen mit einem vagen Zeitansatz um 4000 v. Chr.<sup>2544</sup>. Dabei spielen chronologische Aspekte eine wichtige Rolle. Verschiedene Dolchformen liegen aus Mittel- und Südosteuropa zwischen dem späten 5. und dem 3. Jt. v. Chr. vor<sup>2545</sup>. Sozusagen arsenfreie Dolche mit blattförmiger Klinge ohne Nietlöcher (Typ Bodrogkeresztúr) stammen aus dem westkarpatisch-mitteldanubischen Raum aus Bodrogkeresztúr-Zusammenhängen<sup>2546</sup>, könnten nach neueren Erkenntnissen ins ausgehende 5. Jt. v. Chr. zu datieren sein und wären damit deutlich älter als vielfach angenommen (vgl. Kap. IV.1.1). Ein Dolch des Typs Bodrogkeresztúr A aus der Siedlung Ariuşd (Rumänien) mit 1,35 % As wird von Vajsov der Stufe Cucuteni AB zugewiesen<sup>2547</sup>. Damit könnte sich ein Zeitansatz ab/um 4000 v. Chr. verbinden<sup>2548</sup>. Matuschik zufolge überwiegen bei bodrogkeresztúrzeitlichen Dolchen Reinkupfer, und mit Arsen angereicherte Kupfer kommen im Karpatenbecken im Wesentlichen erst im nachfolgenden Scheibenhenkelhorizont auf<sup>2549</sup>. Vajsov verknüpft das Ende der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz mit dem Aufkommen von Dolchen und Arsenkupfer zum Anfang des 4. Jahrtausends als einem vagen Zeitansatz und sieht eine Komponente der Zirkumpontischen

---

<sup>2539</sup> Vgl. etwa Hansen 2009, 28.

<sup>2540</sup> Im Folgenden nach Hansen 2009, 28.

<sup>2541</sup> Hansen 2009, 28 Anm. 83 zitiert Vajsov 1993, 141 Abb. 36; Vgl. Vajsov 1993, 140f.

<sup>2542</sup> Vgl. aber auch Obereder u. a. 1993, 8.

<sup>2543</sup> Hansen 2009, 28.

<sup>2544</sup> Obereder u. a. 1993, 8; Matuschik 1998, 242f.

<sup>2545</sup> Matuschik 1998, 213-235. bes. 213. 232-234; Ottaway 1982, 41-46.

<sup>2546</sup> Vajsov 1993, 125-128. 137.

<sup>2547</sup> Vajsov 1993, 121.

<sup>2548</sup> Vgl. die Vajsov 1993, 138 Abb. 33; 139 Abb. 34; Govedarica 2004, 227 Abb. 56.

<sup>2549</sup> Matuschik 1998, 220.

Metallurgieprovinz am Werk<sup>2550</sup>. Erste Nietlöcher sieht Vajsov bei seinen Typen Cucuteni, Dolné Semerovce und Ojców etwa zur Zeit von Tripol'e B2 (um etwa 4000 v. Chr.) in der Moldau und der Ukraine aufkommen, und die Dolche enthalten u. a. auch Arsen<sup>2551</sup>. Matuschik – der Kritik an der Typenaufteilung, der Fundaufnahme und der Vorstellung der Analysen von Vajsov übt – interpretiert erste Nietdolche als eine Entwicklung der „Balkano-Karpatisch-(danubischen)-Metallurgie-Provinz“ der späten Hochkupferzeit<sup>2552</sup>. Bis auf weiteres bleibt die Datierung von Dolchen notorisch schwierig<sup>2553</sup>. Ungeachtet ihres genauen Entstehungsorts zeigen verschiedene Nietdolchformen eine weite Verbreitung und bestehen häufiger aus Arsenkupfer<sup>2554</sup>. Auch durch frühe bodrogkeresztúrzeitliche Lanzett- und Griffzungendolche vom Typ Pusztaiavánháza nach Matuschik ergeben sich Hinweise auf eine Produktion von Arsenkupfer im karpatischen Bereich um 4000 v. Chr.<sup>2555</sup>. Indizien für eine frühe und breitere Nutzung verunreinigter Metalle stellen die oben gemachten Überlegungen dar<sup>2556</sup>. Nietdolche des Typs Cucuteni nach Matuschik, dem auch das Exemplar aus Reute zugeordnet wird, zeigen eine südosteuropäische bis in den nordalpinen Raum reichende Verbreitung ab möglicherweise der (frühesten) ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr.<sup>2557</sup>. Im Fall des Dolches von Reute ist auch eine lokale<sup>2558</sup>, intentionelle Produktion in einem Umfeld mit Hinweisen auf eine extraktive Metallurgie, die sich mit den erörterten Grundlagen der chalkolithischen Legierungserzeugung in Deckung bringen lässt, derzeit nicht auszuschließen. Umso mehr, als dass Dolche eine Fahlerzsignatur aufweisen<sup>2559</sup>, darf sicherlich davon ausgegangen werden, dass zumindest teilweise auch für die hochlegierten Kupfer eine Anreicherung von Arsen über den Ursprungsgehalt im Erz durch die chalkolithische Legierungserzeugung erfolgte<sup>2560</sup>. Wäre Kupfer wie die Reinkupfer (E00 nach SAM 2) des vorhergehenden Horizontes durch die Zugabe von Arsenerzen oder gediegenen Arsen (Scherbenkobalt) legiert worden<sup>2561</sup>, dürfte dies zu einer anderen chemischen Zusammensetzung führen. Die chalkolithische Legierungserzeugung – hier mutmaßlich auf Basis von verwitterten Fahlerzen – bot die Möglichkeit, verschiedene Kupfer als Endglieder einer Verhüttung in einem Gang zu erzeugen<sup>2562</sup>. Kann man (hohe) Arsengehalte etwa durch die Zugabe von arsenhaltigem Erz erzeugen, wird von Ottaway angenommen, dass die eher niedrigen Arsengehalte (bis 1 %) durch das Verhütten von arsenhaltigem Erz zustande kamen<sup>2563</sup>. Indes ist es möglich, unterschiedlich mit Arsen legierte Kupfer durch die Disparität in der räumlichen Verteilung der Mineralien im Erz sowie durch die Kontrolle der Parameter

<sup>2550</sup> Vajsov 1993, 104-106. 137f. 141.

<sup>2551</sup> Vajsov 1993, 106f. 114. 137f. mit Abb. 33.; Vgl. Govedarica 227 Abb. 56.

<sup>2552</sup> Zitat: Matuschik 1998, 232; Matuschik 1998, 220f. 232f.; Dies entspricht einem „Frühstadium des späten nordalpinen Jungneolithikums“ (Matuschik 1998, 207).

<sup>2553</sup> Müller 2012, 48.

<sup>2554</sup> Vajsov 1993; Matuschik 1998, bes. 221-235; Schalk 1998, 63-66; Vajsov 1993, 121.133. 149 Abb. 35.

<sup>2555</sup> Matuschik 1998, 214. 220. 242.

<sup>2556</sup> Die bei Schalk (1998, Beilage 1) für einen Horizont Bodrogkeresztúr im nördlichen Karpatenbecken ausgewiesenen SAM-Materialgruppen (teilweise arsenhaltig) müssten nach einer erneuten chronologischen Aufgliederung der Funde über eine Abfrage der SAM-Datenbank auf ihre Aussagekraft bezüglich der Entwicklung von Kupfersorten überprüft werden (vgl. etwa Schalk 1998, 9 Tabelle 2; 33. 45. 125-127).

<sup>2557</sup> Matuschik 1998, 214. 221; Vgl. dazu aber die Datierungen bei Müller 2012.

<sup>2558</sup> Matuschik 1998, 234. 245.

<sup>2559</sup> Matuschik 1998, 240 Abb. 236.

<sup>2560</sup> Ähnlich Matuschik 1998, 243f.

<sup>2561</sup> H. Otto (Otto – Witter 1952, 32. 47); Vgl. dazu Sangmeister – Strahm (1973, 216-218. bes. 216), die beide Methoden parallel zueinander annehmen, für die hoch mit Arsen legierten Kupfer jedoch eine Zumischung von Arsenerzen.

<sup>2562</sup> Vgl. dazu die Feststellungen und Annahmen von Obereder und Kollegen, die dies in gewisser Weise vorwegnehmen, ohne aber zwingende Schlüsse daraus zu ziehen (Obereder u. a. 1993, 7f. mit Abb. 4).

<sup>2563</sup> Etwa Ottaway 1982, 131f. 134. 139. 196f.



bei einem Schmelzgang zu erzeugen<sup>2564</sup>. Dass sich die höher mit Arsen legierten Kupfer bei anderen Elementen nicht vom Gros des Arsenkupfers unterscheiden, könnte auch ein Hinweis auf eine Zulegierung von Arsen (-mineralien) darstellen. Jedoch zeigen möglicherweise die Eisengehalte, dass eine gezielte Erzauswahl und Verhüttung angenommen werden kann. Konkretere Aussagen zur Herstellungsmethode können unter Vorbehalt im Vergleich zu anderen Kupfersorten getroffen werden. Eingehendere Betrachtungen sind aber angemahnt. Bei Mondseekupfer angelegentlich gemeinsam auftretende erhöhte Sb- und Ag-Gehalte (s. o.) könnten auf höhere Temperaturen zurückzuführen sein (vgl. Kap. II.3). Da sich Kupfer mit erhöhten As-Gehalten sonst nicht weiter absetzen sollen<sup>2565</sup>, könnten für die Anreicherung von Arsen neben Schmelzpunktunterschieden von Mineralgemengen möglicherweise Zementationsprozesse in Betracht gezogen werden. Die geringen Eisengehalte höher mit Arsen legierter Artefakte könnten sich aber auch mit der Abscheidung von Metallphasen aus Sulfidphasen verbinden lassen. Pb liegt bei Mondseekupfer meist niedrig, dabei streuen die Werte stark<sup>2566</sup>. Im Vergleich und wahrscheinlich in Abgrenzung dazu hat nach Untersuchungen von Matuschik eine Kupfersorte der Glockenbecherkultur (bei Matuschik „A-Kupfer“) zwar niedrigere As-Medianwerte, dafür aber höhere Ag-, Ni- und Sb-Gehalte, wie auch Bi- und Pb-Anteile. Hiermit steht diese Kupfersorte frühbronzezeitlichen Kupfern näher<sup>2567</sup>. Zu betonen sind die Pb-Gehalte, die bei einer Speiseabscheidung aus Sulfidphasen oder aber beim Ausschmelzen der Wertträger aus dem Erz-/Schlackengerüst nach Schmelzpunktunterschieden auftreten können (vgl. Kap. II.3). Weiter fällt auf, dass die eine bimodale Verteilung zeigenden As-Werte dieses sog. A-Kupfers ebenso eine bimodale Verteilung von Sb aufweisen<sup>2568</sup>. As und Sb verhalten sich bei der Abscheidung von Speisephasen aus eine Sulfidphase quasi identisch<sup>2569</sup>.

Für (einen Teil der) Fahlerzmetalle vom Neolithikum bis zur Bronzezeit sind bei der Legierungsbildung wohl neben Temperaturunterschieden insbesondere Abscheidungsvorgänge von Arsen-/Antimonmangellegierungen bis hin zu Speisen aus Sulfidphasen beteiligt. Letztere Herstellungsmethode wurde durch Lesniak<sup>2570</sup> für bronzezeitliche Fahlerzkupfer wahrscheinlich gemacht. Außerdem liegen neolithische Fahlerzmetalle zum Teil in Clustern mit bronzezeitlichen Artefakten. Für Arsenkupfer in der Art von Mondseekupfer bleibt eine Abscheidung aus Sulfidphasen hingegen nicht nachvollziehbar. Das spätere Riesebusch-Kupfer zeigt niedrigere Silber- und Nickelgehalte als Mondseekupfer, was durch leicht tiefere Temperaturen bei der Verhüttung erklärbar ist. Dies weist auf die Rolle von Temperaturunterschieden bei der chalkolithischen Verhüttung hin (Taf. 20, 3)<sup>2571</sup>. Dabei können Schmelzpunktunterschiede von Mineralgemengen oder Zementationsprozesse, die auf dem Sublimationspunkt von Arsen beruhen, für die Legierungsbildung von Mondseekupfer und insbesondere seiner arsenreichen Ausprägungen verantwortlich sein. Im Rahmen der *chaîne opératoire* einer chalkolithischen Verhüttung können disparate Zusammensetzungen von *prills* eines Verhüttungsganges dann objektspezifisch verwendet worden sein.

---

<sup>2564</sup> Vgl. zur Annahme, dass die Verhüttungsbedingungen eine Rolle gespielt haben könnten Ottaway 1982, 132; Siehe auch Lesniak 1991, 227f. mit der Möglichkeit, aus einer Charge unterschiedliche Kupfer durch Matte- und Speisephasen zu Schmelzen.

<sup>2565</sup> Matuschik 1998, 239-241 mit Abb. 236.

<sup>2566</sup> Matuschik 1998, 241.

<sup>2567</sup> Matuschik 2004, 296.

<sup>2568</sup> Matuschik 2004, 290 Abb. 5.

<sup>2569</sup> Vgl. Moesta 2004.

<sup>2570</sup> Lesniak 1991.

<sup>2571</sup> Klassen – Stürup 2001, 62-67. bes. 66f.; Klassen 2000, 179f. mit Abb. 80.

Die Frage nach der Herstellungstechnik der Buckelscheibe aus Štramberg (Kat. 6) ist weiterhin offen. Da die Kupellation im Bereich Obermesopotamiens (Kap. IV.2) und der Ägäis (Kap. IV.1.1.1.1) etwa zeitgleich bekannt war, ist sie als Herstellungstechnik auch für das Material der Štramberger Buckelscheibe nicht auszuschließen, aber unwahrscheinlich<sup>2572</sup>. Dabei scheinen sich die ungefähr zeitgleichen Kommunikationsräume der Ringanhänger, die etwa in der Ägäis aus Silber vorliegen (Kat. 8–10), und der Buckelscheiben räumlich auszuschließen (Taf. 18, 2). Diese (wohl bewusste) Abgrenzung spricht aber zumindest für eine Kenntnis der Kommunikationsräume voneinander. Interessant in diesem Zusammenhang ist der Befund der Hornstaader Buckelscheibe aus Kupfer: Sie dürfte, wie auch andere Funde in diesem Milieu, auf Fahlerze zurückzuführen sein und ist relativ silberreich. Inwiefern dafür eine Kenntnis von Silber(-legierungen) aus Fahlerzen zu vermuten ist, muss weiter untersucht werden. Indessen könnte sich ihre Zusammensetzung auch durch Raffinationseffekte erklären. Das nebst goldener Buckelscheiben gefundene eberzahnförmige Zierblech aus Stollhof, das dem gleichen zeitlichen Horizont wie die eben genannte silberne Buckelscheibe aus Štramberg angehört, könnte sich mit ähnlichen Objekten aus dem Raum Bulgariens (Kat. 1–4) verbinden lassen. Diese Funde und ihre mutmaßlichen Beifunde wiederum bestehen aus Silber und Silbergoldlegierungen und erlauben, überdies formal Verbindungen bis in die Ägäis (vgl. Kat. 8) zu ziehen. Insgesamt zeichnet sich ein weiter und vielgestaltiger Kommunikationsraum ab, in dem Silber und Legierungen bekannt waren.

In dem von der Stuttgarter Datenbank von Metallanalysen (Studien zu den Anfängen der Metallurgie) abgedeckten Gebiet lässt sich nach Pernicka beobachten, dass beim Übergang vom Endneolithikum zur Bronzezeit in allen Teilregionen neue Metallsorten auftauchen<sup>2573</sup>. Dies wird als Hinweis darauf gedeutet, dass man Zinn nicht in die bislang bekannten Kupfersorten mischte, sondern neue Lagerstätten oder Lagerstättenbereiche genutzt wurden. Die Abfolge Reinstkupfer – Arsenkupfer – Fahlerzmetall – zinnlegiertes Reinkupfer soll sich in ganz Europa nachvollziehen lassen<sup>2574</sup>. Dies legt aber auch den Verdacht nahe, dass die früheren Metallsorten einer intentionellen Produktion geschuldet sind, und die Nutzung neuer Erzsorten und ggfs. neuer Verhüttungsmethoden mit einer „allfälligen Raffination“<sup>2575</sup> erst durch die Verwendung von später zumischbarem Zinn verständlich wird. Die Verhüttung unter stärker reduzierenden Bedingungen und bei höheren Temperaturen führt nämlich zunächst zu einem deutlich „unreineren Kupfer“<sup>2576</sup>. Inwieweit die Durchsetzung von Bronze mit schlackenbildenden Verhüttungsmethoden und dem Aufkommen von Barren einhergeht, muss weiter untersucht werden (die Überlegungen hier folgen Ergebnissen von Ottaway für den nordalpinen Bereich)<sup>2577</sup>. Gusskuchen zeigen schwankende Nebenelementwerte teils mit erhöhten As-Werten, dabei aber auch häufig erhöhte Eisengehalte (im Mittel je nach Cluster 0,004 %, 0,469 % und

---

<sup>2572</sup> Pernicka 1990, 57f. mit Anm. 21a.

<sup>2573</sup> Pernicka 1990, 98.

<sup>2574</sup> Pernicka 1990, 98f. – Vgl. zur Entwicklung der Kupfersorten jedoch Bachmann 2003, 27; Stöllner 2003, 31.

<sup>2575</sup> Pernicka 1990, 78.

<sup>2576</sup> Pernicka 1990, 76.

<sup>2577</sup> Ottaway 1982; Vgl. dazu auch die Überlegungen zur Annahme von Bronze von Ottaway 1982, 167-171. 191.

1,075 %) <sup>2578</sup>. Höher mit Zinn zu Bronze legierte Kupfer setzen sich deutlich von den älteren mit Nebenelementen legierten Kupfersorten ab <sup>2579</sup>.

#### **IV.1.3.1. Frühe Metallurgie in West- und Südeuropa?**

Die Entwicklungen, welche sich in weiten Teilen Südost-, Ostmittel- und Mitteleuropas sowie des westlichen Schwarzmeergebietes nachverfolgen lassen, sind in West- und Südeuropa nicht (überall) gleichermaßen nachzuzeichnen. Aber auch die Regionen West- und Südeuropas zeigen eine Einbindung in größere Kommunikationsräume, schwer zu datierende frühe Metallurgiebelege in Form von Kupfer- und Goldobjekten und umstrittene Hinweise auf eine frühe Kupfergewinnung <sup>2580</sup>. Bezüglich des Auftretens von Arsenkupfer in Westeuropa stellt Roberts fest: „Arsenical copper is probably the earliest copper alloy appearing throughout Western Europe from at least the 3<sup>rd</sup> millennium BC though there is no widespread shift towards the production of the metal and debates on its intentionality remain” <sup>2581</sup>. Der zeitliche Beginn der Arsenkupfernutzung (und auch Silberverwendung) muss vor dem Hintergrund der allgemeinen Berührungspunkte und -möglichkeiten mit Metallurgie in diesen Räumen gesehen werden <sup>2582</sup>.

Eine Einbeziehung in weiträumige Kontaktnetzwerke manifestiert sich in der Verbreitung von Jadeitbeilen <sup>2583</sup>. Diese zeigen ab spätestens etwa 4700 v. Chr. – auf der Iberischen Halbinsel sind sie selten – eine (bislang) eher westeuropäische Verbreitung und finden sich meist als Einzelfunde respektive Deponierungen (Taf. 17, 3). Ihre Datierung erfolgt häufig auf typologischer Basis. Die Herkunft dieses alpinen Grüngesteins wird u. a. in den südwestlichen Alpen im Bereich des Monte Viso gesehen. Auf dem Höhepunkt der Produktion (5000–4200 v. Chr.) wurden die Steinbrüche von Trägern der *Vasi a bocca quadrata*-Kultur (VBQ) betrieben <sup>2584</sup>. Dies ist hinsichtlich Fragen nach früher eigenständiger Metallurgie spannend (vgl. Hornstaader Scheibe Kap. IV.1.3). Seltener scheinen sich bei derzeitigem Forschungsstand Jadeitbeile auch in Südosteuropa, darunter ein entsprechendes Exemplar in Varna Grab 43, zu finden. Aus einer altgegrabenen Bestattung aus dem südwestfranzösischen Pauilhac – die Datierung ist schwierig – stammen u. a. zwei Jadeitbeile, ein goldenes Blechdiadem, welches mit ähnlichen aus Moigrad in Siebenbürgen verglichen wird, sieben goldene Perlen, zwei Eberzähne und sechs lange Silexklingen (max. 34,5 cm) (Taf. 21, 1. 2) <sup>2585</sup>. Eine

---

<sup>2578</sup> Vgl. auch die Zusammensetzung der Cluster und damit ihr Bezug zu den Gusskuchen sowie einer vagen Verknüpfung zu Objekten, die niedrigere Pb-, Bi- und Fe- Werte sowie höhere Ni- und Ag-Gehalte haben (Cluster 4), deren genetische Herleitung aus den Barren zwar nicht möglich ist, aber Hinweise auf die Bearbeitungsschritte erlauben könnte: Ottaway 1982, 61. 119 Table 8; 145f. 148-153. 265f. Fig. 26-27 (Cluster 3, 4 und 7).

<sup>2579</sup> Vgl. zu den Kupfersorten früherer Horizonte und solchen mit Zinn legierten etwa Ottaway 1982, 118-160. 263-266 Fig. 24-27 [frühere Horizonte] mit Ottaway 1982, 161-171. 270f. Fig. 33-34 [Bronzen] vgl. dazu 341a Appendix XXVIII. Zu den Unterschieden Ottaway 1982, 121-126. 161.168-171. 184. 188.

<sup>2580</sup> Vgl. Hansen 2011a, 289-291. bes. 289.

<sup>2581</sup> Roberts 2009, 134.

<sup>2582</sup> Siehe etwa mit systemischen Betrachtungen und der Besprechung der Metallurgiebelege Roberts 2009 und im Folgenden.

<sup>2583</sup> Zu den Beilen – dort zusammenfassend – nach Hansen 2011a, 289f.; Hansen 2009, 21f.; Turck 2010, bes. 69-80 (mit der Frage nach einer Übersetzung der Form in Kupfer und zur Datierung und mutmaßlichen Zuordnung von Kupferbeilen zu Michelsberg); Siehe etwa Pétrequin u. a. 2010.

<sup>2584</sup> Pétrequin u. a. 2010, 193.

<sup>2585</sup> Hansen 2009, 20-22 mit Abb. 12; Hansen 2011a, 289; Roberts paper, 10; Klassen 2004, 265f.; Weiter zu Pauilhac, Département Gers: „Datierung“: Énéolithique; Néolithique final; Fabre 1952, Pl. I [Kompilation der Funde]. 67. LXXXVif.; Eluère 1982, 56. 57 Fig. 69. 263). Das Blechdiadem weist eine Perl buckelverzierung auf und ähnelt in den Umrissen solchen (Idolen) des Typs Moigrad (Ungarn) (Ambert – Carozza 1998, 151; Guilaine

40 cm lange Silexklinge ist ebenfalls aus Varna Grab 43 bekannt. Aufgrund der Ausarbeitung der Schneiden mancher Jadeitbeile, sie sind häufig breit und manchmal sogar ausgezipfelt, wird ein Rückgriff auf metallische Vorbilder angenommen<sup>2586</sup>. Weitere, typologisch mit südosteuropäischen Formen verbindbare Metallobjekte sowie mögliche Imitationen dieser liegen vor. Klassen verweist in diesem Zusammenhang auf einen ringförmigen Hämatitanhänger mit zwei Bohrungen aus einem Megalithgrab von Renongar in der Bretagne, der sich „zweifellos“ als Kopie kupferner und goldener südosteuropäischer Anhänger darstelle<sup>2587</sup>. Die Ähnlichkeit ist frappierend (Taf. 21, 3). Aus der Bretagne stammt überdies aus der Gemeinde Fougères (Ille-et-Vilaine) eine Schaftlochaxt vom Typ Čoka<sup>2588</sup>. Diese werden im Karpatenbecken an den Übergang Tiszapolgar zu Bodrogkeresztúr datiert. Weitere frühe Funde von französischem Gebiet mit südosteuropäischen Bezügen stellen zwei ins frühe 4. Jt. v. Chr. datierbare kreuzschneidige Äxte vom Typ Jászladány aus dem Pariser Becken dar<sup>2589</sup>. Frühe Metallimporte sind mit der Bretagne und dem Pariser Becken in Regionen mit hohen Funddichten von Jadeitbeilen zu finden<sup>2590</sup>.

Form und Farbe<sup>2591</sup> mancher Jadeitbeile lassen an einen *Metallschock* denken. Inwieweit mögliche metallene Vorbilder sich einer Überlieferung oder Identifizierung entzogen haben (vgl. unten), kann an dieser Stelle nur vermutet werden. Sind Jadeitbeile auf der Iberischen Halbinsel selten, so finden sich dort metallene Exemplare ungeklärter Datierung und ein Verhüttungshinweis, für die eine Frühdatierung erwogen wird (s. u.). Dabei könnte sich auf der Iberischen Halbinsel ein weiterer Verbreitungskreis abzeichnen (s. u.; vgl. Taf. 17, 3)<sup>2592</sup>. Eine Kenntnis von Metall wäre in beiden Fällen zugrunde zu legen. Umgekehrt sind auch Metallimitationen früherer Formen der Jadeitbeile denkbar (s. u. für Südfrankreich)<sup>2593</sup>.

Hinsichtlich weiterer Metallurgiebelege nennt Roberts für Südostfrankreich Ahlen, Dolche und Bleiperlen aus Roquemengarde, die als früheste sichere Metallurgiebelege gelten; über Radiokarbondatierungen sind sie dem späten 4. Jt. v. Chr. zugewiesen<sup>2594</sup>. Ein Beginn der ersten Metallurgie auf dem Gebiet Frankreichs wird meist nicht vor dieser Zeit angenommen<sup>2595</sup>.

However, the occasional discoveries of objects more typical of other regions with older metallurgical traditions to the east, such as northern Italian ‘Remedello’ style daggers, western

---

– Eluère 1998, 176 mit Anm. 3). Ein mögliches Vergleichsstück, ein goldenes Diadem aus Cholet, ist verschollen (Eluère 1982, 56; Eluère 1977, 404 Fig. 11,1).

<sup>2586</sup> Klassen 2004, 265f.

<sup>2587</sup> Zitat: Klassen 2004, 266; Klassen (2004, 266f. mit Abb. 143) auf Basis von Cassen; Klassen u. a. 2012, 1285.

<sup>2588</sup> Klassen u. a. 2012, 1281f.

<sup>2589</sup> Zusammenfassend Klassen u. a. 2012, 1282: Eine Axt stammt aus Meaux. Eine weitere im Museum zu Chartres befindliche Axt könnte auch aus dem Kunsthandel stammen.

<sup>2590</sup> Klassen u. a. 2012, 1285.

<sup>2591</sup> Kupferminerale können auffällig grün oder blau sein. Blankes Kupfer dagegen hat zunächst eine hell- oder lachsrote Farbe. Ohne regelmäßige Politur läuft Kupfer an der Luft relativ schnell dunkel (rotbraun) an, da Kupfer bei Kontakt mit Sauerstoff oxidiert. Mit der Zeit kann sich an feuchter Luft eine stabile Patina aus einem Gemisch aus Kupferkarbonat, -sulfat, -chlorid und -hydroxid bilden. Die Patina kann zwischen bräunlichen und schwärzlichen, aber auch eher grünlichen und blaugrünen Farbtönen variieren. Unter Einwirkung von Säuren (z. B. Speisen, Essigsäure, Salzwasser) bilden sich relativ schnell grünliche und bläuliche bis dunkelgrüne Kupfersalze. Kupferacetat (Salz der Essigsäure) wird als Grünspan bezeichnet. Fingerabdrücke können durch Schweiß (Feuchtigkeit und Säuren) ebenfalls schnell zur Grünspanbildung führen. Damit erinnert die korrodierte Oberfläche an die Farbe der Kupferminerale.

<sup>2592</sup> Hansen 2011a, 290f.; Pétrequin u. a. 2010, 191; Klassen 2004, 264-266; Siehe dazu besonders auch Klimscha 2011a; Ferner Scarre 2010, bes. 143.

<sup>2593</sup> Siehe und vgl. Klassen 2012, 1286f. hier bes. 1287.

<sup>2594</sup> Roberts paper, 10. – Zu den Typen des Zeitraumes des späten 4. bis Mitte 3. Jt. v. Chr. siehe Roberts paper, 22f. mit weiterer Literatur.

<sup>2595</sup> Dazu Ambert – Carozza 1998, 149.

Swiss style spiral pendants and even a gold repoussé diadem whose closest parallels are in the Balkans [i. e. Pauilhac, Anm. des Autors], raises the possibility of earlier dates (Eluère 1982, 56; Guilaine & Eluère 1997, 176; Ambert & Carozza 1998, 160-1)<sup>2596</sup>.

Ein Teil dieser Metallfunde – darunter Bleiperlen – könnte früher datieren, wobei zunächst die extraktive Metallurgie außen vorgelassen wird. Gerade auch unter dem Korpus der Goldfunde könnten sich ältere Funde verbergen<sup>2597</sup>. Neben Pauilhac sind zwei weitere, umstrittene und potentiell ins 5. Jt. v. Chr. zu datierende Fundkomplexe aus der Bretagne mit jeweils mehreren Goldfunden wie auch Bronze (?) zu nennen. Diese stammen aus St. Germain en Erdeven (Morbihan) und Guern ar Floc’h, Maël-Pestivien (Côtes-d’Armor)<sup>2598</sup>. Eine einzelne, kontextlose Silberperle aus Soyons (Ardèche) wird häufig im Zusammenhang mit frühen Metallfunden genannt (nicht im Kat.)<sup>2599</sup>. Als charakteristische Formen der ersten französischen Metallurgie nennen Ambert und Carozza Flachbeile (ca. 300 g), Dolche, Ahlen und Perlen<sup>2600</sup>. Sie weisen auf die problematische Lage der Bestimmung der ältesten Metallurgie hin, da – insbesondere auch für die Flachbeile – gute Kontexte fehlten<sup>2601</sup>:

Les haches plates ont parfois la morphologie des haches en pierre. [...] ... la plupart, trouvées hors contexte, ont des compositions spectrographiques et des morphotypes variés. La diversité de leur composition spectrographique peut découler de leur diversité chronologique et exclu l’hypothèse d’un centre de production unique.

Der Hinweis von Ambert und Carozza auf die unterschiedlichen Zusammensetzungen könnte sich dabei hinsichtlich des Beginns der Arsenkupfermetallurgie als besonders spannend herausstellen. Kürzlich wurde aufgrund morphologischer Merkmale ein Vergleich einiger Kupferflachbeile triangulärer Form aus Südfrankreich mit Jadeitbeilen kurz ins Spiel gebracht. Dieser Gedankengang wird aber nicht weiter verfolgt, da zum jetzigen Zeitpunkt keine Metallurgie in diesem Gebiet vor der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. bekannt sei und Kupferflachbeile hier möglicherweise erst im 3. Jt. v. Chr. aufkämen. Letztlich sei dadurch sogar ein Einfluss alpiner Jadeitbeile auszuschließen, da keine Hinweise auf eine so lange

---

<sup>2596</sup> Roberts paper, 10 (Vgl. zu den Zitaten bei Roberts auch die Bibliographie dieser Arbeit: Eluère 1982; Guilaine – Eluère 1998; Ambert – Carozza 1998).

<sup>2597</sup> Von der Iberischen Halbinsel und aus Frankreich, insbesondere Südfrankreich stammen zahlreiche frühe Goldobjekte (Primas 1995, 86f.). Häufig sind dies Perlen verschiedener Typen, Draht, Blechschmuck, darunter das Diadem von Pauilhac, und anderes mehr. Für verschiedenen Perlentypen wurden u. a. schon Vergleiche zu solchen aus Gumelnița und Bodrogkeresztúr, Cortailod und Pfyng gezogen (vgl. Eluère 1977, 391-394). Leider sind typologische Vergleiche von Perlen, als einfache Formen, schwerlich aussagekräftig. Auch Datierungen ans Ende des 2. Jt. v. Chr. über Vergleiche des Inventars von Pauilhac werden erwogen (Ambert – Carozza 1998, 151). Vielfach handelt es sich um Altfunde, die Kontexte sind unbekannt. Die „Kontexte“ ließen sich vielmehr wie eine Materialliste von Funden eines Monumentes lesen (Eluère 1977, 407). Als Datierungskontext bzw. -spanne wird Chalcolithique, dessen Abgrenzung zu Néolithique Final und zu Bronze Ancien schwierig ist, „Contextes du Néolithique Final / Chalcolithique sans campaniforme“ angegeben, aber auch Elemente von Néolithique Moyen-Final werden genannt (Eluère 1977, bes. 407f.). Daneben mit Angabe derselben Zeitspanne, zuweilen als „Beifunde“, werden Bleiperlen (Ambert – Carozza 1998, 149; Literatur zu weiteren Bleiperlen teils unklarer Datierung Primas 1995, 87), Perlen aus Variscit, Türkis und grünem Gestein und langen Silexklingen, teils „Grand Pressigny“ und Obsidian, Dolchklingen aus retuschiertem Silex, Jadeitbeile und Eberhauer aufgelistet und eine kupferne Dolchklinge (aus „purem“ Kupfer) stammt aus Laure/Saint-Eugène, für die in etwa der gleiche Datierungsansatz gegeben wird (Eluère 1977, bes. 405-408). Auch weitere Goldfunde, wie einfache Armringformen teils ohne bekannte Fundkontexte, die der Bronzezeit zugeschlagen werden, bedürfen einer Neubewertung (siehe hierzu bei Eluère 1982).

<sup>2598</sup> Klassen u. a. 2012, 1284f.: Diese finden sich mit der Bretagne in einem der Hauptverbreitungsgebiete der Jadeitbeile. Beide Fundensembles sind mit Problemen hinsichtlich der Datierung und der Beifunde behaftet. Mit dem Fund von Guern ar Floc’h waren möglicherweise Bronzen (*cakes of bronze*) vergesellschaftet.

<sup>2599</sup> Primas 1995, 87; Eluère 1977, 408; Ambert – Carozza 1998, 149.

<sup>2600</sup> Ambert – Carozza 1998, 160.

<sup>2601</sup> Zitat: Ambert – Carozza 1998, 160; Siehe Ambert – Carozza 1998, 160-165.

Laufzeit der Jadeitbeile vorlägen<sup>2602</sup>. Ohne genauere Darlegung der Gründe für diese Einschätzung kann vor dem Hintergrund der oben gemachten Ausführungen eine Älterdatierung der Kupferbeile als ebenso wahrscheinlich gelten. Weitere Betrachtungen müssen indes aus Umfanggründen an dieser Stelle unterbleiben. Nach Hansen könnten auch frühe Beile Portugals in typologischer Hinsicht ins 5. Jt. v. Chr. zu datieren sein<sup>2603</sup>.

Der früheste potentielle Hinweis auf die Verhüttung oxidischer Erze von der Iberischen Halbinsel<sup>2604</sup> stammt aus Cerro Virtud<sup>2605</sup> (Provinz Almería/Spanien); er wird nach Radiokarbondaten bereits in die erste Hälfte des 5. Jt. v. Chr. datiert. An diesem Fundort fand sich bei Notgrabungen eine Schlacke an einem Scherben. Obwohl der Fundort durch rezenten Bergbau gestört ist, soll die Fundschicht, über die der Fund datiert wird, ungestört gewesen sein. Die Verhüttung in Cerro Virtud wird in einem keramischen „vase-oven“ gesehen<sup>2606</sup>. Diese Vorrichtungen haben möglicherweise eine (spätere) Tradition in Spanien und mutmaßlich auch Südfrankreich<sup>2607</sup>. Andernorts sind ab der Mitte des 4. Jt. v. Chr. Tiegel mit Handhabe belegt (Frankreich, Schweiz, Italien und Korsika)<sup>2608</sup>. Verhüttung des 4. Jt. v. Chr. könnte in El Palomar und Terrera Ventura im Süden Spaniens nachgewiesen sein. Roberts zieht indes die Kontexte der Funde in Zweifel<sup>2609</sup>. Für das späte 4. Jt. v. Chr. nennt Roberts die unanalysierten Funde von Rotura, Sala 1 und São Bras 1. Zusammenfassend erachtet es Roberts als wahrscheinlich, dass in Südspanien die Technik der Verhüttung im späten 4. bis frühen 3. Jt. v. Chr. aufkam und während des 3. Jt. v. Chr. nahezu auf der gesamten Pyrenäenhalbinsel Verbreitung fand; möglicherweise zeitgleich soll die Nutzung von Gold aufgekommen sein<sup>2610</sup>. Eine Aussage zur frühen Metallurgie der Edelmetalle auf dem Gebiet des heutigen Spaniens, die auf älteren chronologischen Vorstellungen und Konzepten von der Annahme der Metallurgie beruht und die sich auf den Komplex Blei und Silber sowie Kupfersilberlegierungen bezieht, ist vielleicht neu zu bewerten<sup>2611</sup>:

However, in view of the occurrence of workable deposits of native silver and exceptionally rich argentiferous lead-ore in Spain, silver and lead may have been produced at an early date. Indeed, Siret (*Les premiers âges de metal.....*, 231–232) demonstrated that silver was in use in Spain when implements of metal had only partially replaced stone and this again may be proof that no absolute diffusionist theory can be accepted for the history of silver.

Gewichtiger scheint – vor dem Hintergrund der Verbreitung von Jadeitbeilen in Westeuropa bzw. deren weitgehenden Fehlens auf der Iberischen Halbinsel – folgende Überlegung zu Cerro Virtud von Ruiz-Taboada und Montero-Ruiz, die im Zusammenhang mit den Umbewertungen der Jadeitbeile zu sehen ist (Stichworte: Megalithen von Carnac)<sup>2612</sup>:

Knowledge of metallurgy at Neolithic Cerro Virtud cannot have been an isolated phenomenon. This discovery warrants a contextual review of material recovered from earlier excavations.

---

<sup>2602</sup> Klassen u. a. 2012, 1287 mit weiterer Literatur.

<sup>2603</sup> Hansen 2011a, 290.

<sup>2604</sup> Die Metallurgiebelege der Pyrenäenhalbinsel (mit anderen daraus abgeleiteten Schlüssen) nach Roberts paper, 10f.; Roberts 2009, 131f. – Zu Cerro Virtud auch Hansen 2011a, 290f.

<sup>2605</sup> Grundlegend Ruiz-Taboada – Montero-Ruiz 1999.

<sup>2606</sup> Ruiz-Taboada – Montero-Ruiz 1999, 900.

<sup>2607</sup> Ruiz-Taboada – Montero-Ruiz 1999, 898.

<sup>2608</sup> Ruiz-Taboada – Montero-Ruiz 1999, 898.

<sup>2609</sup> Roberts 2009, 131f.

<sup>2610</sup> Roberts paper, 11.

<sup>2611</sup> Forbes 1943, 491. – Die bei Siret genannten Fundorte sind allerdings wohl der El-Argar-Kultur zuzuordnen und fallen somit aus dem Betrachtungsrahmen dieser Arbeit. Unter den Funden befinden sich Ag-Cu-Legierungen.

<sup>2612</sup> Ruiz-Taboada – Montero-Ruiz 1999, 902. – Vgl. kurz zur Datierung der Riesentumuli von Morbihan und der Menhiranlagen Pétrequin u. a. 2010, 192.

Many metal objects from collective megalithic burials associated with both Neolithic and Chalcolithic materials have been assigned to the latter period because of the assumption that metallurgy was absent in the Neolithic. Clear proof that the metal belongs to the older period will be difficult.

Eine Ahle aus sicherem stratigraphischem Kontext aus der Höhle von La Cocina (Valencia) datiert in die gleiche Zeit wie die Befunde von Cerro Virtud<sup>2613</sup>. Insgesamt könnten die frühen Metallurgiebelege der Iberischen Halbinsel neu zu bewerten sein<sup>2614</sup>. Ruiz-Taboada und Montero-Ruiz folgend sind auch Neufunde abzuwarten<sup>2615</sup>.

Die frühesten Hinweise für den Abbau von Kupfererz (Vallarade, Cabrières; ca. 3100 cal BC) und Verhüttung (La Capitelle du Broum and Pioch Farrus 448) auf dem Gebiet des heutigen Frankreichs liegen etwa zeitgleich aus dem späten 4. Jt. v. Chr. vor<sup>2616</sup>. Nach Ausweis von Analysen an verschlackten Tiegeln und teilweise reduziertem Erz wurden oxidische und sulfidische Erze, möglicherweise gleichzeitig beim *co-smelting*, verhüttet<sup>2617</sup>. Aus dem 3. Jt. v. Chr. liegen Tiegel, Tuyères und Schlacken als Hinweise auf Metallurgie in Südostfrankreich vor<sup>2618</sup>. Als Fundorte mit Verhüttung nennt Bourgarit Al Claus, Roque-Fenestre und La Capitelle du Broum (beide im Gebiet von Cabrières) und Hérault<sup>2619</sup>.

In Westeuropa im Gebiet nördlich und westlich der Alpen sowie nördlich der Pyrenäen soll es aufgrund geologischer Voraussetzungen eine Lücke in der Rohstoffabdeckung für Kupfer (und andere Metalle) geben<sup>2620</sup>. Erst in Wales, West- und Nordbritannien sowie Irland seien wieder geeignete Lagerstätten vorhanden, weswegen eine *Chalcolithic Frontier* mit einer als Folge verspäteten Annahme der Metallurgie diskutiert wird<sup>2621</sup>. Aber auch Fragen nach Kommunikationsnetzwerken und der Bereitschaft von Kulturen, Kupfer ins kulturelle Repertoire zu übernehmen, werden im Rahmen der *Chalcolithic Frontier* diskutiert<sup>2622</sup>. Ein alter, ins späte 3. Jt. v. Chr. datierender Beleg für Kupferverarbeitung in diesen Regionen ist der Fund zweier Kupfertropfen von einem Herd in Val-de-Reuil im Tal der Seine. Neubewertungen von Altfunden und Neufunde legen jedoch einen früheren Beginn der Metallnutzung in dieser Region nahe. Aus Vignely (Département Seine-et-Marne; Nordfrankreich) stammen neun Kupferperlen, die mit einem Datum von 3517-3357 cal BC verbunden sind<sup>2623</sup>. Damit würde sich nach Roberts abzeichnen, dass die Metallnutzung hier früher als in Südfrankreich mit den zahlreicheren und besser datierten frühen Metallobjekten nachgewiesen ist<sup>2624</sup>.

Das erste Metall im nordwestlichen Teil (des kontinentalen) Europas soll zur Mitte des 3. Jt. v. Chr. auftreten<sup>2625</sup>. Das Aufkommen von Metallurgieprodukten wird für die Niederlande und die Britischen Inseln mit dem Glockenbecherphänomen in Verbindung gebracht<sup>2626</sup>. Von Objekten, die typologisch dieser Zeit möglicherweise vorausgehen, wird aus der Bretagne berichtet; darunter sind Flachbeile,

---

<sup>2613</sup> Ruiz-Taboada – Montero-Ruiz 1999, 902.

<sup>2614</sup> Hansen 2011a, 291.

<sup>2615</sup> Ruiz-Taboada – Montero-Ruiz 1999, 902.

<sup>2616</sup> Mit weiterer Literatur Roberts paper, 10; Ambert – Carozza 1998, 153-155.

<sup>2617</sup> Nach Roberts paper, 10; Ambert – Carozza 1998, 155.

<sup>2618</sup> Roberts paper, 20; Ambert – Carozza 1998, 157.

<sup>2619</sup> Bourgarit 2007, 3.

<sup>2620</sup> Im Folgenden nach Roberts paper, 11f. (mit weiter Literatur).

<sup>2621</sup> Roberts paper, 11f.; Roberts 2009, 132; Roberts – Frieman 2012 ausführlich zum Model der *Chalcolithic Frontier* von Brodie.

<sup>2622</sup> Roberts – Frieman 2012, bes. 31-34.

<sup>2623</sup> Die Funde gehörten zu einer Bestattung eines etwa 5 Jahre alten Kindes, das Teil einer Kollektivbestattung war (Roberts paper, 12 mit weiterer Literatur).

<sup>2624</sup> Roberts paper, 12.

<sup>2625</sup> Roberts paper, 12f. mit weiterer Literatur.

<sup>2626</sup> Merkl 2011, 7f.

deren chronologische und kulturelle Stellung umstritten ist<sup>2627</sup>. Vor dem Hintergrund möglicher früher Funde von kupfernen Flachbeilen und Jadeitbeilen des 5./4. Jt. v. Chr. im westlichen Ostseeraum und in Mitteleuropa, bei denen es sich um Einzelfunde, vielleicht Deponierungen bzw. Motivbeigaben handelt, sowie angesichts der Jadeitbeilniederlegungen in Westeuropa sind die oben berichteten Bemerkungen interessant<sup>2628</sup>: Frühdatierungen sind also vielleicht in Betracht zu ziehen (vgl. auch Kap. IV.1.3).

Die Ausbeutung von Kupferlagerstätten ist in Wales ab ca. 2100/2000 cal BC belegt. Der Abbau sulfidischer Erze, darunter eisenarme Fahlerze, sowie möglicherweise ihre Verhüttung sind auf Ross Island (Irland) ab etwa 2400 v. Chr. nachgewiesen<sup>2629</sup>. Einiges deutet auf die Abscheidung von Arsenkupfer (ca. 7,35 % As) aus einer Sulfidphase hin (vgl. bes. Kap. II.3.1; ferner II.2.4.4.7). Ein Spritzer Arsenkupfer aus Northton (Isle of Harris, Schottland) wird ins späte 3. Jt. v. Chr. datiert<sup>2630</sup>. Über die Kontexte radiokarbondatierte Kupfer- und Goldobjekte aus dem Süden der britischen Insel deuten auf das späte 3. Jt. v. Chr. Hinweise auf Öfen oder Tiegel fehlen von den Britischen Inseln<sup>2631</sup>. Ein großer Teil der Kupferobjekte der Britischen Inseln zeigt hohe Gehalte an Arsen und Antimon, und die Herkunft auch in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von bleiisotopischen Untersuchungen leitet sich möglicherweise von Ross Island (Südwestirland) her<sup>2632</sup>.

Südlich der Alpen in Oberitalien stand eine Frühdatierung von drei Kupferflachbeilen schon seit längerem in der Diskussion<sup>2633</sup>. Diese wurden wegen fehlender Kontexte jedoch kritisch gesehen. Neubewertungen sowie Neufunde von Kupferobjekten in Norditalien mit und ohne Kontexte, die Datierungen ins 5. Jt. und in die Wende zum 4. Jt. v. Chr. erlauben, zeigen, dass mit einer Verbreitung von Metall in dieser Region zu jener Zeit zu rechnen ist<sup>2634</sup>. So werden neuerdings für 9–12 trianguläre Kupferbeile Ober- und Mittelitaliens Einflüsse von Jadeitbeilen erwogen<sup>2635</sup>. Typologisch werden einige dieser Beile mit flachem Querschnitt vor dem um 4000 v. Chr. erscheinenden Typ Bocca Lorenza (ca. 4000–3800 v. Chr.) mit rechteckigem Querschnitt eingereiht. Demgemäß werden erstere, sämtlich als Einzelfunde gemachten Stücke zeitlich noch im ausgehenden 5. Jt. v. Chr. angesetzt; letztere mit rechteckigem Querschnitt werden folgend der Jahrtausendwende oder dem frühen 4. Jt. v. Chr. zugeschlagen. Unklar bleiben Fundorte und die zeitliche Stellung „of two axes from Italian Middle Neolithic contexts“<sup>2636</sup>. Der früheste bislang bekannte Hinweis auf Kupfererzabbau und Erzaufbereitung aus der Region Oberitaliens stammt aus Monte Loreto in Ligurien und wird durch Radiokarbondaten in die Mitte des 4. Jt. v. Chr. datiert<sup>2637</sup>. Abbauspuren zeigen einen Umgang im Bereich bzw. Reste des Eisernen Hutes<sup>2638</sup>. Eine weitere Eingrenzung der Erzbasis muss hier offenbleiben. Metallgewinnung aus südalpinen und ligurischen Erzvorkommen bereits ab der Mitte

---

<sup>2627</sup> Roberts paper, 12; Briard – Roussot-Larroque 2002, bes. 135.

<sup>2628</sup> Für den Westlichen Ostseeraum Klassen 2004, 69-72. 83-89. bes. 69; Hartz 2010, 135f.: Zu den Kupfer- und Jadeitbeilen liegen außerhalb der Kerngebiete in Regionen wie dem südwestlichen Ostseeraum keine stratigraphischen Angaben vor; Jadeitbeile stammen in Westeuropa auch aus Gräbern wie Tumuli und Deponierungen (Pétrequin u. a. 2010, 194f.); Hansen zufolge bestimmen Jadeitbeile in Westeuropa das Bild ritueller Deponierungen (Hansen 2011a, 290).

<sup>2629</sup> Roberts paper, 19; O’Brien 1999, bes. 38-40.

<sup>2630</sup> Mit weiterer Literatur Roberts – Frieman 2012, 33.

<sup>2631</sup> Roberts paper, 20.

<sup>2632</sup> Roberts paper, 23.

<sup>2633</sup> Roberts paper, 9; Vgl. dazu Klassen 2010, 35.

<sup>2634</sup> Mit weiterer Literatur: Roberts paper, 9; Hansen 2011a, 289; Klassen 2010, 35f.

<sup>2635</sup> Klassen u. a. 2012, 1292-1294.

<sup>2636</sup> Kassianidou – Knapp 2008, 217; Nach dem textlichen Kontext müssten diese vor 4300 v. Chr. datieren.

<sup>2637</sup> Maggi – Pearce 2003; Maggi – Pearce 2005; Hansen 2011a, 304; Roberts paper, 9.

<sup>2638</sup> Maggi – Pearce 2003, 589. 592.



des 5. Jt. v. Chr. wird aber als wahrscheinlich erachtet<sup>2639</sup>. Ein Tiegelfragment mit anhaftender Kupferschlacke stammt aus zwischen 4500 und 4300 v. Chr. datierten Siedlungszusammenhängen der frühen Chasséen-Kultur<sup>2640</sup>. Wurde für einen Teil der von 4500 bis 3800 v. Chr. datierten Funde ein Import aus Münchshofener Zusammenhängen angenommen, wird mittlerweile aufgrund von sich häufenden Metallfunden aus Siedlungen der späten *Vasi a bocca quadrata*-Kultur (VBQ) – häufig allerdings ohne sichere Kontexte – eine eigenständige Metallurgie ins Spiel gebracht<sup>2641</sup>. Während dabei kleine Metallfunde wie Ahlen kontextuell sicher der VBQ-Kultur zuordenbar sind, bestehen Probleme bei der Zuordnung von Flachbeilen<sup>2642</sup>, die hier – ähnlich wie im nordalpinen Raum – häufig aus dem Umfeld von Fundorten stammen. Abschließend wird aufgrund dieser Evidenz eine lokale Produktion von Kupfer um 4500 v. Chr. als möglich erachtet<sup>2643</sup>. Ein Beil aus Valle Fontega, dessen Rohmaterial mit der Hornstaader Scheibe vergleichbar ist und aus den Lessinischen Alpen stammen könnte, wird aufgrund morphologischer Merkmale zeitlich ans Ende des 5. Jt. v. Chr. gesetzt<sup>2644</sup>. Beziehungen – anhand von Beilformen mit langschmalem Körper und ausgezogener Schneide (in Italien Typ Bocca Lorenza, Typ Jordanów nach Dobeš), die sich wiederum teilweise mit einer wahrscheinlich lokal hergestellten Metallsorte in Verbindung bringen lassen (vgl. Hornstaader Scheibe Kap. IV.1.3) – zu Balaton-Lasinja, Ungarn, Böhmen, Mähren und Schlesien usw.<sup>2645</sup> ebenso wie etwa über Keramik, Metallfunde und anderes mehr in den Bereich nördlich der Alpen etwa zur Siedlung Hornstaad-Hörnle IA (Kornelkirschen, Dentaliumperlen, *Columbella rustica*-Schalen [möglicherweise auch vom Atlantik], Flint der Lessinischen Alpen) oder Münchshöfen (VBQ-Keramik in Brixlegg)<sup>2646</sup> sind Hinweis auf eine bereits frühe Einbindung in Kommunikationssysteme und möglicherweise die Teilhabe an metallurgischem Wissen<sup>2647</sup>.

Überdies war Nordwestitalien während des 5. und 4. Jt. v. Chr. durch die Lagerstätten am Monte Viso und am Monte Beigua der Ursprungsort für das Rohmaterial großer alpiner Jadeitbeile und damit in weiträumige Netzwerke eingebunden<sup>2648</sup>. Unklar ist bis dato, ob sich etwa gleichzeitige, frühe karpato-balkanische Bezüge in Italien an schweren Schaftlochäxten manifestieren<sup>2649</sup>: Denn drei kreuzschneidige Schaftlochäxte enthalten zwischen 3,6 % und 7,4 % Zinn und werden deshalb aus der Diskussion meist ausgeschlossen (vgl. die *maleppaggi* Sardinien?, und vgl. frühe Bronzen allgemein). Eine Hammeraxt, die mit dem Typ Pločnik verglichen wird, ist ebenso umstritten. Dazu bleibt festzuhalten, dass die kreuzschneidigen Schaftlochäxte aus der oberitalischen Region Piemont stammen und von Krause – möglicherweise ohne Berücksichtigung der Zinngehalte an dieser Stelle – im Rahmen der Besprechung kreuzschneidiger Schaftlochäxte der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. aus dem Karpatenbecken hergeleitet werden<sup>2650</sup>. Die Nähe zu den Jadeitvorkommen ist hervorzuheben. Für eines der oben besprochenen triangulären Flachbeile wird ein Import aus Bulgarien während der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. diskutiert<sup>2651</sup>. Durch die Hinweise auf weitere frühe, niedrig legierte

<sup>2639</sup> Klassen 2010, 35f.

<sup>2640</sup> Nach Klassen 2010, 36 und Klassen u. a. 2012, 1293 (mit weiterer Literatur) ein Schmelztiegelfragment aus der Siedlung von Botthegino bei Parma. Gefunden wurden außerdem zwei kupferne Ahlen/Pfrieme.

<sup>2641</sup> Klassen 2010, 36.

<sup>2642</sup> Klassen u. a. 2012, 1293.

<sup>2643</sup> Klassen u. a. 2012, 1293. 1297.

<sup>2644</sup> Klassen u. a. 2012, 1293.

<sup>2645</sup> Hansen 2011a, 292; Klassen 2010, 36-42. bes. 37. 40 Abb. 7,18.

<sup>2646</sup> Hansen 2011a, 289; Vgl. Klassen 2010, bes. 36. 39. 43.

<sup>2647</sup> Klassen 2010, 39.

<sup>2648</sup> Siehe etwa Pétrequin u. a. 2012a; Mit Schwerpunkt auf die Metallurgie Klassen u. a. 2012.

<sup>2649</sup> Klassen u. a. 2012, 1282.

<sup>2650</sup> Krause 2003, 147 Abb. 110; 148 mit Anm. 205; CD-ROM Liste 6: Zwei kreuzschneidige Schaftlochäxte aus der Provinz Turin (ANR 7995. 7998) und eine aus Pollenzo (ANR 8056).

<sup>2651</sup> Klassen u. a. 2012, 1293. 1296f.

Bronzen im Umfeld des Karpatenbeckens und auch des Balkans (vgl. Kap. IV.1.1) könnten die kreuzschneidigen Schaftlochäxte neu zu bewerten sein. Dies ist umso dringlicher, als dass sich durch Jadeit weitere Verdachtsmomente für Kontakte und dadurch die Kenntnis von Bronze ergeben. Denn auf Fotos reicher Gräber der frühen Lengyel-Kultur des Gräberfeldes Zengövárkony wurden kleine Beile aus mutmaßlich alpinem Jadeit identifiziert<sup>2652</sup>. Vom selben Gräberfeld wiederum stammt ein zinnhaltiges Schlackenstück (Kap. IV.1.1).

Erste Silberfunde in Norditalien könnten ins frühe 3. Jt. v. Chr. datieren<sup>2653</sup>, oder früher: Vom Gräberfeld von Remedello-Sotto liegt eine T-förmige Nadel vor (3400–2900 v. Chr.)<sup>2654</sup>. Der Remedello-Kultur wird ein silbernes Pektorale aus Villafranca Veronese zugeordnet<sup>2655</sup>. In der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. wurde von den Trägern der Remedello-Kultur Arsenkupfer für Dolche und Flachbeile verwendet<sup>2656</sup>. Aus Grab IV von Gaudo in Kampanien (Süditalien) stammen zwei silberne Ringe. Aufgrund fehlender Bleigehalte schließt Giardino eine Kupellation aus; geringe Kupfer- und Eisengehalte sowie Spuren von Antimon sprechen Giardinos Meinung nach eher für eine Gewinnung ohne Kupellation aus Erzen wie Pyrargyrit oder Tetraedrit<sup>2657</sup>. Weiter nennt Giardino eine Reihe von Tiegelfunden aus „kupferzeitlichen“ Bestattungen der südlichen Toskana<sup>2658</sup>.

Eine vorbronzezeitliche Nutzung von Erzquellen in Westeuropa ist nachgewiesen, jedoch reicht das Gros der Belege nicht bis in die hier hauptsächlich betrachteten Zeiträume zurück<sup>2659</sup>. Während wie in Brixlegg die Verhüttung lokaler, mutmaßlich sulfidischer Erze und in Südosteuropa komplexer bergmännischer Abbau bereits im 5. Jt. v. Chr. nachgewiesen sind, soll die Nutzung oxidischer und sulfidischer Erzquellen, sowohl obertägiger als auch untertägiger Abbau, in Westeuropa auch im (späten) 3. Jt. v. Chr. meist recht „simpel“ gewesen sein<sup>2660</sup>. Die Voraussetzungen für komplexen Untertagebau in Europa waren aber bereits im 5. Jt. v. Chr. durch Bergwerke auf Silex und andere Gesteine und Mineralien gegeben. Roberts nennt u. a. als Beispiel die Variscit-Minen von Can Tintorer (Nordspanien) aus dem 5. Jt. v. Chr.<sup>2661</sup>. Variscit ist ein meist leicht durchscheinendes Mineral, in reiner Form farblos, von häufig grünlicher, blaugrüner und selten rötlicher Farbe. In archäologischen Kontexten ist es etwa mit den „vor-glockenbecherzeitlichen“ Gold-, Silex und Obsidianfunden Südfrankreichs verknüpft<sup>2662</sup>. Kenntnisse bergmännischer Tätigkeiten müssen aber nicht zwangsläufig auf die Gewinnung metallhaltiger Erze übertragen worden sein<sup>2663</sup>. Die Vergesellschaftung dieses bereits früh abgebauten Minerals mit unsicher datierten Metallobjekten aber lässt aufhorchen. Zahlreiche Goldobjekte mit einfachen Formen wie Armringe usw., die als Altfunde aus unsicheren Kontexten stammen, sowie die oben besprochenen Kupferbeile und die Hinweise auf frühe Verhüttung in Westeuropa liegen vor. Es wäre daher nicht überraschend, wenn die Annahme, dass die extraktive pyrometallurgische (Poly-) Metallurgie in Westeuropa erst gegen Ende des 4. Jt. v. Chr. und Gold in Europa erst verhältnismäßig spät im 4. und 3. Jt. v. Chr. aufkommen sollen, durch eine Aufarbeitung

---

<sup>2652</sup> Klassen u. a. 2012, 1295.

<sup>2653</sup> Primas 1995, 87; Roberts paper, 10.

<sup>2654</sup> Mit weiterer Literatur Hansen 2011a, 304; Giardino 2000, 60.

<sup>2655</sup> Giardino 2000, 60.

<sup>2656</sup> Nach Klassen 2010, 42 mit weiterer Literatur.

<sup>2657</sup> Giardino 2000, 55 Table 1; 60.

<sup>2658</sup> Mit weiterer Literatur Giardino 2000, 61.

<sup>2659</sup> Dazu mit weiterer Literatur Kienlin 2010, 19; Roberts paper, 15.

<sup>2660</sup> Roberts paper, 13. 15.

<sup>2661</sup> Roberts paper, 15; Ottaway – Roberts 2008, 203.

<sup>2662</sup> Vgl. Eluère 1977, bes. 407f.

<sup>2663</sup> Vgl. Roberts paper, 15. – Zu (allgemeinen) Überlegungen zu logistischen, technischen und sozialen Implikationen von Erzgewinnung Roberts paper, 13-16.

der Funde und Befunde Änderungen erfährt; darunter könnten Funde sein, die noch in die Zeit des frühesten Variscitabbaus datieren<sup>2664</sup>.

Roberts bemerkt zu Westeuropa, dass sich für das 4. und 3. Jt. v. Chr. kein grundlegender Wandel in der Verhüttungstechnik feststellen ließe<sup>2665</sup>. Arsenkupfer soll sich währenddessen in Westeuropa spätestens im 3. Jt. v. Chr. verbreiten. Zur Frage, ob es sich dabei um ein intentionelles Legieren oder ein Verhütten arsenreicher Kupfererze (*accidental*) handelt, bemerkt Roberts, dass beides wohl parallel möglich sei (Ausnutzung *opportunistic*) und es keinen systematischen Wechsel in der Verhüttung gegeben habe<sup>2666</sup>. Eine Verwendung dieser Legierung für bestimmte Objektgruppen lässt sich nur teilweise nachvollziehen<sup>2667</sup>. In Teilen Europas könnte sich der Übergang zu einem schlackenbildenden Verfahren etwa ab der Mitte des 3. Jt. v. Chr. fassen lassen<sup>2668</sup>. Regelrechte Schachtöfen treten im zentralen Mittelmeerraum und im Alpenraum allerdings erst gegen Ende des 2. Jt. v. Chr. auf<sup>2669</sup>. Eisen ist dann Teil der Charge, entweder durch das Gangmaterial oder als Flussmittel. Die Temperaturen, unter denen die Verhüttung dann erfolgt, müssen höher und die Bedingungen reduzierender sein<sup>2670</sup>. Merkl konstatiert für die Mitte des 3. Jt. v. Chr. die Verwendung von verschiedenen Typen von Fahlerzkupfern, die um 2300/2200 v. Chr. voll entwickelt sein soll, aber bereits einen längeren Vorlauf hatte<sup>2671</sup>. Die zeitliche Durchsetzung von Bronze verläuft je nach Region unterschiedlich. Vereinzelt treten erste Bronzen in Europa und darüber hinaus bereits im frühen 3. Jt. v. Chr. auf<sup>2672</sup>. Diese frühen Bronzen zeichnen sich durch meist niedrige Zinngehalte aus. Sie erscheinen in Gebieten wie Montenegro, Mitteldeutschland, Norditalien und Nordspanien<sup>2673</sup>. Bronzen mit hohen Zinngehalten setzen sich in einzelnen Regionen überwiegend erst im späten 3. Jt. v. Chr. regelhaft durch; die Entwicklung verläuft regional unterschiedlich. Es wird hervorgehoben, dass auf den Britischen Inseln der Übergang von reinen und arsenhaltigen Kupfern zu Bronze im späten 3. Jt. v. Chr. sehr schnell verlief. Weitere Legierungen zwischen Gold, Kupfer oder Blei – und wahrscheinlich auch Silber – lassen sich wohl nicht beobachten<sup>2674</sup>. Eine beginnende Verwendung hin zu einem regelhaften Gebrauch von Bronze (i. e. meist Sn>4%) in weiten Teilen Mitteleuropas lässt sich im Zeitraum ab ca.

---

<sup>2664</sup> Siehe und vgl. Hansen 2011a, 289-291; Roberts paper, 8.

<sup>2665</sup> Roberts paper, 17. 20; Zur Verhüttungstechnik (in Westeuropa) ist festzustellen, dass, zunächst auch aus späteren Zeiten, gelegentliche Tiegelfunde (Pyrenäenhalbinsel und Südfrankreich) und lehmausgekleidete Herde (Pyrenäenhalbinsel) die einzigen überlieferten Vorrichtungen zur Verhüttung darstellen; von den Britischen Inseln liegen keine Hinweise vor und es scheinen vergänglichere Einrichtungen benutzt worden zu sein (Roberts paper, 20.). Tuyères aus Keramik oder Stein aus dem 4. und 3. Jt. v. Chr. fehlen in Westeuropa weitgehend (Roberts paper, 20). Aus Cabezo Juré in Südwestspanien werden mögliche Öfen des frühen 3. Jt. v. Chr. berichtet, Roberts – unter Verweis auf ähnliche „metallurgische Strukturen“, die keine Öfen sein sollen – lehnt diese Deutung ab (Roberts paper, 17 Anm. 3).

<sup>2666</sup> „Its origins are hard to assess as some of these are intentionally-produced alloys and others were probably the result of accidental smelting of copper ores with arsenic impurities or mixed ore charges. There does not appear to be any systematic shift from producing copper metal to copper arsenic alloys. Rather, in certain instances, there appears to be the opportunistic exploitation of copper arsenic metals due to the smelting of copper ores rich in arsenic that may have been accompanied by an awareness of how the metal could be reproduced.“ (Roberts paper, 20).

<sup>2667</sup> Mit weiterer Literatur Roberts paper, 20f.

<sup>2668</sup> Hauptmann 2007b, 207.

<sup>2669</sup> Roberts paper, 17 Anm. 3.

<sup>2670</sup> Hauptmann 2007b, 207.

<sup>2671</sup> Merkl 2011, 32f. 151.

<sup>2672</sup> Zum Auftreten und der Durchsetzung von Bronze mit weiterer Literatur Roberts paper, 13. 21.

<sup>2673</sup> Krause 2003, 208-210; Roberts paper, 21.

<sup>2674</sup> Vgl. Roberts paper, 21.

2200–2000 v. Chr. beobachten<sup>2675</sup>. Wenige frühere Bronzen sind zu verzeichnen<sup>2676</sup>. Im Nordalpinen Raum etwa setzt sich Bronze endgültig wohl um 1800 v. Chr. durch.

Eine vergleichende diachrone Studie der Kupferlegierungen Italiens durch Hook von der Kupferzeit bis zur Eisenzeit zeigt<sup>2677</sup>, dass “Copper Age/Early Bronze Age” Metalle nur geringste Spuren an Eisen aufweisen, und Arsen die einzige nennenswerte Verunreinigung darstellt. Arsen tritt mit einer bimodalen Verteilung auf: reines Kupfer oder Gehalte von 2,4–3,5 % As<sup>2678</sup>. Schwefel scheint keine Rolle zu spielen. Im Allgemeinen steigen in den folgenden Zeitabschnitten die Verunreinigungen inklusive der Schwefelgehalte, und es wird nun mit Zinn legiert<sup>2679</sup>. Die steigenden Schwefelgehalte könnten einen Hinweis auf einen Wandel in der Erzbasis hin zur Verwendung sulfidischer Erze darstellen (vgl. aber Kap. II.2.4.4.7)<sup>2680</sup>. Inwieweit bereits früher *co-smelting*-Vorgänge oder Röstreaktionen eine Rolle gespielt haben könnten, kann bei der vorliegenden Darstellungsweise der Daten derzeit nicht beantwortet werden.

Bezüglich der frühen Metallurgie in West- und Südeuropa bleibt festzuhalten, dass aufgrund der sich andeutenden Interkonnektivität eine Einbindung in Kommunikationssysteme, in denen die extraktive Metallurgie bekannt ist, geradezu vorauszusetzen ist. Eindrücklich lassen sich Kontakte in kupferführende und -produzierende Räume anhand von Einzelstücken (insbesondere Paulihac, Renongar; vgl. möglicherweise auch Perlen und Goldobjekte) und anhand einer ganzen Fundgruppe, den Jadeitbeilen, sowie auch anhand möglicherweise früh datierbarer Kupferflachbeilen ableiten. Im Falle einer Frühdatierung der Kupferbeile wäre in Westeuropa zumindest eine Nutzung von (importiertem?) Kupfer nachgewiesen. Eine frühe Verhüttung deutet sich aber ebenfalls an (Cerro Virtud). An dieser Stelle ist hervorzuheben, dass sich wahrscheinlich auch arsenhaltige Objekte unter möglicherweise früher anzusetzenden Stücken Frankreichs (insbesondere Beile) befinden. Ohne genauere Kenntnis des Korpus können an dieser Stelle aber keine weiteren Implikationen abgeleitet werden. Ähnlich erlaubt auch der kontextlose Silberfund von Soyons keine weiterführenden Aussagen zum Stand der Silbermetallurgie.

#### **IV.1.4. Anatolien – west- und inneranatolischer Bereich im „Chalkolithikum“**

Die Gebiete der heutigen Türkei nordwestlich des Taurus zeigen im hier zur Debatte stehenden Zeitraum eine andere Ausrichtung als die Gebiete südlich davon<sup>2681</sup>. Zunächst lassen sich syromesopotamische Einflüsse nicht feststellen<sup>2682</sup>. Deshalb sollen die Gebiete Zentral-/West- und Inneranatioliens getrennt vom „obermesopotamischen Raum“ (s. Kap. IV.2) besprochen werden. Ansonsten würde sich die Entwicklung der Metallurgie als zersplittert, nach Yener sozusagen als *balkanisiert* darstellen<sup>2683</sup>. Während dieser Begriff versucht, einer gewissen Zersplitterung,

---

<sup>2675</sup> Merkl 2011, 10f. mit Anm. 13 und Fig. 2.2; 26. 151: Zinngehalte von über etwa 4 % werden meist als Punkt angesehen, ab dem man eine absichtliche (Zu-)Legierung annimmt.

<sup>2676</sup> Merkl 2011, 10 mit Anm. 14 (mit weiterer Literatur); Siehe etwa Krause 2003, 210-213.

<sup>2677</sup> Hook 2003.

<sup>2678</sup> Hook 2003, 58-60. mit Table 1 (inklusive Abbildungsunterschrift).

<sup>2679</sup> Hook 2003, 57-61.

<sup>2680</sup> Hook 2003, 61. 65.

<sup>2681</sup> Zimmermann 2011, 299.

<sup>2682</sup> Özdoğan 1996, 191. 195.

<sup>2683</sup> Thornton 2009, 305 zitiert Yener. Yener bezieht diese Aussage eines „balkanized technological horizon“ vornehmlich auf die Altinova, Kilikien und die Amuqebene im Gegensatz zu Syrien und Mesopotamien (Yener 2000, 26; Vgl. aber Yener 2000, 25f.); Vgl. etwa auch Helwing 2017, 161f. 165; Jedoch zeigen Fundorte Zentralanatioliens mit möglicherweise karpato-balkanischen Elementen weitere Verbindungen etwa bis in die

Vielgestaltigkeit etc. Rechnung zu tragen, hängt wie eingangs festgestellt die kulturelle und evtl. auch metallurgische Entwicklung auch vom kulturhistorischen Zuschnitt der Untersuchungsregion ab. Auch ist eine gewisse Vielgestaltigkeit der Metallurgie zu erwarten, die sich etwa an geologischen oder technischen Gegebenheiten orientiert. Insbesondere aber ist Yeners Begrifflichkeit in dieser Deutung hier problematisch, da sich möglicherweise (ursprünglich) karpato-balkanische Elemente in Kultur und Metallurgie als ein Charakteristikum feststellen lassen, liefern doch einige besprochene Fundorte Hinweise auf die Einbindung in Netzwerke mit dem Balkan. Und diese zeigen weitere Kontakte nach Osten. Im Verlaufe des 4. Jt. v.Chr. – ablesbar an der Verbreitung von Red-Black Burnished Ware (RBBW) – scheint sich der zentralanatolische Bereich mehr und mehr nach Obermesopotamien und dem Euphrat orientiert zu haben (vgl. Taf. 28, 1–4)<sup>2684</sup>. Dies wird auch in Zusammenhang mit dem Zugang zu Metallressourcen gesehen<sup>2685</sup>. Während Thornton (2009) Yener (2000) folgend gegen „shared knowledge“ im Bereich der Metallurgie des Chalkolithikums Anatoliens (*Anatolian highlands*; hauptsächlich auf „Obermesopotamien“ nach der Begriffsbestimmung hier bezogen) argumentiert und eben einen „balkanized technological horizon“ respektive „multiple centers of production“ sieht, thematisiert er auch einen Horizont in der Zeit 4500-3500 v. Chr., der sich in der restlichen materiellen Kultur (Siegel, Keramik, Architektur etc. im obermesopotamischen Raum) ausdrücke<sup>2686</sup>. Zumindest in einem großen Maßstab lassen sich (vorbehaltlich unsicherer Datierungen) aber bereits früher erstaunliche Anhaltspunkte auf geteilte Technologien im Bereich der Metallurgie innerhalb von Kommunikationsnetzwerken gewinnen, die auch den obermesopotamischen Bereich erreicht haben könnten.

Eine Bewertung der frühen (extraktiven) Metallurgie des west- und inneranatolischen Bereiches wird durch mehrere Faktoren erschwert. Aus vorbronzezeitlichen Kontexten liegen relativ wenige Metallartefakte vor. Begründet ist dies vermutlich in der Überlieferungs- respektive Quellenlage. So sind als „chalkolithisch“ bestimmte Bestattungen meist beigabenlos<sup>2687</sup>. Die frühesten Funde stammen weitgehend aus Siedlungskontexten<sup>2688</sup>. Erschwert wird die Deutung zudem dadurch, dass chronologische Schwierigkeiten um das „Chalkolithikum“ Anatoliens bestehen, weil in Teilen des Untersuchungsgebiets von der Forschung lange Zeit nahezu jegliche Kulturentwicklung in die Frühbronzezeit subsumiert wurde, und da unter Chalkolithikum wiederum viele unterschiedliche Fundzusammenhänge geführt sowie je nach Region unterschiedliche Terminologien benutzt werden<sup>2689</sup>. Weiter sind wichtige und wahrscheinlich dem Chalkolithikum zuzuordnende Funde ohne Kontext überliefert (s. u.).

Während diese Faktoren vor allem quantitative Fragen nach dem Umfang der Metallurgie betreffen, sind hinsichtlich der qualitativen Beurteilung der Metallurgie Anatoliens, neben den sich durch die Datierung ergebenden Problemen, insbesondere die aus den Analysen ableitbaren Aussagen prekär. Denn Untersuchungen an Metallobjekten und ihren Kontexten, die Aussagen zu Rohstoffbasis und Legierungstechniken zulassen, zeigen, dass die Ergebnisse früherer Analysen von späteren deutlich

---

Gegend von Malatya, so dass hier Vorsicht geboten ist und der Begriff in dieser Bedeutung zu vermeiden ist (s. u.).

<sup>2684</sup> Palumbi 2008, bes. 49f.

<sup>2685</sup> Palumbi 2008, 48: An dieser Textstelle (in Richtung auf) die Lagerstätten am Schwarzen Meer.

<sup>2686</sup> Zitate: Thornton 2009, bes. 305.

<sup>2687</sup> Zimmermann 2011, 300.

<sup>2688</sup> Vgl. Schoop 2011a, 302.

<sup>2689</sup> Schoop 2005, bes. 13-17. 66-78. 316; Zimmermann 2011, 300.

abweichen<sup>2690</sup>. Unter Umständen sind bei früheren Analyseergebnissen beispielsweise die Arsenwerte systematisch zu niedrig<sup>2691</sup>.

Vor dem Beginn der eigentlichen extraktiven Metallurgie<sup>2692</sup> – Muhly, der jedoch eher Fundorte extraktiver Metallurgie mit mesopotamischen Bezügen bespricht, setzt diesen auf 5000 v. Chr. an, was problematisch ist (vgl. unten Çatal Höyük) – werden Erze wie Malachit und gediegen Kupfer zu Schmuckzwecken genutzt<sup>2693</sup>. Frühe Funde aus gediegen Kupfer stammen etwa aus Çayönü in Südostanatolien. Neben mehreren Kilogramm Erz, das zu zahlreichen Perlen und Anhängern verarbeitet wurde, liegen von dort einfache Gegenstände aus gediegen Kupfer aus PPN B Zusammenhängen (ca. 8200–7500 v. Chr.) vor, die auch Heiß- und Kaltbearbeitung anzeigen<sup>2694</sup>. Neben zahlreichen weiteren frühen Kupferfunden, teils bereits mit Spuren von Erhitzen und Hämmern, aus weiteren ost- und zentralanatolischen Fundorten wie Aşıklı Höyük<sup>2695</sup> sei hier noch der Keulenkopf von Can Hasan erwähnt. Er wird heute um 6000 v. Chr. datiert und galt lange als ältestes gegossenes Objekt, wird aber inzwischen als durch Hämmern und Glühen in Form gebrachtes Objekt aus gediegen Kupfer angesehen<sup>2696</sup>.

Die Voraussetzungen für Metallurgie in Anatolien sind günstig<sup>2697</sup>: zahlreiche Lagerstätten und Lagerstättenregionen für Kupfer und andere Metalle liegen vor. Besonders hervorzuheben ist das zahlreiche Auftreten von Silber-Bleilagerstätten. Murgul und Kozlu stellen neben vielen weiteren Hinweisen auf antiken Abbau in Anatolien den besten Nachweis für chalkolithischen Kupfererzabbau dar<sup>2698</sup>. Im nordanatolischen Kozlu (bei Erbaa im Kelkit Tal) könnte der Erzabbau gar bis auf das 5. Jt. v. Chr. zurückgehen, und es wurde Untertagebau sowie eine Erzhalde gefunden; letztere weist Holzkohle mit einem Datum von 3600–3500 cal B. C. auf<sup>2699</sup>. Von dort liegen relativ kleine Schlackenstücke vor. Unklar ist die Datierung eines Fundplatzes mit Bergbauspuren der vorgeschichtlich genutzten Lagerstätte Gümüşköy in Nordwestanatolien, die für die Blei-Silbergewinnung Bedeutung gehabt haben könnte<sup>2700</sup>. Weitere wohl vorgeschichtliche Abbauspuren, darunter im Kupferdistrikt İkitzepe, liegen vor<sup>2701</sup>.

Im Nordosten der Türkei liegt die Lagerstätte von Murgul (Göktaş)<sup>2702</sup>. Eine Nutzung ab dem zweiten Drittel des 4. Jt. v. Chr. ist nachgewiesen. Vor Ort wurden mehrere Fundplätze mit 10–50 t Schlacken gefunden, die Gesamtmenge soll sich auf ca. 200 t belaufen<sup>2703</sup>. Die Schlackenkuchen sind porös und inhomogen; sie enthalten unaufgeschmolzene Chargenrelikte. Sie weisen keine Fließstruktur auf und

---

<sup>2690</sup> Zu Diskrepanzen zwischen Esin 1969 und Kuruçayırılı – Özbal 2005 siehe Zimmermann 2011, 299; Zu Problemen bei den Ergebnissen von Bilgi 1984 zu İkitzepe siehe Özbal u. a. 2002, 40; Vgl. Lichter 2006, 527 mit Anm. 27; Die Ergebnisse haben Eingang in zahlreiche Arbeiten gefunden und die daraus abgeleiteten Folgerungen fließen unter Vorbehalt auch hier in die Interpretation ein.

<sup>2691</sup> Vgl. Kuruçayırılı – Özbal 2005, 55.

<sup>2692</sup> Zur neolithischen Entwicklung siehe etwa: Stech 1999, 60f.; Zimmermann 2011, 296-299; Muhly 2011, 861f.

<sup>2693</sup> Muhly 2011, 861f.; Mit dem gleichen Datum auch Zimmermann 2011, 298.

<sup>2694</sup> Hauptmann 2007b, 255f.

<sup>2695</sup> Siehe etwa Zimmermann 2011, 297f. und Muhly 2011, 861f. mit weiterer Lit.

<sup>2696</sup> Muhly 2011, 862; Yalçın 2003, 539.

<sup>2697</sup> Mit weiterer Literatur Muhly 2011, 858f.; Yalçın 2003, 534-536 mit Abb. 1-2.

<sup>2698</sup> Muhly 2011, 859; Ottaway 1994, 86f. – Sehr kurz zu Kozlu, Hinweise auf einen ins 5. und 4. Jt. v. Chr.

zurückreichende Abbau sollen vorliegen, mit weiter Literatur: Özbal u. a. 2008, 70.

<sup>2699</sup> Pernicka 1990, 49; Özbal u. a. 2008, 70: Abbau bereits Mitte 5. Jt. v. Chr.?

<sup>2700</sup> Siehe mit weiterer Literatur Ottaway 1994, 85f.; Pernicka u. a. 1984, 567f. 570 Abb. 23; 598. – Ottaway (1994, 85) nennt eine Datierung ins 5. Jt. v. Chr. (?), möglicherweise ist aber eine Datierung ins späte 3. Jt. v. Chr. anzunehmen (Pernicka u. a. 1984, 598).

<sup>2701</sup> Ottaway 1994, 85-87.

<sup>2702</sup> Lutz u. a. 1994; Hauptmann u. a. 1993, 546.

<sup>2703</sup> Hauptmann u. a. 1993, 546; Ottaway 1994, 86; Lutz u. a. 1994, 60.

erstarren in einer Vertiefung. Ihre Durchmesser betragen zwischen 15 und 20 cm, und ihre Dicke beläuft sich auf 4 bis 5 cm bei einem Gewicht von 1,5 bis 3 kg<sup>2704</sup>. Sie gelten als Hinweis auf die Verhüttung von oxidischem Erz und den Zusatz von Flussmitteln<sup>2705</sup>. Auf der Unterseite tragen sie Abdrücke von (Kupfer-) Reguli von wenigen hundert Gramm Gewicht<sup>2706</sup> und zeigen Reste eisenreicher Matte<sup>2707</sup>. Eine Datierung ab der Mitte bzw. in die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. erfolgt über Radiokarbonaten von mit Schlacke verbackener Holzkohle<sup>2708</sup>. Diese Schlacken spielen eine wichtige Rolle bei der Bewertung der Verhüttungstechnik dieser frühen Zeitstellung und dürften nahe an einem schlackenbildenden Verfahren sein<sup>2709</sup>. Über die Art des erzeugten Kupfers – ob rein oder mit Arsen legiert – können wegen fehlenden Metalls in den Schlacken keine Aussagen getroffen werden<sup>2710</sup>. Die Kupferrestgehalte belaufen sich auf nur 1-2,7 Gew.% (als Cu<sub>2</sub>O)<sup>2711</sup>. Hauptmann und Kollegen vergleichen sie daher mit frühbronzezeitlichen Schlacken von Nevalı Çori<sup>2712</sup>. Ähnlich wie wiederum für Nevalı Çori werden wegen der Anwesenheit von Fayalit relativ stark reduzierende Bedingungen erschlossen (pO<sub>2</sub> ≈ 10<sup>-8</sup>–10<sup>-9</sup> atm)<sup>2713</sup>. Aufgrund von Quarzeinschlüssen in einer Silikatmatrix (letztere mit einem Anteil von 50–90 Vol.% Fayaliteinsprenglingen) wird eine Gerüstfunktion von (zugegebenem) Quarz zum Zwecke einer verbesserten Permeabilität für die reaktiven Ofengase erwogen<sup>2714</sup>. Jedoch könnte es sich bei den Quarzen auch um Restite handeln, und da keine metallischen Einschlüsse, dafür aber Kupfer-Eisen-Sulfideinschlüsse von bis 5 mm Durchmesser in der silikatischen Matrix zu beobachten sind<sup>2715</sup>, könnte auch das Ausschmelzen bzw. Absaugern einer Sulfidphase oder Kupferphase nach Schmelzpunktunterschieden aus einem refraktären Erzgerüst angezeigt sein. Matte soll aber nicht den primären Wertträger darstellen<sup>2716</sup>. Weiterführende Aussagen bedürften einer eingehenderen Betrachtung; letzteres Szenario würde sich aber gut mit den Grundzügen der chalkolithischen Metallurgie in Einklang bringen lassen. Jedoch sieht Lutz die Kupfersteintropfen von Schlacken in Murgul nur als Produkt reliktsch vorhandener Sulfide, die unbeabsichtigt mit oxidisch-carbonatischem Erz in die Charge kamen<sup>2717</sup>.

Frühester und zugleich kontrovers diskutierter Verdachtsmoment auf Verhüttung sind geringe Mengen kleinster Schlacken bzw. verschlackten Erzes aus dem Fundort Çatal Höyük, hier Schicht VI (etwa Mitte 7. Jt. v. Chr.)<sup>2718</sup>. Für die heterogenen Schlacken wird neben Cuprit, Delafossit und Tenorit

<sup>2704</sup> Hauptmann u. a. 1993, 546; Lutz u. a. 1994, 60.

<sup>2705</sup> Lutz u. a. 1994, 64 Abb. 6; 65.

<sup>2706</sup> Lutz u. a. 1994, 60. 62 Abb. 3.

<sup>2707</sup> Hauptmann u. a. 2003, 202.

<sup>2708</sup> Lutz u. a. 1994, 59; Ottaway 1994, 86.

<sup>2709</sup> Hauptmann 2007a, 160; Vgl Hauptmann 2007a, 18-27. 157-169; Lutz u. a. 1994, 65.

<sup>2710</sup> Begemann u. a. 1994, 203f.; Hauptmann u. a. 1993, 560.

<sup>2711</sup> Hauptmann u. a. 1993, 551.

<sup>2712</sup> Hauptmann u. a. 1993, 551.

<sup>2713</sup> Hauptmann u. a. 1993, 563.

<sup>2714</sup> Lutz u. a. 1994, 60. 63 Abb. 4-5; 64f.

<sup>2715</sup> Vgl. Lutz u. a. 1994, 64.

<sup>2716</sup> Was zunächst so schien, aber von Lutz in Frage gestellt wurde (Hauptmann u. a. 1993, 559).

<sup>2717</sup> Hess 1998, 94.

<sup>2718</sup> Çatal Höyük besteht aus zwei Tells, dem älteren Çatal Höyük Ost mit vor allem neolithischer Besiedlung und Çatal Höyük West mit insbesondere Late Neolithic und Chalcolithic Kontexten. Aus dem ca. 6500 cal BC datierenden Grab 5 aus Gebäude E. VI.1 stammt das verschlackte Erz Probe CHM 11: Neuninger u. a. 1964; Pernicka 1987, 611f.; Yalçın 2000a, 116f.; Yalçın 2000b, 22; Hauptmann 2007b, 157f. 177; Hauptmann u. a. 1993, 543; Müller-Karpe 1994b, 12; Schoop 1995, 37f.; Craddock 2000, 155. – Zur Metallurgie von Çatal Höyük zusammenfassend siehe Yener 2000, 23-25 und neuerlich mit einer kritischen Neubewertung und Untersuchung der als metallurgisch benannten Funde und ihrer archäologischen Kontexte siehe Radivojević u. a. 2017. Eine Schlackenprobe (CHM 27) wird als modern klassifiziert und soll möglicherweise unbeabsichtigt unter das Probenmaterial aus Çatal Höyük gelangt sein (Radivojević u. a. 2017, 109).

(sowie Lagen von Limonit) auch Kupfer sowie Antimonkupfer berichtet. Ihre Deutung in der Forschung bewegt sich zwischen Erzrelikten, Verhüttungs- und Raffinationsschlacken (Tiegelschlacken) sowie postdepositionell und unbeabsichtigt thermisch belasteten Mineralien: Eisensilikate (Fayalite) fehlen, und dies kann als Hauptursache dafür gesehen werden, dass eine Ansprache als Verhüttungsschlacken oft bezweifelt wurde<sup>2719</sup>. Neuninger und Kollegen hielten schon früh eine Verhüttung für möglich<sup>2720</sup>. Spätestens nach den Ausführungen zu den ältesten Schlacken von Hauptmann und Craddock ist für das Material zunächst die Möglichkeit einer Verhüttung in Betracht zu ziehen<sup>2721</sup>. Neuerlich werden jedoch insbesondere die Umstände der Entstehung auf ein postdepositionelles und zufälliges Brandereignis zurückgeführt, was angesichts der angeführten Begleitumstände wie die für Çatal Höyük häufiger vorkommende Fundlage von Erz (Mineralien als Pigmente) in Gräbern, die Lage von Gräbern in Gebäuden mit Brandereignis und damit einhergehende Brandeinwirkungen auf Gräber gerade für die hier besprochene Schlacke eine hohe Plausibilität gewinnt<sup>2722</sup>. Wenngleich das angeschlackte Erz aufgrund seines archäologischen Kontextes als frühester möglicher Verhüttungsbeleg ausfällt, so kann man es dennoch technologisch einordnen. Technisch gesehen weist es Merkmale früher metallurgischer Schlacken im Rahmen der Funktionsweise der chalkolithischen Verhüttung auf. Kupfer wurde *in situ* durch eine Festkörperreaktion im weitgehend stabilen Erzgerüst reduziert, aber auch *prills* mit Antimonkupfer bildeten sich in einer teilaufgeschmolzenen heterogenen silikatischen Matrix<sup>2723</sup>. In technologischer Hinsicht bedeutet dies, wiewohl eine intentionelle Verhüttung nicht gegeben ist, dass die technischen Hürden für eine zufällige Entdeckung der chalkolithischen Verhüttung gering waren, und dies in einem Milieu, in dem gediegen Kupfer mittels Ausglühen und Hämmern zu Perlen geformt wurde. *Zweifelhaftes* Blei wird aus Schicht IX und insbesondere den Schichten VII und VI berichtet<sup>2724</sup>. Die bislang untersuchten „Bleiartefakte“, meist Perlen, aus Çatal Höyük erwiesen sich aber als Bleiglanz und Cerussit<sup>2725</sup>.

Für einen Griffzungendolch, zwei Flachbeile (As <1 %) und eine Nadel aus Büyükcük wird eine Datierung anhand der Siedlung in die Zeit zwischen 4900 und 4700 v. Chr. erwogen<sup>2726</sup>. Zimmermann folgt dem nicht vorbehaltlos und verweist darauf, dass zumindest ein bei einer Hockerbestattung gefundener Dolch jüngerer Zeitstellung sein könnte, vermutlich aber spätestens ins 4. Jt. Chr. datieren könnte<sup>2727</sup>. Schoop konstatiert für nordanatolische Fundorte bzw. im Zusammenhang mit diesen für „the whole of Anatolia“<sup>2728</sup>: „Most of the sites belonging to the early fifth millennium B.C.E. display evidence of the production and consumption of metals, either in the shape of simple metal artefacts (flat axes, pins, and awls) or as crucibles or slag“<sup>2729</sup>. Aus dem entwickelten bzw. späten 5. Jt. sollen nach der mit ihnen vergesellschafteten Keramik eine Doppelspiralkopfnadel und eine Ahle von Orman Fidanlığı Schicht VII (Nordwestanatolien) datieren. Aus Orman Fidanlığı Schicht VII soll auch ein Gusstiegel stammen<sup>2730</sup>. Ebenfalls mit einem Datum in das späte 5. Jt. v. Chr. könnten zwei Nadeln (oder Ahlen), ein Drahtstück und eine kleine Perle, alle vier aus arsenhaltigem Kupfer bestehend, sowie

<sup>2719</sup> Tylecote 1976, 5; Vgl. Hauptmann 2007b, 177.

<sup>2720</sup> Neuninger u. a. 1964, bes. 109f.; Craddock 2000, 155.

<sup>2721</sup> Hauptmann 2007b, 157-179. bes. 157f.; Craddock 2000, 155.

<sup>2722</sup> Radivojević u. a. 2017, 109f. 112-121. bes. 120.

<sup>2723</sup> Siehe Radivojević u. a. 2017, 112-119. 121.

<sup>2724</sup> Yener 2000, 24; Vgl. Pernicka 1987, 612. – Zweifel: Schoop 1995, 22. 38; Vgl. Yalçın 2000b, 25.

<sup>2725</sup> Schoop 1995, 22; Yalçın 2000b, 20f.; Radivojević u. a. 2017, 108f.

<sup>2726</sup> Schoop 2005, 44; Zimmermann 2011, 301. – Zu den Analysen Yakar 1985, 384; Esin 1969, 130 Analiz No. 6755-6756; Vgl. zu Problemen bei den Analysen Zimmermann 2011, 299.

<sup>2727</sup> Zimmermann 2011, 301 mit Anm. 35.

<sup>2728</sup> Schoop 2011b, 160.

<sup>2729</sup> Schoop 2011b, 160.

<sup>2730</sup> Zimmermann 2011, 300.



ein Bleianhänger – mit dem Vergleiche zu Ringanhängern gezogen werden – aus den chalkolithischen Schichten von Aphrodisias-Pekmez verbunden sein<sup>2731</sup>. Zimmermann sieht diese Datierung derzeit jedoch unter Vorbehalt<sup>2732</sup>.

Etwa um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. datieren die Metallobjekte aus Çamlıbel Tarlası<sup>2733</sup>. Die wenigen Metallartefakte bestehen überwiegend aus arsenhaltigem Kupfer (As 3–5 Gew.%)<sup>2734</sup>. Ein Stück Bleidraht liegt vor. Ein triangulärer Kupferdolch mit dreieckiger Griffplatte ohne Nietlöcher aus Çamlıbel Tarlası Schicht VI wird mit solchen aus spätchalkolithischen Grabfunden in İköztepe und Ilipınar verglichen<sup>2735</sup>. Eine tönernerne Gussform für Ringidole liegt aus mutmaßlich rituellen Kontexten („Verbranntes Haus“, Schicht III) vor (Taf. 22, 1)<sup>2736</sup>. Schoop bemerkt, dass die meisten Ringidole aus Gold-, Silber- und Bleiblech bestünden und ihm keine gegossenen Exemplare im Verbreitungsgebiet bekannt seien<sup>2737</sup>. Demgegenüber macht etwa die Durchlochung im Kopfbereich eines bleiernen Ringanhängers aus İköztepe durchaus den Eindruck gegossen zu sein<sup>2738</sup>. Zahlreiche Hinweise auf Metallurgie liegen aus verschiedenen Schichten von Çamlıbel Tarlası vor; zwar zeitlich getrennt, „lassen sich zwei „Bündel“ von metallurgiebezogenen Befunden ausmachen, die sich gegenseitig auszuschließen scheinen. Zum einen treten sog. Schmelzgruben und Erzfunde immer zusammen auf. In diesen Zusammenhängen gibt es kaum Schlackenreste und gar keine Tiegelfunde. In den Schichten, in welchen sich Tiegelbruchstücke finden (Çamlıbel Tarlası III & IV), erscheinen immer auch größere Mengen zerschlagener Schlackenbruchstücke, nie aber Schmelzgruben oder Erzreste. Obwohl Schmelzgruben und Erzreste somit vor allem für die älteren Phasen charakteristisch sind, ist dieses Muster nicht gänzlich chronologisch zu werten, da in der Phase saisonaler Nutzung zwischen den Siedlungsphasen III und IV wieder Schmelzgruben in Betrieb gewesen sind“<sup>2739</sup>. Die insgesamt etwa 10–12 hohen Tiegel mit durchlochtem Standfuß weisen eine nur etwa 15–20 mm tiefe Schale auf (Taf. 22, 2). Vergleichbare Tiegel sind mit dem Typ Ghabristan aus dem Iran bekannt (Kap. IV.3; Taf. 32, 3). Bei allerdings engerer Durchlochung des Standfußes können die Tiegel aus Çamlıbel Tarlası insbesondere solchen des Typs Ghabristan gegenübergestellt werden, die flach ausgeprägte Schalen aufweisen<sup>2740</sup>. Nach Analysenergebnissen an unregelmäßigen Schlackenkuchen von 8–10 cm Durchmesser wurden sulfidische Erze verwendet. Ein Zerschlagen der Schlacken, um an Kupfereinschlüsse zu gelangen, wird angenommen, da keine Schlacke vollständig erhalten ist. Eine offene Frage ist, wie die Arsengehalte des Kupfers zustande kamen, da in den Schlacken kein Arsen nachgewiesen ist<sup>2741</sup>. Nach Rehren und Radivojević fanden sich in der Schlacke aus glasiger Matrix und Fayalit Matteeinschlüsse und teilweise auch unaufgeschmolzene Chargenrelikte<sup>2742</sup>. Eisensulfide überwiegen dabei, und die Mehrzahl der Eisenoxide fand sich anders als in bronzezeitlichen Schlacken meist in den Sulfiden und nicht in der Silikatmatrix. Die Matte soll mit den Schlacken entfernt worden sein, und als eigentliche Quelle zur Kupferproduktion werden oxidische Erze vorgeschlagen. Auf die Verhüttung gemischter Erze in den ostanatolischen und obermesopotamischen Fundorten Murgul,

<sup>2731</sup> Zimmermann 2011, 301 Abb. 2, 9; 302 (mit weiterer Literatur); Schoop 2009, 157-159.

<sup>2732</sup> Zimmermann 2005a, 194f.; Zimmermann 2011, 302.

<sup>2733</sup> Schoop 2011a; Schoop 2010. – Zur Metallurgie des Fundortes Schoop 2011a, 62f.; Rehren – Radivojević 2010; Schoop 2009, 63f.

<sup>2734</sup> Rehren – Radivojević 2010, 215.

<sup>2735</sup> Schoop 2011a, 62.

<sup>2736</sup> Schoop 2011a, 58f. mit Abb. 8-9; Schoop 2009, 65 mit Abb. 62; Zum „Verbranntes Haus“ Schoop 2009, 58-61.

<sup>2737</sup> Schoop 2011a, 62.

<sup>2738</sup> Vgl. Zimmermann 2004-05, 258 Fig. 8,12.

<sup>2739</sup> Schoop 2011a, 63.

<sup>2740</sup> Vgl. Thornton 2009, 312 Fig. 4.

<sup>2741</sup> Schoop 2011a, 63.

<sup>2742</sup> Im Folgenden die Vorstellung der Schlacken nach Rehren – Radivojević 2010.

Nevali Çori und Norşuntepe wird aufmerksam gemacht. Die Kupferrestgehalte sind gering und nur wenige Kupfertropfen (*prills*) sind in der Schlacke eingeschlossen. Indes wurden bislang keine Ergebnisse von Schlacken mit großen Kupfertropfen (*prills*) bekannt. Die Verhüttung soll bei etwa 1050–1100 °C unter eher oxidierenden Bedingungen erfolgt sein. In einer Probe mit relativ vielen und großen Kupfereinschlüssen befinden sich diese in einer reinen Kupfersulfidphase verbunden mit Magnetit. Vielleicht sind hier Zeichen einer beginnenden Entschwefelung unter Abscheidung einer Metallphase zu sehen (vgl. Kap. II.2.4.4.5; II.2.4.4.8; II.3). Dies würde sich gut mit der von Moesta (2004) vorgestellten Methode zur Erzeugung von Kupferlegierungen in Einklang bringen lassen. Allerdings ist in keiner der bislang untersuchten Schlackenproben Arsen bei einer Nachweisgrenze von 0,005 Gew.% nachgewiesen<sup>2743</sup>.

Die Keramik von Çamlıbel Tarlası soll, wie auch die von Alişar Höyük, einer Familie angehören, deren Verbreitung sich über den Taurus hinweg bis in die Ebene von Malatya verfolgen lässt<sup>2744</sup>. Insgesamt lassen sich weiträumige Kontakte etwa auch an Schalen mariner Muscheln ablesen<sup>2745</sup>. Zahlreiche Bestattungen in meist seitlicher Hockerlage liegen vor<sup>2746</sup>.

Dem späten 4. Jt. v. Chr. werden die Funde aus Kuruçay zugerechnet (Nadeln, Flachbeile und ein Dolch bzw. eine Lanzenspitze mit umgebogenem Schaftdorn [vgl. Zimmermann zufolge kanaanitische Dolche])<sup>2747</sup>. Aus Schicht VI von Kuruçay stammen mehrere Gusstiegel<sup>2748</sup>, eine mögliche einfache steinerne Herdgussform<sup>2749</sup> sowie ein steinerner Anhänger in der Art von Ringscheibenanhängern bzw. Ringidolen<sup>2750</sup>.

Aus Beycesultan (Schicht 34) in Westanatolien stammt ein Depotfund aus einem Siedlungskontext, der ursprünglich ins späte 5. Jt. v. Chr. datiert wurde, und für den nunmehr nach verschiedenen Autoren Datierungen in der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. oder um etwa 3500 v. Chr. angegeben werden (Kat. 24; Taf. 23, 1)<sup>2751</sup>. In einem Keramikgefäß fanden sich ein Silberring, das Fragment eines Dolches mit angedeuteter Mittelrippe, ein Meißel sowie mehrere Nadeln, Ahlen und Stäbe aus Metall. Die Hälfte der analysierten Kupferfunde besteht aus relativ reinem Kupfer, die anderen weisen geringe Arsenkonzentrationen auf (durchschnittlich 1,94 % As)<sup>2752</sup>. Die Kombination von As, Sb, Ag und Pb sowie teils zusätzlich Ni bei Metallobjekten von Beycesultan, die unterschiedlicher Zeitstellung sind, lässt im Allgemeinen an Fahlerze als Basis denken<sup>2753</sup>.

Die mindestens bis ins 4. Jt. v. Chr. zurückreichende Verwendung von Metaldolchen in Anatolien<sup>2754</sup> – vor dem Hintergrund ihrer überregionalen Verbreitung in der Zeit um 4000 v. Chr. – könnte ebenso wie vielleicht auch die Arsenkupfer- und Silbertechnologie sowie die Verbreitung von Beilformen in

---

<sup>2743</sup> Rehren – Radivojević 2010, 215.

<sup>2744</sup> Schoop 2011a, 65.

<sup>2745</sup> Schoop 2010, 198.

<sup>2746</sup> Schoop 2010, 192.

<sup>2747</sup> Zimmermann 2011, 300. 302.

<sup>2748</sup> Duru 1996, 52 Taf. 146,7; 147,1.

<sup>2749</sup> Zimmermann 2011, 300 mit Anm. 31.

<sup>2750</sup> Duru 1996, Tafel 165,1-2; Hansen 2009, 20 mit Anm. 58.

<sup>2751</sup> Siehe etwa Zimmermann 2011, 302 mit Anm. 42; Zimmermann 2005a, 194. 196 mit Anm. 85; Schoop 2005, 149-152. 172-178. 182-191; Muhly 2011, 865.

<sup>2752</sup> Yakar 1985, 384; Esin 1969, 129 Analiz No. 11775. 11781; Vgl. Muhly 2011, 865; RIA 8 (1993) 119-136 s. v. Metalle. B (J. D. Muhly), 126: Von 14 Artefakten wurden 8 analysiert, davon gelten 4 als Arsenkupfer mit durchschnittlich 1,94 % As (vgl. Esin 1969, 129 Analiz No. 11774-11781); Vgl. zu Problemen bei den Analysen Zimmermann 2011, 299.

<sup>2753</sup> Vgl. Esin 1969, 129f.; Vgl. zur Aussagefähigkeit der Analysen Zimmermann 2011, 299.

<sup>2754</sup> Zimmermann 2004-05, 254-256. bes. 254.

einem weiteren kulturellen Kontext stehen<sup>2755</sup>. Teile Anatoliens nördlich des Taurus könnten in einen karpato-balkanischen bzw. zirkumpontischen Kontext eingebunden gewesen sein<sup>2756</sup>. Bereits im späten 6. und frühen 5. Jt. v. Chr. wurden in einem weiten Raum, der Zentral- und Nordanatolien, den Balkan und die Ägäis umfasst, Verzierungstechniken in der Keramik geteilt<sup>2757</sup>. Danach werden diese Bezüge schwächer<sup>2758</sup>. Auch andere Formen, wie Figurinen und Metallfunde wie Dolche<sup>2759</sup>, Ringanhänger usw. haben Parallelen oder Vorbilder auf dem Balkan und in der Ägäis (s. u.). Auch bei den Bestattungssitten ergeben sich Bezugspunkte<sup>2760</sup>.

Aus dem Bereich der anatolischen Schwarzmeerküste und aus dem nördlichen Zentralanatolien liegen meist ohne gesicherte Fundkontexte mehrere Ringanhänger vor, darunter ein solcher aus Silber (s. u.). Aus der Gegend um Trabzon sollen zwei Ensembles mit mehreren goldenen Ringanhängern stammen<sup>2761</sup>. Ein mutmaßlich chalkolithischer goldener Ringanhänger ist in der Literatur mit der Fundortangabe Kalinkaya/Toptaštepe verbunden<sup>2762</sup>. Hinzuweisen ist auch auf eine mutmaßlich bronzene Schaftlochaxt aus Kalinkaya, die an karpato-balkanische Formen erinnert, mutmaßlich aber späterer Zeitstellung ist<sup>2763</sup>. Ein möglicher Ringanhänger, das Stück besteht aus Blei, stammt aus Alişar Höyük (s. u.). Auch aus İkištepe liegen Ringanhänger aus Blei und Gold vor (s. u.). Ihre Zeitstellung ist schwer zu eruieren, jedoch sprechen einige Anhaltspunkte dafür, dass sie gleicher Zeitstellung wie die

---

<sup>2755</sup> Lichter 2006, 529.

<sup>2756</sup> Ottawa 1994, 234-236 mit Abb. 31; Zimmermann 2007, bes. 26.; Lichter 2006; Vgl. *balkano-anatolischer Kulturbereich* nach Todorova 1998, 1998, 31; Kohl 2009, 30. – Vgl. jedoch zu einem Fazit, dass die trennenden Aspekte hervorhebt, nämlich die Beschränkung auf einige wenige Analogien zwischen Anatolien und dem Balkanraum, Lichter 2006, 529.

<sup>2757</sup> Özdoğan 1996, 191. 195; Zu ägäischen-westanatolischen und nordzentralanatolischen Keramik analogien mit weiterer Literatur Lichter 2006, 529.

<sup>2758</sup> Nach Kohl (2009, 30) sind der balkanische und der anatolische Bereich bis zum Beginn der Frühbronzezeit in der Entwicklung miteinander verbunden (Todorova 1998, 31).

<sup>2759</sup> Zimmermann 2011, 304.

<sup>2760</sup> (In den nordpontischen Bereich) Zimmermann 2007, 29. 30.

<sup>2761</sup> Diese kommen aus dem Kunsthandel und sollen aus der Gegend von Trabzon stammen. Die Herkunft ist jedoch ebenso ungesichert wie deren Zusammengehörigkeit. Eines der Ensembles ist jedoch homogenen Charakters und könnte auf balkanische Bezüge im 5. Jt. v. Chr. verweisen (vgl. Rudolph 1978, bes. 15 Abb. 10, 21; 17 Abb. 13). Zu Ringanhängern aus İkištepe siehe Kat. 26 und im Folgenden.

<sup>2762</sup> Der goldene Ringanhänger soll aus Kalinkaya/Toptaštepe stammen (Makkay 1989, Fig. 2, 2 [und nicht 2, 3 vgl. dazu bei Kat. 25 Göller]; Yakar 1985, 202. 432 Fig. XXVIII, 11; Lichter 2006, 528; Zimmermann 2007, 28f.). An diesem Fundort in der Provinz Çorum ist ein Siedlungsplatz mit intramuralen Bestattungen aus der chalkolithischen Schicht I mit Metallartefakten zum Vorschein gekommen (Yakar 1985, 202; Zimmermann 2006, 276f.; Zimmermann 2007, 28f.). Nach Zimmermann ist nunmehr – allerdings ohne Angabe von Gründen – das „kontextlose goldene Ringidol, das möglicherweise einer dieser Bestattungen zugewiesen werden könnte, [...] fälschlicherweise Kalinkaya zugeschrieben“ (Zimmermann 2011, 300 Anm. 21).

<sup>2763</sup> Diese Schaftlochaxt liegt vom selben Fundplatz wie der goldene Ringanhänger von Kalinkaya vor. Die Axt („hook-butted bronze axe“ [Zimmermann 2006, 279], Nackenhakenaxt [vgl. Zimmermann 2005b] /Knaufhammeraxt?) wird Grab M-01-73 außerhalb des Siedlungsbereiches zugewiesen und der Frühbronzezeit zugerechnet (Zimmermann 2006, 279; Taf./Lev. IV Fig. 4, 1a. b). Sie gemahnt an karpato-balkanische rundarmige Hammeräxte vom Typ Şiria (vgl. etwa Matuschik 1997, 90 Abb. 7, 2. 4; 96f.). Äxte vom Typ Şiria lassen sich etwa mit der Bodrogkeresztúr-Kultur und damit dem letzten Viertel des 5. und/oder der 1. Hälfte des 4. Jt. v. Chr. in Verbindung bringen. Zu Datierung und Einordnung vgl. dagegen Zimmermann 2006b. Die Materialangabe Bronze müsste ebenso überprüft werden wie die Datierungsangabe Frühbronzezeit. Die von Zimmermann angegebenen Parallelen von Nackenhakenäxten (teilweise aus Arsenkupfer) datieren ins 3. und 2. Jt. v. Chr. (Zimmermann 2005b). Ob sich der Vergleich des Stückes mit karpato-balkanischen Formen tatsächlich anstellen lässt bzw. chronologisch weiterbestätigen oder aber gänzlich ausschließen lässt, könnten <sup>14</sup>C-Datierungen des Skelettmaterials zeigen. Sollte sich die Materialangabe Bronze weiter bestätigen, so wäre eine frühe Datierung möglicherweise auch zu verwerfen, aber nicht gänzlich unmöglich, wie andere frühe Bronzen – auch in karpatischen Zusammenhängen – zeigen. Leider lässt auch die derzeit vorliegende Abbildung des Stückes keine genaueren Aussagen zu.

karpato-balkanischen Ringanhänger sein könnten oder zumindest auf solchen Vorbildern beruhen. Formal lassen sich die anatolischen Ringanhänger nämlich mit den Ringanhängern Ostmittel- und Südosteuropas vergleichen, womit sich eine Datierung in die zweite Hälfte des 5. und die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. verbindet<sup>2764</sup>. Verdachtsmomente legen teilweise eine Stellung in der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. nahe. Sicher um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. verankert ist die Gussform für Ringanhänger aus Çamlıbel Tarlası. Goldene Ringanhänger anderer Morphologie ohne Durchlochung im Kopfbereich mit einer teils kritisch bewerteten Zuweisung Frühbronzezeit II könnten auch in das dritte Jahrtausend zu stellen sein, und zwar je einer aus Bakla Tepe und aus der „Region Sardis“<sup>2765</sup>. Aus Bakla Tepe, Frühbronzezeit I zugewiesen, stammen eine Halskette aus Silberperlen, zwei Silberarmreifen, ein „bronze (?) dagger“<sup>2766</sup> sowie „Two related small silver and copper (?) pendants [...] associated with burials dated to the EB I period (Erkanal and Özkan 1999, 124–6, figs. 29–30), representing a reprisal of the earlier Balkan-type pendants“<sup>2767</sup> (nicht im Kat.). Mit der Fundortangabe „Göller“ ist ein silberner Ringanhänger verbunden (Kat. 25; Taf. 25, 1)<sup>2768</sup>. Von dort ist auch ein in die Frühe Bronzezeit<sup>2769</sup> gewiesenes Gräberfeld bekannt<sup>2770</sup>, dessen Datierung allerdings einer Überprüfung bedarf<sup>2771</sup>. Ein Zusammenhang zwischen Gräberfeld und Ringanhänger kann allerdings nicht hergestellt werden<sup>2772</sup>.

Aus dem Kızılırmakbogen in Zentralanatolien liegen aus Alişar Höyük (Schicht 14M) (Kat. 23; Taf. 24, 1) weitere Silberfunde in Form mindestens eines Ringes und Anhaltspunkte auf zeitgleiche karpato-balkanische Bezüge vor. Obwohl eine Datierung für die Fundzusammenhänge der Silberfunde (Schicht 14M) um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. oder ein noch weiter ins zweite Viertel des 4. Jt. v. Chr. zurückreichendes Alter schon länger zur Diskussion stehen<sup>2773</sup>, wird bei der Betrachtung der Silberobjekte von Alişar meist eine Datierung ins späte 4. Jt. v. Chr. erwogen<sup>2774</sup>. Für die Schichten Alişar 14M und 12M werden aufgrund von Figurinen-Funden (Taf. 24, 2) und graphitierten Scherben Verbindungen zu KGK VI diskutiert<sup>2775</sup>, die an den Beginn des 4. Jt. v. Chr. oder noch davor führen würden. Schicht 12M werden die Fragmente eines möglichen Nietdolches und eines Griffangeldolches zugewiesen<sup>2776</sup>. Ein ringanhängerartiges Objekt aus Blei soll aus *Copper Age*-Zusammenhängen stammen (Taf. 24, 3)<sup>2777</sup>. Allerdings fehlt ihm die für Ringanhänger typische Durchlochung im Kopf-/Halsbereich. Aus Elfenbein besteht ein ringanhängerartiges Stück mit der Zuweisung Frühbronzezeit<sup>2778</sup>. In unterschiedlichen Zeitstufen sollen an diesem Fundort reine Kupfer gegenüber

<sup>2764</sup> Vgl. Maran 2000.

<sup>2765</sup> Zimmermann 2007, 29f. mit weiterer Literatur; Zimmermann 2007, 29: „region of Sardis“.

<sup>2766</sup> Erkanal – Özkan 1999, 126.

<sup>2767</sup> Zimmermann 2007, 29. – Vgl. Erkanal – Özkan 1999, 124-126. Fig. 29-30

<sup>2768</sup> Kulaçoğlu 1992, 82 Nr. 95; 188 Kat. Nr. 95; Bilgi 1990, 175.

<sup>2769</sup> Vgl. etwa Lichter 2006, 528.

<sup>2770</sup> Özgüç 1978, 89.

<sup>2771</sup> Zum Problem der anatolischen Chronologie in diesem Raum im Zusammenhang mit der Datierung „Frühbronzezeit“ siehe Schoop 2005, 2005, 13-17. 73f.; Siehe weiter Orthmann 1963, 9 f. 84. 93-100, bes. 95; Özdoğan 1996, 187 f.; Zimmermann 2007, 26; Siehe weiter die Ausführungen zu İkiştepe (Kat. 26) und im Folgenden.

<sup>2772</sup> Zimmermann 2005a, 194.

<sup>2773</sup> Etwa Thissen 1993, 217f; Parzinger 1993a, 218. – Aufgrund allgemeiner Überlegungen formulierte Özdoğan Zweifel an der bis dato akzeptierten Datierung chalkolithischer Komplexe in Anatolien und speziell von Alişar (Özdoğan 1996, bes. 188; Özdoğan 1991, bes. 218); Siehe zur Datierung von Alişar Schoop 2005, 33-38. 90-93. 323-348. bes. 331-334.

<sup>2774</sup> Siehe etwa Kohlmeyer 1994, 43; Zimmermann 2005a, 194.

<sup>2775</sup> Thissen 1993, 217f.; Siehe weiter Kat. 26 Datierung (İkiştepe).

<sup>2776</sup> Osten 1937a, 91. 92 Fig. 96,c289. c419; 101.

<sup>2777</sup> Eine ausführlichere Diskussion ist im Katalog zu finden (Kat. 23 Bemerkungen).

<sup>2778</sup> Hood 1982, 664; Osten 1937a, 270 Fig. 272,c2141. Ebenso wie das Stück aus Blei wird es mit einer Hilfe zum Ziehen einer Bogensehne verglichen.

niedrig legierten Arsenkupfern überwiegen, und erste Kupfer mit Zinngehalten werden für die Schichten 13M-12M berichtet<sup>2779</sup>. Ein Stück aus Schicht 12M mit 2,43 % Arsen enthält 2,75 % Schwefel<sup>2780</sup> und ist Hinweis auf die Verhüttung von Erzchargen mit zumindest sulfidischen Anteilen. Aus Alişar liegt eine mutmaßliche Blasrohrdüse aus Ton vor. Dieses Stück wurde zusammen mit zwei grob gearbeiteten „Miniaturgefäßen“, mithin möglicherweise Tiegeln, gefunden. Das Ensemble könnte noch ins ausgehende 5. Jt. v. Chr. zu datieren sein<sup>2781</sup>.

Vom İkiztepe (Kat. 26; Taf. 25, 2) nahe der Mündung des Kızılırmak ins Schwarze Meer stammen zahlreiche Metallobjekte wie Flachbeile, einfache Doppelspiralen, Rollenkopfnadeln sowie Ringanhänger und Schmuckscheiben aus Kupfer, Gold und Blei<sup>2782</sup>. Silber liegt in Form einiger Ringe, die von Bilgi als Ohrringe angesprochen werden<sup>2783</sup>, sowie eines silbernen Drahtstückes und eines möglichen weiteren silbernen Ringes vor. Auch Kupfersilberlegierungen wurden nachgewiesen (s. u.). (Kat. 26,f-g).

Von den Ausgräbern werden große Teile der Abfolgen des İkiztepe in Anlehnung an Orthmanns chronologische Gliederung von 1963 der Frühen Bronzezeit zugewiesen<sup>2784</sup>. Jedoch könnte ein Teil der Metallfunde noch in die Zeit der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. datieren<sup>2785</sup>. Möglicherweise bestehen Beziehungen<sup>2786</sup> zu (Nachfolge-) Kulturen im Bereich des Komplexes Kodžadermen-Gumelnița-Karanovo VI bzw. des Karpaten-Balkanraumes (s. Kat. 26 mit Exkurs İkiztepe). Indizien dafür finden sich in Figurinen, Schmuckformen wie den Ringanhängern aus Blei und Gold, den bleiernen Schmuckscheiben, den kupfernen Doppelspiralkopfnadeln, den Flachbeilen usw. Einen weiteren, vagen Hinweis auf Kontakte zum Karpaten-Balkan Raum stellen auch die Bestattungssitten vom İkiztepe dar<sup>2787</sup>. Interessant dabei ist, dass es sich bei einem Teil der Metallfunde aus „Siedlungszusammenhängen“ – die Ausgräber trennen in kaum aufrecht zu erhaltender Weise die Metallfunde in ältere Siedlungs- und jüngere Grabfunde – um nicht erkannte Grabfunde, mithin aus Kenotaphen, handeln könnte (s. Kat. 26 mit Exkurs İkiztepe). Auch Hinweise auf Ockerstreuungen (*red soil*) könnten als Hinweis auf nordpontische Grabsitten angesehen werden<sup>2788</sup>. In der Metallzusammensetzung der Kupferobjekte des İkiztepe mit Arsen könnten sich Entsprechungen in

---

<sup>2779</sup> Yakar 1985, 384. 392; Esin 1969, 124-127; Buchholz 1967, 215. 244f. Tabelle 11; Zu Problemen bei den Analysen von Esin 1969 vgl. Zimmermann 2011, 299; Siehe zu Funden mit Zinn (Schicht 12 c523 [Sn 0,37 %], c2465 [2,49 %]; Schicht 13 e1801 [Sn 6,05 %]) Osten 1937a, 101f. und Osten 1937b, 338f.

<sup>2780</sup> Osten 1937a, 105; Osten 1937b, 339: e1554.

<sup>2781</sup> Nach Müller-Karpe 1994b, 108-110 mit Abb. 78, 7; Tafel 3,6. Dort mit weiterer Literatur.

<sup>2782</sup> Dazu besonders Zimmermann 2007, 29f.

<sup>2783</sup> Wohl aufgrund der Fundlage. Vgl. etwa Bilgi 1984, 34.

<sup>2784</sup> Orthmanns Schema (vgl. auch das Alişar Paradigma: Schoop 2005, 66f. [kurz zu den Datierungen]) sieht einen Beginn der Frühbronzezeit I in Inneranatolien (des vom Flusslauf des Kızılırmak[Halys]-bogen umschlossenen Gebietes) nicht vor 3000 v. Chr. vor, bei gleichzeitiger Subsumierung nahezu allen archäologischen Materials in diese Zeit (S. etwa Orthmann 1963, 9 f. 84. 93-100. bes. 95; Özdoğan 1996, 187f. 190. 193; Schoop 2005, 13-17. 66. 73f. bes. 75. 316; Zimmermann 2011, 304f.; Zimmermann 2007, 26).

<sup>2785</sup> Siehe Kat. 26 Datierung; Lichter 2006, bes. 529; Schoop 2005, bes. 307-322; Zimmermann 2011, 304f.; Parzinger 1993b, 236f.; Thissen 1993, bes. 217f.;

<sup>2786</sup> Teils einschränkend dazu Lichter 2006; Zimmermann 2011, 305.

<sup>2787</sup> Bilgi selbst weist auf Parallelen zwischen den Bestattungen von İkiztepe I und den Nekropolen von Varna und Durankulak in Bulgarien hin, sowohl was den Bestattungsbrauch (Körpergräber mit einfacher Grabgrube) als auch die Funde wie Ringanhänger (und Armreifen) angeht. Doch wird dies von ihm gleich wieder relativiert (Bilgi 2004, 26). Der Vergleich steht seiner Datierung der Nekropole von İkiztepe entgegen (siehe etwa 1984, 96 Fig. 19); Zu Varna und Durankulak siehe Lichter 2001, 93-113; Lichter 2006, 526; Zuletzt zu den Bestattungssitten Lichter 2006, 526f.; Siehe Kat. 26 und Exkurs İkiztepe.

<sup>2788</sup> Zimmermann 2007, 30.

der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. etwa in Ilipınar finden lassen<sup>2789</sup>. Ein Teil der Silberfunde wie auch die goldenen und bleiernen Ringanhänger könnten aber auch ins dritte Jahrtausend v. Chr. zu datieren sein. Für das Silber könnte dasselbe gelten (vgl. Kat. 26). Das Auftreten von Arsenkupfer, Silber und Ringanhängern aus Blei und Gold sowie Dolchen stellt einen interessanten Punkt dar<sup>2790</sup>. Eine Aufarbeitung der Datierung, auch mit großzügigen Serien von Radiokarbondatierungen etwa an menschlichem Knochenmaterial, drängt sich geradezu auf.

Die Verhüttung des İkitztepe soll in Siedlungszusammenhängen seit dem Chalkolithikum – Terminologie auch im Folgenden nach Özbal u. a. (2002, 2008) – erfolgt sein. Dass chalkolithische Schlacken fehlen, soll der Verhüttung reiner sekundärer Erze und einer schlackenlosen Metallurgie geschuldet sein<sup>2791</sup>. Ab der Bronzezeit allgemein wird die Verhüttung sulfidischer Erze konstatiert<sup>2792</sup>. Dies würde mit der Zunahme der Arsengehalte korrelieren (vgl. unten). In der Bronzezeit soll nur eine Weiterverarbeitung zu finden sein<sup>2793</sup>. Vom İkitztepe liegen verschlackte Tiegel, Schlacken und Gussformen möglicherweise des 4. Jt. v. Chr. vor<sup>2794</sup>: In einer Schlacke mit Konzentrationen von 3,5 % As und 17 % Cu, die einem Tiegelfragment anhaftet, fanden sich Kupfereinschlüsse (*prills*) mit im Schnitt 6,53 % As und 0,1 % Fe. Ein *prill* mit einem Arsengehalt von 9,13 % enthielt 0,08 % Fe. Die Schlacke<sup>2795</sup> besteht aus einer glasigen Matrix mit hohen Gehalten an SiO<sub>2</sub>, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und MgO und eher niedrigen Werten von FeO. In CuO Einschlüssen fanden sich auch As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Anteile. Teilweise zersetzte Matteeinschlüsse aus Kupfersulfiden werden berichtet<sup>2796</sup>. Besonders hervorzuheben sind auch Einschlüsse von Gold und Silber in den Kupfereinschlüssen, an deren Außenseite sowie in der Schlacke. Im Zusammenhang mit den Silbergehalten dieser Schlacke werden ein Frühbronzezeit III datierter Spiralohrring aus dem Gräberfeld des İkitztepe mit 33,3 % Silber und 2,03 % Arsen sowie zwei Armringe mit mehr als 30 % Silber, ebenfalls aus dem Gräberfeld, genannt<sup>2797</sup>. Dabei wird erwogen, dass eine „Preparation of exotic copper-silver alloy in a crucible may be the source of silver in the slags“<sup>2798</sup>. Die oben gemachten Ausführungen zu den Schlacken könnten dabei als Hinweise auf die Abscheidung von unterschiedlichen Speisen zu werten sein. Eine eingehendere Betrachtung ist für die Zukunft notwendig. Silbereinsprengsel fanden sich auch in einer weiteren Schlacke. Eine andere Schlacke<sup>2799</sup> mit 25,9 % Cu, 2,04 % As und 1,75 % Fe enthielt Kupfertropfen mit u. a. 3,99 % As. Kupfer- und arsenreiche sowie mattenreiche Partien liegen vor. Die metallurgischen Überreste sollen sich nach der Interpretation dreier analysierter Schlacken weder mit dem Verhütten noch mit dem Schmelzen von Kupfer noch mit Läuterungsprozessen, sondern aus einem Zementationsprozess erklären<sup>2800</sup>.

---

<sup>2789</sup> Cave: Probleme mit den Analysen bei Bilgi 1984. Dazu Özbal u. a. 2002, 40. – Vgl. Bilgi 1984, bes. 35 Anm. 7; Bilgi 1990, bes. 170f.; Siehe hierzu jedoch Bilgi 1990, 170 mit Anm. 50; Lichter 2006, 527; Zum Arsenkupfer des İkitztepe Yener 2000, 46.

<sup>2790</sup> Vgl. Zimmermann 2004-05, 257-259.

<sup>2791</sup> Özbal u. a. 2008, 69.

<sup>2792</sup> Özbal u. a. 2008, 69f.

<sup>2793</sup> Özbal u. a. 2002, 45.

<sup>2794</sup> Özbal u. a. 2002, 45 mit Table 3; Özbal u. a. 2008, 72-75. 79 Table 2: Aus Mound 1 Sondage C stammen zwei verschlackte Tiegelfragmente und aus Mound 1 Sondage D Schicht 2 eine Schlacke mit Kupfertropfen mit 3,99 % As. Die Funde aus Sondage C könnten evtl. mit Schoops Komplex DD/EE verbunden werden und eine Datierung ins 4. Jt. v. Chr. möglich machen (vgl. Schoop 2005, 307-322. bes. 310. 314) und möglicherweise eine solche vor der Mitte des 4. Jt. v. Chr. nahelegen. Mound 1 Sondage D Schicht 2 ist mit Komplex DD/EE nach Schoop zu verbinden.

<sup>2795</sup> Özbal u. a. 2008, 73.

<sup>2796</sup> Özbal u. a. 2008, 73.

<sup>2797</sup> Özbal u. a. 2008, 73.

<sup>2798</sup> Özbal u. a. 2008, 73.

<sup>2799</sup> Özbal u. a. 2008, 73f.

<sup>2800</sup> Özbal u. a. 2008, 74f.

Grundlage für diese Überlegung sind fehlende bzw. niedrige Nickelgehalte in Kupfern aus İkištepe (im Mittel 0,1 %) <sup>2801</sup>. Damit verbindbar sind *prills* in Schlacke <sup>2802</sup>. Bei Versuchen von Özbal u. a. dazu wurde pulverförmiges Arsenopyrit mit Holzkohle gemischt auf das flüssige Kupferbad gegeben. Das so legierte Kupfer enthielt um 7–13 % Arsen und 3 % Fe <sup>2803</sup>. Während Özbal und Kollegen <sup>2804</sup> die metallurgischen Überreste also als Überbleibsel eines Zementationsexperiments mit Realgar oder Auripigment sehen – die sehr niedrigen Eisengehalte sprächen gegen Arsenopyrit – wäre die Frage nach Überschneidungen mit Moestas (2004) Abscheidung von Arsen-/Antimonmangellegierungen aus Sulfidphasen zu stellen <sup>2805</sup>. Hier erneut zu betonen sind die Kupfersilberlegierungen (z. B 33,3 % Ag und 2,3 % As) mit der Zuweisung „EBA III graveyard“ <sup>2806</sup>, die genetisch in Verbindung mit Gold- und Silbereinschlüssen in Kupfereinschlüssen (*prills*) von mattehaltigen Schlacken des İkištepe gebracht werden (Kat. 26,f) <sup>2807</sup>. Weitergehende Aussagen verbieten sich beim derzeitigen Untersuchungsstand zwar, aber Edelmetalle können prinzipiell auch mittels Sulfidphasen gesammelt und ausgebracht werden. Auch Temperatur- und Schmelzpunktunterschiede sowie Zementationsprozesse für das Arsen könnten vorliegen.

Die hohen Kupferrestgehalte in den Schlacken des İkištepe, nach Özbal und Kollegen stammen diese aus Läuterungsschritten <sup>2808</sup>, entsprechen gut den Beobachtungen an anderen chalkolithischen Schlacken der Verhüttung (Kap. II.2.6), und die niedrigen Eisengehalte würden sich gut mit weiteren hier in dieser Arbeit postulierten Aspekten der chalkolithischen Verhüttung decken (vgl. Kap. II.3). Zwei Tiegel, als Gusstiegel/Schmelztiegel angesprochen, aus Sondage L könnten mit Keramik nach Schoops Komplex DD/EE zu verbinden und somit möglicherweise vor der Mitte des 4. Jt. v.Chr. zu datieren sein <sup>2809</sup>. Özbal und Kollegen berichten eine *zylindrische Tiegelform* <sup>2810</sup>. Aus Sondage L Planquadrat D Schicht 2 des Hügels III stammt ein tiefer Tiegel mit einer möglichen Datierung in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. (Taf. 26, 1) <sup>2811</sup>. Mit einer hohen Form könnte sich in der Tat auch ein Zementationsprozess verbinden lassen, aber Aussagen sind hier aufgrund unbekannter Größen derzeit nicht zu treffen. Ein Verdacht auf die Herstellung von Kupfersilberlegierungen wird geäußert <sup>2812</sup>. Die Arsengehalte von Kupferobjekten aus Kontexten der Schoopschen Komplexe ‚İkištepe AA und BB‘ (ca. 5000–4500 v. Chr.) enthalten Arsen bis etwa 1 % <sup>2813</sup>. Nach Özbal und Kollegen zeigt die Mehrzahl der Artefakte (91,6 %) des İkištepe aus EBA- und Transition/Transitional-Period-Zusammenhängen und insbesondere aus EBA II Kontexten Arsengehalte mit mehr als 1 % As; einen Peak zeigen die As-Gehalte bei 3–5 % und Konzentrationen von >10% werden erreicht (Terminologie nach Özbal und Kollegen [2002, 2008]) <sup>2814</sup>.

---

<sup>2801</sup> Özbal u. a. 2002, 43f.

<sup>2802</sup> Siehe die Zusammensetzung von Probe 93/703 bei Özbal u. a. 2008, 79 Table 2.

<sup>2803</sup> Özbal u. a. 2008, 73. 74f.

<sup>2804</sup> Özbal u. a. 2008, 73. 74-76.

<sup>2805</sup> Vgl. Özbal u. a. 2008, 79 Table 2 (Zuweisung Prill aus Probe 95/100?).

<sup>2806</sup> Özbal u. a. 2008, 73.

<sup>2807</sup> Özbal u. a. 2008, 73.

<sup>2808</sup> Özbal u. a. 2002, 45.

<sup>2809</sup> Aus Sondage L Schicht 5: Schoops Komplex DD/EE (?), Datierung vor 3500 v. Chr. (?) (Bilgi 2000, 318. 424 Resim 7; Zu Komplex DD/EE Schoop 2005, 307-322. bes. 310f. 314).

<sup>2810</sup> Im Rahmen von Versuchen: „The cementation experiment was done in a replica of a crucible recovered from İkištepe. The crucible was cylindrical in shape with a small spout at the middle of the side suitable to pour molten metal“ (Özbal u. a. 2008, 75). Zu diesem Tiegel oder seinem Vorbild ist keine Abbildung angegeben. Evtl. deckt sich die Form mit dem nachfolgend vorgestellten Tiegel.

<sup>2811</sup> Bilgi 1999b, 140. 157 Resim 20. – Architektur-/Bauschichten 1-8, der Tiegel stammt aus Architekturschicht 2 (Bilgi 1999b, 157 Resim 20 [Bildunterschrift]), sollten mit Schoops Komplex DD/EE zu verbinden sein. Eine Datierung vor 3500 v. Chr. könnte damit verbunden sein.

<sup>2812</sup> Özbal u. a. 2008, 73.

<sup>2813</sup> Özbal u. a. 2002, 41f. mit Fig. 1; Özbal u. a. 2008, 68.

<sup>2814</sup> Özbal u. a. 2008, 68; Özbal u. a. 2002, 41f. mit Diagrammen.

Aufgrund der Einordnungsprobleme und chronologischer Schwierigkeiten von Material des İkitzepe sollen hier die mittleren (!) Arsengehalte nach einem Diagramm von Özbal und Kollegen<sup>2815</sup> – EB I = ca. knapp 3 % As, EB II = ca. 4,5 % As –pauschalen Datierungsangaben für Phasen (-bezeichnungen) des İkitzepe nach dem Chronologieschema von Schoop zugeordnet werden: EB I = ca. 4750–4500 (und später) v. Chr., EB II = nach 4000 v. Chr./4. Jt. v. Chr.<sup>2816</sup>. Ein früher Beginn der Verwendung legierter Kupfer wie Arsenkupfer könnte vielleicht nach einer besseren Aufarbeitung dereinst am İkitzepe nachvollzogen werden.

Inwieweit sich aus langschmalen Flachbeilen des 4. Jt. v. Chr. wie etwa aus Ilipınar IV und weiteren Fundorten Anatoliens, darunter möglicherweise ebenso zu datierende Flachbeile aus İkitzepe, sowie aus Schaftlochäxten (etwa Horoztepe und Kalınkaya [s. o.], in İkitzepe fehlen sie<sup>2817</sup>) überregionale Netzwerke ablesen lassen, ist schwer zu beantworten<sup>2818</sup>. Ähnliche Flachbeile sollen in Südosteuropa ab dem Beginn des 4. Jt. v. Chr. anzutreffen sein (Typen Kamenar, Alheim [Bulgarien] und Szakálhát [Ungarn])<sup>2819</sup>. Dolche aus Ilipınar mit einer Datierung spätestens um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. weisen teils eine Griffplatte mit Nietlöchern auf, für die sich möglicherweise gute Parallelen finden lassen (s. im Folgenden)<sup>2820</sup>.

Der „spätchalkolithische“ Bestattungsplatz von Ilipınar in Westanatolien aus der Mitte<sup>2821</sup> oder ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr.<sup>2822</sup> erbrachte Hockerbestattungen mit Beigaben (Taf. 26, 2). Die Metallbeigaben (Dolche, Ahlen und Flachbeile) bestehen aus einem Kupfer mit teils hohen Arsengehalten (1,41–7,96 % As; Taf. 26, 3)<sup>2823</sup>. An Formen sind Dolche hervorzuheben, teilweise mit Mittelrippe und Nietlöchern. Für Dolche mit rhombischen Klingen zieht Zimmermann den Vergleich zu karpato-balkanischen Formen des Typs Bodrogkeresztúr<sup>2824</sup>. Das Zustandekommen (konsistent) hoher Arsengehalte wird im Allgemeinen als Hinweis auf eine intentionelle Legierung mit Arsen gesehen, aber auch die Zugabe oder Auswahl arsenreicher Erze zur Verhüttung gilt als möglich. Begemann und Kollegen gehen jedoch davon aus, dass die recht konstanten Arsenwerte zufälliges Ergebnis einer Verhüttung ähnlicher Erze sind<sup>2825</sup>. Eine Kontrolle des Prozesses wird von den gleichen Autoren in diesem Fall dem urgeschichtlichen Metallurgen am Beginn der Arsenkupferverwendung abgesprochen, da der analysierte Niet eines mutmaßlich späteren Dolches mit der erwogenen Zuweisung Mittelbronzezeit aus für seinen Verwendungszweck ungeeignetem Arsenkupfer bestünde<sup>2826</sup>. Dem muss, zumindest in dieser Form, nicht gefolgt werden. Die Dolche des Fundortes bestehen im Vergleich zu anderen

---

<sup>2815</sup> Özbal u. a. 2002, 42 Figure 1.

<sup>2816</sup> Schoop 2011b, 151 Figure 7.1.

<sup>2817</sup> Özbal u. a. 2008, 68.

<sup>2818</sup> Eine ungefähr gleichzeitige Verbreitung des Gusses (von Flachbeilen) im Bereich Vorderasiens und Südosteuropas während des zweiten Viertel des 5. Jt. v. Chr. und die Verbreitung von Schaftlochäxten nach 4500 v. Chr. könnte zu konstatieren sein. Dies könnte ein Hinweis auf die Verbreitung von Techniken in bestehenden Kommunikationsräumen sein. Eine genauere Betrachtung unterbleibt an dieser Stelle. – Zu Schaftlochäxten siehe Boroffka 2009.

<sup>2819</sup> Mit weiterer Literatur Lichter 2006, 527f. mit Anm. 32.

<sup>2820</sup> Zimmermann 2004-05, 254f. 256 Fig. 7.

<sup>2821</sup> Zimmermann 2011, 302.

<sup>2822</sup> Nach <sup>14</sup>C-Daten: Dazu Lichter 2006, 527 mit Anm. 30.

<sup>2823</sup> Begemann u. a. 1994, 205. 213 Table 2; Yener 2000, 45; Zimmermann 2011, 302-304 mit Abb. 3. – Zu den Analysen allgemein Begemann u. a. 1994.

<sup>2824</sup> Zimmermann 2004-05, 254f. mit weiterer Literatur; Zimmermann 2011, 304.

<sup>2825</sup> Siehe und vgl. Begemann u. a. 1994, 204. 205; Yener 2000, 45.

<sup>2826</sup> Begemann u. a. (1994, 205. 207) zufolge wäre aufgrund der überlegenen Verformbarkeit von reinerem Kupfer Niete aus solchem zu erwarten, so die Kontrolle über die Herstellung gegeben war. Als Beispiel nennen sie spätere Zypriotische Dolche, bei denen dies häufig der Fall ist. Dass etwa die Farbe entscheidend gewesen sein könnte, geht in diese Überlegungen nicht ein.



Formen aus höher arsenhaltigem Kupfer<sup>2827</sup>. Eine bewusste Manipulation oder Auswahl von Erz und Metall ist zu erschließen. Auf eine positive Korrelation von Silber und Gold wird aufmerksam gemacht, wobei beide negativ mit Arsen korrelieren und vermutlich nicht mit arsenhaltigen Mineralien ins Metall kamen, sondern aus akzessorischen Phasen stammen<sup>2828</sup>. Dies könnte auch im Zusammenhang mit Zementationsprozessen von Arsen und dem Ausschmelzen nach Schmelzpunktunterschieden stehen, wobei arsenreiche Kupfer vor dem Rest der Charge ausgeschmolzen werden könnten. Eine Verflechtung mit Entwicklungen der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz wird impliziert<sup>2829</sup> und mit den oben genannten Bestattungssitten und Dolchen zeichnen sich Verbindungen zu Karpatenraum ab. Kupfer mit vergleichbaren Arsenwerten und ähnlicher Bleiisotopie wie in Ilipınar finden sich im bulgarischen Raum in der nachvarnazeitlichen und damit in das 4. Jt. datierenden ‚Übergangszeit‘ bzw. ‚Protobronzezeit‘<sup>2830</sup>. Dem Kupfer von Ilipınar und dem der ‚Protobronzezeit‘ Bulgariens könnten die gleichen Lagerstätten zugrunde gelegen haben<sup>2831</sup>. Ein Charakteristikum der bulgarischen Protobronzezeit ist das mutmaßlich erstmalige und gehäufte Auftreten von Dolchen<sup>2832</sup>. Möglicherweise ist in diesem Milieu, nach den dortigen Umwälzungen von spätestens 4000 v. Chr. und einem vermutlichen Wechsel in der Rohstoffbasis, auch nach den Ursprüngen der Arsenkupfer- und Silbermetallurgie in Teilen Anatoliens zu suchen. Mit den arsenhaltigen Dolchen von Ilipınar und den silbernen Ringanhängern wie dem von Göller und den Blei- und Silberfunden von Alişar Hüyük und ferner vom İkitzepe zeichnen sich ähnliche Entwicklungen wie in der Protobronzezeit Bulgariens ab. Als weitere metallene Funde, die Kontakte mit Südosteuropa anzeigen könnten, sind hier unter Vorbehalt ein ringanhängerartiges Stück aus Blei aus Alişar und eine Axt vom Typus einer karpatischen Knaufhammeraxt aus Kalinkaya anzustellen.

#### ***IV.1.4.1. Zusammenfassung und weitere Entwicklung***

Ab der Zeit von etwa 5000 v. Chr. sollen vor allem oxidische Erze zur Verhüttung herangezogen worden sein<sup>2833</sup>. Verhüttung und Guss sollen in Tiegeln innerhalb von Siedlungen erfolgt sein<sup>2834</sup>. Insgesamt sind aus dieser Zeit wenig Schlackenfunde bekannt (etwa Tülintepe und Tepecik in Ostanatolien, umstrittene neolithische Funde aus Çatal Höyük)<sup>2835</sup>. Mit der Datierung steht und fällt die Deutung vieler Funde. Bei den genannten Funden und Fundorten ist derzeit teilweise noch ungeklärt, ob sie noch im (späten) 5. oder erst im 4. Jt. v. Chr. anzusetzen sind. In den mit ungelösten Datierungen versehenen Dolchen könnten sich interessante Einbindungen in weitläufige Kommunikationsnetzwerke und -räume manifestieren, die ab dem 4. Jt. v. Chr. zumindest für Teile Anatoliens entwickelt vorliegen bzw. sich nachzeichnen lassen. Änderungen in der Metallurgie sollen im 4. Jt. v. Chr. erfolgen, die von Yalçın – allerdings auch unter Betrachtung Südostanatoliens – grob skizziert werden<sup>2836</sup>. Für Zentralanatolien benennt Yalçın die Fundorte Alişar Höyük, Alaca Höyük und Büyük Güllücek sowie für Westanatolien Beycesultan und Ilipınar an denen sich diese Entwicklungen nachzeichnen lassen sollen<sup>2837</sup>. Ein Teil dieser Fundorte weist dabei mögliche Bezüge zum karpato-

<sup>2827</sup> Vgl. Begemann u. a. 1994, 213 Table 2; 215 (Abbildungen).

<sup>2828</sup> Begemann u. a. 1994, 206. 217 Fig. 3 mit Abbildungsunterschrift; Yener 2000, 45.

<sup>2829</sup> Vgl. Begemann u. a. 1994, 203f.

<sup>2830</sup> Lichter 2006, 527f.

<sup>2831</sup> Lichter 2006, 528 Anm. 34; Pernicka u. a. 1997, 136-138.

<sup>2832</sup> Pernicka u. a. 1997, 136.

<sup>2833</sup> Yalçın 2000b, 25; Yalçın 2003, 538f. mit Tabelle 1.

<sup>2834</sup> Yalçın 2000b, 25.

<sup>2835</sup> Yalçın 2000b, 25; Yalçın 2003, 539-541.

<sup>2836</sup> Etwa Yalçın 2000b; Yalçın 2003, 539-541.

<sup>2837</sup> Yalçın 2000b, 23; Yalçın 2003, 539.

balkanischen Bereich auf (s. o.). Nach Yalçın ist im Spätchalkolithikum ab etwa 4000 v. Chr. bzw. während des 4. Jt. v. Chr. eine „massive Entfaltung der Metallproduktion“<sup>2838</sup> zu beobachten, und Analysen von Metallartefakten zeigen, dass Cu-As-Legierungen häufiger werden und von Fundorten wie Beycesultan, Ilipınar, İkištepe, Alişar, Mersin, Hasek Höyük und Pulur vorliegen<sup>2839</sup>. Zu den oxidischen Erzen treten in dieser Zeit nach Yalçın auch sulfidische und polymetallische Erze, darunter auch Fahlerze<sup>2840</sup>. Zur gleichen Zeit verbreiteten sich Silber, Blei und Gold in Anatolien<sup>2841</sup>. Ihre Blüte soll die Verwendung von Cu-As-Legierungen in der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. haben<sup>2842</sup>. Mit den oben vorgestellten Fundorten könnten sich, in Abhängigkeit von der Datierung, einige dieser Charakteristika wie Arsenkupfer und Blei evtl. schon weit früher beobachten lassen. Inwieweit diese Verbreitung mit Dolchen, Ringanhängern sowie auch Blei und Silber einhergeht (vgl. etwa Beycesultan, Ilipınar und Aphrodisias-Pekmez), muss offen bleiben. Fundorte wie Çamlıbel Tarlası und Alişar zeigen dabei anhand ihrer Keramik Verbindungen bis in die Ebene von Malatya<sup>2843</sup>. Zimmermann bringt bei der Frage nach dem Ursprung der Dolche eine Übernahme einer „älteren balkanischen Waffentradition“<sup>2844</sup> ins Spiel. Die unsicheren Frühdatierungen einiger der oben vorgestellten Fundkomplexe machen diese Fragen noch interessanter (Büyük Güllücek, Aphrodisias-Pekmez). Ein spannendes Beziehungsfeld zwischen dem karpato-balkanischen Raum und Obermesopotamien könnte sich sichtbar werden.

Die Nutzung sulfidischer oder zumindest gemischter Erze lässt sich für Zentral- und Westanatolien in Alişar mittelbar über die Schwefelgehalte des Kupfers sowie in Çamlıbel Tarlası und İkištepe unmittelbar über die Zusammensetzung der Schlacken erschließen. Die Erzeugung von Legierungen in İkištepe wird mittels Zementationsprozessen gesehen. Gut damit würden sich hohe Tiegelformen dieses Fundortes verbinden lassen. Alternativ erklären ließe sich die Herstellung von Legierungen durch Nachweise von Matteinschlüssen aber auch durch ein Ausschmelzen von Sulfidphasen mit nachfolgender Entschwefelung und Abscheidung von Speisen. Diese Herstellungsmethode könnte sowohl für Silber, Kupfersilber als auch Arsenkupfer in Betracht zu ziehen sein. Die Schlacken weisen bei hohen SiO<sub>2</sub>-Gehalten niedrige Gehalte an Eisen auf. Für Çamlıbel Tarlası wird die Verwendung gemischter Erze veranschlagt. Kupfereinschlüsse scheinen an Kupfersulfide gebunden zu sein. Hinweise auf die Arsenkupfererzeugung lassen sich aus den Schlacken bislang jedoch nicht sicher ableiten. Die Schale eines Tiegelfundes von Çamlıbel Tarlası ist flach und weist einen durchlochenden Standfuß auf (vgl. zur Morphologie Tiegel des Typs Ghabristan Kap. IV.3). Die Metallzusammensetzungen der Funde von Ilipınar könnten vage für Zementationsprozesse von Arsen oder ein Ausschmelzen nach Schmelzpunktunterschieden sprechen.

Gegen Ende des 4. Jt. und in der ersten Hälfte des 3. Jt. v. Chr. soll ein Kupfer mit Arsen- und Nickelanteilen in Umlauf kommen<sup>2845</sup>. Dieses ist im anatolisch-mesopotamischen Raum verbreitet und bis in die späte Bronzezeit zu finden (s. Kap. IV.2.4). Eine Korrelation mit dem Einflussgebiet der Kura-Araxes-Kultur wird konstatiert<sup>2846</sup>. Als Erzquellen für diese Legierung kommen möglicherweise Ophiolithe in Frage<sup>2847</sup>. Die ersten Belege von Legierungen mit Zinn sollen in der Frühbronzezeit I (dem

---

<sup>2838</sup> Yalçın 2000b, 25; Yalçın 2003, 538f. mit Tabelle 1.

<sup>2839</sup> Yalçın 2000b, 23; Vgl. Yalçın 2003, 539-541.

<sup>2840</sup> Yalçın 2000b, 25f.; Yalçın 2003, 538 Tabelle 1. 541.

<sup>2841</sup> Yalçın 2000b, 23. 25; Yalçın 2003, 538 Tabelle 1. 541.

<sup>2842</sup> Yalçın 2000b, 26.

<sup>2843</sup> Schoop 2011a, 65.

<sup>2844</sup> Zimmermann 2011, 304; Vgl. auch Zimmermann 2011, 302.

<sup>2845</sup> Yalçın 2000b, 23; Yalçın 2003, 541.

<sup>2846</sup> Yalçın 2003, 541.

<sup>2847</sup> Yalçın 2000b, 23f.

ausgehenden 4. Jt. v. Chr.) auftauchen (Ğudeide, Alişar I, İkiztepe, Termi I und Troia I)<sup>2848</sup>. Bronze soll sich erst in der Frühbronzezeit II durchsetzen, während aber weiterhin Cu-As-Legierungen in Gebrauch bleiben<sup>2849</sup>. Dabei soll in Anatolien Zinn bereits im 3. Jt. v. Chr. in größerem Umfang als in anderen umliegenden Regionen des Vorderen Orients eingesetzt worden sein<sup>2850</sup>. Jedoch könnte in Alişar Höyük und ferner vielleicht mit Kalinkaya eine frühere Nutzung von Bronze nachzuweisen sein. Eine Metallproduktion von „industriellem“ Ausmaß mit einer arbeitsteiligen Organisation wird für das 3. Jt. v. Chr. konstatiert, in der, im Gegensatz zur vorhergehenden Zeit, die extraktive Pyrometallurgie nun außerhalb der Siedlungen erfolgen soll<sup>2851</sup>. Noch im 2. Jt. v. Chr. soll Arsenkupfer eine größere Rolle als Bronze spielen, welche möglicherweise in der Bronzezeit Zentralanatoliens nie die wichtigste Kupferlegierung wurde<sup>2852</sup>. Es bleibt offen, inwieweit diese Feststellung auch chronologischen Problemen geschuldet ist. Die Fragen nach Zinnlagerstätten sind offen, und im 2. Jt. v. Chr. ist aufgrund textlicher Evidenz ein Import von Zinn gegen Gold und Silber angezeigt<sup>2853</sup>.

## IV.2. Obermesopotamien/“Upper Mesopotamia“: Südostanatolien und Nordmesopotamien

In Gebieten der Südosttürkei südlich des Mittleren (Syro-Kilikien) und Inneren Taurus bzw. im Einzugsgebiet des Euphrat, in Nordsyrien und im Nordirak – zusammen in etwa umschrieben als *Upper Mesopotamia*<sup>2854</sup> – gibt es deutliche Hinweise auf soziale Komplexität, höher stehende Organisation, Fernaustauschsysteme (bis in die Levante) und auch eine fortschrittliche Kupfer- und Silbermetallurgie schon im späten 5. und frühen 4. Jt. v. Chr. noch vor der Phase des Uruk-Kontaktes<sup>2855</sup>. Stein nennt als Fundorte, an denen sich diese Erscheinungen zu dieser Zeit manifestieren, Arslantepe, Tell Brak, Tepe Gaura und Hacinebi<sup>2856</sup>. Hansen konstatiert bereits im späten 5. Jt. v. Chr. ein „gut belegtes Netzwerk“<sup>2857</sup> zwischen Tell Brak, Tepe Gaura und Hamoukar (s. u.). Spätestens zur Mitte des 4. Jt. sind die aus Tell Brak bekannten Augenidole in einem Raum verbreitet, der von Hacinebi im Westen bis Susa im Osten reicht<sup>2858</sup>. Alle eben genannten Fundorte zeitigten neben weiteren Fundplätzen im Verlaufe des 4. Jt. v. Chr. Silberfunde oder Hinweise auf Silbermetallurgie (vgl. Kat. 28-35)<sup>2859</sup>.

---

<sup>2848</sup> Yalçın 2000b, 27; Yalçın 2003, 541.

<sup>2849</sup> Yalçın 2000b, 27; Yalçın 2003, 541.

<sup>2850</sup> Stech 1999, 64.

<sup>2851</sup> Yalçın 2003, 541; Yalçın 2000b, 26f.; Vgl. auch Yener 2000, 67f.

<sup>2852</sup> Stech 1999, 64f. 66.

<sup>2853</sup> Muhly 2011, 859.

<sup>2854</sup> Vgl. Muhly 2011, 861. – In etwa Bereiche die auch unter Nordmesopotamien und Syroanatolien geführt werden. Vgl. *Greater Mesopotamia* bei Rothman (2001, 6 Fig. 1,1): Obermesopotamien in dieser Arbeit soll die Gebiete Nordmesopotamiens sowie seine nordwestlichen Randbereiche umfassen.

<sup>2855</sup> Stein 2001, 266-268.

<sup>2856</sup> Stein 2001, 266.

<sup>2857</sup> Hansen 2009, 38.

<sup>2858</sup> Nach Hansen 2009, 38; Siehe auch Stein 2012, 138 Fig. 8; 140: Die Besprechung der Augenidole durch Stein im Kontext der Entwicklungen zur Zeit von *Late Chalcolithic 3* legt eine Datierung um 3850–3700 v. Chr. nahe. Den Augenidolen mutmaßlich zugrunde liegende Vorstellungen vermutet Stein bereits im *Late Chalcolithic 2* (4200–3850 v. Chr.).

<sup>2859</sup> Arslantepe und Tell Brak etwa haben neben weiteren Fundorten eine Vorgeschichte mit Amuq F bzw. lokaler, teilweise häckselgemagerter Keramikformen des syro-anatolischen Spätchalkolithikums (siehe Helwing 2002, 152-159. 170-177) und weisen Funde von Silber spätestens im späten 4. Jt. v. Chr. auf. Neben anderen Verbindungen lassen sich aus den Funden und Befunden beider Fundorte auch erste Uruk-Einflüsse ablesen, die in etwa die gleiche Zeit oder später fallen wie das Auftreten des Silbers (siehe etwa Helwing 2002, 152. 159. 170f. 177; Kat. 33 [Brak] und Kat. 35 [Arslantepe]).

Reste metallurgischer Aktivitäten des Chalkolithikums und der Frühbronzezeit stammen auch vom Gebiet Südostanatoliens. Eine Besprechung wesentlicher Metallurgiebelege von Fundorten Ostanatoliens wird von Yakar (2002) vorgenommen<sup>2860</sup>. Neben weiteren Fundorten<sup>2861</sup> stammen Spuren von Metallurgie etwa aus Değirmentepe und dem Bereich der Altınova mit Norşuntepe, Tülintepe, Tepecik und Korucutepe. Von Siedlungsfundplätzen wie Tepeçik, Değirmentepe und Tülintepe liegen erste Hinweise auf eine (mögliche) extraktive Metallurgie in Anatolien bereits aus dem (ausgehenden) 6. Jt. v. Chr. vor<sup>2862</sup>. Von dort stammen Tiegelbruchstücke, Erz und vitrifiziertes Material; Craddock hält die Funde für Indizien einer Tiegelverhüttung<sup>2863</sup>. Auch nach Hauptmann ist bei diesen Fundorten eher von einer schlackenlosen Metallurgie auszugehen<sup>2864</sup>. Von einer Frühdatierung der Schlacken von Çayönü Tepesi, die als Beleg für eine frühe fortschrittliche Metallurgie galten, ist abzusehen<sup>2865</sup>; Çatal Höyük lieferte postdepositionell angeschlacktes Erz (in einem anderen Zusammenhang besprochen, s. Kap. IV.1.4). Eine Kupferperle und ein Blechfragment aus dem neolithischen Nevalı Çori<sup>2866</sup> weisen aufgrund ihrer hohen Gehalte an Neben- und Spurenelementen auf Verhüttung hin; zumindest der Fundzusammenhang für die Perle scheint weitgehend gesichert. Funde von Metall und Schlacken aus dem Zeitraum der späten Halaf- bis zur Obed-Zeit liegen aus Tell Kurdu vor<sup>2867</sup>. Erstes Silber, es ist wohl von gediegen Silber auszugehen, liegt in Form gerollter Blechperlen aus Zusammenhängen des 6. Jt. v. Chr. aus Domuztepe (Kat. 27) vor.

#### IV.2.1. Frühe extraktive Metallurgie in der Obed Zeit und weitere Entwicklungen

Um etwa 5000-4900/4700 v. Chr. (≈Amuq E) aus Schicht XVI von Mersin-Yumuktepe datieren zwei Flachbeile und zwei Roll(en)kopfnadeln sowie weitere Nadeln, die aus verhüttetem und gegossenem Kupfer bestehen<sup>2868</sup>. Ein mögliches Stück Kupfererz aus Mersin XVI wird ebenfalls berichtet<sup>2869</sup>. Für diese Zeit wird der Höhepunkt von Obedeinflüssen für diesen Fundort festgemacht<sup>2870</sup>. Obedeinflüsse bleiben während des gesamten 5. Jt. v. Chr. bestehen, und eine Kontinuität der Artefakttypen in dieser Zeit (Mersin XVI-XIIB) wird konstatiert<sup>2871</sup>. Unklarheit besteht bei einem Kupferartefakt mit der Zuweisung Level XXVI und Datierung ins 6. Jt. v. Chr.<sup>2872</sup>. Analyseergebnisse und die chronologische Stellung von Objekten aus Mersin, ein Großteil stammt aus späteren Zeiten, haben eine Neubewertung

<sup>2860</sup> Für Fragen der Metalltechnologie sind möglicherweise noch viele neue Erkenntnisse zu gewinnen, da der Korpus der Metallartefakte aus dem Late Chalcolithic-EBA I der Osttürkei noch aufgearbeitet werden muss. Für das Museum zu Elazığ wird eine große Zahl (4700) unbearbeiteter Funde dieser Zeitstellung berichtet (Muhly 2011, 866 mit weiterer Literatur).

<sup>2861</sup> Siehe hierzu Yakar 2002, 16.

<sup>2862</sup> Craddock 2000, 155.

<sup>2863</sup> Craddock 2000, 155.

<sup>2864</sup> Hauptmann 2007b, 14.

<sup>2865</sup> Hauptmann u. a. 1993, 543: Eine Datierung in die Frühbronzezeit – auch anhand einer Radiokarbondatierung an einem Holzkohleeinschluss in der Schlacke selbst, ist angezeigt.

<sup>2866</sup> Hauptmann u. a. 1993, 543f. (cave: falsche Überschrift in Tabelle 1).

<sup>2867</sup> Becker 2007, 76.

<sup>2868</sup> Yalçın 2000a; Yalçın 2003, 539; Muhly 2011, 862; Zimmermann 2011, 298; Yalçın 2000b, 19 Tabelle 2; 21f. mit Abb. 8; Yener 2000, 64-66; Hansen 2017, 142f.; Datierung von Schicht XVI in die Halaf/Obed-Übergangsphase: Schoop 2005, 138f.; „large chisels and flat axes were found in level XVII of Mersin“ (Yener 2000, 32).

<sup>2869</sup> Yalçın 2000a, 110 mit Anm. 8.

<sup>2870</sup> Muhly 2011, 862; Yener 2000, 30. – Aus Schicht XVI sollen nach Yalçın (2000a, 110) einige Halafscherben und mehrheitlich Keramik mit Frühobedmerkmalen stammen. Deshalb Zuordnung von Schicht XVI in Übergangsphase Halaf-Obed.

<sup>2871</sup> Muhly 2011, 862.

<sup>2872</sup> Yener 2000, 32 Anm. 4.

erfahren<sup>2873</sup>: Vermutlich bis in die Spätbronzezeit werden reines Kupfer und Arsenkupfer verwendet; Zinn spielt eine untergeordnete Rolle. Die Spurenelementmuster von Objekten aus Mersin XXI(?)<sup>2874</sup> und XVI, die aus unlegiertem Kupfer bestehen, legen bereits eine Verhüttung nahe<sup>2875</sup>. Umstritten ist ein als stratigraphisch zweifelhaft geführtes Bronzeobjekt (Schicht XVI)<sup>2876</sup>. Das Kupfer der Objekte aus Schicht XVI weist unterschiedliche, teilweise relativ hohe Gehalte an Arsen, Nickel und Antimon auf<sup>2877</sup>: Eine Nadel weist höhere Gehalte an Fe (0,8 %), Sn (0,17 %), As (2,1 %), Pb (0,12 %) und Ni (1 %) auf. Eine andere Nadel weist ca. 0,3 % Fe auf, jedoch sind die Fe-Gehalte bei allen anderen Objekten niedrig. Im Zusammenhang mit den Beilfinden bemerkt Yener, dass mit dem frühen 5. Jt. v. Chr. die Produktion großer Kupfergeräte an mehreren Fundorten feststellbar sei<sup>2878</sup>.

Im Bereich Südostanatoliens und insbesondere in der Altinova liegen Fundorte teilweise mit Spätobedeinflüssen und wichtigen metallurgischen Belegen. Diese datieren in einen Zeitraum, der wohl das späte 5. und frühe 4. Jt. v. Chr. abdeckt<sup>2879</sup>. Nach Yener ist für Değirmentepe ein Obedvorposten zu erschließen, und Keramik mit Obedeinflüssen findet sich in Norşuntepe, Tepecik und Tülintepe<sup>2880</sup>. Für Mersin, Değirmentepe und Norşuntepe werden Kupferlegierungen mit Arsen, Zinn oder Blei und hohe Zink- und Nickelgehalte genannt, die auf die Verwendung von polymetallischen Erzen oder den Einsatz von Flussmitteln zurückzuführen seien<sup>2881</sup>. Vorsicht ist bei der Interpretation einiger als Schlacken der Metallproduktion referierten Stücke dieser Fundorte geboten, da diese teilweise ungewöhnliche Zusammensetzungen aufweisen und nach Yalçın zum Teil mit der Keramikproduktion in Verbindung zu bringen sind<sup>2882</sup>. Einige Fundorte und Schlacken sollen deshalb nur cursorisch vorgestellt werden, und die tatsächlichen metallurgischen Belege sind gesondert zu evaluieren.

Ein wichtiger Fundort ist Değirmentepe<sup>2883</sup> bei Malatya. Die Hauptbesiedlungszeit soll in das späte 5. und frühe 4. Jt. v. Chr. fallen<sup>2884</sup>. Aus Schicht VII mit kulturellen Affinitäten zu Obed (Obed 3; Amuq E und F) und mit Mittelsaalhäusern, von denen alle mindestens einen Herd sowie Überreste der metallurgischen Produktion wie etwa Tiegel aufwiesen, werden Erz- und Schlackenstücke wie auch Felsgesteingeräte (möglicherweise zur Erz- oder Schlackenaufbereitung) berichtet<sup>2885</sup>. Die Herde sollen metallurgischen Tätigkeiten gedient haben, und Schmelzöfen werden referiert<sup>2886</sup>. Muhly zieht diese Deutung, d. h. die metallurgischen Hintergründe und insbesondere die Schmelzöfen – bei derzeitiger Publikationslage – in Zweifel<sup>2887</sup>. Craddock sieht an diesem Fundort Belege für eine Tiegelverhüttung<sup>2888</sup>. Nach Yener sollen hier und an anderen Fundorten sulfidische Erze und

---

<sup>2873</sup> Yalçın 2000a, 110. 112f.; Muhly 2011, 862.

<sup>2874</sup> Die Stratigraphie ist durch Baumaßnahmen aus Schicht XVI gestört. Für Schicht XXI werden Hassuna-Einflüsse geltend gemacht, chronologisch wird sie Amuq B um 6000 v. Chr. zugeordnet. Yalçın ordnet die Funde Schicht XVI zu (Yalçın 2000a, 110).

<sup>2875</sup> Muhly 2011, 862; Yalçın 2000a, 114-115 mit Tabelle 3-4.

<sup>2876</sup> Mit weiterer Literatur Pernicka u. a. 2002, 131 mit Anm. 947. Dem Stück wurde hier nicht weiter nachgegangen.

<sup>2877</sup> Yalçın 2000a, 114 Tabelle 3.

<sup>2878</sup> Yener 2000, 32.

<sup>2879</sup> Muhly 2011, 862.

<sup>2880</sup> Yener 2000, 31.

<sup>2881</sup> Nach Yener 2000, 32.

<sup>2882</sup> Yalçın 2000b, 22.

<sup>2883</sup> Yener 2000, 13. 33-44.

<sup>2884</sup> Yakar 2002, 19.

<sup>2885</sup> Yakar 2002, 19; Muhly 2011, 862f.

<sup>2886</sup> Yakar 2002, 19; Muhly 2011, 862f.

<sup>2887</sup> Muhly 2011, 863.

<sup>2888</sup> Craddock 2000, 155.

mutmaßlich arsenreiche Erze verhüttet worden sein<sup>2889</sup>. „Yener (2000), moreover, maintains that copper sulfide ores were being smelted in Anatolia by the fifth millennium B.C.“<sup>2890</sup>. „The presence of sulfur in a number of samples suggests that the smelting of sulfide ores was achieved even in this early periods“<sup>2891</sup>. Um 4000 v. Chr. soll sich an diesem und ähnlichen Fundorten das Aufkommen der Arsenkupfer (-verwendung) nachvollziehen lassen<sup>2892</sup>. Unter den Funden befinden sich auch Eisenerze. Ihre Deutung bewegt sich zwischen Flussmittel bei der Verhüttung und Zutat in der Pigmentherstellung<sup>2893</sup>. Yener hält den Değirmentepe für einen auf Metallurgie spezialisierten Fundplatz, von dem mehr als ein Drittel der freigelegten Fläche für Vorgänge genutzt wurde, die mit der Produktion, Lagerung und Verteilung von Kupfer und ähnlichen Materialien in Verbindung standen<sup>2894</sup>. Kupferfunde aus Schicht VI/VII („Kupferbarren und –bröckchen“<sup>2895</sup>) werden vom Değirmentepe referiert. Eine Datierung „ca. 5000“<sup>2896</sup> v. Chr. (vgl. oben!) wird gegeben. Schoop nennt indes nur einen Kupferbrocken aus Schicht VII, den er Ende des 6. Jt. v. Chr. datiert (vgl. oben!), und vermutet „Tropfenkupfer“ vom Einschmelzen<sup>2897</sup>, d. h. wohl vom Guss. Bei diesem könnte es sich auch um einen *prill* aus der Verhüttung handeln. Verschlacktes Material vom Değirmentepe und anderen obedzeitlichen Fundorten, das zunächst als metallurgische Überreste gedeutet wurde, wird nunmehr teilweise der Keramikproduktion zugeordnet, und diese Deutung ist nach Yalçın möglicherweise ebenso auf einen Teil der Öfen zu übertragen<sup>2898</sup>. Partiiell fällt dieses verschlackte Material durch Arsengehalte von 0,67–2,33 % bei niedrigen Eisengehalten auf<sup>2899</sup>. In einer ursprünglich für Erz gehaltenen Schlacke (31,7 % Cu, 0,46 % Fe) liegt ein eingeschlossener Kupfertropfen (98,2 % Cu, 0,41 % Fe, 1,43 % Sb) vor<sup>2900</sup>. Arsen wurde bei Analysen teilweise nicht nachgewiesen, aber auch teils nicht gesucht<sup>2901</sup>. Anhand der Siegelmotivik des Değirmentepe werden Verbindungen mit Gaura XIII-XI und dem Iran (Tepe Sialk III, Tepe Giyan, Susa) gezogen und mit der Keramik solche zu Arslantepe VII und Amuq E-F abgeleitet<sup>2902</sup>. Interessant ist die eben genannte Schlacke, für deren Verwechslung mit Erz ihr Kupferrestgehalt<sup>2903</sup> und/oder ihr Aufbau verantwortlich gemacht werden könnten, und die einen niedrigen Eisengehalt aufweist. Sie würde sich gut in die Grundzüge der chalkolithischen Verhüttung und Legierungserzeugung mit einem Ausschmelzen des Wertträgers nach Schmelzpunktunterschieden fügen.

In die Zeit um (bzw. nach) 5000 v. Chr. datieren erste Kupferschlacken und Tiegelreste aus den Siedlungen Tepecik und Tülintepe in der Altinova (Ostanatolien)<sup>2904</sup>. Zwei Kupferschlacken mit 4,02 % und 22,11 % Kupfer aus Tülintepe werden frühobedzeitlich datiert (Amuq D)<sup>2905</sup>. Von Tülintepe liegen sowohl mittelchalkolithisch (Amuq E–F) datierte Tiegelreste und Schlacken als auch spätchalkolithisch

<sup>2889</sup> Yener 2000, 32. 40; Yakar 2002, 19.

<sup>2890</sup> Kassianidou – Knapp 2008, 216.

<sup>2891</sup> Yener 2000, 40.

<sup>2892</sup> Mit weiterer Literatur Muhly 2011, 863.

<sup>2893</sup> Mit weiterer Literatur Yakar 2002, 19; Yener 2000, 36. 37; Özbal 1986, 102.

<sup>2894</sup> Yener 2000, 13. 34; Yakar 2002, 19; Muhly 2011, 862f.

<sup>2895</sup> Yalçın 2000b, 19 Tabelle 2; 22.

<sup>2896</sup> Yalçın 2000b, 19 Tabelle 2.

<sup>2897</sup> Schoop 1995, 110.

<sup>2898</sup> Sie weisen Kupfergehalte von zwischen 100-900 ppm und Eisen von weniger als 4 % auf (Yalçın 2000b, 22; Yalçın 2003, 539). – Als Schlacken der Metallurgie Yener 2000, 38-41; Özbal 1986.

<sup>2899</sup> Yener 2000, 40.

<sup>2900</sup> Yener 2000, 39.

<sup>2901</sup> Yener 2000, 40.

<sup>2902</sup> Yener 2000, 43f.

<sup>2903</sup> Dazu Yener 2000, 39.

<sup>2904</sup> Yalçın 2000b, 19 Tabelle 2; 23; Yener 2000, 61-63.

<sup>2905</sup> Yalçın 2000b, 23. 25.

(Amuq F) datierte Schlacken vor<sup>2906</sup>. Schlacken des Tülintepe sollen in chalkolithischer Zeit (Amuq C?/DE, Halaf bis Obed) und in der Frühbronzezeit I/II erhöhte Zinkwerte zwischen 0,78 % und 2,68 % aufweisen; sie könnten den Nachweis einer kontinuierlichen Ausbeutung zinkreicher Erzquellen darstellen<sup>2907</sup>. Der geringe Eisengehalt wird als Indiz für die Verhüttung von oxidischem Erz wie Malachit in Tiegeln angesehen. Ungewöhnlich sind jedoch teils niedrige Kupferrestgehalte in vielen Schlacken (<0,5 %) und die ebenfalls niedrigen Eisenwerte (1,4–4 %), was mit einer fortschrittlichen Verhüttungstechnik erklärt wird<sup>2908</sup>, aber auch Zweifel an einem metallurgischen Zusammenhang aufkommen lässt (vgl. o.). Hinweise auf Verhüttung arsenhaltiger Chargen sollen in der Siedlung Tülintepe in *Late Chalcolithic*-Zusammenhängen (?)<sup>2909</sup> (Amuq F; Urukaffinitäten<sup>2910</sup>) gefunden worden sein<sup>2911</sup>: Dabei handelt es sich um „Schlackenstücke“ mit 2–5 % Arsen, niedrigen Eisenanteilen (1,40 %–4,00 %) und geringen Kupferanteilen (0,03–0,30 %)<sup>2912</sup>. Das Arsen könnte als intermetallische Verbindung, d. h. als Speise, vorliegen und auf die Nutzung arsenreicher Minerale zurückzuführen sein<sup>2913</sup>. Die Verwendung von Zinn und Bronze im ausgehenden 4. Jt. v. Chr. deutet sich an, denn vom selben Fundort stammt ein in die Frühbronzezeit II datierter Hortfund aus Bronzewaffen mit einem Kurzschwert und fünf Speerspitzen, die mit solchen aus Arslantepe VI A-B und Hassek Höyük EBA I–II verglichen werden<sup>2914</sup>. Die Objekte bestehen aus Arsenkupfer und sind mit einer Schicht Zinn überzogen. Eine dem *Late Chalcolithic* zugewiesene Nadel (*roll headed pin*) weist 5,27 % Zinn auf<sup>2915</sup>. Ein mutmaßlicher Tiegel aus Sandstein wird nur in älterer Literatur referiert<sup>2916</sup>. Zu erwähnen sind außerdem chalkolithische Bleiglanzfund<sup>2917</sup>.

In Tepecik ist Verhüttung in *Chalcolithic* und *EBA* Zusammenhängen der Siedlung belegt<sup>2918</sup>. Aus den Schichten 22 und 18 (spätes Obed/frühes Uruk bzw. Amuq E und F) werden Blei-, Kupfer- und Schlackenstücke (mit 3–11 % Cu) mit Zinkgehalten (0,01–11,73 %) sowie Eisenerzfragmente und ein Tiegel mit Metallanhaftungen im Innern<sup>2919</sup> bzw. mehrere Tiegelfragmente und Schlackenbröckchen (Amuq E-F) sowie spätkalkolithische Schlacken (Amuq F)<sup>2920</sup> referiert. Eine Datierung für Tiegelerest und Schlacke von Tepecik um 5000 v. Chr. wird ebenfalls gegeben<sup>2921</sup>, bleibt aber schwierig nachzuvollziehen. Ein Stück Malachit mit 2,3 % Arsen wird unter *Late Chalcolithic* besprochen, und aufgrund des geringen Eisengehalts von Schlackenstücken wird oxidisches Erz als Quelle von Kupfer und auch Arsenkupfer gesehen<sup>2922</sup>; entsprechende Arsenkupfer werden aber nicht vor der Frühbronzezeit gefunden<sup>2923</sup>. Eisenreiche Matte wird als Indikator für die Verwendung Chalkopyrits oder eisenreichen Flussmittels gesehen<sup>2924</sup>. Kupferobjekte mit höheren Gehalten an Eisen (1 % Fe)

<sup>2906</sup> Yalçın 2000b, 23; Yener 2000, 61f.

<sup>2907</sup> Yener 2000, 61 und vgl. Yener 2000, 62; Müller-Karpe 1994, 25f.; Dies müsste gesondert untersucht werden.

<sup>2908</sup> Çukur – Kuşç 1989, 113–115. 119; Yener 2000, 61.

<sup>2909</sup> Vgl. Datierungsangabe bei Çukur – Kuşç 1989, 113f.: *Chalcolithic*.

<sup>2910</sup> Yener 2000, 61f.

<sup>2911</sup> Yakar 2002, 18; Schmitt-Strecker u. a. 1992, 123; Yener 2000, 61f.

<sup>2912</sup> Çukur – Kuşç 1989, 114f. mit Table 1 (Nr. 1–5); Yener 2000, 61f.

<sup>2913</sup> Hauptmann 2007b, 30; Schmitt-Strecker u. a. 1992, 123.

<sup>2914</sup> Yakar 2002, 18; Muhly 2011, 866.

<sup>2915</sup> Muhly 2011, 866.

<sup>2916</sup> Esin 1976, 221; Vgl. Müller-Karpe 1994, 25f.

<sup>2917</sup> Çukur – Kuşç 1989, 113f. mit Table 1 (Nr. 11).

<sup>2918</sup> Yakar 2002, 18; Yener 2000, 62f.

<sup>2919</sup> Nach Yener 2000, 62.

<sup>2920</sup> Yalçın 2000b, 23.

<sup>2921</sup> Yalçın 2000b, 19 Tabelle 2.

<sup>2922</sup> Hess 1998, 13; Çukur – Kuşç 1989, 114f. mit Table 2; Yakar 2002, 18.

<sup>2923</sup> Yakar 2002, 18.

<sup>2924</sup> Yener 2000, 62.

gelten als Hinweis auf die Verhüttung polymetallischer oder sulfidischer Erze<sup>2925</sup>. Arsenkupfer mit 2,33 % As soll aus spätchalkolithischen Kontexten stammen<sup>2926</sup>. Ein wohl frühbronzezeitlicher Barren zeigt 4,82 % As, 2,68 % Ni und nur Spuren von Eisen<sup>2927</sup>. Aus dem Tiefschnitt (Halaf-Obed-zeitlich/Amuq D–E affine Keramik) stammt silberhaltiger Bleiglanz<sup>2928</sup>. Auch Tülintepe lieferte Bleiglanz, und ein Umfeld der Bleiverwendung, die später evtl. zur Silbermetallurgie führte (s. u.), könnte sich bereits für diese Zeiten andeuten.

Der Beginn der extraktiven Metallurgie in Obermesopotamien wird im (ausgehenden) 6. bzw. frühen 5. Jt. v. Chr. gesehen<sup>2929</sup>. Hinweise liefern die Zusammensetzungen der Objekte von Mersin aus dem frühen 5. Jt. v. Chr. Ähnlich früh datiert werden Schlacken aus Tülintepe (Amuq D), und später datiert werden Schlacken- und Tiegelfragmente aus Tepecik (Amuq E-F) sowie ferner Schlacke und Kupfertropfen vom Değirmentepe<sup>2930</sup>. Mit der zweiten Hälfte oder dem ausgehenden 5. Jt. v. Chr. sollen die Metallurgiebelege häufiger werden<sup>2931</sup>. Eine Verwendung oxidischer Erze wird angenommen<sup>2932</sup>. Mit dem ausgehenden 5. und frühen 4. v. Chr. wird eine massive Entfaltung der Metallurgie konstatiert, und Metallartefakte wie Belege der Verhüttung finden sich häufiger<sup>2933</sup>. Etwa zur gleichen Zeit, um 4000 v. Chr., soll sich in Fundorten wie Değirmentepe Arsenkupfer als wichtigste Legierung durchgesetzt haben<sup>2934</sup>. Im 4. Jt. v. Chr. (oder noch davor; s. o.) sollen auch sulfidische und polymetallische Erze (wie Fahlerz) genutzt worden und die Nutzung weiterer Metalle wie Gold, Blei und Silber festzustellen sein<sup>2935</sup> (für die Nutzung verwitterter polymetallischer Erze siehe Norşuntepe unten<sup>2936</sup>). Erste Arsen- und Antimonkupfer sollen ob der Verhüttung As- und Sb-reicher Erze aufgekommen sein, ein Höhepunkt von Arsenkupfer wird in der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. gesehen<sup>2937</sup>. Teilweise fehlen trotz Hinweisen auf eine Arsenkupferproduktion (Tepecik und andere Fundorte) in spätchalkolithischen Zusammenhängen aber erwartete Artefakte entsprechender Zusammensetzung bzw. kommen erst mit der Frühbronzezeit auf, so dass ein Verdacht auf Recycling geäußert wurde<sup>2938</sup>. Sozusagen als Horizont für diese Arsenkupferproduktion werden von Yalçın Spätchalkolithikum und Frühbronzezeit I mit Fundorten der Altınova in Ostanatolien (sowie ferner Alişar, Alaca Höyük und Büyük Güllücek in Zentralanatolien und Beycesultan und Ilıpınar in Westanatolien) gegeben<sup>2939</sup>. In spätchalkolithischer Zeit soll für Artefakte sowohl gediegenes Kupfer („made of pure copper“) und verhüttetes Kupfer mit hohen Verunreinigungen an Pb und Fe verwendet worden sein<sup>2940</sup>. Angesichts der potentiellen Möglichkeit, verschiedene Kupfer in einem Gang zu erzeugen, ist dies zu hinterfragen. Die Kupfer spätchalkolithischer Zeit in „Anatolien“ sollen dabei nach Yener niedrig mit Arsen legiert sein (2–2,5 %), und von Mitte des 4. bis zum späten 3. Jt. v. Chr. eine bimodale Verteilung zeigen (2,5–3 % und 1–2 % As)<sup>2941</sup>. Yalçın verknüpft das Aufkommen As- und Ni-

---

<sup>2925</sup> Yener 2000, 62.

<sup>2926</sup> Yener 2000, 62.

<sup>2927</sup> Vgl. Yener 2000, 63; Özbal 1983, 216 Tafel 5 (Bü-33/82).

<sup>2928</sup> Yener 2000, 62f.

<sup>2929</sup> Yalçın 2000b, 25; Yalçın 2003, 537.

<sup>2930</sup> Siehe und vgl. Yalçın 2000b, 22f.

<sup>2931</sup> Yalçın 2000b, 23. 25.

<sup>2932</sup> Yalçın 2000b, 25; Yalçın 2003, 538.

<sup>2933</sup> Yalçın 2000b, 23. 25.

<sup>2934</sup> Muhly 2011, 863.

<sup>2935</sup> Yalçın 2000b, 23. 25f.; Yalçın 2003, 538 Tabelle 1; 541; Vgl. auch Yakar 2002, 21.

<sup>2936</sup> Yakar 2002, 18f.

<sup>2937</sup> Yalçın 2000b, 23. 26; Yalçın 2003, 538 Tabelle 1; 541.

<sup>2938</sup> Yakar 2002, 18.

<sup>2939</sup> Yalçın 2003, 538 Tabelle 1; 539f.; Vgl. Yalçın 2000b, 23.

<sup>2940</sup> Yakar 2002, 18.

<sup>2941</sup> Nach Yener 2000, 45.



haltiger Kupfer mit der Kura-Araxes-Kultur<sup>2942</sup>. In der Frühbronzezeit I kommen erste Zinnbronzen auf, jedoch wird deren Durchsetzung in der Zeit der Frühbronzezeit II gesehen. Für diese Zeit ab etwa dem beginnenden 3. Jt. v. Chr. wird auch eine „industrielle Phase“ erschlossen<sup>2943</sup>. Arsenkupfer wird bis ins 3. Jt. v. Chr. verwendet<sup>2944</sup>. Spannende Hinweise auf die Technologie der Verhüttung, die Verwendung verschiedener Metalle und den Horizont, in dem diese liegen (Amuq F?), lassen sich an Fundorten besser verfolgen, die im folgenden Kapitel behandelt werden.

#### **IV.2.2. Spätchalkolithikum, beginnende Frühbronzezeit und der Horizont Amuq F: Silbermetallurgie und Kupferlegierungen mit Arsen, Antimon und Nickel**

Aus spätchalkolithischen Siedlungskontexten des Norşuntepe (Schichten 36–35) – Muhly bezeichnet diese als „regional Ubaid“<sup>2945</sup>, nach Marro sollen die Schichten 37–31 Amuq F Affinitäten zeigen<sup>2946</sup> – deuten Tiegel, Guslöffel und Feuergruben bzw. Öfen sowie geringe Mengen an Schlacken mit bis um 30% Kupferanteil, die auf nur schwach reduzierende Bedingungen hinweisen<sup>2947</sup>, auf extractive Metallurgie in Tiegeln oder einfachen Öfen bereits im 5. Jt. v. Chr. hin (Chalkolithikum Schicht 40-31; 4300–3200 v. Chr.)<sup>2948</sup>. Eine bleierne Brillenspirale aus vierkantigem Draht (Gew. 4,6 g) stammt aus chalkolithischen Zusammenhängen (Schicht 34)<sup>2949</sup>. Blei taucht dann erst in FB-I/II Zusammenhängen in geringem Umfang wieder auf<sup>2950</sup>. Für einen Teil der Artefakte sollen kupferreiche oxidische Erze aus Chromit führenden Ophiolithen in Frage kommen<sup>2951</sup>. Aus den spätchalkolithisch-frühbronzezeitlichen Schichten stammen Funde von oxidischen, polymetallischen Erzen mit korrodierten Fahlerzrelikten; während des 4. Jt. v. Chr. sollen Erze mit Arsen- und Antimongehalten verwendet worden sein<sup>2952</sup>. Nach Baranyi wurden im Chalkolithikum des Norşuntepe auch sulfidische Erze verhüttet<sup>2953</sup>. Nachweise von Chloriden, die zu einer Diskussion um eine Zugabe von Chloriden als Flussmittel in der Mitte des

---

<sup>2942</sup> Yalçın 2003, 541.

<sup>2943</sup> Yalçın 2000b, 26f.; Yalçın 2003, 541.

<sup>2944</sup> Yener 2000, 29. 184 Fig. 2.

<sup>2945</sup> Muhly 2011, 863. – Der Einfluss von Obed am Norşuntepe ist umstritten.

<sup>2946</sup> Marro 2008, 13.

<sup>2947</sup> Pernicka u. a. 2002, 119.

<sup>2948</sup> Yalçın u. a. 1992, 381-385. 386 Tab. 1. 388f. Abb. 1-4; Yakar 2002, 18f.; Pernicka u. a. 2002, 115f. bes. 119; Baranyi 2002; Yener 2000, 57-61; Yalçın 2000a, 117. – Chalkolithikum≈Schicht 40-31 (vgl. Pernicka u. a. 2002, 115; Baranyi 2002, 138; Schmidt 2002, 3f. mit Anm. 39-40). – Schmidt, Schmitt-Strecker und Pernicka heben hervor, dass trotz der durch die Schlackenfunde von Schicht 35 geschärften Aufmerksamkeit weder eindeutige Schmelzöfen, Tiegel (aber Guslöffel) noch Tondüsen gefunden werden konnten. Aschelagen und mit Asche verfüllte flache Gruben, eine nur mit Kupferschlacke gefüllt, werden als deutlicher Hinweis auf Metallurgie gesehen. Aus Schicht 36 stammen neben Schlackenstücken und Erzbrocken noch steinerne Reibschalen („Mörser“ zur Erzaufbereitung) (Pernicka u. a. 2002, 115f.). „Eine detaillierte Rekonstruktion der metallurgischen Vorgänge ist jedoch kaum möglich. Es kann ausgeschlossen werden, daß Erzverhüttung in größerem Maßstab betrieben wurde, da hierfür sowohl entsprechende Öfen wie zu erwartende Schlackenmengen fehlen. [...] Am ehesten ist wohl an Tiegelschmelzen kleiner Erzmengen oder bereits vorhandenen Rohkupfers, möglicherweise unter Verwendung von Tonlöffeln [...], zu denken, da dann das Fehlen von verschlackten Ofeninstallationen am wenigsten überrascht.“ (Pernicka u. a. 2002, 116). Hauptmann u. a. (1993, 550f.) betonen verschlackte Tiegelwandung und deuten die Öfen als Holzkohlebecken. – Zu den Tonlöffeln siehe etwa Schmidt 2002, 3f. – Teils sind die Analysen der Metallartefakte nur qualitativ (Pernicka u. a. 2002, 115).

<sup>2949</sup> Schmidt 2002, 86. Tafel 67,1074; Pernicka u. a. 2002, 120. 121 Abb. 44, 1074. 134f.

<sup>2950</sup> Pernicka u. a. 2002, 135.

<sup>2951</sup> Yalçın u. a. 1992, 381; Pernicka u. a. 2002, 119; Vgl. Baranyi 2002, 139. 140 Abb. 53. 142. 144.

<sup>2952</sup> Yakar 2002, 18f.; Baranyi 2002, 138; Hess (1998, 12) fasst zusammen, dass im Chalkolithikum des Norşuntepe neben reinen Kupfererzen auch oxidisch-carbonatische Kupfererze mit hohen Gehalten an Sb, As und Pb verarbeitet wurden und Erze verschiedener Quellen verwendet wurden; Vgl. auch Zwicker 1978.

<sup>2953</sup> Baranyi 2002, 145.

4. Jt. v. Chr. führten, sind wohl auf Verunreinigungen bei der Probenaufbereitung zurückzuführen<sup>2954</sup>. Die Eisenoxidgehalte einiger spätkalkolithischer Schlacken des Norşuntepe liegen im Mittel um 36 Gew.%<sup>2955</sup>. Die etwa nussgroßen Schlacken aus der kalkolithischen Schicht 36 zeigen teilweise nur schwach reduzierende Bedingungen; sie enthalten Delafossit, Magnetit, Cuprit, Pyroxene, hingegen nur wenig Fayalit und Wüstit<sup>2956</sup>. Meist korrespondieren Erze und Schlacken isotopisch nicht miteinander<sup>2957</sup>. Die Bleisotopie je zweier kalkolithischer Erze (Tü 36f, Tü 43) und Schlacken (Tü 39b, Tü 40a) sowie einiger Kupferobjekte, darunter ein Stück Draht mit Arsen (651.15=HDM 247; G 1,2 g mit 9,5 % As, 2,71 % Ni, Fe<0,04 %) aus kalkolithischen Zusammenhängen (Schicht 34) stimmen überein<sup>2958</sup>. Diese Isotopie und auch eine übereinstimmende Spurenelementsignatur haben Kupferobjekte und auch Bronzen vom Chalkolithikum bis zur Eisenzeit<sup>2959</sup>. Während zwar im Chalkolithikum etwa Erze aus unterschiedlichen Lagerstätten verwendet wurden<sup>2960</sup>, könnten Übereinstimmungen in Isotopie und Spurenelementmuster auch ein Hinweis darauf sein, dass eine Lagerstätte (mit den gleichen Erzen) über einen langen Zeitraum (verschiedene) Kupfer(sorten) lieferte<sup>2961</sup>: Für das Sandsteinerz Tü 36f etwa ist das As/Cu Verhältnis zehnmal kleiner als im Gros der Artefakte (5 Artefakte im diachronen Vergleich) die isotopisch dazu passen. Gleichzeitig waren verschiedene Erze in Gebrauch<sup>2962</sup>. Eine Zumischung „kristalliner Erze“ (Tü 35b [mit Fahlerzrelikten] und Tü 38f), die höhere Arsengehalte aufweisen, wird erwogen<sup>2963</sup>. Die arsenreichen Erze tragen aber auch hohe Antimongehalte; das Verhältnis As/Sb liegt bei ungefähr 1 und damit zehnmal über dem der Artefakte<sup>2964</sup>. Eine so starke Verschiebung der homologen Elemente wird angezweifelt; das Antimon findet sich weder im Metall noch in der Schlacke, und in den bislang analysierten Schlacken sind die Verhältnisse ähnlich denen im Metall<sup>2965</sup>. Die Erzproben (Tü 35b, Tü 38f) weisen neben Kupfer so hohe Gehalte an Arsen und Antimon auf, dass sie Tadmor und Kollegen zufolge Kupfer mit je bis 15 % As und Sb zeitigen könnten<sup>2966</sup>. Eine Auswahl nebenelementreicher Erzpartien oder eine Anreicherung von Arsen in Kupfer nach der kalkolithischen Legierungserzeugung, hier wohl mittels Zementationsprozessen (vgl. As/Sb-Verhältnis, siehe aber As in Speise?) könnte vorliegen; aber auch ein Entweichen von As und Sb aus den Schlacken während der Verhüttung müssen in Betracht gezogen werden. Eine Verwendung gleicher Erze zu verschiedenen Zwecken im diachronen Vergleich könnte sich andeuten (s. o.). So könnten sich etwa ein Ausschmelzen arsenreicher Partien von Erzen durch Schmelzpunktunterschiede (z. B. eutektischer Punkt einer Arsenkupferlegierung) oder auch Sulfidschmelzen und Speisen bzw. ein Anreicherungsverhalten, das auf solche Vorgänge zurückgeht, im Zusammenhang mit Erzen und Schlacken des Norşuntepe anzeigen<sup>2967</sup>: Yener nennt eine (um 3500 v. Chr. datierte?; archäologischer Bezug?) Schlacke mit 0,9 % As in der Matte und 6,8 bis 13,5 % As in

---

<sup>2954</sup> Stech 1995; Vgl. auch Pernicka u. a. 2002, 124.

<sup>2955</sup> Hauptmann u. a. 1993, 551; Zur Zeitstellung siehe Hauptmann u. a. 1993, 550.

<sup>2956</sup> Yener 2000, 58f. (Die Angabe „level 10“ bezieht sich auf Schicht 36 der neuen Zählung der Schichtenfolge des Norşuntepe; vgl. Schmidt 2002, 3f. mit Anm. 39-40); Hauptmann u. a. 1993, 550f.

<sup>2957</sup> Hess 1998, 13.

<sup>2958</sup> Pernicka u. a. 2002, 116. 117 Tabelle; 118 Tabelle; 119 Abb. 42; Schmidt 2002, 178 Liste 18.

<sup>2959</sup> Pernicka u. a. 2002, 116.

<sup>2960</sup> Zwicker 1989, 193.

<sup>2961</sup> Vgl. Pernicka u. a. 2002, 116.

<sup>2962</sup> Pernicka u. a. 2002, 116. 119 mit Abb. 42. 120.

<sup>2963</sup> Pernicka u. a. 2002, 116. 119.; Vgl. Baranyi (2002, 138) zum Erz.

<sup>2964</sup> Pernicka u. a. 2002, 119.

<sup>2965</sup> Pernicka u. a. 2002, 119.

<sup>2966</sup> Tadmor u. a. 1995, 141.

<sup>2967</sup> Siehe und vgl. Yener 2000, 59; Zwicker 1989, 193; Zwicker 1991, 332-336. bes. 333. 335. 336. 339 Fig. 6.

der Speise<sup>2968</sup>. Nach Hauptmann und Kollegen fehlen Kupfereinschlüsse in von ihnen besprochenen spätchalkolithischen Schlacken des Norşuntepe<sup>2969</sup>. In „chalkolithischen“ Schichten gefundene Kupfertropfen enthielten nach Aussage Zwickers fast immer Sulfideinschlüsse, „teilweise in großen Anteilen“<sup>2970</sup>. Zwicker hebt die inhomogene Zusammensetzung der am Norşuntepe aufgefundenen Erze und auch die Möglichkeit hervor, unterschiedlich legierte Kupfer daraus zu schmelzen, jedoch letzteres eher nach Chargen oder Dichteunterschieden beim Verhütten getrennt<sup>2971</sup>. Ein Teil der Schlacken des Chalkolithikums und ein Kupfertropfen zeigen, dass diese oftmals eine glasige bis fayalitische Grundmasse haben, und u. a. sulfidische Erze bzw. Erze mit Anteilen davon als Grundlage dienten<sup>2972</sup>. In Schlacken und Metall des Chalkolithikums finden sich immer wieder Sulfideinschlüsse in verschiedener Form<sup>2973</sup>. Eher oxidierende bzw. in diese Richtung wechselnde Bedingungen, die zum Entschwefeln von Sulfideinschlüssen in Schlacken beitragen, lassen sich ablesen, und eine Schlacke zeigt Reste eines halbgeschmolzenen malachitisch-limonitischen Sandsteinerzes (Tü 40a) und möglicherweise Spuren einer Erhitzung auf eine Temperatur unter 675 °C über längere Zeit hinweg<sup>2974</sup>.

Tiegel- und Gusslöffelfragmente ab der Frühbronzezeit I Schicht 26 und solche mit Kupferschlacken vergesellschaftete aus Abfallgruben unter Schicht 24/23 sollen eine ungebrochene Kontinuität der Metallverarbeitung an diesem Fundort belegen<sup>2975</sup>. Bei Pernicka und Kollegen wird unter Verweis auf Ergebnisse Zwickers eine Nutzung sulfidischer Erze erst ab der Frühbronzezeit IB/IIA (Schicht 30–21) „im Unterschied zum Chalkolithikum“<sup>2976</sup> impliziert bzw. darauf hingewiesen, dass nun stärker schwefelhaltiges Erz verwendet worden sei<sup>2977</sup>. Ab Schicht 23 sollen sich auch transkaukasische Elemente in Form von Keramik und der Hausbauweise manifestieren<sup>2978</sup>. Eine Intensifikation der Metallurgie wird für Schicht 21 konstatiert<sup>2979</sup>: in einem Haus fanden sich Schmelzvorrichtungen für Guss oder Verhüttung und in den umliegenden Häusern und Straßen Tiegel sowie Schlackenreste. Eine Werkstatt für (den Guss von) Metallobjekte(n) wurde auch in Schicht 19 gefunden.

Zusammenfassend nach Pernicka und Kollegen liegen aus der Frühbronzezeit IB/IIA (Schicht 30–21)<sup>2980</sup> neben Metallfunden Öfen bzw. Herde, Reibsteine und Tiegelbruchstücke mit anhaftenden Schmelzresten, Schlackenbruchstücke sowie schlüssellochförmige teils überkuppelte Öfen (ohne erkennbaren Bezug zur Metallurgie) vor. Metallreste an Tiegeln zeigen Arsenkupfer mit hohem Eisenanteil. Im Vergleich zu chalkolithischen Schlacken erhöhte Schwefelgehalte – Schlackenstücke und Schmelzreste weisen neben Kupfer als Hauptbestandteil teils hohe Eisenwerte und auch Zink auf – würden auf die Verhüttung sulfidischer Erze hinweisen. Ein steigender Anteil an Nebenelementen des Kupfers ist zu verzeichnen. Jedoch soll dies noch keine Legierungen darstellen. Für die Frühbronzezeit IIB/IIIA (Schicht 20–9)<sup>2981</sup> lassen sich keine Veränderungen gegenüber der Metallurgie

---

<sup>2968</sup> Yener 2000, 59; Zwicker 1991, 333. 339 Fig. 6; Die Zusammenhänge oder ein Bezug zu Schmelzexperimenten wird nicht klar.

<sup>2969</sup> Hauptmann u. a. 1993, 560f.

<sup>2970</sup> Zwicker 1989, 193; Siehe auch Zwicker 1978.

<sup>2971</sup> Zwicker 1991, bes. 333. 335. 336.

<sup>2972</sup> Baranyi 2002, bes. 138-143. 145.

<sup>2973</sup> Baranyi 2002, 141-143. 144f.

<sup>2974</sup> Siehe und vgl. Baranyi 2002, 138-145. bes. 142. 144f.

<sup>2975</sup> Yakar 2002, 19; Hauptmann 1982, 52. Die Bleisotopie von je zwei chalkolithischen Schlacken und Erzen sowie von Kupferobjekten stimmt überein. Diese Isotopie und auch dieselbe Spurenelement-Signatur haben Kupferobjekte und auch Bronzen vom Chalkolithikum bis zur Eisenzeit (Pernicka u. a. 2002, 116).

<sup>2976</sup> Pernicka u. a. 2002, 124.

<sup>2977</sup> Pernicka u. a. 2002, 124f.

<sup>2978</sup> Yakar 2002, 19; Vgl. dagegen Hauptmann 1982, 51 (Schicht XXIV [?] Westhang).

<sup>2979</sup> Yakar 2002, 19.

<sup>2980</sup> Pernicka u. a. 2002, 124f.

<sup>2981</sup> Pernicka u. a. 2002, 125. 130.

der Frühbronzezeit IB/IIA feststellen. Insgesamt liegen aber nur wenige untersuchte Belege außer Metallfunden und einer möglichen Gießereiwerkstatt aus Schicht 19 (zweischalige Gussformen für Schaftlochäxte) vor. Für die Metallurgie der Frühbronzezeit IIIB/C (Schicht 8–6)<sup>2982</sup> werden Gusstiegelbruchstücke mit Schmelzrückständen berichtet; u. a. ließen sich neben Blei und Arsen auch hohe Zinngehalte nachweisen. Es liegen mit 17 untersuchten Artefakten mehr Metallanalysen vor, und ab Schicht 8 (FBZ IIIB) sind in neun Fällen Zinngehalte von über 2 % nachgewiesen. Insgesamt sieben zinnarme Objekte haben Arsen von 1–2 %. Blei liegt einmal über 1 %, und Eisen über 1 % ist in zwei Fällen nachgewiesen. Der Beginn der Bronzeverwendung – auch wenn andere Kupfersorten noch weiterlaufen<sup>2983</sup> – wird für diese Zeit festgemacht<sup>2984</sup>. Während der Mittel- und Spätbronzezeit sowie in der Eisenzeit<sup>2985</sup> während des 2. und 1. Jt. v. Chr. ist Bronze die häufigste Legierung. Die Bronzen weisen teils hohe As-, Pb- und Fe-Anteile auf. Daneben werden weiterhin unlegierte Kupferartefakte und zinnarme Arsenkupfer gefunden.

Im Fall der Funde des Norşuntepe lässt sich eine Entwicklung beobachten. So liegen Schlacken- und Metall aus verschiedenen Zeiten sowie deren Analysen vor. Und auch ein möglicher Hinweis auf die Konditionierung der Verhüttung zur Nutzung von (sekundär umgewandelten) Fahlerzen könnte gegeben sein. Neben einer direkten Reduktion oxidischer Erze ist auch eine Behandlung (stärker) sulfidischer Erze zu verzeichnen. Matteeinschlüsse und Hinweise darauf, dass durch eine Entschwefelung Kupfer aus der Matte abgeschieden wurde, lassen sich feststellen<sup>2986</sup>. Die Rolle von Speisen<sup>2987</sup> ist zu klären. Dazu im Widerspruch stehen aber bis auf weiteres die niedrigen Antimonwerte. Die Hinweise auf wechselnde, insgesamt eher oxidierende Bedingungen und niedrige Temperaturen während der Verhüttung fügen sich in das Bild einer chalkolithischen, quasi schlackenlosen Verhüttung. Die Artefakte<sup>2988</sup> der chalkolithischen Schichten weisen erhöhte As-Gehalte auf und gehören zu den eisenärmsten der ganzen Sequenz dieses Fundortes (Taf. 27, 1). Auch wenn die Verunreinigungen im Verlauf der Zeit zunehmen, so ist es dennoch wohl kein Zufall, dass das arsenreichste Objekt aus dem Chalkolithikum stammt. Sowohl am Değirmentepe als auch am Norşuntepe wurden polymetallische Erze mit Arsengehalten seit der späten Obad-Zeit bzw. im Horizont Amuq F verhüttet<sup>2989</sup>. Bei Letzterem kann an dieser Stelle aufgrund der (hier grob nachvollzogenen) Erzbasis und den Beobachtungen an Schlacken und Metall nach Anreicherungsverfahren von Nebenelementen wie Arsen durch Speisen gefragt werden. Bedauerlicherweise sind die Bleigehalte, die auch Aussagen zum Verhüttungsprozess erlauben könnten, für die Kupferartefakte vom Norşuntepe nicht ausgewiesen.

Einige der Metallurgiebelege obiger Fundorte wurden zeitlich mit Amuq F parallelisiert, oder aber das Keramikinventar von Fundplätzen zeigt möglicherweise konkretere Anknüpfungspunkte (Norşuntepe). Belege extraktiver Metallurgie, frühe Silberartefakte und Funde von Bleiglätte als charakteristischem Überrest der Kupellation liegen aus dem Verbreitungsgebiet häckselgemagerter Keramik, teilweise handelt sich dabei um sog. ‚Amuq F-Waren‘, (vgl. Taf. 28, 1–3) vor. Ein Teil der Silberfunde wird, meist aufgrund kulturevolutionistischer Denkweisen, in das ausgehende vierte Jahrtausend v. Chr. datiert. Bei einigen ist aber aufgrund der Kontexte eine Datierung in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. wahrscheinlicher. In der Keramik etlicher Fundorte mit Metallurgiebelegen und frühen Silberfunden

---

<sup>2982</sup> Pernicka u. a. 2002, 130-135.

<sup>2983</sup> Pernicka u. a. 2002, 125.

<sup>2984</sup> Pernicka u. a. 2002, 131f.

<sup>2985</sup> Pernicka u. a. 2002, 135.

<sup>2986</sup> Baranyi 2002, 145.

<sup>2987</sup> Vgl. etwa Zwicker 1978, bes. 48f.

<sup>2988</sup> Siehe Pernicka u. a. 2002, 117 Tabelle.

<sup>2989</sup> Yener 2000, 40. 58f. mit weiterer Literatur.

werden dabei Affinitäten zu sog. Amuq F-Keramik konstatiert. Bei der ‚Amuq F-Keramik‘ handelt es sich um häckselgemagerte Keramik (*chaff faced/chaff-tempered*), die in weiten Teilen Südostanatoliens, des Nordirak und Nordsyriens auftritt (vgl. Taf. 28, 1–3)<sup>2990</sup>. Sie lässt sich in den weiteren Kontext eines Horizontes häckselgemagerter Keramik dieses Gebietes stellen. Im Norden ihres Verbreitungsgebietes löst diese unverzierte und häckselgemagerte Massenware die bemalte Obed-Keramik spätestens an der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. und möglicherweise bereits um/nach 4300 v. Chr. ab (vgl. unten)<sup>2991</sup>. Dies wird vor dem Hintergrund deutlicher Hinweise auf soziale Komplexität und Organisation gesehen. Amuq F-Ware wird zeitlich dabei meist in der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. angesetzt, und es gibt Hinweise auf eine kurze Dauer dieser Phase. Mögliche Vergesellschaftungen von Amuq-Waren mit Uruk-Keramik sind selten und umstritten, jedoch könnten sich durch sie auch Kontakte zwischen Amuq F und Uruk (bis) im späten 4. Jt. v. Chr. anzeigen. Dagegen gibt es aber auch Hinweise auf einen Ansatz von Amuq F um 4000 v. Chr.<sup>2992</sup>. Dem neueren chronologischen Schema des Kongresses von Santa Fe folgend, entspricht Amuq F den Phasen *Late Chalcolithic* (LC) 3–4<sup>2993</sup>. Marro nennt einen absoluten zeitlichen Ansatz von 3700-3300 v. Chr. und hält einen früheren Beginn für möglich (Taf. 28, 1)<sup>2994</sup>. Obermesopotamien zeigt noch vor der Phase des feststellbaren Uruk-Kontaktes im späten 5. und frühen 4. Jt. v. Chr. Zeichen weiter fortschreitender gesellschaftlicher Komplexität und weitreichende Kontaktnetzwerke bis in die Levante und den Kaukasus<sup>2995</sup>. Fundorte, an denen sich diese Entwicklungen ablesen lassen, teilen oft auch die Verwendung von Amuq F bzw. lokaler, teilweise häckselgemagerter Keramikformen des syro-anatolischen Spätchalkolithikums. Unter diesen sind Fundorte wie Norşuntepe (Schichten 37-31) und Tülintepe, Arslantepe (VII), Tell Brak, Tepe Gaura und Hacinebi<sup>2996</sup>. Nach Helwing, die eine neuere Betrachtung bietet<sup>2997</sup>, kommt erste häckselgemagerte Keramik zur Zeit des *Late Chalcolithic* 1 (4500–4300 v. Chr.) neben bemalter *Ubaid-related* Keramik auf. Dominierend ist die häckselgemagerte Keramik (sog. *Chaff-Faced Ware* [CFW]) dann während *Late Chalcolithic* 2–4 (4300–3350 v. Chr.). Das Verbreitungsgebiet keramischer Traditionen der CFW umfasst Helwing zufolge weite Teile des vorderasiatischen Hochlandes (Western Asian highlands): ihre Verbreitung reicht von der Mittelmeerküste im Westen bis in den Südkaukasus im Norden, bis in den nördlichen Zagros im Osten und al-Dschazira und das Osttigrisgebiet im Süden. Die Anteile der CFW in den Wareninventaren variieren. Ferner werden auch für die Keramik von Majkop Einflüsse häckselgemagerter Keramik diskutiert<sup>2998</sup>. Die CFW bzw. die Fundorte dieses Horizontes bzw. dieser *oikumene* teilen bei regionalen Unterschieden dennoch funktionale, formale und technische Charakteristika der Keramik wie auch standardisierte Massenware. Probleme – mit Auswirkungen auf die Interpretation der regionalen Gruppen – wirft teilweise noch die Datierung auf. Dem Horizont gehören auch sog. Amuq F-Waren an. Die Sequenz von Amuq war seinerzeit noch nicht vollständig definiert. Heute lässt sich z. B. in den Inventaren von Arslantepe VIII (LC 2) und VII (LC 3–4) eine kontinuierliche Entwicklung der CFW ablesen. Auf Amuq F sollte an dieser Stelle noch einmal gesondert hingewiesen werden, weil in älterer

<sup>2990</sup> Zu Amuq F, der Amuq-Sequenz allgemein und dem Horizont häckselgemagerter Keramik siehe etwa Philip 2002, 207-213. bes. 212f.; Lupton 1996, 13-20; Zu Amuq F etwa: Rothman 2001, Table 1,2; Algaze 2001, 42; Braidwood – Braidwood 1960, 226-258. bes. 226f. ferner 512-516; Helwing 2002, 185-193. bes. 186; Marro 2008.

<sup>2991</sup> Persönliche Mitteilung von Frau PD Dr. B. Helwing im Frühsommer 2012; Marro 2008, bes. 12f. ferner 10.

<sup>2992</sup> Vgl. etwa Wright – Rupley 2001, 98f.

<sup>2993</sup> Vgl. Rothman 2001, 9 Table 1,2; 7 Table 1,1.

<sup>2994</sup> Marro 2008, 11-13. 17 mit Anm. 46.

<sup>2995</sup> Stein 2001, 266-268; Zu den Verbindungen (etwa zum Kaukasus) die sich über die Keramik ablesen lassen vgl. Marro 2008, bes. 26 (Map).

<sup>2996</sup> Siehe Helwing 2002, 152-159. 170-177; Marro 2008, 11-14; Stein 2001, 266-268.

<sup>2997</sup> Im Folgenden auf Basis und nach Helwing 2012, bes. 204f. 211. 214.

<sup>2998</sup> Kohl 2009, 74; Lyonnet 2007, bes. 148; Ivanova 2012, 19-23.

Literatur zu verschiedenen Fundorten häufig Affiliationen der Keramik zu Amuq F (oder chronologische Parallelisierungen) genannt werden. *Late Chalcolithic* Fundorte dieses Horizontes zeigen noch weitere Gemeinsamkeiten<sup>2999</sup>: die Nutzung von Stempelsiegeln, teilweise ähnliche Bestattungssitten und das Aufkommen regulärer Metallurgie mit Arsenkupfer und Silber. Eine zunehmende Administration und Zentralisation lassen sich aus den Siegeln sowie den bislang nur in geringem Umfang ergrabenen Siedlungsflächen ablesen. Obsidian, Keramik und auch Metall deuten weitreichende Handelsnetzwerke an (Obsidian: Kappadokien, Ostanatolien, Kleiner Kaukasus; bemalte Sialk III<sub>4-5</sub> Keramik). Helwing sieht bei der Untersuchung der Peripherie des CFW-Horizontes für das *Late Chalcolithic* des südlichen Kaukasus und des nordwestlichen Iran miteinander verbundene und parallele Entwicklungen in der Keramik, die Traditionen und Wissen widerspiegeln, welche von lokalen Gemeinschaften getragen wurden. Eine weitere Sphäre, die sich mit der eben beschriebenen überlappt, sieht Helwing in Elitennetzwerken mit dem Austausch von Metallprodukten. Vornehmlich Dolche und Äxte, wie sie im Kontext von Bestattungen zur Schau gestellt werden, könnten den Wettbewerb einer entstehenden kriegerischen Elite anzeigen. Insgesamt lassen sich technologisch und sozial konstruierte Netzwerke nachzeichnen<sup>3000</sup>. Ergänzend dazu kann die Charakterisierung der Entwicklung des Chalkolithikums in Obermesopotamien durch Stein herangezogen werden (*Upper Mesopotamia* umfasst nach Stein Nordsyrien, die nordirakische al-Dschazira, die Südosttürkei bis zum Euphrattal und dem Vorgebirge des Östlichen Taurus)<sup>3001</sup>: Stein zufolge lässt sich der Zeitraum des Chalkolithikums dieser Region in drei unterschiedlich geprägte Abschnitte gliedern. Zwei Phasen des Kontaktes mit dem Süden klammern dabei eine mittlere Phase eigenständiger Entwicklung ein. In der Phase der Obedzeit (5300–4500 v. Chr.) beschreibt er Obermesopotamien dabei als Interaktionssphäre. In der Zeit von Mittel-/Spät-Urukeinflüssen in Obermesopotamien ist nach Stein das Gebiet von einem kolonialen Netzwerk geprägt (LC 4–5, ca. 3700–3100 v. Chr.). Zwischen diesen beiden Phasen, die einen Höhepunkt der Kontakte mit dem Süden bezeichnen, liegt während des späten 5. und frühen 4. Jt. v. Chr. ein Abschnitt kultureller Entfaltung in Obermesopotamien, der eine zwar strukturell parallele Entwicklung mit Südmesopotamien zeigt, sich aber aufgrund minimaler Hinweise auf Kontakte zum Süden als eigenständig darstellt. In sich ist Stein folgend das chalkolithische Obermesopotamien dabei als eine Reihe regionaler Einheiten mit ähnlichen kulturellen Äußerungen im Bereich der materiellen Kultur, Religion (sog. Augenidole) und politischen Ökonomie zu denken. Hinweise auf ein geographisch weitläufiges Austauschnetzwerk und den Umlauf erheblicher Mengen an Rohstoffen, die beide sowohl mit Prestigegütern als auch Alltagsgegenständen in Zusammenhang stehen, lassen sich etwa in Hacinebi, Hamoukar und Brak während des *Late Chalcolithic 2* (4200–3850 v. Chr.) gewinnen<sup>3002</sup>.

Dieser Horizont möglicher autochthoner Entwicklungen, der mit dem Höhepunkt der CFW-Keramik räumlich wie zeitlich überlappt, sieht neben einer möglicherweise als regelhaft bezeichnbaren Arsenkupfermetallurgie<sup>3003</sup> auch erste Silberobjekte sowie Belege für die Kupellation (s. u.). Vorbehaltlich des veränderlichen Forschungsstandes für andere Regionen und offener Fragen zum Herstellungsprozess könnte hier bezüglich der extraktiven Metallurgie für Silber eine eigenständige Entwicklung und womöglich ein Primat gegenüber anderen Gegenden abzuleiten sein.

Wie weit zu einer gegebenen Zeit Netzwerke reichten, kann ohne detaillierte Studien nicht festgestellt werden. Auch in anderen Regionen besteht eine Arsenkupfermetallurgie. Arsenreiche Kupfertropfen als Einschlüsse wurden etwa in Schlacken von Abu Matar (Israel) gefunden. Arsenhaltiges Metall in der südlichen Levante lässt sich nach Ergebnissen von Metall-, Schlacken- und Erzanalysen nicht mit dem

---

<sup>2999</sup> Helwing 2012, 204f. 212–214.

<sup>3000</sup> Helwing 2012, 214f.

<sup>3001</sup> Stein 2012, bes. 125f.

<sup>3002</sup> Stein 2012, 135f.

<sup>3003</sup> Bzw. „regular metal production with arsenical copper“ (Helwing 2012, 204).

dortigen Kupfer vergleichen bzw. aus lokalen Lagerstätten der Arabah herleiten, da Arsen im Vergleich zu den dortigen Erzen erhöht und auch die Bleiisotopie unvereinbar ist. Deshalb wird ein Import von Kupfer oder von arsenreichen Erzen zur (gezielten) Arsenkupfergewinnung u. a. aus dem Bereich Anatoliens vermutet<sup>3004</sup>.

Den wahrscheinlich ältesten Nachweis von Kupellation stellen Funde von Bleiglätte und Blei-Silberschlacke aus Fatmalı Kalecik (Türkei; Kat. 28; Taf. 12, 1–3) dar. In der Forschung herrscht Uneinigkeit über die chronologische Stellung dieser Funde<sup>3005</sup>. Die durch häckselgemagerte Keramik charakterisierten Fundschichten der Silberextraktion mittels Kupellation datieren die Ausgräber jedoch an die Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr.<sup>3006</sup>. Spätere Bleiglättefunde bzw. damit imprägnierte Kupellen und Bleifunde aus der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. stammen aus Habuba Kabira-Süd (Kat. 34; Taf. 12, 4). Spätchalkolithische Bleiglätte wird an einer Stelle in der Literatur auch für Arslantepe erwähnt (Kat. 35). Habuba Kabira-Süd soll, trotz seiner häckselgemagerten Keramik, im Zusammenhang von Südmesopotamien besprochen werden, da sich hier Verbindungen zu Uruk ablesen lassen, und sich interessante Fragen ergeben.

Hacinebi (Türkei; Kat. 29; Taf. 29, 1) lieferte Hinweise auf eine lokale Metallurgie, die in das mittlere Spätchalkolithikum zurückreicht<sup>3007</sup>. Die Belege stellen Erze, Tiegel mit anhaftenden Schlackenresten, Gussformen, Grubenöfen (um 45 cm oder 60–65 cm Dm und Tiefe um 45 cm<sup>3008</sup>) und Tondüsen für Blasrohre dar. Tiegelfragmente mit Schmelzrückständen fanden sich zusammen mit Holzkohle in einem Ofen. Eine Tonform wird als Barrengussform gedeutet. An Erz fand sich Malachit und in Phase B2 polymetallisches sulfidisches Erz mit über 40 % Pb und mehr als 30 % Cu<sup>3009</sup>. Die Schlacken zeigen Kupferrestgehalte von 12–30 % und Fe nicht über 5 %<sup>3010</sup>. Während einige der Kupferartefakte mit leicht erhöhten Arsengehalten (<2 %) niedrige Eisenanteile haben, zeigen *prills* aus Schlacke variierende Nebenelementgehalte bei durchweg erhöhten Eisengehalten<sup>3011</sup>. Eine Auswahl der *prills* ließe eine Legierungssteuerung zu. Als weitere typische Verunreinigungen von Kupfer in Hacinebi kommen Nickel und Antimon hinzu. Ein metallischer *prill* einer Tiegelanhaftung besteht aus zwei Phasen: Kupfer und Kupfersulfid. Dies ist ein Hinweis auf die Verhüttung sulfidischer Erze bzw. Erzanteile<sup>3012</sup>. Eben genannter *prill* wird in einem Artikel besprochen, der impliziert, es handele sich um „pre-Uruk“<sup>3013</sup> Material, er stammt aber wohl wegen Nennung von „Late Chalcolithic Phase 2B context“<sup>3014</sup> aus Phase B2-*contact* mit Uruk; eine Metallurgie in lokaler Tradition wird dabei erschlossen<sup>3015</sup>. Insgesamt ergeben sich Anhaltspunkte für die Ausbringungsmethode von Metall oder Legierungen nach der chalkolithischen Verhüttung. Aus einer möglicherweise hochrefraktären Charge wurden die Wertträger nach Schmelzpunktunterschieden ausgeschmolzen, wobei wohl mit Blasrohren

---

<sup>3004</sup> Hauptmann 2007b, 29. 296; Lagerstätten am Schwarzen Meer werden vermutet. Hauptmann steht einem Import über so weite Distanzen kritisch gegenüber und vermutet geographisch nähere Erzreviere (die dann wohl im Obermesopotamischen Bereich zu liegen kommen sollten).

<sup>3005</sup> Bei der technikgeschichtlichen Bewertung der Kupellationsfunde durch Archäometallurgen wurde eine Datierung ins ausgehende vierte Jahrtausend v. Chr. vorgeschlagen (Hess u. a. 1998, bes. 57. 65).

<sup>3006</sup> Wright – Whallon 1998, 776-781. 784-786.

<sup>3007</sup> Özbal u. a. 1999, bes. 60-65 (mit Table 1: Analysen des metallurgischen Materials von Hacinebi); Becker 2007, 239; Stein u. a. 1997, bes. 139-142. 152 Table 12; Stein u. a. 1998, bes. 167-169; Yakar 2002, 20f.

<sup>3008</sup> Vgl. Stein u. a. 1998, 167 mit Özbal u. a. 1999, 62.

<sup>3009</sup> Özbal u. a. 1999, 61.

<sup>3010</sup> Özbal u. a. 1999, 62f.

<sup>3011</sup> Özbal u. a. 1999, 61 Table 1; 64.

<sup>3012</sup> Özbal u. a. 1999, 62f. 64; (Vgl.) Yakar 2002, 21 (Hier werden spätere Objekte andernorts abgehandelt, aber die Nutzung sulfidischer Erze in Hacinebi bereits während des Late Chalcolithic genannt.).

<sup>3013</sup> Özbal u. a. 1999, 57.

<sup>3014</sup> Özbal u. a. 1999, 63.

<sup>3015</sup> Özbal u. a. 1999, 65.

belüftet wurde. Vorgänge der Abscheidung von Speisen aus Sulfidphasen könnten ebenfalls bei der Legierungserzeugung (in späterer B2-Zeit) eine Rolle spielen (vgl. Kap. II.2.4.4.5; II.2.4.4.7). Die nachträgliche Auswahl von *prills* gestattete eine Legierungskontrolle. Zwei silberne Ohringe (Kat. 29)<sup>3016</sup> stammen aus der Gefäßbestattung eines Kleinkindes der Phase Hacinebi A. Die ersten Nachweise von Silber und extraktiver Metallurgie fanden sich in den Phasen A (=early pre-contact) und B1 (=late pre-contact), die durch lokale chalkolithische Keramik geprägt sind. Diese Phasen gehen der „Uruk Expansion“ mit Schicht B2 (=contact) mit zusätzlich Uruk-Waren voran. In der Keramik aus den Phasen A und B zeigen sich dabei Affinitäten zu Amuq F<sup>3017</sup>. Die Silberringe werden von Stein unter Funden des *Late Chalcolithic* 2 Obermesopotamiens besprochen (4200–3850 v.Chr.), einem Horizont, der vor intensiven Urukkontakten in dieser Region liegt<sup>3018</sup>. Für die Späturukzeit in Hacinebi wird eine Verwendung polymetallischer Erze (vgl. o. die Erzprobe mit 40 % Pb und 30 % Cu) in einem vielstufigen Prozess erschlossen; dieser Prozess soll zu einem eher reinen Kupfer mit gewissen As-Gehalten und ferner Sb und Ni führen, wie es in Objekten von Hacinebi vorliegt<sup>3019</sup>. Wie auch bei den Kupferfunden wäre eine genaue Kenntnis der Zusammensetzung der Silberfunde wünschenswert, um ihre Herstellungsmethode zu erschließen. In diesem Zuge müssten auch die Metallurgiebelege über die Aufzählung hier hinaus genauer betrachtet werden. So sind etwa Fahlerze häufig mit Bleiglanz vergesellschaftet (s. unter Arslantepe); daraus könnten sich Hinweise auf Überschneidungen zwischen der Kupfer- und Silbertechnologie ergeben.

Korucutepe (Türkei; Kat. 30; Taf. 30, 1) barg zahlreiche Metallfunde aus Kupfer und Silber im Zusammenhang mit drei Bestattungen aus zwei Gräbern. Neben einem Keulenkopf aus Eisenerz und einem Dolch mit Mittelrippe (*tanged dagger with midrib*<sup>3020</sup>) sind es vor allem die Silberfunde, die auffallen. Aus Silber bestehen z. B. Ringe, die zu Kopfschmuck gehörten, ein Armband mit Spiraldenden, ein Siegelreif mit mutmaßlichem Wildziegenmotiv, ein halbmondförmiger Halsschmuck sowie ein Stirnband. Oberhalb der mit diesen Silberfunden verbundenen Gräber fanden sich bei der Gefäßbestattung eines Kleinkindes („infant“) Stücke von Kupfererz<sup>3021</sup>. Die Gräber werden den *Late Chalcolithic*-Schichten von Korucutepe zugewiesen, für die der Ausgräber van Loon eine Datierung in die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. ansetzte<sup>3022</sup>. Den Gräbern selbst wies er dabei ein Datum um etwa 3000 v. Chr. zu<sup>3023</sup>. Auch bei der Besprechung der Metallfunde und insbesondere des Silbers wird meist eine Datierung in das späte 4. Jt. v. Chr. in Betracht gezogen<sup>3024</sup>. Da die Keramik unter anderem mit CFW aus den Gräbern und aus den *Late Chalcolithic*-Schichten jedoch Affinitäten zu Amuq F aufweist<sup>3025</sup>, und Entsprechungen zu den gegenwärtig ins frühe 4. Jt. v. Chr. datierten Gräbern der Schichten XI-IX von Tepe Gaura in Grabbau, Beigaben und Keramik der Bestattungen gesehen werden<sup>3026</sup>, ist eine Datierung in die (frühe) erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. für die Metallfunde *a priori* nicht auszuschließen. Deshalb wird eine frühere Datierung hier vorläufig mitberücksichtigt, aber nicht

<sup>3016</sup> Stein u. a. 1996, 96f.; Stein 2001, 273f. 299; Stein 2002, 150; Wright – Rupley 2001, 88 Fig. 3.1; 89. Fig. 3.2; 105-110 mit Fig. 3.16; 3.17; 3.18.

<sup>3017</sup> Wright – Rupley 2001, 107; Stein 2002, 150.

<sup>3018</sup> Stein 2012, bes. 135.

<sup>3019</sup> Yakar 2002, 21.

<sup>3020</sup> Brandt 1978b, 61. Plate 119, 5.

<sup>3021</sup> Loon 1978, 11; Yakar 2002, 17.

<sup>3022</sup> Loon 1973, 359-361.

<sup>3023</sup> Loon 1973, 361. 380 Fig. 3, Bildunterschrift.

<sup>3024</sup> Kohlmeyer 1994, 43; Zimmermann 2005a, 193. 196; Yakar 2002, 16.

<sup>3025</sup> Vgl. Brandt 1973, bes. Fig. 19,11; Fig. 20,1-6 mit Braidwood – Braidwood 1960, 235 Fig. 175,1-4; 240 Fig. 180; Siehe auch Brandt 1978, 57-60. vgl. auch 6 Table 1; Helwing 2002, 183; Loon 1978, 9.

<sup>3026</sup> Zum Vergleich mit Gaura XI-IX siehe Brandt 1978, 62; Yakar 2002, 16; Zur Datierung von Gaura siehe Rothman 2002a, 3 Table 1.1; Zur Keramik und Datierung über Parallelisierungen mit anderen Fundorten vgl. Rothman 2002a, 57-59; Siehe aber die Einschränkung zu Keramik aus Gräbern Rothman 2002a, 52.



nachdrücklich favorisiert. Aus Elektron sind der Kopf einer Wolfsfigur und eine Perle aus Schicht X von Tepe Gaura (Irak; Kat. 32; Taf. 30, 2). Sie könnten in die frühe erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. gehören, und es zeigen sich möglicherweise in den Keramiken dieses Fundortes Beziehungen zu Amuq F-Keramik an<sup>3027</sup>. Silberfunde aus Tepe Gaura XIII-IX werden von Yakar erwähnt<sup>3028</sup>, bzw. Goldfunde für Gräber aus Tepe Gaura XI-VIII sind zu nennen<sup>3029</sup>; 11 von 13 Objekten aus Gaura XII-VIII bestehen aus Arsenkupfer (ca. 4000–2800 v. Chr./4500–3700 v. Chr.)<sup>3030</sup>. „So weisen Artefakte der Schicht XI A ausgesprochen hohe Arsengehalte auf, gelegentlich zusammen mit hohen Nickelkonzentrationen“<sup>3031</sup>. Eine Beilklinge mit Zuweisung Gaura XI mit 1,63 % As und 3,34 % Ni wird genannt<sup>3032</sup>. Bronzeobjekte mit umstrittener Zuweisung zu Gaura XI und VIII bleiben zu erwähnen<sup>3033</sup>. Bei einem aus unterschiedlichen Materialien zusammengesetzten Fries aus dem sog. Augentempel von Tell Brak (Syrien; Kat. 33,a) dienten silberne Nägel (etwa 80 Stück) zur Fixierung von Goldblechen<sup>3034</sup>. Der Fries lag vor einem Lehmziegelpostament im Mittelsaal eines Gebäudes mit (etwa) dreischiffigem Grundriss, das weitestgehend dem Typus eines Mittelsaalhauses entspricht. Eine Einordnung in LC 3-4 (etwa 2. und 3. Viertel des 4. Jt. v. Chr.)<sup>3035</sup> oder LC 3 (3850–3700 v. Chr.)<sup>3036</sup> könnte angezeigt sein. Ans Ende des LC 3 wird ein Hortfund von etwa 360 Perlen verschiedenen Materials unterschiedlicher Herkunft datiert. Unter diesen Perlen befinden sich silberne Stücke (Kat. 33,b)<sup>3037</sup>. Tell Brak zeigt eine Verwendung von *chaff-faced*-Keramik, die auch mit dem Auftreten Mittel Uruk-zeitlicher Keramik weitergeführt wird<sup>3038</sup>. Silberdraht und *bronze/copper disks*<sup>3039</sup> aus Hamoukar werden um 3800 v. Chr. datiert (Kat. 31). Von dort liegen auch Augenidole sowie etwas spätere, um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. angesetzte Belege extraktiver Metallurgie wie Tiegel und Tondüsen für Blasrohre vor (Kat. 31).

Yakar erwog eine anatolische und syrisch-/mesopotamische Sphäre für (frühes) Silber und verortet den Beginn der Kupellation im späten 4. Jt. v. Chr. in Anatolien – ohne allerdings konkreter zu werden<sup>3040</sup>. Mit den hier besprochenen Funden und Fundorten des obermesopotamischen Raums deutet sich eine Einordnung der Kupellation und Silberverwendung ins Milieu von Amuq F bzw. in den Horizont häckselgemagerter Keramik bereits an die Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. an. Überdies wird ein gemeinsames Auftreten von Arsenkupfer und Silber im Horizont der CFW Obermesopotamiens genannt<sup>3041</sup>. Insbesondere Hacinebi, Hamoukar und Tell Brak zeigen, dass Silber hier (intensiven) Urukeinflüssen zeitlich vorausgeht<sup>3042</sup>.

<sup>3027</sup> Rothman 2002a, 3 Table 1.1; 57-59; Vgl. zur Datierung Stein 2012, 129 Tab. 1; 135.

<sup>3028</sup> Yakar 1985, 403. – Vgl. dagegen Tobler (1950, 211) der für die Levels IX-XX (XVII) nur Gold, Elektron und Kupfer berichtet.

<sup>3029</sup> Ivanova 2012, 13.

<sup>3030</sup> RIA 8 (1993) 119-136 s. v. Metalle. B (J. D. Muhly), 127; Einen Einstieg zu den Kupferfunden aus Tepe Gaura mit weiterer Literatur bietet Moorey 1982a, 19, Tobler 1950, 211-213. – Die ältere Datierung neueren Forschungsdatums ist Stein 2012, 129 Tab. 1 entnommen.

<sup>3031</sup> Kawtaradze 2001, 139.

<sup>3032</sup> Moorey 1994, 257.

<sup>3033</sup> Moorey 1994, 257: Die Nadel mit Zuweisung Gaura VIII ist nicht mehr auffindbar und soll 5,62 % Zinn enthalten.

<sup>3034</sup> Siehe etwa Mallowan 1947, 93-95. Plate 4,1-3; Plate 50,1; Strommenger 1982, 49f.; Oates – Oates 1994, 168-170. 173 Table 1.

<sup>3035</sup> Vgl. Oates – Oates 1994, bes. 168-170. 173 Table 1; Rothman 2001, 7 Table 1.1; Wright – Rupley 2001, 101f.; Oates – Oates 1997, 290-292; Oates 2002, 111; Akkermans – Schwartz 2003, 197-200.

<sup>3036</sup> Durch die Zuordnung zu Level TW 16 (vgl. zur Datierung Stein 2012, 129 Tab. 1).

<sup>3037</sup> Oates 2012, 175-177 mit Fig. 7.

<sup>3038</sup> Schwartz 2001, 251f.

<sup>3039</sup> Reichel 2008, 80. 81 Fig. 8 (Abbildungsunterschrift).

<sup>3040</sup> Yakar 1985, 403.

<sup>3041</sup> Helwing 2012, 204.

<sup>3042</sup> Vgl. Stein 2012, bes. 126-128. 135-141; Oates 2012, 175f.; Helwing 2012, bes. 204.

Im Milieu von Amuq F wurde früh ein Experimentieren mit Arsen konstatiert<sup>3043</sup>. Vom Referenzfundplatz Tell Ğudeide Phase F (u. a. auch Tell al-Judaidah/Judeidah, Cudeyde, Çüdeide usw. geschrieben), stammen zwölf durch semiquantitative Analysen mittels optischer Emissionsspektrometrie (OES) untersuchte Metallobjekte, die überwiegend mehr als 10 % Nickel aufweisen könnten<sup>3044</sup>. Arsen soll im Bereich von 0,1–1 % liegen. Ein Objekt soll darüber hinaus Arsen um 1–10 % aufweisen. Die Art der Analysen und die Angabe der Analyseergebnisse lassen leider keine weiteren Aussagen zu. Jedoch ist festzustellen, dass unter den stark nickelhaltigen Objekten eine Dolchklinge mit Mittelrippe und vier Nietlöchern, ein Meißel sowie eine Nadel mit konischem Kopf sind<sup>3045</sup>. Für das höher arsenhaltige Stück (1–10 %), als *projectile point* angesprochen – es könnte aber ebenfalls eine kleine Dolchklinge darstellen, werden neben Ni >10 % auch Sb und Ag im Bereich von je 0,1–1 % angegeben<sup>3046</sup>. Yener gibt für eine Ahle (Amuq C-F [?]; First Mixed Range) 1,35 % As und 0,9 % Ni sowie für eine weitere Ahle (Amuq F) 2,05 % As und 2,73 % Ni an (vgl. Cu-As-Ni-Legierungen)<sup>3047</sup>. Neben einem langschmalen Stück mit rundem Querschnitt aus Blei ist besonders eine Ahle aus einer Kupfersilberlegierung mit Gehalten an Arsen, Nickel und Kobalt interessant (beide Amuq C-F [?]; First Mixed Range; nicht im Kat.)<sup>3048</sup>. Nach Esin (1976) ist Kupfer mit Nickelgehalten typisch für die Phase F in Amuq; zur gleichen Zeit ist nach dem Fundbestand von 1976 auch das erste Auftreten von Dolchklingen (und Pfeilspitzen) zu beobachten<sup>3049</sup>. Parzinger nennt noch 1993 unter Berufung auf Esin für Amuq F Meißel, Dolchklingen, Pfeilspitzen und Nadeln aus Kupfer, das mit Ag und Ni enthält, und setzt die Phase in seinen Horizont 8/9<sup>3050</sup>. Durch einen mittlerweile möglicherweise erweiterten Fundbestand könnten diese Zusammenhänge, d. h. das Aufkommen von legiertem Kupfer und Dolchen im Horizont F und anderswo, einer Überprüfung bedürfen. Daneben stellt sich weiter die Frage, ob ein Zusammenhang zwischen der Nutzung As- und Ni-haltiger Kupfer wie auch Kupfersilberlegierungen und der Verhüttung von Fahlerzen bestehen könnte.

Ein möglicher kleiner Ringanhänger aus Stein von Ğudeide Phase F (Taf. 30, 3)<sup>3051</sup> stellt einen vagen und für sich genommen wenig belastbaren Anknüpfungspunkt beispielsweise an die Bereiche Inneranatoliens sowie der Ägäis dar. Mit letzterem Raum ist ein Milieu verbunden, in dem auch ein Anfangsverdacht auf die Kupellation sowie das Schmelzen von Speisen in Verbindung mit Sulfidphasen besteht (vgl. Sitagroi II und einen möglichen Ringanhänger [?] von Emporio auf Chios). Eine Brücke zu Tepe Gaura würden die von Hood ins Spiel gebrachten Anhänger aus den dortigen Leveln XII-X schlagen; indes sind die Unterschiede wie die andersartig angebrachte Lochung im Kopfbereich dafür nun doch zu groß<sup>3052</sup>.

Die weitere Entwicklung und evtl. auch eine Fortschreibung von technischen Traditionen aus dem Horizont Amuq F lassen sich evtl. in Arslantepe bei Malatya beobachten. Für die Region am mittleren und oberen Euphrat mit Fundorten der Keban- und Malatyaregion fasst Becker zusammen, dass bereits im 5. und 4. Jt. v. Chr. eine deutliche Zunahme der Metallproduktion im Rahmen von

---

<sup>3043</sup> Buchholz 1967, 215.

<sup>3044</sup> Braidwood – Braidwood 1960, 38. 244-246 mit Fig. 195 (Abb. von Metallfunden). bes. 245; Buchholz 1967, Tabelle 12; Tadmor u. a. 1995, 142.

<sup>3045</sup> Braidwood – Braidwood 1960, 246 Fig. 185, 4-6; Plate 52, 1; Plate 54, 1; Plate 53, 12.

<sup>3046</sup> Braidwood – Braidwood 1960, 245. 246 Fig. 185, 7; Plate 54, 3.

<sup>3047</sup> Yener 2000, 66f. Anm. 11; Braidwood u. a. 1951, 88f. mit Table 3; 92f.; Buchholz 1967, 250 Tabelle 13, No. 341.

<sup>3048</sup> Esin 1976, 220; Braidwood – Braidwood 1960, 119f. mit Fig. 93.

<sup>3049</sup> Esin 1976, 220.

<sup>3050</sup> Parzinger 1993b, 347; Vgl. dazu auch Yakar 1985, 387f.

<sup>3051</sup> Hood 1982, 664; Braidwood – Braidwood 1960, 252. 253 Fig. 190, 9.

<sup>3052</sup> Hood 1982, 664 mit einer Auflistung der fraglichen Anhänger aus Gold und anderen Materialien wie Perlmutter und Paste (sowie einem Kupfering aus Gaura XVII).

Austauschnetzwerken der Obed- und Urukzeit zu beobachten ist<sup>3053</sup>. Der Übergang von der Ausbeutung oxidierter Erze des Eisernen Hutes und der Oxidationszone zur Nutzung sulfidischer Erze soll einer Intensivierung der Metallurgie am Übergang vom Spätchalkolithikum zur Frühbronzezeit geschuldet sein. Damit verbunden sollen beiläufig Kupferlegierungen entstehen, da die Erze stärker verunreinigt sind<sup>3054</sup>. Jedoch ist bereits früher eine Nutzung sulfidischer (Bestandteile in den) Chargen sowie auch eine Nutzung (teils schwach) legierter Kupfer festzustellen.

Arslantepe<sup>3055</sup> (Kat. 35, Türkei) VII und insbesondere VI lieferten zahlreiche Belege für extractive Metallurgie etwa in Form von Erzen und Schlacken aus verschiedenen Schichten<sup>3056</sup>. Eine Metallurgie in Tiegeln wurde erschlossen<sup>3057</sup>. Die Metallfunde sind in quantitativer wie qualitativer Hinsicht als exzeptionell zu bezeichnen und bestehen aus einer Vielzahl unterschiedlicher Legierungen und Metallen wie Arsenkupfer, Arsennickelkupfer (mit Gehalten an Ag und Pb), Silber und Kupfersilberlegierungen (23–65 % Ag) sowie Blei<sup>3058</sup>.

Die Perioden VII und VI A von Arslantepe sind durch lokale spätchalkolithische Keramik gekennzeichnet. Deutliche Bezüge zu Amuq F lassen sich nach Marro in Periode VII feststellen<sup>3059</sup>. Es lassen sich bereits repräsentative Gebäude und Hinweise auf eine komplexe Verwaltung fassen, und Kontakte zu frühsumerischen Fundorten sind wahrscheinlich in Periode VI A nachzuweisen<sup>3060</sup>. Für die Datierung von Arslantepe VII wird von den Ausgräbern die Spanne von 3800 bis 3350 v. Chr. und für Periode VI A von 3350 bis 3000/2900 v. Chr. angegeben, und die Datierung der Perioden Arslantepe VI B1/VI B2 wird mit 3000–2750 v. Chr. angesetzt (siehe Kat. 35 Datierung)<sup>3061</sup>.

Für die Zeit von Arslantepe VII gibt es zahlreiche Hinweise auf eine lokale Metallurgietradition<sup>3062</sup>. Aus den Perioden VII und VI stammen Funde polymetallischer und teils sulfidischer Erze mit Gehalten an Arsen, Nickel, Antimon und Blei sowie Silber; in Schlacken aus Arslantepe VII und VI A wurden zahlreiche Einschlüsse von Kupferlegierungen mit Gehalten an Arsen, Nickel und Antimon gefunden<sup>3063</sup>. Für Arslantepe VII und VI A wird eine Reihe von unterschiedlichen Erzen genannt, darunter Bleiglanz und Cerussit, komplexe Kupfersulfide wie Tennantit, Chalkosin und Bornit, Oxide, Olivenit, Cuprit, Malachit sowie Eisenoxide<sup>3064</sup>. Schlacken aus Periode VII weisen auf die Verwendung von komplexen polymetallischen Erzen auch mit Ni, As und Sb hin und enthalten auch Einschlüsse von Ni-As-Sb-Speise<sup>3065</sup>. Aus Siedlungszusammenhängen stammen bleireiche Erze, zu denen es isotopisch passende Schlacken gibt, und eine lokale Bleiverhüttung um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. ist somit angezeigt<sup>3066</sup>. Blei aus dieser Zeit liegt nicht vor, aber eine ebenfalls isotopisch vergleichbare Cu-As-Ni-Legierung stellt einen Metallfund aus Periode VII dar. Weitere Kupferbleierze und Cu-As-Sb-Erze liegen vor<sup>3067</sup>. Kontinuitäten zu Periode VI A lassen sich in bleireichen Erzen und Bleifunden feststellen, die

---

<sup>3053</sup> Becker 2007, 238.

<sup>3054</sup> Mit zahlreicher Literatur Becker 2007, 239.

<sup>3055</sup> Eine Zusammenfassung zum Arslantepe und seiner Metallurgie bietet Yener 2000, 48-57; Vgl. dazu Hauptmann u. a. 2002.

<sup>3056</sup> Siehe etwa Palmieri u. a. 1993, 574.

<sup>3057</sup> Palmieri u. a. 1999, 142f.

<sup>3058</sup> Hauptmann u. a. 2002, 47. 49. 65f.

<sup>3059</sup> Helwing 2002, 171f.; Marro 2008, 13.

<sup>3060</sup> Helwing 2002, 170. 172. 177.

<sup>3061</sup> Siehe etwa Frangipane 2004, 18.

<sup>3062</sup> Hauptmann u. a. 2002, 53. 64; Yener 2000, 54.

<sup>3063</sup> Nach Hauptmann u. a. 2002, 65; Palmieri u. a. 1999, 143; Yakar 2002, 19.

<sup>3064</sup> Palmieri u. a. 1996, 447; Yener 2000, 54.

<sup>3065</sup> Palmieri u. a. 1996, 447; Yener 2000, 54; Palmieri u. a. 1999, 145.

<sup>3066</sup> Hauptmann u. a. 2002, 53. 64.

<sup>3067</sup> Hauptmann u. a. 2002, 53.

isotopisch ähnlich zu den meisten Erzen und Schlacken aus Periode VII sind, und hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung zwischen Erzen aus (Periode) VII und einem Cu-As-Sb-Fe-Fund aus VI B1 liegen<sup>3068</sup>. Davon abzusetzen sind zwei Bleifunde aus VI D3 und V A, die sich ihrerseits aber wieder gleichen<sup>3069</sup>. Wie in Arslantepe VII und VI ist extraktive Kupfermetallurgie auch weiterhin in VI B2 nachgewiesen<sup>3070</sup>. Jedoch ändert sich die Erzbasis und wohl auch Verhüttungstechnik (s. u.). Schlacken werden häufiger<sup>3071</sup>. Erze dieser Phase setzen sich hauptsächlich aus reinen sulfidischen und oxidischen Kupfer-/Eisen-Erzen wie Chalkopyrit und Cuprit/Malachit/Eisen (hydr-) oxiden/Jarositen zusammen. Das Auftreten von kupferreicher Kupfereisenmatte und Tropfen metallischen Kupfers in der Schlacke ist zu beobachten<sup>3072</sup>. Im Kupfer der Objekte finden sich nun geringere Gehalte an den Spurenelementen As, Ni und Sb, dafür liegen die Eisengehalte hoch<sup>3073</sup>.

Nahezu alle kupferreichen Erze enthalten As und Sb, während bei den arsenreichen Kupferobjekten der Periode VI A und VI B1 die Sb-Gehalte niedrig liegen. Den höher legierten Objekten wird eine Verwendung polymetallischer Erze zugrundegelegt<sup>3074</sup>. Eine Anreicherung von Arsen wird nicht erwartet, im Gegenteil wird ein Verlust von Arsen in Schlacken angenommen<sup>3075</sup>.

Die Metallfunde des Arslantepe stammen v. a. aus einem Hort in einem Gebäudezusammenhang mit der Zuweisung Periode VI A sowie aus einem Grabzusammenhang, dem sog. Fürstengrab (VI B1)<sup>3076</sup>. Die stratigraphische Situation des Hortes ist umstritten<sup>3077</sup>. Formenkundlich (Lanzenspitzen) und über die Silbertauschierungen lassen sich die Funde ebenso miteinander verbinden, wie auch teilweise über die chemische Zusammensetzung und die Bleiisotopie von Cu-As-Legierungen<sup>3078</sup>. Bleiisotopie und chemische Zusammensetzung zeigen darüber hinaus auch noch Kontinuitäten zu Arslantepe VII. Für die Silberkupferlegierungen wird eine Herstellung aus entsprechenden Erzen ebenso in Erwägung gezogen wie eine Zumischung von (kupelliertem) Silber, letztere Variante wird favorisiert<sup>3079</sup>. Bleifunde liegen vor<sup>3080</sup>. Die Bleigehalte in den Ag-Cu Legierungen könnten für eine Zugabe kupellierten Silbers sprechen, jedoch stehen dem die erhöhten Antimon Gehalte entgegen, die bei einer Kupellation weitgehend eliminiert werden<sup>3081</sup>. Zu bemerken ist, dass das einzige „reine“ Silberobjekt (vgl. dazu Katalog) Gehalte von etwa 0,389 % Pb und 0,015 % Sb aufweist<sup>3082</sup>. Der Pb Gehalt ließe sich sehr gut mit einer Kupellation verbinden, der Sb Gehalt liegt unter dem der meisten Ag-Cu Legierungen (0,0X-0,X % Sb, außer bei drei Ag-Cu-Objekten)<sup>3083</sup>. Dies könnte dafür sprechen, dass die Sb-Anteile mit dem

---

<sup>3068</sup> Zu den bleireichen Erzen und Bleifunden: Hauptmann u. a. 2002, 53. 65. – Zu Cu-As-Sb-Fe: Ein Becher aus dem Grab (Arslantepe VI B1) Kupfer mit hohen Gehalten an As, Sb und Fe soll sich hinsichtlich seiner chemischen Zusammensetzung mit Erzen aus Arslantepe VII in Verbindung bringen lassen (Hauptmann u. a. 2002, 52).

<sup>3069</sup> Hauptmann u. a. 2002, 53. 57.

<sup>3070</sup> Hauptmann u. a. 2002, 57; Palmieri u. a. 1999, 142-147.

<sup>3071</sup> Palmieri u. a. 1999, 145.

<sup>3072</sup> Nach Palmieri u. a. 1996, 448.

<sup>3073</sup> Palmieri u. a. 1999, 145-147 mit Fig. 8b.

<sup>3074</sup> Frangipane u. a. 2001, 130.

<sup>3075</sup> Hauptmann u. a. 2002, 57.

<sup>3076</sup> Hauptmann u. a. 2002, 44f. 47-52.

<sup>3077</sup> Siehe Kat. 35 Datierung und Bemerkungen.

<sup>3078</sup> Vgl. Hauptmann u. a. 2002, 49. 50 Fig. 4; 52f.

<sup>3079</sup> Hauptmann u. a. 2002, 58. 65 (Geeignete Erze für eine direkte Verhüttung sollen in Anatolien und dem Vorderen Orient nicht vorliegen).

<sup>3080</sup> Palmieri u. a. 1999, 141.

<sup>3081</sup> Hauptmann u. a. 2002, 65.

<sup>3082</sup> Hauptmann u. a. 2002, 52. 51 Table 7 (ARSL-46).

<sup>3083</sup> Vgl. Hauptmann u. a. 2002, 51 Table 7.

Kupfer in die Legierung kamen<sup>3084</sup> (vgl. auch die As- und Sb-haltigen Kupfererze<sup>3085</sup>; s. o.). Vor dem Hintergrund, dass beim verbleienden Schmelzen als Nebenprodukte Sulfidphasen und Speisen anfallen, sowie beim Erhitzen von Blei im Bereich von dessen Schmelzpunkt Blei gesaigert werden kann, d. h. Kupfer als Metall, Sulfid ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) oder Arsenid ( $\text{Cu}_3\text{As}$ ) abgetrennt wird, während Gold und Silber im Blei verbleiben (s. Kap. II.4.1.1; bes. II.4.4), ist hinsichtlich der Überlegungen zur Herstellung der unterschiedlichen Kupfer(legierungen) am Arslantepe mittels Temperaturunterschieden zu gewichten (vgl. Hess 1998). Zumindest eine Zulegierung von kupelliertem Silber bleibt so in der Tendenz ausschließbar, und eine Herstellung hiesiger Kupfersilberlegierungen im Rahmen der chalkolithischen Verhüttung wird wahrscheinlich.

Eine Darstellung des Silbers teilweise durch Kupellation könnte wahrscheinlich sein (das Silberobjekt hat Bi von etwa 0,03 %). Die Bleiisotopie von Silber und Ag-Cu ist gleich<sup>3086</sup>. Dies könnte sich durch die erwähnte mögliche Zulegierung von Silber – und damit Blei – erklären oder dadurch, dass Erze aus einer Lagerstätte(nregion) verwendet wurden. Dies ist eigens für die Kupfersilberlegierungen interessant: Eine Nutzung von Fahlerzen, möglicherweise in Bleiglanz<sup>3087</sup> (vgl. die Isotopie), könnte gegeben sein. Schlacken mit Einschlüssen silberhaltigen Bleis in silikatischer Matrix mit hohen  $\text{SiO}_2$ - und As-Gehalten liegen vor<sup>3088</sup>. Weiteres Indiz dafür sind die erhöhten und in der Regel über dem der Kupfer liegenden Sb-Gehalte der Ag-Cu-Legierungen (s. u.).

Ag-Cu-Legierungen lassen sich durch eine selektive Oxidation von Kupfer weiter versilbern, und Silber lässt sich damit anreichern<sup>3089</sup>. Aus Arslantepe wird Bleiglatte berichtet; die Aussage wird in späterer Literatur jedoch nicht wiederholt (vgl. oben die Schlacke mit silberhaltigen Bleieinschlüssen)<sup>3090</sup>. Eine der Silbereinlagen von einem der Schwerter weist nach Aussage einer Analyse 4,51 % Bi auf<sup>3091</sup>. Eine Kupellation für dieses Stück ist damit auszuschließen (vgl. Kap. II.4.3.3). Ein anderes Stück könnte wegen seines Bleigehaltes auf eine Kupellation hinweisen, jedoch ist dies aufgrund der Kupfergehalte zu hinterfragen (siehe Kat. 35 Material/Analyse).

Die Herkunft und Herstellung der Cu-As-Ni- und Cu-As-Legierungen stellt ein Problem dar (Taf. 31, 2)<sup>3092</sup>. Gleichzeitig in chemischer Zusammensetzung und der Bleiisotopie übereinstimmende Erze und Metall aus Arslantepe und auch aus Anatolien überhaupt sollen nicht vorliegen. Dabei wird davon ausgegangen, dass bei der Verhüttung keine spürbare Verschiebung der Nebenelemente stattfindet, was aber nicht so sein muss.

Erze, die bleiisotopisch und in der chemischen Zusammensetzung für die Herstellung von Cu-As-Ni-Legierungen in Frage kämen, lägen aus Arslantepe (fast) nicht vor<sup>3093</sup>. Der Gehalt an As und/oder Ni sei zu niedrig, oder andere Elemente wie Sb seien vorhanden, und ihre Verhältnisse zueinander stimmten nicht, um etwa für die Herstellung von Cu-As-Ni-Legierungen zu genügen<sup>3094</sup>. Einzig Erz #194 komme

---

<sup>3084</sup> Vgl. Hauptmann u. a. 2002, 51 Table 7; 65.

<sup>3085</sup> Hauptmann u. a. 2002, 57. – Diese liegen bleiisotopisch noch in der Nähe zu den Ag-Cu-Legierungen (vgl. Hauptmann u. a. 2002, 50 Fig. 4; 55 Fig. 5.

<sup>3086</sup> Hauptmann u. a. 2002, 50 Fig. 4; 52f. 58; Ein Grund dafür könnte sein, dass Blei, welches durch kupelliertes Silber in die Legierung kommt, die dem Kupfer eigene Signatur überdeckt (Hauptmann u. a. 2002, 58).

<sup>3087</sup> Zur Möglichkeit von Fahlerzen, die häufig Silberträger sind, in Bleiglanz siehe Bachmann 2003, 26f.

<sup>3088</sup> Nach Palmieri u. a. 1999, 145.

<sup>3089</sup> Hauptmann – Palmieri 2000, 78 mit Fig. 5.

<sup>3090</sup> Ohne Angabe des Fundzusammenhanges oder einer Datierung (Hess u. a. 1998, 57); Vgl. Kat. 35, dort Zitat der Aussage; Vgl. dagegen Hauptmann u. a. 2002, 58.

<sup>3091</sup> Caneva – Palmieri 1983, 649 Table 1 Nr. 30

<sup>3092</sup> Hauptmann u. a. 2002, 59-66.

<sup>3093</sup> Hauptmann u. a. 2002, 60-64.

<sup>3094</sup> Hauptmann u. a. 2002, 60f.

der Zusammensetzung nach, nicht aber bzw. nur bedingt isotopisch, in Frage<sup>3095</sup>. Isotopisch wiederum für Cu-As-Ni-Legierungen mögliche Lagerstätten in einem weiteren Bereich hätten zu geringe Nickel- und Arsengehalte<sup>3096</sup>.

Für die Gewinnung der Cu-As Legierungen sollen die Cu-As-Ni-Erze aufgrund des As/Ni-Verhältnisses und der Bleiisotopie keine geeigneten Kandidaten darstellen<sup>3097</sup>. Eine bleiisotopische Überschneidung zeigen aber ein Cu-As- und ein Cu-As-Ni-Objekt, beides Beile aus dem Fürstengrab, und weist auf die Grundzüge der chalkolithischen Erzeugung von Legierungen dieser Arbeit hin (s. u. jedoch unten zum Eisengehalt; s. u. die Ausführungen zu Hess 1998)<sup>3098</sup>. Isotopisch liegt der Rest der Cu-As-Legierungen jedoch in einem anderen Bereich als die eben genannten Funde<sup>3099</sup>. Eine Vielzahl zur Isotopie der Cu-As-Legierungen passende und bekannte Erze existieren in einem weiten Gebiet zwischen Giresun und etwa Murgul nahe der anatolischen Schwarzmeerküste<sup>3100</sup>. In ihrer chemischen Zusammensetzung, was die Gehalte der Nebenelemente und ihre Verhältnisse zueinander angeht, sollen diese Erze aber nicht geeignet sein (vgl. Taf. 29, 2)<sup>3101</sup>. Eine Verhüttung dieser würde Hauptmann und Kollegen zufolge zu Verlusten von Arsen in die Schlacken führen, so dass eine Zunahme der Elementverhältnisse etwa von As/Sb auf dem Weg vom Erz zum Metall hin ausgeschlossen wird<sup>3102</sup>. „Resorting again to the explanation that ores of the kind utilized in antiquity should not be available any more is, of course, rather unsatisfactory. If taken seriously, it would greatly reduce the chances to ever successfully match the trace element concentrations, or their abundance patterns, in artefacts with those in ores”<sup>3103</sup>. Weiter: „The absence among the retrieved “archaeological” ores of specimens which meet the lead isotope and trace element fingerprints rather argues against a local metal production, albeit it should be remembered that the record of analysed excavated ores is far from complete”<sup>3104</sup>. Einerseits sind in einem weiteren Gebiet zu den Kupferlegierungen isotopisch und hinsichtlich der Nebenelemente entsprechende Erze vorhanden, die sich aber andererseits in den Nebenelementverhältnissen unterscheiden. Das scheinbare Fehlen von in den Elementverhältnissen übereinstimmenden Erzen könnte sich dadurch erklären lassen, dass sich etwa Arsen bei der chalkolithischen Verhüttung anreichert (vgl. Kap. II.3). Daneben müssen aber zunächst weitere Möglichkeiten diskutiert werden. So wird von Hauptmann und Kollegen eine Zulegierung von oder ein Mischen mit an entsprechenden Nebenelementen reichen Erzen (für die Cu-As-Ni-Legierungen) erwogen, wofür ein archäologisches Beispiel in Arslantepe vorliegt<sup>3105</sup>. Solche Erze seien (bislang) unbekannter Herkunft bzw. erschöpft und überdeckten mit ihrem Blei die Signatur der Kupfererze. Einschlüsse von Ni- und Cu-Ni-Arseniden (zwischen 34–65 % Ni und 24–49 % As, teils 1–19 % Pb) sollen den Hinweis darauf darstellen, dass an eben diesen Elementen reiche Erze zugegeben wurden<sup>3106</sup>. Diese Aussage wird unter Berufung auf Ergebnisse von Hess getroffen. Hess selbst erwägt nach Untersuchungen an Schlacken und Metall von Arslantepe VII und VI A als Möglichkeit, dass in Arslantepe Nickel- und Kupferspeisen mit unterschiedlichen Arsengehalten und As-(Ni)-Kupferlegierungen gewonnen wurden. Durch

---

<sup>3095</sup> Hauptmann u. a. 2002, 60f. 54 Table 8; 61. 63 Fig. 8 (mit Abbildungstext).

<sup>3096</sup> Hauptmann u. a. 2002, 61.

<sup>3097</sup> Hauptmann u. a. 2002, 49.

<sup>3098</sup> Vgl. Hauptmann u. a. 2002, 49. 46 Table 2.

<sup>3099</sup> Vgl. Hauptmann u. a. 2002, 50 Fig. 4.

<sup>3100</sup> Hauptmann u. a. 2002, 61f. 65; Vgl. Palmieri u. a. 1993, 577-588 mit Fig. 3.

<sup>3101</sup> Hauptmann u. a. 2002, 62f. mit Fig. 9; 65.

<sup>3102</sup> Hauptmann u. a. 2002, 62f. – Nach Palmieri u. a. (1993, 597) lässt sich der Arsengehalt von Kupfer nicht über 9 % steigern (beim Zusatz von Realgar), neben anderem, da „the increasing quantity of arsenic minerals also increased slag production“.

<sup>3103</sup> Hauptmann u. a. 2002, 63.

<sup>3104</sup> Hauptmann u. a. 2002, 63.

<sup>3105</sup> Hauptmann u. a. 2002, 60. 54 Table 8; (Erz # 194 könnte ein Beispiel darstellen).

<sup>3106</sup> Hauptmann u. a. 2002, 60.

Schmelzpunktunterschiede können diese getrennt voneinander aus der Charge erschmolzen, bzw. aus Schlacken geborgen werden; anschließend könnten diese Kupfer zulegiert (Vorlegierung) worden sein (vgl. ferner Kap. II.2.4.4.7 und unten)<sup>3107</sup>. Somit könnten unterschiedliche Kupfersorten des Vorderen Orients (As- und As-Ni-Kupfer) durch „Tiegelgänge“ und gezielte Verschmelzung oder Zulegierung von Nickel- und Kupferspeisen zu Kupfer bzw. dessen Erzen zustande gekommen sein<sup>3108</sup>. Wegen des Fehlens von Vorlegierungen (Barren, *Metallfragmente*) schließen Hauptmann und Kollegen diese Variante jedoch aus und veranschlagen besagtes Zumischen von Erzen<sup>3109</sup>. Andererseits bemerken Palmieri und Kollegen, dass Schlacken, die sich aus solchen an As- und Ni-reichen Erzen herleiten lassen, bislang in Arslantepe unbekannt sind. Unter Umständen wären regelhafte Schlacken aber nicht zu erwarten (vgl. dagegen oben die Einschlüsse). Anstelle von Barren würden sich *prills* anbieten. Während Hess jedoch oxidische Erze als Quelle für diese Möglichkeit, Legierungen zu erzeugen, zugrunde legt, bleibt die Erzbasis und genaue Methode ein Problem.

Analysen von fünf Artefakten aus Arslantepe VII zeigen reines Kupfer und Arsenkupfer<sup>3110</sup>: Ein Meißel (Nr. 353) hat dabei Arsen (2,35 %), Nickel (1,29 %), Antimon (0,48 %) und Bismut (0,81 %), ein anderes Artefakt (Nr. 344) weist Bismut (1 %) und ein weiteres Stück (Nr. 354) Eisen (1,14 %), Nickel (0,68 %) und Arsen (0,34 %) auf, was Hinweis auf ein Experimentieren mit polymetallischen arsenhaltigen Erzen wie Fahlerzen sein soll<sup>3111</sup>. Ein Chrysokollerz mit Arsen (7,52 %), Antimon (7,13 %), Eisen (5,53 %), Kupfer (25,6 %) sowie Spuren von Zink, Bismut und Nickel wird genannt.

Analysen von Caneva und Palmieri an Kupferobjekten aus Arslantepe VI A zeigen variierende Arsengehalte (2–6,5 % und mehr)<sup>3112</sup>. Für die Schwerter (3,2-5,8 % As) wird höher mit Arsen legiertes Kupfer als für die Lanzenspitzen (1,3–4,3 %) verwendet<sup>3113</sup>. Die Deutung dieses Befundes bewegt sich zwischen unterschiedlichen Schmelzsritten und zufälligem Ergebnis ob der primitiven und unkontrollierten Verhüttung<sup>3114</sup>. Eine absichtliche Zugabe von Arsen respektive arsenreichem Erz steht zur Disposition, und in diesem Zusammenhang wird ein Erz mit 1,32 % As, 3,58 % Ni und 3,32 % Fe aus Schicht VIA genannt<sup>3115</sup>. Weitere Objekte mit noch höheren Arsengehalten (bis 9,57 %) sind vorhanden. Die Waffen zeigen bei hohen Arsengehalten niedrige Nickelgehalte<sup>3116</sup>. Dies wird als Hinweis auf die Zugabe von Arsen gewertet<sup>3117</sup>, könnte aber auch einen Hinweis auf ein Ausschmelzen nach Schmelzpunktunterschieden, Zementationsprozesse und/oder eine Auswahl der Ausbeute darstellen. Es besteht ausgehend von den Zusammensetzungen von Objekten (ab Periode VIA) ein Verdacht auf die Verhüttung sulfidischer Erze, und der niedrige Eisengehalt in den Kupferartefakten wird als Hinweis auf fortschrittliche Schmelztechniken mit einer Überführung des Eisens in die Schlacken gesehen<sup>3118</sup>. Als eine andere Erklärung für die niedrigen Eisengehalte wird die ausschließliche Verhüttung von carbonatischen und oxidischen Erzen angeführt<sup>3119</sup>. Analog zu

---

<sup>3107</sup> Hess 1998, 105. 114f. 118. 120-122. 129-135.

<sup>3108</sup> Hess 1998, 132.

<sup>3109</sup> Hauptmann u. a. 2002, 60.

<sup>3110</sup> Caneva – Palmieri 1983, 649 Table 1; Im Folgenden weitgehend nach Yener 2000, 52.

<sup>3111</sup> Yener 2000, 52.

<sup>3112</sup> Caneva – Palmieri 1983, 639. 640 Fig. 1. 646-652 Table 1; Im Folgenden weitgehend nach Yener 2000, 53 mit weiterer Literatur.

<sup>3113</sup> Yener 2000, 53.

<sup>3114</sup> Caneva – Palmieri 1983, 639; Yener 2000, 53.

<sup>3115</sup> Yener 2000, 53.

<sup>3116</sup> Caneva – Palmieri 1983, 641.

<sup>3117</sup> Yener 2000, 53.

<sup>3118</sup> Yener 2000, 53.

<sup>3119</sup> Yener 2000, 53.

letzterem läge eine Verhüttung eisenarmer Erzchargen im Rahmen der chalkolithischen Verhüttung. Auch wird das Vorhandensein von Fahlerzen genannt.

Bedingt durch die Grundlagen der chalkolithischen Erzeugung von Legierungen könnte sich Arsen während der Verhüttung bereits bei niedrigen Temperaturen bevorzugt anreichern, und es zu einer deutlichen Verschiebung von As/Ni und As/Sb Verhältnisse kommen. Darüber hinaus zeigen die Cu-As-Legierungen des Fürstengrabs mit As (2,17–3,99 %, im Mittel von 2,91 %) häufig auch niedrige Eisengehalte (im Bereich von etwa 0,00X–0,X %) <sup>3120</sup> die auf niedrige Temperaturen und schwach reduzierende Bedingungen oder das Ausschmelzen von legierten Kupfern/Speisen nach Temperaturunterschieden hinweisen könnten. Die Cu-As-Ni-Legierungen mit je 1–2 % As und Ni (As/Ni~1) könnten bei höheren Temperaturen und reduzierenden Bedingungen aus ihrem Erz ausgeschmolzen worden sein (Fe im Bereich von 0,0X–X %) <sup>3121</sup> bzw. aus unterschiedlichen *prills* bei einem Verhüttungsgang hervorgegangen sein. In gewisser Hinsicht würde sich dieser Befund mit den Überlegungen von Hess decken <sup>3122</sup>. Allerdings könnte prinzipiell mit den oben vorgetragenen Erzfinden, darunter Fahlerze, auch ein Ausschmelzen von Kupfersulfiden nach Hauptmann <sup>3123</sup> und daraus oder damit eine Abscheidung von Metall und Speisen bzw. As-/Sb-Mangellegierungen nach Moesta <sup>3124</sup> aus Sulfidphasen zu hinterfragen sein. Weitere Indizien dafür lassen sich aus der Literatur aber keine gewinnen. Die Bestimmung der Schwefelgehalte von Kupfer könnte eine Lösung des Problems näherbringen. Eine Möglichkeit, um zumindest die unterschiedlichen As/Ni Verhältnisse zwischen Hort und Grab, sowie beiden zusammen gegenüber Erzen und Schlacken zu erklären, könnte in dem von Hess für Arslantepe postulierten Schmelzen von Nickel- und Kupferspeisen als Vorlegierungen nach Schmelzpunktunterschieden <sup>3125</sup> und damit auch in dem unterschiedlichen Schmelz- bzw. Anreicherungsverhalten von As und Ni (Kap.II.3) zu suchen sein. Die Speise müsste Hess folgend <sup>3126</sup> danach mit Kupfer oder Kupfererz verschmolzen werden, oder, im Falle von *prills* bei einer chalkolithischen Verhüttung, nachträglich sortiert und verschmolzen werden. Teile der Metallartefakte von Hort und Grab sowie Kupfer-Silber-Legierungen des Grabes liegen sowohl beim Arsen/Nickel Verhältnis als auch bei der Bleiisotopie eng zusammen <sup>3127</sup>. Die Cu-As-Legierungen des Hortes setzen sich noch einmal ab (2,57-4,93[6,08] %, durchschnittlich 3,88[4,16] % As <sup>3128</sup>, Fe im Bereich von 0,00X-0,0X %) <sup>3129</sup>. Die Cu-As Metalle zeigen isotopisch ein Bild, das für die Funde aus dem *Royal Tomb* und dem Hort unterschiedliche Erze nahelegt, und das Schwert TR-8/28 aus dem Hort (As 4,31 %, Fe ca. 0,012 %) liegt isotopisch weit abseits <sup>3130</sup>. Eine Korrelation hoher Arsengehalte und niedriger Eisengehalte lässt sich ablesen (vgl. Hort und Fürstengrab). Eine fast identische bleiisotopische Zusammensetzung zeigen je eine Cu-As-Legierung (ARSL 12; As 3 %, Fe ca. 0,2 %) und eine Cu-As-Ni-Legierung (ARSL 19; As 2,25, Ni 1,98 %, Fe ca. 0,8 %) <sup>3131</sup>. Eine Herkunft aus einem ähnlichen Erz ist nicht ausgeschlossen, und die Legierungen könnten am Fe-Gehalt zeigen, dass arsenreiche Kupfer bei

<sup>3120</sup> Vgl. Hauptmann u. a. 2002, 51 Table 7.

<sup>3121</sup> Vgl. Hauptmann u. a. 2002, 51 Table 7; 65.

<sup>3122</sup> Hess 1998, 132f.

<sup>3123</sup> Vgl. Hauptmann 2003a; Hauptmann 2007a; Hauptmann 2007b.

<sup>3124</sup> Moesta 2004.

<sup>3125</sup> Hess 1998, 132f.

<sup>3126</sup> Hess 1998, 132f.

<sup>3127</sup> Siehe Hauptmann u. a. 2002, 49 Table 6; 50 Fig. 4; 52f. 57.65.

<sup>3128</sup> Hauptmann u. a. 2002, 47. 49 Table 5. 65. Die Angabe des As-Gehaltes von 2,57-4,93 % (Hauptmann u. a. 2002, 47) erfolgt ohne ein Stück mit 6,08 % As (vgl. Mittelwert) (Hauptmann u. a. 2002, 65). Die Angabe der Werte in *Table 5* ist unklar (vgl. Abbildungstext), für das Stück mit dem As-Gehalt von 6,08 % wird Au mit 11,9 % bzw. µg/g (?) angegeben. Der Durchschnitt von As wird mit 3,88 % angegeben.

<sup>3129</sup> Hauptmann u. a. 2002, 50 Fig. 4; Vgl. Hauptmann u. a. 2002, 52f.

<sup>3130</sup> Hauptmann u. a. 2002, 49 Table 5; 50 Fig. 4.

<sup>3131</sup> Hauptmann u. a. 2002, 49. 50 Fig. 3-4; 51 Table 7.



anderen Bedingungen als As-Ni-reiche Kupfer ausgeschmolzen worden sein könnten (vgl. oben zu Schmelzpunktunterschieden nach Hess 1998, und s. u.). Die Cu-As-Ni-Legierungen des Fürstengrabs mit As (0,54–3,25 %, durchschnittlich 1,73 %) und Ni (0,75–2,91 %, durchschnittlich 1,68%) zeigen hohe Fe-Gehalte (0,005–1,28 %, durchschnittlich um 0,33 %) <sup>3132</sup>. Ein Stück aus einer Cu-As-Sb-Fe-Legierung (ARSL 58; As 8,66 %, Ni 0,17 %, Sb ca. 2,7 %, Fe ca. 4,6 %) lässt sich in seiner chemischen Zusammensetzung mit Erzen aus Periode VII vergleichen <sup>3133</sup>. Die Isotopie von ARSL 58 wurde jedoch nicht bestimmt <sup>3134</sup>. Der extrem hohe Gehalt an Fe könnte für einen Prozess sprechen, bei dem Schlacken auftraten. Die Elemente könnten sich unter diesen Bedingungen am wenigsten verschoben haben und so für die Vergleichbarkeit mit Erzen verantwortlich sein! *Summa summarum* lässt sich eine Korrelation von hohen Arsengehalten und niedrigen Eisengehalten erkennen. Anders ist die Situation bei Cu-As-Ni-Legierungen: die Eisengehalte liegen höher als bei den Cu-As-Legierungen. Ein Ausschmelzen verschiedener Kupfersorten in Tiegelgängen oder die Erzeugung unterschiedlich legierter *prills* bei einem Verhüttungsgang deutet sich an, wobei Temperaturunterschiede eine Rolle spielen könnten (vgl. aber auch Speisen aus Sulfidphasen). Dem steht zunächst jedoch für Arslantepe bis auf wenige Ausnahmen (etwa ARSL 12 und 19) der Befund der Bleiisotopie entgegen. Eine Auswahl ähnlicher Erze einer Lagerstätte(nregion) nach Gesichtspunkten der Anreicherung von Nebenelementen, hier möglicherweise Erze der Ophiolithe aus dem Eisernen Hut <sup>3135</sup>, könnte aber eine Selektion isotopisch verschobener Erze zur Folge haben <sup>3136</sup>. Eine Verhüttung nach den Prinzipien der chalkolithischen Erzeugung von Legierungen bzw. nach Tiegelgängen wird durch die Arsen- und Eisengehalte nahegelegt. Für die Cu-As-Legierungen im Bereich Anatoliens könnten also Erze, die hinsichtlich der Isotopie und der chemischen Zusammensetzung übereinstimmen, trotz der für unmöglich erachteten Elementverhältnisse als Rohstoff in Betracht kommen. Eine ganze Reihe unterschiedlicher Erze liegt isotopisch im Bereich der Cu-As-Ni-Legierungen (Taf. 31, 1).

Jedoch könnte durch die Wirkweise der chalkolithischen Verhüttung noch ein anderer Effekt zum Tragen kommen, der die Bleiisotopie berührt. Dabei ist eine Beobachtung bei gediegen Kupfer interessant: In gediegen Kupfer können metallische Einschlüsse von Silber ihrerseits Kupfer und Uran inkorporieren <sup>3137</sup>. Dies könnte möglicherweise auf Erze übertragbar sein. Denn schon in einem Erz können sich die Elemente unterschiedlich verteilen. Zudem kann etwa Blei sich gegebenenfalls im Eisernen Hut stark anreichern <sup>3138</sup>. Wie sich dabei Silber, Uran und Thorium im Bezug zum Blei verhalten, wäre weiter zu verfolgen. Gerade Erze des Eisernen Hutes sollen in der Urgeschichte ausgebeutet worden sein, heute aber nicht mehr zur Verfügung stehen. Unterschiede in der Urankonzentration an verschiedenen Stellen von Vorkommen bzw. in Erzen können zu einem lokal oder punktuell veränderten Bleiisotopenverhältnis führen <sup>3139</sup>. Insbesondere bei niedrigen Bleigehalten und vergleichsweise hohen Urangehalten haben die *in situ* Zerfallsprodukte des Urans größere Wirkungen auf die Bleiisotopenverhältnisse und führen zu einer jüngeren

---

<sup>3132</sup> Hauptmann u. a. 2002, 51 Table 7.

<sup>3133</sup> Hauptmann u. a. 2002, 52.

<sup>3134</sup> Hauptmann u. a. 2002, 52.

<sup>3135</sup> Eine Auswahl arsen- und nickelreicher Erze aus dem Bereich des Eisernen Hutes wird als möglich erachtet. Dort können sich Arsen, Nickel und auch manchmal Blei bis zu einem Faktor von 100 angereichert sein (mit weiterer Literatur Hauptmann u. a. 2002, 60. 65).

<sup>3136</sup> Hauptmann u. a. 2002, 60f.; Vgl. dagegen Hauptmann u. a. 2002, 65.

<sup>3137</sup> Lloyd Weeks (Weeks 2003, 341).

<sup>3138</sup> Hauptmann u. a. 2002, 60 mit weiterer Literatur.

<sup>3139</sup> Stark verschobene Isotopenverhältnisse bei Erzen aus Talmessi gehen beispielsweise auf partienweise unterschiedliche Anteile von Uranverbindungen zurück (Zwicker 1989, 193). Für Talmessi und Meskani wird angeführt, dass diese Lagerstätten Uran, aber wenig Thorium enthalten (Tadmor u. a. 1995, 142). Ein Beispiel für eine abweichende Bleiisotopie aufgrund von Uran bei Erzen siehe Begemann u. a. 1989, 273f.

Bleiisotopenzusammensetzung. Werden bestimmte Erzpartien oder Mineralgemenge für die Verhüttung ausgewählt, so spiegelt das Bleiisotopenverhältnis im ausgebrachten Metall die lokalen Verhältnisse wider<sup>3140</sup>. Dies führt dann zur Verschiebung der Bleiisotopie im Vergleich zum Durchschnitt des Erzes bzw. der Lagerstätte. Bei Erzen mit partienweise unterschiedlichen Mineralgemengen und Urankonzentrationen (bzw. radiogenem Blei aus dem Zerfall), könnten so Vorgänge, die zur Entstehung von (legiertem) Kupfer durch Sulfid- und Speisephase oder durch Schmelzpunktunterschiede beitragen, eine verschobene Bleiisotopie im Produkt zur Folge haben. Die Gültigkeit bleiisotopischer Untersuchungen wäre dann eingeschränkt. Fehlermetalle könnten etwa bei steigenden Silbergehalten hin zu Kupfersilberlegierungen bzw. bei sinkenden Silbergehalten hin zu Arsen-/Antimonmangellegierungen besonders betroffen sein (vgl. Taf. 31, 1). Insbesondere bei einer Verhüttung, in der gewonnenes Kupfer als *prills* vorliegt, könnten zunächst Effekte zu erwarten sein, die auf punktuell unterschiedliche Uragehalte im Erz zurückzuführen sind. Auch wegen der geringen Größen der Verhüttungschargen in der frühen Metallurgie ist mit ähnlichen Einflüssen zu rechnen. Auf das Kupfer würden sich diese Verschiebungseffekte im Falle eines Auslesens von *prills* nach Legierungsgraden und eines gezielten Verschmelzens zu unterschiedlich legierten Kupfern übertragen. Weitere Überlegungen bleiben Spezialisten vorbehalten und müssen vor dem Hintergrund der Aussage überprüft werden, dass Elemente wie Cr, Zn, U, Th und Hg aufgrund ihrer Volatilität abgeführt oder in Schlacke angereichert werden<sup>3141</sup>. Der Schmelzpunkt von Uran liegt bei 1133 °C, sein Siedepunkt bei 3930 °C und der Schmelz- bzw. Siedepunkt von Thorium liegt noch höher bei 1755 °C bzw. 4788 °C. Besonders auch der Unterschied zum Schmelzpunkt des Bleis (327 °C) könnte zum Tragen kommen. Inwieweit dies auf Verbindungen dieser Elemente zu übertragen ist, bleibt weiter zu hinterfragen.

Die bleiisotopische Zusammensetzung von Cu-As-Ni-Legierungen in Hassek Höyük<sup>3142</sup> entspricht jener des Fürstengrabes von Arslantepe. In ihrer bleiisotopischen Zusammensetzung sind diese Legierungen über mehrere Jahrhunderte sehr ähnlich<sup>3143</sup>. Eine Herleitung nickelreicher Legierungen bzw. eines ihrer Legierungsbestandteile im Spätchalkolithikum (LC) und in der Frühbronzezeit (EBA) aus einer Lagerstätte im Bereich Ostanatoliens wird nahegelegt<sup>3144</sup>. Während die Cu-As-Ni-Legierungen des Fürstengrabes von Arslantepe Arsen um 1–2 % bei einem As/Ni Verhältnis um eins haben, und Cu-As-Legierungen Arsen im Prozentbereich mit hundertfach höheren As/Ni Verhältnissen tragen, sind im zeitgleichen Hassek Höyük die Übergänge zwischen den Legierungen Hauptmann und Kollegen zufolge fließend<sup>3145</sup>. Dieser Befund wird dahingehend gedeutet, dass in Arslantepe oder den Produktionsorten seiner Kupfer die Herstellung derart getrennt war, dass keine Vermischung stattfinden konnte, und ein Import der Metallfunde des Fürstengrabes als Fertigobjekte nahezu liegen sei<sup>3146</sup>. Indes korrelieren in Hassek Höyük hohe Arsen- und Nickelgehalte<sup>3147</sup>.

Hess<sup>3148</sup> fasst zusammen, dass bei chalkolithischen und frühbronzezeitlichen Funde von Arslantepe und Hassek Höyük reines Kupfer, arsenhaltiges Kupfer (ca. 1–4 Gew.% As) und arsen-nickelhaltiges Kupfer

---

<sup>3140</sup> Als mögliches Beispiel wird Keulenkopf 25 aus Naḥal Mišmar genannt, dessen ungewöhnliche Bleiisotopie durch Erze mit Uran und wenig Thorium erklärt wird (Tadmor u. a. 1995, 142). Dieser hat im Vergleich zu einer Reihe untersuchter Objekte einen besonders hohen Nickelgehalt (vgl. Tadmor u. a. 1995, 134 Table 2).

<sup>3141</sup> Pernicka u. a. 1993, 33.

<sup>3142</sup> Kurz zum Hassek Höyük und der Fundkontexte der Funde siehe Yener 2000, 63f.

<sup>3143</sup> Hauptmann u. a. 2002, 61. 63 Fig. 8 (mit Abbildungsunterschrift).

<sup>3144</sup> Hauptmann u. a. 2002, 63 Fig. 8 (mit Abbildungsunterschrift).

<sup>3145</sup> Nach Hauptmann u. a. 2002, 65f. mit Fig. 10. – Vgl. unten in der Tabelle die Parallelisierung der Metallartefakte und Yener, die FBZ I/II Metallfunde des Gräberfeldes von Hassek Höyük mit Arslantepe VIA typologisch vergleicht (Yener 2000, 63).

<sup>3146</sup> Hauptmann u. a. 2002, 65f.

<sup>3147</sup> Schmitt-Strecker u. a. 1992, 110f. mit Abb. 3.

<sup>3148</sup> Im Folgenden nach Hess 1998, 13 mit weiterer Literatur.

auftritt (ca. 1–4 Gew.% As und bis max. 9 Gew.% Ni). Die Objekte von Hassek Höyük wurden weiter anhand ihrer chemischen und bleiisotopischen Zusammensetzung in vier Materialgruppen eingeteilt. Übereinstimmungen mit Metallen anderer Fundorte (Norşuntepe und Fundorte in Mesopotamien) sind gegeben, und die Lagerstätte Ergani Maden als Herkunftsregion ist möglich; *der hohe Selen-Gehalt jedenfalls spreche für einen Einsatz sulfidischer Erze*<sup>3149</sup>. Letztere Feststellung von Hess wird wohl nur auf Hassek Höyük bezogen – stellt aber trotzdem ein Problem dar:

Während Hess nun eine Erzeugung von Nickel- und Kupferspeise nach Schmelzpunktunterschieden<sup>3150</sup> auf Basis wohl überwiegend oxidischer Erze<sup>3151</sup> für den Arslantepe diskutiert, ist die genaue Erzbasis für Arslantepe Perioden VII und VIA ein Problem. Hess arbeitet für diese Zeitstellung eine Verhüttung von Erzen der Oxidationszone heraus, die als sulfidisches Derberz bereits reich an Cu, As, Ni, Pb und ferner Ag waren<sup>3152</sup>, bzw. er legt einen Wandel von der Nutzung oxidisch-carbonatischer Erze zu gemischt oxidisch-carbonatisch und sulfidischen Erzen vom Chalkolithikum zur Frühbronzezeit (vgl. u.) zu Grunde<sup>3153</sup>. Dabei sieht er einen Zusammenhang zwischen den Arsen- und Nickelgehalten und der Verwendung von bleihaltigen Erzen; mit letzteren lassen sich leicht schmelzende und unempfindliche Schlacken erzeugen<sup>3154</sup>. Aus den Zusammenstellungen der Erze aus archäologischen Kontexten Arslantepe Perioden VII und VIA geht hervor, dass sulfidische Relikte wie auch Reste von Fahlerzen vorkommen<sup>3155</sup>. Fahlerze sind häufig mit Bleierzen verbunden (s. o.)<sup>3156</sup>. Schlacken aus Periode VII und VIA zeigen teils erhöhte PbO-Werte (bis 24,8 %) <sup>3157</sup>, die von Bleiglanz herrühren könnten oder nach Zugabe eine Schmelzbildung<sup>3158</sup> verbessern sollten. In den Erzen konnten, so sie gemessen wurden, meist niedrige Schwefelgehalte nachgewiesen werden<sup>3159</sup>. Besonders interessant ist der Nachweis von Schwefel in Metall- bzw. Speisefunden. Dieser ist in Zwickeln an den Korngrenzen von Arsen-Nickel- „Rohmetall“ belegt<sup>3160</sup>. Auch als Rohmetall bezeichnetes As-Ag-Kupfer mit Schlacke in der Kruste aus Periode VIA liegt vor<sup>3161</sup>. Außer Erzen sind nur (vergleichsweise zu Periode VI B) wenige Schlacken und Überreste der Kupferextraktion bzw. -verarbeitung wie Tiegel aus Perioden VII und VIA belegt<sup>3162</sup>. Auffallend bei den Schlacken sind hohe Magnetitanteile, ihr heterogener Aufbau und zahlreiche Einschlüsse von Speise und Erzrelikten<sup>3163</sup>. Höher schmelzende Nickelspeise überwiegt dabei wohl

---

<sup>3149</sup> Hess 1998, 13: „Die Verwendung von Kupfererzen aus der Lagerstätte Ergani Maden ist wahrscheinlich, jedoch nicht erwiesen; der hohe Selen-Gehalt spricht jedenfalls für einen Einsatz sulfidischer Erze (SCHMITT-STRECKER et al., 1992)“.

<sup>3150</sup> Hess 1998, bes. 131.

<sup>3151</sup> Hess 1998, 124f. 128.

<sup>3152</sup> Hess 1998, 55f. 57 Tabelle V; 58. 60-62 mit Abb. 23; 93f. 104. 124f. 159-161 Tabelle 4.

<sup>3153</sup> Hess 1998, 94. – Hess geht zunächst aufgrund allgemeiner Überlegungen zur frühen extraktiven Metallurgie von einer oxidisch-carbonatischen Erzbasis aus. Frühbronzezeitlichen (VI B) Erzfunde zeigen aber auch sulfidische Mineralien (Hess 1998, 93f.). Pauschal werden Kupfersteintropfen mit unterschiedlichen Kupfergehalten für Schlacken erwähnt (Hess 1998, 94). Ein Wechsel in der Rohstoffbasis von oxidisch-carbonatischen Erzen zu oxidisch-carbonatischen und sulfidischen Erzen zur Frühbronzezeit soll erfolgt sein (Hess 1998, 94). Kupfersteine aus Bruchstücken auf der Cu-reicheren Seite, solche aus Schlackenküchlein auf der Fe-reicheren Seite (Hess 1998, 82 Abb. 40). Genauer im Folgenden.

<sup>3154</sup> Hess 1998, 118f. 125.

<sup>3155</sup> Hess 1998, 125. 151-156 Tabelle 1.

<sup>3156</sup> Bachmann 2003, 26f.

<sup>3157</sup> Hess 1998, 115f. 183 Tabelle 21.

<sup>3158</sup> (Vgl.) Hess 1998, 115f.

<sup>3159</sup> Hess 1998, 31. 159-161 Tabelle 4. Analysen in Rom wurden nur auf ihren Metallgehalt hin bestimmt.

<sup>3160</sup> Hess 1998, 116f. 184 Tabelle 22.

<sup>3161</sup> Hess 1998, 151 Tabelle 1; 184 Tabelle 22.

<sup>3162</sup> Hess 1998, 26. 104.

<sup>3163</sup> Siehe etwa Hess 1998, 104-106. 108. 151-156 Tabelle 1; 181 Tabelle 29; 184 Tabelle 22.

mengenmäßig gegenüber Kupferspeise<sup>3164</sup>. Das Überwiegen der höherschmelzenden Nickelspeise könnte sich durch ein Zurückbleiben in den Schlacken beim Ausschmelzen erklären (und muss somit nicht unbedingt als ein gezieltes Schmelzen auf Nickelspeise zur späteren Legierung<sup>3165</sup> gesehen werden). In gewisser Weise passen dazu die oben gemachten Beobachtungen zu den erhöhten Eisengehalten bei As-Ni-Kupfern. Somit sind gute Anhaltspunkte auf eine Ausnutzung von Schmelzpunktunterschieden gegeben. Worauf die Legierungsbildung letztlich beruht, kann verschiedene Ursachen haben und bleibt offen. Die Mineralzusammensetzung im Erz könnte einen Anhaltspunkt dafür geben, ob sich zuerst As-Cu-reiche Partien verflüssigen haben könnten, oder alternativ bis ergänzend dazu auch Zementationsprozesse verantwortlich zu machen sein könnten. Unklar bleibt bei den wenigen Indizien die Möglichkeit, dass die Speisen sich aus Sulfidschmelzen abgeschieden haben könnten.

Für Arslantepe VI B2 lässt sich nur eine Verhüttung zu eher reinem Kupfer<sup>3166</sup> beobachten, und die Erzbasis wird als gemischt sulfidisch und oxidisch-carbonatisch beschrieben. Vieles deutet darauf hin, dass sich zunächst ein niedrigschmelzender Stein absetzte – mutmaßlich aus heterogenen Schlackenküchlein ohne Fließstrukturen, die eher reduzierende Bedingungen anzeigen – und dann eine Weiterbehandlung durch Rösten von Erz und Stein (bzw. Teilen der Charge) erfolgte, die zur Entschwefelung der kupferreichen Steinphase und Bildung von Metall führte – ablesbar an meist zerbrochenen Schlackenfragmenten, die anhand ihres Magnetitanteiles oxidierende Bedingungen anzeigen. U. a. werden *co-smelting* Reaktionen für die Bildung von Metall verantwortlich gesehen.

#### **IV.2.3. Änderungen in der Verhüttungstechnik zur Frühbronzezeit: Zulegierung von Arsen z. B. als eisenhaltige Speise oder Arsenerz**

Thornton und Kollegen konstatieren im Zusammenhang mit der Zulegierung von Speise, unter Bezug auf Palmieri u. a. (1999) und Hauptmann und Palmieri (2000), dass für Arslantepe VI B2 (2900–2750 v. Chr.) (bzw. VI B nach Yener) die Schlacken auf die Produktion von reinem Kupfer hinweisen, während Kupferartefakte gleichzeitig 1–6 Gew.% Arsen und meist niedrige Eisengehalte enthalten<sup>3167</sup>. Yener erschließt für Arslantepe VI B2 einen kulturellen wie metallurgischen Wandel<sup>3168</sup>: Architektur und Charakter des Fundortes änderten sich ebenso wie Organisation und Umfang der metallurgischen Produktion. Die Verwendung von Erzen mit Eisen und Kupfer, reinen Sulfiden und Oxiden von Kupfer und Eisen wie Chalkopyrit/Pyrit mit geringen As-, Sb- und Ni-Gehalten und Cuprit/Malachit/Eisenoxiden/Jarositen wird genannt, und die Schlacken enthalten Cu/Fe-Matte. Nach Palmieri u. a. enthält das Kupfer zwar As, Ni und Sb, zeigt aber die niedrigsten Gehalte in der gesamten Abfolge von Arslantepe<sup>3169</sup>. Metallhaltige Tropfen von Tiegelfragmenten aus Periode VI B2 enthalten 20–36 % Cu und um 5 % Fe<sup>3170</sup>. Relativ reine Oxide, teils aber auch Sulfide sollen verhüttet worden sein; der Umstand, dass die Kupferobjekte weiterhin legiert sind, wird durch eine Zulegierung von As- und Ni-reichen Legierungen oder die Zugabe von Arsenerzen erklärt<sup>3171</sup>. Die weitere Entwicklung in Arslantepe lässt sich aufgrund der Probenmenge nicht sicher nachverfolgen, doch zeigen Analysen von unter *Verschiedenes* geführten Metallobjekten bei Hauptmann u. a. (2002), dass Metallobjekte ab

---

<sup>3164</sup> Hess 1998, bes. 108.

<sup>3165</sup> Hess 1998, 129f.

<sup>3166</sup> Im Folgenden Hess 1998, bes. 64-104.

<sup>3167</sup> Thornton u. a. 2009, 313; S. auch Yener 2000, 55.

<sup>3168</sup> Yener 2000, 54f. (dort ausführlicher mit Zitaten).

<sup>3169</sup> Palmieri u. a. 1999, 147. – Die Art der Auftragung der Elementkonzentrationen erschwert Aussagen dazu (vgl. Palmieri u. a. 1999; Hauptmann – Palmieri 2000).

<sup>3170</sup> Yener 2000, 55.

<sup>3171</sup> Yener 2000, 55.

Periode VI B2 sowohl niedrige As- und Fe-Gehalte als auch erhöhte Werte an Nebenelementen und Eisen (ein Objekt aus Periode VI C: As 2,61 %, Sb 0,12 %, Ni 0,87 %, Fe 0,61 %) aufweisen können<sup>3172</sup>. Dies könnte einen Hinweis auf gereinigtes Kupfer und die Zulegierung von eisen- und arsenhaltiger Speise darstellen oder aber auf die Nutzung von verunreinigtem Kupfer, das ob seiner As- und Sb-Gehalte nicht geläutert wurde. Andere Autoren nennen die Zugabe von arsenhaltigen Erzen, wie sie vor Ort gefunden wurden, als Möglichkeit der Legierung<sup>3173</sup>. Nach Caneva und Giardino sind die Eisengehalte von Periode VI B (0,22–1,46 %) signifikant höher als die vorangehenden Perioden (0,01–0,07 %, mit einem Peak bei 0,03–0,04 %) und Hinweis auf die Nutzung sulfidischer Erze bei höheren Temperaturen und stärker reduzierenden Bedingungen<sup>3174</sup>. Die Zusammensetzungen der Objekte vom Hassek Höyük (s. u. Tabellen) sprechen dafür, dass das Kupfer direkt so verwendet wurde, wie es möglicherweise aus der Verhüttung kam. Lediglich einige Objekte (etwa HDM 1173, 1179, 1181, 1183, 1184) scheinen geläutert worden zu sein. Ein Keulenkopf (HDM 1152), der hinsichtlich seiner Gehalte an As (4,9 %), Ni (2,57 %) und seines extrem erhöhten Eisengehaltes (3 %) aus dem Rahmen fällt, könnte ein Hinweis auf eine absichtliche Legierung mit Eisenarseniden/Speise darstellen<sup>3175</sup>.

Zusammenfassend deuten die Indizien für das Chalkolithikum auf eine Herstellung von Arsenkupfer in einem System, in dem das Arsen über das Erz in das Kupfer gelangte<sup>3176</sup>, und in dem Eisen nicht zum Tragen kam. In der Frühbronzezeit könnte sich dies zumindest teilweise fortgesetzt haben. Verschiedene Erze wurden verwendet, was sich in unterschiedlichen Schlacken mit unterschiedlichen Einschlüssen (Kupfereisensulfide, silberhaltiges Blei, Nickelarsenide) widerspiegelt<sup>3177</sup>. Speisen könnten von Bedeutung gewesen sein. Craddock stellt das verstärkte Aufkommen von Schlacken in Arslantepe am Übergang zur Frühbronzezeit (beginnendes 3. Jt. v. Chr.) fest<sup>3178</sup>. Ab VI B2 soll Chalkopyrit verhüttet worden sein, und in den Schlacken eingeschlossene Kupfertropfen sind rein<sup>3179</sup>, das Kupfer der Objekte ist niedrig legiert und teilweise gereinigt. Arsen könnte in einzelnen Fällen zugesetzt worden sein, evtl. durch Speise, was einen erhöhten Eisengehalt mit sich bringen könnte. Es sind reine Kupfer, Arsenkupfer und AsNi-Kupfer vertreten, teils mit geringen Bleigehalten<sup>3180</sup>. Hauptmann und Palmieri beschreiben Erz und Kupfer der Frühbronzezeit II/III und der Mittelbronzezeit (Arslantepe VI C, VI D, V A) als polymetallisch (mit Gehalten an As, Sb, Pb, Ni). In Anatolien – neben Arslantepe auch an weiteren Fundorten wie Horoztepe, Norşuntepe – soll im späten 4. und frühen 3. Jt. v. Chr. ein Wechsel von der Produktion verunreinigten Kupfers hin zu recht reinem Kupfer erfolgen<sup>3181</sup>. Die Fertigobjekte enthalten weiterhin Arsen, Nickel und Antimon. Die Hinweise auf Nickel- und Arsen-Speise in Schlacken von Arslantepe sehen Thornton und Kollegen vor diesem Hintergrund als Hinweis auf die Zulegierung und die Teilhabe an *shared technological practice* mit dem Gebiet des Iran<sup>3182</sup>.

---

<sup>3172</sup> Hauptmann u. a. 2002, 54 Table 8; Vgl. auch Caneva – Palmieri 1983 zur Menge der Analysen nach Periode VIB.

<sup>3173</sup> Dazu ausführlicher und mit weiterer Literatur Yener 2000, 55f.

<sup>3174</sup> Caneva – Giardino 1996, 452f. mit Abb.

<sup>3175</sup> Schmitt-Strecker u. a. 1992, 109f. Tabelle 1; 112-114 Tabelle 2.

<sup>3176</sup> Schmitt-Strecker u. a. 1992, 110.

<sup>3177</sup> Craddock 2000, 160.

<sup>3178</sup> Craddock 2000, 160.

<sup>3179</sup> Hauptmann – Palmieri 2000, 76.

<sup>3180</sup> Vgl. Hess 1998, 13f.; Schmitt-Strecker 1992.

<sup>3181</sup> Thornton u. a. 2009, 315.

<sup>3182</sup> Thornton u. a. 2009, 315.

Zusammensetzung ausgewählter Objekte aus verschiedenen Perioden von Arslantepe in Gew.%. Auswahlkriterien waren hohe As-Gehalte und eine Summe der analysierten Elemente von etwa 100% (Analysegenauigkeit, Erhaltung, etc; vgl. Hauptmann u. a. 2002, 54 Table 8 TR-8/209 Cu nur 31 %). Hauptmann u. a. 2002, 54 Table 8.

Nr.	Periode	Pb	As	Sb	Ni	Fe
TR-8/206	VII	0,48	1,07	0,26	1,1	0,007
TR-8/116	VI A	n.d.	2,65	0,023	4,0	<0,02
TR-8/210	VI B1	?	2,87	0,07	1,0	0,08
TR-8/208	VI B2	0,023	0,003	0,024	0,047	n.d.
TR-8/207	VI C	0,069	2,61	0,116	0,87	0,61

Synchronisation der Perioden des Arslantepe und Hassek Höyük nach Behm-Blancke 1992, 17 und der Periodenzuweisung der Metallartefakte des Hassek Höyük bei Schmitt-Strecker u. a. 1992, 112-114 Tabelle 2.

Arslantepe Periode	Hassek Höyük Periodenzuweisung der Metallartefakte
VII	
VI A	Späte Urukzeit
VI B1	FBZ IA
VI B2	FBZ IB
? Terminal VI B/VIC	FBZ II

Elementgehalte von Kupferobjekten vom Hassek Höyük mit Arsen >2% sowie aller analysierten Späturukobjekte. Angabe soweit nicht anders gekennzeichnet in % Prozent. „<“ Obergrenze, der tatsächliche Wert liegt darunter. „n.b.“ nicht bestimmt (Schmitt-Strecker u. a. 1992, 109f. Tabelle 1; 112-114 Tabelle 2). Angabe der Zeitstellung nach Schmitt-Strecker u. a. 1992, 112-114 Tabelle 2; vgl. Behm-Blancke 1992, 17.

Nr.	Periode	Pb	As	Ni	Fe	Sn	Sb (ppm)
HDM 1148	Späturuk	0,102	1,15	1,07	<0,030	<0,005	163
HDM 1150	Späturuk	0,031	1,43	0,093	0,70	<0,008	390
HDM 1167	Späturuk	0,0029	0,87	0,40	<0,060	<0,008	240
HDM 1163	FBZ I	0,0164	2,20	0,66	<0,170	<0,030	2700
HDM 1166	FBZ I	0,037	2,53	2,07	0,48	<0,010	930
HDM 1168	FBZ I	0,0174	2,44	0,52	0,35	<0,025	940

HDM 1182	FBZ I	0,0300	3,4	0,165	1,28	<0,016	610
HDM 1193	FBZ I	0,0055	2,45	0,60	0,47	<0,031	720
HDM 1200	FBZ I	0,0055	2,00	0,46	0,41	<0,015	540
HDM 1215	FBZ I	0,0175	2,40	0,98	0,79	<0,035	1600
HDM 1202	FBZ I	0,0041	3,2	2,46	0,41	<0,017	890
HDM 1174	FBZ I	0,36	2,11	2,24	<0,010	<0,008	180
HDM 1177	FBZ I	<0,0018	2,08	1,66	0,43	<0,020	209
HDM 1178	FBZ I	0,0274	2,61	1,97	0,42	0,095	1330
HDM 1152	FBZ I/II	0,082	4,9	2,57	3,000	0,082	460
HDM 1154	FBZ I/II	0,048	2,03	0,054	0,75	<0,050	760
HDM 1159	FBZ I/II	0,0210	2,06	0,181	0,75	<0,020	650
HDM 1169	FBZ II	0,41	2,00	0,39	1,71	1,68	2940
HDM 1346	FBZ III	n.b.	4,7	0,005	0,047	<0,002	10,2 (?)

**Elementgehalte von Kupferobjekten vom Hassek Höyük nach Perioden. „<“ Obergrenze, der tatsächliche Wert liegt darunter. „n.b.“ nicht bestimmt (Schmitt-Strecker u. a. 1992, 109f. Tabelle 1; 112-114 Tabelle 2). Angabe der Zeitstellung nach Schmitt-Strecker u. a. 1992, 112-114 Tabelle 2; vgl. Behm-Blancke 1992, 17.**

Nr.	Periode	Pb	As	Ni	Fe	Sn	Sb (ppm)
HDM 1145	FBZ I	<0,0008	0,85	0,98	0,65	<0,008	480
HDM 1146	FBZ I	<0,012	1,99	0,63	0,52	<0,012	1040
HDM 1147	FBZ I	<0,0003	0,92	0,32	0,150	<0,010	680
HDM 1149	FBZ I	<0,0003	<0,0006	0,010	0,118	<0,003	1,7
HDM 1151	FBZ I	0,0013	0,96	0,43	0,43	<0,020	1410
HDM 1160	FBZ I	0,0066	1,83	3,3	0,120	<0,012	1520
HDM 1161	FBZ I	0,038	1,32	0,120	0,59	0,162	1120
HDM1162	FBZ I	0,0125	0,45	0,013	<0,160	<0,025	870

HDM 1164	FBZ I	0,0007	0,0025	0,052	<0,050	<0,004	8,2
HDM 1165	FBZ I	0,095	0,34	0,76	<0,040	<0,006	77
HDM 1170	FBZ I	0,0121	0,61	0,297	<0,080	0,69	161
HDM 1171	FBZ I	0,0183	1,18	0,277	0,61	<0,020	219
HDM 1173	FBZ I	0,0024	0,53	1,09	<0,060	<0,006	17,6
HDM 1179	FBZ I	<0,0010	1,07	1,32	<0,050	<0,008	233
HDM 1180	FBZ I	0,0032	1,14	0,037	1,24	<0,015	320
HDM 1181	FBZ I	0,049	0,0136	0,019	<0,100	<0,015	165
HDM 1183	FBZ I	0,104	1,21	0,118	0,067	0,104	490
HDM 1184	FBZ I	<0,0005	0,072	0,019	0,159	<0,005	9,1
HDM 1185	FBZ I	0,054	1,98	0,096	1,32	<0,030	360
HDM 1186	FBZ I	<0,0008	1,55	1,40	<0,150	<0,016	62
HDM 1212	FBZ I	0,0079	0,40	0,022	0,36	<0,010	161
HDM 1213	FBZ I	0,0148	1,86	0,33	<0,190	<0,036	1460
HDM 1187	FBZ I	<0,0008	1,07	1,18	<0,080	<0,013	203
HDM 1188	FBZ I	<0,0040	0,86	0,63	<0,200	<0,017	50
HDM 1189	FBZ I	<0,0040	1,95	0,37	1,17	<0,016	490
HDM 1190	FBZ I	0,0033	1,52	0,017	0,243	<0,008	280
HDM 1191	FBZ I	0,0220	1,17	0,028	1,03	<0,011	151
HDM 1192	FBZ I	0,0014	0,78	0,017	1,12	<0,012	222
HDM 1194	FBZ I	0,0127	1,09	1,28	<0,120	<0,020	480
HDM 1195	FBZ I	0,0149	1,96	0,133	<0,090	<0,020	740
HDM 1196	FBZ I	0,0040	1,28	0,006	1,26	<0,014	370
HDM 1216	FBZ I	27,5	0,79	0,063	<0,050	<0,010	490
HDM 1197	FBZ I	<0,0006	1,16	0,017	0,63	<0,005	6,0



HDM 1198	FBZ I	<0,001	1,30	1,02	0,82	<0,010	221
HDM 1204	FBZ I	0,0074	0,56	0,100	0,44	<0,09	122
HDM 1205	FBZ I	0,0026	0,72	0,269	0,91	<0,006	84
HDM 1199	FBZ I	0,0014	1,56	0,003	<0,050	<0,007	340
HDM 1214	FBZ I	0,033	1,80	0,117	0,80	0,75	1210
HDM 1206	FBZ I	0,068	1,84	1,27	<0,210	<0,033	1960
HDM 1207	FBZ I	<0,0006	1,62	1,96	0,232	<0,014	144
HDM 1208	FBZ I	0,0024	1,17	0,32	<0,150	<0,030	1210
HDM 1209	FBZ I	0,0026	1,22	1,46	<0,080	<0,016	255
HDM 1210	FBZ I	<0,0010	0,56	0,251	0,47	<0,015	130
HDM 1211	FBZ I	0,0165	1,84	1,02	<0,170	<0,031	6610
HDM 1175	FBZ I	<0,0012	0,064	0,015	0,083	<0,009	54
HDM 1176	FBZ I	0,0272	0,78	0,151	0,32	<0,008	179
HDM 1153	FBZ I/II	0,059	1,56	0,029	0,63	<0,015	620
HDM 1155	FBZ I/II	0,0016	<0,0015	0,007	0,130	<0,008	5,2
HDM 1156	FBZ I/II	0,0002	0,0295	0,197	0,254	<0,006	6,2
HDM 1157	FBZ I/II	0,0265	1,41	0,070	0,210	<0,030	480
HDM 1158	FBZ I/II	0,0090	1,68	0,53	<0,200	<0,030	2150
HDM 1141	FBZ I/II	0,114	0,62	0,75	<0,030	<0,006	100
HDM 1142	FBZ I/II	0,0135	1,66	0,056	2,03	0,039	670
HDM 1143	FBZ I/II	0,0125	1,91	0,94	0,38	<0,020	2120
HDM 1144	FBZ I/II	0,0083	1,39	0,025	1,15	0,014	530

Von Nevalı Çori stammen, die Datierung erfolgt in die Frühbronzezeit I um ca. 3000 v. Chr., etwa 100 häufig auf der Innenseite verschlackte Schmelztiegelfragmente (bis 0,5 cm starke Schlackenschicht), einige Ofenfragmente sowie etwa 10 kg Schlacken<sup>3183</sup>. Es gibt flache Schlackenkuchen mit Durchmessern von 10–12 cm, und vereinzelt „haben sich bei der Erstarrung auch faustgroße Klumpen gebildet, die aus einzelnen Fladen aufgebaut sind“<sup>3184</sup>. Vollständige Exemplare wiegen einheitlich ca. 150 bis 250 g. Typisch ist eine starke Durchsetzung mit Chargenrelikten wie Quarzbruchstückchen<sup>3185</sup>. Die in der Regel auf der Innenseite stark verschlackten Tiegel zeigen nach Ausweis von (sekundären) oxidierenden und reduzierenden Brandspuren, dass sie in einem Holzkohlenbett standen<sup>3186</sup>. Weiter fanden sich Wandungsfragmente von Öfen (möglicherweise für die Tiegel) und eine, wahrscheinlich einschalige, Herdgussform aus Ton<sup>3187</sup>.

Runde Schlackenkuchen in der Art, wie sie von Nevalı Çori vorliegen, sollen möglicherweise für die Frühbronzezeit in Anatolien und auch angrenzenden Gebieten typisch sein (Çayönü Tepesi, Tell Chuera [Tell Huēra], Shahr-i Sokhta) (Taf. 31, 2)<sup>3188</sup>. In ihrer Zusammensetzung zeigen die Schlacken von Nevalı Çori hohe Gehalte an Eisenoxid (FeO 30,2–63,0 %) und Siliciumdioxid (SiO<sub>2</sub> 16,7–29,5 %), und der Kupferrestgehalt ist relativ niedrig<sup>3189</sup>. Die im Vergleich zu Schlacken des Norşuntepe verschiedenen Gehalte an Calciumoxid (CaO) und Manganoxid (MgO) sollen gegen eine Herkunft aus Ergani Maden sprechen<sup>3190</sup>. Die Darstellung des Kupfers soll bei relativ niedrigen Temperaturen um 1150 °C durch die Verhüttung einer natürlichen Mischung von sulfidischen und oxidischen Erzen erfolgt sein<sup>3191</sup>. Dabei konnte sich durch eine Trennung nach Dichteunterschieden ein zweiphasiger Regulus aus Kupferstein und Kupfer mit Überschuss an ersterem absetzen<sup>3192</sup>. Eine Rekonstruktion der Verhüttung sieht eine Holzkohleabdeckung von 20–30 cm zur Erzeugung der relativ stark reduzierenden Bedingungen (pO<sub>2</sub> ≈ 10<sup>-8</sup>–10<sup>-9</sup> atm) und ein Abschöpfen oder Abgießen entstehender Schlacke vor, die dann außerhalb des Tiegels zu den Schlackenkuchen erstarrt wäre<sup>3193</sup>. Anschließend würde unter eher oxidierenden Bedingungen das Kupfer „verblasen“, um andere Elemente abzuscheiden<sup>3194</sup>. Letzter Punkt könnte im Widerspruch zu der postulierten Zunahme der Verwendung sulfidischer Erze in dieser Zeit<sup>3195</sup> und der gezielten Verwendung arsenreicher Erze stehen, die zu einer „Arsenkupferzeit“ geführt hätte<sup>3196</sup>. Hauptmann und Kollegen lassen auf ein reduzierendes Schmelzen (pO<sub>2</sub> ≈ 10<sup>-8</sup>–10<sup>-9</sup> atm) und die Bildung des Schlackenkuchens, der evtl. abgetrennt wurde, einen Schmelzprozess unter weniger Holzkohle und stärker oxidierenden Bedingungen (pO<sub>2</sub> ≈ 10<sup>-6</sup>–10<sup>-5</sup> atm) folgen. Letzterer Schritt reichte zu einer partiellen Oxidation von Cu/Fe-Sulfiden aus, was zu einer Abscheidung von Kupfer aus der Sulfidphase führt<sup>3197</sup>. Die klumpigen Schlacken könnten letzterem Schritt oder einem Recycling kupferreicher

---

<sup>3183</sup> Hauptmann u. a. 1993, 548. 550; Becker 2007, 189f. – Der Absatz zur Metallurgie Nevalı Çoris richtet sich nach Becker 2007, 189-192.

<sup>3184</sup> Hauptmann u. a. 1993, 548.

<sup>3185</sup> Hauptmann u. a. 1993, 548f.

<sup>3186</sup> Hauptmann u. a. 1993, 548-550 mit Abb. 5 (mit Abbildungsunterschrift).

<sup>3187</sup> Becker 2007, 190f.

<sup>3188</sup> Becker 2007, 190 mit Anm. 1667; Hauptmann u. a. 1993, 547 Abb. 2; 549. 562. 569.

<sup>3189</sup> Becker 2007, 190.

<sup>3190</sup> Becker 2007, 190. 192; Hauptmann u. a. 1993, 553.

<sup>3191</sup> Mit weiterer Literatur Becker 2007, 190. 191. 192; Hauptmann u. a. 1993, 559-561. bes. 561f. 568-570.

<sup>3192</sup> Hauptmann u. a. 1993, 561f. 568f.

<sup>3193</sup> Becker 2007, 192; Vgl. Hauptmann u. a. 1993, 549. 563. 569.

<sup>3194</sup> Becker 2007, 192.

<sup>3195</sup> Mit weiterer Literatur Becker 2007, 191. 192.

<sup>3196</sup> Becker 2007, 192.

<sup>3197</sup> Hauptmann u. a. 1993, 568f.

Schlacken zuzuordnen sein<sup>3198</sup>. Insgesamt war der Prozess auf die Erzeugung eines zweiphasigen Sulfid-Metallregulus ausgerichtet<sup>3199</sup>.

#### IV.2.4. Cu-As-Ni- und Cu-Pb-Legierungen

Eine weitere Legierungsvariante von Kupfer weist erhöhte Arsen- und Nickelgehalte auf. As-Ni-Kupfer ist eine im 4. und vor allem 3. Jt. v. Chr. auftretende und nahezu ausschließlich auf Regionen Vorderasiens beschränkte Legierung<sup>3200</sup>. Nickelgehalte finden sich zumeist in Kupfern mit Arsengehalten. Regelrechte Cu-As-Ni-Legierungen mit 2–9 Gew.% Ni sollen dabei eine räumlich begrenzte Variante darstellen, die nach Pernicka im Wesentlichen auf Südmesopotamien, die Levante, den Kaukasus und Ostanatolien (etwa Arslantepe und Hassek Höyük) beschränkt ist<sup>3201</sup>. Aufgrund ihrer Verbreitung und Zusammensetzung wird eine genetische Verbindung zu den Ophiolithen vermutet, die sich auch in der Verbreitung abzeichnet (Taf. 31, 2)<sup>3202</sup>. As-Ni-Kupfer respektive Legierungen sind etwa in Hassek Höyük, Arslantepe, Norşuntepe, Mersin und Tarsus zu finden. Als Zeitansatz werden Uruk- und Frühbronzezeit genannt<sup>3203</sup>. Arsen und Nickel sind oftmals positiv miteinander korreliert (vgl. Arslantepe und Hassek Höyük), weshalb man davon ausgeht, dass beide mit dem Kupfererz in die Charge kamen<sup>3204</sup>. Daneben wird eine Verwendung von Cu-Ni-Arseniden diskutiert, wie sie etwa in Talmessi-Anarak/Meskani vorkommen<sup>3205</sup>. Hess bemerkt, dass As-Ni-Kupfer immer zusammen mit arsenhaltigen Kupfern an Fundorten vorkommen, die dann niedrige Nickelgehalte aufweisen<sup>3206</sup>. Diese Beobachtung ist für die Frage nach der Herstellungsmethode möglicherweise von großer Bedeutung. Die Verbreitung des As-Ni-Kupfers erfolgt nach Muhly im Raum der Osttürkei am Übergang Late Chalcolithic/EB I im Zusammenhang mit der Verbreitung der Khirbet Kerak/Karaz Ware; als Quelle werden transkaukasische Lagerstätten vermutet, und er stellt dabei einen Zusammenhang mit einer ähnlichen Legierung in der späthalkolithischen Südlevante her (z. B. Naḥal Mišmar)<sup>3207</sup>. Das Gebiet, in dem „Objekte von Amuq F“ gefunden wurden, soll einen Teil des Hauptverbreitungsgebietes nickelreicher Kupfer konstituieren<sup>3208</sup>. So sind bereits zur Zeit von Amuq F und evtl. früher etwa am Referenzfundplatz Tell Ğudeide Cu-As-Ni-(und/oder Cu-As-?)Legierungen bekannt und enthalten möglicherweise bis zu 10 % Ni (vgl. Ğudeide oben)<sup>3209</sup>. Auch das Aufkommen in der Levante sollte früher zu datieren sein (s. Kap. IV.6). Eine Ahle aus Tell Ğudeide mit der Zuweisung Amuq C-F enthält 0,9 % Ni und 1,35 % As<sup>3210</sup>. Aus der Phase Amuq F ist in einem Fall bei einer Ahle Arsen mit 2,05% und Nickel mit 2,73% nachgewiesen, der Eisengehalt aber ist leider nicht ausgewiesen<sup>3211</sup>. Die Korrelation ist bei anderen Objekten aufgrund der Analysemethoden und -ergebnisse dieses Fundplatzes nur schwer nachzuvollziehen (vgl. Ğudeide oben). Auch in Susa I enthält etwa ein Drittel der analysierten

---

<sup>3198</sup> Hauptmann u. a. 1993, 569.

<sup>3199</sup> Hauptmann u. a. 1993, 568f.

<sup>3200</sup> Hauptmann 2007b, 297-301 mit Fig. 8.19 (mit Abbildungsunterschrift).

<sup>3201</sup> Hess 1998, 14; Pernicka 1990, 85. 88 mit Abb. 34; Yalçın 2003, 541.

<sup>3202</sup> Hauptmann – Palmieri 2000, 79f. mit Fig. 7; Özbal u. a. 2002, 43; Hauptmann 2007b, 297-301. 280 Fig. 8.19 (mit Abbildungsunterschrift).

<sup>3203</sup> Yener 2000, 64.

<sup>3204</sup> Yener 2000, 64; Pernicka 1990, 55. 85.

<sup>3205</sup> Pigott 1999b, 76. 80.

<sup>3206</sup> Hess 1998, 15 Abb. 2 (Abbildungunterschrift); 132.

<sup>3207</sup> Muhly 2011, 864.

<sup>3208</sup> Schmitt-Strecker u. a. 1992, 120.

<sup>3209</sup> Yener 2000, 64. 66f. Anm. 11.

<sup>3210</sup> Yener 2000, 66 Anm. 11.

<sup>3211</sup> Yener 2000, 66f. Anm. 11; Braidwood u. a. 1951, 88f. mit Table 3.

Objekte neben Arsen auch Nickel (im Schnitt 1,6 % As und 1,1 % Ni)<sup>3212</sup>. Aus dem etwa zeitgleichen Gaura XI stammt ein Kupferflachbeil mit 3,49 % Ni, 1,63 % As und 0,02 % Fe<sup>3213</sup>. Nach Tadmor und Kollegen weist nur eine Probe von 118 aus Gaura überhaupt As- und Ni- Gehalte von >2 % auf, und aus Majkop liegen Legierungen mit 14 % Ni, 12 % As und 4 % Co vor<sup>3214</sup>. Häufig werden As-Ni-Kupfer zur Mitte und zum Ende des 3. Jt. v. Chr. Sie sind dann in der Levante, Ostanatolien, Mesopotamien, dem Iran sowie im Bereich der Usatovo Kultur zu finden<sup>3215</sup>. In Ur etwa weisen ca. 15 % der Metallartefakte As- und Ni-Gehalte von >2 % auf<sup>3216</sup>. Für das nickelhaltige Kupfer Mesopotamiens ab der Mitte des 3. Jt. v. Chr. wird der Oman als Quelle des Kupfers vorgeschlagen, da dort nickelhaltige Erze vorkommen, die bleiisotopisch mit den Objekten übereinstimmen, und da außerdem schriftliche Evidenz in diese Richtung weist<sup>3217</sup>. In Europa sind sie selten zu finden<sup>3218</sup>.

Probleme bei der Herstellung fasst folgende Überlegung von Tadmor und Kollegen zusammen: „Highly alloyed copper-arsenic-nickel metal is difficult to produce by the ordinary reduction smelting of a mixture of sulfide ores because, together with nickel (or iron), arsenic tends to form a separate liquid phase in the smelting furnace called speiss, that reduces the metal yield of the smelting process or leaves hardly any metal at all. One may therefore speculate that this type of metal derives from a type of non-sulfidic ore that contains the three major components of this alloy but no, or at least only minor, amounts of sulfur.“<sup>3219</sup>. Letztere Erze existieren und Tadmor und Kollegen nennen etwa Vorkommen in Talmessi und Meskani im Anarak Distrikt<sup>3220</sup>. Analog zur Herstellung von Arsen-/Antimonmangellegierungen würde die Herstellung über eine Speisephase (vgl. Moesta 2004; [vgl. o. Arslantepe]) aus einer eisenarmen Kupfersulfidphase Vorteile bieten. Jedoch nur unter ganz gewissen Umständen ließen sich damit die oftmals sehr niedrigen Schwefelgehalte erklären (vgl. Kap. II.2.4.4.7; IV.6) – soweit diese bestimmt sind. Damit könnte man entsprechende Metalle unter Umständen etwa aus Fahlerzen gewinnen. Die Möglichkeit unterschiedlich legierte Kupfer aus einer Charge nach Schmelzpunktunterschieden zu schmelzen und auszulesen, wie für die chalkolithische Verhüttung angedacht (Kap. II.3), könnte unterschiedliche Metallzusammensetzungen erzeugen lassen (vgl. Arslantepe).

---

<sup>3212</sup> Pigott 1999b, 79f.

<sup>3213</sup> Tobler 1950, 212. Pl. XCVIII,1.

<sup>3214</sup> Tadmor u. a. 1995, 142.

<sup>3215</sup> Siehe etwa Hauptmann 2007b, 297-301; Schmitt-Strecker u. a. 1992; Palmieri u. a. 1999, 141; Tadmor u. a. 1995, 142.

<sup>3216</sup> Tadmor u. a. 1995, 142.

<sup>3217</sup> Begemann – Schmitt-Strecker 2009, 23f.; Hauptmann 2007b, 298.

<sup>3218</sup> Tadmor u. a. 1995, 142. Nickelreiches Arsenkupfer ist in Europa sehr selten: Nur 12 Objekte der SAM Datenbank beim Stand von 25000 Datensätzen zeigen As und Ni über je 2 %, die meisten enthalten dazu noch 0,1-0,5 % Antimon.

<sup>3219</sup> Tadmor u. a. 1995, 142.

<sup>3220</sup> Tadmor u. a. 1995, 142.

### IV.3. Iran (und Zentralasien)

Eine neuere diachrone Studie zur Metallurgie des Iran, die überregionale Vergleiche insbesondere zur Levante zieht, bietet der Artikel "The Emergence of Complex Metallurgy on the Iranian Plateau: Escaping the Levantine Paradigm" von Thornton (2009). Dieser bildet bezüglich der Materialpräsentation und der Vorstellung der Diskussion zusammen mit dem Artikel „The Development of Metal Production on the Iranian Plateau“ von Pigott (1999b) die Grundlage für das folgende Kapitel<sup>3221</sup>. In vorliegender Arbeit werden zusätzlich Analyseergebnisse von Heskell (1982) herangezogen, es sei aber hier schon darauf hingewiesen, dass insbesondere die Arsenwerte dort zu niedrig liegen könnten<sup>3222</sup>.

Nur sehr wenige Schlüsselfundorte sind untersucht, und das Bild im Iranischen Hochland mag sich deshalb noch stark ändern (Taf. 32, 1)<sup>3223</sup>. Hinsichtlich einiger Aspekte des Artikels vermag Thornton nicht gänzlich zu überzeugen, so ist etwa die Konstruktion und die Anwendung des Konzeptes vom „Levantine Paradigm“, der Entwicklung der Metallurgie in einer rohstoffarmen Tieflandregion, wie sie sich in der Levante darstellt, als heuristisches Mittel problematisch, spiegelt es doch nur die Diskussion um die Metallurgie der südlichen Levante und die für dort „akzeptierten“ aber gleichsam diskussionsoffenen und veränderlichen Deutungsmuster wider<sup>3224</sup>. Diese können deshalb nicht als grundlegend gelten, und die Probleme sollten allgemeiner gesehen werden. Thornton zufolge ist das *Levantine Paradigm* geprägt von Vorstellungen linearer Entwicklungen (etwa der Nutzung gediegen Kupfers, der folgenden Verhüttung reiner Oxide, und so fort)<sup>3225</sup>. Das *Levantine Paradigm* lehnt Thornton irgendwie (als Datierungsmerkmal<sup>3226</sup>) ab, zeigt aber dennoch in Grundzügen seine Gültigkeit auch für den Iran in der *longue durée* bei der strukturellen Entwicklung auf<sup>3227</sup>. Selbst wenn man chronologische Fragen außer Acht lässt, wäre schon aufgrund verschiedener technologischer und kultureller Traditionen sowie geographisch bedingter Gegebenheiten (z. B. Nähe zu Lagerstätten im Allgemeinen<sup>3228</sup>, Zinnlagerstätten, vgl. oben) eine absolute Zeitgleichheit aller Entwicklungen kaum zu erwarten. Deshalb muss das zeitliche Einsetzen von Techniken differenziert betrachtet werden. Selbst dann besteht evtl. kein zu großer zeitlicher „Vorsprung“ des Iranischen Hochlandes<sup>3229</sup>. So stellt Thornton für den Iran fest, dass zwischen erster nachweisbarer und regelhafter Verwendung einer neuen Technik bis zu einem Jahrtausend vergangen sein könnte (z. B. Nutzung gediegen Kupfers,

---

<sup>3221</sup> Siehe aber auch etwa Matthews – Fazeli 2004. – Die Schreibung der Fundorte erfolgt nach der in der angelsächsischen Forschung eingebürgerten und gebräuchlichen Weise. Im folgenden Thornton (2009c), da dort die meisten hier genannten Fundorte behandelt sind. Dort nicht genannte Fundorte werden nach der jeweilig zitierten Literatur geschrieben. – Für mich nicht verfügbar war L. D. Frame, Technological Change in southwestern Asia. Metallurgical Production Styles and Social Values during the Chalcolithic and Early Bronze Age (PdD 2009).

<sup>3222</sup> Dazu Thornton u. a. 2002, 1456f.

<sup>3223</sup> Thornton 2009, 320; Geradezu alle Fundplätze einer Aufzählung von (wichtigen) Fundorten des Iran aus der Zeit früher Metallurgie (Schreiner u. a. 2003, 487), die überhaupt bekannt respektive untersucht sein sollen, lieferten wichtige Hinweise und Belege für (extraktive) Metallurgie: Tepe Ghabristan, Tepe Hissar, Tepe Yahya, Tal-i Iblis, Tepe Sialk, Arisman.

<sup>3224</sup> Vgl. auch Thorntons Definition von Paradigma Thornton 2009, 303.

<sup>3225</sup> Siehe auch Thornton u. a. 2010, 305 (siehe Kap I.1 mit einem längeren Zitat zum Konzept vom *Levantine Paradigm* nach Thornton).

<sup>3226</sup> Thornton 2009, 320.

<sup>3227</sup> Thornton 2009, 303. 320. Discussion und Conclusion bei Thornton 2009, 318-321.

<sup>3228</sup> Vgl. (für den Iran) Frame 2004, 25-27; Thornton 2009, 320.

<sup>3229</sup> Vgl. dazu auch: „The second half of the fourth millennium on the Iranian Plateau also brings most of the metallurgical techniques long thought to be representative of the end of the third millennium BC. These include tap slags, plate slags, large slag cakes, fluxing, and eventually near-perfect separation between metal ingots and slag as seen at Shahr-i Sokhta and elsewhere in the early-mid third millennium. All these changes were related to the widespread adoption of furnaces in the fourth millennium BC.“ (Thornton 2009, 319).

Verbreitung der Verhüttung, Durchsetzung von Arsenkupfer und Bronze)<sup>3230</sup>. Die Frage, wann und wie Arsenkupfer hergestellt wurde, wird auch für den Iran seit langem kontrovers diskutiert<sup>3231</sup>.

Thornton hebt eine lokal teilweise unterschiedliche metallurgische Entwicklung hervor, die ein Grund für ihn ist, das *Levantine Paradigm* abzulehnen<sup>3232</sup>. Während einige Regionen Ähnlichkeiten in der materiellen Kultur zeigen, sich aber ihre Metallurgie unterscheidet, soll es bei anderen Regionen umgekehrt sein<sup>3233</sup>. Der Frage, ob die unterschiedlichen technologischen Traditionen eventuell unterschiedliche Ziele verfolgten, also andere Techniken für andere Produkte angewandt wurden, geht er nicht nach. In vorliegender Arbeit wird vornehmlich auf den Teilaspekt dieser Frage eingegangen, der für die chalkolithische Verhüttung relevant ist.

### IV.3.1. Frühe Metallurgie des Iran und Zentralasiens

Im erzeichen iranischen Hochland wurde seit dem Neolithikum gediegen Kupfer, teilweise mit Kupferarseniden, vornehmlich für Perlen, Ahlen, Nadeln und Spiralen verwendet<sup>3234</sup>. Auch während des Chalkolithikums wurde noch gediegen Kupfer, möglicherweise mit Anteilen an Arsen oder Kupferarseniden, genutzt; gleichwohl wurden bereits oxidische und arsenhaltige Erze zu Kupfer verhüttet<sup>3235</sup>. So ist etwa in Tepe Yahya<sup>3236</sup> bereits um die Mitte des 6. Jt. v. Chr. die Nutzung von gediegen Kupfer für einfache Objekte (Nadeln, Perlen) belegt, und es wird dort bis in die Mitte des 4. Jt. v. Chr. weiterverwendet. Eine Ahle von Yahya VIA vom Ende des 5. Jt. v. Chr. (ca. 4300 v. Chr.) zeigt verhüttetes, mutmaßlich aus polymetallischen Erzen gewonnenes, arsenhaltiges Kupfer (1,43 % As) mit Spuren von Pb, Zn, Sb und Ag sowie As-, Pb- und Sb- reichen Einschlüssen (s. u.)<sup>3237</sup>. Radförmige Objekte aus Mehrgarh (Pakistan) bestehen aus Kupfer mit Bleibeimengungen von 30-40 % und werden von Hansen als Hinweis auf ein experimentelles Mischen von Metallen bereits im späten 5. Jt. v. Chr. gesehen<sup>3238</sup>. Gegen eine durch Erschöpfung von Quellen gediegen Kupfers oder reiner oxidischer Erze bedingte Hinwendung zu polymetallischen und sulfidischen Erzen spricht der Reichtum des Iran an eben gediegen Kupfer und oxidischen Kupfererzen bis in heutige Zeit<sup>3239</sup>. Arsenhaltiges Kupfer kann neben der Verwendung von gediegen Kupfer, das bereits Arsen enthält<sup>3240</sup>, auch durch das Aufschmelzen von (gediegen) Kupfer mit den Kupferarseniden Algodonit ( $\text{Cu}_{5-8}\text{As}$ ) und Domekyt ( $\text{Cu}_3\text{As}$ ) entstehen; metallurgisch bedeutende Vorkommen von Algodonit und Domekyt (etwa Talmessi-Anarak Region) sind in der Alten Welt wohl auf den Iran beschränkt, und ihre Rolle als Legierungsbestandteile für die Arsenkupfererzeugung dieser Region sowie auch Transkaukasiens wird

---

<sup>3230</sup> Thornton 2009, 318. 320.; Thornton 2010, 32.

<sup>3231</sup> Siehe etwa Heskell 1982, 17f. mit weiterer Literatur; Thornton 2010, 32.

<sup>3232</sup> Thornton 2009, 307.

<sup>3233</sup> Thornton 2009, 307.

<sup>3234</sup> Pigott 1999b, 73f. – Zu frühesten Kupferobjekten Schoop 1995, 31-34; Vatandoust u. a. 2011, 1; Stöllner u. a. 2011, 535; Zu einer neueren Zusammenfassung der Verwendung von gediegen Kupfer im Iran im Vergleich zu anderen Regionen siehe Thornton 2009, 308. – Zur Lagerstättensituation und der Frage von Quellen und Verfügbarkeit des Arsens vgl. Pigott 1999b, 74. 77f. 79. 80f. bes. 77f. mit Vincent Pigott (Weeks 2008, 341f.) unter Berufung auf E. Pernicka und N. Nezafati.

<sup>3235</sup> Pigott 1999b, 73f. 79f.; Pigott 1999c, 107-110; Thornton 2009, 308. 309 Table 1. 311. 320; Heskell 1982, 387f. 351.

<sup>3236</sup> Christopher Thornton (Weeks 2008, 339); Thornton 2010.

<sup>3237</sup> Thornton 2010, bes. 31. 33. 37. 41f.; Thornton 2009, 308. – Zur Zusammensetzung, leider sind weder Eisen noch Schwefel ausgewiesen, siehe Thornton u. a. 2002, 1454 Table 1(Y-363); Thornton 2010, 38-42. Die Ahle enthält aber wohl keinen Schwefel („absence of sulfide inclusions“ [Thornton 2010, 42]).

<sup>3238</sup> Hansen 2017, 143 mit weiterer Literatur.

<sup>3239</sup> Thornton 2009, 311.

<sup>3240</sup> Gediegen Kupfer des Iran kann etwa auch Arsen enthalten (Maddin u. a. 1980, 213); Pigott 1999b, 74.

diskutiert, insbesondere da sie im Eisernen Hut vorkommen und sich einfach unter reduzierenden Bedingungen aufschmelzen lassen<sup>3241</sup>. Auch Nickelarsenide werden erwogen, etwa für die As-Ni-Kupfer<sup>3242</sup>. Für die Levante werden für die Zulegierung etwa Enargit ( $\text{Cu}_2\text{CuAsS}_4$ ) und Tennantit ( $\text{Cu}_{12}\text{S}[(\text{AsS}_3)_4]$ ) diskutiert, die im Iran selten bzw. in tieferen Bereichen der Lagerstätten (Tennantit und Tetraedrit) vorkommen sollen<sup>3243</sup>. Mit dem Beginn des Chalkolithikums wird die Nutzung von Kupfer stark intensiviert und das Objektspektrum ein wenig diversifiziert, es finden sich jetzt auch Dolchklingen mit Angeln, Meißel, Schaftlochäxte und Flachbeile. Am Ende des Chalkolithikums erweitert sich das Spektrum nochmals um Dolche mit Mittelrippe, Keulenköpfe, Spiralkopfnadeln, Armbänder, Ohr- und Fingerringe<sup>3244</sup>. Die Objekte zeigen variierende Gehalte an Arsen<sup>3245</sup>. Gold-, Blei- und Silberartefakte treten hauptsächlich ab der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. in Erscheinung (s. u.)<sup>3246</sup>. Möglicherweise ins 3. Jt. v. Chr. zu datierende und mit Keulenköpfen der Levante verglichene Funde von Keulen aus Kupfer (mit Arsen und teils hohen Zinngehalten) sowie ein silbernes Exemplar unklaren Fundzusammenhangs liegen aus Susa vor<sup>3247</sup>. Wurden Keulenköpfe in der Levante ehemals zeitlich im 4. Jt. v. Chr. angesetzt, scheint heute eine Datierung in der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. möglich (vgl. Kap. IV.6).

Die frühesten Verhüttungshinweise auf dem Gebiet des heutigen Irans stammen aus Tal-i Iblis. Mehr als 300 Fragmente von Tiegeln sowie Erzreste (Malachit) und eine flache Feuerstelle mit Tiegelfragmenten und oxidischem Erz zusammen mit Holzkohle liegen aus Tal-i Iblis<sup>3248</sup> vor. Diese stammen aus Kontexten, die Zusammenhängen zwischen den Perioden Iblis I (zeitgleich mit Yahya VII-VI und Sialk II) und Iblis II sowie der Periode Iblis II zugerechnet werden (ca. spätes 6. bis spätes 5. Jt. v. Chr.)<sup>3249</sup>. Einen ungefähren *terminus post quem* für die metallurgischen Überreste um die Feuerstelle sollten die bei Thornton für verschiedene Bauphasen der vorhergehenden Periode I wiedergegebenen <sup>14</sup>C-Daten mit 5470–4760 cal BC (2-sigma) bieten, und in etwa *ad quem* 5030–4330 und 4950–4250 cal BC (vgl. Anm. oben)<sup>3250</sup>; die zahlreichen Tiegelfragmente einer Abfallgrube mit der Zuschreibung

<sup>3241</sup> Pigott 1999b, 78f.; Heskell 1982, 8f. 74. 153. 157. 159f. 290. 310f. 320. 343f. 351. 360. 387-389. 392; Thornton u. a. 2002, 1451; Heskell – Lamberg-Karlovsky 1980, 231. 233.

<sup>3242</sup> Heskell 1982, 304. 308. 320. 350f.

<sup>3243</sup> Heskell 1982, 310. 344. 360. 392.

<sup>3244</sup> Nach Pigott 1999b, 74.

<sup>3245</sup> Pigott 1999b, 74.

<sup>3246</sup> Pigott 1999b, 74; Benoit 2004, 186.

<sup>3247</sup> Tallon 1987a, 128f. mit Fig. 11; Tallon 1987b, 26; Mecquenem 1953, 79f. mit Fig. 1; 81 Fig. 2,1.

<sup>3248</sup> Caldwell 1967, 35; Evett 1967, 252-254; Pigott 1999b, 73f. 76f.; Thornton 2009, 308. 310; Frame 2004, bes. 30-35. 113.

<sup>3249</sup> Roberts u. a. 2009, 1014: Roberts, Thornton und Pigott konstatieren, dass „early copper smelting sites occur in the late sixth/early fifth millennium BC in areas [...] such as Tal-i Iblis“ (Roberts u. a. 2009, 1014); Datierung und Stratigraphie nach Thornton 2009, 310: „Although the archaeological and chronological sequence of Tal-i Iblis is indeed confused (Voigt and Dyson 1992, 143–146), the important period for the purposes of this paper [d. h. Thornton 2009] is Iblis I, which can be relatively dated by ceramic and architectural parallels to the Yahya VII–VI and Sialk II periods (c. late sixth—late fifth millennium BC). In one of the earliest levels of the Iblis I period, Caldwell’s team excavated a number of well-made buildings with red painted mud-brick walls, mat-covered floors, and numerous beads of semi-precious stones (Evett 1967; Caldwell and Sarraf 1967). In ‘Area G’ (or ‘House G’), in a fill layer between a Period I floor and an early Period II floor, was found a ‘shallow firepit’ filled with crucible fragments, malachite fragments, and charcoal (Evett 1967, 252–254). The floor below this ‘firepit’ and the floor of a different Period I building both gave a 2-sigma date range of 5470–4760 Cal BC, while two other roughly contemporary buildings gave C-14 date ranges of 5030–4330 and 4950–4250 Cal BC (Voigt and Dyson 1992). A large dump (100 m long, 60 cm deep) containing ‘hundreds’ of slagged crucible fragments and domestic refuse, called ‘Period II’ but with C14 dates in the range of Periods I and early II (c. 5200–4400 BC), attests to the long-standing presence of cottage-level metalworking at this site (Caldwell 1967b, 34–36).“ – Vgl. auch Frame 2004, 30-35.

<sup>3250</sup> Thornton 2009, 310.

Periode II werden mittels <sup>14</sup>C-Daten in die Zeitspanne von Iblis Periode I und früher Periode II zwischen etwa 5200–4400 v. Chr. datiert<sup>3251</sup>. Die Fragmente tragen Verschlackungen auf der Innenseite. Die technische Funktionsweise von Feuerstelle und Tiegeln sind verschieden interpretiert worden. Nach älteren Untersuchungen an einem Fragment sollen sie Temperaturen bis gerade unter 1000 °C ausgesetzt gewesen sein, was als Anzeichen einer Verhüttung und nicht des Gießens von Kupfer gewertet wird, da diese Temperaturen nicht genügten, um gediegen Kupfers zu verflüssigen, aber für eine Reduktion ausreichen<sup>3252</sup>; andere Verfahren oder auch ein Guss könnten nach Pigott wegen der geringen Probenmenge jedoch nicht ausgeschlossen werden<sup>3253</sup>. So galt angesichts unzureichender Analysen ein Guss gediegen Kupfers oder eine Reduktion oxidischer Erze als wahrscheinlich<sup>3254</sup>. Die Feuerstelle wurde schon als Ofen bzw. Schachtofen interpretiert (Verdacht auf eine Abdeckung?)<sup>3255</sup>. Frame<sup>3256</sup> rekonstruiert dagegen eine Anordnung, bei dem der Tiegel mit Holzkohle abgedeckt bzw. befüllt und in einer flachen Grube von oben ohne Tuyère belüftet wird, jedoch ohne die Belüftung zu benennen<sup>3257</sup>. Dazu stützt sie sich auf Angaben von Caldwell zu einer eher einfachen und ephemeren Herdstelle in Tal-i Iblis II („simply scooped out of the ground“<sup>3258</sup>) mit Tiegelresten, Kupfererz (Malachit?) oder Kupferoxid<sup>3259</sup>, auf Tylecotes Rekonstruktion einer Tiegelverhüttung mit Tuyère<sup>3260</sup>, auf die Ergebnisse eines dazu analogen Verhüttungsversuches mit einem rekonstruierten Tal-i Iblis Tiegel (Taf. 32, 2)<sup>3261</sup> mit Belüftung von der Seite und auf ihre Analyse der Erhitzungs- und Verschlackungsmuster<sup>3262</sup> an einigen Tiegelfragmenten aus Tal-i Iblis ‘Periode I–II’<sup>3263</sup>. Die Untersuchungen der Verschlackungen mit erhöhten Fe- und Ca-Gehalten zeigen auch, dass die Tiegel auf der Innenseite bei der Belüftung von oben unter reduzierenden Bedingungen auf Temperaturen von über 1150 °C bis ca. 1200 °C zum Zwecke der Verhüttung erhitzt wurden<sup>3264</sup>. Dabei weisen die in den Silikatphasen der verschlackten Innenseite eingeschlossenen Kupfertropfen (teils ihrerseits mit Einschlüssen) mit Gehalten an Arsen, Schwefel, Kobalt, Nickel, Eisen und insbesondere Sulfideinschlüsse auf Verhüttung spätestens im frühen 5. Jt. v. Chr. hin<sup>3265</sup>. Gar eine

---

<sup>3251</sup> Thornton 2009, 310.

<sup>3252</sup> Dougherty – Caldwell 1967, 19; Caldwell 1967, 34f.; Pigott 1999c, 110; Pigott 1999b, 76; Frame 2004, 36-40 (mit einer ausführlichen Besprechung der Ergebnisse)

<sup>3253</sup> Pigott 1999c, 110.

<sup>3254</sup> Pigott 1999c, 110.

<sup>3255</sup> Der Ausgräber erklärt, dass der Tiegel samt Erzcharge in die Grube platziert wurde und “packed in a matrix of charcoal” und führt dazu weiter aus: „Contents were then covered with a mass of chaff-tempered clay, presumably for a bellows or to allow for oxygen to enter and hot gases to escape” (Evet 1967, 252. 254; Vgl. den Befund Evett 1967, 253 Plate 3). Wie Pigott dazu bemerkt, sind die Ausführungen nicht genau verständlich (Pigott 1999b, 77 [die Ausführungen hier nach dieser Textstelle]). So deutet Caldwell (Evet 1967, 254 Anm. 1) das Ganze als „superstructure“ und Pigott schreibt „[...] by which he may mean a vertical shaft furnace structure. It should be noted that this type of smelting installation would be ideal for co-smelting involving oxide-sulfide interaction, whether accidental or intentional.“ (Pigott 1999b, 77).

<sup>3256</sup> Frame 2004; Thornton 2009, 310.

<sup>3257</sup> Frame 2004, 34. 100. 112-117 mit Fig. 6.1; Fig. 6.3; bes. 35. 114f. 117. 127.

<sup>3258</sup> Caldwell 1967, 35; Frame 2004, 34.

<sup>3259</sup> Frame 2004, 35: „The hearth at Tal-i Iblis contained small fragments of copper oxide, copper ore and one crucible fragment [...]“; Caldwell 1967, 35 zum Inhalt: „[...] many tiny fragments of copper oxide, one crucible fragment and a few pieces of brick which might have fallen in from a small superstructure.“; Evett 1967, 252: „small fragments of oxidized copper“; Vgl. auch Pigott 1999b, 73f. 76f.; Thornton 2009, 310.

<sup>3260</sup> Tylecote 1982, 233 (siehe auch Frame 2004, 23 Fig. 1, 3; 114 Fig. 6, 1).

<sup>3261</sup> Frame 2004, 36-40 mit Fig. 3,1 und 3,3. 57.

<sup>3262</sup> Frame 2004, 84-100. 113-117.

<sup>3263</sup> Thornton 2009, 310.

<sup>3264</sup> Frame 2004, 100. 112-127.

<sup>3265</sup> Frame 2004, bes. 102. 118f. 124f. 127; Thornton 2009, 310; Thornton 2010, 43; Christopher Thornton (Weeks 2008, 339).



Arsenkupferproduktion für das frühe 5. Jt. v. Chr. in Tal-i Iblis steht heute in der Diskussion<sup>3266</sup>. Thornton möchte das Arsenkupfer einer Ahle von Tepe Yahya VIA vom Ende des 5. Jt. v. Chr., auch aufgrund von Kontakten, aus Tal-i Iblis herleiten<sup>3267</sup>. Jedoch zeigen Untersuchungen an einigen Metallobjekten aus Iblis II Zusammenhängen nur relativ reines Kupfer, die aus sich heraus eine Unterscheidung zwischen der Nutzung von gediegen Kupfer und der Verhüttung reiner Erze nicht erlauben<sup>3268</sup>. Eine Deutung dieser Befunde – verunreinigtes Kupfer in verschlacktem Material der Tiegel mit erhöhten Fe-Gehalten (meist im Bereich von 0,0X bis 0,X %, selten bis ca. 1,7 %)<sup>3269</sup>, aber reines Kupfer der Artefakte – könnte neben einem fehlenden Zusammenhang beider in Hinsicht auf die Produktionskette (daneben Nutzung reiner Kupfererze oder gediegen Kupfers) entweder für einen irregulären Charakter der durch Verhüttung entstandenen Schlacken, also ein Fehlprodukt, oder für eine Läuterung der Kupfer (ob ihrer Eisengehalte) sprechen. Schließlich scheinen Schlacken aus Iblis äußerst selten zu sein<sup>3270</sup>. Einer der größten und bis auf Ni (0,3 %) und Ag (um 0,2 %) eher reiner Kupfereinschluss (*prill*) einer Schlacke aus Iblis „Level I and II profile wall“<sup>3271</sup> enthält seinerseits wiederum Einschlüsse mit Arsen (bis über 2 %) und Schwefel von 10–15 %<sup>3272</sup>. Genannt werden soll – *cave*: allerdings liegt die Datierung in der Mitte des 4. Jt. v. Chr. – eine mögliche Ahle, deren Zusammensetzung respektive Einschlüsse nach Pigott und Lechtman fast sicher auf eine Verhüttung weisen<sup>3273</sup>. Während das Kupfer des Objekts selbst relativ rein ist, beträgt der Anteil der Einschlüsse 17 Vol.%. Diese wiederum bestehen in etwa aus 7,38 Gew.% Cu, 3,03 Gew.% As, 78,56 Gew.% Pb, 10,38 Gew.% Sb und 0,67 Gew.% S. Die Frage, ob die Einschlüsse auf einen Anfall von Speise hinweisen, soll in den Raum gestellt werden. Folgende zunächst spannende Ausführungen bzw. die Grundlagen folgender Schlüsse konnten hier nicht nachvollzogen werden: „The traditional view is that smelting was carried out by heating lumps of sulphide ore in crucibles or bowls in furnaces up to temperatures of 800° C (Caldwell & Shahmirzadi 1966: 12)“<sup>3274</sup>. Frame demgegenüber rekonstruiert eine Reduktion von Kupfercarbonaten wie Malachit zu Kupfer<sup>3275</sup>. Dabei diskutiert Pigott – aufgrund der Verdachtsmomente auf Abdeckungen – die Möglichkeit von *co-smelting*-Reaktionen zwischen Sulfiden und Oxiden<sup>3276</sup>. Vom Fundort werden auch sulfidische Erze und Arsenate berichtet<sup>3277</sup>.

Das ungefähr gleichzeitige Auftreten von Arsenkupfer (Yahya), die Art der Verhüttung, die Verdachtsmomente auf Speisen und die reinen Kupfer von Tal-i Iblis könnten auch für die Möglichkeit der Auslese legierten Kupfers sprechen. Jeder dieser Hinweise beleuchtet einen etwas anderen Aspekt der chalkolithischen Erzeugung von Legierungen, wie sie in dieser Arbeit charakterisiert wird. Aus Iblis IV Zusammenhängen (zeitgleich Sialk III<sub>4-5</sub> nach Caldwell<sup>3278</sup>, heute etwa Sialk IV<sub>1</sub>), die dem späten 4. Jt. v. Chr. zugewiesen werden, stammen Bruchstücke von Tiegel, die als größer und tiefer als Tiegel

<sup>3266</sup> Ivanova 2012, 12f.

<sup>3267</sup> Christopher Thornton (Weeks 2008, 339); Thornton 2010, 43f.

<sup>3268</sup> Thornton 2009, 310; Pigott – Lechtman 2003, bes. 297-301 mit Table 2.

<sup>3269</sup> Vgl. Frame 2004, 149-152 Appendix B.

<sup>3270</sup> Pigott – Lechtman 2003, 296. 308.

<sup>3271</sup> Frame 2004, 131 (Abbildungsunterschrift).

<sup>3272</sup> Frame 2004, 102. 149-151 [Tabellen] (Probleme mit der Seitenzählung beim verfügbaren PDF und im Tabellenteil waren die Tabellen beschnitten).

<sup>3273</sup> Pigott – Lechtman 2003, bes. 297-301 mit Table 2.

<sup>3274</sup> Matthews – Fazeli 2004, 68. – Vgl. Caldwell – Shahmirzadi 1966, 12. ferner 11-14. 17f.; Es werden nur Erze genannt, ohne diese zu differenzieren (Caldwell – Shahmirzadi 1966, 12).

<sup>3275</sup> Frame 2004, 127.

<sup>3276</sup> Pigott 1999b, 77.

<sup>3277</sup> Pigott 1999c, 110f. (hier auch weiter zu Oberflächenfunden); Ivanova 2012, 12f.

<sup>3278</sup> Caldwell 1967, 37.

aus Iblis I und II Zusammenhängen beschrieben werden<sup>3279</sup>. Überreste der Metallbearbeitung zusammen mit Iblis-Keramik fanden sich in Mahtoutabad bei Jiroft. Eine Datierung ins vierte Jt. v. Chr. wird genannt<sup>3280</sup>.

Mit dem späten fünften Jahrtausend v. Chr. verbreiten sich Artefakte mit Verunreinigungen an Arsen und Blei (Susa I, Yahya VIA, Tepe Hissar I)<sup>3281</sup>. Diese können einen Hinweis auf Verhüttung darstellen, die sich in dieser Zeit im Iran in größerem Umfang ausbreiten soll<sup>3282</sup>. Das Aufkommen legierter Kupfer sieht u. a. Thornton dabei wohl spät in Susa I (ca. 3700 v. Chr.) und in Tepe Yahya VIA und Tepe Hissar IA ab/nach ca. 4300 v. Chr.<sup>3283</sup>. Es soll – *purportedly* – auch in Turkmenistan möglicherweise Arsenkupfer in der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. verwendet worden sein<sup>3284</sup>. „What is particularly notable, however, is that whenever smelted copper is adopted, it signals the end of the use of ‘pure’ copper in favor of copper-base alloys containing low levels (1–3 wt %) of arsenic, lead, and other elements. These are what Levantine scholars often refer to as ‘natural’ alloys (see above)—that is, copper-base alloys created by the non-intentional mixing of polymetallic ores. However, given the abundance of pure copper ores and native copper in Iran [...], the predominance of copper-base alloys in the Chalcolithic period of Iran suggests that polymetallic ores were deliberately chosen and perhaps even intentionally mixed. Uncontrolled alloying is not the same as unintentional alloying.”<sup>3285</sup> Von Pigott wird der Übergang zur Arsenkupfermetallurgie am Beginn des 4. Jt. v. Chr. gesehen<sup>3286</sup>. Daneben wird aber wahrscheinlich weiterhin gediegen Kupfer verwendet. Auch eine Nutzung von gediegen Kupfer mit Verunreinigungen wie Arsen bzw. Domeykit und Algodonit ist nicht auszuschließen<sup>3287</sup>. Das Iranische Hochland ist reich an polymetallischen Lagerstätten mit Kupfererzen, die auch Anteile an Arsen, Antimon, Nickel, Blei usw. enthalten. Aber da ebenfalls reine oxidische wie sulfidische Kupfererze reichlich vorhanden sind, geht Thornton von einer gezielten Auswahl verunreinigter Erze zur Legierungsherstellung aus<sup>3288</sup>. Mutmaßlich durch Verhüttung gewonnene, legierte Kupfer lassen sich in Susa I, als mutmaßlichem Empfänger von Metall des Hochlandes, sowie in Tepe Hissar I und Tepe Yahya VIA nachweisen<sup>3289</sup>. Die Ahle von Yahya VIA<sup>3290</sup> könnte sich aus polymetallischen Erzen herleiten und enthält insgesamt etwa 1,3–1,7 Gew.% Arsen. Sie zeigt Einschlüsse, die reich an As, Pb, Cu und Sb sind, sowie solche aus Cuprit. Die Abwesenheit sulfidischer Einschlüsse kann auf die Nutzung rein oxidischer Erze wie auch eher oxidierende Bedingungen bei der Verhüttung zurückzuführen sein (vgl. Cuprit)<sup>3291</sup>. Gleichzeitig wird aber wie in Susa (s. u.) und auch Tepe Yahya (bis VB) gediegen Kupfer möglicherweise weiterverwendet oder reines Kupfer genutzt<sup>3292</sup>. Andererseits könnte angesichts der notorisch unsicheren Unterscheidung von gediegen Kupfer und reinem Kupfer aus oxidischen wie

---

<sup>3279</sup> Nach Thornton 2009, 310; Caldwell 1967, 37. – Vgl. zur Einordnung und Datierung Thornton 2009, 309 Table 1.

<sup>3280</sup> Persönliche Mitteilung von Massimo Vidale im Jahre 2007 an Thornton, nach Thornton 2009, 310.

<sup>3281</sup> Thornton 2009, 311.

<sup>3282</sup> Thornton 2009, 311. 318. 320.

<sup>3283</sup> Siehe und vgl. Thornton 2009, 309 Table 1; 311.

<sup>3284</sup> Christopher Thornton (Weeks 2008, 338).

<sup>3285</sup> Thornton 2009, 311. – Zu „unintentional“, „accidental“ und „uncontrolled“ („uncontrolled“ ist ein Vorschlag von E. Pernicka) siehe die Diskussion beim Early Iranian Metallurgy Workshop 2007 in Nottingham (Weeks 2008, 343).

<sup>3286</sup> Vincent Pigott (Weeks 2008, 341).

<sup>3287</sup> Thornton 2009, 316.

<sup>3288</sup> Thornton 2009, 317.

<sup>3289</sup> Nach Thornton 2009, 311; Thornton 2010, bes. 43f.

<sup>3290</sup> Thornton 2010, 41f. mit Abbildungsunterschriften.

<sup>3291</sup> Thornton 2010, 42.

<sup>3292</sup> Vgl. Thornton 2009, 311.

sulfidischen Erzen<sup>3293</sup> eine Verwendung verschiedener Kupfersorten aus der gleichen Charge (bes. auch im Falle sulfidischer Anteile) möglich sein, ebenso wie auch nach Erzbasis unterschiedliche Technologien parallel genutzt worden sein könnten. Die Anzahl analysierter Kupferobjekte und metallurgischer Zeugnisse für diese Zeit ist allerdings gering<sup>3294</sup>. Den besten Einblick bietet Susa als mutmaßlicher Empfänger von Metall des Iranischen Plateaus<sup>3295</sup>, weshalb der Gang der Metallurgie, wie er sich dort in den Artefakten ablesen lässt, gesondert betrachtet wird (vgl. die Bedeutung Susas auch für die Erschließung der Metallurgie Südmesopotamiens Kap. IV.4). Verbindungen mit Mesopotamien und Susa lassen sich an Keramik mit Parallelen zu Urukwaren und an der Form von Metallgegenständen (etwa Schaftlochhäxten) spätestens zur Zeit von spätem Sialk III fassen<sup>3296</sup>. Etwa in die zweite Hälfte des 5. Jt. v. Chr. datieren 15 analysierte Objekte aus Tepe Hissar (Periode IA-IB); sie zeigen As bis 2,5 Gew.%, Pb bis 1,1 Gew.% und weitere Gehalte an Sb, Ag und Ni<sup>3297</sup>. Aus der Zeit des späten 5. Jt. v. Chr. liegen von Tepe Sialk II bislang nicht analysierte Kupferartefakte vor<sup>3298</sup>. Auch ein Tiegel mit Schlackenanhängung aus Cheshmeh Ali nahe Teheran aus der (späten) zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. ist nicht analysiert<sup>3299</sup>. Thornton bemerkt, dass seine hohe Form im Gegensatz zu früheren *Iblis-style* und späteren *Ghabristan-style* Tiegeln (vgl. Taf. 32, 2. 3), auf einen anderen technischen Ansatz schließen lassen könnte<sup>3300</sup>. Weitere Fundorte mit Metallurgiebelegen sind bekannt, wie etwa Jazān mit Schlacken (Sialk II Zeit)<sup>3301</sup>.

Mithin die besten – und lange Zeit galten sie auch als die frühesten – Hinweise auf Tiegelverhüttung stammen aus Tepe Ghabristan<sup>3302</sup>. Die Datierung der Phase II von Ghabristan erfolgte lange ins späte 5. Jt. v. Chr., wird heute aber aufgrund neuer stratigraphischer Grabungen und <sup>14</sup>C-Datierungen ins frühe 4. Jt. v. Chr. datiert<sup>3303</sup>. Thornton gibt die Zeitspanne mit 4000–3700 v. Chr. an<sup>3304</sup>. Über keramische Vergleiche kann Ghabristan II mit Sialk III<sub>4-5</sub> und Hissar IB parallelisiert werden<sup>3305</sup>. Aus dem zentralen, ummauerten Werkstattbereich mit Keramikproduktion der Siedlung Phase II von Ghabristan<sup>3306</sup> stammen etwa 20 kg auf Nussgröße aufbereiteter Malachit, zwei (oder drei) Herde von ca. 25 cm Dm, ein Tiegel mit Schlackenresten, mehrere Herdgussformen und Fragmente davon, die der Produktion von Schwergeräten mit Schaftlöchern (Doppelaxt und kreuzschneidige Axt) und Beilklingen dienten, eine Gussform für Stangenbarren und eine Keramikröhre<sup>3307</sup>. Letztere wurde als Blasrohrdüse gedeutet und wäre das einzige (und älteste) Beispiel vom Iranischen Plateau; sie wird heute aber eher als Gussform bzw. -kern gedeutet<sup>3308</sup>. Tiegel vom Typ Ghabristan sind besonders hervorzuheben, finden sie sich doch an zahlreichen weiteren Fundplätzen (Taf. 32, 3)<sup>3309</sup>. Die Überreste metallurgischer

<sup>3293</sup> Am Beispiel der Objekte von Tal-I Iblis II siehe Pigott – Lechtman 2003, 298-306. bes. 300.

<sup>3294</sup> Thornton 2010, 43; Thornton 2009, 318; Helwing 2011e, 530.

<sup>3295</sup> Vgl. Helwing 2011e, 527. 529f.

<sup>3296</sup> Helwing 2011e, 526f. 529f.

<sup>3297</sup> Christopher Thornton (Weeks 2008, 338).

<sup>3298</sup> Thornton 2009, 311; Ghirshman 1938, Pl. LII.; Zum Tepe Sialk und seiner Metallurgie siehe auch Matthews – Fazeli 2004, 65f.

<sup>3299</sup> Thornton 2009, 311 (spätes 5. Jt. v. Chr.); Matthews – Fazeli 2004, 65: Schlackenanhängungen an einem 4600-4000 v. Chr. datierten Tiegelfragment, eine Verhüttung wird angenommen.

<sup>3300</sup> Thornton 2009, 311 Fig. 3 Abbildungsunterschrift.

<sup>3301</sup> Helwing – Chegini 2011. – Zu Jazān siehe Helwing – Chegini 2011, 424. 435f.

<sup>3302</sup> Majidzadeh 1979; Matthews – Fazeli 2004, 63-65; Für eine Datierung ins frühe 4. Jt. v. Chr.: Thornton 2009, 312. – Für eine (überholte) Datierung ins späte 5. Jt. v. Chr.: Benoit 2004, 185; Pigott 1999c, 111f.

<sup>3303</sup> Thornton 2009, 312.

<sup>3304</sup> Thornton 2009, 313.

<sup>3305</sup> Matthews – Fazeli 2004, 64.

<sup>3306</sup> Im Folgenden weitgehend nach Thornton 2009, 312.

<sup>3307</sup> Majidzadeh 1979, 83 Fig. 2-3.

<sup>3308</sup> Craddock 2000, 155; Thornton 2009, 312.

<sup>3309</sup> Thornton 2009, 312f.

Aktivitäten sind bislang nicht untersucht<sup>3310</sup>, werden aber als Hinweis auf Tiegelverhüttung herangezogen<sup>3311</sup>. Aus Tepe Ghabristan Phase II Level 9 wie auch aus den zeitgleichen Tepe Sialk und Tepe Hissar liegen Dolche mit Mittelrippe und Angel vor<sup>3312</sup>. Erstes Silber von Tepe Sialk (Sialk III<sub>5</sub>; Kat. 36) und Bleiglättefunde aus Arisman (Sialk III<sub>6-7</sub>; Kat. 39) könnten ungefähr gleichzeitig zu datieren sein<sup>3313</sup>. Auch aus Tepe Sialk (ca. 3660–3520 B.C.; Kat. 38) wurde Bleiglätte bekannt; Tepe Hissar (Kat. 40,I) zeitigte Bleischlacke, die in Zusammenhang mit der Silbergewinnung stehen könnte, oder Bleiglätte, wobei die Datierung in die spätere erste und zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. erfolgt<sup>3314</sup>. Für die Litharge Arismans und Tepe Sialks wird aufgrund bleiisotopischer Untersuchungen die Herkunft des silberhaltigen Bleierz aus der Mine von Nakhlak mit antiken Abbauspuren erwogen<sup>3315</sup>. Die Verbreitung von Dolchen, Arsenkupfer und Silber erfolgt in Teilen des Untersuchungsgebietes möglicherweise im gleichen Horizont (vgl. aber auch unten den Formenbestand an Schwergeräten). Alle neun analysierten Objekte aus Tepe Sialk (Sialk III) bestehen aus Arsenkupfer mit durchschnittlich 2,1 % As, ein Objekt aus Sialk IV weist 5,8 % As auf<sup>3316</sup>. Erste Dolche im iranischen Hochland und in Zentralasien finden sich bereits im 5. Jt. v. Chr.<sup>3317</sup>. Von der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. könnten die ersten Dolche mit Griffangel des Iran und Zentralasiens stammen (Ilgynly Depe, Hissar I, Sialk III<sub>2</sub> und III<sub>5</sub>)<sup>3318</sup>. Ungefähr gleichzeitig zwischen 4200–4000 v. Chr. oder kurze Zeit später verbreiten sich Dolche mit teils etwa dreieckiger Griffplatte und weitere Typen, wie sie aus Tell-e Bakun in der Fars, Tepe Hissar II, Ghabristan II, Kurgan 1 von Soyuq Bulaq und Ilgynly Depe (Namazga II) bekannt sind<sup>3319</sup>. Viele dieser Fundorte geben auch Hinweise auf Silbermetallurgie. Grabbau und Bestattungssitten von Soyuq Bulaq (Kat. 16) und Sé Girdan (Kat. 41) beispielsweise finden Entsprechungen in den nordpontischen Steppen und dem Kubangebiet (Majkop)<sup>3320</sup>. In Namazga Zusammenhängen (I–III?) werden verunreinigte Kupfer verwendet, deren Beimengungen – die Höhe der Gehalte soll nicht auf eine intentionelle Legierung hinweisen – sich aus den Erzen erklären (Pb, Bi, As, Sb, Ag, ...) <sup>3321</sup>. Im Vorland des Kopet Dag wurde Arsenkupfer etwa in der Siedlung Koushut bereits ca. 4500–4200 v. Chr. in der Periode Anau IA nachgewiesen<sup>3322</sup>. In der rohstoffarmen Region des Kopet Dag Vorgebirges soll zur Zeit der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. während der Periode Namazga II ein Austauschnetzwerk<sup>3323</sup> für eine ganze Reihe von Materialien etabliert worden sein, welches mit Tal-i Iblis das Zentraliranische Plateau und zum Beispiel auch das Industal erreichte. In der folgenden Periode Namazga II soll sich

<sup>3310</sup> Stand 2009, siehe Thornton 2009, 312.

<sup>3311</sup> Vgl. bei Craddock 2000, 155.

<sup>3312</sup> Majidzadeh 1979, 85 Fig. 4; 86f. mit Table 1; Pigott 1999c, 112.

<sup>3313</sup> Yener (2000, 3 Anm. 1) nennt „2 silver buttons“ aus Tepe Ghabristan, bezieht sich aber wohl auf die bei Majidzadeh (1979, 86 mit Anm. 18) erwähnten Funde vom Tepe Sialk (vgl. Kat. 36).

<sup>3314</sup> Nezafati – Pernicka 2012, 39.

<sup>3315</sup> Nezafati – Pernicka 2012, bes. 43; Zu Nakhlak und iranischen Lagerstätten als Quelle für späteres Silber siehe kurz Wood u. a. 2017a, 4 mit weiterer Literatur.

<sup>3316</sup> RIA 8 (1993) 119-136 s. v. Metalle. B (J. D. Muhly), 126f.

<sup>3317</sup> Helwing 2012, 213; Mit weiterer Literatur Ivanova 2012, 11f.

<sup>3318</sup> Ilgynly Depe und Zentralasien: Chernykh 1992, 30f. mit Fig. 8. – Tepe Hissar I: Schmidt 1937, 56. Plate XVI. – Tepe Sialk: Ghirshman 1938, 54. 64. Planche 85, S.312. S.127. S.1735.

<sup>3319</sup> Matthews – Fazeli 2004, 66. 71; Moorey 1982b, 85; Majidzadeh 1979, 85 Fig. 4; 86f. mit Table 1; Pigott 1999c, 112; Tell-e Bakun Level 2: Alizadeh 2006, 81. 250f. mit Fig. 70. – Tepe Hissar II, H.3012 mit Mittelrippe: Schmidt 1937, 119. Plate 29, H.3012. H.4677. – Soyuq Bulaq: Lyonnet u. a. 2008, 30f. mit Fig. 6 und Tab. 2. – Ilgynly Depe: Solovyoa u. a. 1994.

<sup>3320</sup> Hier soll nur auf überdeckte Grabkammern, rote Farbpigmente im Grab und Steinringe um die Grabkammer bzw. den Tumulus, in den Steppen finden sich anstelle der Steinringe teilweise Einfassungen aus aufrechten Platten, hingewiesen werden (vgl. etwa Kat. 16. 17. 41); Hansen 2009, 37.

<sup>3321</sup> Chernykh 1992, 31. – Zur Metallurgie von Namazga siehe Chernykh 1992, 26-32.

<sup>3322</sup> Nach Ivanova 2012, 13.

<sup>3323</sup> Ivanova 2012, 18f.

dieses System während der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. bis in den Nord- und Westiran ausgedehnt haben.

Zeitgleich mit Ghabristan II (frühes 4. Jt. v. Chr.<sup>3324</sup>) – über Keramik in Sialk III<sub>4-5</sub> bis III<sub>6-7</sub> datiert – sind entlang der Ränder der Wüste bei Arisman kleine Werkplätze wie etwa Qaleh Gusheh<sup>3325</sup> (Fundplätze 1–3) bekannt, in denen mit Tiegeln mit Griffen verhüttet wurde, in denen sich aber auch Tiegel vom Typ Ghabristan fanden (Fundplatz 1 und 3; Sialk III<sub>4-5</sub>). Schlacken Kuchen werden in diesem Zusammenhang berichtet<sup>3326</sup>. Der konkrete Bezug bleibt aber unklar. Die größeren Tiegel mit steiler Wandung und Griff (Typ Qaleh Gusheh) sind wohl die Älteren, zu ihnen liegen keine Hinweise auf Abdeckungen vor und sie werden als Verhüttungstiegel interpretiert<sup>3327</sup>.

Charakteristisch für Phase II von Ghabristan sind dagegen flache runde Tiegel mit durchlochem Standfuß (Taf. 32, 3), deren Durchlochung zur Handhabe oder zur Vermeidung von Hitzespannungen gedient haben könnte<sup>3328</sup>. Tiegel dieser Art finden sich auch an noch weiteren Fundorten wie Tepe Sialk, Arisman Area B und Tepe Ma'morin<sup>3329</sup>. Kontakte lassen sich in Arisman<sup>3330</sup> Area B auch an Gussformen für Barren, Schaftlochäxte und Beile sowie an Tonzylindern für Schaftlöcher festmachen<sup>3331</sup>. Schichten von Arisman B<sup>3332</sup> sind über Keramik und <sup>14</sup>C-Daten in die Zeit von Sialk III<sub>6-7</sub> (ca. 3700-3400 v. Chr.) datiert<sup>3333</sup>. Die Tiegel vom Typ Ghabristan sind weiter gar mit Tiegelfunden aus Çamlıbel Tarlası in Anatolien vergleichbar (vgl. Kap. IV.1.4; Taf. 22, 2). Als weitere Überreste metallurgischer Aktivitäten aus Arisman Area B liegen größere Mengen an Schlacken, Erz, Hammersteine und eine mögliche Tuyère vor<sup>3334</sup>. Besonders zu erwähnen ist Bleigliätte als Überrest der Kupellation (Kat. 39)<sup>3335</sup>. Für das Blei von Arisman, das der Kupellation zugeführt wurde, wird aufgrund der Isotopencharakteristik eine Herkunft aus der reichen Bleisilbermine von Nakhlak am westlichen Zentralplateau vorgeschlagen<sup>3336</sup>. Der Iran ist insgesamt reich an Blei-Silber-Zinklagerstätten, und antike Abbauspure sind bekannt<sup>3337</sup>. Für das Kupfererz von Arisman werden Kupferarsenide aus verschiedenen Bezugsquellen genannt<sup>3338</sup>. Ab den ältesten Schichten von Arisman Area B, spätes Sialk III, finden sich Tiegel vom Typus Ghabristan, und mutmaßlich später werden diese zur Zeit von Sialk IV von schüsselartigen Tiegeln mit flachem Boden abgelöst (Fundorte sind die

---

<sup>3324</sup> Vgl. Thornton 2009, 312.

<sup>3325</sup> Thornton 2009, 313; Helwing – Chegini 2011, 424f. 440-442; Helwing 2011e, 525.

<sup>3326</sup> Qaleh Gusheh 3 (Helwing – Chegini 2011, 441).

<sup>3327</sup> Helwing 2011e, 525 mit Anm. 3; Helwing – Chegini 2011, 441.

<sup>3328</sup> Thornton 2009, 312; Helwing 2011c, 262.

<sup>3329</sup> Helwing 2011c, 262.

<sup>3330</sup> Zu Arisman allgemein siehe Vatandoust u. a. 2011; Helwing 2011a; Helwing 2011c, 254 (kurz zum Nutzungscharakter der verschiedenen Gebiete [Areas]); Helwing 2011e; Kurz zur Datierung der einzelnen Areas Stöllner u. a. 2011, 633.

<sup>3331</sup> Siehe Thornton 2009, 319; Helwing 2011c, 266-269.

<sup>3332</sup> Boroffka u. a. 2011.

<sup>3333</sup> Thornton 2009, 313. – Helwing spricht von der Mitte des 4. Jt. v. Chr. (Barbara Helwing [Weeks 2008, 337]). Vgl. Boroffka u. a. 2011, bes. 28. 38. Nach Helwing (2011e, 526) ist Arisman B Teil einer Koinē bemalter Keramik auf dem Iranischen Plateau und bildet einen zeitlichen Horizont mit Tepe Sialk III<sub>6-7</sub>, Tepe Ghabristan IV, Tepe Hissar IC//IIA und ist zeitgleich zu Iblis IV und Godin VI und späten Namazga II (Turkmenistan) sowie der Mittelurukperiode (Uruk VII/VI) und Susa acropole I Schicht 18.

<sup>3334</sup> Thornton 2009, 313; Barbara Helwing (Weeks 2008, 337).

<sup>3335</sup> Zur Litharge siehe etwa Pernicka u. a. 2011, 650f. mit Table 3, a-b; 660 Table 8; 665. 667. 670f.

<sup>3336</sup> Siehe dazu, hauptsächlich aus der Feder Pernickas, die Ergebnisse bei Stöllner – Weisgerber 2004, 76. 86f. mit Anm. 33. 94; Muhly 2011, 859; Vgl. dazu die ähnliche Genese und damit mutmaßlich ähnliche Isotopencharakteristik zentraliranischer Erzformationen (Stöllner – Weisgerber 2004, 78. bes. 81). Die Erze von Nakhlak weisen einen hohen Silbergehalt auf (Stöllner – Weisgerber 2004, 82).

<sup>3337</sup> Siehe Momenzadeh 2004, 15 Abb. 5.

<sup>3338</sup> Barbara Helwing (Weeks 2008, 337).

Schlackenhalde A und D sowie der Werkstattbereich C)<sup>3339</sup>. Eine Funktion der Tiegel vom Typ Ghabristan als Gusstiegel wie auch als Verhüttungstiegel wird von Helwing genannt<sup>3340</sup>. Helwing rekonstruiert für die Mitte des 4. Jt. v. Chr. (spätes Sialk III) in Arisman und seiner Umgebung eine Verhüttung von fein aufbereiteten oxidischen Erzen in Tiegeln (Tiegel mit Griff sowie Typ Ghabristan), die in kleine Gruben gesetzt und mit Holzkohle überdeckt wurden<sup>3341</sup>. Nach der Verhüttung soll das Kupfer aus den Schlacken durch Zerschlagen gewonnen worden sein. Für möglicherweise beide Arten von Tiegeln wurden Deckel und Abdeckungen mit Griffknubbe oder Loch gefunden (Taf. 32, 4. 5)<sup>3342</sup>; spätere Tiegel (zwei Varietäten: Tiegel mit flacher Basis [Dm 8-10cm] und runde Tiegel [Dm 26-28cm]) zeigen teils Abdeckungen und/oder einen Einbau in Ofenkonstruktionen<sup>3343</sup>. Für die Tiegel vom Typ Ghabristan, die möglicherweise ab dem frühen 4. Jt. v. Chr. belegt sind (s. o.), stellt sich die Frage, ab wann Abdeckungen aufkommen. Die Deckel mit Griffknubbe wurden ausschließlich in Area B gefunden, so dass sich eine funktionale Verbindung zu Tiegeln des Typs Ghabristan abzeichnet, nach Helwing im Rahmen des Schmelzens von Kupfer (zum Guss)<sup>3344</sup>. Die meist runden Abdeckungen mit zentraler Durchlochung könnten im Rahmen anderer pyrotechnischer Einrichtungen wie Öfen (vgl. oben) Verwendung gefunden haben<sup>3345</sup>. Abdeckungen können auch die Atmosphäre beim Verhütten regulieren helfen, und könnten so zur Herstellung von Legierungen mit Arsen etc. etwa bei Zementationsprozessen während einer Verhüttung beitragen. Genauso könnten sie Arsenverluste beim Zumischen etwa von Kupferarseniden zu einer Kupferschmelze vermeiden helfen. Schließlich könnten sie einer vorzeitigen Entschwefelung bei einem Sulfidschmelzen vorbeugen (siehe oben Beginn Arsenkupfer und vgl. unten Entwicklung der Zusammensetzungen von Legierungen). Der Beginn der Arsenkupfernutzung wird sowohl im ausgehenden 5. als auch im beginnenden 4. Jt. v. Chr. gesehen (s. o.). Weitere Untersuchungen zu den Verfahren, die sich an unterschiedlichen Tiegelformen und Vorrichtungen mittels detaillierter Analysen ablesen lassen könnten, sind angezeigt. Die Schlacken von Arisman B sind eher klein (kleiner als faustgroß), zeigen schwach reduzierende Bedingungen an und zeichnen sich teils durch zahlreiche Einschlüsse von Kupfer- oder Bleitropfen je nach Probe aus<sup>3346</sup>. Die Schwefelgehalte der Schlacken (und auch einiger Kupfer), sofern diese bestimmt wurden, scheinen durchweg niedrig (unter 3 %)<sup>3347</sup>. Die Kupfereinschlüsse in Schlacken können mit Arsen und Eisen im einstelligen Prozentbereich sowie auch mit Antimon verunreinigt sein<sup>3348</sup>. Eine Reihe von Kupfertropfen von Arisman B zeigt teils hohe Arsengehalte, die mit hohen Eisengehalten einhergehen (z. B. FG-012259 mit dem höchsten As-Gehalt: As 18,4 Gew.%, Fe 13,6 Gew.%)<sup>3349</sup>. Eine Zugabe von Arsenopyrit (oder Speise) könnte sich anzeigen, ferner auch durch die Deckel hervorgerufene überstark reduzierende Bedingungen (vgl. oben die Schlacken). Jedoch lassen sich die letztgenannten

<sup>3339</sup> Helwing 2011c, 261-263; Tiegel vom Typ Ghabristan finden sich in Area B ab Phase B-8 und mit einer Fundhäufung in Schicht B-6 (Helwing 2011c, 261f.).

<sup>3340</sup> Funktion als Gusstiegel: Helwing 2011c, 262; Helwing 2011e, 526. – Helwing (2011b, 262f.) trifft eine Unterscheidung zwischen den Verhüttungs- und Schlackenplätzen A und D und dem Werkbereich C (workshop), wo Rohkupfer geschmolzen wurde. Area B wird von ihr auch unter Workshop gesehen. Die Funktion der Tiegel müsste gesondert erschlossen werden. – Funktion als Verhüttungstiegel: Helwing 2011e, 525 mit Anm. 3.

<sup>3341</sup> Helwing 2011e, 525 mit Anm. 3.

<sup>3342</sup> Helwing 2011c, 263.

<sup>3343</sup> Helwing 2011c, 263. 264; Helwing 2011e, 528; Steiniger 2011, 69-79.

<sup>3344</sup> Helwing 2011c, 263.

<sup>3345</sup> Helwing 2011c, 263; Helwing 2011e, 528.

<sup>3346</sup> Pernicka u. a. 2011, 646. 648. 655.

<sup>3347</sup> Z. B. Pernicka u. a. 2011, 650 Table 3a; 657 Table 5; 659 Table 7.

<sup>3348</sup> Pernicka u. a. 2011, 656-659 mit Table 5. 6.

<sup>3349</sup> Pernicka u. a. 2011, 675 mit Table 14.

Kupfertropfen, mit zwei Ausnahmen, bleiisotopisch nicht mit den Schlacken in Verbindung bringen<sup>3350</sup>. Kupferartefakte aus Arisman C (etwa Sialk IV entsprechend) und B zeigen unterschiedliche Bleiisotopien, einige Artefakte aus Arisman B lassen sich dabei teilweise mit den Kupfertropfen, andere teils mit den Schlacken aus Arisman sowie teils mit einer Herkunft aus Kašan oder Vešnave in Verbindung bringen<sup>3351</sup>. Die Kupferobjekte tragen variierende Fe- und As-Gehalte<sup>3352</sup>: Neben solchen mit erhöhten Fe- und As-Werten gibt es auch solche, die hohe Arsengehalte und niedrige Eisengehalte aufweisen (FG-030138 Fe <0,05 Gew.%, As 4,1 Gew.%). Legierungen dieser Art sollten sich mit einem Strang der hier postulierten chalkolithischen Erzeugung von Legierungen, den Tiegeln vom Typ Ghabristan und Deckeln in Verbindung bringen lassen.

Etwa mit Arisman B zeitgleiche Reste der Verhüttung stammen von Tepe Sialk<sup>3353</sup>. Die Schlacken aus der Periode Sialk III<sub>6-7</sub> (ca. 3700–3400 v. Chr.) enthalten hohe Gehalte (6–30 Gew.% Cu<sub>2</sub>O) an Kupfer (in verschiedener Form) und unaufgeschmolzenen Erzrelikten. Es wurden vermutlich gemischte carbonatische, oxidische und sulfidische Erze mit Gehalten an Arsen und Eisen in Tiegeln oder Öfen verhüttet<sup>3354</sup>. Arsen und Eisen finden sich auch in von der Schlacke eingeschlossenen Kupfertropfen wieder. Insgesamt sind die Schlacken schlecht aufgeschmolzen, was an einem zu geringen Eisengehalt liegt<sup>3355</sup>. Die Temperaturen erreichten etwa 1000–1100 °C und die reduzierenden Bedingungen waren recht mäßig<sup>3356</sup>. Thornton sieht diese Schlacken daher als nicht charakteristisch an und begründet dies damit, dass Sialk als Wohnort nur in *small-scale* Kupfer- und Blei/Silberproduktion involviert gewesen wäre im Gegensatz etwa zu Arisman, das eine extraktive Metallurgie in industriellem Maßstab vorwies<sup>3357</sup>. Aber auch andere frühe Schlacken weiterer Fundorte, die Thornton bespricht (etwa Tepe Hissar im Folgenden), sprechen gegen allzu „fortschrittliche“ Verhüttungstechniken<sup>3358</sup>. Differenziert betrachtet bietet das verschlackte Material auch Hinweise auf die Verhüttung eisenarmer Chargen durch *co-smelting*-Prozesse unter eher oxidierenden Bedingungen und darüber hinaus Anhaltspunkte für das Ausschmelzen einer Sulfidphase aus einem hochrefraktären Erz. Arsen-/Antimonmangellegierungen und Kupfer hätten sich aus der Sulfidphase abscheiden können (vgl. Kap. II.3.1)<sup>3359</sup>.

Nicht gänzlich in die in dieser Arbeit vorgeschlagene Rekonstruktion des Verfahrens zur Produktion von Arsenkupfer mit einer Art Schmelzgranulat passen die Hinweise auf Gussformen für Barren aus Seh Gabi bei Godin Tepe und Ghabristan des frühen 4. Jt. v. Chr.<sup>3360</sup>.

Um etwa 3600 v. Chr. datieren drei Schlacken und zwei verschlackte Tiegelfragmente von Tepe Hissar<sup>3361</sup>. Während nach Thornton die Tiegelfragmente und eine der Schlacken von einem sekundären Verhütten oder einem Schmelzprozess stammen sollen, würden zwei der Schlacken von einer primären Verhüttung stammen. Diese beiden sind eisenreich und ‘fayalitischer’ Art und zeigen trotzdem wieder, dass die Charge wegen zu niedriger Temperaturen und/oder zu kurzer Schmelzzeiten

---

<sup>3350</sup> Pernicka u. a. 2011, 676.

<sup>3351</sup> Pernicka u. a. 2011, 676. 679 Fig. 45-46 (cave: Symbole fehlen).

<sup>3352</sup> Pernicka u. a. 2011, 676 Table 15.

<sup>3353</sup> Thornton 2009, 313f. 319; Schreiner u. a. 2003. – Zur Datierung auch Barbara Helwing (Weeks 2008, 337).

<sup>3354</sup> Marcus Schreiner (Weeks 2008, 337); Schreiner u. a. 2003, 493. 495.

<sup>3355</sup> Thornton 2009, 313f.

<sup>3356</sup> Marcus Schreiner (Weeks 2008, 337); Thornton 2009, 314.

<sup>3357</sup> Thornton 2009, 314.

<sup>3358</sup> Vgl. Thornton 2009, 314.

<sup>3359</sup> Vgl. Schreiner u. a. 2003 und die Ausführungen zu den Schlacken von Tepe Sialk in Kap. II.3.1.

<sup>3360</sup> Aus Seh Gabi (Godin VII-Zeit; Moorey 1982b, 83 mit weiterer Literatur) und Ghabristan liegen mögliche Barrengussformen vor, die ins frühe 4. Jt. v. Chr. datiert werden (Matthews – Fazeli 2004, 69).

<sup>3361</sup> Thornton 2009, 314 mit weiterer Literatur.

noch hochviskos war. In diesen Schlacken gefangene *prills* enthalten Arsen (<3 Gew.%) und Eisen<sup>3362</sup>. Im Falle dieser beiden Schlacken sind Kupferverluste an die Schlacken gering (2–3 Gew.% Cu<sub>2</sub>O), und die Schlacken sind reich an Eisen (FeO:SiO<sub>2</sub> = 1,3)<sup>3363</sup>. Reste unreaktierten Erzes und Gangmaterials weisen auf Kupfereisensulfide (z. B. Bornit Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub>) mit Gehalten an Arsen und Blei als Erzbasis hin<sup>3364</sup>. Als Gangmaterial soll Eisenoxid, Apatit und Steatit (Talkschiefer) in den Prozess gelangt sein. Weiter wird die Zugabe von oxidischen Erzen zwecks *co-smelting* in Erwägung gezogen<sup>3365</sup>. An dieser Stelle konstatiert Thornton, dass die Schlacken von Sialk dem „Levantinischen Modell“ folgten (schlechte Trennung von Schlacke und Metall), während die Schlacken von Hissar eisenreich seien, und sich wie die Schlacken von Murgul flüssigen Schlacken annäherten und eine Auswahl arsenreicher Erze zeigen<sup>3366</sup>. Da der Eisengehalt von in Schlacken eingeschlossenen Kupfertropfen unter 4% liegt, und da keine archäologischen Hinweise vorhanden sind, vermutet Thornton, aber mit großem Bedenken, dass einfache Grubenöfen für die Verhüttungsoperationen genutzt wurden<sup>3367</sup>. Größtenteils ist nach Thornton das 4. Jt. v. Chr. durch die Verwendung von Kupfer mit As und/oder Pb gekennzeichnet<sup>3368</sup>. Ein Tiegel mit zweischichtigem Aufbau aus Tepe Hissar (3737-3506 cal BC [2-σ]) zeigt in der inneren Schicht eine refraktäre Magerung mit Steatit<sup>3369</sup>. Dieser bislang für diese frühe Zeitstellung einzigartige Tiegel wurde von außen erhitzt und zeigt auf der Innenseite eine Verschlackung, die über 20 % Pb- und Cu-Oxide enthält<sup>3370</sup>. Darin eingeschlossene *prills* weisen 1–3 Gew.% As und Ag sowie teilweise Kupfersulfidhüllen auf<sup>3371</sup>. Aufgrund der Oxide im Innern des Tiegels wird eine leicht oxidierende Atmosphäre erschlossen, die Deutung geht dabei in Richtung des Schmelzens von Cu-Pb-Legierungen (mit hohen Gehalten an As und Ag), wobei Guss-, Raffinations- und Legierungsoperationen (AsCu mit Pb) nicht ausgeschlossen werden<sup>3372</sup>. Eine kompakte Schlacke mit Fayalit enthält kleine *prills* aus Kupfer, Arsenkupfer und Cu-Fe-Matte<sup>3373</sup>. Auch wenn eine Beziehung zum eben besprochenen Tiegel nicht hergestellt werden kann<sup>3374</sup>, sticht wieder das Auftreten von Sulfiden ins Auge. Andere Tiegel desselben Fundortes bestehen aus normalem, nur wenig refraktärem keramischem Material<sup>3375</sup>. Eine Verbindung zum Anfall von Speisen ist zu hinterfragen (vgl. Kap. II.2.4.4.7).

Thornton stellt Gemeinsamkeiten bei Tiegeln, Gussformen und Techniken fest (Tepe Ghabristan, Tepe Sialk, Arisman). Gleichzeitig sieht er aufgrund von Unterschieden (Qaleh Gusheh bei Arisman und Hissar) die Technologie als „balkanized“; in Anlehnung an Ergebnisse aus der südlichen Levante (*shared knowledge*) konstatiert er dabei „lines of communication leading to shared technologies“<sup>3376</sup> in der Kupfermetallurgie des Iranischen Hochlandes, wie es ähnlich bereits Heskell postulierte<sup>3377</sup>. Helwing sieht mit Fundorten wie Tepe Ghabristan, Tepe Sialk, Arisman und Tepe Ma'morin eine *coiné* der

<sup>3362</sup> Thornton 2009, 314.

<sup>3363</sup> Thornton 2009, 314.

<sup>3364</sup> Vgl. auch Christopher Thornton (Weeks 2008, 338).

<sup>3365</sup> Thornton 2009, 314.

<sup>3366</sup> Thornton 2009, 314.

<sup>3367</sup> Thornton 2009, 314f.

<sup>3368</sup> Christopher Thornton (Weeks 2008, 338).

<sup>3369</sup> Thornton u. a. 2010, 307; Thornton – Rehren 2009, bes. 2702f.

<sup>3370</sup> Thornton – Rehren 2009, bes. 2703. 2706.

<sup>3371</sup> Thornton – Rehren 2009, 2703.

<sup>3372</sup> Thornton – Rehren 2009, 2700. 2706.

<sup>3373</sup> Thornton – Rehren 2009, 2706.

<sup>3374</sup> Thornton – Rehren 2009, 2706.

<sup>3375</sup> Thornton – Rehren 2009, 2705. 2707 Table 2; 2710.

<sup>3376</sup> Thornton 2009, 319.

<sup>3377</sup> Thornton 2009, 319; Zum Begriff „balkanized“ siehe Yener 2000, 26, Helwing 2017, 161f. und vgl. die Bemerkungen in Kap. I.1 und IV.3. – Heskell nennt als eine der Voraussetzungen etablierte (Handels-)Netzwerke (Heskell 1982, 3. 15. 61. 139. 160-163. 289. 314. 352. 389. 391. 403).



Kupferproduktion im westlichen Zentralplateau, Fundorte wie Tepe Yahya und Tepe Hissar sollen ihre eigene Tradition gehabt haben<sup>3378</sup>. Die Fundorte waren gleichzeitig in weitere Netzwerke eingebunden: Schwergewichte vom westlichen Zentralplateau etwa sollen sich mit solchen aus Susa I Zusammenhängen vergleichen lassen<sup>3379</sup>. Auch zeigen etwa Arisman Area B und der South Mound von Sialk während spätem Sialk III in der Keramik (Mittelurukformen im Keramikinventar) Kontakte mit Mesopotamien<sup>3380</sup>. Die Fundorte Sialk (vgl. Kat. 36. 37. 38), Arisman bei Kašān (Kat. 39), Hissar (Kat. 40) und Fundorte wie Ilgynly-Depe (Kat. 60) in Turkmenistan teilen auch die Gewinnung von Silber mutmaßlich durch Kupellation ab dem frühen bis mittleren 4. Jt. v. Chr. und zeigen für die Silbermetallurgie, dass sie in einen Kommunikationsraum eingeschlossen sind (s. u.)<sup>3381</sup>. In Ilgynly-Depe wurde Bleiglätte mit einer Datierung in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. gefunden (Kat. 60). Sie enthält teilweise Arsen, Kupfer sowie Blei. Salvatori und Kollegen hinterfragen einen Zusammenhang mit der Kupellation kritisch und bringen unter Vorbehalt u. a. eine Verwendung von Blei als Desoxidans oder als Mittel zur Extraktion von Gold und Silber aus Erzen ins Spiel<sup>3382</sup>. Weitere Möglichkeiten Silber zu gewinnen, wie etwa eine Extraktion aus Chloriden, werden genannt; Brom in Silber des Ilgynly-Depe ist nachgewiesen<sup>3383</sup>. Die Rolle als Desoxidans könnte sich durch Bleigehalte im Kupfer manifestieren<sup>3384</sup>. Inwieweit dabei auch ein Zusammenhang mit dem Absaugern von Metallphasen nach Schmelzpunktunterschieden oder mit der Nutzung sulfidischer Erze wie Fahlerzen und der Abscheidung von Speisen aus Sulfidphasen unter oxidierenden Bedingungen denkbar wäre, muss weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben. Kleinste Schlackenreste (einige mm bis 1–3 cm) und Kupfertropfen aus Ilgynly-Depe, darunter ein flachgehämmerter sowie ein stärker mit Arsen legierter Kupfertropfen, werfen ein Licht auf die Methoden zur Kupferextraktion, i. e. möglicherweise ein Zerschlagen der Schlacken<sup>3385</sup>. Vom selben Fundort stammen eine grazile und fragmentierte mutmaßlich kreuzschneidige Schaftlochaxt sowie Klingen, aufgefunden „possibly tied together“, mit erhöhten Arsengehalten (2,2 % As, 0,22 % Fe; 1,8 % As, 0,03 % Fe)<sup>3386</sup>. Häufig sind aber Kupferbleilegierungen und Kupfer mit Silber Spuren<sup>3387</sup>. Ein möglicherweise bauchiges Gefäß könnte eine Tiegelfunktion gehabt haben<sup>3388</sup>. In weiteren zentralasiatischen Fundorten wie Kara-Depe 3 und Sarazm I–II (Dat. etwa Namazga II–III) wurde Silber ab etwa dem zweiten Viertel des 4. Jt. v. Chr. gefunden (Kat. 59. 61)<sup>3389</sup>. Aus unklaren Kontexten von Sarazm liegen kreuzschneidige Schaftlochäxte vor<sup>3390</sup>. Kreuzschneidige Schaftlochäxte (Ghabristan), Äxte und insbesondere Gussformen derselben (Ghabristan, Arisman, Tepe Hissar, Shah Tepe) stammen aus dem iranischen Hochland; solche Äxte unterschiedlicher Form – bzw. Hinterlassenschaften, die auf ihre Kenntnis schließen lassen – finden

---

<sup>3378</sup> Helwing 2017, 163.

<sup>3379</sup> Helwing 2017, 163; Vgl. auch Helwing 2011a-e.

<sup>3380</sup> Helwing 2011b, 219.

<sup>3381</sup> Nach Thornton 2009, 319 und vgl. Thornton 2009, 319.

<sup>3382</sup> Salvatori u. a. 2009, 59-63. bes. 61. 63f.

<sup>3383</sup> Salvatori u. a. 2009, 53f. 63.

<sup>3384</sup> Salvatori u. a. 2009, 64.

<sup>3385</sup> Insbesondere die Kupfertropfen und auch ein flachgehämmertes Exemplar könnten für ein Aufbrechen von Schlacken durch Zerschlagen und Aussammeln der Kupfertropfen sprechen (vgl. Salvatori u. a. 2009, bes. 50. 53 mit Fig. 6-7); Der flachgehämmerte Schmelztropfen könnte u. U. auch auf eine Perlenproduktion zurückzuführen sein (Salvatori u. a. 2009, 53 Fig. 7 [mit Bildunterschrift]; 55-57).

<sup>3386</sup> Zitat: Solovyova u. a. 1994, 33; Solovyova u. a. 1994; Salvatori u. a. 2009, 48.

<sup>3387</sup> Salvatori u. a. 2009, bes. 48.

<sup>3388</sup> Salvatori u. a. 2009, 54f. mit Fig. 8.

<sup>3389</sup> Zur Datierung und Parallelisierung Parzinger 2006, 147-151. 233-235.

<sup>3390</sup> Boroffka 2009, 248 Fig. 2; 250; Chernykh 1992, 47 Fig. 14,3; 48.

auch eine Verbreitung im Kaukasus, Zentralasien und auch im Tiefland Mesopotamiens<sup>3391</sup>. Während die Datierung dieser Formen häufig schwierig ist, werden sie im Zusammenhang des späten 5. und frühen 4. Jt. v. Chr. besprochen<sup>3392</sup>. Eine Herleitung der kreuzschneidigen Schaftlochhäxte aus karpato-balkanischen Traditionen wurde erwogen, aber aufgrund der weiten Verbreitung und der Hinweise auf Produktion im iranischen Hochland kritisch gesehen<sup>3393</sup>. Ihre Verbreitung könnte dennoch Indiz einer weiträumigen, ‚weltweiten‘ Kommunikation sein. Für die „komplizierte“ Silbertechnologie sieht Thornton eine gewisse Teilhabe an „shared knowledge“ bezüglich der Silbertechnologie mit dem syroanatolischen Bereich<sup>3394</sup>. Mit Sé Girdan (Kat. 41) im Nordwestiran liegen u. a. Silbergefäße sowie kupferne Flachbeile und Schaftlochhäxte aus Grabtumuli des Majkoptypus vor<sup>3395</sup>. Die Majkop-Kultur selbst ist sehr silberreich, setzt etwa um 3700 v. Chr. ein und ist in weitreichende Netzwerke in den Norden (Steppen) und mutmaßlich nach Südmesopotamien sowie in die Gebiete Irans und Zentralasiens eingebunden (vgl. Kap. IV.1.2.3). Mit wenigen möglichen Ausnahmen, deren Stratifizierung und Datierung unsicher ist (Tepe Sialk [Kat. 36], Tepe Hissar Zuweisung IIA<sup>3396</sup>, entsprechend etwa Sialk III<sub>6-7</sub><sup>3397</sup>), scheint das Gros der Silberfunde nicht vor der Mitte des 4. Jt. v. Chr. zu liegen. Bemerkenswert ist, dass spätestens aus der Mitte des 4. Jt. v. Chr. und damit um die Zeit, in der die Silberfunde auftreten, aus Arisman (Kat. 39) Funde von Bleiglätte (Litharge) bzw. mit solcher imprägnierte Kupellen vorliegen (z. B. Taf. 12,5-7), welche um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. (Sialk III<sub>6-7</sub>/3700-3400 v. Chr.) datiert werden können (vgl. auch Tepe Hissat [Kat. 40, I])<sup>3398</sup>. Das weitaus meiste Silber des Iran kommt aber datierungsabhängig frühestens ab der zweiten Hälfte oder erst gegen Ende des 4. bzw. im frühen 3. Jt. v. Chr. auf (Susa, Tepe Sialk, Arisman, nordwestlicher Iran [vgl. Kat. 37. 39-43]. Weiter liegt ein Anhänger in Form eines Rinderkopfes ohne Provenienz vor [?; nicht im Kat.]<sup>3399</sup>). Über die Form der Anhänger mit Einlagen und der schieberartigen Stücke etwa gleicher Zeitstellung deuten sich dabei enge Verbindungen zwischen Susa und dem Hochland des Iran mit Tepe Sialk und Arisman an (vgl. Kat. 37, b. g; 39. 42, a–c). Kontakte lassen sich auch an Architektur, Keramik und Glyptik von Arisman (Area C), Sialk, Susa, Malyan ABC und Yahya IVC ablesen<sup>3400</sup>. Ferner lassen sich etwa über kupferne Doppelspiralkopfnadeln aus den Perioden Hissar IIB-III A und Sialk IV,1 Vergleiche ziehen<sup>3401</sup>. Aus Susa stammt noch eine unstratifizierte silberne Hundefigur, diese wird über eine vergleichbare goldene Hundefigur mit einem Silbergehalt von etwa 10 %, deren Herkunft letztlich auch nicht völlig gesichert ist, in die gleiche Zeit wie der Anhängerschmuck datiert (siehe hierzu Kat. 42, d.

<sup>3391</sup> Helwing 2012, 213; Boroffka 2009.

<sup>3392</sup> Helwing 2012, 213f.; Vgl. Boroffka 2009, 250 Fig. 4.

<sup>3393</sup> Helwing 2012, 213f.

<sup>3394</sup> Thornton 2009, 319.

<sup>3395</sup> Hansen 2011a, 296. 298.

<sup>3396</sup> Silberfunde wie zwei kleine Silberkappen vom Tepe Sialk (Kat. 36). könnten noch – „eine korrekte Stratifizierung unterstellt“ (Kohlmeyer 1994, 42) – in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr., wahrscheinlich aber spätestens um die Mitte des 4. Jt. v. Chr., datieren (siehe Kat. 36 Stratigraphische Einbindung/Datierung). Silberner Anhänger- und Ohrringschmuck aus Tepe Hissar (Kat. 40, b-d), der Hissar IIA zugeordnet wird, wäre der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. zuzuweisen, sollte die Zuordnung zu Hissar IIA korrekt sein. Wahrscheinlicher aber ist eine Datierung in die zweite Hälfte des 4. Jt. oder ans Ende des 4. und in das frühe 3. Jt. v. Chr. (siehe Kat. 40 Stratigraphische Einbindung/Datierung). Aus dieser Zeit stammen zahlreiche weitere Silberfunde vom Tepe Hissar.

<sup>3397</sup> Vgl. Helwing 2011e, 526.

<sup>3398</sup> Vgl. Voigt 1987, 636f. mit Fig. 2; Stöllner u. a. 2004, 651 Kat. 227-229; Barbara Helwing (Weeks 2008, 337); Thornton 2009, 313.

<sup>3399</sup> Materialangabe fehlt, Einlagen in Zellen, Datierungsangabe protoelamisch (Nicht im Kat., nach Helwing 2011c, 272 mit Anm. 53).

<sup>3400</sup> Helwing 2011e, 529f.

<sup>3401</sup> Dyson 1987, 656.

e). In dieser Zeit werden die Silberfunde zahlreicher und vielfältiger (siehe etwa Tepe Sialk [Kat. 37] und Tepe Hissar [Kat. 40]).

### IV.3.2. Frühe Metallurgie des Iran und Susas im Hinblick auf die Legierungsgehalte

Ab etwa der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. bestehen Objekte (Tepe Hissar IA-IB) aus Kupfer mit bis 2,5 Gew.% As, bis 1,1 Gew.% Pb sowie Gehalten an Sb, Ag und Ni (vgl. dazu Namazga)<sup>3402</sup>. Für die Frühzeit wird davon ausgegangen, dass für die Legierungen Erze verhüttet wurden, die reich an entsprechenden Nebenelementen waren. Thornton hebt die reichen polymetallischen Vererzungen mit Verunreinigungen an Pb, As, Sb, Ni usw. des iranischen Plateaus hervor und geht ob der leicht verfügbaren reinen oxidischen wie sulfidischen Kupfererze von einer gezielten Auswahl der polymetallischen Erze im 5. und 4. Jt. v. Chr. aus<sup>3403</sup>. Oft soll eine Kombination gemischter sulfidischer und oxidischer Erze verwendet worden sein<sup>3404</sup> (s. u. zum *co-smelting*). Die Hinweise auf (teil-)sulfidische Chargen lassen auch ein Sulfidschmelzen und die Abscheidung von Speisephase in das Blickfeld rücken (s. o.). Für Susa (Susa A-B) werden Bronzenadeln mit möglicher Datierung ins 4. Jt. v. Chr. und Zinnbronzen aus dem Gräberfeld von Kalleh Nissar im Zagros Gebirge mit einer Datierung um 3000 v. Chr. berichtet<sup>3405</sup>.

Veränderungen in der Verhüttungstechnik lassen sich an der Zusammensetzung der Kupferfunde ablesen. Dabei ist aber auch ein Nebeneinander verschiedener Produktionsmethoden zu einer gegebenen Zeit zu erwägen<sup>3406</sup>. Im frühen 4. Jt. v. Chr. wurden verschiedene Arsenkupferlegierungen und AsNi- und AsPb-Kupfer mit mutmaßlich geringen Eisengehalten in unterschiedlichen Fundorten des Irans genutzt. Im ausgehenden 4. Jt. v. Chr. lässt sich dann möglicherweise eine Tendenz hin zu Arsenkupfern und Arsenbleikupferlegierungen mit teils erhöhten Fe-Gehalten nachzeichnen. Aber auch in späteren Zeiten zeigen sich bei hohen Arsengehalten niedrige Eisengehalte. Eine Entwicklung lässt sich nicht ohne Zweifel festmachen. Manche Techniken könnten über lange Zeiten angewendet worden sein<sup>3407</sup>. Höher mit Arsen legierte Objekte aus Susa I etwa zeigen niedrige Eisengehalte (zu den Fe-Gehalten s. u.)<sup>3408</sup>. Solche Korrelationen lassen sich aber noch für mit Arsen legierte Objekte im 3.

---

<sup>3402</sup> Christopher Thornton (Weeks 2008, 338).

<sup>3403</sup> Thornton 2009, 316f.

<sup>3404</sup> Thornton 2009, 319.

<sup>3405</sup> Rahmstorf 2017, 185 mit weiterer Literatur.

<sup>3406</sup> Malfoy – Menu 1987, 355.

<sup>3407</sup> Heskel 1982, 65-163. 271-311. 320f. bes. etwa 121. 157. 271f. 293. 297 (Gruppe IX). 299. 303f. Leider werden bei einer Aufgliederung der Kupfersorten und bei der Besprechung von Clustern die Zusammensetzungen der Kupferfunde und ihre chronologische Stellung nicht *en détail* sowie die Eisengehalte nicht durchgängig besprochen, eine Zuordnung der Daten zu Fundorten ist kaum möglich (zu diesem Problem Artioli u. a. 2005, 180f.); bei frühen Objekten werden Eisengehalte teils nicht genannt, was auf eine untergeordnete Präsenz schließen lassen könnte. Einige Cluster sind weder fundort- noch zeitspezifisch und ihre Kupfer könnten sich durch eine ähnliche Verhüttungstechnik erklären. Ein Katalog von Analysen erlaubt keinen (schnellen) fundort- und zeitspezifischen Zugang (vgl. Heskel 1982). – Die Analyseergebnisse von Hissar in der SAM-Datenbank geben Eisen nur in der Tendenz an, und die Datierungsangabe für Susa in der SAM-Datenbank scheinen für eine schnelle chronologische Auswertung ungeeignet (vgl. SAM-Datenbank auf CD-ROM bei Krause 2003). – Zur Bedingtheit der Analysen siehe Heskel 1982, 310.

<sup>3408</sup> Frühe Artefakte zeigen reines Kupfer und Legierungen. Aus der Nekropole der Zeit von Susa I (4200-3800 v. Chr.; zeitlich den Niveaus 27-25 der Grabung Akropolis 1 von Alain le Brun entsprechend) stammen Metallgegenstände wie massive Flachbeile, Ahlen und Nadeln usw. sowie Spiegel (Malfoy and Menu 1987, 365; Pigott 1999b, 79f.; Moorey 1994, 256; Benoit 2004, 184 mit Anm. 30 und 34; Agnès Benoit [Weeks 2008, 342f.]). Die Gesamtzahl der untersuchten Objekte beträgt 68, Arsen durchschnittlich von 0,41 % enthalten davon 37, Arsen von durchschnittlich 1,6 % und Nickel von durchschnittlich 1,1 % enthalten davon 23 (vgl. dazu

und 2. Jt. v. Chr. beobachten<sup>3409</sup>. Pigott setzt die Herstellung von Arsenkupfer des Iran im 4. Jt. v. Chr. durch ein *co-smelting* oxidischer und sulfidischer Erze (vgl. die Nutzung von Tiegeln; Tal-i Iblis, Tepe Ghabristan<sup>3410</sup>) oder durch die Verhüttung von Arsenaten auseinander, letztere können bereits bei Temperaturen um 700 °C reduziert werden (vgl. Budd u. a. 1992)<sup>3411</sup>. Da Nickel häufig in den legierten Kupfern auftritt, sieht er für die Verhüttung Temperaturen von um die 1000 °C als wahrscheinlich an (vgl. Kap. II.3.4)<sup>3412</sup>; aber auch die Verwendung etwa von Kupfernickelarseniden (aus Talmessi) oder Erzen der Ophiolithe steht in der Diskussion<sup>3413</sup>. Durch die Hinweise auf die Verwendung von Fahlerzen könnten auch *co-smelting* Prozesse und Abscheidungen aus Sulfidphasen zur Darstellung von Metall verantwortlich zu machen sein. Anwendung des *co-smelting* und Nutzung sulfidischer Erze sah Pigott indes erst in der Bronzezeit des Iran nach der Nutzung (und Erschöpfung?) oberflächennaher oxidischer arsenhaltiger Erze<sup>3414</sup>. Für das frühe 4. Jt. v. Chr. ist noch das Auftreten von Bronze und Gold zu erwähnen<sup>3415</sup>. Für das früheste Goldobjekt – es stammt aus Tepe Borj – kommt dabei auch eine Datierung in die zweite Hälfte des 5. Jt. v. Chr. in Frage<sup>3416</sup>. Für das Ende des 4. Jt. v. Chr. wird als Änderung in der Legierungserzeugung die Produktion bzw. Zugabe von Speisen als Vorlegierung diskutiert. In Abhängigkeit von ihrer Zusammensetzung könnten in den Fertigobjekten erhöhte Arsen-, Eisen- und/oder Bleigehalte dafür sprechen<sup>3417</sup>. Die erhöhten Eisengehalte in Kupfer vom Ende des 4. und des 3. Jt. v. Chr. etwa in Susa und Shahr-i Sokhta könnten auch für eine andere Verhüttungsmethode, Erzbasis oder die Zugabe von Flussmitteln sprechen<sup>3418</sup>. So wird die Verwendung sulfidischer Erze aufgrund der Verunreinigungsmuster angenommen. Analysen, besonders solche aus Susa, zeigen in etwa dieses Bild<sup>3419</sup>: Ein Teil der Arsenkupferartefakte wie etwa Spiegel weisen erhöhte Arsengehalte bei gleichzeitig niedrigen Eisengehalten auf (s. Tabellen). Unterzieht man die Gesamtheit

---

die Ausführungen in RIA 8 (1993) 119-136 s. v. Metalle. B (J. D. Muhly), 126). Nach Moorey sind nur die Metallfunde aus dem Louvre ausführlich publiziert (Moorey 1994, 256). Dass zwei von zehn analysierten Spiegeln höhere Arsengehalte haben kann als Hinweis auf eine absichtliche und funktionale Verwendung der Legierung gesehen werden, womöglich um die Reflektivität zu erhöhen und möglicherweise verbunden mit einer inversen Oberflächensegregation mit weiterer Versilberung der Oberfläche (Malfoy – Menu 1987, 365; Moorey 1994, 250. 251). Pigott (1999b, 80) dagegen hält es für unwahrscheinlich, dass die Herstellung zu dieser frühen Zeit so gut kontrolliert werden konnte. Zumindest eine gezielte Auswahl arsenreichen Kupfers ist aber möglich. Als Erzquelle werden wegen der Gehalte an Arsen und Nickel die Region von Anarak oder allgemein Lagerstätten der Ophiolithe, und als Erzbasis gediegen Kupfer sowie oxidische und carbonatische Erze vorgeschlagen (Malfoy – Menu 1987, 364; Moorey 1994, 256; Pigott 1999b, 79. 80f.), was aber offenbleiben muss. Unter den Funden der zweiten Hälfte von Susa I (entsprechend den Niveaus 24-23 der Grabung Akropolis 1 von Alain le Brun), frühes 4. Jt. v. Chr., sind eine Doppelaxt und eine Schaftlochaxt/-hacke und damit komplexere Formen. Das Kupfer ist meist leicht mit Arsen und Blei legiert (Agnès Benoit (Weeks 2008, 343; Benoit 2004, 184 mit Anm. 27). – Zu Legierungen mit Blei vgl. auch die Bemerkung von Benoit Mille (Weeks 2008, 336).

<sup>3409</sup> S. u. die Tabellen und vgl. auch etwa Gruppe VA bei Heskel (1982, 293).

<sup>3410</sup> Pigott 1999b, 77.

<sup>3411</sup> Pigott 1999b, 87f.

<sup>3412</sup> Pigott 1999b, 88.

<sup>3413</sup> Pigott 1999b, 79f.

<sup>3414</sup> Pigott 1999b, 88.

<sup>3415</sup> Aus Bronze bestehen etwa eine Nadel aus Tepe Sialk III, ein Flachbeil aus Susa I, ein Beil aus Mundigak (Benoit 2004, 184). – Aus dem frühen 4. Jt. v. Chr. liegt auch das derzeit als früheste bestimmte Gold aus Tepe Borj im nordöstlichen Iran vor (Thornton 2009, 318; Ivanova 2012, 13). Zu weiteren Goldobjekten siehe Ivanova 2012, 13.

<sup>3416</sup> Ivanova 2012, 13 mit Anm. 74: Für ein Goldobjekt aus der Siedlung Tepe Borj bei Nishapur aus einer Schicht der Namazga I-Periode stammend ist aufgrund der Zuweisung zu Namazga I eine Datierung zwischen 4800 und 4000 v. Chr. möglich.

<sup>3417</sup> Für Cu-As-Pb- und Cu-Pb-Legierungen vgl. etwa Heskel 1982, 86f. 314.

<sup>3418</sup> Vgl. Heskel 1982, 84-86.

<sup>3419</sup> Malfoy – Menu 1987; Heskel 1982, 120-136.

der Objekte von Susa einem diachronen Vergleich hinsichtlich der Entwicklung bei der Elementzusammensetzung, so zeigen sich bei den Objekten aus Susa I im Mittel besonders niedrige aber gleichzeitig stark streuende Arsengehalte. Neben reinem Kupfer enthalten dabei zwei Drittel der Objekte als einzig nennenswerte Verunreinigung Arsen. Der Arsengehalt ist dabei besonders hoch bei den Objekten, die auch Nickel enthalten<sup>3420</sup>. Flachbeile aus Susa I beispielsweise zeigen erhöhte Arsen und Nickelgehalte und mithin eine Fahlerzsignatur bei einer eisenarmen Zusammensetzung (s. Tabelle)<sup>3421</sup>. Solche Cu-As-Pb- und Ni-Legierungen sind im frühen 4. Jt. v. Chr. in Susa, Hissar und Sialk zu finden<sup>3422</sup>. Bei der Elementzusammensetzung liefern zusätzlich auch die Schwefel- und Blei-gehalte einiger Objekte noch des frühen 4. Jt. v. Chr. einen Anfangsverdacht, dass Abscheidungs Vorgänge von Speisen aus Sulfidphasen eine Rolle gespielt haben könnten<sup>3423</sup>. Aber auch gleichzeitig erhöhte As- und Fe-Gehalte sind möglich. Spätere Arsenkupfer können, wie auch die anderen Kupfersorten, sowohl niedrige als auch hohe Eisengehalte aufweisen (siehe Tabellen)<sup>3424</sup>. Inwieweit die Produktion von frühen Arsenkupfern mit geringen Fe-Gehalten im Iran mit den Tiegeln mit Abdeckungen in

---

<sup>3420</sup> Malfoy – Menu 1987, 357. 364f.

<sup>3421</sup> Vgl. Malfoy – Menu 1987, 365 (cave: dort cat. 410).

<sup>3422</sup> Hesel 1982, 297 Cluster X: Im Durchschnitt 3 % As, 1 % Pb, 2 % Ni, 0,15 % Sb.

<sup>3423</sup> Vgl. Berthoud 1979, Annexe 12-17 Tableau 2; 22-36 Tableau 5 (z. B. Flachbeil No. 2003 aus Sialk III<sub>5</sub>; ferner Flachbeil No. 980 [=Sb 11302] aus Susa [vgl. auch Tallon 1987b, 42 No. 380] mit 1,1 % Pb).

<sup>3424</sup> Vgl. Malfoy – Menu 1987, bes. 368. – Kupferobjekte von Susa aus Zusammenhängen der Periode Susa II/IIIA (3500–2850 v. Chr.) sollen heterogener Zusammensetzung sein mit Gehalten an As, Ag, Sb und Bi. Diese sollen sich aus der Verhüttung von sulfidischen Fahlerzen erklären. Die Hauptlegierungen dieser Zeit sollen Kupfer-Arsen-Legierung und die jetzt neu auftretende Kupfer-Blei-Legierung sein (Benoit 2004, 188). Das Auftauchen von Blei in dieser Zeit fällt mit dem Auftreten der extraktiven Silbermetallurgie mittels Kupellation zusammen, und auch dem Beginn der Nutzung sulfidischer Erze (nach Pigott 1999b, 80; Benoit 2004, 185-188; Malfoy – Menu 1987, 365).

Susa IV datiert etwa 2600–2400/2200. v. Chr. (Malfoy – Menu 1987, 365-371; Pigott 1999b, 80; Benoit 2004, 188). Die Kupferobjekte aus Periode IVA 2 enthalten As, Ni, Ca, Sn und Bi sowie substantielle Eisengehalte und sollen sich aus Chalkopyrit herleiten lassen (Pigott 1999b, 80). Die Eisengehalte könnten sich aber auch auf Gangmaterial oder Flussmittel zurückführen lassen (vgl. Pigott 1999b, 80). Bronze tritt in Susa in der Mitte des 3. Jt. v. Chr. auf; weiterhin bleibt aber reines Kupfer und Arsenkupfer in Gebrauch. Interessant ist in diesem Zusammenhang ein Depotfund, die sog. Vase à la Cachette aus der Mitte des 3. Jt. v. Chr. (2450 v. Chr.), der sich in zwei Keramikgefäßen fand (Benoit 2004, 189; Moorey 1994, 258f.). Denn in diesem vereinigen sich Funde aus Kupfer, Arsenkupfer und Bronze. Neben Gegenständen wie Perlen und Ringen aus Gold, Silber und Kupfer, Gefäßen aus Alabaster und einem Frosch aus Lapislazuli, zeigen insbesondere die Kupferfunde und vier Bronzen mit mehr als 5 % Zinn sowie fünf plankonvexe Barren mit geringen Gehalten an Arsen und Nickel, dass sich die extraktive Metallurgie ändert. Metallreguli ähnlicher Form können sich aus einer schlackenbildenden Verhüttung herleiten (Malfoy – Menu 1987, 368-371; Moorey 1993, 258f.). Die Mehrheit der Objekte besteht jedoch aus eher reinem Kupfer und Arsenkupfer, letzteres weist auch Gehalte an Kobalt, Nickel und Eisen auf. Die Funde bilden ein Ensemble (Tallon 1987a, 329f.; Benoit 2004, 189). Verbindungen nach Shahdad anhand von Gefäßformen werden gezogen; von dort stammt ein Schachtofen. Ähnlichkeiten in den Metallformen zu Luristan und Mesopotamien (Gräber von Ur) werden konstatiert. In dieser Zeit wird Arsenkupfer zunehmend durch reines Kupfer ersetzt und Bronze wird häufiger (Benoit 2004, 189). Für die Herkunft des Kupfers wird aufgrund der Arsen-, Nickel- und Cobaltgehalte, auch wegen der Form der Barren die Golfregion und speziell der Oman neben dem iranischen Plateau kontrovers diskutiert (Pigott 1999b, 80f.; Benoit 2004, 189 mit Anm. 49 [mit weiterer Literatur]). Jedoch ist die Herkunft des Metalls nicht abschließend geklärt und die Form der plankonvexen Kupferbarren scheint überregional verbreitet gewesen zu sein. Das Kupfer von Susa der Periode IVB (Ende 3. Jt. v. Chr./Akkad-Zeit) ist dem des Hortes der Vase à la Cachette ähnlich. Es gibt auch unlegiertes und schwach mit Arsen legiertes Kupfer (Malfoy – Menu 1987, 370; Pigott 1999b, 81). Objekte der Periode IV sollen schlecht datiert sein. Ihre Kupferzusammensetzung ist ähnlich der der Objekte des Hortfundes. Obschon es Bronzen gibt, zeigen mehrere Dolche aus dieser Zeit, dass sie recht hohe Arsen- und Nickelgehalte tragen (bis >4 % Ni) (Malfoy – Menu 1987, 371).

In der Periode Susa V (2100–18. Jh. v. Chr.) werden Kupfer mit Nickel, Kobalt und Eisen beibehalten, für Figurinen wird teilweise mit Blei legiertes Kupfer verwendet. Die Periode Susa VB soll aber den Beginn Bronzemetallurgie markieren (Malfoy – Menu 1987, 371f.; Pigott 1999b, 81; Benoit 2004, 189f.).

zusammenhängt, ist weiter zu untersuchen. Auf Basis der Arbeit von Budd und Kollegen stellt Pigott Überlegungen zu Arsenaten an, woraus sich Hinweise auf Zementationsprozesse ergeben<sup>3425</sup>: Arsenate (wie auch andere Erze) können bereits bei niedrigen Temperaturen reduziert werden. Für niedrige Arsengehalte von 1–5 % in Kupfer (bei einer Erzbasis mit hohen Arsengehalten, wie sie archäologisch nicht belegt ist) wird meist eine Gas-/Feststoffdiffusion bei Temperaturen um 700 °C verantwortlich gemacht. Durch eine Gas-/Flüssigdiffusion bei höheren Temperaturen unter Verwendung eines vergleichsweise arsenarmen Erzes könnte eine Anreicherung von Arsen stattfinden. Pigott spricht sich ob Nickelgehalten für Temperaturen über 900 °C aus<sup>3426</sup>. Für höhere Temperaturen und dafür dass, Zementationsprozesse wirksam werden (unabhängig von der genauen Erzbasis) spricht dabei vielleicht, dass Nickelgehalte teilweise mit hohen Arsengehalten einhergehen. Insgesamt bleiben bei der Verhüttung kompakter Erze auf Grundlage disparater Mineralgemenge auch Schmelzpunktunterschiede bzw. die Auswahl von *prills* nach Legierungsgrad im Rahmen der chalkolithischen Verhüttung für die Legierungserzeugung möglich. Für den Iran wird aufgrund entsprechender Erzvorkommen die Zumischung von Algodonit ( $\text{Cu}_{5-8}\text{As}$ ) und Domekyt ( $\text{Cu}_3\text{As}$ ) wie auch Nickelarseniden wegen der Nickelgehalte von Kupfer diskutiert<sup>3427</sup>. Überhaupt wurde der Beginn einer extraktiven Metallurgie für die Zeit bzw. die Objekte von Susa I erwogen, den damaligen Metallurgen wurde allerdings eine Kontrolle der Kupferzusammensetzung abgesprochen<sup>3428</sup>. Eine frühere Verhüttung ist aber belegt (s. o.), und die Indizien für die Art der Verhüttung sprechen dafür, dass Kupfer und Legierungen kontrolliert erzeugt werden konnten. Da spätere Arsenkupfer erhöhte Fe-Gehalte aufweisen (etwa Spiegel 1246 Susa IVA 2, vgl. Tabellen unten), allerdings nicht durchgängig (vgl. Schmuck Susa VB), deutet sich eine grundsätzlich andere Verhüttungsmethode in Öfen und eine Legierung etwa mit (eisenhaltigen) Speisen an. Während sich also bereits ab Susa I eine Nutzung von Fahlerzen abzeichnet<sup>3429</sup> (Muhly vermutete als mögliche Erzbasis für Objekte aus Susa I einfache oxidische Erze oder gar komplexe sulfidische Erze<sup>3430</sup>), sieht Pigott die As-, Ag-, Sb- und Bi-Gehalte von Objekten der Phase Susa II/IIIA (2. H. 4. Jt. v. Chr.) als Hinweis auf die Nutzung von Fahlerzen (vgl. die Mittelwerte dieser Phase als Hinweis auf Speisen aus Sulfidphasen!, vgl. Pb)<sup>3431</sup>. In Abhängigkeit von der Datierung (vgl. die Diskussion in Kap. IV.4) könnten sich diese Zusammensetzungen mit den aus den Schlacken von Sialk (s. o.) gewonnenen Hinweisen auf *co-smelting* und auf Abscheidungsvorgänge von Speisen verbinden lassen. Das Kupfer aus Phase IVA2, charakterisiert durch As, Ni, Ca, Sn, Bi und substantielle Eisengehalte, wird von Pigott auf die Verwendung von Erzen auf Chalkopyritbasis und/oder den Zusatz von Flussmitteln zurückgeführt<sup>3432</sup>.

---

<sup>3425</sup> Siehe und vgl. Pigott 1999c, 114; Pigott 1999b, 88; Budd u. a. 1992, 679f. bes. 680.

<sup>3426</sup> Pigott 1999c, 114.

<sup>3427</sup> Pigott 1999c, 108. 110. bes. 112; Pigott 1999b, 78f. bes. 79f.

<sup>3428</sup> Pigott 1999b, 79f. bes. 80; Pigott 1999c, 110.

<sup>3429</sup> Malfoy – Menu 1987, bes. 365.

<sup>3430</sup> Muhly 1988, 8.

<sup>3431</sup> Pigott 1999b, 80; So auch Malfoy – Menu 1987, bes. 364f.

<sup>3432</sup> Pigott 1999b, 80.

## Elementgehalte von Kupferartefakten aus Susa:

Mittelwerte der Elementgehalte nach Perioden										
	As	Sn	Pb	Sb	Ag	Ni	Fe	*	Bi	Co
<b>Gesamt (479)</b>	1,64	1,60	0,52	0,12	0,08	0,64	0,43			
<b>Susa I (68)</b> 4200-3800 v. Chr.	0,67	0,006	0,15	0,09	0,06	0,45	0,1	(19)	0,003	0,007
<b>Ende Susa II/IIIA (28)</b> 3500-2850 v. Chr.	3,13	0,013	3,27	0,23	0,14	0,43	0,93	(19)	0,028	0,024
<b>Susa IV (184)</b> 2600-2200 v. Chr.	1,83	0,63	0,32	0,12	0,09	0,68	0,43			
<b>Susa IVA 1 (18)</b>	2,12	0,01	0,23	0,10	0,15	0,17	0,19	(20)	0,007	0,008
<b>Susa IVA 2 (61)</b>	1,62	0,72	0,1	0,05	0,02	0,9	0,54	(23)	0,021	0,053
<b>Susa IVB (32)</b>	1,45	0,34	0,29	0,17	0,07	0,41	0,45	(24)	0,009	0,045
<b>Susa V (118)</b> 2100-18. Jh. v. Chr.	1,26	4,47	0,38	0,13	0,07	0,72	0,38			
<b>Susa VA (20)</b>	0,6	1,04	0,25	0,03	0,19	0,17	0,08			
<b>Susa VB (94)</b>	1,39	5,39	0,40	0,15	0,04	0,86	0,45	(48)	0,006	0,037

Nach Malfoy – Menu 1987, 369 Tableau G. – Datierungen nach Benoit 2004. – \* Anzahl der Objektanalysen für Bismut und Cobalt.

Elementgehalte eines Spiegels und zweier Flachbeile aus Periode Susa I						
	As	Sb	Fe	Ag	Pb	Ni
<b>Spiegel 1230</b>	3,0	0,1	<0,03	0,2	2,2	2,0
<b>Flachbeil 396</b>	2,2	<0,01	0,04	0,06	nd	1,2
<b>Flachbeil 408</b>	1,3	0,1	0,05	0,04	<0,01	0,63

**Spiegel 1230:** Tallon 1987b, 121 (Les objets de toilette Nr. 1230); Tallon 1987a, 411 (Table des analyses Nr. 1230); Vgl. Malfoy – Menu 1987, 365 (cat. 395 und 409).

**Flachbeil 396 und 408:** Tallon 1987a, 402 (Table des analyses Nr. 396 und 408) ; Tallon 1987b, 42f. (Les haches et herminettes plates Nr. 396. 408); Vgl. Malfoy – Menu 1987, 365 (cat. 410).

**Elementgehalte eines Spiegels aus Periode Susa IVA 2 (Vase à la Cachette) und Mittelwerte der Elementgehalte Periode IVA 2**

	As	Sb	Fe	Ag	Pb	Ni	Sn
Spiegel 1246	3,8	nd	0,77	<0,01	0,5	2,6	0,03
Gesamt (Periode IVA 2)	1,62	0,05	0,54	0,02	0,1	0,9	0,72

Tallon 1987b, 122 (Les objets de toilette 1246); Tallon 1987a, 411 (Table des analyses 1246); Malfoy – Menu 1987, 368.

**Mittelwerte der Elementgehalte von Schmuck und der Gesamtheit der analysierten Objekten aus Periode Susa VB nach Malfoy – Menu 1987, 369 Tableau H (vgl. Analysenzahl zu Malfoy – Menu 1987, 369 Tableau G [s. o.]**

	As	Sb	Fe	Ag	Ni	Co	Bi
Schmuck (6)	2,8	0,26	0,085	0,064	2,0	-	-
Gesamt (82)	1,33	0,15	0,46	0,05	0,80	0,037	0,006

Malfoy – Menu 1987, 369 Tableau H.

### IV.3.3. Entwicklungen ab dem späten 4. Jt. v. Chr.

Mit dem späten vierten Jahrtausend v. Chr., was Thornton zufolge dem EBA I der Levante entsprechen sollte (dort erfolgen Änderungen erst mit dem EBA II/III; vgl. Kap. IV.6.3 und die Datierung des Chalkolithikums), erfolgen in Teilen des Iran durchgreifende Änderungen in der Metallurgie<sup>3433</sup>. Darunter ist auch ein Wandel in der Legierungstechnik hin zur Zugabe des Legierungspartners oder seiner Erze<sup>3434</sup>. Nach Thornton sieht die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. das Auftreten verschiedener Schlackenarten (Fließ- und Plattenschlacken sowie Schlackenkuchen), bedingt durch das Aufkommen von Öfen (sein Bsp. Shahr-i Sokhta liegt am Ende dieser Zeitspanne)<sup>3435</sup>. Öfen von Arisman werden in die Zeit um 3000 v. Chr. datiert (s. u.)<sup>3436</sup>. Handwerk und Metallurgie wurden nun in spezialisierten Bereichen ausgeübt wie dem „Industrial Quarter“ Sialk, South Hill in Hissar und Arisman Schlackenhalde A, D and E<sup>3437</sup>. An Überresten und Installationen metallurgischer Aktivitäten finden sich dort Einrichtungen, die als echte Schachthöfen angesprochen werden (*true furnaces*<sup>3438</sup>), Schlackenhalde und Röststätten; außerdem liegen neben Gussformen, Tiegeln u. a. auch Fragmente möglicher Gussformen für planokonvexe Barren vor<sup>3439</sup>. Die Kupferproduktion von Arisman unterliegt

<sup>3433</sup> Thornton 2009, 315. 317. 319.

<sup>3434</sup> Thornton 2009, 317.

<sup>3435</sup> Thornton 2009, 319.

<sup>3436</sup> Barbara Helwing (Weeks 2003, 337).

<sup>3437</sup> Thornton 2009, 315 mit weiterer Literatur; Barbara Helwing (Weeks 2008, 337f.).

<sup>3438</sup> Thornton 2009, 316. – Helwing 2011e, 528. – Zum Problem Schachthöfen des 4. und 3. Jt. v. Chr. zu identifizieren siehe Hessel 1982, 103f.

<sup>3439</sup> Thornton 2009, 315. 316; Barbara Helwing (Weeks 2008, 337f.); Steiniger 2011, bes. 80.



einem Wandel hin zu einem Verfahren mit Windöfen<sup>3440</sup>. Schlacken vom Beginn des 3. Jt. v Chr. enthalten noch Kupferrückstände<sup>3441</sup>. Silber wird in Arisman mit derselben Technik wie zuvor extrahiert, die Kupellen werden aber kleiner<sup>3442</sup>. Aus Werkstattbereichen von Arisman C (Sialk IV) liegen aus verschiedenen Zusammenhängen metallurgische Funde und Einrichtungen vor, darunter Litharge, Schlacken, Steinwerkzeuge<sup>3443</sup>, Tiegelfragmente<sup>3444</sup> sowie Plattformen mit Kupferrückständen und assoziierten Grubenöfen, darunter ein Grubenofen mit Kupfertropfen und Tiegelfragmenten, dem eine Funktion zum Schmelzen von Kupfer für den Guss zugewiesen wird<sup>3445</sup>. Verschiedene Tiegelformen und eine (unklare) Ofenkonstruktion liegen aus Kontexten von Arisman Area A, D (Schlackenhalden) und dem Werkstattbereich Area C vor<sup>3446</sup>. Teilweise mussten die Tiegel wegen ihrer Abdeckungen bzw. des Einbaus in Ofenvorrichtungen nach der Verhüttung aufgebrochen werden<sup>3447</sup>. Aus Area C sind auch runde Schlackenkuchen überliefert (Dm 20–24 cm, Stärke 5–7 cm), die sich aus – evtl. in Ofenkonstruktionen verbauten – Tiegeln herleiten und auf der Unterseite den Abdruck eines Kupferregulus aufweisen<sup>3448</sup>. Helwing konstatiert mit der Einführung der Öfen in Arisman einen Produktionsanstieg, der über Netzwerke Abnehmer in Nordmesopotamien fand: Zeugnis davon geben 180 t Schlacken sowie Axtfunde aus Nordmesopotamien der Jemdet Nasr und FD I Zeit, die sich mit vor Ort gefundenen Gussformen vergleichen lassen. Die Spurenelementmuster der Äxte lassen eine Herleitung aus dem Iran nicht ausschließen<sup>3449</sup>.

Aus Tal-i Malyan<sup>3450</sup> der Stufen Proto-Elamite/Banesh (ca. 3400-2800 v. Chr.) liegen nach Pigott Metallfunde aus Arsenkupfer und Reste der metallurgischen Produktion auf dem Niveau einer *cottage industry* vor. Es finden sich teilweise geröstete Erzfragmente, legierte Kupfertropfen und Schlacke in geringen Mengen. Aus Tepe Hissar liegen vom Südhügel (South Hill), als „industrial context“ und „elite-driven“ beschrieben, Hinweise auf Bleiproduktion, Kupferbleilegerungen sowie möglicherweise Kupellation vor (Kat. 40,I)<sup>3451</sup>. Während Hinweise auf die Herstellung von Kupferarsenlegierungen hier eher fehlen, stammen Hinweise auf die Produktion von arsenreichen Speisen aus Kontexten vom zeitgleichen „Main Mound“ die als „residential“ oder „utilitarian“ charakterisiert werden und möglicherweise zur Produktion von Arsenkupfer vorgesehen waren<sup>3452</sup>. Die Schlacken vom South Hill von Tepe Hissar aus der Phase IIB (ca. 3400–3100 v. Chr.) zeigen, dass mit höheren Temperaturen und längeren Schmelzzeiten operiert wurde. Das Verhältnis von Eisen zu SiO<sub>2</sub> für die Bildung von Schlacken war besser, und die Zugabe von (Quarz als) Flussmittel wird diskutiert („presence of quartz grains“ in Schlacken [Restite?])<sup>3453</sup>. Zeitgleich soll nach Thornton im Tiefland nur die Weiterverarbeitung von

<sup>3440</sup> Helwing 2011e, 528f. 530; Helwing 2017, 163f. mit Figure 14.1.

<sup>3441</sup> Helwing 2011e, 529.

<sup>3442</sup> Barbara Helwing (Weeks 2008, 338); Helwing 2011c, 265; Helwing 2011e, 529.

<sup>3443</sup> Zum Zusammenhang mit der Kupfermetallurgie siehe etwa Helwing 2011c, 254 mit Anm. 1; 259.

<sup>3444</sup> Siehe dazu oben und Helwing 2011c, 261-263.

<sup>3445</sup> Chegini u. a. 2011, bes. 43. 51-53. 56-59 mit Fig. 30; 61. 63f. Zu den Nutzungsphasen Chegini u. a. 2011, 63f.

<sup>3446</sup> Helwing 2011c, 261-264; Zur Datierung siehe u. a. Helwing 2011d; Helwing 2011e, bes. 528f.; Zur Befund- und Fundlage sowie der Ofenkonstruktion mit mutmaßlich eingebautem Tiegel zum Auffangen der Schlacke bzw. „integrated depression in which the smelted material assembled“ (Helwing 2017, 164) aus Area A (Sialk IV, 3100-2900 cal B.C.) siehe Steiniger 2011, 69-79. 81.

<sup>3447</sup> Helwing 2011e, 529.

<sup>3448</sup> Helwing 2011c, 264. – Vgl. zu den Ofenkonstruktionen Helwing 2011e, 528f.

<sup>3449</sup> Helwing 2017, 164.

<sup>3450</sup> Nach Vincent Pigott (Weeks 2008, 341).

<sup>3451</sup> Thornton 2009, 315f. 319. – Kupellation bzw. „in the second half of the fourth millennium B.C., there are also Pb slags which may signify the first stage in the production of silver“ (Christopher Thornton [Weeks 2008, 338]).

<sup>3452</sup> Thornton 2009, 316. 319.

<sup>3453</sup> Thornton 2009, 316.

Kupfer durch Gießen dokumentiert sein. So gibt es etwa in Shah Tepe im Tal des Gorgan zwar Tiegel und Gussformen, Schlacken aber fehlen<sup>3454</sup>. Metallisches Kupfer soll aus dem Hochland eingehandelt worden sein. Während dies insgesamt plausibel ist, da die Quellen sich im Hochland befinden, und da hier Reste extraktiver Metallurgie vorliegen, stellen sich aber doch Fragen: Wurden evtl. vorhandene Schlacken bzw. verschlackte Materialien bei der Grabung als solche erkannt, und würden genauere Untersuchungen der Tiegel vielleicht andere Ergebnisse zeitigen? Die in Hissar belegte räumliche Trennung zwischen einem beginnenden schlackenbildenden Verfahren und einer Verhüttung auf Arsenkupfer wird von Thornton letztlich eher durch *industrial* und *domestic* als *modus operandi* erklärt, anstatt die Unterschiede der Verfahren nach technischen Gesichtspunkten und nach deren Intention zu beleuchten. Statt zwischen *industrial*, was implizit mit einer fortschrittlicheren Technik assoziiert wird, und *domestic* zu unterscheiden, könnten die beiden Verfahren aber auch auf eine unterschiedliche Zielsetzung hinweisen: Arsenkupfer wurde in einem Bereich, der als *domestic* bezeichnet wird, in Tiegeln produziert. Kupfer, bleihaltiges Kupfer und Blei hingegen wurden in einem Bereich, der als *workshop* oder *industrial* beschrieben wird, in Öfen hergestellt („for probable export“)<sup>3455</sup>. Ein interessantes Stück stellt ein Hissar IIB zugewiesener Spiralarmring mit oberflächlicher Arsenanreicherung dar (4,2 % As, 0,63 % Sn, 0,07 % Pb, 0,03 % Sb, 0,02 % Ag sowie Ni und Fe)<sup>3456</sup>. Er könnte ein Beispiel einer inversen Oberflächensegregation<sup>3457</sup> oder eines Zementationsprozesses darstellen (vgl. Kap. II.2.7). Ein Spiralarmring aus einer Kupfersilberlegierung (Hissar IIIB) wird ebenfalls als Beispiel einer Oberflächensegregation gesehen, trägt aber Hinweise auf Glühen und Hämmern (Heißbearbeitung), was zur Anreicherung von Silber durch eine selektive Oxidation des Kupfers führen kann<sup>3458</sup>.

Zu Beginn des 3. Jt. v. Chr. verändert sich die Schmelztechnik weiter. In Tepe Hissar sind Fließ- und Plattenschlacken und große bis 10 cm starke Schlackenkuchen nachgewiesen<sup>3459</sup> und die Nutzung von Flussmitteln wird genannt<sup>3460</sup>. Dort soll das erzeugte Kupfer rein sein, während zeitgleich die Objekte teils aus Arsenkupfer bestehen<sup>3461</sup>. Weitere Entwicklungen führen im Verlaufe des 3. Jt. v. Chr. dazu, dass sich runde Barren (*disc ingots*) und runde Schlackenkuchen (*slag cakes*) finden<sup>3462</sup>. Diese zeigen eine überregionale Verbreitung und sind aus Shahr-i Sokhta, wahrscheinlich aus dem 3. Jt. v. Chr. von Tepe Hissar (Oberflächenfund)<sup>3463</sup> und aus dem Oman bekannt<sup>3464</sup>. Die Schlackenkuchen zeigen teilweise Abdrücke eines unterliegenden, teilweise zweiphasigen Regulus aus Kupfer und/oder Matte. Produktion und Handel von Kupfer in Barrenform erreichen im 3. Jt. v. Chr. einen größeren Umfang<sup>3465</sup>. All diese Veränderungen gehen mit Neuerungen in der Schmelztechnik und der Verbreitung von

---

<sup>3454</sup> Thornton 2009, 316.

<sup>3455</sup> Thornton u. a. 2010, 309. – Thornton u. a. 2010, 309 (In dieser Textstelle werden jedoch eher die Unterschiede der Produkte hervorgehoben, jedoch ohne technische Schlüsse daraus zu ziehen). – „In fact, the lack of social differentiation between these two areas of Hissar may suggest that the exact same metalworkers may have been performing different metallurgical practices: the domestic tradition for locally consumed arsenical copper, and the industrial tradition for exported copper, copper-lead, and lead (silver?) products.“ (Thornton u. a. 2010, 309 Anm. 41).

<sup>3456</sup> Hessel 1982, 145f. 157.

<sup>3457</sup> Hessel 1982, 145f. 157. 317: Hessel spricht sich für eine Oberflächensegregation aus, jedoch ist kein *coring* nachgewiesen, dafür aber Hämmern und Glühen.

<sup>3458</sup> Hessel 1982, 149f. 157.

<sup>3459</sup> Thornton 2009, 316.

<sup>3460</sup> Helwing 2017, 164 mit weiterer Literatur.

<sup>3461</sup> Thornton u. a. 2009, 313.

<sup>3462</sup> Thornton 2009, 316; Christopher Thornton (Weeks 2008, 338).

<sup>3463</sup> Thornton 2009, 316. 317 Abb. 8; 318.

<sup>3464</sup> Thornton 2009, 316-318.

<sup>3465</sup> Thornton 2009, 318.

Schachtöfen (etwa Shahdad) einher<sup>3466</sup>. Unterdessen zeitigt das Ende des 4. Jt. v. Chr. auch Änderungen in der Legierungstechnik. Während weiterhin Cu/As/Pb-Schlacken vorkommen, sollen wohl reinere Schlacken (oder produzierte Kupfer?) aufkommen<sup>3467</sup>. Dieser Trend, obwohl Schlackenproben fehlten, soll sich im 3. Jt. v. Chr. fortsetzen<sup>3468</sup>. So zeigen die um 3000 v. Chr. datierenden Schlacken von Tepe Hissar, dass eher reines Kupfer erzeugt wurde<sup>3469</sup>. Und auch im nordwestlichen Iran (Godin IV) und in der Südosttürkei (Arslantepe VI B2) in Kontexten der Kura-Araxes-Kultur erfolgt ein Wechsel hin zur Erzeugung von recht reinem Kupfer<sup>3470</sup>. Die Fertigobjekte dieser Fundorte bestehen aber weiterhin aus mit Nebenelementen legierten Kupfern<sup>3471</sup>. Auch das Kupfer aus den runden Schlackenkuchen und Barren von Shahr-i Sokhta des 3. Jt. v. Chr. ist eher rein verglichen mit den dortigen zeitgleichen Fertigobjekten, die Arsen- und seltener auch Bleigehalte aufweisen<sup>3472</sup>; die Ergebnisse müssten aber differenziert betrachtet werden. So konstatieren Thornton und Kollegen auch „an unusual discrepancy between the high levels of arsenic in many of the finished copper-base artefacts versus the near-complete absence of arsenic in most of the slags or copper ores from the site“<sup>3473</sup>. Jedoch tragen Erze teils *signifikante* Spuren von Arsen, und Artioli und Kollegen sehen deshalb nur einen kleinen Teil der Artefakte mit Arsen als Hinweis auf eine intentionelle Legierung<sup>3474</sup>. Insgesamt kommen verschiedene legierte sowie reine Kupfer vor<sup>3475</sup>. Eine gezielte Auswahl dieser Kupfer könnte unterschiedliche Sorten erzeugen lassen. Für Periode II nennt Heskell „partially refined ingots“<sup>3476</sup>, deren Zusammensetzungen weiter überprüft werden müssten. Mattescheiben von dort liegen vor<sup>3477</sup>. Insgesamt zeigt sich eine gänzlich andere Verhüttungsmethode an. Die Temperaturen wurden auf 1245–1450 °C geschätzt<sup>3478</sup>. Eine Sulfidphase beispielsweise lässt sich aber bei weit niedrigeren Temperaturen ausschmelzen<sup>3479</sup>. Eine Rekonstruktion des Verhüttungsprozesses<sup>3480</sup> von Shahr-i Sokhta (2700–2500 v. Chr.) sieht ein *co-smelting* von oxidischen und sulfidischen Erzen zunächst in Tiegeln vor, die dann in Herden oder Grubenöfen weiterverhüttet wurden bzw. nach Hauptmann u. a. in Gruben gefüllt wurden<sup>3481</sup>, wo sich Matte und Kupfer unterhalb der Schlacke als Reguli sammeln konnten. Als Zweck des Umschüttens der Schlacken wird eine Homogenisierung der Schlacken, ein Sammeln von verstreuten Kupfertropfen durch die flüssigere und häufigere Sulfidphase sowie ihre Entschwefelung genannt, wodurch mehr Kupfer auf Kosten von Matte entstanden sein könnte<sup>3482</sup>. Die Schlacken sollen nur vergleichsweise geringe Kupferrestgehalte aufweisen<sup>3483</sup>. Cu-*prills* (aus Schlacken) mit erhöhten Arsengehalten zeigen deutlich niedrigere Eisengehalte als mögliche Kupferbarren mit durchweg niedrigen Arsengehalten<sup>3484</sup>.

<sup>3466</sup> Vgl. Thornton 2009, 319; Benoit 2004, 185. – Steiniger (2011, 81) nennt für Shahdad eine Datierung in die zweite Hälfte des 3. Jt. v. Chr. und weist auf die problematische Deutung der sog. Verhüttungsöfen hin, die Herde in Räumen könnten zum Schmelzen oder Läutern von Kupfer gedient haben.

<sup>3467</sup> Christopher Thornton (Weeks 2008, 338) (die Textstelle ist höchst widersprüchlich).

<sup>3468</sup> Christopher Thornton (Weeks 2008, 338); Vgl. auch Thornton u. a. 2009, 311.

<sup>3469</sup> Thornton 2009, 317.

<sup>3470</sup> Thornton 2009, 317 mit weiterer Literatur.

<sup>3471</sup> Thornton 2009, 317f.

<sup>3472</sup> Hauptmann u. a. 2003; Thornton 2009, 318; Artioli u. a. 2005, bes. 182f.; Hauptmann 2007b, 179.

<sup>3473</sup> Thornton u. a. 2009, 314.

<sup>3474</sup> Artioli 2005, 183.

<sup>3475</sup> Hauptmann u. a. 2003, 207 Table 4; 208f.

<sup>3476</sup> Heskell 1982, 32. 105-108.

<sup>3477</sup> Massimo Vidale (Weeks 2008, 338) (hier auch zum Fundbestand).

<sup>3478</sup> Heskell 1982, 71 mit weiterer Literatur.

<sup>3479</sup> Hauptmann u. a. 2003, 205.

<sup>3480</sup> Steiniger 2011, 81f. mit weiterer Literatur.

<sup>3481</sup> Hauptmann u. a. 2003, 197. 201 Fig.2; 202. 204f.

<sup>3482</sup> Hauptmann u. a. 2003, 208.

<sup>3483</sup> Steiniger 2011, 82; Vgl. dagegen Heskell 1982, 99f.

<sup>3484</sup> Vgl. Hauptmann u. a. 2003, 207.

Insgesamt könnte sich hier ein beginnendes Schlackenschmelzen auf Basis hauptsächlich oxidischer Kupfererze mit Restgehalten an Sulfiden fassen lassen<sup>3485</sup>. Die Hauptkomponenten der Schlacken von Shahr-i Sokhta sind Siliciumdioxid und Kalk, die Gehalte an Eisen, wie auch die an MgO, MnO und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> erweisen sich im Vergleich zu anderen archäometallurgischen Schlacken als eher gering<sup>3486</sup>. Niedrige Eisengehalte sind in den an sich sehr heterogenen Erzen noch deutlicher<sup>3487</sup>. Möglicherweise stellen die Schlacken den zur Schmelzbildung fähigen Teil der Chargen dar, zuvor könnte ein Ausschmelzen der Wertträger das Ziel gewesen sein; vielleicht wurden auch eisenreichere Erze als die überlieferten respektive beprobten verhüttet<sup>3488</sup>. Die Matte besteht aus fast reinem Kupfersulfid<sup>3489</sup>. Kupfereinschlüsse zeigen, dass diese verwachsen mit Kupfersulfiden vorliegen. Eine Abscheidung von Kupfer aus Kupfersulfiden kann durch ein *co-smelting* und eine Entschwefelung erfolgen<sup>3490</sup>. Eine teilweise Entschwefelung ist erkennbar<sup>3491</sup>. Auf die Möglichkeit, bei niedrigen Temperaturen Kupfersulfidphasen auszuschmelzen, die Kupfer lösen und sammeln können, wird von Hauptmann und Kollegen aufmerksam gemacht<sup>3492</sup>. Als Ziel der Operationen sehen sie die Produktion von Metall über *co-smelting*-Vorgänge. Dabei sollte unter schwach reduzierenden Bedingungen reduziertes Kupfer von einer Kupfersulfidphase gelöst und gesammelt werden. Die Produktion von Matte soll nicht Ziel der Operationen gewesen sein<sup>3493</sup>. Die Eisengehalte in Arsenkupfer sind verglichen mit dem restlichen Kupfer unauffällig und kein Hinweis auf die Zulegierung eisenhaltiger Speisen<sup>3494</sup>.

Die Anwesenheit von Eisen, teilweise als wesentliche Verunreinigung, in Kupfern des 3. Jt. v. Chr. (etwa Tepe Yahya IVA, Susa, Shahr-i Sokhta) zeigt nach Heskel, dass sich entweder eine neue Verhüttung auf sulfidischer Erzbasis oder der Einsatz von eisenhaltigen Flussmitteln durchsetzte, oder eine ausreichende Läuterung des erzeugten Kupfers unterblieb<sup>3495</sup>. Die in dieser Arbeit eingeführte chalkolithische Verhüttung bzw. Erzeugung von Kupferlegierungen deckt sich mit diesem Befund. Zu Heskels Feststellungen ist lediglich bezüglich der Läuterung anzumerken, dass diese bei der Chalkolithischen Verhüttung nicht notwendig war und im Falle von (zufällig entstandenen) höher legierten Kupfern des 3. Jt. v. Chr. wohl zu vermeiden war, wie das Beispiel einer legierten Nadel aus Yahya IVA<sup>3496</sup> zeigen könnte (1,4 % As, 0,068 % Ag, 0,54 % Fe), oder die legierten Kupfer durch eine Zulegierung etwa mit Speise (s. u.) zustande kamen. Jedoch ist aufgrund der vielfältigen Wirklichkeit kein klares Bild zu erlangen, und verschiedene Herstellungsmethoden dürften gleichzeitig angewendet worden sein<sup>3497</sup>. Analysen<sup>3498</sup> von drei Objekten aus Yahya und 16 aus Shahdad aus dem Zeitraum der zweiten Hälfte des 3. bis ersten Hälfte des 2. Jt. v. Chr. ergaben bei allen Artefakten zwischen 0,4 und 6,5 Gew.% Arsen (Eisengehalte?). Davon haben drei hohe Bleigehalte, eines davon 1 % Zinn. Zwei Objekte haben gleich hohe As- und Ni-Gehalte. Verschiedene Legierungsmöglichkeiten, die meist eine Zugabe des Legierungspartners zu aufgeschmolzenem Kupfer voraussetzen, werden diskutiert. Jedoch

---

<sup>3485</sup> Hauptmann u. a. 2003, 197.

<sup>3486</sup> Hauptmann u. a. 2003, 203.

<sup>3487</sup> Vgl. Hauptmann u. a. 2003, 199 Table 1; 203 Fig. 4.

<sup>3488</sup> Hauptmann u. a. 2003, 203.

<sup>3489</sup> Hauptmann u. a. 2003, 202.

<sup>3490</sup> Siehe und vgl. Hauptmann u. a. 2003, 204f. mit Abb.

<sup>3491</sup> Hauptmann u. a. 2003, 204f. mit Fig. 7; 206.

<sup>3492</sup> Hauptmann u. a. 2003, 205.

<sup>3493</sup> Hauptmann u. a. 2003, 211.

<sup>3494</sup> Hauptmann u. a. 2003, 211.

<sup>3495</sup> Heskel 1982, 84. 86. 302. 305.

<sup>3496</sup> Heskel 1982, 84.

<sup>3497</sup> Steiniger 2011, 82; Vgl. etwa Heskel 1982, 99f.: Teilweise nur unzureichend erhitzte Schlacken aus Shahr-i Sokhta mit Kupferrückständen, die unter oxidierenden Bedingungen (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) entstanden ist.

<sup>3498</sup> Vorläufig dazu David Meier (Weeks 2008, 339).

werden auch Fortschritte beim Verhütten gemischter Erze konstatiert<sup>3499</sup>. Die Beimischung von Arsen in Form von Kupferarseniden wie Domeykit und Algodonit (z. B. aus der Anarak-Talmessi Region) zu Kupfer bereits im 4. Jt. v. Chr. wird erwogen<sup>3500</sup>. Bislang liegen aber weder Abbauspuren noch Funde dieser Mineralien in Kontexten des 3. Jt. vor<sup>3501</sup>. Eine intentionelle Legierung zu Arsenkupfer wird für Shahr-i Sokhta (Periode II und III [2800-2400 v. Chr.]) angenommen<sup>3502</sup>. Thornton vermutet, dass einige der Kupferbleischlacken aus Hissar IIB Zusammenhängen vom South Hill (ca. 3400–3100 v. Chr.) auf die Mischung von Erzen zum Zwecke der Legierung hinweisen<sup>3503</sup>. Als archäologisch nachweisbare und wahrscheinlichere Möglichkeit, Kupfer mit Arsen zu legieren, wird die Zugabe von Speisen diskutiert (vgl. Kap. II.2.4.4.7)<sup>3504</sup>. Arsenreiche (eisenhaltige) Speisen, die bei der Verhüttung von eisenreichen Kupfererzen, Eisenerzen oder Bleierzen entstehen können, werden oft als unerwünschte Neben- bzw. Fehlprodukte gesehen. Arsenreiche Speise wurde in Shahr-i Sokhta gefunden, Schlacken möglicher Speiseproduktion liegen aus Arslantepe und Arisman vor<sup>3505</sup>. Evtl. könnte die Speise auf die Verwendung von Arsenopyrit zurückgehen<sup>3506</sup>. Sog. braune Schlacken von der Schlackenhalde Arisman A, die ca. 10 % von 20-30 t Schlacken ausmachen, enthalten teils Eisenarsenide und teils wenig Kupfer<sup>3507</sup>. Für diese wird aufgrund eines Beispiels aus Arisman Area C erwogen, dass sie teilweise evtl. gerösteten bzw. zersetzten Arsenopyrit darstellen könnten<sup>3508</sup>; die braunen Schlacken allgemein sollen teils höhere Arsengehalte als die grünen Schlacken aufweisen<sup>3509</sup>. Von den grünen bzw. grauschwarzen Schlacken lassen sie sich zum Teil in der Pauschalzusammensetzung nicht unterscheiden und könnten sich sowohl durch eine andere Verhüttungstechnologie erklären oder aber unterschiedliche

---

<sup>3499</sup> Thornton 2009, 319f.

<sup>3500</sup> Thornton 2009, 318; Benoit 2004, 185; Heskell 1982, 9. 290. 308. 320. 387. 392.

<sup>3501</sup> Thornton 2009, 318.

<sup>3502</sup> Massimo Vidale (Weeks 2008, 338).

<sup>3503</sup> Thornton 2009, 316f.

<sup>3504</sup> Thornton 2009, 316f.; Thornton u. a. 2009; Christopher Thornton (Weeks 2003, 338).

<sup>3505</sup> Thornton u. a. 2009, 309. 314f.; Thornton 2009, 318. – Zur Speise in Arisman nach Thornton 2009, 317 nach einer persönlichen Mitteilung von Pernicka im Jahr 2007; Rehren u. a. 2012; Stöllner u. a. 2011, 535f. – Zu Arslantepe Hess 1998, 105. 114f. 120-122. 129-133. – Zu Shahr-i Sokhta: Hauptmann u. a. 2003, bes. 200-202. 211.

<sup>3506</sup> Stöllner u. a. 2011, 535f.; Hauptmann u. a. 2003, 200-202 (Shahr-i Sokhta); Rehren u. a. 2012 (Arisman). – Rehren u. a. 2012, 1723: „In effect, roasting arsenopyrite – or smelting it under the slightly oxidising conditions recorded here – results in the loss first of the sulphur from the system – depending on circumstances either as sulphur dioxide gas or as a separate iron sulphide-rich melt phase (matte), separate from the iron arsenide melt (speiss). The evidence from the speiss slag shows that some discrete matte prills did form at Arisman, and even more so at Tepe Hissar (Thornton et al., 2009); desulphurization was therefore not complete. Matte and speiss would then separate mechanically from each other and from any slag and metal present, through their mutual immiscibility and different densities in the liquid state (see Fig. 1 in Thornton et al., 2009; based on Keesmann 1991). Oxidising conditions are further indicated by the hot oxidised speiss prills seen in several of the Arisman slags. Thus, we can reasonably assume that these slags formed from the oxidising smelting of arsenopyrite to produce speiss, thereby removing almost all the sulphur from the original ore, probably as sulphur dioxide gas, while also incurring some arsenic loss and forming excess magnetite. Despite its oxidising character and the removal of large amounts of sulphur during the process we prefer to call this ‘smelting’ rather than ‘roasting’, for two main reasons. Firstly, it involves the formation of a fully molten slag, and secondly, it produces a metallic product, speiss, rather than the mixed metal oxides of proper roasting which require further smelting to produce metal“.

<sup>3507</sup> Thornton u. a. 2009, 315. – Zu den Berechnungen der Schlackenmengen siehe etwa Steiniger 2011, 92f.

<sup>3508</sup> Pernicka u. a. 2011, 652; Rehren u. a. 2012, 1725.

<sup>3509</sup> Pernicka u. a. 2011, 654; Vgl. aber Pernicka u. a. 2011, 647. 653 Table 4 (hauptsächlich Schlacken aus Area A).

Bestandteile aus derselben Charge darstellen<sup>3510</sup>. Die Schlacken<sup>3511</sup> sind heterogen aufgebaut und aufgrund ihrer Zusammensetzung und der (wechselnden) Verhüttungsatmosphäre nur gelegentlich vollständig aufgeschmolzen. Einschlüsse von Kupfertropfen, diese treten in grünen Schlacken häufiger auf, sind oft mit Eisen und Arsen legiert. Auch metallisches Eisen findet sich in einigen Schlacken<sup>3512</sup>. Eine Rekonstruktion des Verhüttungsprozesses ist problematisch<sup>3513</sup>. Während nun die Pauschalzusammensetzungen recht ähnlich sind, veranlasst der höhere Gesamtgehalt von Arsen (1,6 %) und das nicht nachweisbare Kupfer bei gleichzeitigem Vorherrschen von eisenhaltigen Speisen die Bearbeiter der Schlacken dazu, in den braunen Schlacken zersetzten Arsenopyrit aus der Speiseproduktion zu sehen<sup>3514</sup>. Da in der Nähe von unzersetzten Chargenrelikten eingeschlossene Kupfertropfen kein Arsen und nur um 1 Gew.% Fe enthalten, während in gut durchreagierten Partien derselben Schlacken enthaltene Kupfertropfen im Schnitt 3,1 Gew.% Fe und um 4,4 Gew.% As aufweisen, werden die grauen Schlacken als Indikator der Verhüttung sekundärer grüner Kupfererze und der Zugabe von Speisen zu selbigen gesehen<sup>3515</sup>. Die hohen Eisengehalte des so gewonnen Arsenkupfers lassen sich durch simples Aufschmelzen (Feuerraffination) ohne große Gefahr von Arsenverlusten deutlich auf Gehalte verringern, die frühbronzezeitlichen Objekten dieses Raumes ähneln würden<sup>3516</sup>. In den Zusammensetzungen von Kupfern lassen sich Indizien auf einen Anstieg der Eisengehalte finden (vgl. oben) und sich mit der Zugabe von Speisen in Einklang bringen. Obwohl nun Rehren und Kollegen eine Herleitung der braunen Schlacken aus Arsenopyrit sehen und die Zusammensetzung der grauen Schlacken durch eine Zugabe von Speisen für möglich halten<sup>3517</sup>, muss vorbehaltlich neuerer Auswertungen aber auch ihr folgend genannter Gedankengang als ein sehr wahrscheinliches Szenario gelten: „The *bulk* of the slag at Area A is either grey or brown. However, several other types of metallurgical waste were also found, in addition to the copper slag and speiss slag described above. There are more glassy-black slags, containing inclusions of arsenical *copper, matte and speiss*, and with an *iron oxide content* much nearer to the fused ceramic [i. e. 6 Gew.%<sup>3518</sup>, Anm. des Autors]; it is unclear at present whether these are related to the re-melting of arsenical copper, transferring the excess iron as iron oxide into the slag, or whether they simply *reflect the initial variability in iron oxide content of the copper ore*, and are part of a broader continuum incorporating both grey and black slags. It is hoped that a more extensive study of this material can shed light on this issue [...]” (Rehren u. a. 2012, 1726; Kursiv: Hervorhebung des Autors). Die braunen Schlacken enthalten 24 Gew.% FeO und die grauen Schlacken 27 Gew.% FeO. So wie Hauptmann und Kollegen die Verhüttung und Arsenkupferproduktion von Shahr-i Sokhta deuten, könnte somit auch in Arisman sowohl eine Verhüttung auf Kupfer durch *co-smelting*-Operationen als auch das Schmelzen von Sulfidphasen und Metall angezeigt sein<sup>3519</sup>. Ein Kontinuum an Schlacken könnte sowohl bei einem einstufigen als auch bei einem mehrstufigen Verhüttungsgang entstehen. Matte sowie die Speisen in Schlacken, so sie eisenhaltig sind, könnten teilweise früh entstandene Fehl- oder Abfallprodukte aus einem (ersten) Verhüttungsgang darstellen (hier schwarze Schlacken). Es könnte sich aber auch um Sekundärprodukte handeln, die sich im Laufe von Ofengängen derselben Charge gebildet haben

<sup>3510</sup> Zur Zusammensetzung siehe auch Rehren u. a. 2012, bes. 1720f. 1725 mit Table 7. 1726.

<sup>3511</sup> Zu den Schlacken von Arisman siehe Pernicka 2011, 643-660; Vgl. Rehren u. a. 2012, bes. 1720f. 1724-1726 mit Abb.

<sup>3512</sup> Pernicka u. a. 2011, 655.

<sup>3513</sup> Pernicka u. a. 2011, 660.

<sup>3514</sup> Rehren u. a. 2012, bes. 1721. 1725f.

<sup>3515</sup> Rehren u. a. 2012, bes. 1720. 1724f.

<sup>3516</sup> Rehren u. a. 2012, bes. 1724. 1726.

<sup>3517</sup> Bes. Rehren u. a. 2012, 1275.

<sup>3518</sup> Rehren u. a. 2012, 1725 Table 7.

<sup>3519</sup> (Vgl.) Hauptmann u. a. 2003, bes. 210f.

(Speise in braunen Schlacken). Damit könnte eisenhaltige Speise ein nicht ganz erwünschtes Produkt gewesen sein.

Tropfen von eisen- und arsenreichen Speisen (Eisenarsenide und Arsenkies) zusammen mit Einschlüssen von arsenhaltigen Eisensulfiden und Matte wurden in Schlacken (tap slag) vom Main Mound des Tepe Hissar gefunden, die um 3200/3000 v. Chr. datieren, und ansonsten weder Kupfer noch Blei enthalten<sup>3520</sup>. Zusammen mit einer dieser Schlacken wurde ein Tiegelrandfragment mit glasiger Schlacke gefunden, die ihrerseits Matte- und Kupfereinschlüssen aufweist<sup>3521</sup>. Darin eingeschlossene Kupfertropfen weisen <2,7 Gew.% Fe und <5,8 Gew.% As auf. Der Tiegel wird in Zusammenhang mit der Herstellung von Arsenkupfer durch die Verhüttung von oxidischen Kupfererzen und Arsensulfiden (z. B. Realgar [AsS/As<sub>4</sub>S<sub>4</sub>]) oder mit der Läuterung von Matte gebracht, da die Zusammensetzung der Schlacke insgesamt zu eisenarm sein soll, um mit der Produktion oder Nutzung von Speisen in Verbindung zu stehen<sup>3522</sup>. Unabhängig von der genauen Produktionsmethode muss mit einer zumindest teilweisen Überführung des Eisens der Kupfertropfen in das fertige Kupfer gerechnet werden. Auch die Zugabe von Speisen könnte zur Erhöhung der Eisengehalte führen. Im Falle anderer Zusammensetzungen der Speisen und etwa begleitendem Blei könnten auch andere Elemente in das Kupfer überführt werden. Das Aufkommen von Cu-As-Pb-Legierungen – teils mit Eisengehalten – könnte vor diesem Hintergrund interessant sein<sup>3523</sup>. Auch Cu-Pb-As-Schlacken liegen vor<sup>3524</sup>. Eine (weitere) in dieser Zeit aufkommende Form der Legierung, die ein späteres Mischen möglich macht und wahrscheinlich erscheinen lässt, sind Bronzen mit Zinn. Sie treten in der Zeit von etwa 3200–2800 v. Chr. in Luristan (z. B. Gräberfeld Kalleh Nissar) auf<sup>3525</sup>. In Godin Tepe erfolgt mit Periode III ein Übergang von der ArsenkupfERNutzung hin zu Bronze mit Zinn<sup>3526</sup>. Ab Periode III:6 (2600–2400 v. Chr.) tauchen die ersten Bronzen auf. Die Erzeugung von Kupferlegierungen (copper-base alloys mit Nebenelementen) in Godin VI:1, IV (Tiegel und Erzfragmente) und III (Tiegel, Tuyère, Gussformen), dabei in Godin IV mit Hinweisen auf As und Sb, wird als „small-scale“ beschrieben<sup>3527</sup>. Dies könnte einen Hinweis auf die Beibehaltung der Verhüttung nach den Prinzipien des Tiegelverfahrens für die Erzeugung von Kupferlegierungen mit Arsen etc. darstellen.

Im Iran tauchen vereinzelt schon im 4. Jt. v. Chr. niedrig legierte Bronzeobjekte auf, dennoch kommt die regelhafte Bronzeverwendung erst relativ spät auf<sup>3528</sup>. So wird Arsenkupfer auf dem iranischen Plateau durch die ganze Bronzezeit (ca. 3200–1450/1350 v. Chr.) hindurch verwendet, und erst am Ende dieser Periode bzw. dem Beginn der Eisenzeit setzt sich Bronze richtig durch<sup>3529</sup>.

---

<sup>3520</sup> Z. B. enthielten die Schlackenstücke H76-S30/S39 Speise mit 50–70 Gew.% As, 18–38 Gew.% Fe, 3–9 Gew.% Ni, 3–7 Gew.% Cu und Spuren von Co (Thornton u. a. 2009, 310-312 mit Table 1; Thornton 2009, 318; Christopher Thornton [Weeks 2008, 338]).

<sup>3521</sup> Thornton u. a. 2009, 311.

<sup>3522</sup> Thornton u. a. 2009, 311.

<sup>3523</sup> Vgl. etwa Heskel 1982, 303f. 307f.: Ein CuAsPb-Objekt mit 2,8% Fe in Susa C.

<sup>3524</sup> Thornton u. a. 2009, 312.

<sup>3525</sup> Thornton 2009, 317. Vermutet wird, dass Kupfer lokaler Herkunft mit Zinn, möglicherweise aus der neuentdeckten Lagerstätte von Deh Hosein (Thornton 2009, 317), legiert wurde.

<sup>3526</sup> Lesley Frame (Weeks 2008, 342).

<sup>3527</sup> Lesley Frame (Weeks 2008, 342).

<sup>3528</sup> Pigott 1999b, 79; Benoit 2004, 184.

<sup>3529</sup> Pigott 1999b, 81.

#### IV.3.4. Erneute Gedanken zur frühen Legierungserzeugung und zu Silber

Am Beginn der Arsenkupferverwendung können die Nutzung von arsenhaltigem gediegen Kupfer und eine Zulegierung von Arsenerzen nicht ausgeschlossen werden. Wahrscheinlicher ist aber die Verhüttung polymetallischer Erze, wobei verschiedene Prozesse für die Anreicherung von Nebenelementen (außer Eisen) möglich sind. Für die Legierungsgehalte (Kupfer etwa mit Arsen und Blei) können ein Sulfidschmelzen mit der Abscheidung von Speisen wie auch eine direkte Verhüttung mit Absaigerung der Wertträger nach Schmelzpunktunterschieden bestimmend sein. Durch den Einsatz kompakter, inhomogen zusammengesetzter Erze könnten unterschiedlich legierte *prills* erzeugt und später objektspezifisch verwendet worden sein. Während des 4. Jt. v. Chr. könnten Zementationsprozesse bei Tiegeln vom Typ Ghabristan mit Abdeckungen eine Rolle bei der Erzeugung von Arsenkupfer gespielt haben. Inwieweit dies zeitlich mit einem möglichen Aufschwung in der Arsenkupferverwendung in Verbindung zu setzen ist – nach einem Beginn im späten 5. Jt. soll die Arsenkupfernutzung gegen Mitte des 4. Jt. v. Chr. an Schwung aufnehmen<sup>3530</sup> – bleibt zu sehen. Für z. B. Yahya wird mit dem Übergang von Phase VC zu VB (ca. um 3800 v. Chr.<sup>3531</sup>) ein Wechsel von reinem Kupfer zu Arsenkupfer und für Phase VB aufgrund von Arsengehalten (1–4%) und deutlichen Antimongehalten eine Verhüttung von Kupferarsenaten bei niedrigen Temperaturen erschlossen<sup>3532</sup>. Beide Elemente reichern sich auch insbesondere in eisenarmen Speisephase an, die aus Sulfidphasen abgeschieden werden können (vgl. Moesta 2004), und diese alternativen Prozesse der Erzeugung von legierten Kupfern müsste weiter untersucht werden. Hinweise darauf bieten die etwa zeitgleichen Schlacken aus Tepe Sialk. Auch die Objekte aus Susa II/III, sie werden aus Fahlerzen hergeleitet, könnten sich hier einordnen lassen. Ferner bietet auch Material von Tepe Hissar hinsichtlich der Zusammensetzung wiederum Anknüpfungspunkte an die Metallobjekte. Eine auf dem Prinzip des Färbens, d. h. der Zementation beruhende Überführung von Arsen aus Speisen in Kupfer wird u. a. für das späte 4./frühe 3. Jt. v. Chr. erwogen<sup>3533</sup>. Einer der Gründe dafür liegt in den äußerst niedrigen Arsengehalten von Erzen und Schlacken gegenüber den Arsenkupfern in Shahr-i Sokhta des 3. Jt. v. Chr.<sup>3534</sup>, ein Umstand der auch für das 5. und 4. Jt. v. Chr. geltend gemacht werden kann. Beim Färben allgemein kann es zu einer Anreicherung kommen (vgl. Kap. II.2.7). Die Beteiligung von Zementationsprozessen, die sich an die Ausnutzung etwa von Schmelzpunktunterschieden bei Mineralgemengen anschließen, könnte bereits für Arsenkupfer des 5. und 4. Jt. v. Chr. zu erwägen sein (vgl. Susa). Als Herstellungsmethode für AsNi-Kupfer könnten neben der Zulegierung entsprechender Erze und der Verhüttung von Erzen der Ophiolithe auch Temperatur- und Redoxunterschiede und so mithin auch Zementationsprozesse zu diskutieren sein.

Die Zusammensetzungen können sich aber unterschiedlich erklären. So weisen Kupfertropfen und Einschlüsse solcher in Schlacken von Arisman B (Sialk III<sub>6-7</sub>) hohe As- und Fe-Gehalte auf, die sowohl durch die Zugabe von Arsenopyrit oder Speisen als auch durch reduzierende Bedingungen bei der Verhüttung (mit Zementationsprozessen) bedingt sein könnten.

Ein Wandel der Verhüttungstechnik vom Tiegelverfahren hin zu (einem) Verfahren mit Öfen und Schlacken zusammen mit evtl. anderer Erzbasis scheint teilweise mit einer Änderung in der Legierungstechnik einherzugehen. Legiertes Kupfer wird nicht mehr (nur) beim Verhüttungsprozess selbst erzeugt, sondern durch die Zugabe von arsenhaltigen Erzen oder Speisen, aber auch von Zinn

---

<sup>3530</sup> Thornton 2010, 32.

<sup>3531</sup> Vgl. zur Datierung Hessel – Lamberg-Karlovsky 1980, 232. 236.

<sup>3532</sup> Thornton u. a. 2002, 1456. Die zeitliche Entwicklung wäre genauer zu eruieren. Die Eisengehalte sind nicht ausgewiesen.

<sup>3533</sup> Thornton u. a. 2009, 314.

<sup>3534</sup> Thornton u. a. 2009, 314.



oder seiner Erze, zu einem späteren Zeitpunkt. Ein Teil der Arsenkupferfunde nach dem 4. Jt. v. Chr. zeigt weiterhin auch eisenarme Zusammensetzungen (s. o.). Einen Hinweis auf eine beabsichtigte Herstellung von Arsenkupfer beim Verhüttungsprozess selbst könnte in diesem Zusammenhang in einer möglicherweise darin liegen, dass Verfahren nach den Prinzipien der Tiegelverhüttung bis in die Bronzezeit beibehalten wurden; Tiegel bleiben bis in die Bronzezeit ein Charakteristikum der iranischen Metallurgie<sup>3535</sup>. Arsenkupfer bleibt im Hochland des Iran bis ins 2. Jt. v. Chr. hinein weit verbreitet<sup>3536</sup>. Während erstes Silber etwas älter ist, wurde Silber möglicherweise ab dem zweiten Viertel des 4. Jt. v. Chr. durch Kupellation hergestellt (Arisman), und diese Technik scheint damit erst nach den Entwicklungen in anderen Teilen des Untersuchungsgebietes aufzukommen. Neben der Kupellation kommen aber auch andere Herstellungsmethoden in Frage. Aus dem 3. Jt. v. Chr. von Shahr-i Sokhta (2800–2400 v. Chr.) liegen vage Indizien auf eine Produktion von Silber ohne Kupellation in Form von Silbererzen (Chlorargyrit oder Bromargyrit) vor, die aber auch durch sekundäre Verwitterungsprozesse entstanden sein könnten (vgl. auch Ilgynly-Depe)<sup>3537</sup>; ebenfalls ist aber auch Bleiglanz von dort überliefert<sup>3538</sup>. Für das Silber des 5. und 4. Jt. v. Chr. in Zentralasien, Anatolien und im Iran wird diskutiert, dass Chloride eine Silberquelle dargestellt haben könnten<sup>3539</sup>. Als eine weitere Möglichkeit wird das Ausschmelzen von Silber und Blei auf Basis von Schmelzpunktunterschieden vorgebracht<sup>3540</sup>, nachfolgend wird dennoch eine Kupellation notwendig sein (vgl. dazu Kap II.4.2.1).

#### IV.3.5. Die Lagerstätten

Keine Lagerstätte kann unzweifelhaft für die Metallurgie eines Fundortes festgemacht werden. Gerade für die Herstellung früher Legierungen wäre das aber interessant, um die Erzbasis der Verhüttung und damit den Prozess näher charakterisieren zu können. Pigott bemerkte dazu 1998: „However, developing a comprehensive understanding of which sources and what types of ores were being exploited at what point in time has been complicated by the fact that not only are copper deposits with arsenical mineralizations decidedly uncommon on the Plateau but also research in the archaeology of mining on the Plateau has been modest at best“<sup>3541</sup>. Nichtsdestotrotz wurde das Iranische Hochland als Quelle von Arsenkupfer gesehen<sup>3542</sup>. Mittlerweile geht man davon aus, dass arsenhaltige Kupfererze durchaus häufig sind<sup>3543</sup>. Der Iran ist zudem reich an Blei-Silber-Zinklagerstätten, und Hinweise auf antiken Abbau sind vorhanden<sup>3544</sup>.

Die reichen polymetallischen Kupferlagerstätten von Talmessi und Meskani in der Region von Anarak<sup>3545</sup> (im Westen der Kavir Wüste; 200 km östlich von Tepe Sialk) führen Arsen. Es gibt auch gediegen Kupfer vergesellschaftet mit den Kupferarseniden Algodonit und Domeykit. Beim Aufschmelzen von (gediegen) Kupfer können sich diese Kupferarsenide im Kupfer auflösen<sup>3546</sup>. Weitere

<sup>3535</sup> Vorbehaltlich ihrer Nutzung zur Verhüttung; Pigott 1999b, 74. 76f.; Benoit 2004, 185; Steiniger 2011, 82. – So wird in Shahr-i Sokhta um 2700-2500 v. Chr. möglicherweise ein co-smelting als ein Schritt im Rahmen einer komplexeren Verhüttung mit Öfen in einem zweiten Schritt vollzogen (Steiniger 2011, 81f.).

<sup>3536</sup> Thornton u. a. 2009, 315; Stöllner u. a. 2011, 535.

<sup>3537</sup> Artioli u. a. 2005, 181. 183; Salvatori u. a. 2009, 54. – Kritisch zur Möglichkeit der Nutzung dieser Silbererze und einem Hinweis aus Ilgynly-Depe durch den Nachweis von Brom in Silber siehe Salvatori u. a. 2009, 53-55.

<sup>3538</sup> Artioli u. a. 2005, 183.

<sup>3539</sup> Salvatori u. a. 2009, 54.

<sup>3540</sup> Heskel 1982, 355.

<sup>3541</sup> Pigott 1999b, 77f.

<sup>3542</sup> Pigott 1999b, 74. 77f. 79.

<sup>3543</sup> Vincent Pigott unter Berufung auf E. Pernicka und N. Nezafati (Weeks 2008, 341f.).

<sup>3544</sup> Siehe Momenzadeh 2004, 15 Abb. 5.

<sup>3545</sup> Pigott 1999b, 78f.

<sup>3546</sup> Pigott 1999b, 78.

bedeutende Verunreinigungen dieser Lagerstätten sind Kobalt und Nickel (vgl. Tal-i Iblis oben), die in Form von Nickelarseniden und Speiskobalt vorliegen können. Bei der Verhüttung von Kupfererzen oder dem Schmelzen von gediegen Kupfer könnten diese Verunreinigungen in das gewonnene Metall übergehen. Die Herkunft von Kupfer mit Arsen und Nickel, für die oft der Oman als Ursprungsregion genannt wird, könnte auch im Iran oder in ähnlichen Lagerstätten der Ophiolithe liegen<sup>3547</sup>. Den Lagerstätten von Talmessi und Veshnoveh und der Anarakregion mit vielen weiteren Lagerstätten wird aufgrund ihrer Reichhaltigkeit, der leichten Erreichbarkeit arsenhaltiger Mineralisierungen und der bedeutenden Mengen an gediegen Kupfer eine große Bedeutung für die Versorgung mit Metall vom Neolithikum bis in die Bronzezeit zugemessen. Talmessi wird als Lagerstätte für die Versorgung von Sialk, Susa und Mesopotamien mit arsenhaltigem Kupfer erwogen<sup>3548</sup>. Darauf lassen Übereinstimmungen in der Zusammensetzung von Kupferobjekten aus Susa und einer Nadel aus Sialk mit den Erzen der Talmessi-Anarakregion schließen<sup>3549</sup>. Das Bergbaurevier Veshnoveh<sup>3550</sup> zeigt alte Abbauspuren und könnte einen Hinweis auf chalkolithischen Abbau mit Schächten und Galerien darstellen; an der Lagerstätte Chale Gahr wurde in einer der Galerien ein einziges Sialk IV-zeitliches Keramikgefäß (ca. 4000-3500 v. Chr.) gefunden. Im Revier von Veshnoveh finden sich oxidische und sulfidische Erze; jedoch fehlen Hinweise auf reichhaltige Arsenmineralisierungen. Laut Pigott eignen sich diese für ein *co-smelting* im Tiegel<sup>3551</sup>.

#### IV.4. Mesopotamien – insbesondere Südirak

Die Metallverwendung in Mesopotamien ist wie auch das Korpus der Literatur darüber umfang- und facettenreich. Einer Darstellung der für diese Arbeit wesentlichen Aspekte und damit in Zusammenhang stehenden Schlüsselfunden soll an dieser Stelle der Vorrang gegenüber einer ausführlichen Rekapitulation eingeräumt werden<sup>3552</sup>. Interessant ist, dass Schoop zufolge nach einem relativ<sup>3553</sup> intensiven Metallgebrauch der Hassuna/Samarra/Halaf-Periode die Obad-Kultur des ausgehenden 6. Jt. v. Chr. im Wesentlichen frei von Metall ist. Erst 500 Jahre später soll gemäß Schoop Metall in großer Menge in Uruk-Siedlungen des 5. Jt. v. Chr. zu finden sein<sup>3554</sup>. Im Kernland von Mesopotamien scheint es vor der Mitte des 4. Jt. v. Chr. bislang jedoch wenige Belege für Kupfer und keine oder kaum solche für Silber (s. u.) zu geben. Ob der Grund hierfür in der Quellenlage zu suchen ist, oder ob andere Ursachen für die Silberarmut vorliegen, ist vorläufig nicht zu entscheiden. Zu bedenken ist dabei, dass aus dem (südlichen) Mesopotamien dieser Zeitstellung kaum Grabfunde und Siedlungen vorliegen<sup>3555</sup>. Insbesondere für Südmesopotamien ist die Quellenlage in der Zeit vor der Mitte des 4. Jt. v. Chr. dünn. Eine „Expansion“ der Nutzung von Metallen wird meist ab der Mitte des 4. Jt. v. Chr. gesehen, die sowohl als Folge als auch Voraussetzung sozioökonomischer Veränderungen

---

<sup>3547</sup> Pigott 1999b, 79. 80f.

<sup>3548</sup> Benoit 2004, 185.

<sup>3549</sup> Pigott 1999b, 79.

<sup>3550</sup> Nach Pigott 1999b, 78; Moorey 1994, 247.

<sup>3551</sup> Pigott 1999b, 78.

<sup>3552</sup> Für die neolithische Metallverwendung siehe etwa Schoop 1995; Stech 1999, 61. – Zu einer Übersicht der metallurgischen Funde und Techniken Mesopotamiens mit weiterer Literatur siehe Moorey 1994, 216-301. Das vorliegende Kapitel basiert auf Moorey 1994, 232-301; Potts 1997, 164-184; Stech 1999.

<sup>3553</sup> Moorey (1994, 255) bemerkt, dass die Halaf-Kultur arm an Kupferfunden zu sein scheint.

<sup>3554</sup> Nach Schoop 1995, 28f.

<sup>3555</sup> Letzteres lässt sich vielleicht mit Blick auf die Klima- und Siedlungsgeschichte erklären (vgl. hierzu etwa Nissen 1998, 38). Vgl. für eine ähnliche Erscheinung die Tabqa-Region, die im Zuge eines Staudammprojektes untersucht wurde und für die Siedlungen der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. zu fehlen scheinen (Collins 2000, 25).

in Mesopotamien gewertet wird<sup>3556</sup>. Grundlage könnte der sog. *Mesopotamian advantage*<sup>3557</sup> gewesen sein, d. h. die Möglichkeit, durch Bewässerung der fruchtbaren Schwemmebenen in Südmesopotamien eine landwirtschaftliche Überproduktion zu erwirtschaften und damit zu handeln (vgl. auch die Bedeutung von Wolle, Kap. IV.1.2.3). Spätestens in dieser Zeit wird die Verwendung von mehrheitlich durch Verhüttung gewonnenem Kupfer sowie eine Reihe technischer Neuerungen bei der Verarbeitung angenommen; letztere sollen ihren Ursprung teilweise in der Zeit von Obed haben<sup>3558</sup>. Eine Bewertung der Metallurgie, sowohl ihres Umfangs als auch ihrer Technologie, ist schwierig. Funde etwa von Kupfererz und dessen Weiterverarbeitung aus (süd-) mesopotamischen Fundkontexten sind selten<sup>3559</sup>. „Given the avoidable impracticalities in transporting large quantities of copper ore over any great distance, it is not at all surprising that smelting should have taken place within the general vicinity of copper ore sources, as was also the norm with copper processing in Oman. That this practice continued into historical times is suggested by the scarcity of finds of copper ore, and ore processing equipment, from Mesopotamian sites. There is thus no evidence for lowland control over, or involvement in, the practice of ore smelting in the highlands [...]“<sup>3560</sup>. So wird auch für die iranischen Tiefländer nur eine Weiterverarbeitung von Kupfer veranschlagt<sup>3561</sup>. Die Verneinung des Erzhandels könnte sich nach Befunden aus anderen Regionen (insbesondere der Levante) allerdings als überholt herausstellen, und damit könnte möglicherweise auch eine Verhüttung im Tiefland zu suchen sein (s. u.). Schlacken als bester Nachweis der Verhüttung liegen jedoch keine vor. Die Abwesenheit von Schlacken muss aber zunächst nicht überbewertet werden, kann die chalkolithische Verhüttung doch prinzipiell nahezu schlackenlos bleiben. Aus Uruk etwa stammen mögliche, schwer zu deutende Belege von Metallurgie: Aus der sog. Kleinfundschrift (ca. 2. H. 4. Jt. v. Chr.; vgl. Kat. 46 zur Datierung) liegen *erstaunliche Mengen bis faustgroßer, durchoxydierter Klumpen ungeformten Kupfers* vor<sup>3562</sup>. Ohne Datierung werden vom selben Fundort mehrere Kupfererzstücke referiert<sup>3563</sup>. Metallurgische Einrichtungen wie eine Gießerei wurden diskutiert<sup>3564</sup>. Sozioökonomische Entwicklungen in Südmesopotamien werden im Rahmen von Austauschsystemen und Handel häufig als treibende Kraft hinter Veränderungen und Innovationen in den umliegenden Gebieten gesehen<sup>3565</sup>. So macht auch Helwing tiefgreifende Änderungen in der sozialen Organisation, die sich insbesondere ab etwa 3500 v. Chr. verstärkt manifestieren bzw. ab 3350 v. Chr. in Netzwerke ausstrahlen, als Impetus für Entwicklungen in Vorderasien aus. Mit der in Uruk und Ur zentralisierten Verwaltung, Verarbeitung und Veredelung von Kupfer und Silber, die auch textlich belegt ist, soll sich zeitlich in engem Zusammenhang die Einführung von Windöfen in weiten Gebieten beobachten lassen. Diese werden als innovativ gewertet und sollen zu höheren Produktionsmengen geführt haben<sup>3566</sup>. Die Kupfergewinnung auf der Arabischen Halbinsel soll erst nach einer Wendung der Bezugssysteme hin zu maritimen Routen am Ende des 4. Jt. v. Chr. oder später begonnen haben<sup>3567</sup>. Ob man der Annahme

<sup>3556</sup> Moorey 1994, 256; Stech 1999, 66f.

<sup>3557</sup> Matthews – Fazeli 2004, 73 zitieren Algaze.

<sup>3558</sup> Moorey 1994, 256.

<sup>3559</sup> Matthews – Fazeli 2004, 69; Vgl. Moory 1994, 242.

<sup>3560</sup> Matthews – Fazeli 2004, 69 (dort mit Zitaten).

<sup>3561</sup> Thornton 2009, 316.

<sup>3562</sup> Moorey 1994, 257; Heinrich 1938, 25: „Die Kleinfundschrift lieferte eine erstaunliche Menge von Klumpen ungeformten Kupfers. Es sind Stücke bis zur Größe einer Faust darunter. Da sie sämtlich bis in den Kern durchoxydiert sind, läßt sich die Zusammensetzung des Metalls leider nicht mehr feststellen“.

<sup>3563</sup> Pedde 2000, 12. – Die möglichen Fundzusammenhänge (teils Eanna, Bau J) und deren Datierung können hier aus Zeitgründen nicht eruiert werden.

<sup>3564</sup> Moorey 1982a, 17.

<sup>3565</sup> Zu diesem Punkt siehe Matthews – Fazeli 2004, 73.

<sup>3566</sup> Helwing 2017, 162f. 165.

<sup>3567</sup> Nach Helwing 2017, 165.

einer gleichsam passiven Rolle der umliegenden Gebiete nun folgen will oder nicht, wäre nichtsdestotrotz die Kenntnis der metallurgischen Fähigkeiten in Südmesopotamien ein interessantes Puzzleteil.

Für unterschiedliche Zeiträume werden die Quellen des südmesopotamischen Kupfers aufgrund textlicher Überlieferung sowie Überlegungen zu Handelsnetzen und Kommunikationsräumen in Regionen wie dem Iran, Anatolien, Zypern, der Levante und dem Oman bzw. der Golfregion vermutet<sup>3568</sup>. Als eine mögliche Quelle für Kupfer, Blei und anderes nennt Potts die von Layard besuchte Region der Tiyari-Berge am Unteren Zab nördlich von Mosul<sup>3569</sup>. Aus dieser Region stammen Belege für die frühe Nutzung von gediegen Kupfer und Kupfermineralien in neolithischer Zeit (Shanidar, Tell Maghzaliyah), darunter Kupfererze (Malachit) und einfache Kupfergegenstände aus Yarim Tepe I-II (6. Jt. v. Chr.)<sup>3570</sup>. Aus dem nordirakischen Yarim Tepe I stammt auch ein Bleiarmband, und dies könnte, da Blei in gediegener Form selten ist, auf das Wissen um die Verhüttung an diesem Ort hinweisen (um 6000 v. Chr.)<sup>3571</sup>. Aus Tell es-Sawwan weiter im Süden stammen drei Kupferperlen und ein Messer<sup>3572</sup>. Anzweifelbare Analyseergebnisse von „Kupferartefakten“ aus Yarim Tepe I und Tell es-Sawwan zeigen hohe Eisengehalte ([0,1]1-10/15%)<sup>3573</sup>. Diese könnten auf den Einsatz von Flussmitteln, die Nutzung von eisenreichem gediegen Kupfer oder aber den Einsatz eisenreicher Erze bei „ungünstigen“ Verhüttungsbedingungen zurückzuführen sein; sie könnten auch korrodiertes Kupfer oder schlicht Erz darstellen<sup>3574</sup>. Aussagen zur Herstellung der (neolithischen) Kupferartefakte sind oftmals schwer zu treffen, jedoch ist nach Stech die neolithische Nutzung von Metallen in Mesopotamien durch die Verwendung von Malachit und wenigen Artefakten aus gediegen Kupfer charakterisiert<sup>3575</sup>. Verbindungen zum Iran werden für Tell es-Sawwan an Türkisfunden abgeleitet<sup>3576</sup>.

Entwicklungen hin zu einer extraktiven Metallurgie in Mesopotamien werden im 5. und 4. Jt. v. Chr. vermutet bzw. durch den Vergleich mit umliegenden Regionen wie dem Iran (und Anatolien) erwogen<sup>3577</sup>. Für Mesopotamien und insbesondere dessen Süden lassen sich sichere Aussagen, vermutlich bedingt durch die Überlieferung, erst in der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. treffen<sup>3578</sup>. So

---

<sup>3568</sup> Potts 1997, 165. 168; Potts 1994, 144-151; Vgl. auch Moorey 1994, 245f. – Zu Untersuchungen der Lagerstättenregionen Moorey 1994, 246-249.

<sup>3569</sup> Potts 1997, 165. – Vgl. auch Moorey 1994, 246. 248.

<sup>3570</sup> Moorey 1994, 255; Potts 1997, 165; Stech 1999, 61. – Die Herkunft wird aber meist im anatolischen Bereich gesehen (vgl. Moorey 1994, 255).

<sup>3571</sup> Hauptmann u. a. 1993, 543; Schoop 1995, 23. 27. 38; Stech 1999, 61f; Moorey 1994, 294.

<sup>3572</sup> Moorey 1994, 255; Stech 1999, 61.

<sup>3573</sup> Matthews – Fazeli 2004, 71; Moorey 1994, 248. 255; Stech 1999, 61; Hauptmann u. a. 1993, 543; Schoop 1995, 22. 27f. 38. – Zur Möglichkeit von Zweifeln an der Analyse Moorey 1994, 255; Hauptmann u. a. 1993, 543.

<sup>3574</sup> Siehe und vgl. Moorey 1994, 255 (der einen schlackenbildenden Verhüttungsprozess ablehnt); Hauptmann u. a. 1993, 543; Schoop 1995, 38 (mit einer Diskussion zu den Eisengehalten von gediegen Kupfer).

<sup>3575</sup> Stech 1999, 61.

<sup>3576</sup> Matthews – Fazeli 2004, 71.

<sup>3577</sup> Stech 1999, 62; So wird aufgrund des Umfanges an Objekten aus Susa die Nutzung der Verhüttung für das späte 5. Jt. v. Chr. erwogen (Potts 1994, 147).

<sup>3578</sup> Vgl. etwa auch Matthews – Fazeli 2004, 70 (dort sehr knapp für Mesopotamien und den Iran eher allgemein etwa zum Problem, dass Gebäude generell selten als Objektfälle für Metallgegenstände ins Gewicht fallen oder nur wenige [reiche] Gräber mit Funden für das 4. Jt. v. Chr. zur Verfügung stehen, ohne allerdings systematisch die Quellenlage in Südmesopotamien zu analysieren). Matthews und Fazeli nehmen aber an, dass Kupfer aus dem iranischen Hochland vor 3500 v. Chr. bis Susa kam, aber Südmesopotamien nicht mehr erreichte, bemerken aber auch, dass Gräber der Urukzeit nahezu vollständig fehlen (Matthews – Fazeli 2004, 71). Vgl. auch Potts (1994, 144), der konstatiert, dass sich Prestigeobjekte bereits in der späten Uruk-Zeit finden ließen, aber schwere Geräte und Waffen erst im späteren 3. Jt. v. Chr. bedeutend werden.

fehlen Gräber der Uruk-Periode aus Mesopotamien nahezu völlig<sup>3579</sup>. Inwieweit eine brennstoffintensive Verhüttung auf (süd-)mesopotamischem Boden stattgefunden hat, muss offen bleiben (vgl. oben Erzfund aus Uruk). Aus dem Norden vom Oberlauf des Euphrats stammen Hinweise auf extraktive Metallurgie wie beispielsweise Schlackenfunde aus der späten Obed-Zeit (s. o. Obermesopotamien Kap. IV.2)<sup>3580</sup>. Eine weiträumige Vernetzung Mesopotamiens über Kommunikationssysteme war gegeben. Ob in Teilen Mesopotamiens, eigens dem rohstoffarmen Süden, importiertes Erz verhüttet wurde, oder ob Kupfer als Fertigprodukt dorthin gelangte, ist schwierig festzumachen. Durch seine Einbindung in weiträumige Netzwerke ist dies bis zu einem gewissen Grade auch unerheblich<sup>3581</sup>. Weil an der Wende zum 3. Jt. v. Chr. verstärkt Blei- und Kupferfunde aufkommen, für erstere mit höchster Wahrscheinlichkeit eine Verhüttung zugrunde liegt und diese als Wegweiser zur Kupfermetallurgie gedient haben können, wurde der Beginn der extraktiven Metallurgie in (Süd-) Mesopotamien implizit zeitlich gerne dort angesetzt<sup>3582</sup>. Dies lässt die quellenkritischen Fragen zur Überlieferung und ältere Funde jedoch völlig außer Acht. Bleiisotopische Untersuchungen liefern Argumente für eine Herkunft des meisten untersuchten urukzeitlichen Kupfers aus Zentral- und Nordostanatolien<sup>3583</sup>. Während Handelsbeziehungen mit der südlichen Levante auch im 4. Jt. v. Chr. bestehen, wird aufgrund von Überlegungen zur Bleiisotopie eine Herkunft von Jemdet Nasr-zeitlichem Kupfer aus der Arabah (Fenan, Timna) für möglich gehalten<sup>3584</sup>. AsNi-Kupfer sind in Vorderasien im 4. und 3. Jt. v. Chr. verbreitet. Meist wird eine Herleitung aus Ophiolithen angenommen, die im obermesopotamischen Raum und im Bereich des Kaukasus verbreitet sind (Taf. 31, 2)<sup>3585</sup>. Für die südmesopotamischen Funde mit Arsen und Nickel (Kiš, Nippur, Uruk und Ur) könnte auch eine Herleitung aus dem Oman aufgrund geographischer und kultureller Bezüge in Frage kommen<sup>3586</sup>. Auch unter bleiisotopischen Gesichtspunkten ist diese Herkunft für mesopotamische AsNi-Kupfer möglich<sup>3587</sup>. Weitere Regionen für Kupfer nach der Wende vom 4. zum 3. Jt. v. Chr., die bleiisotopisch in Frage kommen, liegen im Zentralen Taurus in der Südosttürkei<sup>3588</sup>. Darüber hinaus werden als Quellen mesopotamischer Kupfer (des 3. Jt. v. Chr.) der Zentraliran wie auch der Kaukasus diskutiert. Insbesondere für Bronze und Zinn werden auch (mittelbar) Indien (über das Indus/Bahrain?) und darüber hinaus Zentralasien als mögliche Quellen vermutet<sup>3589</sup>. Da der überwiegende Teil der Lagerstätten Anatoliens, des Irans, des Omans und Zyperns aus sulfidischen Erzen besteht und da die textliche Evidenz nicht restlos geklärt ist, wird für schriftliche Zeiten neben dem Import von Kupfer auch ein solcher von Matte (und bzw. oder Schwarzkupfer?) erwogen<sup>3590</sup>.

---

<sup>3579</sup> Matthews – Fazeli 2004, 71.

<sup>3580</sup> Moorey 1994, 256.

<sup>3581</sup> Durch eine Einbindung in Kommunikationsräume ist es zunächst nicht ausschlaggebend für das Verständnis der Technik bzw. Technologie, ob nun eine Verhüttung auf südmesopotamischem Boden erfolgte oder nicht. Für die Fragestellung nach der Technik ergibt sich eine gewisse Interpolation für das Gesamtbild. Im Falle von Importen etwa ließen sich z. B. Schlüsse für die Nachbarregionen ziehen.

<sup>3582</sup> Vgl. Stech 1999, 62. 66; Ähnlich impliziert Moorey den Beginn extraktiver Metallurgie zur Mitte bzw. zum Ende des 4. Jt. v. Chr. vor dem Hintergrund sich häufender Metallartefakte (vgl. Moorey 1994, 256f.).

<sup>3583</sup> Begemann – Schmitt-Strecker 2009, 1. 21. 23. vgl. dagegen 23.

<sup>3584</sup> Hauptmann 2007b, 293.

<sup>3585</sup> Hauptmann 2007b, 298 Fig. 8.19.

<sup>3586</sup> Hauptmann 2007b, 297-301. bes. 298.

<sup>3587</sup> Begemann – Schmitt-Strecker 2009, 1. 24.

<sup>3588</sup> Begemann – Schmitt-Strecker 2009, 24.

<sup>3589</sup> Begemann – Schmitt-Strecker 2009, bes. 1. 27-30.

<sup>3590</sup> Mit weiterer Literatur Potts 1997, 168f. So zeigt z. B. ein Barren aus neuassyrischer Zeit einen Eisengehalt von ca. 15,5 % und weitere wesentliche Gehalte an Antimon, Bismut, Blei, Silber und Zink. Über den Schwefelgehalt wird keine Auskunft gegeben (Potts 1997, 169).

Am oberen Euphrat wird spätestens zur späten Obed-Zeit auch Arsenkupfer verwendet (s. u.)<sup>3591</sup>. Den Modus der Nutzung von Arsenkupfer zu evaluieren ist schwierig (s. Einleitung dieses Kapitels und im Folgenden). Pernicka sieht die späte Obed-Zeit als den Zeitpunkt, zu dem Kupfer mit höheren Gehalten an Begleitelementen, darunter Arsen zwischen 0,1 und 2 %, aufkommt; er empfiehlt aber die Ansprache als unlegiertes Kupfer<sup>3592</sup>. An dieser Stelle verweisen Moorey<sup>3593</sup> wie auch andere<sup>3594</sup> für unsere Kenntnis der mesopotamischen Kupfermetallurgie auf die Metallfunde aus Susa, an anderer Stelle – bei der Betrachtung der Metallurgie des iranischen Hochlandes – wird ebenso auf Susa verwiesen (vgl. Kap. IV.3.2). Ohne die exzeptionellen Funde aus Susa wäre über die (verwendete) Metallindustrie im Tiefland an der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. wenig bekannt<sup>3595</sup>. Trotz ergrabener Gräberfelder (z. B. Ur und Eridu ohne Metallbeigaben) liegen aus der Obed-Kultur in Mesopotamien nur wenige Kupferfunde vor<sup>3596</sup>. Insgesamt zeichnet sich ab, dass Metallartefakte aus dieser Zeit im iranischen Hochland wie auch im mesopotamischen Tiefland eher selten überliefert sind. Nach Moorey kommt für die Obed-Kultur am Oberen Euphrat Arsenkupfer spätestens zur späten Obed-Zeit auf: Er verweist auf Funde aus Tepe Gaura, unter denen sich beispielsweise Flachbeile befinden. Dabei bezieht er sich auf ein analysiertes Stück (aus Tepe Gaura XII im Norden) aus eher reinem Kupfer<sup>3597</sup>. Weiter stützt er sich auf eine Flachbeilklinge aus dem unweit von Gaura gelegenen Tell Arpachiyah aus ebenfalls eher reinem Kupfer<sup>3598</sup> sowie auf die Befundlage für Değirmentepe und den Oberen Euphrat der späten Obed-Zeit<sup>3599</sup>. Nach der Zusammenschau der Lage und Datierungen in Obermesopotamien (Kap. IV.2.2; vgl. dort auch Tepe Gaura) kann die beginnende Arsenkupfernutzung noch in der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. und spätestens an der Wende zum 4. Jt. v. Chr. zu verorten sein. Um die Metallurgie der Obed-Zeit in Südmesopotamien zu erschließen, wird auf die Funde aus Susa verwiesen, wodurch etwa Muhly zufolge der Beginn der Arsenkupfernutzung in Vorderasien im späten 5. bzw. frühen 4. Jt. v. Chr. erreicht wird<sup>3600</sup>. Außerdem werden aus zahlreichen Fundorten stammende und auch aus späterer Zeit bekannte tönerner (und steinerne) Schaftloch- und Hammeräxte aus Gräbern herangezogen, um den Stand der Metallurgie zu charakterisieren<sup>3601</sup>. Einzelne werden als detailgetreuer Ersatz oder Model etwa für den Sandguss gedeutet<sup>3602</sup>. Andere wie eine (mögliche) kreuzschneidige Schaftlochaxt aus Ton von Tello stellen Miniaturmodelle dar<sup>3603</sup>. Eine Überprüfung der weiteren Fundkontexte könnte sich anbieten, um eine Modellfunktion zu überprüfen. Aufgrund von Parallelen zu obedzeitlichen Ton- und Steinäxten (u. a. Tello, Eridu, Tell Uqair, Obed) datiert Tallon eine endständige Schaftlochaxt mit 0,95 % As aus Susa in diese Zeit<sup>3604</sup>. Einteilige, oben offene Gussformen wie solche für Schaftlochäxte aus Ghabristan im Iran könnten auch für diesen Typ Äxte gedient haben<sup>3605</sup>. Weiträumige, weltweit zu denkende Kontakt- bzw. Kommunikationsnetzwerke anhand der

---

<sup>3591</sup> Müller-Karpe 1989, 183; Moorey 1994, 255f.

<sup>3592</sup> Pernicka 1990, 47f.

<sup>3593</sup> Moorey 1994, 251. 256.

<sup>3594</sup> Siehe beispielsweise Matthews – Fazeli 2004, 71; Potts 1994, 144-176. bes. 147. 151.

<sup>3595</sup> Vgl. Matthews – Fazeli 2004, 71.

<sup>3596</sup> Moorey 1994, 255f.; Yener 2000, 30. 32f.

<sup>3597</sup> Moorey 1994, 255: Der Arsengehalt wird mit 0,05 % angegeben.

<sup>3598</sup> Moorey 1994, 255: 99 % Cu, 0,1 % As.

<sup>3599</sup> Moorey 1994, 255f.: „The use of arsenical copper is evident by at least the late Ubaid period at the Upper Euphrates [...]“.

<sup>3600</sup> Muhly 1988, 8. 10: Mit Daten von 4100–3900 v. Chr. für Susa A/I; O’Brien 1999, 33.

<sup>3601</sup> Nach Moorey 1994, 256; Yener 2000, 33.

<sup>3602</sup> Mit weiterer Literatur Moorey 1994, 256.

<sup>3603</sup> Boroffka 2009, 248.

<sup>3604</sup> Moorey 1994, 256; Tallon 1987a, 94f. 315; Tallon 1987b, 149 Nr. 71.

<sup>3605</sup> Tallon (1987a, 95) schlägt dies vor, Moorey würde die beiden Gussformen aber später datieren (Moorey 1994, 256). Boroffka zufolge datieren die Gussformen ins frühe 4. Jt. v. Chr. (Boroffka 2009, 252).

Form der kreuzschneidigen Schaftlochäxte könnten sich Boroffka zufolge andeuten<sup>3606</sup>. Hier erneut anzuführen ist die bereits oben genannte tönerner Miniatur einer kreuzschneidigen Schaftlochaxt aus Tello, die in die Obed-Zeit der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. datiert wird und etwa mit karpato-balkanischen Formen prinzipiell zeitgleich wie auch formal vergleichbar ist<sup>3607</sup>. Zwei interessante Kupferfunde stellt M. Müller-Karpe vor<sup>3608</sup>: Aus Eridu stammt eine kupferne endständige Schaftlochwacke/-axt, die mit solchen aus Susa I (Spät-Obed/Früh-Uruk) und einem Stück aus Tepe Sialk III verglichen wird. Eine kupferne endständige Schaftlochaxt vom Schwarzmarkt mit vermutlich südmesopotamischer Provenienz wird mit dem oben genannten Stück aus Susa sowie den Tonäxten der späten Obed-Zeit verbunden<sup>3609</sup>. Die Vergleiche zeigen eine Einbindung in Kommunikationsnetzwerke mit dem Umland und weit darüber hinaus an.

Zu den obedzeitlichen Formen von Schaftlochgeräten aus Ton und Stein vergleichbare Formen sollen sich in Susa finden lassen (Susa II-III/Frühurukzeit?: vgl. unten zur Datierung); sie bestehen aus Kupfer mit Arsen und Blei um 1 %<sup>3610</sup>. Für den Vorderen Orient wird das Aufkommen von Arsenkupfer und (endständigen?) Schaftlochäxten aus solchem Kupfer im Rahmen von Chernykh's Zirkumpontischer Metallurgischer Provinz diskutiert<sup>3611</sup>. Während an dieser Stelle kein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Arsenkupfer und möglicherweise Formen von kreuzschneidigen Äxten zur Obed-Zeit hergestellt werden kann, soll aber dennoch darauf verwiesen werden, dass kreuzschneidige Äxte eine Form darstellen, die sich auch bzw. eher mit dem Horizont der sog. Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz verbinden lässt (vgl. oben zu den Kommunikationsnetzwerken anhand von Schaftlochäxten)<sup>3612</sup>. Inwieweit es dabei einige kreuzschneidige Schaftlochäxte aus dem Bereich der Ägäis und des Vorderen Orients gibt, die lediglich ob ihrer Zinngehalte spät datiert werden, muss hier offen bleiben<sup>3613</sup>. Von Kreta sind auch Exemplare aus Gold und Blei bekannt<sup>3614</sup>. Für die genaue Zeitstellung und die Klärung einer möglichen Einbindung in Kommunikationsnetzwerke hinsichtlich der Kenntnis und Ausübung der Arsenkupfermetallurgie bedürfte es einer genauen Betrachtung der Zusammensetzungen der Artefakte.

Aus einem spätobedzeitlichen Grab von Ur wird eine kupferne Speer(?)spitze erwähnt, die sich bei unterschiedlicher Größe in den Proportionen mit den Stücken aus dem Riemchengebäude (Kat. 45), darunter eine Kupfersilberlegierung, vergleichen lassen soll<sup>3615</sup>. Damit ist möglicherweise die Frage nach dem Stand der Silber- und Kupfersilberlegierungen in dieser Zeit zu verbinden (s. u.). Die Stücke aus dem Riemchengebäude könnten nämlich älter als ihr Niederlegungszeitpunkt sein. Dieser Punkt soll aber nicht überstrapaziert werden.

Arsenkupfer soll während des 4. Jt. v. Chr. in (Süd-) Mesopotamien – in Obermesopotamien ist dies früher nachzuzeichnen – in Gebrauch kommen. In der Forschung wird vermutet, dass es nicht durch die Zugabe von Arsen gewonnen wurde, sondern etwa durch die Verhüttung arsenhaltiger Kupfererze oder die Zugabe von Arsenerzen; dies gilt auch für andere Teile des Untersuchungsraumes dieser

---

<sup>3606</sup> Siehe Boroffka 2009.

<sup>3607</sup> Boroffka 2009, 248. 250.

<sup>3608</sup> Müller-Karpe 2002, 137f.

<sup>3609</sup> Kupferne endständige Schaftlochaxt aus Susa: Tallon 1987b, 149 Nr. 71.

<sup>3610</sup> Moorey 1994, 257; Potts 1994, 172 mit Anm. 195.

<sup>3611</sup> RIA 8 (1993) 119-136 s. v. Metalle. B (J. D. Muhly), 127.

<sup>3612</sup> Vgl. dazu kurz Boroffka 2009, 248.

<sup>3613</sup> Vgl. Boroffka 2009, 248.

<sup>3614</sup> Boroffka 2009, 251.

<sup>3615</sup> Primas 1988, 165; De Maigret 1976, 84. Fig. 17,1. 2.

Arbeit<sup>3616</sup>. Arsenkupfer mit unterschiedlichen, durchaus eher niedrigen As-Gehalten war eine bedeutende Kupferlegierung mit variierenden Anteilen in den Metallinventaren Mesopotamiens insbesondere vom 4. Jt. v. Chr. bis in die Zeit von Frühdynastisch III und ferner bis ins 2. Jt. v. Chr. hinein<sup>3617</sup>. Meist am Ende der bzw. in der späten Uruk-Zeit wird auch ein Auftreten von (intentionellen, die Gusseigenschaften verbessernden) Bleikupferlegierungen mit unterschiedlichen Gehalten an Blei gesehen, wobei nur ein für einen Teil eine intentionelle Herstellung angenommen wird<sup>3618</sup>. Nach Ansicht von Stech entspringt zumindest ein Teil dieser Bleikupferlegierungen einem Experimentieren oder ist Resultat von Unfällen vor dem Hintergrund einer sich entwickelnden extraktiven Metallurgie von Blei und Kupfer<sup>3619</sup> (vgl. aber oben Beginn der extraktiven Metallurgie). Teilweise geht nach Potts ab der endenden späten Uruk-Zeit in Susa ein erhöhter Arsengehalt (spätes Susa II/IIIA; im Mittel um 3,13 %) mit erhöhten Bleigehalten (im Mittel 3,27 %; vgl. Kap. IV.3.2) einher<sup>3620</sup>. Die Phasen- und Zeitzuweisungen sind aber problematisch. Pigott folgend deckt Susa II/IIIA etwa die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. ab<sup>3621</sup>. Auch ein Beginn von Susa II um 3700/3600 und dauernd bis ca. 3500 v. Chr., etwa entsprechend der Mittel-Uruk-Zeit, scheint diskutierbar<sup>3622</sup>. Moorey zufolge löst die Uruk-Zeit die Obed-Zeit während Susa II-III ab<sup>3623</sup>. Bleikupferlegierungen sollen in einer Zeit aufkommen, in der auch erstmals verstärkt Blei- und Silberfunde überliefert sein sollen (s. u.)<sup>3624</sup>. Ob die Gründe dafür mit einer Zumischung von Blei oder aber mit einer neuen, Kupfer und Silber verbindenden Gewinnungsmethode zusammenhängen, muss in Zukunft weiter untersucht werden. Vergleiche dazu könnten – in Abhängigkeit von der Datierung – etwa über die Hinweise im Iran auf Speisen aus Sulfidphasen im Verbund mit den Metallzusammensetzungen gezogen werden (vgl. Kap. IV.3). Eine Blüte von Arsenkupfer wird häufig auch mit der späten Uruk-Kultur verknüpft<sup>3625</sup>, bzw. die erste Nutzung intentioneller Arsenkupfer wird im späten 4. Jt. v. Chr. gesehen<sup>3626</sup>. Für Mesopotamien inklusive Südmesopotamien konstatiert eine Studie<sup>3627</sup> zur Legierungsverwendung (Arsenkupfer und Zinnbronze), dass am Ende des 4. und zu Beginn des 3. Jt. v. Chr. Arsenkupfer mit bis zu 5 Gew.% Arsen verwendet wurden, und Zinnbronze um die Mitte des 3. Jt. v. Chr. eingeführt wird. Moorey sieht die Einführung der Zinnbronze in Mesopotamien im frühen 3. Jt. v. Chr., ihre Durchsetzung benötigte ihm zufolge aber mehrere Jahrhunderte<sup>3628</sup>. Ein Zusammenhang der Zinngehalte mit politischen Konstellationen wird hergestellt. Nach Moorey – dieser wiederum unter Bezug auf Craddock, allerdings

<sup>3616</sup> Mit weiterer Literatur (auch zur Erzeugung von Arsenkupfer) Potts 1994, bes. 151-153; Potts 1997, 165. 167 mit Anm. 5 (auf S. 184); Moorey 1994, 240 (siehe „Arsenic“): Aus dem antiken Mesopotamien mit schriftlichen Quellen späterer Zeitstellung ist für Arsen kein Wort sicher in den Texten identifiziert worden. – Zeitliche und räumliche Verortung folgender Feststellung bedürften einer weiteren Erörterung: „It is perhaps significant that arsenic tends to occur in slags at urban sites, not at mining centres“ (Potts 1994, 151).

<sup>3617</sup> Moorey 1994, 250f. In Susa etwa zeigen die Objekte, dass in Susa I (ca. 4000 v. Chr.) niedrige Gehalte an Arsen in Kupfer vorliegen. Arsenreichere Kupfer werden zur Zeit von Susa IV (FD III-Akkad) genutzt (Moorey 1994, 251); RIA 8 (1993) 119-136 s. v. Metalle. B (J. D. Muhly), 129; Stech 1999, 62f.; Potts 1997, 167f. 170. – Moorey 1994, 258: „Before 3000 BC pure copper or copper with less than 1 per cent arsenic appears to be the utility metal in Mesopotamia“.

<sup>3618</sup> Pernicka 1990, 54f.; Potts 1994, 160; Müller-Karpe 1989, 182; Moorey 1994, 257. 271. 294.

<sup>3619</sup> Stech 1999, 62; Müller-Karpe 1989, 182. Stech bezieht sich dabei auf einen Fund, und zwar den einer Löwenfigurine mit einem Bleianteil von 9 % aus dem *Sammelfund* von Uruk (vgl. Braun-Holzinger 1984, 4 Kat. 1).

<sup>3620</sup> Potts 1994, 152. 160.

<sup>3621</sup> Pigott 1999b, 80.

<sup>3622</sup> Vgl. Rothman 2001, 7 Table 1.1.

<sup>3623</sup> Moorey 1994, 257.

<sup>3624</sup> Moorey 1994, 257f. – Einen kurzen Überblick zu Blei in dieser Zeit bietet Moorey 1994, 294f.

<sup>3625</sup> Müller-Karpe 1994b, 13.

<sup>3626</sup> Potts 1994, 151 (anhand von Ergebnissen aus Susa).

<sup>3627</sup> Ryck u. a. 2005, 261.

<sup>3628</sup> Moorey 1994, 252f.



ohne dies genauer zu differenzieren und ohne einen Bezug zur Arsenkupfermetallurgie herzustellen – kommt im Vorderen Orient während des 4. Jt. v. Chr. die Nutzung von sulfidischen Erzen und insbesondere Fahlerzen auf, welche zu verunreinigten Kupfern geschmolzen werden können (siehe aber die Anm.)<sup>3629</sup>. Analysen von ins 4. Jt. v. Chr. datierten Objekten verschiedener, vornehmlich iranischer Fundorte legen dabei für einen Teil des Kupfers eine Herstellung aus polymetallischen Erzen mit Sulfid(rest)gehalten (wie Fahlerzen) nahe; dabei könnten vereinzelt auch Vorgänge wie eine Abscheidung von Speisephase aus Sulfidphasen eine Rolle gespielt haben<sup>3630</sup>. Andere Autoren nehmen an, dass zur Gewinnung südmesopotamischen und iranischen Kupfers im 4. und 3. Jt. v. Chr. gediegen Kupfer sowie oxidische und carbonatische Erze verhüttet wurden<sup>3631</sup>. Der Anteil von Eisen im Kupfer, der auch durch eine Läuterung beeinflusst werden kann<sup>3632</sup>, hängt auch vom Schmelzvorgang (Bedingungen, Eisenanteil des Erzes beim frühen und beim schlackenbildenden Prozess) ab<sup>3633</sup>. Moorey bemerkt dazu, dass ein Wechsel von der frühesten Verhüttung von Erzen mit geringen Eisengehalten in den erzielten Kupferobjekten hin zu einer Verhüttung von an Kupfer ärmeren Erzen mit höheren Eisengehalten erfolgt ist, genauere Aussagen dazu jedoch einer statistischen Auswertung eines breiteren Analysenbestandes bedürfen<sup>3634</sup>. Muhly diskutiert eine nach 3000 v. Chr. mit dem Ende des Uruk-Systems erfolgte Hinwendung zu omanischen Kupferquellen (vgl. oben zu den Nickelgehalten); einen Trend zu höheren Eisengehalten in Kupfer verortet er im 3. Jt. v. Chr., wofür er unabhängig von der Herkunftsfrage Änderungen in der Verhüttungstechnik verantwortlich sieht und komplexe Erze als Rohstoffquelle vermutet<sup>3635</sup>.

---

<sup>3629</sup> Moorey 1994, 248. ferner 244; Craddock – Giumlia-Mair 1988, 324. – Vgl. dagegen bei Moorey 1994, 249; Nach Potts (1994, 145) ist (für das 3. Jt. v. Chr.) unklar welche Erzsornten verhüttet wurden; Riederer (1994, bes. 86) beschreibt das deutliche Auftreten verunreinigter Kupfer mit Fe, Ni, As, Sb, Sn und Pb im Vorderen Orient im 4. Jt. v. Chr. (die Kupferwerte gehen dabei auf 96 bis 97 % zurück). Da arsenreiche Kupfer geringe Antimonergehalte aufwiesen, lehnt er Fahlerze als Erzbasis ab (Riederer 1994, 90). Das Auftreten eines spurenelementreichen Kupfers und von Arsenkupfer konstatiert er andererseits im 6. Jt. und verbreitet im 5. Jt. (Riederer 1994, 92. vgl. 85f.); s. u.

<sup>3630</sup> Vgl. Berthoud 1979, Annexe 12-17 Tableau 2; 22-36 Tableau 5: Einige Stücke geben zunächst durch ihren Schwefelgehalt, aber auch durch ihre Spurenelementmuster mit hohen Gehalten an Arsen und anderen Nebenelementen, Verdachtsmomente auf Vorgänge von Speiseabscheidungen (z. B. Flachbeil No. 2003 aus Sialk III<sub>5</sub>; ferner Flachbeil No. 980 [=Sb 11302] aus Susa [vgl. auch Tallon 1987b, 42 No. 380] mit 1,1 % Pb).

<sup>3631</sup> Dazu Moorey 1994, 249 mit weiterer Literatur.

<sup>3632</sup> Moorey 1994, 248f.

<sup>3633</sup> Moorey 1994, 248.

<sup>3634</sup> Moorey 1994, 248. 251.

<sup>3635</sup> RIA 8 (1993) 119-136 s. v. Metalle. B (J. D. Muhly), 128; Zur Zeit von Frühdynastisch IIIB mit der Vase à la Cachette und auch zeitgleich (bzw. ab FD II) in Südmesopotamien (*Sumer*) vermutet Potts (1994, 148) aufgrund steigender Nickel- und Eisengehalte den Oman als Herkunftsgebiet für das Kupfer. Dieser Einschätzung ist möglicherweise so nicht zu folgen, da auch die Herstellungstechnik Wirkungen entwickeln kann (s. o.), sie stellt aber einen Anhaltspunkt für die chronologische Einordnung der steigenden Eisengehalte dar. – Die Fragen bezüglich des frühesten Eisens, und ob dieses terrestrischer Herkunft aus Erzen oder meteoritisches Eisen ist, sind nicht abschließend geklärt (Moorey 1994, 278f. 287), könnten aber ein Licht auf Veränderungen in der Kupfermetallurgie werfen. Abgesehen von sehr frühen Eisenfunden tauchen diese ab dem späten 4. Jt. v. Chr. „häufiger“ auf (vgl. Moorey 1994, 279. 287), möglicherweise sind diese auf etwa zeitgleiche Veränderungen in der Verfahrenstechnik hin zu höheren Temperaturen und stärker reduzierenden Bedingungen oder der Erzbasis hin zu eisenhaltigen Erzen (oder der Zugabe von eisenhaltigen Flussmitteln) in der Kupferverhüttung zurückzuführen (vgl. Moorey 1994, 248. 279f.). Für Mesopotamien wird es als wahrscheinlich angesehen, dass ein Gutteil der Eisenfunde vor der Spätbronzezeit als Nebenprodukte der Kupferverhüttung zu erklären ist (Moorey 1994, 279f. vgl. 287-289).

Während erste Zinnbronzen in Mesopotamien spätestens aus der Zeit Frühdynastisch I bekannt sind und auch die erste textliche Erwähnung finden<sup>3636</sup>, bleiben neben ihnen weiterhin Arsenkupfer und eher reines Kupfer in Gebrauch<sup>3637</sup>. Auch im weiteren Vorderasien findet Bronze eine häufigere Verbreitung erst nach etwa 3000 v. Chr.<sup>3638</sup>. Barren fehlen in frühen Zeiten im Fundbild weitgehend<sup>3639</sup> und kommen erst im 3. und 2. Jt. v. Chr. im Vorderen Orient (auch Oman, Golfregion und Indus; vgl. Vase à la Cachette) in Gestalt der planokonvexen Barren (bun-shaped ingots) auf, wie sie etwa auch aus Tell Chuera vorliegen<sup>3640</sup>. Dies könnte mit der Verhüttungstechnik in Zusammenhang stehen, da sich die Form der planokonvexen Barren aus Ofenbarren (Ofenschlacken/Schlacken Kuchen mit Metallregulus) ergeben oder ableiten könnte. Spätere Kupferbarren aus dem 2. und frühen 1. Jt. v. Chr. zeigen teils als Hauptverunreinigungen Eisen und ansonsten sehr niedrige Nebenelementgehalte wie Arsen, Nickel usw.<sup>3641</sup> Für die Frage nach Barren ist jedoch wichtig, aus welcher Quellengattung das Gros der Metallfunde stammt. Begemann und Schmitt-Strecker weisen darauf hin, dass Barren sich selten in Gräbern finden, diese jedoch meist die bedeutendste Quelle für unsere Kenntnis von Metall darstellen<sup>3642</sup>. Für die Technologie interessant ist die Nutzung raffinierten Kupfers für Legierungen mit Zinn, die ab der Zeit Frühdynastisch I in Erwägung gezogen wird (vgl. oben die pauschale Aussage zu steigenden Eisengehalten)<sup>3643</sup>. Schaftlochhäxte aus dem Königsfriedhof von Ur (Mitte 3. Jt. v. Chr.) weisen einen Zinkgehalt von bis zu 2,5% auf und könnten ein Indiz auf Zementationsprozesse mit Zinkerz oder zinkreichem Kupfererz in geschlossenen Tiegeln darstellen<sup>3644</sup>. Offen ist, inwieweit die hohen Zinkgehalte mit anderen Besonderheiten in der Metallzusammensetzung einhergehen, und ob sich weitere Erkenntnisse gewinnen lassen. Denn Zementationsprozesse können auch zu Arsenkupfer führen. Niedrig legierte Zinnbronzen könnten einerseits dadurch gewonnen worden sein, dass Zinn zugemischt wurde, andererseits aber auch dadurch, dass entsprechend zusammengesetzte polymetallische Erze verhüttet wurden<sup>3645</sup>. Über Feuerungseinrichtungen sowie spätere (Schacht-

<sup>3636</sup> Potts 1997, 169f.; Moorey 1994, 258; Rahmstorf 2017, 194f.; Vgl. Pernicka u. a. 2002, 131; Müller-Karpe 1989, 184f.; Zu einer Diskussion möglicher Zinnbronzen des 4. Jt. v. Chr. siehe etwa Müller-Karpe 1989, 184; Rahmstorf 2017, 185. 194.

<sup>3637</sup> Potts 1997, 170; Moorey 1994, 258; In Mesopotamien zeigt sich bei der Verwendung von Zinn zur Legierung mit Kupfer, dass dieses nicht unbedingt regelhaft für bestimmte Objekte mit bestimmter Funktion, also unter Ausnutzung der technischen Eigenschaften, verwendet wurde (Moorey 1994, 258-276. bes. 258. 262. Lange wurde für Geräte noch Stein, Flint, Keramik und Holz verwendet (Moorey 1994, 261). Erst in neubabylonischer Zeit, als sich Eisengeräte durchsetzen werden Bronzen häufiger (Moorey 1994, 262. 263). Gefäße sind häufiger aus Bronze, vielleicht wegen des Aussehens und weniger wegen der Verarbeitungseigenschaften (Stech 1999, 66). Kupfer bleibt auch im 2. Jt. v. Chr. als Gebrauchsmetall von Bedeutung, im Laufe des 2. Jt. v. Chr. scheint die Verwendung von Arsenkupfer deutlich zurückzugehen und die von Bronze einen Aufschwung zu nehmen und vermutlich erst in der Spätbronzezeit, wie ein Blick auf den weiteren Vorderen Orient zeige, regelmäßig genutzt worden zu sein (Moorey 1994, 263; Vgl. Stech 1999, 66.).

<sup>3638</sup> Potts 1997, 169f.; Vgl. Moorey 1994, 258; Vgl. auch Stech 1999, 64. 66; Erst ab Frühdynastisch III sollen regelhafte Zinnbronzen in Susa und Mesopotamien aufkommen (Potts 1994, bes. 153f.).

<sup>3639</sup> Vgl. dazu sieben Kupferbarren (Bleikupferlegierung?) aus Habuba Kabira Süd und Tell Habuba, „die von der Mitte des 4. Jahrtausends bis zum Beginn des 2. Jahrtausends v. Chr. datieren“ (Schmitt-Strecker u. a. 1994, 97).

<sup>3640</sup> Moorey 1994, 244; Potts 1994, 148f. (auch in Lothal in Gujarat).

<sup>3641</sup> Ausführlicher mit weiterer Literatur Moorey 1994, 244f.

<sup>3642</sup> Begemann – Schmitt-Strecker 2009, 15.

<sup>3643</sup> Mit weiterer Literatur Potts 1994, 153.

<sup>3644</sup> Müller-Karpe 1989, 185-189. bes. 185. 188.

<sup>3645</sup> Vgl. etwa Müller-Karpe (1989, 183. 185), der den Beginn verlässlicher Zinnbronzen (vgl. deutliche Arsenkupfer) um die Mitte des 3. Jt. v. Chr. mit dem Königsfriedhof von Ur beginnen lässt. Potts (1994, 153) sieht den Beginn regelhafter Bronze ab Frühdynastisch III in Mesopotamien und der Susiana (vgl. oben). Höher arsenhaltige Kupfer in Ur (Frühdynastisch III) enthalten kein Zinn (Potts 1994, 151). Der Höhepunkt der Arsenkupfernutzung in Susa soll um Susa IVA1-IVB/FDIII und die Akkad-Zeit (Häufung zwischen 1-3 %, im Mittel

) Öfen sind wir in Mesopotamien vor allem aus dem Süden schlecht unterrichtet<sup>3646</sup>. Aus dem frühen 2. Jt. v. Chr. sind erste Blasebälge (*pot-bellows*) aus Mesopotamien sowie mögliche Tuyères bekannt<sup>3647</sup>. Die Tendenz zu steigenden Eisengehalten (s. o.) könnte mit höheren Temperaturen und längeren Schmelzzeiten bei schlackenbildenden Prozessen zu verbinden sein.

#### IV.4.1. Silber aus Südmesopotamien: Uruk

Aus Uruk (Irak; Kat. 44-48; evtl. Kat. 49) im südlichen Mesopotamien stammen mehrere Ensembles mit Silberfunden<sup>3648</sup>. Diese gehören wahrscheinlich der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. an. Viele Zusammenhänge, aus denen Silber stammt, wurden in der Vergangenheit über die Zuordnung zur Späten Uruk-Kultur ins späte letzte Drittel des 4. Jt. v. Chr. datiert. Einige könnten jedoch etwas früher eingeordnet werden.

Aus dem sog. Riemchengebäude liegen zwei ‚Speerspitzen‘ vor (Kat. 45; Taf. 33, 1). Das Material einer der Speerspitzen wurde ursprünglich als Silber angegeben, die Materialansprache der anderen Speerspitze wurde daran angehängt. Eine Analyse zeigte jedoch, dass es sich bei einer der Speerspitzen um eine Kupfersilberlegierung mit einem Silbergehalt von 26 % oder mehr handelt. Eine Datierung für das Riemchengebäude ins letzte Drittel des 4. Jt. v. Chr. ist wahrscheinlich; aber innerhalb von diesem nicht so spät wie in der älteren Forschung angenommen. Da die reichhaltigen Funde des Riemchengebäudes u. a. als bestattetes Tempelinventar gedeutet werden, ist es nicht unmöglich, dass das Material älter ist als die Schichtzuweisung<sup>3649</sup>. Die Kleinfund- bzw. Scherbenschicht in Uruk (Kat. 46) lieferte den Silberblechaufsatz eines steinernen Keulenkopfes sowie Fragmente von Silberblech. Eine Datierung um das dritte Viertel des 4. Jt. v. Chr., aber auch früher, ist möglich. Vermutlich aus dem Steinstiftgebäude ist ein zusammengerolltes Silberblech (Kat. 44) bekannt, mit dem sich eine Datierung um oder kurz nach der Mitte des 4. Jt. v. Chr. verbinden könnte.

Sollten die der Jemdet Nasr-Zeit zugewiesenen Silberfunde von Uruk noch dem vierten Jahrtausend v. Chr. angehören, würden sie den Bestand und das Repertoire von Funden aus Uruk, die in den Untersuchungszeitraum dieser Arbeit fallen, drastisch erhöhen. Dem sog. Sammelfund (Kat. 47; vgl. Taf. 33, 2) werden mehr als zweihundert Fundstücke zugerechnet. Aus Silber bestehen dabei Teile von Tierfiguren, eine Blüte sowie der Stängel einer Blüte aus Karneol. Weiter sind zahlreiche Bleche, meist in Form von Streifen, Tierfiguren und Fragmenten, ein kugeliges Gefäß mit langem Ausguss und zwei liegende Rinder als Aufsätze auf Rollsiegeln aus Lapislazuli Bestandteil des Sammelfundes. Teile von Rinderfiguren bestehen auch aus „Kupfer mit hohem Silberanteil“<sup>3650</sup>. An die Datierung des Sammelfundes lässt sich ein silberner Rollsiegelaufsatz in Form eines Widderfigürchens anhängen. Er stammt aus dem Kunsthandel und soll in Uruk gefunden worden sein (Kat. 49; Taf. 33, 3). Mit der Zuweisung *Protoliterate*/Jemdet Nasr nennt Moorey zwei Paar silberne Ohrringe aus Ur (nicht im Kat.)<sup>3651</sup>.

---

1,76 %) liegen, danach soll Zinnbronze *an Grund gewinnen* („gains ground“) (Potts 1994, 152). Dazu liegen allerdings Rezepte vor, in denen die Zugabe metallischen Zinns ab der Zeit FD II/III belegt ist (Potts 1994, 153). Genauere Aussagen und eine Absetzung zur Arsenkupfernerzeugung oder Ableitung von Antworten zur Bronzemetallurgie, etwa ab wann Zinn zulegiert wurde, scheinen nur schwer möglich.

<sup>3646</sup> Moorey 1994, 242-244.

<sup>3647</sup> Zu Blasebälgen Moorey 1994, 265. 266 Fig. 16,1; 268. bes. 268f. – Zu Tuyères (evtl.) schon ab etwa dem letzten Drittel des 3. Jt. v. Chr.: Moorey 1994, 267 Fig. 17,8. 11; 268. 269.

<sup>3648</sup> Folgender Abschnitt zum Silber Uruks ist leicht ergänzt meiner unveröffentlichten Magisterarbeit entnommen.

<sup>3649</sup> Lenzen 1959, bes. 18; Siehe auch Sürenhagen 1999, 146.

<sup>3650</sup> Pedde 2000, 14.

<sup>3651</sup> Aus Pit W aus einem Grab mit der Zuweisung zur jüngsten Gruppe C der Gräber (Moorey 1982a, 23).

Lange Zeit wurde Jemdet Nasr zwischen dem Ende der Späten Uruk-Periode und dem Beginn der Frühdynastischen Zeit eingeschoben. Bei Jemdet Nasr scheint es sich aber vielmehr um eine lokale Stilstufe zu handeln, welche auf den Süden Mesopotamiens beschränkt bleibt und zeitgleich mit der Späten Uruk Periode zu liegen kommt (siehe Kat. 47 Kulturelle Zuordnung und Datierung). Eine ausgesprochene Jemdet Nasr-Zeit fällt also weg, und eine Datierung von Jemdet Nasr-Funden ins späte vierte Jahrtausend zeigt sich an. Jedoch beruhen die Datierungen der meisten Jemdet Nasr-Funde und des Sammelfundes vielfach auf kunstgeschichtlichen Überlegungen, die zum Teil bereits über 30 Jahre alt sind. Somit beruhen sie also auch auf mittlerweile in Frage gestellten Schichtzuweisungen. Die Angaben zur Datierung des sehr heterogenen Fundbestandes reichen von „vor der frühdynastischen Zeit“<sup>3652</sup> über Uruk III<sup>3653</sup> im Sinne von Jemdet Nasr bis hin zu noch älteren Zeitstellungen<sup>3654</sup>.

Vor der Mitte des 4. Jt. v. Chr. liegen bislang keine oder kaum Belege für Silber wie auch Kupfer aus Südmesopotamien vor, wofür vermutlich quellenkritische Überlegungen anzuführen sind. Woher die rohstoffarme mesopotamische Schwemmebene dann in der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. das Silber bezog, kann nicht sicher entschieden werden. Eine Ausrichtung nach Norden (Anatolien, Kaukasus), nach Osten zum Iran oder auch entlang des fruchtbaren Halbmondes nach Westen zur Levante ist genauso möglich wie zum persischen Golf. Ohne Susa und dem Iran den Vorzug zu geben, soll hier auf die Ähnlichkeit des silbernen kugeligen Gefäßes mit langem Ausguss aus dem Sammelfund von Uruk (Kat. 47,a9; Taf. 33,2 1) und einem solchen aus Blei aus den zeitgleich angesetzten Schichtzusammenhängen von Susa II<sup>3655</sup> aufmerksam gemacht werden. Die Funde von Susa und Sialk demonstrieren auch ganz gut das gemeinsame Auftreten von Blei und Silber in dieser Zeit<sup>3656</sup>. Eine andere Ausrichtung hin auf den obermesopotamischen Raum im Rahmen des Phänomens der Uruk-Expansion könnte sich an Habuba Kabira-Süd manifestieren (s. u.).

Die „Kupfer mit hohem Silberanteil“<sup>3657</sup>, Legierungen von Kupfer mit Silber und insbesondere Blei im (späten) 4. und 3. Jt. v. Chr. könnten sich unterschiedlich erklären<sup>3658</sup>. Möglicherweise sind sie ein Zeichen, dass mit Legierungen<sup>3659</sup>, verschiedenen Erzen und Verhüttungsverfahren experimentiert wurde. Kupfersilberlegierungen sind auch aus Syrien während des 3. Jt. v. Chr. bekannt (Tell Ġudeide)<sup>3660</sup>. Die Frage nach der Herstellungstechnik ist vor dem Hintergrund der Beobachtungen an Material aus Arslantepe, Tepe Sialk III<sub>6-7</sub> sowie Arisman und der damit möglicherweise ableitbaren Herstellung von Kupfersilberlegierungen mittels Abscheidung aus Sulfidphasen interessant.

Das im obermesopotamischen Raum am südlichen Euphratbogen gelegene Habuba Kabira-Süd<sup>3661</sup> (Syrien; Kat. 34) lieferte Stücke von Bleiglatte bzw. damit imprägnierter Tiegel oder Herdauskleidung (Taf. 12, 4) sowie zahlreiche Bleiobjekte. Auch Tiegel mit Kupferspuren liegen vor. Mit den

---

<sup>3652</sup> Braun-Holzinger 1984, 3.

<sup>3653</sup> Behm-Blancke 1979, 52f.

<sup>3654</sup> Hrouda 1970, bes. 34.

<sup>3655</sup> Tallon 1987a, 215.

<sup>3656</sup> Benoit 2004, 186.

<sup>3657</sup> Pedde 2000, 14.

<sup>3658</sup> Für Silber stehen verschiedene mögliche Herkunftsregionen in der Diskussion (Potts 1997, 174). In historischer Zeit benennen die Textquellen Dilmum (Bahrain), Aratta, Elam, Marḥashi (vgl. Moorey 1994, 246) und Meluḥḥa (etwa Indus) sowie zur Zeit Sargons von Akkad (2356 bis 2300 v. Chr. nach der mittleren Chronologie) den Silberberg (in Anatolien) als Bezugsquellen für Silber. Anatolien als wichtigste Quelle legen altassyrische Texte nahe (1800–1595 v. Chr. nach der mittleren Chronologie). Für das Seleukidenreich war Kilikien eine Hauptquelle für Silber (Potts 1997, 184 Anm. 8).

<sup>3659</sup> Moorey 1994, 294; Stech 1999, 62. – Darunter eine kleine Löwenfigur aus dem *Sammelfund* mit 9 % Pb (Pedde 2000, 14; Moorey 1994, 257. 294; Braun-Holzinger 1984, 4; vgl. oben).

<sup>3660</sup> Müller-Karpe 1989, 182f.; Moorey 1994, 257.

<sup>3661</sup> Zu Habuba Kabira-Süd weitgehend deckungsgleich nach meiner unveröffentlichten Magisterarbeit.

Bleiglätte-funden könnten sich vage Indizien für die Anwesenheit von komplexen Erzen verbinden (Kat. 34 Bemerkungen). Funde von frühsumerischen Keramikwaren und die Architektur der befestigten Siedlung Habuba Kabira-Süd/Tall Qannas mit spezialisierten Werkstätten sowie Verwaltungs- und Tempelkomplexen weisen auf enge Kontakte zur Späten Uruk-Periode in Südmesopotamien hin<sup>3662</sup>. Jedoch liegt aus Habuba Kabira-Süd auch Häckselkeramik der Amuq F-Art vor<sup>3663</sup>, die auch auf lokale eine Metallurgietradition hindeutet. Hinweise auf eine breite Silbernutzung sowie auch frühe Kupellation im Bereich häckselgemagerter Waren in Obermesopotamien häufen sich; um die Art des Silberbezuges sowie den Kenntnisstand Südmesopotamiens zu charakterisieren, wäre es interessant, ob sich in Habuba Kabira-Süd die Bereiche, aus denen die Kupellationsfunde stammen, mit einer der keramischen Warengruppen (Uruk oder Amuq-F) verbinden lassen. Die als eine Art Uruk-Kolonie gedeutete Siedlung Habuba Kabira-Süd/Tall Qannas soll eine relativ kurze Nutzungsdauer gehabt haben, und Radiokarbonaten deuten auf eine Datierung ins letzte Drittel des 4. Jt. v. Chr. oder um 3300 v. Chr. hin<sup>3664</sup>.

#### **IV.5. Silber und Handelsnetze in Uruk-Mesopotamien und im weiteren Vorderen Orient**

Zu Austauschsystemen gleich welcher Art<sup>3665</sup> und zur möglichen Herkunft des Silbers ist festzuhalten, dass sich Kontakte zwischen nahezu allen Räumen des Vorderen Orients nachzeichnen lassen<sup>3666</sup>. Die Nachweise für Kontakte sehen, je nach Region, unterschiedlich aus. Neben Keramik, Glyptik und Architektur sind dies auch Klingentechnologie und Rohstoffe sowie Ideen wie etwa Verwaltungspraktiken. Diese lassen sich jedoch nicht zu allen Zeiten gleichzeitig und überall gleich gut nachweisen. Jedoch dürften die Grundstrukturen des Netzwerkes immer ähnlich ausgesehen haben.

Dabei stehen verschiedene Routen für den Austausch von Gütern und Ideen zur Debatte<sup>3667</sup>. Eine Verbindung zwischen Huzistan (Susa) im Verbund mit dem Iranischen Hochland<sup>3668</sup> und Südmesopotamien (Uruk<sup>3669</sup>) nach Ägypten könnte über eine nördliche Route über den syro-anatolisch-nordmesopotamischen Raum abgelaufen sein, für den Uruk-Einflüsse weiträumig spätestens nach Mitte des 4. Jt. v. Chr. belegbar sind<sup>3670</sup>.

Es wird aber auch eine südliche Route durch oder um die Arabische Halbinsel (Jordanien) diskutiert<sup>3671</sup>. Dies auch deshalb, weil sich in der (südlichen) Levante, die ein Bindeglied zwischen den oben

---

<sup>3662</sup> Helwing 2002, 140. 187. 192; Strommenger 1980; Algaze 2001, 41f.

<sup>3663</sup> Helwing 2002, 140.

<sup>3664</sup> Zu Radiokarbonatierungen von Tell Habuba Kabira und Habuba-Süd siehe Wright – Rupley 2001, 102f.; Algaze 2001, 41f.; Schwartz 2001, 261f.

<sup>3665</sup> Siehe hierzu mit weiterer Literatur etwa Helwing 2002, 191 mit Anm. 1031.

<sup>3666</sup> Kontakte zwischen der Uruk-Kultur und Susa, beide sind aufs engste miteinander verbunden, und dem prädynastischen (Mittel- und Ober-) Ägypten lassen sich ebenso nachweisen, wie Verbindungen zwischen (Unter-) Ägypten und dem Bereich Nordmesopotamiens, Nordsyriens und Südwestanatoriens. Auch zwischen der Levante und Ägypten einerseits sowie der Levante und dem syro-anatolisch-nordmesopotamischen Raum andererseits lassen sich Beziehungen nachweisen, und vielleicht noch darüber hinaus bis in den Kaukasus (Philip 2002; Wilkinson 2002; Algaze 2001; Schwartz 2001; Helwing 2002, 190-198; Postgate 2002; Rothman 2001; und siehe im Folgenden).

<sup>3667</sup> Siehe dazu etwa Philip 2002; Wilkinson 2002, 244f.

<sup>3668</sup> Vgl. etwa die silbernen Anhänger mit Einlagen (siehe oben Iran Kap. IV.3).

<sup>3669</sup> Vgl. etwa die Rinnenkannen aus Silber (*Sammelfund*) und Blei von Susa (siehe oben Südmesopotamien Kap. IV.4).

<sup>3670</sup> Algaze 2001, 46f.; Rothman 2001, 11; Schwartz 2001, 241; Im Bereich des Euphrattales etwa sind Uruk-Kontakte auch schon für die Zeit zwischen 3700-3600 v. Chr. nachweisbar (vgl. Philip 2002, 209).

<sup>3671</sup> Vgl. Philip 2002, 221f.; Wilkinson 2002, 244.

genannten Regionen darstellt, bislang keine Uruk-Einflüsse nachweisen lassen, falls diese überhaupt zu erwarten sind<sup>3672</sup>. Neben der Möglichkeit, dass die Kontakte nicht über dieses Gebiet abgewickelt wurden, mag die Ursache für das Fehlen von Funden, die einen Uruk-Einfluss belegen, auch darin begründet liegen, dass aufgrund sozio-ökonomischer Voraussetzungen die für uns charakteristischen Funde, die vielleicht Träger einer „Uruk-Ideologie“ waren, keinen Eingang in die Kulturen der Levante gefunden haben<sup>3673</sup>. Anders ist die Lage in Ägypten. Dort fanden Artefakte, die Kontakte mit der Uruk-Kultur belegen, Eingang in den dortigen Formenschatz – sei es als lokale Kopie oder importiertes Original. Höchstwahrscheinlich deshalb, weil dort das Vokabular (der Eliten) verstanden wurde<sup>3674</sup>.

Was in der Levante bleibt, sind die Rohmaterialien, weitere Funde wie Keramik und die kanaanäische Klingentechnologie, die Beziehungen in andere Regionen anzeigen<sup>3675</sup>. Beziehungen gehen vor allem in Richtung des syro-anatolischen und nordmesopotamischen Raumes<sup>3676</sup>, wo, wie angedeutet wurde, vielleicht eine eigenständige Silbermetallurgie bereits im frühen 4. Jt. v. Chr. etabliert war. Kanaanäische Klagen stammen etwa aus Hacinebi Phase A und Tell Ġudeide Phase F, die bereits dem frühen 4. Jt. v. Chr. zugeordnet werden, und sind in der südlichen Levante ab etwa dem zweiten Viertel des 4. Jt. v. Chr. belegt<sup>3677</sup>. Neuerlich ergeben sich Hinweise darauf, dass Kanaanäische Klagen in der südlichen Levante noch vor der Frühbronzezeit (3800/3700-3100/3000 v. Chr.), für welche sie als eine typische Erscheinung gelten, bereits im endenden Chalkolithikum auftreten könnten<sup>3678</sup>. Darunter befinden sich allerdings Funde aus mutmaßlich durchmischten Kontexten wie Höhlen, jedoch wird auch ein Datum um 4000 v. Chr. gegeben. Auch auf dem Sinai und in Ägypten finden sich Kanaanäische Klagen in Kontexten, die in das ausgehende 5. und das 4. Jt. v. Chr. datiert werden<sup>3679</sup>.

Das Silber der Levante, ausgenommen wahrscheinlich Byblos, stammt wohl, wie es sich abzeichnet, meist aus dem späten vierten Jahrtausend. An dieser Stelle sollen zwei Punkte hervorgehoben werden, die auf die Reichweite und das Ausmaß der Vernetzungen hinweisen: Mit den Kupferfunden in der südlichen Levante, etwa denen von Naḥal Mišmar, das zeitlich möglicherweise zwischen 4600 und 3500 v. Chr. und wohl spätestens im zweiten Viertel des 4. Jt. v. Chr. anzusetzen ist<sup>3680</sup>, lassen sich vielleicht Beziehungen bis zum Kaukasus oder dem Iran ausmachen<sup>3681</sup>. Ein Weg der sich im Falle des

---

<sup>3672</sup> Philip 2002, bes. 222-224.

<sup>3673</sup> Philip 2002, 223-226.

<sup>3674</sup> (Vgl.) Wilkinson 2002; Die meisten Hinweise für einen Kontakt finden sich während der Naqada II Zeit (3650-3300 v. Chr.) (Wilkinson 2002, 237).

<sup>3675</sup> Die kanaanäischen Klingentechnologie in der südlichen Levante (v. a. EBA I) weist nach Südostanatolien, Nordsyrien und Nordmesopotamien, wo diese noch vor der Zeit intensiver Uruk-Kontaktes verbreitet war (Philip 2002, 218. 220; Helwing 2002, 194). Auch die Verwendung der schnell drehenden Töpferscheibe zeigt Verbindungen zwischen der Levante und Südostanatolien an (Philip 2002, 220).

<sup>3676</sup> Siehe Philip 2002, 220.

<sup>3677</sup> Philip 2002, 218. 220.

<sup>3678</sup> (Kritisch) Milevski u. a. 2011, bes. 157f. (mit Additional note); Mit weiterer Literatur Pfeiffer 2013, 16.

<sup>3679</sup> Pfeiffer 2013, 13-20.

<sup>3680</sup> Tadmor u. a. 1995, 98f.; Hauptmann 2007b, 261; Hansen 2009, 28; Wahrscheinlich erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. (Tadmor 2003, bes. 274); Vgl. dazu Kerner 2001, bes. 61f. mit Tabelle 3,13. ferner 20-22. 140-144. 144-148 – Zu Naḥal Mišmar im Allgemeinen siehe Tadmor 2003; Kerner 2001, 20-22. 61f. 140-148; Zu den Metallfunden siehe etwa Philip – Rehren 1996, 140f.

<sup>3681</sup> Arsenkupfererze, besonders aber Antimon könnten aus dem Kaukasus, dem Iran, aber auch aus Ägypten stammen. Noch im 16. Jh. hielt man Antimon für eine Abart des Bleis. Kupfer zugesetzt soll es diesem einen silbrigen Schimmer geben (Helwing 2002, 191 mit Anm. 1032; Hauptmann – Gambaschidze 2001; Kerner 2001, 140-148; Tadmor 2003, 276); Für das Kupfer des Chalkolithikums der Levante werden anatolische Quellen genannt (vgl. Philip 2002, 219f.). Für die Objekte aus eher reinem Kupfer von Naḥal Mišmar kommen ohne weitere technische Überlegungen auch die Lagerstätten von Fenan (Wadi Arabah) in Frage (Kerner 2001, 140-148; Tadmor 2003, 276).

Kaukasus mit der Verbreitung von Funden der Kura-Araxes-Kultur<sup>3682</sup> ab der Mitte des 4. Jt. v. Chr. bis zur Mitte des 3. Jt. v. Chr. und durch die Verbreitung von Rot-Schwarz Polierter Ware (*Red-Black Burnished Ware* [RBBW]; Khirbet-Kerak Ware in der Levante)<sup>3683</sup> in der ersten Hälfte des 3. Jt. v. Chr. deutlicher nachzeichnen lässt (vgl. Taf. 28, 4). Silber, das möglicherweise aus polymetallischen Kupfererzen gewonnen wurde, ist zumindest für die Spätphase der Kura-Araxes-Kultur belegt<sup>3684</sup>. Das meiste Silber der Levante datiert eher spät ins vierte (oder beginnende dritte) Jahrtausend v. Chr., wahrscheinlich mit der Ausnahme von Byblos, was sich gut mit der Verbreitung der Kura-Araxes-Kultur und dann der RBBW in Deckung bringen lassen würde. Diese Netzwerke folgen dabei auch aufgrund naturräumlicher Voraussetzungen meist älteren Traditionen, und so lassen sich für das 4. Jt. v. Chr. Wege nachvollziehen, die schon in der Obed-Zeit den Austausch von Obsidian und Metall zwischen den Regionen ermöglichten<sup>3685</sup>. Je nach Zeit und Region müsste man auch über andere Artefakte, die Kontakte belegen, die wahrscheinlichste Region für die Herkunft des Silbers festmachen, wie bereits oben angedeutet, falls sich die Herkunft überhaupt auf eine Region beschränken lässt<sup>3686</sup>.

## IV.6. Levante

Einen kurzen Überblick über die Metallurgie der (südlichen) Levante<sup>3687</sup> bieten Genz und Hauptmann (Genz – Hauptmann 2002) sowie Thornton (2009, 303-305). Diese bilden das strukturelle Rückgrat folgenden Kapitels. Eine wichtige Studie zur Entwicklung der Metallurgie der Levante stellt überdies Hauptmann (2007b [=2000]) dar. Das Chalkolithikum der südlichen Levante wird meist mit der Ghassul-Beerscheba-Kultur, auch Ghassulian genannt, gleichgesetzt. Ursprünglich erfolgte die Herleitung dieses Begriffes aus einer Feuersteinindustrie vom Fundplatz Teleilat Ghassul am Toten Meer, Jordanien. In der Folge aber wurde dieser Begriff – teilweise wohl in problematischer Art und Weise – auf alle Bereiche der materiellen Kultur entsprechender Zeitstellung übertragen<sup>3688</sup>.

Der Umgang mit „Metallen“ (besser metallischen Rohstoffen), zunächst noch von Erzen zur Schmuckherstellung und als Pigmente, in der Levante geht zurück bis ins *Pre-Pottery Neolithic*<sup>3689</sup>. Der Modus der Nutzung gediegen Kupfers soll eher einfach und die Zeitdauer kurz gewesen sein und sich auf das *Early Chalcolithic* beschränkt haben<sup>3690</sup>.

### IV.6.1. Chalkolithikum

Der zeitliche Auftakt der extraktiven Metallurgie mittels Verhüttung in der Levante ist nach derzeitigem Forschungsstand (spätestens) im 5. Jt. v. Chr. zu verorten. Der Beginn der Verhüttung in bzw. um Timna schon im 6. oder 5. Jt. v. Chr. ist Gegenstand von Debatten<sup>3691</sup>. Eine Verhüttung im entwickelten

---

<sup>3682</sup> Dschaparidze 2001, 95-100.

<sup>3683</sup> Siehe Miroschedji 2000, bes. 272 Fig. 1; Philip – Millard 2000; Frangipane 2000, 444-450.

<sup>3684</sup> Dschaparidze 2001, 98f.: Die Textstelle ist leider nicht ganz eindeutig. Es werden auch Bleierze genannt.

<sup>3685</sup> Helwing 2002, 190. 191.

<sup>3686</sup> Vgl. dazu auch Philip 2002, 225: Manche Ideen und vielleicht auch Güter dürften einen weiten Umlauf in dem hier beschriebenen Netzwerk gehabt haben.

<sup>3687</sup> Unter Betrachtung hier liegt hauptsächlich die südliche Levante, die hier Klimscha folgend die Gebiete des modernen Israels und Jordaniens, die Palästinensischen Autonomiegebiete sowie Teile des Libanon und Syriens umfasst (vgl. Klimscha 2011b, 179).

<sup>3688</sup> Kurz dazu mit weiterer Literatur: Klimscha 2011b, 179f.; Klimscha 2010, 109 mit Anm. 26.

<sup>3689</sup> Thornton 2009, 303; Hauptmann 2007b, 255-261. 288f.

<sup>3690</sup> Thornton 2009, 303; Thornton u. a. 2010, 310.

<sup>3691</sup> Thornton 2009, 303 mit weiterer Literatur; Thornton u. a. 2010, 310; Genz – Hauptmann 2002, 149f.; Craddock (2001, 156) macht schwere Zweifel an Stratigraphie und Datierung der beiden Fundstellen F2 und F39

Chalkolithikum<sup>3692</sup> der Levante (ca. 4500–3400 v. Chr.<sup>3693</sup>; 4500–3500 v. Chr.<sup>3694</sup>; 4500–4000/3900 v. Chr.<sup>3695</sup>) ist in zahlreichen Fundorten der Beerschebaebene und der südlichen Levante wie Abu Matar<sup>3696</sup>, Bir es-Safadi (Bir Safadi) und Shiqmim nachgewiesen; das Erz dafür soll vornehmlich aus Fenan und ferner Timna im Wadi Arabah importiert worden sein<sup>3697</sup>. Eine erste Verhüttung bzw. Metallnutzung ab etwa 4200 v. Chr. wurde veranschlagt<sup>3698</sup>, und dies ist durch neuere Überlegungen zur Datierung wohl noch deutlicher in der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. verankert<sup>3699</sup>. Während zunächst nur wenige (sicher datierte) Tiegel aus dem 5. Jt. v. Chr. vorliegen, soll ihre Zahl ab der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. deutlich ansteigen und hinsichtlich Größe, Form und Materialzusammensetzung zeigen sich in der Südlevante Gemeinsamkeiten bzw. Standardisierungen<sup>3700</sup>. Aus den Siedlungen von Abu Matar und Shiqmim liegen einfache Grubenöfen sowie offene, verschlackte Tiegel vor, die auf

---

in Timna geltend. Schlacken sowie Ofen- und Herdbefunde würden in die Spätbronzezeit und Frühe Eisenzeit datieren; ein frühes Radiokarbondatum mit einer Datierungsspanne innerhalb der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. von 39A mit Spuren einer Siedlungsstelle stammt aus über 100 m Entfernung von der metallurgisch relevanten Fundstelle F39B, die ihrerseits über ein Radiokarbondatum um 800 bis 700 v. Chr. datiert wird (vgl. auch Hauptmann 2007b, 290). Bourgarit (2007, 4 Table 1) nimmt für die Fundstellen Timna F39A und B eine Datierung bei der Besprechung der Schlacken – unter Vorbehalt – in die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. an. Hauptmann (2007b, 160. 179. 228. 262. 288. 290 mit weiterer Literatur) unterstreicht die Unsicherheit der Datierung und die Andersartigkeit der Zusammensetzung der Schlacken (Fayalit) von Timna F39 und F2.

<sup>3692</sup> Zur Chronologie der südlichen Levante herrscht wenig Konsens in der Forschung. Klimscha etwa, der dies bemerkt, teilt an einer seiner Studien die Entwicklung in Chalcolithic (4800/4700 bis 3900/3800 v. Chr.) und Late Chalcolithic (3800/3700 bis 3500 v. Chr.) (Klimscha 2011b, 180). Vgl. dazu die hier vorgestellten Daten und siehe auch Klimscha 2012a, bes. 192. 194. 205; Klimscha 2010, 103; Vgl. auch Pfeiffer 2013, 12f.

<sup>3693</sup> Thornton 2009, 303f.; Verhüttung nach Thornton ab etwa 4200 bis 3400 v. Chr. (Thornton 2009, 304).

<sup>3694</sup> Hauptmann 2007b, 3 Table 1.1.

<sup>3695</sup> Klimscha 2012a, 192. bes. 194. 205.

<sup>3696</sup> Mehre Kilogramm Erz und Schlacken sowie Fragmente von Tiegeln und Öfen wurden gefunden (Hauptmann 2007b, 268f.). Daneben fanden sich auch einige Metallobjekte. Ein Teil der Erze von Abu Matar stammt wahrscheinlich aus Fenan (MBS). Schlacken könnten auch auf Erze der DLS von Fenan oder Timna hinweisen. Eine zylindrische Perle (BAM 387/2) aus einer Cu-As-Sb-Legierung soll einen Import aus einer unbekanntem Lokalität darstellen. Sie enthält >5 % Sb und ca. 4 % As sowie knapp 1 % Ni. Hinsichtlich der Bleisotopie ist sie quasi identisch mit Teilen der reinen Kupferobjekte der Levante, aber auch mit einem Keulenkopf (61-297) von Naḥal Mišmar (Hauptmann 2007b, 266 Table 8.3; 268f.). BAM 387/2: Cu 86,8 %, Fe 0,76 %, Pb 0,69 %, Zn unter Nachweisgrenze von 400 µg g<sup>-1</sup>, Sn unter Nachweisgrenze von 100 µg g<sup>-1</sup>, As 3,98 %, Sb 5,45 %, Bi 0,34 %, Co unter Nachweisgrenze von 13 µg g<sup>-1</sup>, Ni 0,91 % Ag 3300 µg g<sup>-1</sup> (Hauptmann 2007b, 266 Table 8.3) (zur Diskussion siehe Fußnote zur Herkunft der Kupferlegierungen). Nach Golden (2009, 288): „Also found at Abu Matar are small fragments of ‘raw’ copper, probably in need of refining prior to use for casting. In two instances, there are small blocks of metal, akin to tiny ‘ingots’, one with a metallic composition similar to that of the fancy poly-metal castings [...]” (Bir es-Safadi/Safadi oder Abu Matar [?]: vgl. Golden 2009, 288.290 Fig. 3; 293; vgl. zu Problemen mit der Provenienz auch Hauptmann 2007b, 268f.); Abbildungsunterschrift Golden 2009, Fig. 3: „Metal artifact from copper with arsenic and antimony, discovered at Abu Matar-Safadi“; Golden 2009, 290: „The possible ‘ingots’ or copper blanks from Shiqmim and Safadi (Abu Matar) noted above (see Fig. 3), especially the latter with its polymetallic composition [...]“; Golden 2009, 293: „There is also the aforementioned block of metal from Bir es-Safadi with a composition of roughly 92% Cu, 2.5% Sb, 1.5% Pb and .8% As [...]“).

<sup>3697</sup> Thornton 2009, 304; Hauptmann 2007b, 289-291; Genz – Hauptmann 2002, 151f.; Pfeiffer 2013, 46. 61-64; Golden u. a. 2001, 953-955. – Zu einer Auflistung von Fundorten mit Metallurgiebelegen und Metallfunden siehe Shugar – Gohm 2011, 134 Table 10.1. Der Artikel widmet sich der Datierung der chalkolithischen Metallurgie der Levante.

<sup>3698</sup> Thornton 2009, 304; Thornton u. a. 2010, 310.

<sup>3699</sup> (Vgl.) Klimscha 2012a, 192. bes. 194. 205; Shugar – Gohm 2011. – Damit einhergehend werden sich aber auch bei der Einordnung und Bewertung der Fundorte und der Metallurgiebelege weitere Änderungen – auch zu dem hier vorgestellten – ergeben.

<sup>3700</sup> Pfeiffer 2013, 61 mit weiterer Literatur. 63. 98.



Verhüttung und Guss hindeuten (s. u. zu Ofendesign und Datierung)<sup>3701</sup>. Die Tiegel weisen Spuren einer Befeuerung von oben auf<sup>3702</sup>. Für die Herkunft der Erze wird hauptsächlich das Gebiet von Fenan wahrscheinlich gemacht, und die Verhüttung soll bis zu 200 km entfernt von dieser Lagerstätte zumeist in Siedlungen erfolgt sein (vgl. Taf. 34, 1)<sup>3703</sup>. In Fenan selbst ist Verhüttung ungefähr ab der Mitte des 4. Jt. v. Chr. nachgewiesen<sup>3704</sup>. An chalkolithisch/frühbronzezeitlichen Fundorten wie Tell Magass und Tell Hujayrat al-Ghuzlan am Golf von Aqaba wurde in der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. wahrscheinlich überwiegend aus Timna oder Fenan stammendes Erz verhüttet<sup>3705</sup>. Aber auch andere Lagerstätten kommen in Frage und für Hujayrat al-Ghuzlan lässt sich etwa eine untergeordnete Nutzung von Erzen aus dem Sinai nicht ausschließen<sup>3706</sup>. Erz und Metall könnten in Netzwerken getauscht oder gehandelt worden sein oder gar durch eine geschlossene Gruppe von Metallurgen selbst besorgt und in den teilweise weit entfernten Orten zur Verhüttung gebracht worden sein<sup>3707</sup>. Möglicherweise gelangten Erz und Kupfer aus Fenan oder Timna bzw. der Region des Wadi Arabah auch bis nach Maadi in Unterägypten, worauf mineralogische und bleisotopische Übereinstimmungen in Maadi gefundener Erze und Kupferartefakte hinweisen sollen<sup>3708</sup>. Pfeiffer schließt für die Versorgung Maadis mit Kupfer dagegen Erze aus dem Wadi Arabah als Quelle aus, hält jedoch sinaitische oder bislang noch nicht bestimmte Erzlagerstätten für möglich<sup>3709</sup>. Verbindungen zeigen sich auch in rechteckigen Barrenformen (Tell Magass, Tell Hujayrat al-Ghuzlan) und ein Austausch bzw. Handel bis Ägypten wird angenommen<sup>3710</sup>. Einschränkend dazu bleibt festzuhalten, dass die Lagerstätten auf dem Sinai und in der Ostwüste noch nicht ausreichend charakterisiert sind<sup>3711</sup>. Ein Beilfragment aus Maadi besteht aus As-Ni-Kupfer, das an die Diskussion um die *elite*-Legierungen (s. u.) der Levante angeknüpft wird<sup>3712</sup>. Die Herkunft des Metalls wird aus Anatolien oder dem Kaukasus vermutet (s. u.).

In den Siedlungen der südlichen Levante wurden zerkleinertes Erz, Fragmente von offenen, flachen Tiegeln und einige Kilogramm verschlacktes Material vorgefunden. Im Chalkolithikum sollen als verwendete Erze Kupferoxide und -carbonate (wie Cuprit, Malachit) mit Anteilen an Kupfersulfiden aus Sandstein Formationen (Massige Braune Sandsteine, *Massive Brown Sandstone*, MBS) mit Kupfergehalten bis 55 % sowie SiO<sub>2</sub>-Gehalten und Eisenoxiden als Gangmaterial dominieren<sup>3713</sup>. Shalev

---

<sup>3701</sup> Craddock 2000, 153.

<sup>3702</sup> Pfeiffer 2013, 61 mit weiterer Literatur.

<sup>3703</sup> Thornton 2009, 304; Golden 2010, 112; Hauptmann u. a. 1993, 546; Hauptmann 2007b, 163. 264. – Kurz zu den Lagerstätten des Wadi Arabah und umliegender Gebiete und der Möglichkeit einer Brückenfunktion in Netzwerken und Erzhandel siehe Hauptmann 2007b, 1f. 14. Ausführlich Hauptmann 2007b, 255-304.

<sup>3704</sup> Wadi Fidan 4, und siehe Hauptmann 2007b, 136-140. 158. 262f. 289-291.

<sup>3705</sup> Hauptmann 2007b, 264. 289f. Ein zeitgleicher Abbau in Timna ist noch nicht nachgewiesen. – Vgl. zur Datierung und den Fundschichten von Schlacken Klimscha 2012a. Mit weiterer Literatur zu den Metallurgiebelegen, den Tiegeln und der Datierung bei Pfeiffer 2013, 12f. 61. 64. 122. 124. 126. 131.

<sup>3706</sup> Siehe Golden 2010, 112f.; Pfeiffer 2013, 124. 126. 131.

<sup>3707</sup> Mit weiterer Literatur Thornton 2009, 304; Hauptmann 2007b, 294.

<sup>3708</sup> Hauptmann 2007b, 289. 292f.

<sup>3709</sup> Pfeiffer 2013, 114. 124. 126. 131.

<sup>3710</sup> Hauptmann 2007b, 292f.; Pfeiffer 2013, 96. 122.

<sup>3711</sup> Hauptmann 2007b, 293. – Zum Sinai siehe etwa Pfeiffer 2013, bes. 112-114. 117-126.

<sup>3712</sup> Hauptmann 2007b, 299.

<sup>3713</sup> Golden 2010, 109. 112f.; Craddock 2000, 155. 158; Hauptmann 2007b, 158. 162f. 174. 290; Zu Chalkosin siehe Ottaway 1994, 81. – Teilweise beziehen sich die Angaben zu den Erzen auf die FBZ I mit dem Fundort Wadi Fidan 4 (Ottaway 1994, 83; Hauptmann u. a. 1993, 545f.; Hauptmann 2007b, 162f.). Jedoch sollen sich vom Chalkolithikum zur Frühbronzezeit I keine Änderungen ergeben haben (Hauptmann 2007b, 262. 264; Genz – Hauptmann 2002, 154). In Fenan wurde im 4. Jt. v. Chr. (wie auch in Römischer Zeit) vorwiegend Vererzungen aus dem Sandstein (MBS) abgebaut, die arm an Mn sind. Auch Kupfererze aus den DLS Formationen wurden abgebaut, die sorgsam vom dolomitischen Nebengestein getrennt wurden. Dies spiegelt sich auch in den

gibt die Zusammensetzung chalkolithischer Erze aus Siedlungszusammenhängen wie folgt an: v. a. Malachit und Cuprit mit 23–60 % Kupfer, 1–25 % Eisenoxiden, 3–50 % SiO<sub>2</sub> und einem Sulfidanteil von unter 5 %<sup>3714</sup>. Daneben wurde Kupfererz aus der manganreichen Dolomit-Kalk-Tonsteinfoolge (Dolomite-Limestone-Shale, DLS) geschmolzen, wie etwa die CaO und MgO Gehalte chalkolithischer Schlacken von Abu Matar zeigen<sup>3715</sup>. Gediiegen Kupfer ist in Fenan wie wohl auch in der weiteren Arabah unbekannt, und so ist ein Schmelzen von gediiegen Kupfer weitgehend auszuschließen<sup>3716</sup>. Die in den chalkolithischen Siedlungen gefundenen und untersuchten (!; s. u.) Erze zeichnen sich durch Kupfergehalte von nie unter 42 % aus<sup>3717</sup>. Untersuchungen an Schlacken zeigen, dass die Chargen zumindest sulfidische Anteile hatten (s. u.).

Die Verhüttung dieser Zeitstellung<sup>3718</sup> erfolgte in Tiegeln und (wohl meist) einfachen (Gruben-) Öfen; die Schlacken zeigen, dass bei niedrigen Temperaturen, relativ schwach reduzierenden Bedingungen und kurzen Zeitdauern verhüttet wurde. Zwar werden auch Blasebälge genannt, jedoch scheinen selbst Blasrohrdüsen weitgehend zu fehlen<sup>3719</sup>, so dass von organischen Blasrohren ausgegangen werden kann<sup>3720</sup>. Aus Abu Matar wird das Fragment einer möglichen Tuyère genannt<sup>3721</sup>. Die Schlacken stellen nur Teilaufschmelzungen der Gesamtcharge dar, welche die Voraussetzungen zur Schmelzbildung überhaupt erst mitbrachten; und selbst diese Teilverflüssigungen zeigen, dass sie teils noch hochviskos waren. Typisch sind oftmals hohe Anteile an unaufgeschmolzenen Restiten etwa in Form von Quarz<sup>3722</sup>. Das Erz wurde nicht zu Pulver aufbereitet (was eine Verschlackung vermutlich gefördert hätte)<sup>3723</sup>. Die Schlacken selbst enthalten Anteile von Kupfer zwischen 10 und 50 Gew.%<sup>3724</sup>. Die Kupfer-(Eisen-)Oxide zeigen nur schwach reduzierende Bedingungen an, die nicht ausreichten, um Eisenminerale zu reduzieren<sup>3725</sup>. Bezeichnenderweise finden sich in den verbackenen Produkten der Verhüttung (Schlacken) Kupfertropfen<sup>3726</sup>. Um die Kupferrestgehalte zu gewinnen, kann man – im Rahmen der chalkolithischen Verhüttung – das verschlackte Erz oder die Schlacken zerschlagen und auslesen oder einschmelzen, bzw. im Falle der Oxide unerlässlich, erneut verhütten. Neben

---

chalkolithischen Schlacken wider, die häufig MnO unter 1 % enthalten und nie über 6 %. Spätere Schlacken weisen MnO-Gehalte zwischen 20 und 40 % auf (Hauptmann 2007b, 159); in der Bronze- und Eisenzeit wurden Erze aus dem Dolomit und den Tonschiefern des Kambriums verwendet (u. a. kommen Chrysokoll und Malachit vor) und können aufgrund der Mangangehalte selbstgehend sein (Ottaway 1994, 81).

<sup>3714</sup> Shalev 1994, 633.

<sup>3715</sup> Hauptmann 2007b, 163. 268f. (vgl. die Aussagen zu Schlacke mit zur DLS passender Isotopie, aber vornehmlich Fe-Oxiden und SiO<sub>2</sub>).

<sup>3716</sup> Craddock 2000, 155; Hauptmann 2007b, 289.

<sup>3717</sup> Golden 2010, 110.

<sup>3718</sup> Hauptmann 2007b, 157-179. bes. 158. 164. 170; Craddock 2000, bes. 155; Golden 2010, 108-122. bes. 114f.; Thornton 2009, 304.

<sup>3719</sup> Vgl. Golden 2010, 115.

<sup>3720</sup> Craddock 2000, 155.

<sup>3721</sup> Shugar 2000, 98f. mit Fig. 5.04. – Aus Neve Noy wird eine tönerner Düse berichtet, die noch in die erste Hälfte oder die Mitte des 4. Jt. v. Chr. gehören könnte. Der Fundplatz könne aber nicht mehr als typisch für die früheste Phase der Metallurgie anzusehen sein. Eine weitere tönerner Düse wird aus Wadi Gaza Site H genannt (Mitte 4. Jt. v. Chr.). Für beide Tondüsen sei ein metallurgischer Bezug durch eine Untersuchung erst noch herzustellen (mit Anmerkungen Pfeiffer 2013, 62. 64).

<sup>3722</sup> Dazu Hauptmann 2007b, 164. 167-169.

<sup>3723</sup> Hauptmann 2007b, 164.

<sup>3724</sup> Thornton 2009, 304; Die Schlacken von Fenan enthalten Kupferrestgehalte, als Oxid berechnet, zwischen 13 und 60 % Cu<sub>2</sub>O, Alkali-Konzentrationen von max. 2 Gew.%, einige Prozent P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und BaO und Spuren von Pb. Die Hauptelemente sind, neben den Kupferrestgehalten, SiO<sub>2</sub> 25–40 Gew.%, CaO 1–45 Gew.%, MgO <1–7 Gew.% und Fe-Oxide <1–30 Gew.% (berechnet als FeO) (Hauptmann 2007b, 159f.).

<sup>3725</sup> Craddock 2000, 155.

<sup>3726</sup> Golden 2010, 114f. 122.

Schlackenbruchstücken werden aus der Levante auch Reibsteine und zerriebene Schlacke berichtet<sup>3727</sup>. Ein Teil der Schlacken (Shiqmim und Abu Matar) ist nahe an der Idealzusammensetzung eisenreicher, flüssige Schmelzen bildender Schlacken und weist auch (partiell) Fayalit auf<sup>3728</sup>. Es wurden Kupfersulfide festgestellt, die auf die Verhüttung gemischt vorkommender oxidischer und sulfidischer Erze zurückgeführt werden<sup>3729</sup>. Matte- oder Sulfideinschlüsse mit unterschiedlichen Cu/Fe-Verhältnissen, die teilweise die einzige metallführende Phase in Schlacken des 4. und 3. Jt. v. Chr. in weiten Teilen der Alten Welt darstellen, werden von Hauptmann als Charakteristikum benannt und könnten auf reliktsche Sulfide zurückzuführen sein<sup>3730</sup>. Neben *co-smelting*<sup>3731</sup> könnte sich die Abscheidung einer Metallphase nach Moesta (2004) könnte anzeigen (Kap. II.2.4.4.7), die Eisengehalte können von falsch zusammengesetzten Chargen herrühren. Eine zweigeteilte Verhüttung bzw. ein nachfolgendes Reinigen von Kupfer, um Verunreinigungen aus dem Kupfer zu entfernen, werden diskutiert<sup>3732</sup>. Dabei spielt die Frage, ob zwischen Schlacken der Verhüttung (aus Öfen und Tiegeln) und solchen der Raffination unterschieden werden kann, eine Rolle. Glasiges Material wird teilweise als Hinweis auf ein Schmelzen oder eine Raffination von Kupfer gesehen<sup>3733</sup>, Hauptmann (2007b) folgend kann eine Verhüttung aber nicht ausgeschlossen werden<sup>3734</sup>. Nach Golden und Shugar wurde in Öfen (proto-furnaces<sup>3735</sup>; Taf. 34, 2) verhüttet und/oder bereits gewonnenes Kupfer (*prills*) in Tiegeln für den Guss wieder eingeschmolzen<sup>3736</sup>. Shugar sieht eine Verhüttung gar in einem *proper shaft furnace*<sup>3737</sup> anderen Designs (vgl. oben Tuyère). Für Tiegel darf ein Guss natürlich angenommen werden; trotzdem liegt es nahe, dass in ihnen auch verhüttet wurde: Die Schlacken zeigen in beiden Fällen jedoch, dass diese nicht vollständig aufgeschmolzen waren<sup>3738</sup>, und Öfen sind eigentlich einfache, häufig mit Lehm ausgekleidete Grubenöfen mit teils erhöhtem, in Shiqmim unterbrochenem, Rand (Dm 30 cm, Höhe des tönernen bzw. keramischen Randes um 10 cm)<sup>3739</sup>. Möglicherweise sind diese nicht vor 3800 v. Chr. zu datieren<sup>3740</sup>. Diese Öfen (proto-furnaces) werden für Abu Matar, Bir es-Safadi und Shiqmim

<sup>3727</sup> Vgl. etwa Pfeiffer 2013, 61-64. bes. 61 Anm. 6. 62. 64 mit Anm.: Aus Wadi Fenan 100 (Spätchalkolithikum/FBZ I) stammt beispielsweise zerriebene Schlacke und aus Neve Noy (erste Hälfte oder Mitte 4. Jt. v. Chr.) und Afridar Areal E (erste Hälfte 4. Jt. v. Chr.) stammen Reibsteine.

<sup>3728</sup> Hauptmann 2007b, 161; Shugar 2003, 451f.

<sup>3729</sup> Hauptmann 2007b, 178; Shugar 2003, 455. 457.

<sup>3730</sup> Hauptmann 2007b, 178; Hohlmann u. a. 2004, 266.

<sup>3731</sup> Shugar 2003, 454f. 457.

<sup>3732</sup> Golden 2010, 115; vgl. Shugar 2003, bes. 451. 455f. 457.

<sup>3733</sup> Golden 2010, 115.

<sup>3734</sup> Vgl. auch Shugars Beschreibung von „accidental intrusion of smelting slag into the remelting process“ (Shugar 2003, 452).

<sup>3735</sup> Golden 2010, 120; Golden u. a. 2001, 952. 956f. bes. 960.

<sup>3736</sup> Shugar 2003, 451. 453. 457.

<sup>3737</sup> Shugar 2003, 450. 451. bes. 457; „Their general design is a shaft furnace with a diameter of approximately 22 – 30 cm. The walls of the furnace were thick (approximately 3 cm thick) and porous. Large fragments found indicate that the height of the shaft furnace walls would have been between 15 and 30 cm and they were curved slightly inward creating an ovaloid shape“ (Shugar 2003, 457). – Die Verfahrensrekonstruktion bzw. Ansprache erklärt sich teilweise wohl durch den Rückgriff auf Ofenbefunde von Timna F39, deren Datierung heute nicht mehr haltbar ist ([vgl.] Pfeiffer 2013, 62f. mit Anm. 22).

<sup>3738</sup> Vgl. etwa Shugar 2003, 451-454; Siehe auch Golden 2010, 114. – Auch die Fundkontexte verschiedener Fundorte mit Tiegelfragmenten, Erzen und Schlacken sprechen dafür, dass in Tiegeln auch verhüttet wurde. Dazu und mit weiterer Literatur zu Unterschieden der Schlacken an den Innenseiten von Öfen und Tiegeln sowie der Unterscheidung von Guss- und Verhüttungstiegeln Pfeiffer 2013, 46. 61. 63.

<sup>3739</sup> Thornton u. a. 2010, 310; Golden 2010, 120-122. bes. 122 Fig. 7.12; Golden u. a. 2001, 957; Pfeiffer 2013, 46 mit Anm. 48; 61f. mit Anm.: Neben der Datierung bleiben auch die Kontexte unklar, aus Shiqmin liegen etwa neben den Öfen auch Tiegel vor.

<sup>3740</sup> Thornton u. a. 2010, 310.

veranschlagt; von letzterem Fundort liegen bessere Erhaltungsgrade vor<sup>3741</sup>. Für Abu Matar wird auch eine hufeisenförmig überlieferte Installation berichtet<sup>3742</sup>. Sie alle gelten als Belege chalkolithischer Metallurgie bzw. von chalkolithischen Fundorten<sup>3743</sup>. Dies muss noch zu den neueren Datierungsansätzen für das Chalkolithikum und den Befunden im Einzelnen in Beziehung gesetzt werden und bleibt hier offen, jedoch sollte in der Tendenz eine Datierung noch in die zweite Hälfte des 5. Jt. v. Chr. möglich sein. Shugar und Gohm zufolge ist extraktive Metallurgie in Abu Matar (spätestens) im 43. oder 42. Jh. v. Chr. in „one of its copper-producing areas“<sup>3744</sup> nachgewiesen<sup>3745</sup>. Kupfertropfen zeigen variierende Gehalte an Eisen sowie eigentlichen Legierungsbestandteilen und könnten sich nach Tiegeln und Öfen unterscheiden (s. u.). Interessant ist der Fund eines möglichen Deckels aus Keramik für die einfachen Öfen von Abu Matar<sup>3746</sup>. Eine solche Vorrichtung böte die Möglichkeit, die Redoxbedingungen<sup>3747</sup> zu steuern und eventuell auch volatile Legierungspartner von Kupfer im Reaktor zu halten. Eine Belüftung via Blasrohr könnte durch eine Öffnung im Rand (bei einer Abdeckung mit Deckeln) erfolgen<sup>3748</sup>. Aus Abu Matar liegen auch arsenreiche Kupfertropfen vor (s. u.). Die Aussagekraft leicht erhöhter Antimonwerte in *prills* ist zunächst nicht klar<sup>3749</sup>.

Metalle liegen in der Levante während des Chalkolithikums und der Frühbronzezeit (I) in zwei Formen vor<sup>3750</sup>: Den sogenannten *elite* oder *prestige/cultic objects (/metals)* sowie den *utilitarian tools (/metals)*. Die *elite* Metalle stellen Legierungen dar, die überwiegend in verlorener Form hergestellt wurden und sich durch hohe Gehalte an Arsen, Nickel und/oder Antimon auszeichnen<sup>3751</sup>.

<sup>3741</sup> Golden 2010, 122.

<sup>3742</sup> Aus Areal A, Dm 30-40cm (Pfeiffer 2013, 62f. mit weiterer Literatur).

<sup>3743</sup> Thornton u. a. 2010, 310; Vgl. Golden 2010.

<sup>3744</sup> Shugar – Gohm 2011, 142.

<sup>3745</sup> Und bezieht sich wahrscheinlich auf die von Shugar untersuchten Metallurgiebelege und damit wohl auch Öfen (vgl. oben „*proper shaft furnace*“), vgl. unten zum Charakter der Verhüttung, vgl. Shugar 2003 und Shugar 2000, 71 mit Shugar – Gohm 2011, 144; Nach Ivanova datiert der Fundort Abu Matar etwa 4200 bis 4000 v. Chr. (Ivanova 2012, 13 Anm. 73). – Pfeiffer zufolge ist der *proto furnace* (Schalenofen) von Shiqmim Phase II des Fundortes zuzuordnen und mit einer Datierung von 4500–3700 v. Chr. zu verbinden. Für Abu Matar mit wohl Bezug auf die hufeisenförmige Installation werden Radiokarbondatierungen von 4000–3750 cal BC (2σ) an Asche sowie 4200–4000 v. Chr. wiedergegeben und die Schalenöfen von Abu Matar im 5. Jt. v. Chr. verortet, aber die Bezüge und Kontexte bleiben unklar (mit Anmerkungen Pfeiffer 2013, 46. 61-64).

<sup>3746</sup> Golden 2010, 121 Fig. 7.11a) (mit Abbildungsunterschrift); Golden u. a. 2001, 957.

<sup>3747</sup> Golden u. a. 2001, 957.

<sup>3748</sup> Golden u. a. 2001, 957.

<sup>3749</sup> Golden u. a. 2001, 957.

<sup>3750</sup> Thornton 2009, 304; Vgl. etwa Levy – Shalev 1989, 355-359. – Zur Bezeichnung und Unterscheidung zwischen *objects (non-utilitarian)* und *tools (utilitarian)* siehe etwa Thornton 2009, 304; bes. Levy – Shalev 1989, 355. 358.

<sup>3751</sup> Zu einer kurzen Zusammenfassung der diskutierten Herstellungstechniken und der Erzbasis siehe Golden 2010, 138f.; Hauptmann teilt die Kupferlegierungen mit Arsen, Nickel und Antimon in drei Gruppen ein und betrachtet die mögliche Erzbasis und Herkunft (Hauptmann 2007b, 294-301):

1) Cu-As-Sb-Legierungen mit variierenden Gehalten an As und Sb fanden sich u. a. in Bir es-Safadi, Abu Matar und insbesondere in dem Naḥal Mišmar Hort; ein unförmiges Stück stammt aus der Höhle von Naḥal Qana (As 2 %, Sb 5 %, Pb 1 %). Diese Form der Legierung soll sich in der Levante ausschließlich auf die Zeit des Chalkolithikums beschränken. Aber auch Gehalte von Nickel kommen vor, und so sind in Naḥal Mišmar auch Objekte mit höheren As und Ni Gehalten vorhanden, während Sb nur in geringen Mengen oder als Spur zu finden ist. Als Rohstoff werden Fahlerze oder ihre Verwitterungsprodukte angenommen. Die Gehalte an As und Sb schwanken zwischen <1 und >15 %. Erzquellen für diese Kupfersorte werden für die südliche Levante und den Sinai ausgeschlossen. Ein Import wird angenommen und die Herkunft des Metalls wird etwa in Anatolien oder im Umfeld des Kaukasus gesucht. Auf eine lokale Weiterverarbeitung dieser Legierungen weisen die Ergebnisse von Analysen an Steinkernen hin, die in Keulenköpfen (z. B. Naḥal Mišmar und Shiqmim) aus dieser

Beispiele stammen etwa aus Hortfunden von Naḥal Mišmar<sup>3752</sup> und Naḥal Qana<sup>3753</sup>. Aus Naḥal Mišmar liegen 416 teils beispiellose Metallobjekte und u. a. Elfenbeinobjekte sowie Rhinozeroshorn vor (Datierungen zwischen 4600-3500 v. Chr.<sup>3754</sup>/spätestens 2. V. 4. Jt. v. Chr.<sup>3755</sup>). Weiter nördlich in Naḥal Qana (letztes Viertel 5. Jt. v. Chr.<sup>3756</sup>) wo ähnliche Legierungen, Objektformen und auch Elfenbeinobjekte wie in Naḥal Mišmar gefunden wurden, ist auch die bislang erste Elektron- und Goldverwendung in der Levante festzustellen<sup>3757</sup>. Aufgrund fehlender Platingehalte wird eine Verwendung von Berggold vermutet<sup>3758</sup>. Klimscha diskutiert eine Datierung des Chalkolithikums der Levante und damit der Funde von Naḥal Qana und Naḥal Mišmar in den Zeitraum von 4500 bis 4000/3900 v. Chr.<sup>3759</sup>. Auf die möglichen Konsequenzen für das Chalkolithikum kann hier nicht eingegangen werden<sup>3760</sup>. Aufgrund chronologischer Überlegungen anhand von Radiokarbonaten können auch Gohm und Shugar zeigen, dass diese Legierungsformen eine frühe Entwicklung des Chalkolithikums der Levante noch in der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. darstellen<sup>3761</sup>. Nach Hauptmann sind die Cu-As-Sb-Legierungen in Palästina dabei gar auf das Chalkolithikum beschränkt<sup>3762</sup>. Ähnlich äußern sich Shugar und Gohm, dass nämlich komplexe, gegossene Objekte wie

---

Legierung gefunden wurden. Auch die Möglichkeit einer Legierung von lokalem, reinem Kupfer mit As-Sb-Kupfern wird diskutiert. Während der As-Sb-Kupfer, ebenso wie der Guss in verlorener Form, auf das Chalkolithikum beschränkt blieb, sind die anderen Kupfersorten und -legierungen noch in späterer Zeit verbreitet.

2) Arsenkupfer mit Gehalten zwischen 0,1 und einigen Prozent ist nach Hauptmann (2007b, 295) im 4. Jt. v. Chr. im gesamten östlichen Mittelmeerraum verbreitet, so auch in der Levante. Aus zahlreichen Fundorten des 4. und 3. Jt. v. Chr. der Levante stammen Arsenkupferfunde, teils mit erhöhten Ni-Werten, darunter aus den chalkolithischen Fundorten Teleilat Ghassul, Abu Hamid und Abu Matar. Arsenreiche Kupfertopfen als Einschlüsse wurden in Schlacken von Abu Matar gefunden. Dieses Metall soll sich nach Shugar (zitiert nach Hauptmann 2007b, 296; s. u. in Kap. IV.6) nach Ergebnissen von Metall, Schlacken- und Erzanalysen nicht mit Kupfer aus der Arabah vergleichen bzw. aus lokalen Lagerstätten herleiten lassen. Ein Import aus dem Bereich Anatoliens wird vermutet. Aus der entwickelten Bronzezeit liegen Arsenkupferfunde neben reinem Kupfer aus Fundorten des Jordantales wie Pella, Tell esh-Shuna, Jericho und Bab edh-Dhra vor.

3) As-Ni-Kupfer soll eine weitere charakteristische und exklusive Kupfersorte des 4. und insbesondere des 3. Jt. v. Chr. in Teilen Vorderasiens darstellen (vgl. Susa I Kap. IV.3). Die Gehalte an Arsen und Nickel sind dabei eher niedrig, höchstens im Bereich einiger Prozent und korrelieren oft miteinander (Hauptmann 2007b, 297-301). Eine Verbreitungskarte von Hauptmann (2007b, 298 Fig. 8.19) auf Basis von Pernicka 1990 von As-Ni-Kupfer mit Gehalten von Arsen und Nickel von jeweils über einem Prozent zeigen, dass diese Kupfersorte von der Levante (als Handelsweg gedacht) über die Gebiete mit Lagerstätten der Ophiolithe Nordsyriens, der Südosttürkei und des Oberlaufes des Euphrats verbreitet ist. Zur Herstellung wird die Verhüttung von As- und Ni-haltigen Kupfererzen vermutet (Hauptmann 2007b, 298). As- und Ni-haltige Erze sind u. a. typisch für Ophiolithe. Für eine Herkunft des Metalls zahlreicher Objekte aus As-Ni-Kupfer werden Ergani Maden und/oder bleisotopisch und geologisch kompatible Lagerstätten Südostanatoliens erwogen. Siehe auch Tadmor u. a. 1995, bes. 129-131. 137-145.

<sup>3752</sup> Tadmor u. a. 1995, bes. 96. 124-126. 130 Fig. 29; 136-145; Bar-Adon 1980, bes. 15-133; Hansen 2017, 141f.

<sup>3753</sup> Von Naḥal Qana liegen acht ringförmige Elektron- und Goldobjekte und ein amorphes Stück Metall mit 5 % Sb, 2 % As und fast 1 % Pb vor (Gopher u. a. 1990, bes. 438 Table 1 [Zusammensetzung]; Hauptmann 2007b, 261; Tadmor u. a. 1995, 98; Golden 2009, 293).

<sup>3754</sup> Tadmor u. a. 1995, 98f.; Hauptmann 2007b, 261.

<sup>3755</sup> Hansen 2009, 28.

<sup>3756</sup> Hansen 2009, 17.

<sup>3757</sup> Hauptmann 2007b, 261; Philip – Rehren 1996, 141; Tadmor 2003, 277.

<sup>3758</sup> Gopher u. a. 1990, 439.

<sup>3759</sup> Klimscha 2012a, bes. 192. 194. 205; Hansen 2017, 141 mit weiterer Literatur.

<sup>3760</sup> Siehe dazu hinsichtlich der Metallurgie Shugar – Gohm 2011.

<sup>3761</sup> Shugar – Gohm 2011, bes. 143-145.

<sup>3762</sup> Hauptmann 2000, 186.

Standarten, Keulenköpfe und Kronen vom 43. bis 35. Jh. v. Chr. aus dieser Legierung bestehen<sup>3763</sup>. Über die dreireihig gelochten hauerartigen Hippopotamuseckzähne von Naḥal Mišmar (Taf. 34, 3)<sup>3764</sup> könnten sich u. U. folgenschwere Ideen- und Kommunikationsnetzwerke zum balkanischen und nordpontischen Raum fassen lassen, wo randlich gelochte Eberhauer und metallische Imitate derselben – teilweise mit randlicher Punzverzierung – vorliegen: Die Eckzähne hauerartiger Gestalt von Flusspferden und Wildschweinen gehören zu vergleichsweise gefährlichen Tieren, zudem sind in den Kulturkreisen Legierungen aus Fahlerzen bekannt (s. u.). Weitere Fundorte der Levante wie Tell Abu Matar, Bir Safadi und Shiqmim zeitigten Kupfer mit hohen Gehalten etwa an Arsen, Antimon und ferner Nickel<sup>3765</sup>. Bei den unter *utilitarian* beschriebenen Metallen handelt es sich meist um relativ reines Kupfer mit gelegentlichen niedrigen Gehalten an Arsen, Nickel und/oder Antimon<sup>3766</sup>. Verarbeitet wurden sie durch Guss in einfachen Herdgussformen zu Formen wie Beilklingen und Ahlen; Dolche (s. u.) oder Speerspitzen sind nicht bekannt, und ein „Hammer“ aus Naḥal Mišmar steht eher in der Tradition einfacher Keulen<sup>3767</sup>. Das eher reine Kupfer soll während des Chalkolithikums und der Frühbronzezeit I in der südlichen Levante lokal in einer „metallurgischen Provinz“<sup>3768</sup> mit einer „*metallurgical tradition*“<sup>3769</sup> und einer „*shared technology*“<sup>3770</sup> produziert (und verwendet worden) sein, während für das *elite metal* ein Import wahrscheinlich sein soll<sup>3771</sup>. Als Erzbasis galten bei der Formulierung dieser Thesen für das *utilitarian metal* noch Cuprit und Malachit<sup>3772</sup>. Mittlerweile könnte sich eine gemischt sulfidisch-oxidische Erzbasis anzeigen (siehe im Folgenden und unten Abu Matar). Interessant ist, dass ein Teil der in Shiqmim bestatteten Individuen, sie stammen aus einem gemeinsamen Bestattungskontext, signifikant erhöhte Arsenwerte im Knochenmaterial aufweisen und damit auf eine lokale Verarbeitung arsenhaltigen Kupfers hinweisen<sup>3773</sup>. Für Abu Matar, Bir es-Safadi und Shiqmim werden etwa nahezu identische Öfen berichtet, gleichfalls zeigen sich Gemeinsamkeiten bei Erzen, Tiegeln und Schlacken<sup>3774</sup>. Die Aufstellung analysierter Erze von Shiqmim zeigt, dass die Erze niedrige Eisengehalte (unter 5 %) und leicht erhöhte Schwefelgehalte aufweisen und aus den Sandsteinformationen stammen (vgl. Taf. 34, 4)<sup>3775</sup>. Ziel der Operation etwa in Shiqmim könnten Reduktion und Ausschmelzen der Wertträger bzw. Gewinnung von *prills* aus dem Erz oder Schlackengerüst ohne Zugabe von Flussmitteln und Bildung flüssiger Schlacken gewesen sein<sup>3776</sup>. Eine Überschneidung zum Sulfidschmelzen, das auch auf dem Prinzip des Ausschmelzens des Wertträgers nach Schmelzpunktunterschieden beruht, könnte gegeben sein. Es muss gefragt werden, ob die Sulfidgehalte der Erze ausreichend sind, um zumindest untergeordnet Sulfidphasen zu erzeugen. Aus jenen wiederum können Speise und Arsen-/Antimonmangellegierungen gewonnen werden. Wenn auch keine Werkstätten vorliegen, in denen Erze gefunden wurden, die für die hochlegierten Kupfer

<sup>3763</sup> Shugar – Gohm 2011, 144.

<sup>3764</sup> Bar-Adon 1980, 15-21.

<sup>3765</sup> Hauptmann 2007b, 5. 201. 291-301.

<sup>3766</sup> Hauptmann 2007b, 291-294.

<sup>3767</sup> Golden 2010, 144; Hauptmann 2007b, 291. – Zum „Hammer“ siehe (IAA 61-150) Hauptmann 2007b, 291 und Tadmor u. a. 1995, 109. 123 Fig. 28.

<sup>3768</sup> Hauptmann 2007b, 291.

<sup>3769</sup> Shugar 2003, 449.

<sup>3770</sup> Golden 2010, 167.

<sup>3771</sup> Levy – Shalev 1989, 365f.; Thornton 2009, 304; Hauptmann 2007b, 201. 288-301; Tadmor et al 1995, 136-145; Golden u. a. 2001, 961f.

<sup>3772</sup> Levy – Shalev 1989, 365.

<sup>3773</sup> Golden 2009, 293f.

<sup>3774</sup> Golden u. a. 2001, 955. 960; Golden 2009, 291.

<sup>3775</sup> Golden u. a. 2001, 953f. mit Table 1.

<sup>3776</sup> Golden u. a. 2001, 955. 960f.

verantwortlich gemacht werden<sup>3777</sup>, so könnte der Gewinnung reiner Kupfer und hochlegierter Metalle doch eine ähnliche und in der südlichen Levante verwurzelte Technologie zugrunde liegen. Falls sich eine Abscheidung von Speise aus Sulfidphasen wahrscheinlich machen lassen sollte, könnte darüber hinaus diese Technologie der Legierungserzeugung in der Levante selbst zu suchen sein. Nicht zuletzt treten nach neuesten Datierungen möglicherweise ab der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. „relatively pure prestige objects“ auf, die auch Schwefelgehalte aufweisen können<sup>3778</sup>.

Das hochlegierte Kupfer des *elite metal* oder sein Erz soll importiert und dann lokal weiterverarbeitet worden sein<sup>3779</sup>. Nach zahlreichen Autoren wie etwa Begemann, Pernicka und Hauptmann erklärt sich die Zusammensetzung des Kupfers von Naḥal Mišmar, das hohe Konzentrationen an Arsen und Antimon aufweist, mit der gezielten Verhüttung von an diesen Elementen reichen Erzen<sup>3780</sup>. Vermutlich bildeten – teilweise silberhaltige – Fahlerze oder ihre Verwitterungsprodukte die Basis für die As-Sb-Kupfer, für die As-Ni-Kupfer werden Ophiolithe verantwortlich gemacht<sup>3781</sup>. Aus verschiedenen Fundorten, in denen eine lokale Produktion von *utilitarian*-Kupfer aus von Fenan importierten Erzen angenommen wird, liegen auch *elite*-Kupfer vor<sup>3782</sup>. Gegebenenfalls vorbehaltlich eines Importes geeigneter Erze aus anderen Regionen, Erze für hoch legierte Kupfer seien in der Arabah nicht bekannt<sup>3783</sup>, könnten beide Kupfersorten lokal hergestellt worden sein. Die Isotopie einiger weniger (niedrig-) legierter Artefakte lässt sich allerdings teilweise, natürlich vorläufig und unter Vorbehalt, mit Erzen des Wadi Arabah wie den bleiisotopisch noch unzureichend charakterisierten Sandsteinerzen der MBS von Fenan sowie ferner manganreichen Erzen der DLS in Fenan und Timna verbinden<sup>3784</sup>. Zu den Legierungsgehalten würden, wenn überhaupt, am ehesten

---

<sup>3777</sup> Hauptmann 2007b, 295.

<sup>3778</sup> Standarte mit 97,87 % Cu, 1,3 % Fe und 0,475 % S (Shugar – Gohm 2011, 144).

<sup>3779</sup> Genz – Hauptmann 2002, 152; Hauptmann 2007b, 294-301; Golden 2010, 138f.; Tadmor u. a. 1995, 98. 136-143. 145; Hansen 2017, 141; Siehe etwa den Gusskern einer Keule aus Shiqmim, der für zumindest einen lokalen Guss des Objektes spricht (Golden u. a. 2001, 952); Die Ursprünge der Materialien der Kerne der *elite*-Metallobjekte (Stein und Ton) sind lokalen Ursprungs (Genz – Hauptmann 2002, 152; Golden 2009, 290. bes. 292f.). Die Verortung der Region anhand von petrographischen Vergleichen von Stein- und Tonkernen und dem Bodengrund lassen die Arabah, das zentrale Hügelland Israels und den östlichen Teil des unteren Jordantales oder das Becken des Toten Meeres bei En Gedi (bei Naḥal Mišmar) als Produktionsregion möglich werden (Golden 2009, 292f.).

<sup>3780</sup> Hauptmann schlägt Erze nach Legierungsart (As-Sb-Cu; As-Cu; As-Ni-Cu) differenziert vor (vgl. Hauptmann 2007b, 294-301). Für die As-Sb-Kupfer etwa werden Fahlerze oder ihre oxidierten Verwitterungsprodukte (um eine Bildung von Speisen zu vermeiden) angenommen (Tadmor u. a. 1995, 131f mit Fig. 31. 143).

<sup>3781</sup> Genz – Hauptmann 2002, 151; Hauptmann 2007b, 195. 297-301. 298; Golden u. a. 2001, 958.

<sup>3782</sup> Vgl. etwa Hauptmann 2007b, 291-301.

<sup>3783</sup> Hauptmann 2007b, 5. 71. 201. vgl. 291-301. bes. 296.

<sup>3784</sup> *Tell Abu Matar* (nach Hauptmann 2007b, 267-269 mit Table 8.4 und Fig. 8.8): Mehrere Kilogramm Erz und Schlacken, sowie Tiegel- und Ofenfragmente und Metallobjekte wurden gefunden und im Zusammenhang des Chalkolithikums besprochen. Erze von Abu Matar fallen bleiisotopisch etwa ins Feld der Gruppe B MBS der Sandsteinformationen und eine Schlacke mit Fe-Oxiden und SiO<sub>2</sub> als Hauptkomponenten (und nur 0,15 % MnO) – isotopisch liegt diese ungefähr im Bereich der manganreichen Erze aus der DLS von Fenan – stammt mutmaßlich aus Timna. Die analysierten Metallartefakte (*cave*: Fundprovenienz teils problematisch), darunter auch eine zylindrische Perle (BAM 387/2: Cu 86,8 %, Fe 0,76 %, Pb 0,69 %, As 3,98 %, Sb 5,45 %, Bi 0,34 %, Ni 0,96 %, Ag 3300 µgg<sup>-1</sup>, Zn<400 µgg<sup>-1</sup>, Sn<100 µgg<sup>-1</sup>, Co<13 µgg<sup>-1</sup> [<: unter der Nachweisgrenze], Hauptmann 2007b, 265 Table 8.2. 266 Table 8.3) aus einem Cu-As-Sb Kupfer, könnten sich mit Gruppe B MBS der Sandsteinformationen verknüpfen lassen (vgl. unten Naḥal Mišmar 61-297). Aufgrund der chemischen Zusammensetzung wird dies aber ausgeschlossen. Vgl. dazu Golden (2009, 297: von vier in Abu Matar gefundenen Erztypen, lassen sich drei aus Fenan herleiten, eine wird mit Anatolien, möglicherweise Zentral- oder Nordzentralanatolien und weiter der Region Kaman-Kalehöyük/Schwarzes Meer verbunden). – Aus *Bir es-Safadi* (nach Hauptmann 2007b, 269-271) liegen Beilklingen vor. Eine davon besteht aus reinem Kupfer, das sich mit einer Herkunft aus dem Gebiet der Arabah (Timna oder Fenan; Gruppe A aus den DLS) in Verbindung

noch die manganreichen Erze aus der DLS von Fenan passen, die in späteren Perioden As und Ni im Bereich von 0, X % in Kupfer zeitigen<sup>3785</sup>. Eine lokale Herkunft der Erze für die hochlegierten Kupfer wird jedoch kategorisch ausgeschlossen<sup>3786</sup>. In späteren Zeiten (Frühbronzezeit II–IV; 3000–2000 v. Chr.) sollen gezielt arsenreiche Erze aus der DLS zumindest abgebaut worden sein, und das Kupfer enthält bei bimodaler Verteilung teilweise As bis einige Prozent (eine Gruppe von Artefakten in Bab edh-Dhra z. B. zwischen 0,98 und maximal 4,70 % As, sie soll aber bleiisotopisch von Erzen der DLS abweichen)<sup>3787</sup>. Zumindest einzelne (niedrig legierte) Stücke könnten sich lokal erklären. Schlacken, die zu den legierten Kupfern in Hinsicht auf die Elementzusammensetzung passen, wären u. U. nicht zu erwarten (vgl. Kap. II.3; s. u.). Schlacken entsprechender Zusammensetzung wurden nicht gefunden, und in chalkolithischem Rohkupfer (aus Fenan und Timna) sind solch hohe Legierungsgehalte für As und Ni nicht gemessen<sup>3788</sup>. Entsprechende Schlacken fehlten auch für Abu Matar<sup>3789</sup>. Gehalte von 1 % und mehr Arsen sind in chalkolithischem Kupfer von Abu Matar nachgewiesen<sup>3790</sup>. Tiegel von Abu Matar sollen Spuren von Arsen bis 1 % tragen<sup>3791</sup>. In (chalkolithischer) Schlacke von Abu Matar wurden von Shugar Einschlüsse arsenreicher Kupfertropfen gefunden<sup>3792</sup>: „These prills were found to be incompatible with local copper from the Arabah. He suggested an import either of ores, or, alternatively of metal from ore deposits in Anatolia. [...] Due to the isotopic evidence it is not possible

---

bringen lässt. Zwei Proben (evtl. von der gleichen Beilklänge) zeigen in der Bleiisotopie eine Nähe zu den MBS Erzen aus Fenan. Aber Gehalte von 0,2 % As und 0,33–0,44 % Ni werden als Grund angesehen, eine Herkunft aus anderen Zusammenhängen zu vermuten. Der Ausgangsgehalt in Erzen der Arabah soll zu niedrig sein. Eine höhere Konzentration an Ni wird in Erzen aus Timna 39 berichtet (0,1–0,5 %), aber in Frage gestellt. Ähnliche Nickelgehalte wurden aber auch in weiteren Erzen der DLS festgestellt, die allerdings in späteren Zeiten (aber auch bereits in der Frühbronzezeit I) abgebaut werden und eine andere Bleiisotopie aufweisen. Aufgrund der As- und Ni-Konzentrationen der Metallartefakte wird ein Vergleich mit solchen aus Arslantepe und Hassek Höyük in der Südosttürkei gezogen. Isotopisch ist die As-Ni-Legierung von Bires-Safadi ähnlich mit Funden aus Hassek Höyük und vage entfernt auch noch mit der Lagerstätte Ergani Maden. Jedoch sprechen spätestens die Co/Ni Verhältnisse dagegen. Ein Keulenkopf (AO 22906) mit Sb (0,8 %), As (0,6 %) und Bi (0,08 %) lässt sich isotopisch nicht mit bekannten Erzen der Arabah vergleichen. – Aus *Pella* (nach Hauptmann 2007b, 301) (EBA II) stammt ein Meißel, der sich isotopisch mit der Lagerstätte Fenan verbinden lässt und As >1 % und Ni >1 % aufweist. – Leicht erhöhte Werte bei Ni (0,1 %) und Ag (0,12 %) zeigt eine Ahle aus *Abu Hamid*, die sich isotopisch mit Erzgruppe B (MBS Sandsteinerze [vgl. Hauptmann 2007b, 211. 212 Fig. 6.44]) aus Fenan vergleichen lässt (Hauptmann 2007b, 271f.). – *Naḥal Mišmar* (Hauptmann 2007b, 269; Tadmor u. a. 1995, 134 Table 2) Keulenkopf 61-297 (in Gew. %: Cu 98, Sb 1,15, As 0,42, Bi 0,05, Pb 0,044, Fe 0,008, Zn 0,003, Co 0,002, Ni 0,24, Ag 0,075, Sn <0,01) ist isotopisch fast ident mit der Perle BAM 387/2 aus Cu-As-Sb von Abu Matar, die isotopisch vage mit Erzen Gruppe B MBS ähnlich ist (s. o.). – Die *Erze der Sandsteine* sind überdies isotopisch nicht so homogen (vgl. Hauptmann 2007b, 275. 212 Fig. 6.44. 213 Fig. 6.45 [s. die Nutzung von Erzen aus Sandsteinen in FBZ I]).

<sup>3785</sup> Hauptmann 2007b, 269f. 284.

<sup>3786</sup> Hauptmann 2007b, 201. 295; Hauptmann 2000, 186.

<sup>3787</sup> Hauptmann 2007b, 280-282. bes. 280.

<sup>3788</sup> Hauptmann 2007b, 269f.

<sup>3789</sup> Golden 2010, 128.

<sup>3790</sup> Golden 2010, 128.

<sup>3791</sup> Golden 2009, 293.

<sup>3792</sup> Shugar 2003, 457 (Shugar 2003 bietet ein Abstract von Shugars PhD-Arbeit [Shugar 2000: A. N. Shugar, Archaeometallurgical Investigation of the Chalcolithic Site of Abu Matar, Israel. A Reassessment of Technology and its Implications for the Ghassulian Culture, PhD thesis, Institute of Archaeology, University of London 2000]). Shugar untersuchte Erze, Schlacken und andere Überreste der Metallurgie von Abu Matar. Hauptmann (2007b, 296) macht die oben folgenden Ausführungen im Zusammenhang mit chalkolithischer Metallurgie (4. und 3. Jt. v. Chr.), nennt aber diesen (?) Befund auch mit EBA I als Datierung (Hauptmann 2007b, 29): „At EBA I Tell Abu Matar, Israel, the highly elevated level of As in copper prills embedded in slag compared with copper ores utilized for smelting (from Faynan) is explained by the process of intentionally alloying arsenical copper (Shugar 2000). It is difficult to understand that As-rich materials should have been transported from ore deposits in central Anatolia. This hypothesis is based upon an evaluation of lead isotope data.“



to contradict this hypothesis<sup>3793</sup>. Kupfertropfen aus Abu Matar können teilweise Arsen bis etwa 1 % und mehr aufweisen<sup>3794</sup>. Ein möglicher Zusammenhang zu leicht erhöhten Antimonwerten in *prills* bleibt zu überprüfen<sup>3795</sup>. Zusammen mit den im Folgenden gemachten Ausführungen zu teilsulfidischen Erzchargen könnte dabei eine Abscheidung von Arsen-/Antimonmangellegierungen zu hinterfragen sein. Anhaltspunkte für unterschiedliche chalkolithische Technologien in Öfen und Tiegeln könnten sich ableiten lassen, die Kupfereinschlüsse in Tiegelschlacken sind ein wenig arsenreicher. Ein Prozess der Verhüttung mit einem *co-smelting* oxidischer und sulfidischer Erze wird rekonstruiert, und die geringen Sulfidgehalte sollen für untergeordnete Matteeinschlüsse verantwortlich sein<sup>3796</sup>. Während wohl insbesondere auch reine Kupfersulfide vorliegen, bleibt ein Bezug etwa zum Sulfidschmelzen aber unklar. Ein Zerschlagen der Schlacken, um eingeschlossene *prills* zu gewinnen, und eine Sortierung der *prills* nach Legierungsgrad wird von Shugar angenommen<sup>3797</sup>. Eine Beobachtung von Shugar zur Erzbasis in Hinblick auf Sulfide ist interessant. Shugar<sup>3798</sup> macht nämlich darauf aufmerksam, dass die frühere Beprobungs- und archäologische Auswahlstrategie von Erzen ein verzerrtes Bild der Funde von Abu Matar liefern könnte. Unter dem Eindruck, dass nur oxidisch-carbonatische Erze in früher Zeit bewältigt werden konnten, könnten sulfidische Erze nicht berücksichtigt worden sein. Speziell regelrechte Arsenerze könnten wegen ihres unscheinbaren Erscheinungsbildes zudem noch schwer von normalem Gestein unterscheidbar sein. Der Großteil der

---

<sup>3793</sup> Hauptmann 2007b, 296.

<sup>3794</sup> Golden 2010, 146.

<sup>3795</sup> Golden u. a. 2001, 957.

<sup>3796</sup> Shugar 2003, 457 (cave: andere Bedeutung von *co-smelting* in Shugar 2000 [?!]). In Tiegeln soll es beim Aufschmelzen von *prills* (wenn es nicht zumindest ein Ausschmelzen aus Schlacken war, erklären sich die hohen SiO<sub>2</sub>-Gehalte nicht!) zu Raffinationseffekten gekommen sein (Shugar 2003, 457). Unter Umständen könnten sich auch Hinweise auf unterschiedliche Verfahren ergeben. Kupfertropfen (aus Schlacken bzw. teilaufgeschmolzenen Ofenchargen [?]) aus Abu Matar zeigen Fe im Bereich von 0,1 % und Gehalte an As, Sn, Pb, Ag, Ni und Sb in der Größenordnung von 0,01 % und Kupferperlen aus Schlacken von Tiegeln Fe zwischen 0,01 bis 0,13 % und den anderen Elementen häufig im Bereich von 0,001 bis 0,01 % (bzw. unter der Nachweisgrenze) (Golden 2010, 146 mit Table 7,6, 7,7. – Dass sich die Unterschiede aus den unterschiedlichen Analysemethoden ergeben wird zwar als unwahrscheinlich erachtet, aber auch nicht völlig ausgeschlossen [vgl. Golden 2010, 149 Anm. 5]). Shugar gibt als Durchschnittswerte für Kupfertropfen aus Öfen folgende Elementgehalte an: Fe 0,96 % (zwischen 0,01 und 4,12 %), As 0,49 %, Sb 0,02 %, Ni 0,01 %, Pb 0,09 % und für Tiegel Fe 0,33 % (zwischen 0,01 und 2,84 %) As 0,54 %, Sb 0,02 %, Ni 0,02 %, Pb 0,1 % (Shugar 2003, 455f. mit Table 3 [Untersuchungen an 70 Kupferperlen aus Ofenschlacken, 73 aus Tiegelschlacken]). Nach Shugars Ausführungen ist beim Einschmelzen der Kupfertropfen als Nebeneffekt eine Raffination nicht auszuschließen. Dementsprechend legt er diese Deutung nahe, in diesem Fall von ca. 1 % zu 0,33 % Fe (Shugar 2003, 455f.). Eine Korrelation von Fe und anderen Elementen kann leider nicht nachvollzogen werden. Setzt beim Einschmelzen der ausgelesenen (!) Kupferperlen zwar eine (leichte) Raffination ein, im Idealfall wäre zudem ein flüssiges Kupferbad vorhanden, erklärt diese aber nicht die Zusammensetzung der Schlacken in den Tiegeln mit beispielsweise hohen SiO<sub>2</sub>-Gehalten. Pauschalanalysen von 7 Ofenschlacken und 5 Tiegelschlacken von Abu Matar (Shugar 2003, 456f. mit Table 4) zeigen, dass im Mittel Ofenschlacken 8 % und Tiegelschlacken 5,8 % Fe enthalten, also mit ihren niedrigen Eisengehalten mit „schlackenloser Metallurgie“ in Einklang stehen. Calcium ist im Vergleich zu den Erzen erhöht (Ofenschlacken 13,3 %, Tiegelschlacken 10,6 % im Mittel) und wird durch die Resorption von Wandungsmaterial oder Brennstoffasche erklärt. Die SiO<sub>2</sub>-Gehalte liegen durchschnittlich bei 52,8 % (Ofen) und 40,5 % (Tiegel). Die Arsengehalte in den Schlacken sind sehr niedrig (Ofen 10,1 ppm, Tiegel 18,7 ppm). Metallische Kupfertropfen erreichen dagegen bis zu 2,5 % und korrodierte Tropfen bis 6,7 %. Unklar ist wie sich die Unterschiede zwischen den (extrem) niedrigen As-Gehalte in Schlacken im Unterschied zu den legierten Einschlüssen metallischen Kupfers erklären könnten. Interessant sind die Einschlüsse von Matte (meist CuS und Cu<sub>2</sub>S, wohl [?] untergeordnet Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub> und weitere Kupfereisensulfide) (Shugar 2003, 455; vgl. dazu die Analyse teilweise reagierten Materials aus Ofenschlacken mit hohen Schwefelgehalten [Kupfersulfide] bei Shugar 2003, 454 mit Table 2).

<sup>3797</sup> Shugar 2001, 82. 90.

<sup>3798</sup> Im folgenden Abschnitt nach Shugar 1998, 114f.; Shugar 2001, bes. 84-86; Shugar 2000, 85f.

von Shugar untersuchten Erze ist zum überwiegenden Teil aus Sulfiden aufgebaut. Arsen in nennenswerten Konzentrationen ließ sich allerdings nicht nachweisen.

Shugar, der Bearbeiter des archäometallurgischen Materials von Abu Matar, erwägt eine Zulegierung arsenhaltiger Mineralien zwecks Legierungsbildung<sup>3799</sup>: Er untersuchte Erze, technische Keramik und Schlacken. Da ihm zufolge Operationen in Öfen und Tiegeln voneinander zu trennen sind, berücksichtigte er dabei nur solche Schlacken, die er den Verfahren zuordnen konnte. Das wohl häufigste Material, was aufgrund seiner Heterogenität sicherlich in Zusammenhang mit chalkolithischen Verhüttung dieser Arbeit steht, bleibt aufgrund schwieriger Zuordnung zu den Operationen allerdings unanalysiert<sup>3800</sup>.

„Analysis of this slag type will determine its microstructure and chemical composition and extrapolate a likely source activity for its production or its role in metal production, however there can be no definitive way to determine the specific vessel use during the production stage that produced the slag. This is because of the high heterogeneity of Chalcolithic slag which allows for the formation of a variety of crystalline microstructures in both the smelting and the remelting/refining process. Since independent lumps of slag can derive from either the smelting or the refining process, the determination of slag type cannot be directly associated with a furnace or a crucible so that assigning a role within a process model based on these analyses alone would be ill advised. Detailed investigation of these irregular shaped slags alone would not provide decisive information as to the process model of production. It is for this reason that these lumps of slag were collected, counted, and weighed, but not analysed“<sup>3801</sup>.

Damit könnte gerade das Material, das den Prozess besonders gut kennzeichnet und repräsentiert, einer Deutung entzogen sein. Während die untersuchten Erze bis 15 % Schwefel enthalten können, liegen die Gehalte von As nur zwischen 0,01 und 0,1 %<sup>3802</sup>. Das ausgebrachte Kupfer mit erhöhtem As-Wert trägt auch Schwefelgehalte, die sich mit den *prestige metals* der Levante vereinbaren lassen.

Scheibenförmiger Keulenkopf aus Shiqmim (SQ B.248) in Gew.% (Golden u. a. 2001, 960 Table 4)												
	Cu	Pb	Sn	As	Sb	Fe	Ni	Co	Zn	Bi	Ag	S
Surface PIXE	80,4	0,21	0,11	3,66	11,7	0,06	0,15				0,85	<b>0,12</b>
Bulk ICP	83,3	0,14	<0,001	4,34	10,1	0,02	0,14				0,35	<b>0,08</b>
Prills aus Schlacken von Abu Matar – Mittelwerte in Gew.% (Shugar 2000, 208 Table 8.20)												
	96,96	0,09	0,02	0,49	0,02	0,96	0,01	0,01				<b>0,11</b>

„Experimental research has shown that a charge containing 18.5% sulphur will produce matte. Charges with 5.5% sulphur produce copper with sulphide inclusions and bulk sulphur concentrations reaching 0.7% (Merkel et al., 1994:221). The average sulphur content in the ores analysed by ICP for bulk composition (excluding the flux) is 5.4% which has resulted in various sulphide inclusions in the

<sup>3799</sup> Shugar 2000.

<sup>3800</sup> Shugar 2000, 104-106.

<sup>3801</sup> Shugar 2000, 106.

<sup>3802</sup> Shugar 2000, 175. 177 Table 8.09.

smelting slag with minimal matte production“<sup>3803</sup>. Unter Ausnutzung von Schmelzpunktunterschieden mögen geringe Gehalte an Schwefel zu Bildung von Sulfidphasen genügen. Prinzipiell lassen sich aus Sulfidphasen durch Steuerung der Bedingungen gezielt Speisen oder Kupfer mit Nebenelementen abscheiden. Inwieweit sich *prestige metals*, die ja durch hohe Legierungsgehalte gekennzeichnet sind, so erklären lassen, muss weiter untersucht werden (vgl. Speisen Kap. II.2.4.4.7). Jedoch liegen etwa die As-Gehalte der (untersuchten) Erze sehr niedrig, und ohne Zumischung oder anderweitige Verhüttung nebenelementreicher Erze sind die Gehalte im Kupfer nur schwierig denkbar. Jedoch sollten mit der hier belegten Verhüttung (teil-)sulfidischer Chargen die technologischen Grundlagen für Verfahrensstränge mit Speisen in der Levante selbst gegeben sein. Abu Matar ist mithin ein Schlüsselfundort für die Rekonstruktion der Technologie.

Mit den Ausführungen von Shugar zur Levante könnte sich andeuten, dass sulfidische Erze in der Literatur auch andernorts systematisch unterrepräsentiert sein könnten. Da Prozesse wie Sulfidschmelzen und Abscheidungsvorgänge von Speisen aus Sulfidphasen die Möglichkeit bieten, Legierungsgehalte anzureichern, ist dies interessant.

Eine Herkunft der Technologie und der Erze (mutmaßlich Fahlerze) bzw. des fertigen Metalls für die die hoch legierten Kupfer der südlichen Levante wird etwa im Bereich des Kaukasus bzw. Transkaukasiens oder des Iran gesucht<sup>3804</sup>. Die Herkunft des Arsenkupfers, häufig sind auch die Nickelwerte erhöht, wird durch einen Import von geeigneten Erzen oder von Metall gesehen (vgl. Verbreitung Khirbet-Kerak)<sup>3805</sup>. As-Ni- und As-Sb-reiche Kupfer zeigen eine Verbreitung, die sich mit oftmals an eben As und Ni reichen Ophiolithen verbinden lässt<sup>3806</sup>: Diese sind teilweise im Bereich der Gebirgszüge „Obermesopotamiens“ verbreitet, und insbesondere die Südosttürkei (Ergani Maden) wird als Ursprungsgebiet diskutiert. Verbindungen der südlichen Levante nach Norden in Bereiche Obermesopotamiens wie Anatoliens werden neben den Metallsorten auch wegen ins Neolithikum zurückreichender Kontakte (Obsidian) und der Verbreitung der Khirbet-Kerak-Ware im 3. Jt. v. Chr. angenommen (vgl. Taf. 28, 4)<sup>3807</sup>. Pernicka stellt zur Erzbasis fest, dass in anderen Teilen der Welt die Verhüttung arsen- und antimonreicher Erze eine wichtige Rolle gespielt habe (vgl. dazu die Fahlerzmetalle in Mitteleuropa und die Diskussion dazu in Kap.IV.1.3). Aufgrund der Elementkombination von As, Sb, Ag und Bi nennt er Fahlerze als Quelle. In diesem Zusammenhang führt er auch die *prestige*-Metalle von Naḥal Mišmar an<sup>3808</sup>. Aber auch Teile des *utilitarian*-Kupfers würden sich aufgrund ihrer Verunreinigungsmuster hier anstellen lassen (s. o.). Fahlerz als Quelle für das Metall von Naḥal Mišmar wird von weiteren Autoren angenommen<sup>3809</sup>. Die von Moesta (2004) und Lesniak (1991) erwogene Möglichkeit, Arsen-/Antimonmangellegierungen aus Sulfidphasen zu schmelzen, würde sich, auch in Anbetracht der Überlegungen zum *co-smelting* (s. o.) und der geringen Eisengehalte der Objekte von Naḥal Mišmar damit gut in Einklang bringen lassen (vgl. Kap. II.2.4.4.7;

---

<sup>3803</sup> Shugar 2000, 195.

<sup>3804</sup> Muhly 2011, 864; Tadmor u. a. 1995, 140f.; Hansen 2009, 28; Begemann – Schmitt-Strecker 2009, 25; Arsenkupfererze, besonders aber Antimon, seine Erze oder Vorlegierungen mit diesem könnten aus dem Kaukasus, dem Iran, aber auch aus Ägypten stammen (Helwing 2002, 191 mit Anm. 1032; Hauptmann – Gambaschidze 2001; Kerner 2001, 140-148; Tadmor 2003, 276).

<sup>3805</sup> Hauptmann 2007b, 296f.; Fundorte in der Levante sind etwa Teleilat Ghassul, Tell Abu Hamid und Tell Abu Matar. Während Shugar etwa Lagerstätten am Schwarzen Meer und Kaman-Kalehöyük südöstlich von Ankara favorisiert, sieht Hauptmann geographisch näher an der Levante befindliche Lagerstätten in Südostanatolien als Herkunftsregion für wahrscheinlich an und verweist auf die spätere Verbreitung von Khirbet-Kerak (nach Hauptmann 2007b, 296f.).

<sup>3806</sup> Hauptmann 2007b, 297-301; Tadmor u. a. 1995, 140f.

<sup>3807</sup> Hauptmann 2007b, 296f.

<sup>3808</sup> Pernicka 1990, 50.

<sup>3809</sup> Golden 2010, 139; Tadmor u. a. 1995, 131.

II.3). Nach Lesniak ist bei dieser Darstellungsmethode mit Schwefelgehalten von um 2 % in den Arsen-/Antimonmangellegierungen zu rechnen<sup>3810</sup>. Da die Schwefelgehalte der Objekte von Naḥal Mišmar bei Tadmor u. a. (1995) nicht ausgeführt sind, könnten evtl. mittelbar andere ähnlich zusammengesetzte und auf Schwefel analysierte Legierungen aus Shiqmim und Bir es-Safadi Hinweise liefern. Bei diesen liegt Schwefel im Bereich von maximal 0,X %<sup>3811</sup>. Jedoch geht die Verfahrensrekonstruktion von Moesta von eher oxidierenden Bedingungen und der Verwendung verwitterter Fahlerze aus. Inwieweit sich dadurch möglicherweise Änderungen ergeben, ist derzeit nicht geklärt (vgl. Kap. II.2.4.4.7). Dabei lassen sich eher reine (hier *utilitarian*) und hoch legierte Kupfer (hier *prestige* oder *elite*) prinzipiell auch aus einer Charge schmelzen<sup>3812</sup>. Für komplexe Formen (vgl. *elite*) wurde aber bisweilen auch eher reines Kupfer genutzt, das dabei teilweise Schwefelgehalte zeigt (s. o.). Da beide Kupfersorten in einem gemeinsamen Prozess gewonnen werden können, deutet sich so das Wissen um Gemeinsamkeiten bei der Herstellung an.

Diese Legierungen, gleich welcher Herkunft, würden sich evtl. gut mit der zu dieser Zeit geübten „schlackenlosen“ Metallurgie und dem Anreicherungs- bzw. Ausschmelz- und Entmischungsverhalten von Arsen, Nickel und Antimon in Kupfer erklären lassen (Kap. II.3)<sup>3813</sup>: Ein Teil der As-Sb-(Ni)-Kupfer zeigt niedrige Eisengehalte im Bereich 0,00X-0,X Prozent; sie enthalten As, Sb und/oder seltener Ni jeweils im teils höheren einstelligen Prozentbereich (Sb bis 25,5 %) sowie teils erhöhte Pb- und ferner Silbergehalte. Die Herstellung dieser Legierungen lässt sich gut mit einer schlackenlosen Metallurgie erklären, bei der wenig Eisen im System der Verhüttung beteiligt ist. Wenig Eisen begünstigt insbesondere die Abscheidung von Arsen-/Antimonmangellegierungen aus Sulfidphasen. Einer Raffination zur Senkung eventueller Eisengehalte wohnt die Gefahr inne, die anderen erwünschten Legierungspartner zu eliminieren. Einzelne legierte Objekte mit erhöhten Eisengehalten könnten deshalb dafür sprechen, dass man dies nicht riskieren wollte, oder dass diese dem Herstellungsprozess selbst geschuldet sind<sup>3814</sup>: Mit einem stärker Ni-haltigen Keulenkopf könnten ein späteres Ausschmelzen bei höheren Temperaturen für die Ni- und Fe-Werte sowie mit dem As-Wert Zementationsprozesse verbindbar sein. Allerdings wird bei einigen legierten Objekten, obwohl sie zum Teil Spuren von Hämmern und Glühen aufweisen, aufgrund ihrer Form eine Funktion als Barren erwogen<sup>3815</sup>. Einen gänzlich anderen Verhüttungsansatz legen dem 5. bis zur ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. zugewiesene Schlacken mit darin eingeschlossene Kupfertropfen und primitive Kupferbarren etwa planokonyer Form von Yotvata/Ein el-Ghidyan<sup>3816</sup> in der südlichen Arabah nahe. Kupfertropfen und Barren weisen erhöhte Gehalte an metallischem Eisen auf. Vage Hinweise auf eine frühe, erweiterte Polymetallurgie sind eine Ahle mit 7 % Sn, die aus Schicht 4 (Wende 5./4. Jt. v. Chr.) von Teleilat Ghassul berichtet wird<sup>3817</sup>, und eine in das späteste 6. bis frühe 5. Jt. v. Chr. datierte Bronzeahle mit 6 % Zinn aus Tell Tsaf<sup>3818</sup>.

Hauptmann betont eine Einbindung der südlichen Levante in weiträumige Kontaktnetzwerke. Obsidian wurde aus Ostanatolien und Elfenbein von Elefant und Flusspferd aus Ägypten importiert, weiter nennt

---

<sup>3810</sup> Lesniak 1991, 119. 194.

<sup>3811</sup> Vgl. Golden 2010, 144f. Table 7.2 und 7.3; Golden u. a. 2001, 960 Table 4.

<sup>3812</sup> Vgl. Lesniak 1991, bes. 215f. 227f.

<sup>3813</sup> Vgl. etwa die Zusammensetzung einiger legierter Stücke wie Keulenköpfe (und möglicher Barren) bei Golden 2010, 144 Table 7,2. 145 Table 7,3. 7,4. 7,5; Tadmor u. a. 1995, 134 Table 2.

<sup>3814</sup> Vgl. etwa den legierten Keulenkopf Cat. No. 25 (IAA 61-391) aus Naḥal Mišmar mit Fe 0,36 %, As 4,1 %, Ni 8,6 % (Pb 0,002 %) zu den anderen analysierten Objekten (Tadmor u. a. 1995, 134 Table 2).

<sup>3815</sup> Golden 2010, 139-144. – Vgl. dazu ein gefaltetes Blech aus reinem Kupfer (98 % Cu), als möglicher „Barren“ interpretiert (Golden 2010, 146f.).

<sup>3816</sup> Rothenberg u. a. 2003; Zur Datierung etwa Rothenberg u. a. 2003, 586 Anm. 7.

<sup>3817</sup> Hauptmann 2007b, 271.

<sup>3818</sup> Rahmstorf 2017, 185.

Hauptmann Doppelspiralen und flache violinförmige Steinfigurinen als zusätzliche Kontaktfunde für Anatolien<sup>3819</sup>. Nördlich gelegene Gebiete, wie Armenien, Aserbaidschan, der (Trans-) Kaukasus und Anatolien, werden dabei auch mit der Herkunft der As-Sb- und As-Ni-Kupfer verbunden, und isotopisch mögliche, höher As- und Sb-haltige Erze sind dort vorhanden<sup>3820</sup>. Dass die Mehrzahl der Funde aus Höhlen stammt, und zum Teil Bestattungen von dort vorliegen, ist vor dem Hintergrund möglicher weiträumiger Kontaktnetzwerke interessant<sup>3821</sup>. So liegen ein Teil der frühen Funde des 5. und 4. Jt. v. Chr. vom Balkan und aus der Ägäis ebenso aus Höhlen vor. Auch gibt es in diesen Räumen teilweise Hinweise, dass die Höhlen als Bestattungsplätze genutzt wurden<sup>3822</sup>. Dolche scheint es im Chalkolithikum nicht zu geben<sup>3823</sup>. Sie sollen als neue Form während der Frühbronzezeit I in geringer Zahl aufkommen und dabei starke Ähnlichkeiten zu solchen aus dem Prädynastischen Ägypten zeigen<sup>3824</sup>. Kanaannäische Klingen sind eine weiträumige Erscheinung des frühen 4. Jt. oder noch des späten 5. Jt. v. Chr.; Funde stammen aus Südostanatolien, Nordsyrien, Nordmesopotamien, vom Sinai, aus Ägypten und eben der Levante (s. Kap. IV.5)<sup>3825</sup>. Timna und Fenan gelten als die bedeutendsten Lagerstätten des 4. und 3. Jt. v. Chr. im südöstlichen Mittelmeerraum, und der südlichen Levante wird eine maßgebliche Rolle bei der Entwicklung der Metallurgie zugeschrieben<sup>3826</sup>. Kupfer in Form von Artefakten und Barren erreichte während der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. Ägypten<sup>3827</sup>.

#### IV.6.2. Early Bronze Age I

Während des Early Bronze Age I (ca. 3400–3000 v. Chr.<sup>3828</sup>; 3600/3500–3100 v. Chr.<sup>3829</sup>) kommt es zu Veränderungen im Siedlungswesen, die mit einem Kollaps der sog. *chiefdoms* des Chalkolithikums einhergehen sollen: Siedlungen lassen sich jetzt wieder an der fruchtbaren Mittelmeerküste nachweisen<sup>3830</sup>. Verhüttung lässt sich in diesen noch weiter von den Lagerstätten entfernten Siedlungen ebenso wie in Timna und Fenan selbst nachweisen (Erz, Tiegelfragmente, Schlacken und Kupfertropfen, Metallobjekte und selten Gussformen)<sup>3831</sup>. Insbesondere der Fundort Wadi Fidan 4 im Fenangebiet (Mitte 4. Jt. v. Chr.) ist hier zu nennen, da seine Schlacken exemplarisch besprochen

<sup>3819</sup> Hauptmann 2007b, 289. 295.

<sup>3820</sup> Hauptmann 2007b, 295.

<sup>3821</sup> Zur Herkunft der Funde Genz – Hauptmann 2002, bes. 152; Golden 2009, 294-296. Wahrscheinlich besteht ein Zusammenhang zu Bestattungen: „If one looks closely, several of the copper-bearing cave sites also include burials, and mounting evidence supports the interpretation that these groups of metal goods were not private stashes, buried on their own, but rather, part of the contents of wealthy tombs.“(Golden 2009, 294).

<sup>3822</sup> Siehe und vgl. Hansen 2009, 20; Pernicka u. a. 1997, 56.

<sup>3823</sup> Hauptmann 2007b, 291 (Unter *utilitarian/pure copper* besprochen).

<sup>3824</sup> Anfinset 2011, 147; Vgl. aber Anfinset 2011, 147 Figure 12.1 (i. e. Balkendiagramm zu Fundkontexten nach Siedlung, Bestattung, Höhle, etc.) mit Dolchen aus „Chalcolithic contexts, excluding Nahal Mishmar“ (Abbildungsunterschrift) mit Anfinset 2011, 148 Fig. 12.2 mit Keulenköpfen, Kronen und anderem (aus As-Sb-Legierungen?!) in einem Diagramm mit der Angabe „Early Bronze Age I contexts“ (Abbildungsunterschrift). Die dort zitierte Literatur konnte nicht eingesehen werden. Aus Nahal Besor/Wadi Gezah beispielsweise wird ein Dolch mit der Zuweisung FBZ Ia berichtet (Hauptmann 2007b, 272 mit weiterer Literatur).

<sup>3825</sup> Pfeiffer 2013, 13-20; Philip 2002, 218. 220; Helwing 2002, 194.

<sup>3826</sup> Pfeiffer 2013, 127.

<sup>3827</sup> (Teils widersprüchlich) Pfeiffer 2013, 96.

<sup>3828</sup> Thornton 2009, 304.

<sup>3829</sup> Vgl. Hauptmann 2007b, 3 Table 1.1. – Zu einer Diskussion des Beginns der Bronzezeit ab etwa 3600/3500 v. Chr. und einem sich bei einer Höherdatierung des Chalkolithikums derzeit scheinbar ergebenden Hiatus – der durch einen sehr frühen Beginn der Frühbronzezeit I um 3800/3700 v. Chr. an Fundorten wie Tell Hujayrat al-Ghuzlan und Tell esh-Shuna geschlossen werden könnte – siehe Klimscha 2012a, bes. 192. 194. 205; Klimscha 2010, 103; Vgl. Pfeiffer 2013, 13.

<sup>3830</sup> Thornton 2009, 304; Vgl. Genz – Hauptmann 2002, 152.

<sup>3831</sup> Thornton 2009, 304; Hauptmann 2007b, 262f.

wurden<sup>3832</sup>. Hier wird als Erzbasis reicher Malachit mit Anteilen von Limonit und Kupfersulfiden an Sandsteinresten genannt<sup>3833</sup>. Die Schlackenstücke werden als nussgroß beschrieben<sup>3834</sup>. Sie weisen 32–60 Gew.% Cu<sub>2</sub>O und 25–40 Gew.% SiO<sub>2</sub> als Hauptbestandteile auf, aber der Eisenoxidgehalt überschreitet in nur zwei Fällen 10 Gew.%<sup>3835</sup>. Veränderungen in der Metallurgie zum vorhergehenden Chalkolithikum lassen sich kaum feststellen; Kontinuitäten werden unterstrichen<sup>3836</sup>. Jedoch sollen Tiegel nach 3400/3300 v. Chr. im Fundmaterial selten werden<sup>3837</sup>. Schlacken von Fundorten wie Ashqelon-Afridar und Fundorten des Fenangebiets enthalten weiterhin hohe Gehalte an Kupfer (zwischen 8 und 43 Gew.%)<sup>3838</sup>. In den Schlacken von Fenan etwa ist weiterhin kein Fayalit festzustellen<sup>3839</sup>. Die Art der Verhüttung und die Zusammensetzung der Erze verhindern geradezu eine Bildung fayalitischer Schlacken<sup>3840</sup>. Vereinzelt sind fayalitische Phasen in Schlacken dieser Zeitstellung nachgewiesen<sup>3841</sup>: Abu Matar in der Levante, Norşuntepe und Tepe Sialk (vgl. auch Murgul) in anderen Regionen Vorderasiens. Die Schlacken von Timna 39 mit Fayalit sind aufgrund ihrer Datierung nicht zu berücksichtigen; die Beschreibung von Fayalit in den Schlacken von Shiqmim wird von Hauptmann in Frage gestellt, er nimmt stattdessen Laihunit oder Ferrifayalit (beide etwa Fe<sup>2+</sup>Fe<sup>3+</sup><sub>2</sub>(SiO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>) in Verwachsung mit Oxiden wie Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> an<sup>3842</sup>.

Zur Charakterisierung der Technologie ist festzustellen, dass regelrechte Barren in größerer Zahl erst in späterer Zeit in der südlichen Levante aufkommen. Damit deuten sich technische Kontinuitäten zum Chalkolithikum an. Jedoch wird für Beilklingen des Chalkolithikums und der Frühbronzezeit I, die aus reinem Kupfer bestehen, aufgrund ihrer Form eine Funktion als Barren diskutiert<sup>3843</sup>. Inwieweit dabei ein Glühen für oder gegen eine Funktion als Werkzeug oder Barren spricht, muss wohl offen bleiben. Rechteckige Barrenformen aus spätkalkolithischen/frühbronzezeitlichen Kontexten liegen aus Tell Magass und Tell Hujayrat al-Ghuzlan nahe Aqaba vor (vgl. oben)<sup>3844</sup>. Für ein chalkolithisches Stück Kupfer rechteckig-keilförmiger Form aus *utilitarian*-Kupfer von Shiqmim wird eine Barrenfunktion angenommen<sup>3845</sup>. Eine Verhüttung in Tiegeln, die zwecks besseren Reaktionsablaufs in ein Holzkohlebett in einfachen Vertiefungen im Boden gesetzt wurden, wird rekonstruiert<sup>3846</sup>.

---

<sup>3832</sup> Zu Wadi Fidan 4 siehe etwa Genz – Hauptmann 2002, 150; Hauptmann 2007b, 136-140; Zur „Vergleichbarkeit“ von *chalkolithischen* Schlacken mit jenen von Wadi Fidan 4 Hauptmann 2007b, 158.

<sup>3833</sup> Hauptmann u. a. 1993, 545f.

<sup>3834</sup> Hauptmann u. a. 1993, 545. 547 Abb. 2, 1.

<sup>3835</sup> Hauptmann u. a. 1993, 551.

<sup>3836</sup> Thornton 2009, 304; Hauptmann 2007b, 262. 264; Genz – Hauptmann 2002, 154.

<sup>3837</sup> Pfeiffer 2013, 65. 90.

<sup>3838</sup> Nach Thornton 2009, 304.

<sup>3839</sup> Hauptmann 2007b, 177.

<sup>3840</sup> Hauptmann 2007b, 177.

<sup>3841</sup> Hauptmann 2007b, 177.

<sup>3842</sup> Hauptmann 2007b, 177f.

<sup>3843</sup> Hauptmann 2007b, 292.

<sup>3844</sup> Hauptmann 2007b, 293. – In Tell Hujayrat al Ghuzlan liegt der Beginn der Frühbronzezeit wohl um 3800/3700 v. Chr. (Pfeiffer 2013, 13. 122; Klimscha 2012a, bes. 192. 194. 205; Klimscha 2010, 103). Der genauen Einordnung der Befunde kann hier nicht nachgegangen werden.

<sup>3845</sup> Golden u. a. 2001, 958f. mit Fig. 9.

<sup>3846</sup> Hauptmann u. a. 1993, 546.

### IV.6.3. Early Bronze Age II–III

Änderungen im Bereich der Metallurgie lassen sich in der südlichen Levante während der Perioden Early Bronze Age II–III (ca. 3000–2300 v. Chr.<sup>3847</sup>/3100–2300 v. Chr.<sup>3848</sup>) und insbesondere wahrscheinlich nach der Mitte des 3. Jt. v. Chr. feststellen<sup>3849</sup>. Diese Veränderungen betreffen am Beginn des 3. Jt. v. Chr. wohl weite Teile des Östlichen Mittelmeerraumes und des Vorderen Orients<sup>3850</sup>. Es findet ein Wechsel von Tiegel- hin zu Ofenmetallurgie statt<sup>3851</sup>. Auch die Erzbasis in der Levante und insbesondere in Timna ändert sich (vgl. unten zu den Schlacken): Nach Craddock sollen anstelle von Kupferoxiden und -carbonaten aus den MBS-Formationen jetzt Kupfersilikate wie Chrysokoll aus der DLS-Folge verwendet worden sein (vgl. aber oben die Hinweise auf die Nutzung [teil-]sulfidischer Chargen)<sup>3852</sup>. Aber auch während der Frühbronzezeit I wurden bereits Erze der DLS verwendet; jedoch sollen ab der Frühbronzezeit II/III nur noch Erze der DLS verwendet worden sein<sup>3853</sup>. Auch die Nutzung von sulfidischen Erzen wie u. a. Fahlerzen wird genannt<sup>3854</sup>. Dieser Wandel der Erzbasis, vielleicht auch verbunden mit der Zugabe von Flussmittel, geht einher mit weiteren Änderungen. Insgesamt lassen sich – zunächst in Ansätzen – Änderungen in der Verhüttungstechnik hin zu einem Verfahren verfolgen, das zur Trennung von Wertträger und wertloser Gangart deren Dichteunterschiede in flüssigem Zustand nutzt. Zeugnis davon geben unterschiedliche Schlackentypen, die zum Teil in regelrechten Schlackenhalde aufgefunden werden<sup>3855</sup>. Trotzdem scheinen größere Schlackenhalde dieser Zeitstellung auch überregional noch vergleichsweise selten zu finden sein<sup>3856</sup>. Barren bzw. ihre Gussformen finden sich erstmals verstärkt<sup>3857</sup>. Der Handel von Metall in Barrenform soll zunehmend den Handel mit Erz ersetzen<sup>3858</sup>. Die Erzeugung des Metalls in größerem, „industriell“ gedachtem Maßstab erfolgt jetzt vornehmlich außerhalb von Wohngebieten oder Siedlungen an spezialisierten Orten, oftmals in Lagerstättennähe, die auch nach technischen Gesichtspunkten ausgewählt werden<sup>3859</sup>. Öfen, die in Fenan und möglicherweise auch Timna wohl auf Windzug ausgelegt waren, wurden in geeigneten Hanglagen errichtet<sup>3860</sup>. Hauptmann stellt für Fenan sowie ferner auch Timna fest, dass sich dort Schlacken aus Mangansilikaten gebildet haben, die sich aus Cu-

---

<sup>3847</sup> Thornton 2009, 304.

<sup>3848</sup> Hauptmann 2007b, 3 Table 1.1.

<sup>3849</sup> Thornton 2009, 304; Thornton u. a. 2010, 310; Hauptmann – Genz 2002, 150. 154.

<sup>3850</sup> Craddock 2000, 157; Hauptmann 2007b, 180; Hauptmann u. a. 2003, 204.

<sup>3851</sup> (Vgl. auch im Folgenden) Craddock 2000, 158; Genz – Hauptmann 2002, 149; Im Rahmen einer Kritik an Thesen von N. Amzallag wird das Aufkommen von *furnace-based* Metallurgie in der Levante explizit erst zur FBZ III (2500-2300 v. Chr.) konstatiert (Thornton u. a. 2010, 310 mit weiterer Literatur); Andere Daten (und Einordnungen?) lassen die Frühbronzezeit III auch früher beginnen. Pfeiffer nennt als Datum für das Auftreten von ersten Windöfen in der Levante und Ägypten um 2770 v. Chr. und sieht Verhüttungsöfen ab der FBZ II oder FBZ II/III mit einer Datierung der FBZ II 3100/300–2850/2750 v. Chr. und einem Beginn der Frühbronzezeit III ab ca. 2700 v. Chr. (Pfeiffer 2013, 13. 47. 65-67. 93). Als erste Windöfen der Levante nennt sie keramische Öfen aus Fenan 9 und 15 (2600-2400 v. Chr.) und einen Befund von Sheherot (ca. 2700 v. Chr.) (Pfeiffer 2013, 90. 93. 129). Helwing sieht Entwicklungen hin zu großmaßstäblicher Kupferproduktion nach 3500 v. Chr. ab der FBZ I, die ab der FBZ II in vollem Umfang ausgeprägt sein sollen. „From EBA I onwards, underground mining is attested to [sic] in Wadi Faynan, with ores smelted in wind-powered furnaces close to the mines, probably on a seasonal basis“ (Helwing 2017, 164).

<sup>3852</sup> Craddock 2000, 155. 158; Vgl. kurz zur Vererzung der DLS Hauptmann 2000, 163.

<sup>3853</sup> Hauptmann 2007b, 212.

<sup>3854</sup> Pfeiffer 2013, 97.

<sup>3855</sup> Hauptmann u. a. 1993, 545; Genz – Hauptmann 2002, 150.

<sup>3856</sup> Hauptmann 2000, 116.

<sup>3857</sup> Genz – Hauptmann 2002, 150. 154.

<sup>3858</sup> Thornton 2009, 304.

<sup>3859</sup> Genz – Hauptmann 2002, 150; Hauptmann 2007b, 180. 293.

<sup>3860</sup> Craddock 2000, 158f.; Genz – Hauptmann 2002, 150.

Mn-Mineralisationen im oberen Teil der DLS-Formation herleiten<sup>3861</sup>. Diese sind im Vergleich zu Eisensilikatschlacken über einen größeren Temperatur- und Redoxbereich stabil<sup>3862</sup>. Dadurch wurde wohl auch der Einsatz von Windöfen ermöglicht. So stellt Craddock für Fenan fest, dass die Schlacken weiterhin eine schwächer reduzierende Atmosphäre als in späteren Epochen belegen<sup>3863</sup>. Manganreiche Silikatschlacken sind sonst eine Seltenheit in der vorgeschichtlichen Verhüttung der Alten Welt, in der meist Fe-reiche Silikatschlacken vorherrschen, und treten häufig erst in späteren Zusammenhängen als der hier besprochenen Zeit auf<sup>3864</sup>. Im Gegensatz zu den früheren Schlacken des 4. Jt. v.Chr., die zu großen Teilen aus Kupfer(oxiden) bestanden, bestehen diese jetzt zum überwiegenden Teil (bis zu 80 %) aus den Oxiden SiO<sub>2</sub>, MnO, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und auch FeO mit geringen Kupferrestgehalten (0,2–1,5 %) <sup>3865</sup>. Die Tendenz zu geringen Kupferrestgehalten lässt sich „weltweit“ beobachten<sup>3866</sup>. An der Zusammensetzung des Kupfers lässt sich gut der Trend zu immer höheren Eisengehalten ablesen, jedoch ist das Kupfer aus Fenan im Gegensatz zu solchem aus arsenhaltigen oder komplexen sulfidischen Erzen sehr arm an anderen Elementen wie Arsen, Antimon, Nickel und Silber, dagegen stellen Eisen sowie Blei oft die einzigen Verunreinigungen dar, und ab der Frühbronzezeit II/III wird die Verhüttung bleireicher Erze vermutet<sup>3867</sup>. Trotzdem steigen von der Frühbronzezeit I, über die Frühbronzezeit II/III bis zur Eisenzeit die mittleren Gehalte an Nebenelementen sowie Eisen im Kupfer und die Schwankungsbreite nimmt ab<sup>3868</sup>. Für diesen Befund sind technische Gründe (immer stabilere und reduzierendere Redoxbedingungen<sup>3869</sup>), möglicherweise eine Homogenisierung durch die Vermischung der Metalle (bei *prills* in Schlacken ist eine geringere Homogenisierung zu erwarten<sup>3870</sup>) und die Auswahl des Erzes (hier von reineren Erzen der MBS zu Erzen der DLS) verantwortlich zu machen<sup>3871</sup>. Ähnliche Trends sind teilweise auch andernorts auszumachen (vgl. die Ausführungen zu den Eisengehalten<sup>3872</sup> Kap. II.2.5.3). Aussagen zum technischen Wandel der Metallurgie im gut untersuchten Revier von Fenan werden durch den Wechsel der Erzbasis erschwert. Dass die Gehalte an Nebenelementen wie Pb, Zn, Co, Ni, und As in späterer Zeit (Frühbronzezeit II/III und Eisenzeit) höher als in der Frühbronzezeit (und im Chalkolithikum) liegen, ist wahrscheinlich zu einem guten Teil dem Wechsel von eher reineren Sandsteinerzen des MBS zu den manganhaltigen und nebenelementreicheren Erzen der DLS (insbesondere Ni und As) geschuldet<sup>3873</sup>. Selektiv können sich As und Ni im Kupfer anreichern (zum Anreicherungsverhalten siehe Kap. II.3), und generell liegen für Fenan die As-Gehalte im Rohkupfer höher als in den Erzen<sup>3874</sup>. Eine mögliche Erklärung könnte Hauptmann zufolge, neben einem Anreicherungsverhalten insbesondere von As und Ni (Taf. 11, 1), die Zugabe von manganhaltigen Kupfererzen mit höheren Arsengehalten sein<sup>3875</sup>. Die stärker streuenden Legierungsgehalte in den eher gering legierten Frühbronzezeit I Kupfern ließen sich<sup>3876</sup>, auch wenn in Fenan und der Levante eine Gewinnung von Legierungen auf Basis lokaler Erze

---

<sup>3861</sup> Hauptmann 2007b, 180f.

<sup>3862</sup> Hauptmann 2000, 119.

<sup>3863</sup> Craddock 2000, 158f.

<sup>3864</sup> Für eine Aufstellung siehe Hauptmann 2007b, 181.

<sup>3865</sup> Hauptmann 2007b, 182f.; Hauptmann 2000, 117.

<sup>3866</sup> Hauptmann 2000, 117. Allerdings für die Spätbronzezeit.

<sup>3867</sup> Hauptmann 2007b, 76. 201. 202 Fig. 6.34; Hauptmann 2000, 130f.

<sup>3868</sup> Vgl. Hauptmann 2007b, 200-211. bes. 202 Fig. 6.34.

<sup>3869</sup> Hauptmann 2007b, 202 Fig. 6.34 (mit Abbildungsunterschrift).

<sup>3870</sup> Vgl. zur Materialgrundlage Hauptmann 2007b, 199f.

<sup>3871</sup> Hauptmann 2000, 131f.

<sup>3872</sup> Hauptmann 2000, 132.

<sup>3873</sup> Hauptmann 2007b, 75-78. 202.

<sup>3874</sup> Hauptmann 2007b, 76. 78. 205f.

<sup>3875</sup> Hauptmann 2007b, 76. 205 Fig. 6.37 (mit Abbildungsunterschrift).

<sup>3876</sup> Vgl. Hauptmann 2007b, 202 Fig. 6.34.



ausgeschlossen wird, in technischer Hinsicht dennoch mit der Möglichkeit einer Auswahl von Kupferperlen nach Legierungsgrad in Verbindung bringen.

#### IV.6.4. Weitere Entwicklung

Wechsel hin zur Nutzung von Tuyères und Blasebälgen, zum Zusatz von Flussmitteln bzw. zum Einsatz eisenreicher Kupfererze und zu regelhaften schlackenbildenden Verfahren, die mit unterschiedlichen Schlackentypen und Ofenbarren verbunden sind, werden für das Ende des 3. Jt. v. Chr. festgestellt<sup>3877</sup>. Die Verhüttung erfolgte unter stärker reduzierenden Bedingungen, und eine gegenüber den Windöfen genauere Steuerung der Bedingungen konnte erreicht werden<sup>3878</sup>. Dies wird als Voraussetzung für eine „industrielle“ Produktion von Kupfer aus komplexen sulfidischen Erzen gesehen<sup>3879</sup>. In der Mittleren Bronzezeit I (=Frühbronzezeit IV, Intermediate Bronze Age; 2200–2000 v. Chr.) tritt allmählich Bronze neben Arsenkupfer als neue Legierung verbreitet auf<sup>3880</sup>. Barren (Stabbarren mit T-förmigem Querschnitt, *crescant shaped ingots*<sup>3881</sup>) finden sich nun häufiger in der südlichen Levante, die Produktion von Metall soll eine andere Qualität erreicht haben, und als Quellen werden Fenan und wahrscheinlich auch Timna gesehen<sup>3882</sup>. Das Aufkommen von Bronze mit einer mutmaßlichen Zumischung des Legierungspartners Zinn scheint mit der Nutzung eines schlackenbildenden Verfahrens zeitlich in etwa einherzugehen. Damit könnte eine zweckgerechte Nutzung zu verfolgen sein: Das nun in schlackenbildenden Verfahren erzeugte Kupfer erlaubte kaum noch eine Auswahl nach Legierungsgrad, zunehmende Eisengehalte könnten eine Läuterung erforderlich gemacht haben. Zinn bot sich deshalb zur nachträglichen Legierungserzeugung geradezu an.

#### IV.6.5. Silber in der Levante

Gold- und Silberfunde aus der Levante sind in frühen Zeiten selten<sup>3883</sup>. Erneut zu erwähnen sind zunächst die Gold- und Elektronfunde von Naḥal Qana (s. o.). Silberfunde treten erst später hinzu. Byblos in der Levante lieferte eine außerordentliche Zahl von Silberartefakten (Kat. 50). Als Material wird auch goldhaltiges Silber genannt<sup>3884</sup>. Diese Funde stammen überwiegend aus Gräbern des sog. *Cimetière Énéolithique*. Mit mehr als 230 Objekten stellen sie den bislang größten Korpus bekannter Silberartefakte chalkolithischer bzw. frühbronzezeitlicher Zeitstellung eines Fundortes dar. Die genaue Anzahl der Silberfunde ist wie auch die Zahl der Gräber nicht festzumachen<sup>3885</sup>. Die Mehrzahl der Datierungsansätze bewegt sich innerhalb des vom Ausgräber Dunand genannten Zeitrahmens von 3800 bis 3200 v. Chr.<sup>3886</sup>. Nach der Einschätzung Prags stammen die Silberfunde aber aus einer

---

<sup>3877</sup> Thornton 2009, 305; Craddock 2000, 159; Vgl. dazu Pfeiffer 2013, 48. 66.

<sup>3878</sup> Craddock 2000, 159.

<sup>3879</sup> Thornton 2009, 305.

<sup>3880</sup> Thornton 2009, 305; Hauptmann 2007b, 275. 283. 301: Das erste Auftreten liegt in der FBZ II/III. Ein in die FBZ III datierter bronzener Dolch (Sn 13,66 %) aus Bab edh-Dhra stellt möglicherweise die älteste gesicherte Bronze der Levante dar. Weitere Funde werden genannt (Tell ez-Zeiraqun, FBZ II/III). Älter wäre die umstrittene Ahle aus Teleilat Ghassul.

<sup>3881</sup> Hauptmann 2000, 181; Hauptmann 2007b, 285.

<sup>3882</sup> Hauptmann 2007b, 275. 283 Fig. 8.14; 284. 285–288.

<sup>3883</sup> Für eine Aufstellung von Funden der Frühbronzezeit siehe Genz 2000, 58. – Folgendes zur Silbermetallurgie der Levante in Teilen nach meiner unveröffentlichten Magisterarbeit.

<sup>3884</sup> Courcier u. a. 2008a, 31.

<sup>3885</sup> Prag (1978) war die exakte Anzahl der Objekte aufgrund des Publikationsstandes nicht bekannt (Prag 1978, 36); So finden sich etwa unterschiedliche Angaben zur Anzahl der Bestattungen. Dies liegt aber auch an terminologischen Schwierigkeiten. Vgl. Kat. 50 Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde/Datierung.

<sup>3886</sup> Dunand 1973, 213. 216; Kat. 39 Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde/Datierung.

späteren Gruppe von Gräbern, und sie zieht deshalb eine Datierung in die zweite Hälfte des 4. Jt. in Betracht<sup>3887</sup>. Rehren und Philip halten die Silberfunde für zeitgleich mit solchen aus der *Early Bronze Age I* (EBA I) der südlichen Levante und kommen so auch auf eine Datierung in die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr.<sup>3888</sup>. Kohlmeyer erwägt eine Datierung ins frühe 3. Jt. v. Chr.<sup>3889</sup>. Jedoch könnten die von Kohlmeyer genannten Parallelen für Silberobjekte<sup>3890</sup> sowie Silex, Keramik und Figurinen aufgrund von Entsprechungen im Spätchalkolithikum der südlichen Levante<sup>3891</sup> auf eine Datierung noch in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. hinweisen. Eine Datierung in die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. soll hier für die Diskussion genügen. Bei den Silberfunden von Byblos handelt es sich, wie eingangs erwähnt, vor allem um Grabfunde. Darunter befinden sich hauptsächlich Perlen verschiedener Gestalt aus Blech, Ringe mit unterschiedlichen Durchmesser, Bänder aus Blech (Diademe) sowie verschiedene Blechformen als Verzierung von Zeptern bzw. Keulen. Es werden von Byblos ‚*coupelles*‘ berichtet, jedoch ist nicht ganz klar, was darunter zu verstehen ist<sup>3892</sup>.

Aus der Levante liegen noch einige weitere Silberobjekte vor (Kat. 51–56). Die Zuordnung einzelner Stücke in die EBA I bleibt aber fraglich, und viele könnten ins späteste vierte oder beginnende dritte vorchristliche Jahrtausend datieren.

Aus Kfar Monash (Kat. 53) liegen mehrere Stücke Silberblech, evtl. ein Spiegel sowie die Verkleidung einer Handhabe, aus einem Hort umstrittener Zeitstellung vor. Datierungen in die zweite Hälfte des 4. Jt. werden ebenso wie solche in das 3. Jt. v. Chr. angeführt<sup>3893</sup>. Im Stadtgebiet von Tel Aviv liegen Azor und Qiriyah (Kat. 54. 55). Beide Fundorte lieferten Silberringe aus Gräbern bzw. einer Grabkammer, die man ziemlich sicher in die EBA I und damit spätestens in die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. datieren kann. Eine Silbernadel stammt aus einer Grabkammer von Bab edh-Dhra (Kat. 56) südöstlich des Toten Meeres und kann wiederum in das späte vierte Jahrtausend v. Chr. datiert werden. Aus esh-Shuna Nord (Kat. 51) stammen ein silbernes Blechfragment mit Gold- und Kupferanteilen sowie ein Ring aus goldhaltigem Silber (ursprünglich um 25 Gew.% Au, 2–4 Gew.% Cu), die vermutlich beide eher spät innerhalb der EBA I datieren. Philip und Rehren halten das Blech für das Fragment eines Silbergefäßes<sup>3894</sup>. Tell el-Farah Nord/Farah (Kat. 52) lieferte eine getriebene Silberschale. Möglicherweise datiert diese noch ins EBA I und damit in die 2. H. 4. Jt. v. Chr., evtl. aber auch später.

Philip und Rehren diskutieren aufgrund dieser Stücke die Möglichkeit, dass *Silver* und *Grey Burnished Wares* vielleicht Skeuomorphe von Metall- respektive Silbergefäßen darstellen, und vermuten deshalb einen breiteren Umlauf von Silbergefäßen<sup>3895</sup>. Vor diesem Hintergrund ließen sich die weiteren Silberfunde der Levante erklären. Darüber hinausgehende Fragen zum levantinischen Silber bzw. den Silbergoldlegierungen sollen im Ausklang des folgenden Kapitels zusammen mit dem ägyptischen Silber besprochen werden.

---

<sup>3887</sup> Prag 1978, 36.

<sup>3888</sup> Philip – Rehren 1996, 137.

<sup>3889</sup> Kohlmeyer 1994, 43.

<sup>3890</sup> Kohlmeyer konstatiert Ähnlichkeiten zwischen Metallarbeiten von Byblos, Südostanatolien und Nordmesopotamien, darunter solchen aus Tepe Gaura X (nach Kohlmeyer 1994, 43; Vgl. Tobler 1950, 199; Siehe auch Yakar 1985, 403). Die Datierung der Fundorte mit Parallelen (Südostanatolien, Nordmesopotamien) bei Kohlmeyer ist systematisch zu jung (vgl. auch Kohlmeyer 1994, 44 etwa mit Kat. 23. 24. 30. 32. und siehe oben).

<sup>3891</sup> Siehe hierzu Garfinkel 2004, 185f.; Kerner 2001, 37-64. bes. 57-63; Siehe auch Ben-Tor 1989, bes. 44-50.

<sup>3892</sup> Prag 1978, 37; Siehe dazu Kohlmeyer 1994, 43.

<sup>3893</sup> Philip 1989, 111; Philip – Rehren 1996, 137; Hestrin – Tadmor 1963, 283. 284. bes. 286; Zu einer Spätdatierung siehe etwa Ben-Tor 1975, 26f. und auch Genz – Hauptmann 2002, 153.

<sup>3894</sup> Philip – Rehren 1996.

<sup>3895</sup> Philip – Rehren 1996, bes. 137-147.

## IV.7. Ägypten und Sinai

Die Metallurgie Ägyptens wird zusammenfassend von Ogden (2000) und Hartung (2001) behandelt. Die folgenden Ausführungen zur Kupfermetallurgie richten sich weitgehend nach diesen Arbeiten, und die Ergebnisse werden hier stark gerafft vorgestellt. Für das Silber werden nur die frühesten Belege auf Basis von Prag (1978), die vielfach den Bestand von Baumgartel (1960) wiedergeben, sowie aktueller auf Basis von Hartung (2001) in die Betrachtung miteinbezogen. Die Vorstellung der Metallurgie des Sinai und die Chronologie sinaitischer Fundorte erfolgt vornehmlich auf Basis von Pfeiffer (2013), die sich an die levantinische Chronologie anlehnt<sup>3896</sup>.

Die Sinaihalbinsel steht über überregionale Austauschnetzwerke in einem Spannungsfeld zwischen der Levante und Ägypten<sup>3897</sup>: Auf dem Sinai lassen sich im 5. Jt. und 4. Jt. v. Chr. vielfältige Kontakte wechselnder Intensität etwa an keramischen und lithischen Inventaren sowie der Metallurgie ablesen. Mit dem Ende des 4. Jt. v. Chr. wird eine Abnahme der Beziehungen konstatiert. Kanaanäische Klingen etwa sind überregional verbreitet (s. kurz Kap. IV. 5) und finden sich in der südlichen Levante, Ägypten und dem Sinai in Zusammenhängen, die in das ausgehende 5. und 4. Jt. v. Chr. datiert werden. Auch aus der Lambisschnecke gefertigte Objekte sind weiträumig verbreitet. In der südlichen Levante sollen sich Ringe aus Lambisschnecke auf eine chalkolithisch-frühbronzezeitliche (Frühbronzezeit I) Zeitstellung beschränken und typisch für das späte Chalkolithikum sein. Im Sinai finden sich zahlreiche gleichartige Ringe sowohl in runden steinernen Grabanlagen (sog. Nawamis, Spätchalkolithikum bis Frühbronzezeit I-II, 4400/4300-2850/2750 v. Chr.<sup>3898</sup>) als auch an frühbronzezeitlich datierten Siedlungsplätzen (Watiya Nord, Sheikh Awad, Feiran I). Sie liegen häufig zusammen mit Metallurgiebelegen vor und lassen sich ins 4. Jt. v. Chr. datieren. Auch in prädynastischen Zusammenhängen Ägyptens liegen Objekte aus Lambisschnecke vor. Weitere Fundgattungen, die Netzwerke oder Bezugsräume für Rohmaterialien aufzeigen, werden teilweise bei der Besprechung der Metallurgie aufgegriffen.

Der Sinai und insbesondere sein Süden sind reich an Erzvorkommen, deren Vererzungen verglichen insbesondere mit Timna und Fenan aber als klein und arm bezeichnet werden<sup>3899</sup>. An zahlreichen sinaitischen Lagerstätten haben sich antike sowie nicht näher bestimmbar bzw. mutmaßliche prähistorische Abbauspuren erhalten<sup>3900</sup>. Die Kupferlagerstätten der Region Serabît el-Khadim und von Wadi Maghara sind mit Türkislagerstätten vergesellschaftet<sup>3901</sup>. Die früheste bergmännische Nutzung von Lagerstätten des Sinai (Serabît el-Khadim, Wadi Magharah) wird mit Türkisabbau in Verbindung gebracht und könnte mit Kanaanäischen Klingen verknüpft sein. Der Rückschluss auf den Abbau erfolgt mittelbar über Türkisfunde des 7. Jt. v. Chr. in der Levante sowie Türkise in der mittelägyptischen

---

<sup>3896</sup> Die Chronologie des Sinai ist vergleichsweise unsicher und es gibt keine etablierte Terminologie. Folgende Einordnungen folgen Pfeiffer (2013) und aufgrund der engen Beziehungen zur Levante sind Chronologie und Terminologie bei Pfeiffer an die der Levante angelehnt (Pfeiffer 2013, bes. 9-21).

<sup>3897</sup> Pfeiffer 2013, bes. 12-21. 100. 126.

<sup>3898</sup> Kurz zu den Grabanlagen, den sog. Nawamis (sg. Namusiya), mit einer Nutzungszeit, in Anlehnung an die levantinische Chronologie, vom ausgehenden Chalkolithikum bis evtl. über die Frühbronzezeit I-II hinaus mit weiterer Literatur siehe bei Pfeiffer 2013, 16 mit Anm. 71; 24f. 70.

<sup>3899</sup> Pfeiffer 2013, 6. 31-36. 38f. 101. 103f. 127; Hartung 2001, 304.

<sup>3900</sup> Etwa Umm Bogma, Wadi Samra, Wadi Tar, Wadi Kid und Wadi Riqueita. Mit Nennung weiterer Kupferlagerstätten mit Spuren prähistorischen Abbaus und Literatur Pfeiffer 2013, 31 mit Anm. 4; 33-36. 87. 127; Kleinere Vorkommen im Süden des Sinai sind wohl spätestens in der dortigen Frühbronzezeit II-Zeit ausgebeutet worden, was in Ägypten der Zeit der 1. Dynastie entspricht, was indirekt die Hinweise für Kupferverarbeitung aus zeitgenössischen Siedlungen zeigen (Hartung 2001, 305).

<sup>3901</sup> Hartung 2001, 304; Pfeiffer 2013, 35.

Badari-Kultur der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr.<sup>3902</sup>. Vom Sinai liegen Zeugnisse metallurgischer Tätigkeiten in Form von Tiegeln, Tuyères, Gussformen, Schlackenhaldden usw. vor, welche die Metallurgie spätestens seit der Zeit des Alten Reiches (ca. 2707–2216 v. Chr.) deutlich belegen, wobei dem Türkis die bedeutendere Rolle für die Exploration dieses Gebiets beigemessen wird<sup>3903</sup>. Die folgenden Hinweise auf frühere Metallurgie sind teils schwierig zu bewerten.

Möglicherweise die frühesten Hinweise auf extraktive Metallurgie der Sinaihalbinsel liegen in Form einiger Schlackenstreuungen, teilweise in (unmittelbarer) Nähe von Nawamis, aus einem Zeitraum vor, der die Wende vom 5. zum 4. Jt. und die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. umfassen könnte. Teilweise sind die Schlackenstreuungen mit Reibsteinen und Fragmenten technischer Keramik vergesellschaftet. Für diese Zeitstellung wurde auch eine Verhüttung von Kupfersulfiden, allerdings wohl Chalkopyrit, erwogen. Jedoch bleiben Kontextbezug und Datierung des weitgehend nicht analysierten Fundgutes unsicher<sup>3904</sup>. Viskose Schlacken vom Fundplatz Site 702B im Wadi Ahmar zeigen dabei teilweise Charakteristika der chalkolithischen Verhüttung mit hohen Calcium- und niedrigen Eisengehalten, Quarzkörnern als Restiten und kleinen Kupfereinschlüssen mit poröser Struktur. Aufgrund einer deutlicheren Befundlage soll nach Pfeiffer die Tiegelverhüttung auf dem Sinai im ersten Drittel des 4. Jt. v. Chr. beginnen, ab etwa 3600 v. Chr. „etablierte Technik“ sein und sich bis etwa 3300/3200 v. Chr. nachverfolgen lassen<sup>3905</sup>. Die Schlackenmengen betragen bis wenige Kilogramm<sup>3906</sup>. Bei der gegenwärtigen chronologischen Einordnung der Funde des Sinai und der Nachbarregionen (Levante und Ägypten) – in der Südlevante ist die Tiegelverhüttung spätestens an der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. belegt – wird so aufgrund des zeitlichen Gefälles und typologischer und fertigungstechnischer Ähnlichkeiten von schalenförmigen Tiegeln eine Übernahme der Tiegelmetallurgie aus der Levante

---

<sup>3902</sup> Pfeiffer 2013, 31. 35f. 38f. 95. Der chalkolithisch datierte Fundplatz Site 1105 (5./4. Jt. v. Chr.) am Rande des Massivs von Serabît el-Khadim zeitigte levantinische chalkolithische Ghassulian-Keramik, ägyptische Keramik der 0. Dynastie. (Ende 4. Jt. v. Chr.), Kanaanäische Klingen mit Nutzungsspuren, die durch die Gewinnung von Türkis erklärt werden, sowie Hammersteine (Pfeiffer 2013, 15. 18f. mit Tab. 5; 95). Die Belege für eine Verhüttung auf dem Sinai bereits in prädynastischer Zeit bei Serabît el-Khadim sind umstritten (Hartung 2001, 305).

<sup>3903</sup> Ogden 2000, 149f.; Hartung 2001, 304f.

<sup>3904</sup> So werden etwa von Ain Huderah 1171 und 1172 (5./4. Jt. v. Chr., 1. Hälfte 4. Jt. v. Chr.) in der Nähe von Nawamis Schlackenstreuungen berichtet. Ein möglicherweise Bezug zu den Grabanlagen wird erörtert – auch da in Nawamis Kupferfunde des 4. Jt. v. Chr. gefunden wurden. Am Fundplatz Wadi Feiran 1122 (möglicherweise 5./4. Jt. v. Chr.) wurde neben Schlacken auch ein Reibstein (mit zerriebenem Erz) gefunden. Am Fundplatz 702B im Wadi Ahmar westlich von Bir Nasib mit zwei Nutzungsphasen (5. Jt. v. Chr. und 3. Jt. v. Chr. [Frühbronzezeit II-IV]) wurden Erze, Schlacken, Tiegel und eine mögliche, von den Ausgräbern prädynastisch datierte, Verhüttungseinrichtung gefunden und für die Prädynastische Zeit/Frühbronzezeit Ia-Ib wird von ihnen auch die Verhüttung von Kupfersulfiden (Chalkopyrit) genannt. Schlacken der frühen Nutzungsphase zeigen teilweise, dass diese viskos und nicht vollständig verflüssigt waren, niedrige Eisen- und hohe Calciumgehalte und Einschlüsse von Kupfer mit poröser Struktur aufweisen. Die Kupfergehalte von Einschlüssen liegen bei ca. 90 Gew.%. (mit weiterer Literatur nach Pfeiffer 2013, 70f. mit Anm.; 83. 88f. 92. 95. 122. 124. 127).

<sup>3905</sup> Zitat Pfeiffer 2013, 90. In Sheikh Muhsen (Frühbronzezeit Ia/Ib, 3617-3376 cal. BC [1a]; Erstdatierung Frühbronzezeit II) etwa wurden Tiegelfragmente (von Verhüttungstiegeln), Erze, Schlacken und Kupfertröpfchen sowie Kupferartefakte gefunden. In 'Ain Fogeya (Frühbronzezeit Ib/II), 3300-3200 v. Chr.) fanden sich in Siedlungskontexten Tiegelfragmente, Erz, Schlacke, Kupferklümpchen/-tröpfchen sowie sog. Gussreste und in Siedlungskontexten von Feiran I (Frühbronzezeit Ib/II) Tiegelfragmente und Kupferkügelchen. Verschiedentlich werden die Funde von 'Ain Fogeya und Feiran I in der Forschung lediglich als Hinweis auf das Gießen gesehen. Schlacke des Sinai des 3. bis 1. Jt. v. Chr. könnte weiterhin auf Tiegelverhüttung hinweisen (Pfeiffer 2013, 26. 71f. 83. 84. 86. 89 Tab. 7; 90-93 mit Anm. 80; 127-129).

<sup>3906</sup> Pfeiffer 2013, 96.

angenommen<sup>3907</sup>. Auf das Auftreten von Kupferkügelchen ist hinzuweisen, und der Umfang der Metallurgiebelege wird als moderat angesehen; er soll hinter dem der Levante zurückbleiben<sup>3908</sup>. Mit der späten Frühbronzezeit Ib um etwa 3200/3100 v. Chr. wird das mögliche Aufkommen von Windöfen konstatiert. Im überregionalen Kontext wäre dies das früheste Aufkommen und wird als autochthone Entwicklung gewertet<sup>3909</sup>. Während der Frühbronzezeit Ib/II nehmen Belege für Kupfergewinnung insgesamt zu, und wahrscheinliche Windöfen finden sich häufiger<sup>3910</sup>. Die Schlackenmengen der Frühbronzezeit Ib/II sind noch von eher geringem Umfang, und häufig bzw. womöglich charakteristisch sind zerkleinerte Schlacke und Kupfertröpfchen<sup>3911</sup>. Windöfen könnten auf dem Sinai typisch für die Frühbronzezeit Ib/II sein und bleiben bis mindestens in die späte Frühbronzezeit II (bis etwa 2750 v. Chr.) oder bis in die Frühbronzezeit III-IV (2300/2200–2000 v. Chr.) in lokalen Kontexten des Sinai in Gebrauch; spätere Windöfen des Sinai werden ägyptischen Kontexten zugerechnet<sup>3912</sup>. Die erfassten Artefaktzahlen steigen von der Frühbronzezeit I zur Frühbronzezeit II an<sup>3913</sup>. Im überregionalen Vergleich womöglich früh könnten sich ab dem Übergang der ausgehenden Frühbronzezeit II zur Frühbronzezeit III (ab ca. 2800/2700 v. Chr.) erste, zunächst einfache, Tondüsen finden lassen. Die Schlackenmengen steigen und windexponierte Lagen scheinen für Öfen an Bedeutung zu verlieren. Dies wird auf die Nutzung von künstlicher Belüftung zurückgeführt. Diese Entwicklungen, von denen aus der Frühbronzezeit III insgesamt nur relativ wenige Zeugnisse vorliegen, sollen allmählich beginnen, während der Frühbronzezeit IV und der Mittelbronzezeit als lokale bzw. indigene Ausprägung von ägyptischen Einflüssen überlagert werden; in der Spätbronzezeit soll die Entwicklung hin zu Öfen mit künstlicher Belüftung ausgeprägt feststellbar sein<sup>3914</sup>. Zeugnis davon

---

<sup>3907</sup> Pfeiffer 2013, 86. 90. 92. 96. 99f. 129.

<sup>3908</sup> Pfeiffer 2013, 86. 93. 127

<sup>3909</sup> Pfeiffer 2013, 99f. 129.

<sup>3910</sup> Der früheste mögliche Nachweis stammt aus der Umgebung des Fundplatzes Watiya Nord (Frühbronzezeit Ib/II, ca. 3300/3200-2700 v. Chr., um 3100 v. Chr.) und die Funktion als Windofen wird über das Fehlen von Düsen sowie eine windexponierte Hanglage erschlossen. Als weitere Fundorte mit extraktiver Metallurgie, teils ohne Hinweise auf die Technik, werden u. a. Wadi Umm Tumur, Wadi Nafuh, Wadi Humr (/Sarbut el-Jamal), Wadi Shellal 1363, Wadi Rimthi 1035 und Bir Nasib II genannt. Häufiger finden sich diese nun an windexponierten Stellen und weisen Öfen auf. Neben der Deutung der Technik bleibt die Datierung oft ein Problem (Pfeiffer 2013, 71-77. 84. 91. 93. 128).

<sup>3911</sup> (Vgl.) Pfeiffer 2013, 73-77. 86. 88. 96. Schlackenmengen von mehreren Kilogramm sollen sich vermehrt finden, ab etwa 3300 v. Chr. bis 100 kg betragen und Mengen bis maximal etwa 1(/10?) t werden für die Frühbronzezeit I/II genannt (vgl. etwa Pfeiffer 2013, 88. 97. 128 Tab. 129).

<sup>3912</sup> (Vgl.) Pfeiffer 2013, 80 mit Anm. 50. 84-86. 93. 129. Mit Ofenresten im Wadi Ba`Ba ohne Tuyères, die an windexponierten Stellen bei Schlackenhalde von ca. 1000 t Umfang liegen, könnte sich eine Nutzung noch bis in die Frühbronzezeit III-IV (2300/2200–2000 v. Chr.) anzeigen, da die Schlackenhalde u. a. über Keramik (sowie Ansprache der Schlacke) in diese Zeit datiert wurden. Eine frühere Nutzung der mutmaßlichen Windöfen an diesem Fundplatz wird diskutiert. Batterien von (unbenutzten?) Windöfen aus ägyptischen Kontexten (Mittelbronzezeit, Mittleres Reich) aus Bir Nasib I werden genannt.

<sup>3913</sup> Pfeiffer 2013, 86. 93. Aufgrund der eher geringen Schlackenmengen und der weiterbestehenden Bedeutung von Flintgeräten wird die Metallurgie als lokal und häuslich im Umfang gewertet.

<sup>3914</sup> Pfeiffer 2013, 77-82. 84-86. 92. 100. 129. Die frühen Tondüsen haben einen Außendurchmesser von 8–9 cm und einen Innendurchmesser (des Windlochs) von max. 2 cm (am Fundplatz Wadi Ahmar 1039). Die Deutung der Technik und die Datierung sind schwierig. Sie könnten ab dem Übergang Frühbronzezeit II zur Frühbronzezeit III, sicherer aber ab der Frühbronzezeit III/IV vorliegen. Spätere Tondüsen (ab Spätbronzezeit bis Eisenzeit, ca. 1500-1000 v. Chr.) sind mehrlagig und weisen auf eine Mehrfachnutzung hin. Solche Tondüsen liegen von Wadi Nasib I, Wadi Sih (/Wadi Nasb) und Umm Bogma 45 vor und werden mit ägyptischen Einflüssen in Verbindung gebracht; zeitgleiche Funde aus Ägypten oder der Levante sind nicht bekannt. Sie haben einen Außendurchmesser von bis 10 cm und einen Innendurchmesser von max. 2 cm bei einer Länge von bis etwa 15 cm. Sie weisen bis zu 15 Lagen auf, die durch Schlackenschichten getrennt sind. Von den Fundplätzen stammen weiterhin aber auch Kupfertröpfchen (z. B. aus Bir Nasib I).

geben die teilweise enormen Schlackenhalde, welche ab der Mitte des 2. Jt. v. Chr. vorliegen<sup>3915</sup>. Dies wird ab 2700 v. Chr. mit dem Alten Reich und zunehmend mit ägyptischen Einflüssen durch Bergbauexpeditionen in Verbindung gebracht. Spätestens ab der Mittelbronzezeit soll dies unter ägyptischer Vorherrschaft geschehen<sup>3916</sup>. Provenienzstudien<sup>3917</sup> an Erz, Schlacken und Kupfer lassen insbesondere im Vergleich zu levantinischen und ägyptischen Lagerstätten sowie Artefakten für das 4. und 3. Jt. v. Chr. eine weitgehende Selbstversorgung des Sinai vermuten, da Kupfer und Schlacken weitestgehend aus sinaitischen Erzen ableitbar sind. Eine geringfügige Ergänzung etwa durch levantinische Erze ist nicht auszuschließen. Weiter deutet sich innerhalb des Sinai an, dass beim Rohmaterialbezug nicht die Lagerstättennähe ausschlaggebend war, und dass die Erze teils über größere Distanzen bezogen wurden. Das bislang untersuchte sinaitische Kupfer<sup>3918</sup>, darunter Artefakte, Kupfertöpfchen etc. wie auch Einschlüsse in Schlacken, zeigen überwiegend sehr geringe und nur selten erhöhte Arsengehalte über 1 %. Wenige Ausnahmen liegen neben Artefakten auch mit Kupfertröpfchen und sog. Gussresten vor, bei denen häufig gleichzeitig die Fe-Gehalte stark erhöht sind. Aus Watiya Nord liegt ein Gussrest mit erhöhtem Arsengehalt und stärker arsenhaltiges Erz vor<sup>3919</sup>. Erze des Sinai könnten entgegen früherer Lehrmeinung nur unbedeutende Arsengehalte aufweisen, und lediglich auf der Lagerstätte Wadi Tar II sind bislang erhöhte Arsengehalte belegt<sup>3920</sup>. Generell zeigt das beprobte Kupfer niedrige Antimon-, Bismut-, Nickel- und Bleigehalte. Mit As-Ni-Kupfer oder As-Sb-Kupfer der Levante vergleichbare Legierungen liegen nicht vor, und umgekehrt werden die bislang charakterisierten Erze des Sinai als Quelle solcher Legierungen in der Levante ausgeschlossen<sup>3921</sup>. Für Kupfertröpfchen und Gussreste, deren Zusammensetzungen von den bislang charakterisierten Erzen des Sinai abweichen, wird der Verdacht auf eine Verwendung von Erzen aus der Levante geäußert<sup>3922</sup>. Bei den Schlacken des Sinai<sup>3923</sup> soll sich bei gegenwärtigem Kenntnisstand, von Ausreißern abgesehen, eine generell abnehmende Kupferkonzentration vom Chalkolithikum (13-60 % Cu) zur Frühbronzezeit (1-10 %) feststellen lassen. Dieser Trend verstärkt sich ab dem 3. Jt. v. Chr., was mit einer verbesserten Prozesstechnik erklärt wird<sup>3924</sup>. Eine Abnahme der Kupfergehalte zugleich mit einem Ansteigen der Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalte wird konstatiert<sup>3925</sup>.

Für die Herkunft des ägyptischen Kupfers bzw. der Erze kommen unter anderem die Ostwüste und der Sinai (s. o.) sowie die südliche Levante in Frage<sup>3926</sup>. Im Wadi Arabah (Timna und Fenan als Lagerstätten

<sup>3915</sup> Pfeiffer 2013, 32. 80-82 mit Anm.; 86. 88. 93. Zu nennen ist etwa die mehrphasigen Schlackenhalde von Bir Nasib I (Frühbronzezeit II/III (?), Frühbronzezeit IV (?), Spätbronzezeit bis Eisenzeit I ca. 1500-1000 v. Chr.) mit einem geschätzten Volumen von etwa 100000 t. Als Hauptnutzungszeitraum wird die Spätbronzezeit bis Eisenzeit I angenommen. Weitere ähnliche Schlackenhalde liegen aus Wadi Nasib/Wadi Sih und Umm Bogma vor. – Schlacken prädynastischer Zeitstellung aus Bir Nasib auf dem Sinai sollen auf eine Verhüttung ohne Flussmittel hinweisen (Ogden 2000, 152).

<sup>3916</sup> Pfeiffer 2013, 80f. 86f. 92f. 97f.

<sup>3917</sup> Die Provenienzstudien von bislang geringem Umfang umfassen chemische Analysen zur Bestimmung der Spurenelementmuster als auch Untersuchungen der Bleiisotopenverhältnisse. Diese geben den bisherigen Untersuchungsstand des Sinai wieder. Die hier vorgestellten Ergebnisse weitgehend nach Pfeiffer 2013, 105-126. bes. 110f. mit Tab. 10; 114. 116f. 122. 124. 126. 131.

<sup>3918</sup> Ergebnisse weitgehend nach Pfeiffer 2013, 108-112. bes. 111f. 116.

<sup>3919</sup> Pfeiffer 2013, 111. 116. 131.

<sup>3920</sup> Pfeiffer 2013, 34. 114. 116.

<sup>3921</sup> Pfeiffer 2013, 111. 114. 116.

<sup>3922</sup> Mit weiterer Literatur Pfeiffer 2013, 111.

<sup>3923</sup> Pfeiffer 2013, 114-117 mit Abb. 66.

<sup>3924</sup> Pfeiffer 2013, 114.

<sup>3925</sup> Pfeiffer 2013, 114.

<sup>3926</sup> Ogden 2000, 149-151; Hartung 2001, 298. 304.

sowie weitere Fundorte) ist extraktive Metallurgie im 5. und 4. Jt. v. Chr. belegt<sup>3927</sup>. Mangengehalte einer Beilklinge aus Prädynastischer Zeit (4000–3032 v. Chr.) werden mit einer Herkunft aus Erzquellen des Sinai in Verbindung gebracht<sup>3928</sup>, sie könnten aber auch zur Levante weisen (vgl. Kap. IV.6). Zahlreiche Lagerstätten für Kupfer sind aus der Ostwüste von Ägypten bis hinunter nach Nubien bekannt<sup>3929</sup>. Häufig sind dort auch Goldvorkommen, die mit malachithaltigem Nebengestein assoziiert sind. Das Gold liegt in Form von Nuggets in Wadibetten vor, wurde aber vermutlich bereits ab der Prädynastischen Zeit in geringem Umfang auch bergmännisch gewonnen und mit ihm evtl. das Kupfer<sup>3930</sup>. Für das Kupfer ist Abbau und Verhüttung dort spätestens am Ende der Prädynastischen Zeit nachgewiesen<sup>3931</sup>. Gold und Kupfer sind in der Ostwüste geologisch eng miteinander verbunden<sup>3932</sup>. Hier finden sich auch natürliche Vorkommen von Elektron<sup>3933</sup>, und untergeordnet ist Silber in Bleierzen vorhanden<sup>3934</sup>. Als Erzbasis für Kupfer sollen in Ägypten und anschließenden Gebieten vor allem Carbonate wie Malachit und Azurit, Chrysokoll und Chalkopyrit in Frage kommen<sup>3935</sup>. In Abu Seyal liegen neben Eisensulfiden auch Kupfersulfide und Chrysokoll vor, in Um Semiuki Malachit, Azurit, Kupfer- und Zinksulfide, letztere mit Silbergehalten, sowie Bleierze; beide Fundorte weisen Spuren antiken Abbaus auf<sup>3936</sup>. Silber kommt auf dem Gebiet Ägyptens in geringen Mengen auch in Zinkerzen vor<sup>3937</sup>. Hartung macht auch auf die lange Tradition von Malachit und Galenit als Farbpigmenten für die Herstellung von Schminke und die daraus erwachsende Problematik, ab wann Abbau zum Zwecke der Verhüttung erfolgt, aufmerksam<sup>3938</sup>. Prähistorische Abbauspuren auf Kupfererz aus dem 5. und 4. Jt. v. Chr. in der Ostwüste werden deshalb bevorzugt der Gewinnung von Farbpigmenten zugeschrieben, und eine zunehmende Nutzung des Kupfererzes für die Metallurgie wird im Verlauf des 3. Jt. v. Chr. gesehen, während etwa Goldobjekte und intensiver Goldbergbau in der Ostwüste ab der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. eine lokale Verfertigung nahelegen<sup>3939</sup>. Malachit und Azurit wurden zudem bereits früh in prädynastischer Zeit zum Färben von Fayence verwendet<sup>3940</sup>. Kupferverhüttung bzw. -verarbeitung wird für die Zeit der 0. Dynastie in Elephantine vermutet (Ende 4. Jt. v. Chr.), und Hinweise liegen aus Buhen aus der Zeit der 3. Dynastie vor<sup>3941</sup>. Nicht genauer datierbar, aber wohl frühe prädynastische Zeit mit einer Zuordnung zu Badari bis Naqada I, fanden sich „zahlreiche Kupferfragmente“ und als „unförmige Kupferobjekte“ bezeichnete Stücke in

<sup>3927</sup> Hartung 2001, 304.

<sup>3928</sup> Ogden 2000, 150.

<sup>3929</sup> Ogden 2000, 150f.

<sup>3930</sup> Hartung 2001, 298. 304.

<sup>3931</sup> Hartung 2001, 298. 304: Hinweise auf einen Abbau und Verhüttung von Kupfererz in der nördlichen Ostwüste (Wadi Dara, Wadi el-Urf, Wadi Um Balad, Wadi Abu Had) stammen nach Hartung aus der spätesten prädynastischen Zeit (Stufe IIIb) (Hartung 2001, 304). – Pfeiffer (2013, 37f.) nennt eine Reihe Lagerstätten mit Verdachtsmomenten als auch Belegen auf eine mögliche Ausbeutung: Wadi Dara (Altes Reich, ca. 2700 v. Chr.), Semna (ägyptische Keramik zwischen später prädynastischer Zeit und früherer Dynastie I), Wadi Hammama 'Ain (römische Zeit), Um Semiuki (prähistorischer Abbau). Hartung (2001, 304) nennt Spuren antiken Abbaus, Schlacken, Gussformen usw. für Um Semiuki.

<sup>3932</sup> Hartung 2001, 312.

<sup>3933</sup> Hartung 2001, 298. 312.

<sup>3934</sup> Hartung 2001, 298.

<sup>3935</sup> Hartung 2001, 303.

<sup>3936</sup> Lucas – Harris 1962, 205; Ogden 2000, 150f.; Hartung 2001, 304.

<sup>3937</sup> Lucas – Harris 1962, 246. 248.

<sup>3938</sup> Hartung 2001, 298. – Der früheste Bleiglanzfund Ägyptens (Mostagedda, badarizeitlich) fand sich zusammen mit einer Palette und Reibkiesel in einem Lederbeutel. Vgl. auch die Malachitfunde (Hartung 2001, 301).

<sup>3939</sup> (Vgl.) Pfeiffer 2013, 97 mit Anm. 103; 104. 127.

<sup>3940</sup> Hartung 2001, 303.

<sup>3941</sup> Hartung 2001, 304; Ogden 2000, 151.

Siedlungszusammenhängen bei Laqeita im Wadi Hammamat<sup>3942</sup>. Noch ist hauptsächlich wegen eines unzureichenden Forschungsstandes kaum abzuschätzen, ob in prädynastischer Zeit die Versorgung mit Kupfer (hauptsächlich) durch eine einheimische Ausbeutung und Verhüttung von Erzen aus der Ostwüste oder durch einen Import von Erzen oder Fertigprodukten aus der Südlevante erfolgte<sup>3943</sup>. Einige Hinweise auf Beziehungen zur Levante ergeben sich (vgl. Kap. IV.6; vgl. o.).

Im prädynastischen Ägypten wurden Kupfer, Gold, Silber und Blei verwendet<sup>3944</sup>. Gold wurde meist nur für kleinteilige Objekte wie Perlen, Draht oder Folie genutzt<sup>3945</sup>. Blei liegt in Form einer kleinen Blechfigur eines Vogels vor<sup>3946</sup>. Silber ist im prädynastischen Ägypten verhältnismäßig häufig. Quellen zufolge war es im Mittleren Reich wertvoller als Gold<sup>3947</sup>. Die prädynastische Verwendung von Kupfer für überwiegend kleine, einfache Formen wurde als Hinweis auf die Nutzung von gediegen Kupfer angesehen<sup>3948</sup>. So wird zumindest für einen Teil der frühesten und meist einfachen Kupferobjekte aus der Badari-Kultur in Oberägypten (ca. 4500–4000 v. Chr.) vermutet, dass sie noch aus kaltgehämmertem gediegen Kupfer bestehen<sup>3949</sup>. Jedoch soll gediegen Kupfer in Ägypten nicht vorliegen, bzw. seine Verfügbarkeit in Ägypten in der frühen Forschung überschätzt worden sein<sup>3950</sup>. Edelmetalle fehlen in der Badari-Kultur noch, und zunächst finden sich in Gräbern vereinzelt kleine Kupferobjekte wie Nadeln, Ahlen, Perlen, amorphe Kupferstücke sowie Malachit nebst Türkisen, daneben selten größere Metallgegenstände wie Beilklingen und Dolche. In der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. (Naqada I/II) liegen in Oberägypten zahlreiche Kupferartefakte aus Gräbern vor. Dolche werden erst ab Stufe Naqada III häufig<sup>3951</sup>. Für die Herkunft des Metalls kommen aufgrund der Beziehungen zum Sinai und zur Levante mit dem Wadi Arabah (etwa Türkisperlen und Keramik) sowie aufgrund der Nähe zu den Lagerstätten der Ostwüste (Karneol) verschiedene Regionen in Betracht<sup>3952</sup>. Malachit findet sich in Gräbern häufiger. Wegen der Verwendung von Malachit als grünem und Galenit als schwarzem Farbpigment zur Schminkeherstellung ist das Vorhandensein von Erzen kein guter Indikator auf metallurgische Tätigkeiten<sup>3953</sup>. Archäologisch ist die Kupferverhüttung mangels Belegen kaum nachzuweisen, trotzdem wird in der Forschung für das Gros der oberägyptischen Funde häufig eine lokale Herstellung vermutet<sup>3954</sup>. Während für Unterägypten Funde aus Maadi zwar eine frühe umfangreiche Kupferverwendung andeuten<sup>3955</sup>, liegen aber insgesamt aus der Buto-Maadi-Kultur – wohl aufgrund der fast beigabenlos bleibenden Bestattungen und geringer erforschter Siedlungsflächen – nur wenige Metallfunde vor<sup>3956</sup>. Aus Ägypten selbst liegen Erze, Kupferartefakte

---

<sup>3942</sup> Hartung 2001, 307.

<sup>3943</sup> Hartung 2001, 303-305. bes. 305.

<sup>3944</sup> Hartung 2001, 298.

<sup>3945</sup> Hartung 2001, 298.

<sup>3946</sup> Die Figur stammt aus Naqada Grab 721. Eine ursprüngliche Ansprache als Silber (Prag 1978, 38) konnte nicht bestätigt werden (siehe hierzu Gale – Stos-Gale 1981a, 115; vgl. Hartung 2001, 298 mit Anm. 880 mit weiterer Literatur).

<sup>3947</sup> Hartung 2001, 307.

<sup>3948</sup> Hartung 2001, 303.

<sup>3949</sup> Ogden 2000, 151; Pfeiffer 2013, 88.

<sup>3950</sup> Hartung 2001, 303; Ogden 2000, 151.

<sup>3951</sup> Hartung 2001, 298. 311; Pfeiffer 2013, 88. 95. 97.

<sup>3952</sup> Hartung 2001, 305. 306. 311.

<sup>3953</sup> Hartung 2001, 299. 301.

<sup>3954</sup> Vgl. Hartung 2001, 299. 303. 311. Pfeiffer konstatiert ein Fehlen von Schmelz- oder Verhüttungsplätzen in der Badari-Kultur wie auch für die oberägyptischen Kupferartefakte aus Grabzusammenhängen der Naqada I-IIa-Zeit und spricht sich für einen Import aus (Pfeiffer 2013, 88f. 95. 97).

<sup>3955</sup> Hartung 2001, 298.

<sup>3956</sup> Hartung 2001, 299.



sowie auch Kupfertröpfchen und unförmige Kupferstücke vor, archäologische Funde oder Befunde aber, die sicher der Verhüttung zugewiesen werden können, fehlen aus dem 4. Jt. v. Chr. und eine Tiegelverhüttung bleibt archäologisch nicht nachweisbar<sup>3957</sup>. Hinweise auf die Nutzung von Tiegeln und Blasrohren für Verhüttungs- oder Schmelzprozesse liegen mit einer Wandmalerei aus Sakkara (2450–2350 v. Chr.) vor<sup>3958</sup>. Erst mit Windöfen ab ca. 2700 v. Chr. ist die Verhüttung sicher belegt<sup>3959</sup>. Ebenfalls ab etwa dieser Zeit soll auf dem Sinai die dortige extraktive Metallurgie zunehmend unter ägyptischen Einflüssen stehen<sup>3960</sup>. Es wird angenommen, dass in Ägypten gefundenes Kupfer durch Verhüttung in einem einfachen Tiegelverfahren, bei dem keine oder wenig Schlacken auftreten, (spätestens?) ab ca. 4000 v. Chr. gewonnen wurde. Dies wird mit Verunreinigungen wie Arsen und Nickel sowie niedrigen Eisengehalten (durchschnittlich 0,03 %) im Kupfer aus (späten) Prädynastischen Zusammenhängen (Prädynastische Zeit 4000–3032 v. Chr.) und der 1. Dynastie (Frühdynastische Zeit 3032–2707 v. Chr. [1.–2. Dynastie]) begründet<sup>3961</sup>. Die Verfahrensrekonstruktion richtet sich nach Craddock: In Tiegeln mit mehreren Blasrohren kann Malachit ohne Schlackenbildung reduziert werden; dabei kann bis zu 90 % des Kupfers gewonnen werden<sup>3962</sup>. Zu dieser Konzeption der Verhüttung fügen sich mögliche prädynastische Schlacken aus Bir Nasib auf dem Sinai mit Hinweisen auf eine Verhüttung ohne Flussmittel<sup>3963</sup>. In der späten frühdynastischen Zeit und zur Zeit der 1. Dynastie werden Kupfer und Arsenkupfer verwendet; der mittlere Arsengehalt der Arsenkupfer liegt bei 2,5 %<sup>3964</sup>. Eine frühdynastische Beilklinge enthält 1,28 % Ni (+Co), 0,49 % As und 0,17 % Pb<sup>3965</sup>. Bei einer metallographisch untersuchten Beilklinge aus der Zeit der 1. Dynastie konnten Cuprit- und möglicherweise Sulfideinschlüsse nachgewiesen werden<sup>3966</sup>. Sulfideinschlüsse ließen sich auch in einer Beilklinge aus der 2. Dynastie beobachten<sup>3967</sup>. Oxidierende Bedingungen bei der Verhüttung, wie sie durch Cuprit nahegelegt werden, würden sich gut zur Aufarbeitung (teil-) sulfidischer Chargen eignen, wie sie wiederum durch Sulfideinschlüsse angezeigt sein könnten. Weiter kann Cuprit aber auch beim Guss entstehen. Eine frühdynastische Meißelklinge (chisel) aus Nubien weist Silber- und Goldgehalte auf<sup>3968</sup>. Ursprünglich als aus gediegen Kupfer hergestellt erachtet, wird mittlerweile eine Verhüttung passend zusammengesetzter Erze für das Metall der Beilklinge angenommen<sup>3969</sup>. Einer weiteren Klärung in diesem Zusammenhang könnten die Berichte über Antimon (sowie auch Kupfer und Silber)

<sup>3957</sup> Pfeiffer 2013, 92f. 97f.

<sup>3958</sup> Pfeiffer 2013, 98.

<sup>3959</sup> Pfeiffer 2013, 90. 98. 129.

<sup>3960</sup> Pfeiffer 2013, 80f. 86f. 92f. 97f.

<sup>3961</sup> Ogden 2000, 151; Cowell 1987, 99; Die Analysen von 14 Prä- und Frühdynastischen Beilen zeigen einen durchschnittlichen Eisengehalt von 0,03 %, in 85 % der Fälle von unter 0,05 % (Craddock 2000, 154); Siehe zur Auswertung der Analysen Cowell 1987, 99.

<sup>3962</sup> Ogden 2000, 151; Craddock 1995, 126f.; Insbesondere der frühdynastische Fundplatz Buhen vom beginnenden 3. Jt. v. Chr. wird – obwohl vieles ungeklärt ist – als Beispiel herangezogen (s. u.): Tiegelfragmente, Malachit und Atacamit sowie *prills*, aber weder Tuyères noch Schlacken fanden sich (Ogden 2000, 151; Craddock 1995, 130f.).

<sup>3963</sup> Ogden 2000, 152.

<sup>3964</sup> Cowell 1987, 99 mit Tabelle.

<sup>3965</sup> Tylecote 1976, 9.

<sup>3966</sup> Lang 1987, 119 Kat. 4; 123; Davies 1987, 27 Kat. 4: Cu 99,9 Gew.%; Pb 0,420 Gew.%; Sn <0,20 Gew.%; Ag 0,050 Gew.%; Fe 0,4 Gew.%; Sb 0,020 Gew.%; Ni 0,010 Gew.%; Au <0,01 Gew.%; Co <0,01 Gew.%; As 0,2 Gew.%; Zn <0,02 Gew.%;

<sup>3967</sup> Lang 1987, 119 Kat. 6.

<sup>3968</sup> Lucas – Harris 1962, 200f. 483 mit weiterer Literatur: Cu 93,2 %; Au 4,1 %; Ag 2,5 %; Fe tr.; Sn tr.; Pb 0,1 %; Ni/Co –; As 0,1 %; Sb –; Bi nil; S –.

<sup>3969</sup> Ogden 2000, 151; Lucas – Harris 1962, 200f.

in Gold der Frühdynastischen Zeit bedürfen<sup>3970</sup>: Wenn auch in der Ostwüste Gold und Antimonerze miteinander vergesellschaftet sind, so könnten die Befunde, dass einerseits Gold- und Silbergehalte in Kupfer enthalten sind, andererseits Antimon und weitere Nebenelemente in Gold nachgewiesen wurden, wenn das Gold nicht anderweitig gewonnen und unmittelbar ohne z. B. Kupellation genutzt wurde, auch auf eine Abscheidung von Metallphasen aus Sulfidphasen hinweisen (siehe zum Verdacht der Herstellung von Edelmetallen mittels Sulfidphasen Kap. II.4.4). Obwohl für Ägypten die Verwendung von Antimon selbst bzw. Legierungen mit diesem kontrovers und mit großem Eifer diskutiert wurde, ist hinsichtlich der Kupfermetallurgie einschränkend zu bedenken, dass eine Verwendung von Antimon aber nur äußerst selten und erst spät zu belegen ist. Allerdings wurde der Nachweis von Antimon als Verunreinigung in Kupfer bei alten Analysen meist nicht verfolgt, obwohl Antimon in Kupfer als Nebenelement in ägyptischem Kupfer allgemein nicht selten zu sein scheint<sup>3971</sup>. So ist Antimon zur Mitte der Prädynastischen Zeit etwa in einer Axt sowie in verschiedenen Objekten zur Zeit der vierten Dynastie und später nachgewiesen<sup>3972</sup>.

Bei der Kupferverwendung lassen sich möglicherweise Gemeinsamkeiten und Unterschiede für Ober- und Unterägypten beobachten<sup>3973</sup>. Eine einheimische Produktion von Kupfer aus der Ostwüste wie auch ein Import von Erzen oder Fertigprodukten aus der Südlevante stehen in der Diskussion<sup>3974</sup>.

Die Buto-Maadi Kultur Unterägyptens könnte in ein Austauschnetzwerk mit der südlichen Levante eingebunden gewesen sein<sup>3975</sup>. Aus Unterägypten liegen keine Gold- und Silberfunde vor<sup>3976</sup>. Erze und Kupfer in Form von Barren und Beilen (Barrenfunktion?) aus dem Wadi Arabah (Fenan und Timna) könnten mutmaßlich Maadi und Buto erreicht haben<sup>3977</sup>. Eine lokale Verhüttung und Produktion (in Unterägypten) ist (noch) nicht nachgewiesen. Dazu sollen in der späten Buto-Maadi Kultur Kupferfunde selten sein, und Gold wie Silber weiterhin fehlen<sup>3978</sup>. Die Abwesenheit von Silber erklärt Hartung mit dem Umstand, dass dieses in der Levante rar ist<sup>3979</sup>. Einschränkend zur Beurteilung der Metallurgie ist jedoch erneut festzuhalten, dass Gräber fast beigabenlos bleiben, und gleichzeitig nur geringe Siedlungsflächen ergraben sind<sup>3980</sup>. Nadeln, Ahlen, kleine Meißel, Perlen und insbesondere Beilklingen, Barren, Kupfertröpfchen und teilweise größere Mengen an Kupfererz aus Maadi, darunter ein Hortfund von 15,7 kg Malachit, stellen den noch besten, aber schwachen und umstrittenen Hinweis auf Metallurgie dar<sup>3981</sup>. Eine Verhüttung dort ist bislang nicht nachzuweisen<sup>3982</sup>. Ein Beilfragment aus Maadi und ein ähnliches aus Matmar aus Oberägypten (mit einem Importgefäß der Stufe IIb) weisen

---

<sup>3970</sup> Vgl. dazu Lucas – Harris 1962, 226f.; Pauschal lassen sich zunächst einige Punkte festhalten: So kann Gold in der Ostwüste mit Antimonerzen verbunden sein (Ogden 2000, 162). Kupfergehalte (und andere) finden sich in Gold ab der prädynastischen Zeit, wobei ältere Goldobjekte nicht so rein sind wie spätere (vor der Spätzeit sind Reinheitsgrade über ca. 85 % selten). Dabei steht in der Diskussion, dass das Gold entweder so genutzt wurde, wie es gewonnen wurde – also nicht raffiniert bzw. kupelliert ist –, oder aber absichtlich legiert wurde (Ogden 2000, 163f.). Damit dreht sich die Diskussion um dieselben Fragen wie bei den Silbergoldlegierungen (s. u.).

<sup>3971</sup> Dazu Lucas – Harris 1962, 198.

<sup>3972</sup> Mit weiterer Literatur Lucas – Harris 1962, 198.

<sup>3973</sup> Hartung 2001, 305.

<sup>3974</sup> Hartung 2001, 305.

<sup>3975</sup> Hartung 2001, 311f.

<sup>3976</sup> Hartung 2001, 308. 312.

<sup>3977</sup> Hauptmann 2007b, 289. 292f.; Hartung 2001, 300 Abb. 55. 306. 311f.; Hauptmann 1989, 129.

<sup>3978</sup> Hartung 2001, 312.

<sup>3979</sup> Hartung 2001, 312.

<sup>3980</sup> Hartung 2001, 299.

<sup>3981</sup> Hartung 2001, 299; Pfeiffer 2013, 1. 90. 97. 122.

<sup>3982</sup> Pfeiffer 2013, 90.

hohe Arsen- und Nickelwerte auf (vgl. auch unten)<sup>3983</sup>. Legierungen dieser Art sind in der Levante verbreitet, eine Herkunft wird aber in anderen Zusammenhängen als den dortigen gesucht, weil entsprechende Erze in der Levante fehlen (vgl. Kap. IV.6)<sup>3984</sup>. Die Herkunft der Erze oder des Metalls für die legierten Kupfer wird daher in Anatolien, Armenien oder Mesopotamien vermutet<sup>3985</sup>. Während für das Kupfer in Maadi mit Blick auf die chemische Zusammensetzung auch der Sinai als Quelle eher verneint wird, ist dies bleiisotopischen Daten zufolge nicht ausschließbar<sup>3986</sup>. Da keine unmittelbaren Kontakte zwischen Maadi und dem Sinai belegt sind, wird für einen etwaigen Bezug von Kupfer eine mittelbare Einbindung in levantinische Austauschnetzwerke gedacht<sup>3987</sup>. Auch andere bislang nicht charakterisierte Erzquellen bleiben möglich. Aus Maadi selbst, das ausgeprägte levantinische Bezüge bis hin zur mutmaßlichen Anwesenheit von levantinischen Gruppen aufweist, liegen auch Kanaanäische Klingen vor<sup>3988</sup>.

Die Metallnutzung in Oberägypten soll bis auf wenige mögliche Importe wie das Beil von Matmar davon abgekoppelt sein und soll keinen Anteil an den Kontaktnetzwerken mit der Levante und der Technologie gehabt haben<sup>3989</sup>: Trotz oben getroffener quellenkritischer Überlegungen ergeben sich zusätzliche Unterschiede zwischen Ober- und Unterägypten in Hinsicht auf die Inventarzusammensetzungen, die es möglicherweise erlauben, Kommunikationsräume zu fassen. Während große Kupferobjekte wie Dolche und Beilklingen in Oberägypten selten sind, liegen diese im Bereich der Buto-Maadi-Kultur, insbesondere dabei Maadi selbst, verhältnismäßig häufig vor. Dafür finden sich in Oberägypten häufiger Silex- und Steinbeile. Steinbeile sind wiederum im Bereich der Buto-Maadi Kultur wie auch in der südlichen Levante eher selten. Während zwar Vorsicht bei Hartungs vermutlich von ihm als rein zweckrational gedachten Deutung geboten ist, dass Steinbeile infolge eines Rohstoff- und Technologietransfers in Unterägypten und der Levante durch kupferne Exemplare ersetzt wurden, könnte ihm bei der Deutung von aus dieser Verbreitung ablesbaren Kommunikationsräumen zu folgen sein. Insbesondere vor dem Hintergrund der Situation in Europa ist dies bemerkenswert. Vorbehaltlich der Formen und des Materials fraglicher Beile ergeben sich Hinweise darauf, dass „neolithische“ und prädynastische Beilklingen<sup>3990</sup> Ägyptens im Allgemeinen wie in Europa unter anderem auch aus Jadeit bzw. Nephrit bestehen. In Europa sind dabei Beile aus Metall einerseits und aus Grüngestein andererseits in Kommunikationsräumen verbreitet, die sich weitgehend ausschließen (vgl. Kap. IV.1.3).

Trotz dieser Überlegungen, und obwohl die Fundlage zur Kupferproduktion Oberägyptens dünn ist, wird häufig von einer lokalen Produktion ausgegangen<sup>3991</sup>. Ausschlaggebend dafür sind in Anbetracht mangelnder Herkunftsanalysen von Metall und Erz vor allem allgemeine Überlegungen zu Bezugssystemen und Quellen badari- und naqadazeitlicher Rohstoffe, die für das restliche Fundinventar wie Türkis, Karneol sowie weitere Importe in Frage kommen<sup>3992</sup>. Dazu wird überdies

---

<sup>3983</sup> Hartung 2001, 306. 307.

<sup>3984</sup> Hartung 2001, 306. 307.

<sup>3985</sup> Hartung 2001, 306; Pfeiffer 2013, 114.

<sup>3986</sup> Pfeiffer 2013, 114. 124. 126.

<sup>3987</sup> Pfeiffer 2013, 97. 126. 131.

<sup>3988</sup> Pfeiffer 2013, 14 Tab. 4. 97.

<sup>3989</sup> Vgl. Hartung 2001, 305f.; Pernicka – Hauptmann 1989, 140.

<sup>3990</sup> Vgl. zu den ägyptischen steinernen Beilklingen Lucas – Harris 1962, 396f.; Aston u. a. 2000, 39.

<sup>3991</sup> Hartung 2001, 299. 306f.

<sup>3992</sup> Hartung 2001, 306f.: In der Badarizeit sollen noch Verbindungen zum Sinai und zur südlichen Levante bestanden haben (Importkeramik, Türkis), aber gleichzeitig schon Rohstoffe der Ostwüste wie Karneol und andere Materialien bezogen worden sein. In der Naqadazeit soll das Fehlen von Türkisperlen in Gräbern sowie auch anderer Importe das Abbrechen der Verbindungen zum Sinai zeigen und eine Nutzung verschiedener

konstatiert, dass Technologie- und Rohstofftransfer in Unterägypten zu einer umfangreichen Kupferverwendung führte, „während die Neuerungen den Bereich der Naqada-Kultur nicht erreichten“<sup>3993</sup>. Im Gegensatz zu Unterägypten lassen sich in Oberägypten bis in die späte prädynastische Zeit hinein fast ausnahmslos kleine Metallgegenstände finden, denen die Forschung weniger Bedeutung beimisst<sup>3994</sup>. Aus Oberägypten stammen jedoch bereits aus der Stufe Naqada Ic Gold- und Silberperlen nebst einfachen Kupferobjekten wie Nadeln oder Perlen sowie Malachit<sup>3995</sup>. Dieses frühe gemeinsame Auftreten von verschiedenen Metallen in Naqada Stufe I zu einer Zeit, bevor sich weiträumige Kontakte in Importen manifestieren, wird als Hinweis auf eine lokale Gewinnung gesehen<sup>3996</sup>. Ein kleiner als geschmolzen beschriebener Metallklumpen stammt aus einer Siedlung bei Mostagedda in Oberägypten und wird frühe Stufe Naqada II datiert<sup>3997</sup>. Aus der mittelägyptischen Siedlung Badari liegen Klumpen aus Kupfer vor, die als möglicher Hinweis auf eine lokale Metallverarbeitung gesehen werden<sup>3998</sup>. Größere Geräte und Waffen (Matmar) tauchen ab Stufe IIb gleichzeitig mit Importen wie Türkis und Lapislazuli auf, so dass, für das Kupfer nicht näher bestimmbar, von einem Import aus dem Bereich Vorderasiens (über den Sinai) ausgegangen wird<sup>3999</sup>. Eine Fundhäufung lässt sich dabei in Mittel- und Oberägypten beobachten, für deren Versorgung als Kommunikationsweg in dieser Zeit das Rote Meer und der Sinai in Frage kommen<sup>4000</sup>. Ein qualitativer wie quantitativer Anstieg kleiner Geräte und Schmuckformen aus Kupfer soll sich in Stufe Naqada IIc/d in Oberägypten vollziehen, und es sollen sich dann vermehrt größere, mutmaßlich importierte Kupfergeräte finden lassen; auch das Gros der prädynastischen Gold- und Silberfunde stammt aus dieser Zeit<sup>4001</sup>. Ein Zusammenhang dieser Entwicklung mit dem Ausgreifen der Naqada-Kultur nach Unterägypten und einer Teilhabe an Kontaktsystemen mit der Levante wird von Hartung gesehen<sup>4002</sup>, was aus den vom selben Autor dargelegten Gründen für das Silber, nämlich der Silberarmut der Levante, nicht unmittelbar in Frage käme<sup>4003</sup>. Im Vergleich zu den Kleinfunden weisen ein Teil der größeren Objekte aus Naqada IIc und IId wie auch je ein Dolch aus Naqada und Amrah, eine Beilklinge aus Naqada (vgl. auch oben die Beile aus Matmar und Maadi) und weitere untersuchte prädynastische Objekte erhöhte Arsenwerte und Gehalte an anderen Nebenelementen wie Nickel auf (Taf. 35, 1)<sup>4004</sup>. Die Legierung der Funde aus Maadi und Matmar etwa wird auf entsprechend zusammengesetzte Erze zurückgeführt; ein Zusatz von Arsen wird – möglicherweise auch wegen der geschlussfolgerten Art und Weise wie Zinn das Arsen als Legierungspartner in Kupfer ablöst<sup>4005</sup> (s. u.) – für die frühdynastische Zeit diskutiert<sup>4006</sup>. Interessant ist, dass neben Kupferdolchen mit erhöhten Nebenelementgehalten, dabei insbesondere Arsen, weitere Dolche aus Silber vorliegen. Dies könnte einerseits einen Zusammenhang hinsichtlich der Farbe andeuten, da auch hohe Arsenwerte zu einer silbrigen Farbe führen können, und

---

Rohstoffe (Stein, Schiefer; vgl. auch Malachit und das in der Ostwüste mit ihm vergesellschaftete Gold) ist zu verzeichnen.

<sup>3993</sup> Hartung 2001, 306 und nach Hartung 2001, 306.

<sup>3994</sup> Hartung 2001, 305.

<sup>3995</sup> Hartung 2001, 312.

<sup>3996</sup> Hartung 2001, 312. vgl. 306f.

<sup>3997</sup> Hartung 2001, 301.

<sup>3998</sup> Hartung 2001, 301.

<sup>3999</sup> Hartung 2001, 307. 312.

<sup>4000</sup> Hartung 2001, 307. 312.

<sup>4001</sup> Hartung 2001, 307. 312. Die Gold- und Silberfunde finden sich bevorzugt in reichen Gräbern, häufig vergesellschaftet mit Türkis und Lapislazuli (Hartung 2001, 313).

<sup>4002</sup> Hartung 2001, 312.

<sup>4003</sup> Vgl. Hartung 2001, 312.

<sup>4004</sup> Hartung 2001, 307; Payne 1993, 256 Appendix 2; Pernicka – Hauptmann 1989, 139 Tabelle 2; 140.

<sup>4005</sup> Vgl. Ogden 2000, 153.

<sup>4006</sup> Nach Hartung 2001, 307.

andererseits der Herstellungstechnik der Metalle geschuldet sein, da durch die Abscheidung von Speisen aus Sulfidphasen Arsen angereichert werden kann, und Sulfidphasen aber auch als Sammler von Edelmetallen dienen können. Auch eine prädynastische Nadel aus Grab 218 von Naqada (Stufe II) enthält um 1 % As, 2 % Zink und 1–2 % Nickel; sie wird auf entsprechende Erze der Ostwüste zurückgeführt<sup>4007</sup>, könnte sich aber auch durch die Beteiligung von Zementationsprozessen erklären. Für den Dolch aus Naqada soll sich mit einem Dolch aus Kfar Monash ein Vergleich finden lassen<sup>4008</sup>. Die Form des arsenhaltigen Kupferdolches von Amrah mit dreieckiger Klinge findet Vergleiche in den silbernen Exemplaren von Amrah und Hamra Dum (Kat. 57, l. m), und seine Produktion wird in ägyptischen Zusammenhängen vermutet<sup>4009</sup>. Mit der Stufe III von Naqada sollen Großgeräte stark zunehmen, und in der Ostwüste sollen sich die bislang ältesten Belege für Verhüttung finden lassen; die Zahl der Gold- und Silberfunde soll nun wie auch die Türkis- und Lapislazuliverwendung zurückgehen<sup>4010</sup>. Nach Hartung wäre für Oberägypten ab Stufe I eine lokale Produktion kleiner Kupferobjekte zu verzeichnen, die in Stufe II einen Aufschwung nimmt. Mit Stufe IIb, gleichzeitig mit anderen Importen, würde die „kärge einheimische Produktpalette“<sup>4011</sup> um fremde Stücke und Großformen wie Beile und Dolche bereichert. Argument für einen Import ist neben den skizzierten möglichen Kommunikationsräumen (Kupfer- vs. Steinbeile) auch der Nickelgehalt einiger Stücke<sup>4012</sup>.

In Ägypten sollen außer (gering) silberhaltigen Bleierzen keine anderen Silbererze oder gediegen Silber vorliegen<sup>4013</sup>. Neben der Kupellation aus Blei wird aufgrund des Befundes, dass Goldvorkommen und Gold- sowie Elektronfunde silberreich sind, auch das Verfahren der Zementation (Zugabe von Kochsalz) diskutiert<sup>4014</sup>. Daneben wird der Import aus Anatolien, dem nordwestlichen Syrien, Armenien, dem Iran wie auch weiteren Gebieten oder ein Bezug über die Levante (etwa Byblos) erwogen<sup>4015</sup>. Diachrone Studien zur Herkunft (Bleisotopie) und Herstellungstechnik (Zusammensetzung) des ägyptischen Silbers, die insgesamt nur wenige prädynastische Stücke umfassten, zeigten hohe Goldgehalte für rund die Hälfte der untersuchten Objekte, die einen Ursprung in natürlich vorkommenden Goldsilberlegierungen nahelegen (zu anderen Zahlen s. u.)<sup>4016</sup>. Für etwa ein Viertel der Silberobjekte ist eine Kupellation wahrscheinlich, darunter befindet sich jedoch nur ein prädynastisches Stück<sup>4017</sup>. Die Herkunft der Silberobjekte bleibt insofern ungeklärt, als dass Untersuchungen hinsichtlich der Isotopie der Lagerstätten der Ostwüste eine große Varianz zeigen, und lediglich für Teile des Bleiglanzes das Gebiet um Koseir in der Ostwüste am Rande des Roten Meeres wahrscheinlich ist<sup>4018</sup>. Von bislang vier analysierten prädynastischen Silberstücken zeigen zwei einen hohen Goldgehalt (Kat. 57, g. r)<sup>4019</sup>. Die ungenauen Analysen von Perlen aus Mahasna erlauben keine Aussagen. Der Gefäßdeckel aus Naqada (Grab 1257; Kat. 57, j) setzt sich aus 83,5 % Ag, 15 % Cu,

---

<sup>4007</sup> Ogden 2000, 155; Hartung 2001, 306f. Anm. 991; Pernicka – Hauptmann 1989, 140; Siehe auch Lucas – Harris 1962, 223.

<sup>4008</sup> Hartung 2001, 307.

<sup>4009</sup> Hartung 2001, 307.

<sup>4010</sup> Hartung 2001, 312. 313. Dies wird weniger auf eine Knappheit als vielmehr auf einen Prozess der sozialen Stratifizierung zurückgeführt; Importwaren und Material wie Gold und Silber finden sich jetzt konzentriert auf die reichsten Gräber (Hartung 2001, 313).

<sup>4011</sup> Hartung 2001, 307.

<sup>4012</sup> Pernicka – Hauptmann 1989, 140.

<sup>4013</sup> Hartung 2001, 310.

<sup>4014</sup> Hartung 2001, 310.

<sup>4015</sup> Hartung 2001, 310.

<sup>4016</sup> Hartung 2001, 311.

<sup>4017</sup> Vgl. Hartung (2001, 311) mit Kat. 57.

<sup>4018</sup> Hartung 2001, 311.

<sup>4019</sup> Hartung 2001, 311.

1 % Au und 0,4 % Pb zusammen, wobei sein Bleigehalt als Hinweis auf Kupellation gilt (vgl. Kat. 57,j)<sup>4020</sup>. Für das goldhaltige Silber wird ein Verdacht auf eine Herkunft aus gediegen vorkommenden Goldsilberlegierungen in der Ostwüste geäußert, und für das Silber – insbesondere später prädynastischer Zeitstellung – ein Import veranschlagt; dabei spielen auch Gedanken zum jeweils zeitgleichen Kontaktgefüge eine Rolle<sup>4021</sup>.

Aus der Frühdynastischen Zeit (3032–2707 v. Chr.) liegt oben erwähnter Meißel aus Kupfer mit niedrigen Gehalten an Silber und Gold vor, für den als Ausgangsmaterial gediegen Kupfer vermutet wurde, der aber aufgrund seiner Größe und dem Vorliegen von Kupfererzen mit eben diesen Verunreinigungen eher durch Verhüttung zu erklären ist<sup>4022</sup>. Aus dem frühdynastischen Buhen liegen zahlreiche Tiegelfragmente, Malachit und Atacamit ( $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ ) sowie Kupfertropfen vor; Schlacken dagegen fehlen<sup>4023</sup>. Für die Frühdynastische Zeit wird auch der Zusatz von Arsen zu Kupfer genannt<sup>4024</sup>.

In Ägypten (und darüber hinaus) lassen sich nach Ogden schlackenbildende Verfahren, bzw. der Einsatz von Flussmitteln oder selbstgehenden Erzen mit Eisen, wie folgt nachvollziehen<sup>4025</sup>: Gegen Ende des 4. Jt. lässt sich „simple fluxing“<sup>4026</sup> in Timna und bald danach im östlichen Mittelmeerraum beobachten. Als Folge dieser Praxis lässt sich ein deutlicher Anstieg in den Eisengehalten (Mittel ca. 0,33 %, nur in 6 % der Fälle unter 0,05 %) von Kupfer ab etwa der Zeit der 2. Dynastie (FD ca. 3032–2707 v. Chr.) beobachten<sup>4027</sup>. Eine Verhüttung eisenhaltiger Chargen bzw. Ogden zufolge der Zusatz von eisenhaltigen Flussmitteln, etwa in der Zeit des Alten Reiches (2707–2216 v. Chr./3–6. Dynastie) einsetzend, ist an Schlacken von Bir Nasib auf dem Sinai ablesbar, während in Prädynastischer Zeit noch ohne Zusatz von Flussmitteln verhüttet wurde<sup>4028</sup>. Arsenkupfer dominiert von der 1. Dynastie bis zum Mittleren Reich. Nach einem bereits früheren zaghaften Beginn der Bronzeverwendung werden Bronzen ab der Zeit des Mittleren Reiches häufiger, und die Zinngehalte steigen<sup>4029</sup>. Dominierend werden Bronzen im Verlaufe des Neuen Reiches<sup>4030</sup>. Craddock sieht das Aufkommen echter schlackenbildender Prozesse im frühen 3. Jt. an Verhüttungsplätzen mit windgeblasenen Öfen wie Wadi Dara und Wadi Um Balad in der Ostwüste belegt<sup>4031</sup>. Ein Zerschlagen von Schlacken, um Kupfereinschlüsse zu gewinnen, wird rekonstruiert<sup>4032</sup>. Zeitgleich sind Craddock zufolge schlackenbildende Prozesse in Timna und Fenan sowie ähnliche Änderungen wohl auch in Mesopotamien zu beobachten<sup>4033</sup>. Levantinische Einflüsse, etwa auf das Konstruktionsdesign der Öfen der Ostwüste, werden erwogen<sup>4034</sup>. Insbesondere erschließt Craddock solche Veränderungen aus der

---

<sup>4020</sup> Gale – Stos-Gale 1981a, 115; Gale – Stos-Gale 1981c, 180; Kohlmeyer 1994, 43.

<sup>4021</sup> Hartung 2001, 311.

<sup>4022</sup> Ogden 2000, 151.

<sup>4023</sup> Ogden 2000, 151.

<sup>4024</sup> Hartung 2001, 307. vgl. 306 Anm. 988.

<sup>4025</sup> Ogden 2000, 151f.

<sup>4026</sup> Ogden 2000, 152.

<sup>4027</sup> Ogden 2000, 152; Craddock 2000, 154; Cowell 1987, 98f.; Craddock – Meeks 1987, bes. 190; Craddock 1995, 137-144; Siehe auch Craddock – Giunlia-Mair 1988, 322.

<sup>4028</sup> Ogden 2000, 152.

<sup>4029</sup> Cowell 1987, 98f. mit Tabelle.

<sup>4030</sup> Ogden 2000, 153.

<sup>4031</sup> Craddock 2000, 154. 159. – Pfeiffer sieht Windöfen in Ägypten mit der Zeit des Alten Reiches um 2700 v. Chr. aufkommen. Zu den eben genannten Windöfen als früheste Belege zählt sie noch 'Ain Sukhna und nennt noch schwierig datierbare (möglicherweise frühere) Öfen in der Nähe des Fundortes Semna (Pfeiffer 2013, 90f. 93. 98).

<sup>4032</sup> Craddock 2000, 159.

<sup>4033</sup> Craddock 2000, 154.

<sup>4034</sup> Helwing 2017, 164.

Zusammensetzung des erschmolzenen Kupfers, dabei speziell aus dem Eisengehalt<sup>4035</sup>. Die Eisengehalte zwischen 0,05 und 0,5 %, die chalkolithische Kupfer des östlichen Mittelmeerraumes und Vorderasiens sowie früh- bis mittelbronzezeitliche Kupfer in Europa zeigen, werden bereits als Resultat einer Senkung durch eine Raffination gesehen<sup>4036</sup>. Als Beispiel für unraffiniertes Rohkupfer mit überdies möglicherweise überdurchschnittlich und unrepräsentativ hohem Eisengehalt ist vielleicht ein Barren zu nennen: Von einem fröhndynastischen Barren aus Abydos mit 20–24 % Eisen wird berichtet<sup>4037</sup>. Kupfer vom Verhüttungsplatz Buhen aus der Zeit des Alten Reiches (ca. 2707–2216 v. Chr.) hat Eisengehalte von 0,5 %, und eine Statue von Pepi I aus der Zeit der 6. Dynastie (2347–2216 v. Chr.) wird als nahezu reines Kupfer mit 0,7 % Eisen und 1,1 % Nickel beschrieben<sup>4038</sup>. Kupfer solcher Art gilt als Beleg für einen „true fluxing process“<sup>4039</sup>. Hinweis auf den Abstich von Laufsclacken könnten auf dem Sinai in das mittlere bis späte Neue Reich datiert werden (Neues Reich 1550–1070 v. Chr.)<sup>4040</sup>. Nachweise für Blasebälge liegen Ogden zufolge ab der Zeit des Mittleren Reiches (ca. 2137–1781 v. Chr.) in Form von Topfblasebälgen vor; frühere Blasebälge können nicht ausgeschlossen werden<sup>4041</sup>. Rehder bietet auf Basis älterer Literatur eine Abfolge, wonach Blasrohre in Ägypten bis etwa zur 12. Dynastie (um 1975 v. Chr.) verwendet wurden, und Blasebälge nicht vor der 18. Dynastie (um 1460 v. Chr.) bildlich dargestellt werden<sup>4042</sup>. Zwicker und Kollegen sahen das Aufkommen von Blasebälgen während des ersten Viertels des 2. Jt. v. Chr.<sup>4043</sup>. Zur Zeit des späten Neuen Reiches sinkt der mittlere Eisengehalt von Kupfer auf 0,14 %<sup>4044</sup>. Als Erklärungen werden die Einführung des Schlackenabstichs, der Wandel von oxidischer zu sulfidischer Erzbasis oder der Einsatz von Mangan anstelle von Eisen als Flussmittel bzw. Erzen mit Mangan als Gangart angeführt<sup>4045</sup>. Auch eine bessere Raffination ist zu erwägen<sup>4046</sup>. Ungefähr mit diesem Absinken des Eisengehalts fällt auch ein Abfall des Arsengehaltes zusammen. Arsengehalte in Kupfer nach der Zeit des Neuen Reiches liegen meist bei unter 1 %<sup>4047</sup>. Zeitgleich soll auch Bronze mit Zinn als Legierung dominieren (s. o.)<sup>4048</sup>; Bronzen tragen teilweise Bleibeimischungen, und auch regelrechte Bleikupferlegierungen treten in späterer Zeit auf<sup>4049</sup>. Zur Zeit des Neuen Reiches finden sich auch erste textliche Belege für einen Import von Kupfer aus dem Norden nach Ägypten<sup>4050</sup>. Objekte mit höheren Arsengehalten aus späteren Zeiten zeigen einen augenfälligen Zusammenhang mit der erwünschten Farbe des Objektes; teilweise zeigen diese Objekte auch erhöhte Antimonwerte<sup>4051</sup>. Bereits aus Fröhndynastischer Zeit liegen einige Objekte mit Zinngehalten über 1 % vor, jedoch sind Bronzen noch zur Zeit des Mittleren Reiches in der Minderheit bzw. werden jetzt erstmals vermehrt eingeführt, und noch im Neuen Reich kommen neben ihnen immer noch untergeordnet Kupfer und Arsenkupfer vor<sup>4052</sup>. Zur Zeit des Neuen Reiches könnte sich –

<sup>4035</sup> Craddock 2000, 154. ferner 153f.

<sup>4036</sup> Craddock 2000, 154.

<sup>4037</sup> Cowell 1987, 98.

<sup>4038</sup> Odgen 2000, 152.

<sup>4039</sup> Ogden 2000, 152.

<sup>4040</sup> Odgen 2000, 152.

<sup>4041</sup> Ogden 2000, 151.

<sup>4042</sup> Rehder 1994, 349 mit weiterer Literatur (Daten nach dieser Textstelle).

<sup>4043</sup> Zwicker u. a. 1985, 104.

<sup>4044</sup> Odgen 2000, 152.

<sup>4045</sup> Ogden 2000, 152.

<sup>4046</sup> Cowell 1987, 99; Vgl. auch Odgen 2000, 152.

<sup>4047</sup> Ogden 2000, 153.

<sup>4048</sup> Cowell 1987, 99 mit Tabelle; Ogden 2000, 153.

<sup>4049</sup> Ogden 2000, 153-155.

<sup>4050</sup> Ogden 2000, 151.

<sup>4051</sup> Ogden 2000, 153. vgl. auch 154.

<sup>4052</sup> Nach Ogden 2000, 153; Vgl. Cowell 1987, 99; Cowell 1986, 463.

ablesbar an den sinkenden Eisengehalten – eine bessere Raffination andeuten<sup>4053</sup>. Dies kann mit der Zulegierung von Zinn verbunden sein: Dass Arsenkupfer zum Neuen Reich nahezu verschwindet<sup>4054</sup>, könnte einer sich ändernden Verhüttungsweise und anschließenden Raffination geschuldet sein, wie es von verschiedenen Autoren (ähnlich) erschlossen wurde (vgl. oben). Damit kann man folgern, dass eine an die Erzeugung von Arsenkupfer angepasste Verhüttungsmethode und *chaîne opératoire* nicht mehr notwendig war. Andere Autoren sehen hingegen ein Ende der absichtlichen Zulegierung von Arsen zu Kupfer<sup>4055</sup>. Der absichtliche Zuschlag von Arsen wird zumindest ab der Frühdynastischen Zeit gesehen, zuvor soll verunreinigtes respektive legiertes Kupfer durch die Verhüttung entsprechender Erze erzeugt worden sein<sup>4056</sup>.

Ab der Dritten Zwischenzeit (ca. 1070–664 v. Chr.) und der Spätzeit (ca. 664–332 v. Chr.) soll die Nutzung sulfidischer Erze sicher belegt sein; weiterhin werden aber auch noch oxidische Erze verwendet<sup>4057</sup>. Während des 1. Jt. v. Chr. soll im Vorderen Orient der Schöpf-/Akkordeonbalg (*concertina bellow*) eingeführt worden sein, wofür die Eisenverhüttung als Grund nicht ausgeschlossen wird<sup>4058</sup>.

Eine Zusammenführung von archäologischer Evidenz zur Verhüttung mit den Metallzusammensetzungen der Kupfer auf breiterer Basis würde für Ägypten evtl. interessante Einblicke in die Vorgänge der extraktiven (Kupfer-) Metallurgie erlauben. Einschränkend ist, bedingt durch einen unzureichenden Forschungsstand, eine Verhüttung für die prädynastische Zeit nicht sicher nachgewiesen<sup>4059</sup>. Auch sind zu wenige Analysen zur Metallzusammensetzung sowie Untersuchungen zu Kupferlagerstätten zu beklagen<sup>4060</sup>. Dem sind noch ältere Aussagen gegenüber zu stellen, wie von Ottaway, dass nämlich Ägyptische Kupfer- und Bronzeartefakte von Prädynastischer bis Römischer Zeit, abgesehen vom Legierungsbestandteil, ein deutlich anderes und über Jahrtausende stabiles Verunreinigungsmuster aufwiesen<sup>4061</sup>. Dies lässt sich hier so nicht nachvollziehen. Änderungen in der Zusammensetzung werden sichtbar. Unter anderem lässt sich ein zeitlicher, mutmaßlich auch kausaler Zusammenhang zwischen Einführung schlackenbildender Verfahren mit nachfolgender Raffination, dem Absinken des Arsengehaltes und der Durchsetzung von Bronze beobachten. Im Umkehrschluss könnte eine schlackenlose Verhüttung folglich ein bewusst angewandtes Verfahren zur Erzeugung von etwa mit Arsen und Antimon legiertem Kupfer darstellen. Ein schlackenloses Verfahren wird – allen voran von Craddock – für die Frühzeit rekonstruiert. Indizien in Form von Sulfid- und Cupriteinschlüssen in frühdynastischen Artefakten könnten *co-smelting* oder ähnliche Prozesse in Frage kommen lassen. Für die Prädynastische Zeit ist durch Gold- und Silbergehalte in Kupfer sowie durch Antimon und weiteres in Gold ein Anfangsverdacht gegeben, dass Legierungen durch eine Abscheidung aus Sulfidphasen hergestellt wurden. Während für das Silber in einem Fall die Kupellation in prädynastischer Zeit wahrscheinlich ist, werfen vor allem die Goldsilberlegierungen Fragen auf (s. u.). Neben einer Nutzung von natürlichen Goldsilberlegierungen oder einem absichtlichen Legieren könnte auch eine Abscheidung aus Sulfidphasen eine weitere Erklärung bieten. Dies müsste aber in Bezug zu den Quellen (Seifen, Berggold) gesetzt werden.

---

<sup>4053</sup> Cowell 1987, 99.

<sup>4054</sup> Cowell 1987, 99.

<sup>4055</sup> Ogden 2000, 153: „The way in which tin (and lead [...]) ousts arsenic at this time is matched elsewhere in the Old World and is a strong argument that earlier arsenic additions were intentional“.

<sup>4056</sup> Hartung 2001, 307.

<sup>4057</sup> Ogden 2000, 152.

<sup>4058</sup> Ogden 2000, 152.

<sup>4059</sup> Hartung 2001, 303; Vgl. auch Pfeiffer 2013, 90.

<sup>4060</sup> Hartung 2001, 304f.

<sup>4061</sup> Ottaway 1982, 187.



### IV.7.1. Silber in Ägypten – Beziehungen zur Levante?

Überlegungen zum ägyptischen Silber beziehen sich meist auf die Arbeiten Prags und ziehen damit einen Fundbestand heran, wie er bis zum Jahre 1960 bekannt war<sup>4062</sup>. Durch Neufunde sollte der dort und auch hier besprochene Fundbestand mittlerweile längst überholt sein. Aktueller und mit überarbeiteter Datierung ist die Arbeit von Hartung (2001).

Die Silberfunde des prädynastischen Ägypten (Kat. 57,a–t) stammen wohl soweit nachvollziehbar allesamt aus Gräbern und verteilen sich auf das gesamte 4. Jt. v. Chr. Es handelt sich u. a. um Perlen, Armringe, Ringe und Dolchklingen. Brauchbare Analysen von Silberobjekten prädynastischer Zeitstellung zeigten, dass ein Deckel aus Naqada Grab 1257 aufgrund seines Bleigehaltes vermutlich aus kupelliertem Silber besteht (Kat. 57,j)<sup>4063</sup>. Das gleiche Grab barg Stücke von Malachit und andere Mineralien<sup>4064</sup>. Eine Datierung zwischen 3650 und 3300 v. Chr. scheint gegeben<sup>4065</sup>. Zwei andere analysierte Stücke, ein Blech aus Abydos (Kat. 57,g) und ein sich im Ashmolean Museum befindlicher Gefäßrand (Kat. 57,r), bestehen aus goldhaltigem Silber<sup>4066</sup>. Etwa zwei Drittel des analysierten Silbers aus dem Ägypten von vor 2000 v. Chr. bestehen aus goldhaltigem Silber<sup>4067</sup>. Mit anderen Zahlen, zusammenfassend von Hartung, handelt es sich bei der Hälfte der späteren Silberobjekte um solche mit hohen Goldgehalten, und für etwa ein weiteres Viertel des späteren Silbers kommt eine Kupellation aus Bleierzen in Frage<sup>4068</sup>. Die Legierungen fallen dabei ganz unterschiedlich aus: Neben fast reinem Silber, teils mit niedrigen Goldgehalten, liegen alle Übergänge bis hin zu Elektron (nach Rehren u. a. etwa je zur Hälfte Gold und Silber) vor<sup>4069</sup>. Häufig sind auch Kupferbeimengungen von 0–5 Gew.%<sup>4070</sup>. Natürliche goldhaltige Silbervorkommen Ägyptens wurden und werden als Quellen vermutet, sind aber aus heutiger Sicht vielleicht als unwahrscheinlich anzusehen<sup>4071</sup>. Weder für die untersuchten Silber- und Bleiobjekte (auch späterer Zeitstellung) noch für die Bleiglanzfundorte Ägyptens konnte zunächst eine bleiisotopische Übereinstimmung mit Galenit- oder Goldvorkommen in der Ostwüste gefunden werden<sup>4072</sup>. Die dortigen Vorkommen streuen aber weit, und mittlerweile werden etwa küstennahe Vorkommen südlich Koseir am Roten Meer für die Mehrzahl der untersuchten prädynastischen Bleiglanzfunde vorgeschlagen; fröhdynastische Bleiglanzfunde könnten aus einem Gebiet weiter nördlich stammen. Bei fehlender bleiisotopischer Übereinstimmung von Silberobjekten mit Lagerstätten könnten Hartung zufolge bei einem hohen Goldgehalt dann auch bislang noch nicht untersuchte Lagerstätten in der Ostwüste zu vermuten sein. Andere Autoren folgen dem nicht. Im Gegensatz zur vorhergehenden Diskussion stehen heute anthropogene Ursachen unter Verdacht, und insbesondere von Rehren, Philip und Hess diskutieren die Möglichkeit, dass in Ägypten und der Levante entweder die gleichen Recyclingpraktiken oder der Zugang zum gleichen Metallstock teilweise recycelten Materials bestanden haben, und sich so die Goldgehalte in Silberartefakten erklären

---

<sup>4062</sup> Vgl. Prag 1968; Baumgartel 1960, 7-10; Gale – Stos-Gale 1981a, 111 Table 1-2. 114f.; Primas 1995, 78f. mit Table 1; Kohlmeyer 1994, 43; Philip – Rehren 1996, bes. 137.

<sup>4063</sup> Gale – Stos-Gale 1981a, 115; Gale – Stos-Gale 1981c, 180; Kohlmeyer 1994, 43. – Mit weiterer Literatur zu den Analysen siehe Hartung 2001, 311.

<sup>4064</sup> Baumgartel 1960, 7.

<sup>4065</sup> Vgl. Kat. 57 Datierung.

<sup>4066</sup> Hartung 2001, 311.

<sup>4067</sup> Rehren u. a. 1996, 5; Gale – Stos-Gale 1981a, bes. 111f. Table 1-2; 113 mit Fig. 2; Philip – Rehren 1996, 137; Vgl. Hartung 2001, 311.

<sup>4068</sup> Hartung 2001, 311.

<sup>4069</sup> Rehren u. a. 1996, 5.

<sup>4070</sup> Rehren u. a. 1996, 5.

<sup>4071</sup> Gale – Stos-Gale 1981a, 113; Dagegen Philip – Rehren 1996, 137-140. bes. 139.

<sup>4072</sup> Im Folgenden auf Basis von Hartung 2001, 311.

könnten<sup>4073</sup>. Ein Grund dafür könnte in der Silberarmut dieser Regionen zu suchen sein, was die Notwendigkeit einer intensiven Wiederverwendung von Silber zur Folge gehabt haben könnte<sup>4074</sup>. Auch könnten die Silbergoldlegierungen intentionelle Legierungen darstellen, und insbesondere deren Kupfergehalte werden als absichtliche Zugabe angesehen, da sie die Schmelztemperaturen wesentlich erniedrigen können<sup>4075</sup>.

## IV.8. Sardinien und Korsika

Zahlreiche Metallfunde von Sardinien liegen aus Zusammenhängen vor, die als prä-nuraghisches bezeichnet werden<sup>4076</sup>. Etwa 200 Metallobjekte sind bis heute bekannt und werden dem *Neolitico recente* und *Eneolitico* zugeordnet, deren Fundzusammenhänge sich wie folgt darstellen: 77 % aus dem Grabbereich, 14 % aus Siedlungszusammenhang und 9 % aus dem „kultischen“ Bereich<sup>4077</sup>. Ihre kontextuelle und chronologische Stellung ist oftmals nur schwer zu eruieren, und darüber hinaus sind die Chronologie sowie die Publikationslage zur vornuraghenzeitlichen Entwicklung noch immer problematisch<sup>4078</sup>. Die ersten Metallobjekte aus Kupfer und Silber werden mit Ozieri verbunden<sup>4079</sup>.

Sardinien war schon früh in ein weiträumiges Kontaktsystem im Mittelmeerraum eingebunden, und der Beginn der Metallurgie auf Sardinien fällt nach Lo Schiavo in eine Zeit zahlreicher Kontakte im Zusammenhang mit dem Obsidianhandel. Die Produktion von Obsidian soll dann während der Ozieri-Kultur ihrem Höhepunkt entgegensteuern<sup>4080</sup>. Der Beginn der Ozieri-Kultur (San Michel-Kultur<sup>4081</sup>), die auf die San Ciriaco-Kultur folgt, liegt nach derzeitiger chronologischer Einschätzung am Ende des 5. Jt. v. Chr., und ihr Ende wird um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. datiert. Sub-Ozieri währt, mit einer Überschneidung zu Ozieri und nachfolgendem Filigosa, etwa von 3600-2900 v. Chr. (s. auch Kat. 58 Datierung)<sup>4082</sup>. Während Sardinien in der Zeit des 6. bis 3. Jt. v. Chr. in überregionale mediterrane Netzwerke eingebunden ist<sup>4083</sup>, soll die kulturelle Ausbildung während des *Neolitico recente* und *Eneolitico* eine weitgehend autochthone Entwicklung darstellen und von Kontinuitäten geprägt sein<sup>4084</sup>. Ein Zusammenhang etwa der sardischen Dolmen und Menhire wird auch mit der Megalithik

---

<sup>4073</sup> Philip – Rehren 1996, bes. 138-140; Rehren u. a. 1996, 7.

<sup>4074</sup> Vgl. Rehren u. a. 1996, 5-8.

<sup>4075</sup> Rehren u. a. 1996, 7f.; Zum Kupfergehalt als intentionelle Legierungsbeimischung siehe auch Lucas – Harris 1962, 249.

<sup>4076</sup> Lo Schiavo 2005a, 253. – Zum Forschungsstand siehe Melis 2009, 84 Fig. 1,2. 85. 87; Usai 2005.

<sup>4077</sup> Melis 2009, 85. 84 Fig. 1,1.

<sup>4078</sup> So ist auch die zeitliche Spanne etwa der San Ciriaco-Kultur, die der Ozieri-Kultur vorangeht, unsicher und der Kenntnisstand zur Kultur ist stark im Wandel begriffen (Usai 2005, 257 mit Anm. 2; vgl. Usai 2009, 49. 53 Fig. 9). Kurz zu offenen Fragen bei Filigosa und Abealzu siehe Kat. 58 Kulturelle Zuordnung und Datierung (mit weiterer Lit.). Der grobe Rahmen der Datierung von Ozieri dürfte nach umfassenden Neubewertungen nun feststehen (s. u. und Kat. 58 Kulturelle Zuordnung und Datierung), im Detail sind noch Veränderungen zu erwarten (Melis 2009, 95). – Die unterschiedlichen Datierungsansätze auch in jüngerer Literatur sind zu beachten. Was die neueren Datierungen für die durch die ältere bis neuere Literatur hinweg postulierten Verbindungen bedeuten (Obsidianhandel, Metallurgie), wurde zwar berücksichtigt, aber nicht genauer untersucht. – Die Publikationslage vieler Fundorte ist als mangelhaft zu bezeichnen (vgl. Tanda 2009, 59. 71; vgl. die Fundorte bei Lo Schiavo 1988a; Lo Schiavo 1989; Usai 2005; Melis 2009, bes. 85. 87).

<sup>4079</sup> Melis 2009, 85.

<sup>4080</sup> Lo Schiavo 1988a, 92. 94 Figure 9,2; Tanda 2009, 64; Melis 2009, 81f. 94; Lo Schiavo 2003, 601f.; Lo Schiavo 2000, 22f.; Begemann u. a. 2001, 44; Vgl. Lugliè – Lo Schiavo 2009, 253-256. – Zu Kontakten Sardinien allgemein Usai – Lo Schiavo 2009, bes. 272-276.

<sup>4081</sup> Tanda 2009, 59.

<sup>4082</sup> Tanda 2009, 60 Fig. 11. 64. Melis 2009, 83. 84 Fig. 1,1.

<sup>4083</sup> Tanda 2009, 68. 70; Melis 2009, 81f.; Lo Schiavo 2000, 22f.; Begemann u. a. 2011, 44.

<sup>4084</sup> Melis 2009, 81f. 91; Tanda 2009, 64-71. – Übergreifend dazu Usai – Lo Schiavo 2009, 271-276. bes. 275.

in Westeuropa (Bretagne) und auf Korsika des späten 5. Jt. v. Chr. gesehen<sup>4085</sup>. Diese Bezüge sind vielleicht aufgrund der Verbreitung von Jadeitbeilen und Kupfer in Europa neu zu bewerten. Kontakte Sardinien etwa nach Oberitalien und zu den Äolischen Inseln werden an Obsidian festgemacht<sup>4086</sup>. Oberitalien liegt dabei zeitweise – auch zu Zeiten einer allgemeinen intensiven Obsidianzirkulation<sup>4087</sup> – im Schnittbereich zwischen Jadeitverwendung und früher Kupfermetallurgie (s. Kap. IV.1.3.1).

In vielen Bereichen der kulturellen Entwicklung von Ozieri bis Abealzu (Grabsitten, Keramik) lassen sich Kontinuitäten feststellen, während nach momentanem Forschungsstand die kulturellen Ausdrucksformen innerhalb einer Phase und über die Phasen hinweg (etwa Grabsitten) gleichzeitig sehr variabel sind<sup>4088</sup>.

Nach derzeitigem Fund- und Kenntnisstand liegen Sardinien erste Metallobjekte spätestens aus Ozieri-Zusammenhängen vor. Dabei handelt es sich um Kupfer und Silber (Su Coddu, Pranu Mutteddu, möglicherweise frühere Metallfunde aus der Grotta Sa Korona)<sup>4089</sup>. An Formen finden sich etwa Ahlen, Nadeln, Perlen und Ringe. Ozieri erstreckt sich etwa vom Ende des 5. Jt. v. Chr. bis in die Mitte des 4. Jt. v. Chr. Dabei scheint eine genauere Datierung der Funde innerhalb der Laufzeit von Ozieri, teilweise wohl bedingt durch eine unzureichende Dokumentations- und Publikationslage, bis auf Ausnahmen derzeit kaum möglich<sup>4090</sup>. Die Funde von Pranu Mutteddu werden in einem späten Abschnitt der Entwicklung von Ozieri gesehen<sup>4091</sup>. Beachtenswert ist dabei das frühe, beim heutigen Forschungsstand zum Kupfer nahezu gleichzeitige Auftreten von Silberobjekten aus Ozieri- und Sub-Ozieri-Zusammenhängen von Su Coddu, Su Coddu-Canelles Fundstelle Badas, Monte Majore, Pranu Mutteddu (Taf. 21, 4), Montessu und Anghelu Ruju (Kat. 58,a–e). Dabei handelt es sich überwiegend um kleine Ringe, Spiralaringe, Draht und teils verzierte Bleche.

Erste Hinweise auf eine eigenständige verarbeitende, möglicherweise extraktive Metallurgie<sup>4092</sup> liegen auch nahezu zeitgleich mit den frühen Metallfunden in Form von Schlacken und Tiegeln vor. Von Su Coddu (Selargius) liegen auch verschiedene „Schlacken“ mehrerer Fundkontexte vor, die nach Ugas auf Kupfer- und Silbermetallurgie im Milieu von Ozieri/Sub-Ozieri hinweisen sollen, aber bis dato nicht analysiert sind<sup>4093</sup>. Mit der Ansprache *scorie di fusione d'argento* wäre Bleiglätte zu erwarten<sup>4094</sup>.

---

<sup>4085</sup> (cave vor Hyperdiffusionismus à la Childe) Tanda 2009, 68; Melis 2009, 83; Atzeni 2004, 181-187; Dazu auch Usai – Lo Schiavo 2009, 272-276. bes. 275.

<sup>4086</sup> Melis 2009, 87; Kassianidou – Knapp 2008, 218.

<sup>4087</sup> Lugliè – Lo Schiavo 2009, 253; Melis 2009, 87.

<sup>4088</sup> Tanda 2009, 67f.; Melis 2009, 81f. 89 Tab. II. 93.

<sup>4089</sup> Usai 2005, 272; Lo Schiavo 1989, 286. – Zur Grotta Sa Korona di Monte Majore (Thiesi, Sassari) Lo Schiavo 1989, 282; Usai 2005, 260; Lami 1999, 4. Nach Usai (2005, 260) werden eine mögliche Kupferperle (eines Colliers?) und Oxidationsspuren/Grünfärbungen an Knochen berichtet – durch Raubgrabungen freigelegt – und Usai verbindet diese mit der der Ozieri-Kultur– „given that this marks the last phase of occupation of the cave“ (Usai 2005, 260). In der Höhle wurde nachträglich eine von *Ceramica Impressa* über *Bonu Ighinu* bis *Ozieri* reichende Stratigraphie ermittelt (Usai 2005, 260; Lo Schiavo 1989, 282). Nach Lo Schiavo (1989, 282) wären bereits in der untersten Schicht Kupferobjekte zu finden, die erwähnte Perle und Grünspanfärbung bzw. Oxidationsspuren/Patina stammten aus einer darüber liegenden Schicht. Damit könnte sich vorbehaltlich einer Schichtstörung (vgl. auch die Raubgrabung) eine ältere Datierung andeuten. – Zu einer möglichen Zuordnung früher Metallurgiebelege aus dem *Neolitico recente* – allerdings unter älteren absolutchronologischen Gesichtspunkten, zu einer Fazies *S. Ciriaco-Terralba*, welche zwischen *Bonu Ighinu* und *Ozieri* einzuordnen sei, siehe Lami 1999, 4f. mit weiterer Literatur.

<sup>4090</sup> Usai 2005, bes. 257-260. 272f.; Melis 2009, 84 Fig. 1, 2; 85. 87.

<sup>4091</sup> Usai 2005, 272.

<sup>4092</sup> Siehe hierzu Melis 2009, 87.

<sup>4093</sup> Usai 2005, 272; Ugas u. a. 1989b, 13. 19f. 22; Lo Schiavo 2000, 27; Melis 2009, 87; Melis 2005, 558 mit Anm. 22; Zu Schlacken und Abbildungen davon aus Su Coddu aus verschiedenen Strukturen, die in die Zeit von Sub-Ozieri datieren sollen, siehe Ugas 1997, 53. 54 Abb. 42; 55.

<sup>4094</sup> Ugas u. a. 1989b, 22.

Verschlacktes Material aus Su Coddu-Canelles der Fundstelle Badas aus *struttura* 39 (Sub-Ozieri) wurde untersucht, woraufhin ein Zusammenhang mit Metallurgie wahrscheinlich auszuschließen ist<sup>4095</sup>. Aus Sub-Ozieri-Zusammenhängen werden Tiegel- und Tiegelfragmente<sup>4096</sup> genannt: Von Su Coddu wird ein Tiegel mit Spuren von „erhitztem Material“ berichtet<sup>4097</sup>. In Terramaini-Pirri war in einem „hut bottom“ ein amorphes Stück Kupfer in einem „fragment of rather unrefined clay“ erhalten, letzteres wird als möglicher Teil eines *spoon crucible* angesehen<sup>4098</sup>. Diese metallurgischen Beweisstücke wurden aber nicht analysiert<sup>4099</sup>. Tiegel liegen auch aus späteren Zusammenhängen wie etwa Filigosa vor. So etwa Fragmente zweier Tiegel mit Kupferspuren auf der Innenseite aus Monte d’Accoddi (Sassari), die Filigosa zugewiesen werden<sup>4100</sup>. Aus diesem Fundort mit Siedlungsresten von San Ciriaco und Ozieri (bis Bonnanaro/Bonnàro)<sup>4101</sup> stammen zahlreiche weitere Metallfunde, für die ein datierender Zusammenhang aufgrund der Publikationslage noch nicht festgemacht werden kann (s. u.)<sup>4102</sup>. Für die Tiegelfragmente von Monte d’Accoddi wird ein Vergleich zu solchen des Fundortes Terrina IV auf Korsika gezogen (s. u.)<sup>4103</sup>. Eine mögliche *Tuyère* aus Anghelu Ruju (Alghero, Sassari) *Tomba* XIV (Kat. 58,e), ursprünglich der Glockenbecherzeit zugeordnet, war nach Usai lediglich mit Material von Ozieri, Filigosa und Abealzu vergesellschaftet und würde ihrer Meinung nach am ehesten nach Filigosa oder Abealzu datieren<sup>4104</sup>; allerdings nennt Lo Schiavo – indes in einer älteren Publikation – nur Ozieri-Material<sup>4105</sup>.

Die Verbreitung der Metallurgie, angedacht ist wohl teilweise die Verhüttung, wird nach der neuesten Datierung während oder nach den „Jahrhunderten um die Mitte des 4. Jt. v. Chr.“ im Rahmen der Obsidiannetze zu einer Zeit gesehen, in der Obsidianüberlieferung in vielen Regionen allerdings zurückgeht<sup>4106</sup>. Dabei wird heute nicht mehr unbedingt von einem Rückgang der Kontakte

<sup>4095</sup> Siehe auch Kat. 58; Melis 2009, 87 mit weiterer Literatur; Melis 2005, 557 Fig. 3,2. 558 mit Anm. 20. 21. 22. Zusammensetzung bzw. Ergebnis der Analysen ist wie folgt angegeben: Cr 27,30 ppm, Cu 88,90 ppm, As 132,00 ppm, Sn 28,80 ppm, Pb 15,89 ppm.

<sup>4096</sup> Melis 2009, 87.

<sup>4097</sup> Manunza 2005, 35 nennt „un crogiolo con tracce di materiali sottoposti ad alte temperature“. Neben Metallobjekten soll auch Feuer hoher Temperatur ausgesetzte Keramik („ceramiche con tracce evidenti di contatto con fuoco ad altissime temperature“) auf „attività metallurgiche“, metallurgische Aktivitäten hinweisen. Eine sichere Deutung des Materials lediglich auf Grundlage dieser Beschreibung ist nicht möglich.

<sup>4098</sup> Usai 2005, 260.

<sup>4099</sup> Melis 2009, 87.

<sup>4100</sup> Melis 2009, 87. 88 Fig. 3,7; Lo Schiavo 1989, 283; Usai 2005, 263 mit Fig. 8. 270f.; Lo Schiavo 2000, 27. 28 (Abbildung). – Weiter zur vornuraghenzeitlichen Metallurgie von Filigosa, Abealzu Monte Claro, Glockenbecher und Bonnanaro mit weiteren Silberfunden und Dolchen siehe Usai (2005, 260-273) und im Folgenden.

<sup>4101</sup> Melis 2009, 91.

<sup>4102</sup> Siehe dazu Usai 2005, 263. 270f.

<sup>4103</sup> Im Folgenden nach Lo Schiavo 2005c, 293 Anm 5; Lo Schiavo 2003, 601; Lo Schiavo 2000, 28: Die Tiegel Terrina IV lassen sich mit solchen von Monte d’Accoddi vergleichen. Gefunden wurde in Terrina IV auch Schlacke, ein *Tuyère*fragment und eine Ahle aus Arsenkupfer. Die lokale Lagerstätte von Linguizetta soll ausgebeutet worden sein.

<sup>4104</sup> Usai 2005, 270.

<sup>4105</sup> Lo Schiavo 1989, 283. – Neuere Literatur bei Usai 2005, 270.

<sup>4106</sup> Exemplarisch (auch wegen der neusten Datierung) Melis 2009, 87. bes. 94; Zur Datierung und den Vorstellungen siehe: Melis 2009, 94: „[...] nei secoli centrali del IV millennio si verificano grandi cambiamenti, di diversa natura [...], con innovazioni tecnologiche, economiche e sociali. [...] Nel campo delle prime attestazioni della conoscenza dei metalli -più complicato, in assenza di analisi, è riconoscere le prime tracce di attività metallurgica- la Sardegna si pone in parallelo con diverse realtà tardo-neolitiche, nell'ambito delle quali appaiono i primi oggetti metallici. In Liguria, dove quest'aspetto è considerato come elemento di continuità tra Neolitico ed Eneolitico, l'attività estrattiva del rame è ben attestata dal 3500 [...]. Quasi contemporaneamente nel Midi si spezza l'unità culturale dello Chasseen [...] e inizia la metallurgia in Corsica, che con la Sardegna vanta una lunga tradizione di rapporti. In Sardegna le prime testimonianze si collocano tra il 3400 e il 3000, nel

ausgegangen, da die Obsidianüberlieferung auch in Sardinien zurückgeht, und Melis konstatiert etwa Affinitäten in der Keramik von Sub-Ozieri und Filigosa mit Keramik von Terrinien auf Korsika, wo in Terrina ein Tiegel gefunden wurde, der mit Tiegelfragmenten von Monte d'Accoddi verglichen wird<sup>4107</sup>. Silexobjekte und ihre Verteilung zeigen, dass diese und ihr Austausch eine neue Qualität erlangt haben könnten<sup>4108</sup>. Dabei ist zu beachten, dass dabei teils sowohl implizit als auch explizit ein möglicher Rückgang der Obsidian- und Gesteinsverwendung am Übergang von Ozieri zu Sub-Ozieri auf eine wachsende Bedeutung der Metallurgie zurückgeführt wird<sup>4109</sup>. Der Beginn der (extraktiven) Metallurgie in den Kontaktregionen scheint als eine Art *terminus ad quem/post quem* für den Beginn dieser auf Sardinien verwendet zu werden<sup>4110</sup>. So wurde z. B. geäußert, dass der Beginn der Metallurgie auf Sardinien „appears to have been delayed in comparison with Anatolia and the Balkans“<sup>4111</sup>, und teils wird der östliche Mittelmeerraum ob seiner gedachten Fortschrittlichkeit auch als Ursprungsregion gesehen<sup>4112</sup>. Trotz mancher Andeutungen – wenn überhaupt wird ein Beginn der Metallurgie meist eher spät in der Entwicklung von Ozieri gesehen<sup>4113</sup> – wird aufgrund der Metallurgiebelege, die Sub-Ozieri-, Filigosa- und Abealzu-Zusammenhängen zugewiesen werden und vielleicht nur deswegen konsistenter erscheinen, ein Beginn der Metallurgie erst während des *Eneolitico* impliziert<sup>4114</sup>. Die Prozesse der Verhüttung und der Kupellation, von denen zwar kaum

---

Sub-Ozieri. Tra le due isole la forte affinità culturale e l'intensa attività di scambi sembrano subire un arresto, con la riduzione della presenza di ossidiana sarda in Corsica. In realtà quest'ultimo aspetto non necessariamente corrisponde a una crisi di rapporti tra le due isole se si considerano la riduzione dell'ossidiana nei contesti sub-Ozieri e i cambiamenti nelle modalità di acquisizione e lavorazione della materia prima. Nella ceramica del Terrinien sono state osservate analogie con il sub-Ozieri e con il Filigosa [...], che ha prodotto crogioli simili a quelli di Terrina“. Vgl. ältere Literatur Ugas u. a. 1989a, 239; Lo Schiavo 1988a; Lo Schiavo 1989; Usai 2005; Lo Schiavo 2000, 22-24; Unter älteren chronologischen Gesichtspunkten wurde die Wende vom 4. zum 3. Jt. v. Chr. und die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. für den Beginn der Metallurgie gesehen, wie Usai es feststellt: „The possibility of the first experimentation of the use of fire in the treatment of copper in Sardinia and Corsica at the beginning of the III millennium BC is in Lo Schiavo 2003, 602.“ (Usai 2005, 273 Anm. 10; vgl. Lo Schiavo 2003, 602 [„esperimenti di lavorazione del metallo in Sardegna“]). Auch die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. für „le origini della metallurgia in Sardegna“ wird genannt (Lo Schiavo 2000, 23f.) (siehe auch folgende Anmerkungen).

<sup>4107</sup> Melis 2009, 94.

<sup>4108</sup> Lugliè – Lo Schiavo 2009, 255.

<sup>4109</sup> Für Su Coddu (Selargius, Cagliari): Ugas u. a. 1989b, 19f.; Ugas 1997, 56f.; Usai 2005, 258; Lilliu 1988, 113. – Weiterbestehende Bedeutung der Lithik: Melis 1998, 235.

<sup>4110</sup> Bzw. ein Zusammenhang wird impliziert oder hergestellt (vgl. Lo Schiavo 1988a, 92; Lo Schiavo 2003, 602, 608; Usai 2009, 273 Anm. 10; Melis 2009, 94). „During the Ozieri Culture and following the Filigosa-Abealzu Culture of the Early Eneolithic, that is, at the end of the fourth and the beginning of the third millennia B.C., and at the same time in mainland Italy and the Aeolian islands, the use of metals and the production of metal objects in Sardinia began.“ (Lo Schiavo 1988a, 92). – Vgl. dagegen – im gleichen Zusammenhang – Lo Schiavo 1988a, 92: „With the Nuragic civilization both cultural development and metallurgical technology occurs in consequence of the exploitation of local ores and comes to a level of evolution unparalleled in the Western Mediterranean“.

<sup>4111</sup> Begemann u. a. 2001, 44. Diese Aussage entstand allerdings unter dem Eindruck chronologischer Vorstellungen, die den Beginn der Ozieri Kultur am Ende des 4. Jt. v. Chr. verortet. Allerdings müssten die Hinweise auf vorozierzeitliche Metallobjekte überprüft werden (vgl. oben), denn „the earliest metal derives only from the Ozieri culture“ (Begemann u. a. 2001, 44).

<sup>4112</sup> Begemann u. a. 2001, 44.

<sup>4113</sup> Siehe etwa Ugas u. a. 1989b, 13.19f. – Usai (2005, 273) hält es für möglich, dass der größere Teil der Metallfunde Sardinien lokal hergestellt wurde, und zwar wegen der relativ großen Anzahl von Metallfunden und ihrer nur lokal nachweisbaren Formen, und dies besonders von den ältesten Phasen an. Auf eine genaue Zeit legt Usai sich allerdings nicht fest.

<sup>4114</sup> Siehe etwa Usai 2005, 273. In diesem Zusammenhang wird etwa dem Fundort Cungiau Sa Tutta (oder Su Tuttù) (Piscinas, Cagliari), Grab 2 mit seinen reichen Kupfer-, Blei- und Silberfunden, darunter auch Dolchen,

Spuren aber die Produkte wie Kupfer, Silber und Blei vorliegen, sollen *archaisch* gewesen sein<sup>4115</sup>. Es wird vermutet, dass Silber im Milieu von Ozieri, Filigosa, Abealzu und Monte Claro durch Kupellation gewonnen wurde<sup>4116</sup>, obwohl nur indirekte Belege vorliegen, bzw. die direkten nicht untersucht wurden<sup>4117</sup>. Eine Wiedereinführung von (extraktiver) Kupfer(metallurgie) auf Sardinien wird im 12. Jh. v. Chr. aus dem Bereich Zyperns vermutet<sup>4118</sup>. Blei, welches selten gediegen vorkommt und deshalb ein guter Hinweis auf Kenntnisse der Verhüttung sein kann, wird aus Zusammenhängen der Stufe Filigosa-Abealzu<sup>4119</sup> und häufiger der Stufe Monte Claro berichtet<sup>4120</sup>. Aus Monte d'Accoddi werden Blei und Bleiglanz ungeklärter Datierung referiert<sup>4121</sup>.

Die frühe Metallurgie Sardiniens ist aufgrund des Forschungsstandes schwierig zu charakterisieren. Die „Schlacken“ aus Kontexten von Ozieri- und Sub-Ozieri (Kupferschlacken und Bleiglätte?) vermögen bis auf weiteres nicht zu überzeugen und bedürfen dringend einer Neubewertung bzw. Analyse. Gleiches gilt für die Metallurgiebelege, die Metallartefakte, die daraus erschließbare Herstellungstechnik und deren feinchronologischer Zuweisung. So nennt Melis etwa auch die Bedeutung von Dolchen in Gräbern<sup>4122</sup>, das Aufkommen von Statuenmenhiren (Filigosa-Abealzu) und weiterem mehr als Kennzeichen der Zeit, in der die (extraktive) Metallurgie aufkommen soll<sup>4123</sup>. Vieles davon hat seine Ursprünge möglicherweise in früheren Zeiten, darunter auch die Verhüttung: Vor dem Hintergrund der geänderten chronologischen Vorstellungen und der Einbindung in überregionale Netzwerke, verbunden mit der Zirkulation von Objekten und Ideen (vgl. schlackenlose Verhüttung, die Bedeutung von Schwergeräten, Dolchen und Silber weltweit)<sup>4124</sup>, ist eine feinchronologische Aufschlüsselung des

---

und Armringen große Bedeutung beigemessen. Seine genaue chronologische Stellung (Filigosa zugewiesen) wäre überaus spannend (vgl. Usai 2005, 261f. 272. vgl. 186-188 Archaeological file 1; Usai 1998, 218. 224 Fig. 23.5. 225 Fig. 23.6. 226 Fig. 23.7. 227 Fig. 23.8. 228).

<sup>4115</sup> Lugliè – Lo Schiavo 2009, 258: „Documenta questo fenomeno la precoce apparizione e la vasta distribuzione di manufatti di rame, argento e piombo e la presenza di tracce di lavarazione scarse ma riferibili a processo molto arcaici“.

<sup>4116</sup> Lugliè – Lo Schiavo 2009, 258; Valera u. a. 2005, 60. Hauptsächlich wohl auf Basis der Überlegung, dass Bleiglanz (als Silberquelle) häufig vorkommt und gediegen Silber, trotz späterer Berichte von Vorkommen, etwa wegen der Tiefen in denen es vorkommt, in der Urgeschichte nicht verfügbar gewesen sei.

<sup>4117</sup> Vgl. Lugliè – Lo Schiavo 2009, 258. – Folgende Titel zu Silber in Sardinien konnten nicht eingesehen werden (Zitate nach Bibliographie Lugliè – Lo Schiavo 2009): Lo Schiavo F. 1996b, Silver in archaeology: Sardinia in the Mediterranean, The Forum BUMA-IV, Jan. 16-17, Matsue, Shimane, Japan, pp. 61-77; Lo Schiavo F., Valera R. G. 1998, Archaeomining and Archaeometallurgy: an essential multidisciplinary approach. Silver in the prehistory of Sardinia, Italy, in BUMA IV, May 25-27, 1998, Matsue, Shimane, Japan, pp. 185-190; Cincotti A. M., Massidda L., Sanna U., Lo Schiavo F. 1998, Silver content of lead and copper alloy finds of Nuragic Age. Archaeometric analyses of silver objects found in Sardinia, BUMA IV, May 25-27, 1998, Matsue, Shimane, Japan, pp. 185-190.

<sup>4118</sup> Begemann u. a. 2001, 58: „Leaving aside intriguing questions concerning early, pre-Nuragic, metallurgy on Sardinia, current archaeological evidence indicates that Sardinians became reacquainted with copper via the arrival from Cyprus of metal and metallurgical expertise during the twelfth century BC“.

<sup>4119</sup> Lo Schiavo 2000, 24; Abealzu zugewiesen werden etwa „scraps of lead“ aus Corte Noa (Laconi, Nuoro) (Usai 2005, 262; Lo Schiavo 2000, 29).

<sup>4120</sup> Das Auftreten von Blei wäre näher zu untersuchen. In der Auflistung der pränuragischen Metallurgiebelege bei Usai (2005) wird Blei, als Klammern um Keramik zu flicken, von verschiedenen Monte Claro-zeitlichen Fundorten und Kontexten (etwa die ersten drei Viertel des 3. Jt. v. Chr. [Melis 2009, 84 Fig. 1,1]) berichtet (Usai 2005, 263). Vgl. Usai 2005, 273.

<sup>4121</sup> Usai 2009, 270f.

<sup>4122</sup> Hier wäre insgesamt Fragen nach der Überlieferung bzw. Deponierungssitten und Quellengattungen (in zeitlicher Auflösung) anzuknüpfen (vgl. Melis 2009, 85. 94. 95).

<sup>4123</sup> Melis 2009, 94. – Zu einem möglichen früheren Aufkommen (Ozieri [?]) von (unverzierten) Menhiren etwa Atzeni 2004, bes. 70f. 79. 106. 181-187; Tanda 2009, 69; Manzuna 2005, 28 und vgl. Usai 2005, 258; Cicilloni 2009, 222; Kritisch Usai – Lo Schiavo 2009, 275.

<sup>4124</sup> Interessant ist, dass ein anderer Wandel mit Veränderungen in Produktion und Austausch von Obsidian sich im späten 5 Jt. v. Chr. (San Ciriaco Kultur) abzeichnet (Lugliè – Lo Schiavo 2009, 253-256. bes. 253).

*Neolitico recente* und des *Eneolitico* ein großes Desiderat. Dazu würde auch die Aufarbeitung von Metallobjekten und Zeugnissen metallurgischer Aktivitäten sowie ihrer zeitlichen Verankerung gehören, um die metallurgischen Entwicklungsstufen Sardinien zu bewerten. Diese Überlegungen sind deshalb so wichtig, da aufgrund fehlender bzw. nicht untersuchter und schlecht datierter Hinweise auf frühe, extraktive Metallurgie ein direkter Nachweis der Verhüttung (derzeit) unmöglich ist.

Silber ist in Sardinien ab der späteren nuraghischen Vorgeschichte seltener als in der vorangegangenen Zeit<sup>4125</sup>. Aber aus Filigosa- und Abealzu-Zusammenhängen stammen zahlreiche Silberfunde<sup>4126</sup> und Kupferobjekte. Nach den angesetzten Datierungen fallen diese in das 3. Jt. v. Chr., könnten aber aufgrund der Kontinuitäten in der kulturellen Entwicklung<sup>4127</sup> und des häufigen Auftretens von Silber durch die vornuraghische Zeit hindurch eine Tradition in der Silber- und auch Kupfermetallurgie aus der Zeit von Ozieri anzeigen. Zudem könnten einige Kupfer- und Silberartefakte in Gräbern, die Filigosa und Abealzu zugewiesen werden, aus früheren Ozieri-Zusammenhängen stammen<sup>4128</sup>. Silberobjekte aus Filigosa- (und Abealzu) Zusammenhängen sind teils mit Kupferdolchen vergesellschaftet<sup>4129</sup>. Der Beginn der Verwendung von Metalldolchen auf Sardinien ist schwer zu fassen. So konstatieren Atzeni und Kollegen, dass unter den frühesten Metallfunden Sardinien Dolche (sowie Schwerter und Speerspitzen) sind<sup>4130</sup>. Dolche als „einfache funktionale“ Formen sind jedoch nicht immer typologisch charakteristisch, und viele Kontexte Sardinien sind problematisch. Aus Kollektivgräbern von Anghelu Ruju (s. o.; Kat. 58,e) (Alghero, Sassari) stammen Silber- und Kupferfunde, darunter auch Dolche aus Gräbern mit vermischem Material von Ozieri bis Bonnanaro<sup>4131</sup>. Dolche sind in Sub-Ozieri sporadisch vertreten und ab der Zeit von Filigosa häufig<sup>4132</sup>. Eine Vergesellschaftung von Dolchen und Ringen aus Silber lässt sich in dieser Zeit häufiger beobachten, und Blei tritt vermehrt auf<sup>4133</sup>. Aus Sub-Ozieri-Kontexten der Siedlung von Cuccuru Arriu (Cabras, Oristano) mit Resten von *Neolitico recente* bis *Eneolitico* stammen ein Fragment einer Dolchklinge und Bruchstücke von Ahlen<sup>4134</sup>. Die Dolchen beigemessene Bedeutung lässt sich u. a. aus nur schwerlich zu datierenden Statuenmenhiren mit Dolchdarstellungen erschließen, für die unter Vorbehalt eine Verbindung zu Filigosa- und Abealzu sowie zu Dolchdarstellungen und Dolchen aus Remedellozusammenhängen erwogen wird<sup>4135</sup>. Auch die spätere Dolchverwendung soll die Bedeutung der Dolche untermauern<sup>4136</sup>. Einer hypothetischen Deutungsvariante der Doppeldolchdarstellungen auf Menhiren zufolge handelt es sich dabei um Metall- und Steinformen in einem Zwischenfutter, die aufgrund ihrer symbolischen Bedeutung zusammen dargestellt sind<sup>4137</sup>.

---

<sup>4125</sup> Atzeni u. a. 2005, 173; Lo Schiavo 2005a, 254.

<sup>4126</sup> Siehe hierzu etwa Usai 2005, 260-262; Lo Schiavo 1988a, 92f.; Lo Schiavo 1989, 283.

<sup>4127</sup> Siehe oben und etwa Melis 2009, bes. 82.

<sup>4128</sup> Siehe etwa Scaba'e Arriu (Siddi, Cagliari) und weitere unsicher datierte Fundorte bei Usai (2005, 261).

<sup>4129</sup> Siehe Lo Schiavo 1988a, 92f.; Lo Schiavo 1989, 283f. – Zu Dolchen: Melis 2009, 84 Fig. 1,2. 87.

<sup>4130</sup> Atzeni u. a. 2005, 115. – Vgl. Kap. A – Copper artefacts, bes. Dolch A2 und Kap. B – Arsenical copper artefacts mit den Analysen (Atzeni u. a. 2005, bes. 115-118 und die dazugehörigen Archaeological files 7 und 10 (verschiedene Autoren) im selben Band (Lo Schiavo u. a. 2005, 197f. 203f.). Die hier vorgestellten Dolche sind allerdings zu spät datiert, um für die Frage der frühesten Metallurgie von Belang zu sein. Die beiden Dolche (A2 und A3) aus Murisiddi (Isili, Nuoro) sollen sicher mit Bonnanaro vergesellschaftet sein (Lo Schiavo 2000, 31).

<sup>4131</sup> Lo Schiavo 1988a, 93.

<sup>4132</sup> Melis 2009, 87. 84 Fig. 1,2.

<sup>4133</sup> Vgl. Usai 2005, 260f.

<sup>4134</sup> Usai 2005, 260.

<sup>4135</sup> Lo Schiavo 1988a, 93. 95; Lo Schiavo 1989, 285; Lo Schiavo 2000, 30; Melis 2009, 87. 91; Usai 2005, 271f. mit Fig. 14. 15.

<sup>4136</sup> Siehe dazu Lo Schiavo 1988a, 95; Lo Schiavo 1989, 283f. 285; Usai 2005, 260-273.

<sup>4137</sup> Melis 2009, 87. – Funde einer solchen Konstruktion liegen nicht vor.

Hinweis auf eine weiter zurückreichende Dolchtradition ist ein Flintdolch aus einem Grab von Pranu Mutteddu. Vom dortigen Gräberfeld mit aufwendigen Grabbauten und etwa 50 Menhiren, letztere werden als außergewöhnlich bezeichnet, stammen aus *Tomba V* „Su Nuraxeddu“ neben zwei Ringen aus Silber, einer verzierten Keramik ein „*stiletto* and a small flint dagger, which are finely worked and have for the moment no analogies from other Sardinian contexts“<sup>4138</sup>. Auch weitere Silex- und Obsidianspitzen (späterer Zeitstellung) könnten, in Abhängigkeit von ihrer Größe und Form, vielleicht neben Pfeilspitzen<sup>4139</sup> auch als Dolche (*per definitionem* Stichwaffen) angesprochen werden<sup>4140</sup>. Undeutliche Verdachtsmomente auf eine ältere Verwendung von Metalldolchen könnten auch unsicher datierte Fundstücke aus Metall aus unklaren Zusammenhängen sein, wovon sich einige unter Vorbehalt vage mit Ozieri in Verbindung bringen lassen<sup>4141</sup>. Die frühen, vornuraghischen Dolche Sardinien bestehen zum Teil wohl aus reinem Kupfer sowie Kupfer mit Arsengehalten<sup>4142</sup>. Aus diesem Befund ergibt sich ein Verdachtsmoment darauf, dass eine silberne Farbe oder das Material Arsenkupfer für Dolche evtl. von Bedeutung war, wie sich dies auch in anderen Untersuchungsregionen abzeichnet.

Einen Rückgang der Silberverwendung in/ab der Nuraghenzeit durch eine Erschöpfung leicht zugänglicher Quellen für Silber zu erklären, ist nicht ausreichend. So ist Bleiglanz das häufigste Silber führende Erz auf Sardinien<sup>4143</sup>. Auch ist Sardinien reich an anderen Silbererzen, das Absammeln von gediegenem Silber und reichen Silbererzen wird noch aus dem 17. und 19. Jahrhundert berichtet und

<sup>4138</sup> Usai 2005, 258. 259 Fig. 2, 2; 3, 3-5; 4. – Diese Funde sollen sich mit anderen in Regionen ausserhalb von Sardinien verbinden lassen (nach Usai 2005, 272 mit weiterer Literatur). Ansprache, Material und Befunde (?): Pfeilspitze aus Obsidian nach Lo Schiavo 1989, 282; nach Usai 2005, 258. 272: „numerous flint arrowheads“, „small dagger and *stiletto* in flint“.

<sup>4139</sup> Usai 2005, 262.

<sup>4140</sup> Vgl. Melis 2009, 87. 88 Fig. 3,6; Usai 2005, 262 mit Fig. 7,5. Die Obsidianspitzen stammen aus Corte Noa (Laconi, Nuoro) und werden Abealzu zugewiesen. Von diesem Fundort stammen auch Silber und Blei; die Datierung wäre weiter zu eruieren.

<sup>4141</sup> Aus Su Coddu-S’Ariana (?) (Identifikation des Fundortes bzw. der Fundstelle teilweise unklar) bei Selargius, Provinz Cagliari wird eine analysierte Dolchklinge berichtet (durch Auspflügen gefunden), deren Datierung zu Monte Claro anzweifelbar ist, da nur Ozieri und Sub-Ozieri Material von diesem Fundort vorliegen (Zum Fundort, dem Dolchfragment und Zweifeln an seiner sonst üblich genannten Datierung: Usai 2005, 270). Analysen ergaben, dass es sich um „*puro rame*“ (reines Kupfer) handelt (Atzeni 1967, 177 mit Anm. 14; Lo Schiavo 1989, 283 *documento* 5). – Unter Vorbehalt zu sehen ist die Zuweisung eines schlecht erhaltenes Klingensfragmentes (Dolch [?] ohne Mittelrippe, Bronze [?]) zum *Eneolitico* aus *Tomba II* von Mesu’e Montes (Ossi, Sassari): „In the tomb has been found, although not in stratigraphic sequence, material from the last phase of Ozieri culture, as well as from the initial Abealzu Filigosa, Monte Claro and Bonnanaro cultures. Amongst the material found features also a bronze blade, probably of a dagger, very corroded and with gaps and without its midrib. The blade is attributed to the Aeneolithic period, but the problem of the exact dating remains open.“ (Usai 2005, 270). – Ein Dolchfragment zusammen mit einer Nadel mit quadratischem Querschnitt aus Cuccuru Arrius/Arrius (Cabras, Oristano), *capanne settore F* wird einem „*contesto forse tardo della cultura di Ozieri*“, spätem Ozieri (?) zugewiesen (Zitat nach Lo Schiavo 1989, 282; vgl. Lami 1999, 6; vgl. Su Cuccuru bei Lilliu 1988, 113), nach Usai (2005, 260) Sub-Ozieri datiert. – Ein *coltello* (Messer) liegt aus der Grotta Sa Ucca de Su Tintirriolu (Mara, Sassari) vor und ist möglicherweise mit Ozieri in Verbindung setzbar (Lami 1999, 6). – Aus der Höhle von San Bartolomeo (bei Cagliari) mit einer wohl nicht mehr rekonstruierbaren Stratigraphie stammen vier Dolchklingen und eine Beilklinge und Material von *Neolitico recente bis Bronzo antico*. Eine Datierung der Metallfunde erfolgt heute zu Glockenbecher. Siehe Usai 2005, 265; Pinza 1901, col. 15-26 mit Fig. 4-11.tav. I-III; Siehe bes. Pinza 1901, col. 16 Fig. 5; col. 17 Fig. 6 (Dolche); tav. I, 7-7a (Ozieri-Keramik?). II.5 (Beil). – Zu weiteren Dolch- aber auch Silberfunden mit unklarer, wahrscheinlicher aber später Zeitstellung siehe Usai 2005, 261f. bes. 270f.; Lo Schiavo 1989, 283f. – Zu einer Zusammenstellung der frühesten hier vorgetragenen Dolchfunde und der Möglichkeit der Zuordnung zu Ozieri sowie einer Betrachtung der Abealzu-Filigosa Dolche siehe Lami 1999, bes. 5f.

<sup>4142</sup> Atzeni u. a. 2005, 115-119; Begemann u. a. 2001, 74 mit weiterer Literatur.

<sup>4143</sup> Giardino 2000, 60; Vgl. auch Lugliè – Lo Schiavo 2009, 257.



finden sich noch heute; eine Rolle von gediegen Silber für die urgeschichtliche Metallurgie wird jedoch ausgeschlossen<sup>4144</sup>. Der Silberreichtum Sardinien ist in lagerstättenkundlicher Hinsicht auf die Vererbung in einer metallogenetischen Provinz zurückzuführen<sup>4145</sup> (vgl. Kap. III). Vielleicht sind deshalb eher quellenbedingte Ursachen oder kulturelle Vorlieben für den Rückgang der Silbernutzung zu erwägen.

Neben der Bestimmung des Beginns der Dolchverwendung in Sardinien, besser gesagt jener aus Metall, welche ein eigenständiges Thema darstellt, sollen noch zwei weitere Funde und eine Fundgattung genannt werden, die hier aus zeitlichen Gründen nicht weiter verfolgt werden können. Metallscheiben des ausgehenden 5. und des 4. Jt. v. Chr. sind selten und zeigen oft eine Verbreitung über weite Distanzen und durch verschiedene Kulturen hinweg. Aus Sardinien werden eine kupferne sowie eine silberne Scheibe nebst Beifunden und kulturellen Zuordnungen berichtet, die eine Datierungsspanne vom 4. bis 3. Jt. v. Chr. nahelegen (vgl. Kat. 58 Kulturelle Zuordnung und Datierung)<sup>4146</sup>: Aus Montessu (Villaperuciu, Cagliari) stammen eine Kupferscheibe und ein Silberring<sup>4147</sup>; aus Monte d'Accoddi, undatiert und weitgehend unveröffentlicht, werden eine Silberscheibe, Blei und Bleiglanz (Galenit) neben zahlreichen Metallartefakten genannt<sup>4148</sup>. Von Sardinien stammen daneben noch an karpato-balkanische Schwergeräteformen gemahnende massive Axtformen wie Doppeläxte und insbesondere kreuzschneidige Äxte (hier *maleppoggio*) sowie Gussformen derselben<sup>4149</sup>. Diese bestehen häufig aus Bronze mit Gehalten um 10 % Zinn; sie werden teils anhand von Vergleichen mit zyprischen Formen und teils aufgrund ihrer Kontexte der späten nuraghischen Bronzezeit zugewiesen<sup>4150</sup>. Ein Teil dieser *maleppoggi* etwa mit gewissen Ähnlichkeiten zu karpato-balkanischen kreuzschneidigen Axthacken des Typs Jászladány<sup>4151</sup> stammen mutmaßlich aus dem Hortfund von Chilivani<sup>4152</sup>. Weitere vergleichbare Funde, als Material wird *bronzo* angegeben,

---

<sup>4144</sup> Atzeni 2005, 26; Giardino 2000, 60; Valera – Valera 2005, 35-41. – Zu Berichten und Vorkommen von gediegen Silber und *contra* einer Bedeutung dieser in der Urgeschichte Lugliè – Lo Schiavo 2009, 258, Valera u. a. 2005, 60. z. B. 70.

<sup>4145</sup> Valera – Valera 2005, 35-41.

<sup>4146</sup> Darüber hinaus wurde eine Silberscheibe mit drei Durchlochungen zusammen mit einem Dolch in einem Grab bei Padru Jossu (Sanluri) gefunden. Die Nennung des Fundes erfolgt im Rahmen von Funden aus dem *Enelitico finale* und *primo Bronzo* (Lo Schiavo 2000, 30f.).

<sup>4147</sup> „Un dischetto decorativo di rame ed un anellino d'argento sono stati trovati nello scavo con accettine di pietra levigata, punze di freccia di selce e di ossidiana, due microliti geometrici di ossidiana e con frammenti ceramici Ozieri e Filigosa-Abealzu.“ (Lo Schiavo 1989, 283 mit weiterer Literatur).

<sup>4148</sup> „In addition to the fragments of crucible mentioned before, there are some artefacts in metal from the excavations at Monte d'Accoddi; these are still unpublished and have not been dated, even if objects in copper or bronze are present from the deepest strata onwards. From the Contu excavations, there are 14 awls; 8 fragments; a triangular dagger; 3 small, flat, simple hatchets; an axe-shaped pendent, all of “arsenical copper/bronze”; a small circular disc in silver; a small bowl and a fragment of lead; the shapeless lump of galena. A flat axe with large cutting edge has been attributed to a phase of Bonnanaro culture still under Beaker influence [...]. No metallurgical analyses have been performed. The material is substantially unpublished, apart from references in Contu [...].“ (Usai 2005, 270f. mit zahlreichen Literaturangaben, teils mit Inkonsistenzen zur Bibliographie: Contu 1996=1995).

<sup>4149</sup> Lo Schiavo 2005e.

<sup>4150</sup> Etwa Begemann u. a. 2001, 48 mit Fig. 4, SAS 3. 48f. mit Fig. 5. 60 Table 3; Lilliu 1988, 411-413 mit Fig. 148.

<sup>4151</sup> Über den Vergleich mit Axthacken Typ Jászladány etwa ließe sich ein Zeitansatz gewinnen, der am Übergang von Cucuteni A zu B liegt (Vulpe 1975, bes. 46-48. vgl. etwa Tafel 16. 18). Dies ist jedoch hypothetisch zu verstehen. Die Kontexte und das Material geben das nicht her. – Siehe Boroffka 2009.

<sup>4152</sup> 1921 soll der sog. Chilivani Hort, bestehend aus unterschiedlichen Metallgegenständen, darunter späte Formen wie Randleistenbeile und Speerspitzen mit Tüllen, sowie eine *maleppoggio* (Axthacke) und Drahringe usw., in einem großen Vorratsgefäß (H ca. 60cm) gefunden worden sein (Lo Schiavo 1988b, 85-90 Tav. I-VI). 1922 wurde er mit ursprünglich ungefähr 86 Gegenständen vom Museum zu Cagliari erworben und

sind teils unbekannter Herkunft<sup>4153</sup>. Auch wenn sicherlich eine Spätdatierung dieser Fundgattungen wahrscheinlich ist<sup>4154</sup>, so wäre dennoch aufgrund einer wahrscheinlich frühen „weltweiten“ Verbreitung ähnlicher kreuzschneider Axthacken in der zweiten Hälfte des 5. Jt. (Südosteuropa, Vorderer Orient?) und der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. (Kaukasus, Zentralasien?)<sup>4155</sup> eine gute Materialvorlage der sardischen Schwergewichte und ihrer Kontexte wünschenswert, falls sich doch unerkannte frühe Objekte darunter befänden. Abweichend von anderen Regionen bestehen in Sardinien die Gussformen, soweit diese überhaupt bekannt sind, allerdings aus Stein<sup>4156</sup>. Frühe Bronzen sind bekannt, und über oben kurz angerissene mögliche Kommunikationsnetzwerke ließen sich folgeschwere Verbindungen zeichnen (vgl. Kap. IV.1.3.1).

Für Sardinien wird der bemerkenswerte Umstand genannt, dass auch in späterer Zeit Schlacken äußerst selten und (meist) nur in geringsten Mengen zu finden sind<sup>4157</sup>. Als Erklärung dieses Befundes – diese wird für die Kupfermetallurgie unter Vorbehalt gesehen – wird verschiedentlich eine Aufarbeitung von Schlacken zu einem späteren Zeitpunkt angeführt<sup>4158</sup>. Für frühe Schlacken, die noch reich an Blei und Silber gewesen sein könnten, wird angenommen, dass diese evtl. unter späteren Schlacken römischer und mittelalterlicher Zeit lagen. Diese sollen im 19. Jh. n. Chr. aufgearbeitet worden sein<sup>4159</sup>. Die Schlackenarmut von Sardinien ist ein wichtiger Punkt, sie wird weiter unten noch einmal aufgegriffen. Die Verhüttungstechnik der Frühzeit ist nicht geklärt<sup>4160</sup>. Da die Befundlage zu möglichen Feuerungseinrichtungen und Tiegeln, etwa auch aus nuraghischer Zeit<sup>4161</sup>, unklar ist, lassen sich auch Verhüttungsverfahren des 3. und 2. Jt. v. Chr. bislang kaum rekonstruieren<sup>4162</sup>. Änderungen

---

inventarisiert. 1987 wurden vom Ozieri Museum 7 weitere Funde von der gleichen Familie erworben, die auch zum ursprünglichen Fund gehören sollen: möglicherweise könnte der ursprüngliche Finder von jeder Objektgruppe ein Exemplar behalten haben. Darunter eine Axthacke, Doppeläxte und Tüllenspeerspitzen (Lo Schiavo 1988b, 90 Tav. VI, 4-10). Eine Rekonstruktion des Fundortes beider „Fundchargen“ erfolgt über den Besitz der Familie bzw. die Fundortangabe der Fundcharge von 1921. An der Fundstelle wurde nie nachgegraben. In der Nähe in der Lokalität Baldosa bei S. Luca wurde bei Grabungen eine nuraghisches Siedlung mit Werkstattbereich für Metallbearbeitung gefunden. Die Funde dieser Grabung umfassen Keramik, steinerne Gussformen usw. Lo Schiavo vermutet eine Produktion eines Großteils des Hortes in der Werkstatt dieses Fundplatzes. U. a. die Axthacke und zwei Dolche vom Cagliari Museum waren zum Zeitpunkt der Verfassung des Artikels, aus dem die hier vorgestellten Angaben stammen, nicht auffindbar. Eine Datierung über den Vergleich mit zyprischen Doppeläxten würde eine Datierung frühestens etwa im 12. Jh. v. Chr. zulassen. Über Typen wie die Meißel wird eine Produktion im 11. bis frühen 10. Jh. v. Chr. angenommen. Alle Angaben nach Lo Schiavo 1988b.

<sup>4153</sup> Lilliu 1988, 412 Figura 148 mit Bildunterschrift.

<sup>4154</sup> Die Kontexte sind für sardische Verhältnisse nicht unüblich unsicher und nicht unschwer eruierbar (siehe etwa die Funde in Lo Schiavo 2000, etwa 42. 143. 144.; Lo Schiavo 2005c). – Zu einer Spätdatierung Boroffka 2009, 251.

<sup>4155</sup> Boroffka 2009, bes. 250 Fig. 4. 254.

<sup>4156</sup> Boroffka 2009, 246.

<sup>4157</sup> (Auch zu Beispielen:) Lo Schiavo 2005c, 292f.; Lo Schiavo 2005b, 286.

<sup>4158</sup> Lo Schiavo 2005c, 292. Lugliè – Lo Schiavo 2009, 257f.; Maddin 2009, 493; Atzeni u. a. 2005, 137. – Zu Schlacken/verschlacktem Material siehe etwa auch Begemann u. a. 2001, 45. 47 mit weiterer Literatur; Atzeni u. a. 2005, 137-140. 154. bes. 137 mit weiterer Literatur. – Zum Forschungsstand bzw. mangelnden Fund- und Befundbestandes des Bereiches der extraktiven Metallurgie vgl. auch die Bemerkung bei Begemann u. a. 2001, 73.

<sup>4159</sup> Atzeni u. a. 2001, 137; Lugliè – Lo Schiavo 2009, 257f.

<sup>4160</sup> Dazu etwa Lo Schiavo 1989, 287.

<sup>4161</sup> Lo Schiavo 2005c, 293f.

<sup>4162</sup> Lo Schiavo 2005c, 291f.; Lo Schiavo 2005b, 286; Badas 2005. – Zu Schlacken Lo Schiavo 2005c, 292f. mit Verweis auf Archaeological files 24, 26, 34 im selben Band (Lo Schiavo u. a. 2005); Lugliè – Lo Schiavo 2009, 260; – Wenige Steinstücke von Santu Antiogu-Villanovaforru zeigen eine Erhitzung auf über 1100 °C und werden als Hinweis auf einen Ofen gesehen (Lugliè – Lo Schiavo 2009, 260) – vermögen aber nicht zu überzeugen (siehe zu den Analysen Atzeni u. a. 2005, 154).

in der extraktiven Metallurgie deuten sich durch das Aufkommen verschiedener Barrenformen an und ließen sich vielleicht über eine Untersuchung der Metallzusammensetzungen der Artefakte nachzeichnen<sup>4163</sup>. Für Metallfunde (sowie tatsächliche Überreste der Metallurgie<sup>4164</sup>) aus gesicherten Ozieri und Sub-Ozieri Zusammenhängen scheinen keine Analysen vorzuliegen<sup>4165</sup>. Mögliche frühere Hinweise auf Metallnutzung sind problematisch (s. o. Beginn der Metallurgie). In Sardinien soll sich das weltweite Entwicklungsschema der Metallurgie nachvollziehen lassen, das eine Abfolge von Kupfer, über Arsenkupfer bis zu Bronze beinhaltet<sup>4166</sup>. Arsenkupferfunde sollen in Sardinien recht selten sein<sup>4167</sup>. Inwieweit dieser Befund ein Artefakt der Forschungsstrategie ist, muss weiter geprüft werden: Denn vorbronzezeitliche Artefakte Sardiens scheinen kaum beprobt zu sein, insbesondere die frühesten Artefakte sind nicht analysiert, und neuere Untersuchungen früher Artefakte zeitigen Arsenkupfer<sup>4168</sup>. Die folgenden Betrachtungen sind eher cursorischer Natur, fehlen doch Analysen der im Rahmen dieser Arbeit wichtigen frühen Objekte. Sie können aber einen Ausblick geben und auf Probleme aufmerksam machen, die weitergehende Aussagen erschweren. So stellen Atzeni und Kollegen bei der Besprechung von Dolchen mit geringen As-gehalten (weniger als 3 %) und des Dolches von Janna Ventosa (Nuoro; Dat. Monte Claro) mit bis 7 % As (Patina bis 20 % As) fest, dass die Legierungen recht rein sind<sup>4169</sup>. Ein Dolch aus Frommosa (Villanovatulo, Nuoro; Dat. Bonnanaro) mit 3 % (As?) enthielt wenig Bi und Sb, beide Elemente sind in sardischen Erzen häufig, und Schwefel wurde festgestellt; dies wird als Hinweis auf die Verhüttung schwefelhaltiger Erze gesehen<sup>4170</sup>. Die Eisengehalte dieser Objekte sind durchweg als niedrig zu bezeichnen. Atzeni und Kollegen bemerken bezüglich des niedrigen Eisengehaltes weiterer Funde, dass eine Verhüttung eisenarmer Erze oder ein Prozess ohne den Zusatz eisenhaltiger Flussmittel anzunehmen ist<sup>4171</sup>. Weiter stellen sie fest, dass die Ochsenhautbarren der späten nuraghischen Bronzezeit<sup>4172</sup>, welche höchstwahrscheinlich durch einen schlackenbildenden Prozess aus Chalkopyriten gewonnen wurden, meist lediglich Fe-gehalte im Bereich von mehreren hundert ppm, meist unter 0,1 % (parts per million, 10000 ppm =1%; 1000 ppm =0,1%) aufweisen; sie enthalten nur selten mehr Fe und andere Verunreinigungen<sup>4173</sup>. Craddock und Meeks<sup>4174</sup> erarbeiteten für den östlichen Mittelmeerraum einen Wert von etwa 0,3 % Fe in Kupfer als Indikator für schlackenbildende Prozesse (mit eisenhaltigen Chargen bzw. dem Zusatz von Flussmitteln; s. Kap. II.2.5.3). Es handelt sich also um Prozesse bei höheren Temperaturen mit eisenhaltigen Schlacken. Dies würde auf den ersten Blick nahelegen, dass in Sardinien insbesondere auch in späterer Zeit ein Verfahren ohne Schlackenbildung Anwendung fand. Daraus ergeben sich auch

<sup>4163</sup> Vgl. Lo Schiavo 2005b, 286; Lo Schiavo 2005c, bes. 292-294.; Lo Schiavo u. a. 2005.

<sup>4164</sup> Vgl. Melis 2009, 94.

<sup>4165</sup> Vgl. Atzeni u. a. 2005 und zum Forschungsstand Lo Schiavo u. a. 2005 sowie Melis 2009, 85. 87.

<sup>4166</sup> Atzeni u. a. 2005, 115. 118.

<sup>4167</sup> Begemann u. a. 2001, 74. Aussage nach dem Zitat. Nach Ausweis der Titel der an dieser Stelle zitierten Literatur zu Analysen scheint es sich meist um Bronzen und Barren zu handeln. Dem wurde aber nicht weiter nachgegangen. – Folgender Titel zu Arsenkupfer in Sardinien konnten nicht eingesehen werden (Zitat nach Bibliographie Lugliè – Lo Schiavo 2009): Cincotti A. M., Demurtas G., Lo Schiavo F. 1998, Copper-arsenic in the prehistory of Sardinia. Archaeometric determinations, BUMA IV, May 25-27, 1998, Matsue, Shimane, Japan, pp. 159-164.

<sup>4168</sup> Vgl. Begemann u. a. 2001, bes. 74; Lo Schiavo 2005d, bes. 282 Tab. 1. 383 Tab. 2. 384 Tab. 3; Atzeni u. a. 2005.

<sup>4169</sup> Atzeni u. a. 2005, 118f. bes. 119.

<sup>4170</sup> Atzeni u. a. 2005, 119 (cave bei den Angaben der Größenordnungen der Nebenelemente).

<sup>4171</sup> Atzeni u. a. 2005, 121. – Aufgrund relativ gesehen höherer Gehalte an Bismut und Antimon, im Vergleich zu Ochsenhautbarren, werden als Erze Covellin (CuS), Chalkosin (Cu<sub>2</sub>S), Tennantit (Cu<sub>3</sub>(As,Sb)S<sub>3</sub>), Enargit (Cu<sub>3</sub>AsS<sub>4</sub>) sowie ihre Verwitterungsprodukte vorgeschlagen (nach Atzeni u. a. 2005, 121).

<sup>4172</sup> Zur Problematik der Datierung siehe etwa Begemann u. a. 2001, 73. bes. 73.

<sup>4173</sup> Atzeni u. a. 2005, 121. – Es gibt Ausreiser nach oben (vgl. etwa Begemann u. a. 2001, 50. 52 Table 1).

<sup>4174</sup> Craddock – Meeks 1987, 187-191 mit Table 1; bes. 190. 193. 202; Craddock 1995, 137-140.

Implikationen für die Erzauswahl und die Art der Verhüttung. Die aus den Metallanalysen verschiedener Kupferobjekte und Barren ableitbaren Aussagen sprechen im ersten Moment also eher für ein schlackenloses Verfahren. Diese Feststellung würde sich auch gut mit der beobachteten Schlackenarmut auf Sardinien in Deckung bringen lassen und sie damit erklären. Die schwierig zu klärende Frage nach der Herkunft der auf Sardinien gefundenen Ochsenhautbarren, die oft mit Zypern beantwortet wird<sup>4175</sup>, bleibt dabei außen vor<sup>4176</sup>. Aber auch Ochsenhautbarren aus anderen Fundregionen haben eher auffallend niedrigere Eisengehalte<sup>4177</sup>, als bei einem schlackenbildenden Verfahren zu erwarten wären, und hier bleiben Fragen offen. Zwar gelten die Ochsenhautbarren gemeinhin als aus dem Ofen geschmolzen<sup>4178</sup>. Die teilweise lagig aufgebauten, oftmals porösen und kupferoxidreichen Ochsenhautbarren könnten aber auch eine (vor)raffinierte Handelsform wie Schwarzkupfer sein, das zum Teil das durch Kupfer- bzw. Matteblasen gewonnene Ergebnis eines oder mehrerer Schmelzvorgänge darstellt<sup>4179</sup>. Mögliche Ochsenhautbarrenfragmente Sardinens mit poröser Struktur sind teils ungemein eisenreich<sup>4180</sup>. Eine Probenmenge von planokonten Barren Sardinens hat schwankende Fe-Gehalte von teils etwa 0,05–0,6 %<sup>4181</sup>. Diese liegen häufiger (vor allem im Vergleich zu Ochsenhautbarren<sup>4182</sup>) im höheren Bereich. Dazu passt die Feststellung, dass die planokonten Barren *aus dem Ofen geschmolzen wurden*<sup>4183</sup> bzw. dort entstanden sind. Die alternierenden Fe-Gehalte könnten auf unterschiedliche Behandlungen des Metalls in einer Zeit hinweisen, in der tendenziell eher schlackenbildende Verfahren eingesetzt wurden. Metallgegenstände Sardinens wiederum, meist Bronzen, zeigen unterschiedliche, oftmals auch sehr niedrige Gehalte an Eisen und anderen Elementen, die möglicherweise durch eine Raffination bedingt sind, und gleichzeitig sind auch höhere Eisengehalte zu beobachten, die auf eine schlackenbildende Verhüttung hinweisen<sup>4184</sup>. In der Tendenz lässt sich also ein schlackenbildendes Verfahren für spätere Zeiten (auf Sardinien) erschließen, wenn von der ungeklärten Herkunft des Kupfers abgesehen wird. Hinweis auf eine teils bewusste Raffination bzw. Legierung bestimmten Kupfers stellt eine kleine Probenmenge analysierter Bronzegegenstände bei Atzeni u. a. (2005, 124 Table 5) dar: hier korreliert ein niedriger Zinngehalt (3,1–5,6 %) mit niedrigen Fe- (0,02–0,28 %) und teils auch niedrigen Zn- und Sb-Gehalten; die stärker mit Zinn legierten Objekte (8,1–10,7 %) haben höhere Fe-Gehalte (1,2–1,7 %) und sind möglicherweise aus unraffiniertem Kupfer hergestellt oder aber einem anderen Herstellungsprozess geschuldet. Verhüttungsnahe Kupferfunde (etwa in Schlacken eingeschlossen), Schlacken an sich, Erzfunde und technische Installationen aus Kontexten extraktiver Metallurgie würden bessere Informationen zum Verhüttungsprozess selbst liefern. Zu Analysen von

---

<sup>4175</sup> Begemann u. a. 2001, 44f. 58. 65-71. 73f.; Gale u. a. 1997, bes. 115.

<sup>4176</sup> Begemann u. a. 2001, 44f.

<sup>4177</sup> Siehe etwa die Analyseergebnisse von Ochsenhautbarren bei Kassianidou 2009. Sowie den gleichen Band inkl. CD-ROM.

<sup>4178</sup> Maddin 2009, 493.

<sup>4179</sup> Vgl. dazu Begemann u. a. 2001, 51; Maddin 2009, bes. 492-494.

<sup>4180</sup> Begemann u. a. 2001, 57 „In the case of the Pattada specimens, classified as oxhide ingots, early production by relatively inexperienced craftsmen is perhaps indicated by the very poor casting quality. Drilling into the ingots upon taking samples for our investigations indicated a spongy and porous texture rather than solid metal. Indeed, the bulk density of 16B is some 25 per cent lower than that of solid copper (6.5 g/cm<sup>3</sup> as compared to 8.9 g/cm<sup>3</sup>) and that of 16C is only half that of massive copper. “ Exemplar 16 C hat ca. 6% Fe (Begemann u. a. 2001, 52 Table 1).

<sup>4181</sup> Begemann u. a. 2001, 53 Fortsetzung von Table 1.

<sup>4182</sup> Vgl. dazu bzw. dagegen Begemann u. a. 2001, 51. 78 Anm. 4.

<sup>4183</sup> Maddin 2009, 493: „Recent studies of both the bun and Uluburun oxhide ingots, however, show some evidence that the bun ingots also were cast from the smelting furnace [...]“.

<sup>4184</sup> Siehe etwa Lo Schiavo 2005d, 382 Tab. 1. 383 Tab. 2. 384 Tab. 3; Begemann u. a. 2001; Atzeni u. a. 2005.

präaurighischen Kupfer- und Arsenkupferfunden sowie Silberfunden Sardinien siehe etwa Atzeni u. a. 2003.

Auf Korsika, das eine lange Tradition von kulturellen Beziehungen mit Sardinien hatte und auch in das Obsidiannetzwerk eingebunden war<sup>4185</sup>, ist nach derzeitigem Kenntnisstand durch den Fundort Terrina IV (Aleria) mit Kupferobjekten (Ahle aus Arsenkupfer), einem Tuyèrefragment, Tiegeln und Schlacken eine Verhüttung um die Mitte des 4. Jt. oder spätestens im ausgehenden 4. Jt. v. Chr. anhand von Radiokarbonaten nachgewiesen<sup>4186</sup>. Die lokale Lagerstätte von Linguizetta soll ausgebeutet worden sein. Der Fundort gehört zur Terrinien Kultur. Für die Keramik dieser Kultur werden Analogien zu Keramik von Sub-Ozieri und Filigosa genannt, deren Tiegel mit dem von Terrina verglichen werden<sup>4187</sup>. Die Tiegel werden weiter mit solchen vom frühbronzezeitlichen Festland- und Inselgriechenland und aus dem chalkolithischen Meser im südlichen Palästina sowie weiteren Fundorten und -regionen verglichen, und dabei wurden Konvergenzen ebenso wie wandernde Handwerker für ihre Verbreitung in Betracht gezogen<sup>4188</sup>. In diesem Zusammenhang wird auch die schnelle Ausbreitung der Arsenkupfermetallurgie angeführt<sup>4189</sup>. Frühe Silberobjekte sind auf Korsika trotz der engen Beziehungen zu Sardinien nicht bekannt<sup>4190</sup>.

#### **IV.9. Legierungserzeugung und Silbermetallurgie im 5. und frühen 4. Jt. v. Chr. – Zusammenfassung**

Metalle sind Erzeugnis einer Technologiekette. Um die Technologie zu charakterisieren, werden die Metalle sowie ihre Entwicklung in Kommunikationsräumen und -netzwerken betrachtet, die gleichsam Horizonte darstellen. Beim Versuch Kommunikationsräume bzw. -horizonte der Nutzung verschiedener Kupfersorten und der Silbermetallurgie zu beschreiben, wird die metallurgische wie kulturelle Entwicklung dabei gewissermaßen als Kontinuum betrachtet. Dabei ist der archäologische Kulturbegriff als ordnendes Hilfsmittel zu sehen. Die archäologische Definition von Kulturen und Gruppen führt zu Abgrenzungen, die auf tatsächlichen Charakteristika beruhen, aber auch solchen Abgrenzungen, die nur auf scheinbaren, durch die archäologische Auslegung hervorgerufenen Unterschieden fußen. Die Horizonte sind damit Artefakte, Hilfsmittel zur Beschreibung der historischen Wirklichkeit.

##### **IV.9.1. Ostmitteleuropa, Balkan, Ägäis (Südosteuropa) und Osteuropa sowie Zypern**

Nach einem sich ab der zweiten Hälfte des 6. Jt. v. Chr. steigernden Vorlauf mit kleineren Formen sind Schwergeräte aus Reinkupfer bereits im frühen 5. Jt. v. Chr. in Südosteuropa und insbesondere auf dem Balkan verbreitet. Zumindest ein Teil dieser Objekte dürfte aus verhüttetem Metall bestehen. Nachweise von Verhüttung stammen neben weiteren Fundorten aus Belovode, Pločnik und Selevac. Dabei könnte in Belovode extraktive Metallurgie noch im ausgehenden 6. Jt. v. Chr. nachgewiesen sein.

---

<sup>4185</sup> Melis 2009, 87. 94.

<sup>4186</sup> Camps 1988a; Lo Schiavo 2005c, 293 Anm. 5; Lo Schiavo 2003, 601; Lo Schiavo 2000, 28; Roberts 2009, 131; Melis 2009, 94; RIA 8 (1993) 119-136 s. v. Metalle. B (J. D. Muhly), 126 (hier auch zur Datierung mit kalibrierten Radiokarbonaten).

<sup>4187</sup> Melis 2009, 94.

<sup>4188</sup> Mit weiterer Literatur RIA 8 (1993) 119-136 s. v. Metalle. B (J. D. Muhly), 126; Camps 1988a, 240f.; Camps 1988b, 129f.

<sup>4189</sup> Kritisch dazu, dass die Ausbreitung der Tiegel durch wandernde Handwerker erfolgt sein könnte, aber zur Verbreitung von Arsenkupfer, siehe RIA 8 (1993) 119-136 s. v. Metalle. B (J. D. Muhly), 126.

<sup>4190</sup> Roberts 2009, 131.

Mit dem Abbau von Erzen in balkanischen Lagerstätten ist ebenfalls bereits im 6. Jt. v. Chr. zu rechnen. Das Material aus frühen Verhüttungszusammenhängen – als Erze dienten Kupfercarbonate wie Malachit und Azurit – stellt sich teils als poröse Masse mit Spuren von Hitzeeinwirkung dar. Kleinteilige, in geringer Menge vorkommende Schlacken im Zusammenhang mit Verhüttung tragen Kupfereinschlüsse (*prills*). Tiegel sind umstritten und Grubenöfen werden veranschlagt. Unklar ist dazu die Funktion keramischer Zylinder, die möglicherweise als Kamin fungierten (Taf. 13, 1. 2). Eine Reduktion des Kupfers in noch festem Zustand wird rekonstruiert. Das poröse Erzmaterial mit Anzeichen von Hitzeeinwirkung kann weiter auf ein Ausschmelzen der Wertträger hindeuten.

Für den Beginn der karpato-balkanischen Metallurgie gilt die Nutzung von Reinkupfer als charakteristisch. Dem wird die die Verhüttung reiner oxidischer Erze und/oder die Verwendung von gediegen Kupfer zugrunde gelegt. Später setzen sich Arsenkupfer immer mehr durch. Diese sollen auf der Basis verunreinigter Erze stehen. Noch später sollen Fahlerzkupfer auf sulfidischer Erzbasis aufkommen. Dieser gedachte Gang der Metallurgie bleibt in Teilen zu hinterfragen. So ist etwa bereits im 5. Jt. v. Chr. auch das Auftreten von Bronzen mit 6-10% Sn etwa aus Gumelnița/Karanovo VI-Zusammenhängen zu verzeichnen. Weitere frühe Bronzen (u. a. Dolch und Hammeraxt) könnten etwa mit der Bodrogresztúr- und auch Tiszapolgár-Kultur zu verbinden sein. Anhand einer zinnhaltigen Knaufhammeraxt könnten sich Verbindungen bis Anatolien ziehen lassen. Über die Funde zinnhaltiger Schlacke aus möglichen Lengyel-Kontexten des Gräberfeldes Zengövárkony, weitere mögliche frühe Zinnbronzen und kleine, möglicherweise aus Jadeit bestehende Beilklingen reicher Gräber der frühen Lengyel-Kultur desselben Gräberfeldes lassen sich vielleicht mittelbare geographische Anknüpfungspunkte zu kreuzschneidigen Schaftlochäxten mit Zinngehalten aus Italien gewinnen. Ob ihrer Zinngehalte werden Letztere zwar nicht für alt erachtet, aber eine positive Identifikation von Jadeit würde zumindest alte Kommunikationsnetze eindeutig belegen. Weitere frühe Versuche der Zinnlegierung oder Bronzeverwendung könnten mit Artefakten nachzuzeichnen sein, welche der sog. Übergangsperiode der Protobronzezeit zugewiesen werden.

Ein Anfangsverdacht für die Nutzung sulfidischer Erze auf dem Balkan noch in der ersten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. ist gegeben. In der zweiten Hälfte des 5. und dem beginnenden 4. Jt. v. Chr. ergeben sich Hinweise auf die Verhüttung (teil-) sulfidischer Erzchargen mit *co-smelting* Reaktionen. Tiegel sind belegt. Dabei könnten anhand der Randmorphologie der Tiegel von Dolnoslav in Ostbulgarien Deckel zu erschließen sein. In dortiger Schlacke befinden sich Kupfertropfen mit Sulfidhüllen. Weiteres Indiz für eine Verhüttung (teil-) sulfidischer Erze auf dem Balkan während der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. stellen Nachweise von Sulfidgehalten in Kupfer dar.

Die vorwiegende Verwendung (verschiedener) reiner Kupfer sowie der Formenbestand an Schwergewichten und zumeist goldenen Ringanhängern konstituieren Chernykh's 'Karpato-Balkanische Metallurgieprovinz' (KBMP). Die Verbreitung von Kupfer soll hier ihren Ausgang genommen haben und den nordpontischen Raum bis an die Wolga aber – punktuell – auch Mittel- und Westeuropa erreicht haben. Richtung Osten bestehen Schwierigkeiten bei der Bewertung der Rolle des Komplexes Cucuteni-Tripol'e hinsichtlich der Metallurgie. Aus (späteren) Cucuteni-Tripol'e Siedlungen liegen Schlacken, Tiegel und Kupferperlen (*prills?*) vor, und damit ist mutmaßlich eine eigenständige extraktive Metallurgie zu erschließen. Mit der Cucuteni-Tripol'e Kultur verbindbar ist noch in der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. die mögliche Verwendung von Kupfersilberlegierungen (Truşeşti [Kat. 12]; Poduri [Kat. 5]). Neben Silberfunden (vgl. Kat. 14, a–d) liegen weitere Kupfersilberlegierungen im nordpontischen Bereich spätestens in der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. vor (Nezvisko [Kat. 13]; Terny [Kat. 14,a]). Während das Aufkommen von Arsenkupfer wie auch Silber mit der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz verknüpft wird, und uns dieses System um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. entwickelt entgegenzutreten soll, dürften sich diese Entwicklungen aber früher entsponnen

haben. Auch zeigen sich Kontinuitäten der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz. Dem Aufbau von Lagerstätten könnte untergeordnet insofern eine Rolle zukommen, als dass wohl nicht alle Lagerstätten des Balkans zur Erzeugung legierter Kupfer in Betracht kommen. Während meist polymetallische Erze für die Erzeugung der verunreinigten Kupfer verantwortlich gemacht werden, und arsenreicheres Kupfer dabei einer gezielten Auswahl der Erze geschuldet sein soll, ist wohl gleichzeitig der Verhüttung mehr Einfluss einzuräumen: Indizien für ein Anreicherungsverhalten von Elementen wie vornehmlich Arsen und vielleicht Antimon durch Einflüsse unterschiedlicher Verhüttungsmethoden ergeben sich im Vergleich zeitgleicher Kupfersorten (Cluster) von Bodrogkeresztúr und Bubanj Hum. Auch die Abgrenzung zu spätbronzezeitlichem bulgarischem Kupfer unterstützt diese Feststellung. Zunächst Temperatur- und Schmelzpunktunterschiede, weiter vielleicht Zementationsprozesse oder folgend eine Auswahl von Kupfertropfen nach Legierungsgrad könnten für die Anreicherung verantwortlich zu machen sein. Kupfer in der Art von Mondseekupfer ist – zumindest vereinzelt – ab der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. in Südosteuropa belegt. Ein Teil der Funde einer sog. Protobronzezeit der ersten Phase – der sog. Übergangsperiode – wird (zeitlich) mit der Bodrogkeresztúr-Kultur verknüpft. Funde wie insbesondere Flachbeile aber auch Schaftlochhäxte sind aus sich heraus kaum datierbar. Die Datierung einiger Flachbeile erfolgt teilweise unter Verweis auf ihren Arsengehalt (und den Verweis auf Mitteleuropa). Unklar bleibt dabei, inwieweit durch etwaige Umdatierungen kultureller Horizonte aber auch von Fundgattungen ein früherer, breiterer Beginn der Arsenkupfermetallurgie in Betracht zu ziehen ist. Formen wie die in Südosteuropa meist aus Gold bestehenden Ringanhänger lassen sich mit Griechenland in Räume verfolgen, in denen Kupellation möglicherweise schon im späten 5. Jt. v. Chr. zu erschließen ist; Ringanhänger nebst wahrscheinlicher Beifunde bestehen teilweise auch aus Silber (Kat. 8–10). Ebenfalls aus Silber bestehen dabei zwei Blechanhänger in Form verdoppelter Ringanhänger aus dem ungarischen Tiszalúc-Sarkad (Kat. 7). Sie gehören mit der Hunyadi-halom-Kultur Horizont an, der auf die Bodrogkeresztúr-Kultur folgt. Aufgrund des Zinkgehaltes bestehen sie vermutlich aber aus unkuPELLIERTEM Silber. Räumlich schließt sich ihre Verbreitung mit dem des etwa zeitgleichen, korrespondierenden Systems der Buckelscheiben weitgehend an (vgl. Taf. 18, 2). Im Verbreitungsgebiet der Buckelscheiben ist mit der Scheibe von Štramberg (Kat. 6) ebenfalls Silber verbreitet; die Herstellungstechnik ist ungeklärt. Derweil deutet sich eine mit den Buckelscheiben zeit- und raumgleiche Verwendung niedrig legierter Kupfer an. Im ägäischen Raum, der einen Teil des Verbreitungsgebietes der Ringanhänger darstellt, bestehen diese teilweise aus Silber. Dort ist die Kupellation für einige, mutmaßlich zeitgleiche Silberfunde aufgrund der Zusammensetzung anzunehmen. Lithargefunde belegen dort die Kupellation direkt ab spätestens dem frühen 4. Jt. v. Chr. Karpato-balkanische Traditionen zur Zeit der KBMP oder deren Nachwirken zur Zeit der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz über das Kerngebiet der KBMP hinaus lassen sich im west- und zentralanatolischen Bereich nachverfolgen. Funde von steinernen und metallenen – teilweise auch silbernen und bleiernen – Ringanhängern sowie weitere Silberfunde sind aus İkištepe (Kat. 26), Alişar Höyük (Kat. 23), Kuruçay, Göller (Kat. 25) und aus weiteren Fundorten bekannt, als Funde von Trabzon wird ein Konvolut aus dem Kunsthandel bezeichnet, das ebenfalls dieser Zeit zugeordnet wird. Die Datierung dieser Funde ist meist problematisch. In die Mitte des 4. Jt. v. Chr. wird eine steinerne Gussform für Ringanhänger aus Çamlıbel Tarlası datiert. Die Verwendung von Arsenkupfer und Dolchen in Ilipinar wird mit Entwicklungen in der *Protobronzezeit* Bulgariens verglichen. Unter Umständen lassen sich Ringanhänger in etwa zur gleichen Zeit wie die in Griechenland zu erschließende Kupellation über einen steinernen Fund aus Tell Ğudeide (Amuq Phase F) bis Obermesopotamien verfolgen. Im Milieu von Amuq F Obermesopotamiens sind die Gewinnung von Silber mittels Kupellation wie auch eine Arsenkupfermetallurgie spätestens von der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. an bekannt. Weiter ergeben sich in diesem Milieu erste vage Hinweise auf die

Nutzung von Fahlerzen sowie die Gewinnung von Metall bzw. Legierungen – es gibt dazu Goldsilber- und wohl auch Kupfersilberlegierungen – aus Sulfidphasen.

Am sog. Komplex früher Ockergräber in den nordpontischen Steppen lassen sich Kontaktnetzwerke ablesen und die Verbreitung von Metall beobachten. Die zumindest untergeordnete Verwendung von Kupfer mit Arsengehalten könnte noch im späten 5. Jt. v. Chr. nachzuvollziehen sein (Giurgiulești). Ein Teil dieser Gräber führt auch Eberhauer, wodurch sich deren Verwendung etwa zeitgleich wie auch im Milieu von KGK VI, Hamangia, Lengyel, Bodrogkeresztúr in Richtung Osten bis in den Nordkaukasus nachweisen lässt. Für den nordkaukasischen Raum wiederum werden auch karpato-balkanische Einflüsse in der Metallurgie diskutiert. Im heutigen Bulgarien fanden sich an mehreren Fundorten mondsichelartige Metallobjekte, teilweise Eberhauerimitate, und wahrscheinliche Beifunde aus Silber, Gold und Elektron (Kat. 1–4). Sie stammen u. a. aus Höhlen und lassen sich aufgrund allgemeiner Überlegungen in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. oder früher datieren. Einen Vergleich finden sie in einem Zierblech aus dem Hortfund von Stollhof (Wende 5. zu 4. Jt. v. Chr.), von wo auch eine silberne Buckelscheibe vorliegt. Mit einem dieser Objekte aus dem Hort von Panajot Chitovo fanden sich vier silberne Armringe mit verdickten Enden. Nahezu idente, ebenfalls silberne Armringe gleicher Anzahl liegen aus der Alepotrypa Höhle (Kat. 8) vor, aus der auch ein silberner Ringanhänger bekannt ist. Goldsilberlegierungen der Levante stammen mit Naḥal Qanah ebenfalls aus einer Höhle. Eine weitere Höhle, nämlich die von Naḥal Mišmar, zeitigte neben sog. *prestige metals* (Cu-As-Sb-[Ni-] Legierungen) durchlochte Eckzähne von Flusspferden, die an die gelochten Eberhauerimitate des Balkans erinnern. Diese Funde und Metalle der Levante sind noch in die zweite Hälfte des 5. Jt. v. Chr. zu datieren. Höhlen, häufig als Sedimentfallen, bieten zum einen überragende Überlieferungsbedingungen. Zum anderen könnte sich das Aufsuchen von Höhlen in Südosteuropa und darüber hinaus während des 5. und 4. Jt. v. Chr. auch als typisch für den kulturellen Habitus darstellen. Ebenso scheint die Symbolik von Eckzähnen gefährlicher Tiere oder metallenen Imitaten derselben in diesen Räumen geteilt worden zu sein. Damit könnten großräumige Ideenkreise sichtbar werden.

#### ***IV.9.1.1. Festlandgriechenland und Ägäis mit Kreta***

In der Ägäis ist erstes Metall im dortigen Spätneolithikum (5500–4500 v. Chr.) zu verzeichnen. Darunter sind auch Dolche. Eine Nutzung von gediegen Kupfer oder die Verhüttung reiner Erze wird diskutiert. Zu den frühesten Metallfunden der nördlichen Ägäis, Westanatoliens und Kretas sind Flachbeile/Meißel zu zählen. Aus Sesklo stammt auch frühes Gold. Für das folgende Endneolithikum bzw. Chalkolithikum besonders in der Ägäis werden quellenkritische Probleme bei der Überlieferung deutlich, und eine Bedeutung von Höhlen könnte sich abzeichnen. Das erste Auftreten von Dolchen wird meist mit dieser Zeit verknüpft. Auch ein Aufschwung der Metallurgie und die Verwendung von Gold, Silber und Blei wird in dieser Zeit gesehen. Einige Hinweise auf extraktive Metallurgie sind gegeben. Eine beginnende Nutzung von Arsenkupfer soll sich nachzeichnen lassen. Dabei finden sich Dolche, legierte Kupfer und Silber bereits seit dem *Late* oder *Final Neolithic*. Absolutchronologisch sind erste niedrig mit Arsen legierte Kupfer wahrscheinlich spätestens im ausgehenden 5. Jt. v. Chr. zu verorten. Aus der Tharrounia Höhle liegt dabei neben zwei Nadeln ein Dolch vor. Bei den mit Arsen legierten Kupfern lassen sich teils niedrige Fe-Gehalte und erhöhte Pb-Gehalte beobachten. Ein Ausschmelzen nach Schmelzpunktunterschieden könnte sich andeuten (vgl. aber auch Sitagroi). Mit Material aus metallurgischem Zusammenhang aus Sitagroi III können vorläufig folgende Beobachtungen gemacht werden: Deckel liegen vor, jedoch bleibt der Befund unklar. Mögliche *prills*, die in Zusammenhang mit dem Guss von Kupfer gebracht werden, könnten auch einer Verhüttung entstammen. Sulfidgehalte in Kupferobjekten aus Sitagroi III weisen auf die Verhüttung (teil-) sulfidischer Erzchargen hin. Metallische Einschlüsse aus Kupfer, die mutmaßlich einer Schlacke von



Sitagroi II zuzuordnen sind, enthalten Arsen, Silber und Gold; Einschlüsse aus Silber enthalten einiges Kupfer. Bei einer diachronen Betrachtung der Metallurgiebelege Sitagrois – ihre mutmaßliche Zeitstellung ist jedoch außerordentlich früh – könnten sich Anhaltspunkte für die Gewinnung von Arsen-/Antimonmangellegierungen aus sulfidischen Phasen im Rahmen einer chalkolithischen Verhüttung gewinnen lassen. Mit diesem Herstellungsprozess oder dem Ausschmelzen nach Schmelzpunktunterschieden ließe sich mit leichten Einschränkungen hinsichtlich der Eisengehalte auch ein sog. Ringanhänger aus Emporio auf Chios erklären. Er wird *Late Neolithic* datiert und wegen seiner Zusammensetzung mit 24,26 % Sb, 4,15 % As, 3,9 % Pb, 2,56 % Ag 0,02 % Ni und 0,14 % Fe mit Objekten aus Naḥal Mišmar verglichen. Die Eisengehalte der spätneolithischen Kupfer und Legierungen sind relativ hoch (im Bereich von 0,X %). Während die Arsenkupfer der Frühbronzezeit sowohl eisenarm als auch eisenreich (0,0X-0,X %) sein können, liegen die Eisengehalte von Bronzen der Spätbronzezeit – vermutlich bedingt durch Änderungen in der Verhüttungstechnik – konsistenter im höheren Bereich von 0,X %.

Mit einer Datierung zum Ende des 6. Jt. v. Chr. wird eine Silbernadel aus Limenaria-Lioudas auf Thasos genannt. Eine Extraktion aus silberhaltigem Bleierz wird vermutet. Regelhafte Kupellationsbelege in Form von Bleiglätte aus Limenaria-Markoulis könnte ins beginnende 4. Jt. v. Chr. datieren. Weitere höchstwahrscheinlich frühe Silberfunde stellen Ringanhänger aus Höhlen dar (Kat. 8–10). Mit diesen zusammen wurden auch weitere Silberfunde und teils mögliche Metallurgiebelege bekannt. Ein kontextueller Zusammenhang ist wahrscheinlich, aber nicht sicher zu rekonstruieren. Eine Teil der Silberfunde beruht anhand von Analysedaten vermutlich auf einer Kupellation. Über Ringanhänger könnte sich bis Tell Ğudeide Phase Amuq F (s. o.) und damit bis in den Raum häckselgemagerter Keramikwaren Obermesopotamiens ein Horizont der Silbermetallurgie mit Kupellation nachverfolgen lassen. Neben dem Lithargefund von Limenaria-Markoulis aus dem frühen 4. Jt. v. Chr. scheint Litharge häufiger aus der zweiten Hälfte des 4. Jt. und dem 3. Jt. v. Chr. vorzuliegen. Silberfunde sind vermehrt ab dem frühen 3. Jt. v. Chr. überliefert. Ein Teil der Funde ist indes aufgrund der angestellten Vergleiche und Älterdatierungen schwierig auf einen Horizont festzulegen.

#### ***IV.9.1.2. Zypern***

Erste Metallfunde Zyperns werden um 3500 v. Chr. datiert. Der Beginn extraktiver Metallurgie auf Zypern wird meist im späten 3. Jt. v. Chr. verortet. Ein Aufschwung in der Metallgewinnung wird dann für die erste Hälfte des 2. Jt. v. Chr. konstatiert. Als Grund für das verspätete Aufkommen extraktiver Metallurgie wird eine Hürde gesehen, die aus der Verhüttung sulfidischer Erze resultierte. Diese technologische Hürde kann aber heute aus überregionaler Perspektive als hinfällig angesehen werden. Auch sind Erze der Oxidationszone wohl vorhanden, deren postuliertes Fehlen Überlegungen zur späten Annahme der extraktiven Metallurgie lange speiste. Gleichzeitig bleibt zu bedenken, dass nur wenige Fundorte des 4. Jt. v. Chr. bekannt sind. Neuere Forschungen müssen zeigen, ob der Kenntnisstand zur frühen Metallurgie Zyperns nicht als überholt zu gelten hat.

#### ***IV.9.1.3. Silber und Kupfersilberlegierungen an der Wende vom 4. zum 3. Jt. v. Chr.***

Kupfersilberlegierungen finden sich überregional in Südosteuropa und Obermesopotamien möglicherweise verstärkt in der Zeit des endenden 4. oder beginnenden 3. Jt. v. Chr. Die Herstellungstechnik kann derzeit nicht beurteilt werden. Weitere Funde von Kupfersilberlegierungen etwa gleicher Zeitstellung, ein Vergleich mit Arslantepe und Überlegungen zur dortigen Technologie könnten auf eine Gewinnung von Kupfersilberlegierungen durch Ausnutzung von Schmelzpunktunterschieden hinweisen. Darüber hinaus böten eine Gewinnung aus Fahlerzen und

weiter Speisen aus Sulfidphasen zusätzliche Erklärungsansätze. Neben weiteren Möglichkeiten ist auch eine Zulegierung von Silber nicht auszuschließen.

#### ***IV.9.1.4. Weiterer nordpontischer Raum im 4. Jt. v. Chr. und Entwicklungen im Vergleich zur vorangehenden Zeit***

Mit dem konzeptualisierten Ende der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz brechen nicht alle ihre Traditionen im nordpontischen Raum ab. So wird etwa die Erzbasis für den nordpontischen Raum aus dem Karpatenraum hergeleitet. Aber auch (spätere) Majkopelemente und Einflüsse aus dem Kaukasus lassen sich im Verlaufe des 4. Jt. v. Chr. im nordpontischen Raum beobachten. Gussformen für endständige Schaftlochäxte liegen vor. Silberfunde stammen aus Gräbern (Kat. 14, a–d). Ein Teil dieser Funde könnte noch in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. datieren. Frühe Silberfunde der nordpontischen Steppe und angrenzender Gebiete, die mutmaßlich um das bzw. vor dem frühen 4. Jt. v. Chr. datieren, bestehen wahrscheinlich häufig aus Kupfer-Silberlegierungen (s. o.; Kat. 14, a. 13. 12). Das Material der (wahrscheinlich) später datierenden Funde wird als Silber angesprochen, und die Zusammensetzungen analysierter Stücke weisen auf Kupellation hin. Für die Majkop-Kultur sind Silberfunde in der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. häufig. Unter Umständen lässt sich nach Umwälzungen um etwa 4000 v. Chr. die Verbreitung der Kupellation als einer neuen Silbertechnologie mit dem Horizont der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz verknüpfen, womit auch eine Ausbreitung von Arsenkupfer und Dolchen einhergeht. Dies könnte allerdings teilweise auch früher stattgefunden haben. Über das Gebiet von Tripol'e könnten Kontakte zwischen der Trichterbecher-Kultur und Majkop-Novosvobodnaja verlaufen sein, worauf die formenmäßig miteinander vergleichbaren Axtfunde von Reiffenhausen (Taf. 17, 5), Müsleringen und Klady (Kat. 18,f; Taf. 16, 1) hinweisen. Die Kupferaxt von Klady weist einen Bleigehalt von 30% und Silbertauschierungen auf. Dass auf dem Gebiet der Trichterbecherkultur auch Silber bekannt war, zeigen silberne Armringfragmente von Rudki (Kat. 11). Parallelen der Ausstattungsmuster von Usatovo-Gräbern zum Gräberfeld Remedello-Sotto werden genannt und könnten weitere Kontaktnetzwerke anzeigen. Eine Silbernadel aus Remedello-Sotto ist dabei mit ähnlichen Nadeln aus der späten Kura-Araxes-Kultur vergleichbar. Für das 4. Jt. v. Chr. deutet sich so insgesamt ein weiträumiges Kommunikationsnetzwerk an, das den nordpontischen Raum, den Karpaten-Balkanraum, Mitteleuropa und den Kaukasus umfasste, und in dem u. a. Silber und ähnliche Formen bekannt waren.

In der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. könnten sich unter Vorbehalt einer besseren Charakterisierung und Durchdringung der Metallzusammensetzung Änderungen nachzeichnen lassen, die überregionale Bezüge erlauben. Eine Einbindung des nordpontischen Raumes in die Zirkumpontische Metallurgieprovinz wurde vorgeschlagen. Die chemische Zusammensetzung von Kupfer ändert sich von Mittel- zu Spät-Tripol'e. Ein Wechsel der Erzquellen wurde dabei vermutet. Arsenkupfer aus Zusammenhängen der Usatovo-Gruppe wurden von Chernykh zunächst mit (trans-) kaukasischen und im Verlaufe weiterer Studien dann mit balkanischen oder ägäischen Lagerstätten verknüpft. Teilweise ist auch Arsenkupfer mit Nickelgehalten verbreitet. Arsenangereicherte Oberflächen von Dolchen werden auf eine inverse Oberflächensegregation oder auf Zementationsprozesse zurückgeführt. Aus Gräbern der Usatovo-Gruppe stammen silberne Ringe und Perlen (Kat. 15,a–f). In technologischer Hinsicht ist vielleicht auf ähnliche und annäherungsweise zeitgleiche Veränderungen in der Zusammensetzung wie bei kaukasischen Kupfern (Majkop und Kura-Araxes) aufmerksam zu machen. Diese hängen wahrscheinlich mit Änderungen in der Verhüttungstechnik zusammen.

Die überregionale Verwendung und das teilweise Nebeneinander verschiedener Kupfersorten während des 5. und 4. Jt. v. Chr. wurde zunächst (nur) auf unterschiedliche Lagerstätten zurückgeführt. Wegen neuerer Überlegungen zum Einfluss der Verhüttung auf die Metallzusammensetzung und neu

in die Diskussion eingebrachter Lagerstätten, könnte insbesondere Arsenkupfer aber auch auf Änderungen in der Verhüttungstechnik beruhen. So sollen sich auch kaukasische und balkanische Arsenkupfer ähneln. Eine aufgrund fehlender Untersuchungen noch ausstehende genauere Charakterisierung der Kupfersorten könnte Rückschlüsse auf die Herstellungstechnik erlauben. Indem sich verschiedene Kupfersorten nur hinsichtlich des Arsengehaltes unterscheiden, könnten sich Anhaltspunkte für Anreicherungsprozesse auf Basis von Temperaturunterschieden oder Zementationsprozesse ergeben. Letztere wurden von der Forschung für diese Region bei einem Teil der Artefakte schon vermutet. Auch das Auslesen verschieden legierter Kupfertropfen nach der Verhüttung könnte eine Legierungskontrolle erlauben und zu einem ähnlichen Verunreinigungsmuster beitragen. Ob ein weiterer Vergleich mit südosteuropäischen und europäischen Arsenkupfern – stärker arsenhaltige Mondseekupfer beispielsweise – heben sich nach Aussage Matuschiks ebenfalls nur durch den Arsengehalt vom restlichen Mondseekupfer ab – mehr Ähnlichkeiten oder Unterschiede offenbart, kann aus Umfanggründen hier nicht weiter verfolgt werden.

## **IV.9.2. Der Kaukasus und darüber hinaus: Entwicklungen der Metallurgie bis Majkop und Kura Araxes**

### ***IV.9.2.1. Frühe Entwicklungen im Nordkaukasus: Karpato-balkanischer Impetus?***

Die Einbindung in weiträumige Kontaktnetzwerke mit den Steppen (und möglicherweise darüber hinaus) lassen sich im Umfeld des Nordkaukasus etwa an Keramik, Armreifen aus Serpentin und Stein sowie Eberhauern nachvollziehen, wie sie etwa aus Svobodnoe und Naľčik bekannt sind. Von diesen beiden Fundorten stammen auch Artefakte aus Kupfer. Diese und andere etwa während der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. auftretende Metallfunde aus zumeist reinem Kupfer sollen unter dem Einfluss karpato-balkanischer Traditionen stehen oder werden als Import aus dem Balkanraum angesehen, da auf dem Balkan reine Vererzungen von Kupfer vorherrschen sollen. Daneben ist aber bereits früh schwach arsenhaltiges Kupfer ab der Wende des 5. Jt. zum 4. Jt. v. Chr. etwa in Form einer kreuzschneidigen Schaftlochaxt mit Ähnlichkeiten zum südosteuropäischen Typ Ariuđ mit 1,5% Arsen aus Ust'-Labinsk sowie mit Funden aus dem zeitlich etwas jüngeren Meřoko zu verzeichnen.

### ***IV.9.2.2. Frühe Entwicklungen im Bereich Transkaukasiens***

Erste einfache Kupferobjekte stammen aus der späten řulaveri-řomutepe-Gruppe des 6. Jt. v. Chr. Während frühe Analysen reines Kupfer zeigten, können Arsengehalte oft unterhalb der Patina korrodierter Objekte gemessen werden. Wenn auch bisher der Stand der Metallurgie ungenügend charakterisiert ist, wird die Nutzung der Oxidationszonen transkaukasischer Lagerstätten angenommen, und arsenhaltige Kupfer werden auf die Verwendung entsprechend verunreinigter Erze zurückgeführt. Schlacken sollen weitgehend fehlen, indes liegen Schlacken früher oder späterer Zeitstellung etwa aus Kül Tepe I und Zitelisopeli vor. Kulturell könnten sich Verbindungen zum halafzeitlichen Mesopotamien ergeben. Die folgende Entwicklung ist chronologisch nicht gut zu verankern. Tiegel und Gussformen wie auch mögliche metallurgische Öfen und Schlacken sowie Kupfertropfen werden berichtet. Reines Kupfer wird neben Kupfer mit Arsen- und teilweise Nickelgehalten verwendet. Erste niedrig legierte Bronzen sind umstritten, könnten aber einer Zwischenphase Sioni zwischen řulaveri-řomutepe und Kura-Araxes zuzuordnen sein. Im Bereich des östlichen Transkaukasiens verzeichnet man Arsengehalte teils deutlich über 1 % bei Artefakten des Spät-Äneolithikums vor der Kura-Araxes-Kultur. Hier sind hohe Arsengehalte mit niedrigen Eisenanteilen gekoppelt. Dieser Zeit werden Bleibarren aus Guad Ikhu in Abchasien zugeordnet.

Die genaue Entwicklung bleibt unklar. Sie könnte sich derzeit wie folgt darstellen: Einer Phase in der gediegen Kupfer genutzt oder sehr reines, unlegiertes Kupfer aus Erzen extrahiert wurde, könnten im Laufe der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. oder später Veränderungen gefolgt sein. Entweder kam eine Verhüttung überhaupt erst auf, oder die Verhüttungstechnik änderte sich; auch ein Wechsel der Erzbasis ist denkbar. Die zweite Phase könnte möglicherweise dadurch gekennzeichnet sein, dass neben reines Kupfer wohl intentionell verunreinigtes Kupfer (Arsenkupfer, teils mit Nickel) treten, und sich „irreguläre“ Bronzen, Kupfertropfen und evtl. Schlacken (allerdings unklarer Datierung) finden.

#### **IV.9.2.3. Das 4. Jt. v. Chr. – Ende des Chalkolithikums und Beginn der Frühbronzezeit**

Um etwa 3800/3700–3500 v. Chr. etabliert sich im Vorkaukasus zunächst die Majkop-Kultur. Ab etwa 3500–3200 v. Chr. tritt dort deren Spätphase Majkop-Novosvobodnaja auf. In weiten Gebieten Transkaukasiens, Ostanatoliens und Nordwestirans tritt ab etwa der Mitte des 4. Jt. v. Chr. die Kura-Araxes-Kultur in Erscheinung. Für die Formation beider Kulturen könnten soziokulturelle Vorgänge in Mesopotamien eine Rolle gespielt haben. Ebenfalls werden karpato-balkanische Traditionen und Steppenelemente im Bereich des Kaukasus diskutiert. In metallurgischer Hinsicht sollen beide Kulturen im Rahmen der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz große Bedeutung haben. Trotz einer zeitlichen Überlappung beider Kulturen, und obwohl die Herkunft des Metalls der Majkop-Kultur teilweise in Zusammenhängen der Kura Araxes Kultur vermutet wird, gibt es nahezu keine Hinweise auf Kontakte. Die Metallinventare beider Kulturen unterscheiden sich weitgehend, bzw. Gemeinsamkeiten im Formenspektrum betreffen erst die Spätphase von Majkop. Geringe Gemeinsamkeiten könnten sich bei As-Ni-Kupfer beobachten lassen. Aus der Majkop-Kultur stammen zahlreiche Metallfunde. Ein Aufschwung in der Arsenkupfernutzung wird mit der ersten Phase von Majkop gesehen. Gold und Silber sind aus der Majkop-Kultur aus beiden Hälften des 4. Jt. v. Chr. überliefert (Kat. 17–21). In der Keramikentwicklung der Majkop-Kultur könnte sich eine Einbindung in Kommunikationsnetzwerke mit dem *chaff-faced* Horizont Obermesopotamiens nachvollziehen lassen. Kaukasische und transkaukasische Fundorte der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. könnten in der Keramikentwicklung teilweise mit *chaff-faced* Keramik Obermesopotamiens sowie mit Sialk III<sub>4-5</sub> Keramik des Iranischen Hochlandes in Beziehung stehen. Gleichzeitig zeigt ein Teil dieser Fundorte auch Metallurgiebelege und Hinweise auf die Nutzung von Kupfer und Arsenkupfer (Leyla Tepe, Berikdeebi, Boyuk Kesik, Teghut und Soyuq Bulaq) sowie Silber (z. B. das transkaukasische Soyuq Bulaq [Kat. 16]). In diesem Zusammenhang ist auch die Verbreitung häckselgemagerter Keramik im Nordwestiran am Urmia See zu nennen, woher auch Silber stammt (vgl. Sé Girdan [Kat. 41]). Dabei erlauben auch weitere Aspekte des kulturellen Habitus und die Rohmaterialverwendung dieser und weiterer Fundorte, Kontakte des Vorkaukasus mit Majkop zu Obermesopotamien und Susa zu vermuten. Eine Anbindung an Entwicklungen auf dem Iranischen Plateau und in Zentralasien könnte auch eine Rolle für die Majkop-Kultur spielen. Für die Nutzung verschiedener Formen von kreuzschneidigen Schaftlochhäxten zeichnet sich vage ein Spannungsfeld zwischen Balkanraum, Kaukasus, (Ober-) Mesopotamien, dem Iranischen Hochland und Zentralasien ab. Vor diesem Hintergrund könnten die Majkop Kultur und ihre Metallurgie (sowie die Entwicklung auf transkaukasischem Gebiet) synkretische Züge aufweisen. Die aufgerufenen Analogien sollten als Hinweise auf die Einbindung in Kontaktnetzwerke und in einen Horizont (bzw. besser Kontinuum) gesehen werden. Auch die Wagentechnologie könnte bei der Entwicklung von (späteren) Kontakten bis nach Nordwesteuropa eine Bedeutung gehabt haben. Für die Technologie von Kupfer und Silber könnten die Netzwerke ebenso relevant sein.

Während etwa zeitgleich zur frühen Majkop-Kultur im Milieu häckselgemagerter Keramik Obermesopotamiens (für die Silbergewinnung unter anderem) die Kupellation nachgewiesen ist, dürften nicht alle der in diesen Kommunikationsräumen verwendeten silberhaltigen Artefakte und

Legierungen auf Kupellation zurückzuführen sein (vgl. unten Soyuq Bulaq Kat. 16). Für die frühe Majkop-Kultur wird eine Nutzung von „native gold/silver/electrum“<sup>4191</sup> gesehen (vgl. Soyuq Bulaq [Kat. 16]). Eine Schaftlochaxt von Klady Kurgan 31 Grab 5 aus der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. besteht aus Kupfer mit Bleigehalten von 30% und trägt Silbereinlagen (Kat. 18, f; Taf. 16, 1). Vergleiche für diesen Axttyp liegen in Reiffenhausen und Müsleringen in Nordwestdeutschland vor. Die Silberartefakte bzw. Kupfersilberlegierungen von Klady enthalten meist kein Blei, dafür oftmals einige Prozente Gold und Kupfer. Eine Nadel und eine Applike könnten sich ob ihrer Bleigehalte aus einer Kupellation erklären. Neben der Verwendung von entsprechenden Erzen, Dürrerzen usw. sowie der Kupellation könnten auch ein Ausschmelzen nach Schmelzpunktunterschieden oder die Abscheidung einer Speisephase aus einer Sulfidphase die Funde von Klady erklären. Von hier stammt ein unregelmäßiger „Gusskuchen“.

Kupferfunde aus Kurganen von Soyuq Bulaq (Kat. 16) weisen Arsen und auch Nickel auf. Weitere Funde wie Perlen und Ringe bestehen aus Silber-, Silber-Gold-Kupfer- und Silber-Gold-Legierungen. Wahrscheinlich sind sie stark korrodiert, und Silber wurde dabei teilweise abgereichert. Mitunter werden den Legierungen mit Silber aufgrund fehlender Homogenisierung unzureichende Bedingungen beim Verhütten oder Schmelzen attestiert. Ein ähnliches Bild könnten unter anderem auch das Absaugern von Metall nach Schmelzpunktunterschieden oder eine Abscheidung aus Sulfidphasen ergeben. Jedoch sollte sich die Zusammensetzung beim Guss weitgehend homogenisieren. Arsen- und manchmal nickelhaltige Kupfer als erste Legierungen bestehen neben reinen Kupfern. Vereinzelt könnten Schlacken nachgewiesen sein (z. B. Leyla Tepe [mit *prill?*]). Teilweise sind bei Kupfer hohe Arsenanteile mit relativ niedrigen Eisengehalten gekoppelt.

In der Majkop-Kultur wurde mehrheitlich Arsenkupfer verwendet. Kupferobjekte der ersten Phase von Majkop sowie auch Arsenkupferlegierungen von Arslantepe VII und VI weisen höhere Gehalte an Nickel, Silber, Blei und Antimon als die der nachfolgenden Phase Majkop-Novosvobodnaja auf. Dadurch sind Kupfer der Phase Majkop-Novosvobodnaja bedingt mit Kupfern der Kura-Araxes-Kultur vergleichbar. Denn auch Artefakte aus Kura-Araxes Zusammenhängen tragen niedrige Gehalte an Nickel, Antimon und Blei. Als Erklärung für die Arsen- wie auch Nickelgehalte steht neben der Zumischung arsen- bzw. arsennickelhaltiger Erze zu Legierungszwecken oder der Nutzung nickelhaltiger Erzvarietäten auch die Verhüttung von Sulfiderzen wie Fahlerzen zur Disposition. Arsenkupfer stellt das Gros des Metallinventars der Kura-Araxes-Kultur. Silber ist in Form von Anhängern, Spiralen und Lockenringen spät in der entwickelten Kura-Araxes Kultur belegt. Vermutet wird eine Gewinnung aus Blei. Neben Arsen sind für die Kupfer Blei, Zink sowie ferner Antimon und Nickel typisch. Perlen mit über 25 % As aus dem Kaukasus werden als Vorlegierung gedeutet. Ihre Herstellungs- bzw. Legierungstechnik ist dabei ungeklärt. Eine Herleitung aus *prills* bleibt zu prüfen; die Höhe des As-Gehaltes liegt dabei im Bereich von Speisen aus Sulfidphasen. Erhöhte Zinkgehalte könnten demgegenüber für einen Verhüttungsprozess sprechen, bei dem eine Sublimation des volatilen Elementes vermieden wurde, bzw. Zementationsprozesse stattfanden. Bis auf weiteres bleibt aus der hier rezipierten Literatur aber ein Bezug der Zinkwerte – wie auch der Nickelwerte – zu Arsenkupfer unklar. Niedrige Nickelgehalte von Kura-Araxes Kupfer wären ebenso wie die Beobachtung hoher As/Sb Verhältnisse (As/Sb 10–1280) an armenischen Kura-Araxes Kupfern mit Zementationsprozessen vereinbar. Mit Kupfern der Kura-Araxes-Kultur vergleichbar niedrige Nickel- und Antimongehalte finden sich in Kupferobjekten aus Arslantepe VI B1 und Südostanatolien. Als Quelle für das Arsenkupfer der Kura-Araxes Kultur werden wegen fehlender Schwefelnachweise in den Artefakten arsenhaltige polymetallische Erze der Oxidationszone vermutet. Die Zusammensetzung der Metallfunde von Arslantepe wird auch als Hinweis auf einen Erzhandel oder die Ausbreitung der Kura-

---

<sup>4191</sup> Helwing 2012, 212.

Araxes-Kultur gewertet. Ende des 4. Jt. v. Chr. und in der ersten Hälfte des 3. Jt. v. Chr. verbreiten sich transkaukasische Elemente weiter aus, etwa nach Südwesten bis ins nördliche Palästina. Abgeleitet wird dies an der Keramik vom Typ Khirbet-Kerak oder Red-Black Burnished Ware (RBBW). Ein Zusammenhang der Ausbreitung mit dem Ende des Uruk Systems wird gesehen. Eine oft postulierte Verbindung zur Metallurgie wie etwa die Prospektion von Lagerstätten lässt sich archäologisch nicht belegen. In ökonomischer Hinsicht könnte eher der Wollwirtschaft eine Rolle zuzuweisen sein. Am Beginn des 3. Jt. v. Chr. stellt sich Kura-Araxes in der der Malatya Region als intrusiv dar.

Überregional könnte sich je nach Deutung der Metallzusammensetzungen – weitere Faktoren wie ein Wechsel in der Erzbasis und eine Zulegierung ausgewählter Erze sind weiterhin zu bedenken – eine Änderung in der Verhüttungstechnologie erschließen lassen, in der Zementationsprozesse eine größere Rolle spielten. Diese Schlussfolgerung ist jedoch vorläufig und muss weiter überprüft werden. Ferner könnte auf annähernd zeitgleiche Änderungen der Metallzusammensetzungen im Bereich der Usatovo-Kultur hinzuweisen sein, auch wenn derzeit die Art der Veränderungen dort noch weniger präzisierbar ist. Innerhalb der Laufzeit der Kura-Araxes Kultur steigen die Eisengehalte in Arsenkupfer. Neuerliche Änderungen der Herstellungstechnik könnten damit verbunden sein. Eine Hinwendung zu sulfidischen Erzen wegen einer Erschöpfung oxidischer Erze soll sich zum Ende der Kura-Araxes Kultur beobachten lassen.

### IV.9.3. Mittel- und Westeuropa

Frühe Metallurgiebelege des 5. und 4. Jt. v. Chr. in Form von Metallfunden in Mittel- und ferner Westeuropa zwischen Alpen und Ostsee westlich des Karpatenbeckens sowie auch in Südeuropa südlich der Alpen weisen formale Bezüge zur Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz auf. Es handelt sich dabei um Importe des Rohmaterials oder der Fertigprodukte selbst. In Westeuropa finden sich nur vereinzelt Schwergeräte und andere Formen karpato-balkanischer Tradition. Hier sind hauptsächlich Beile aus westalpinem Jadeit verbreitet. Vielfach zeigen dabei die sich weitgehend ausschließenden Verbreitungssysteme von Kupfer und Jadeit, dass sie sowohl miteinander konkurrieren als auch kommunizieren und bis zu einem gewissen Grad durchlässig sind. Bei vielen offenen Fragen zur Herkunft von Metallsorten wird dabei in Mitteleuropa der Ausgangspunkt der frühesten Kupferobjekte aus Reinkupfer auf den Karpaten- (balkan-) raum zurückgeführt. Die Abkunft (späteren,) niedrig legierten Arsenkupfers wird im Rahmen einer eigenständigen extraktiven Metallurgie etwa auch aus dem westslowakischen Raum und dem Ostalpenraum hergeleitet, was auch einen Wandel in den Bezugssystemen bedeutet. Zugleich wird aber auch ein weiterbestehender Austausch mit dem Karpatenbecken angenommen und auch ein Import von (Arsen-) Kupfer aus dortigen Zusammenhängen für möglich gehalten. Dabei wird auch konstatiert, dass arsenhaltiges Kupfer bereits für den Schwergerätehorizont im Karpatenraum „sehr kennzeichnend“<sup>4192</sup> sei. Eine lokale Produktion von sog. Ostalpinen Kupfer oder Mondseekupfer im Alpenraum ab 3800 v. Chr. wird diskutiert. Dieses Datum bildet bei systemischen Betrachtungen in der Forschung einen (impliziten) *terminus post quem* für diese Kupfersorte als auch für die Kulturen, die dieses Kupfer tragen. Das ist hinterfragbar. Neben allgemeinen Überlegungen zu den Kupferfunden mit dieser Signatur bieten auch einige Hinweise auf eine lokale extraktive Metallurgie Anhaltspunkte, dass der Beginn einer eigenständigen extraktiven Metallurgie sowie auch der Nutzung arsenhaltiger Kupfer – darunter Ostalpinen Kupfer bzw. Mondseekupfer – früher anzusetzen ist. Aus dem nordalpinen Raum sind neben Kleinfunden auch Schwergeräte und die Buckelscheibe von Hornstaad-Hörnle IA bekannt. Aufgrund der karpato-balkanischen Bezüge wird ein Import oder ein Stimulus von dort für die Metallurgie des nordalpinen

---

<sup>4192</sup> Lippert 2006, 20.

Raumes wie auch Mitteleuropas erwogen. Für die Buckelscheibe wurde auch eine lokale Herstellung aus importiertem Kupfer diskutiert. Mittlerweile steht eine oberitalische Herkunft des Materials der Scheibe oder ihrer selbst in der Diskussion. Das Material der Hornstaader Scheibe könnte eine Einbindung in engere Kommunikationsräume andeuten. Ihre Form weist auf eine Einbindung in ausgedehntere Kommunikationsräume von Buckelscheiben in der Zeit von etwa 4300–3900 v. Chr. hin. Für das relativ silberreiche Kupfer der Hornstaader Scheibe bestehen ob des Fundes der silbernen Buckelscheibe von Štramperk (Kat. 6) – sie zeigt die Kenntnis von Silber in diesem Milieu – mittelbar zunächst erste vage Verdachtsmomente auf eine absichtliche Verwendung silberhaltigen Kupfers und weiter auf die Kenntnis der Gewinnung von Silber (-legierungen) aus Fahlerzen (s. u. zu weiteren Überlegungen). Die Abscheidung von Speisen aus Sulfidphasen zeigt sich in der Zusammensetzung nicht an, aber ein Indiz auf Raffinationseffekte könnte sich ergeben (vgl. Kupellation). Die Buckelscheibe könnte sich in einen Kommunikationsraum setzen lassen, in dem aber auch erstere vielleicht bekannt war. Denn Vorgänge einer Speisenabscheidung könnten sich in Brixlegg nachvollziehen lassen. Mit Brixlegg könnte nämlich bereits für die zweite Hälfte des 5. Jt. oder das beginnende 4. Jt. v. Chr. eine eigenständige Metallurgie unter Bewältigung sulfidischer Erze angezeigt sein. Dabei dienten eisenarme Fahlerze als Rohstoff. *Co-smelting*, Röstreaktionsprozesse und das Schmelzen von Sulfidphasen, aus denen Kupfer und Arsen-/Antimonmangellegierungen abgeschieden wurden, könnten angezeigt sein. Mögliche Tondüsenfragmente liegen vor. *Vasi a bocca quadrata*-Keramik von Brixlegg verbindet diesen Fundort mit Oberitalien. Wie sowohl die Zusammensetzung als auch weitere Hinweise auf Kontakte des Bodenseeraumes nach Italien anzeigen, lässt sich die Hornstaader Scheibe wiederum in einen Kommunikationsraum mit ähnlichen Kupfern Oberitaliens des ausgehenden 5. Jt. v. Chr. (s. u.) einordnen. Mittelbar zeigt sich so, dass auch Brixlegg und die Hornstaader Scheibe in einen gemeinsamen Kommunikationsraum gehören. Dadurch ergibt sich, dass oben genannte Prozesse bei der Legierungserzeugung beteiligt und den urgeschichtlichen Metallurgen prinzipiell auch bekannt gewesen sein können. Dafür spricht außerdem, dass für die Hornstaader Scheibe legiertes, relativ silberreiches Kupfer verwendet wurde, das in seiner Herstellungstechnik aus diesen Prozessen erklärbar ist, und weiterhin, dass dieselben Prozesse Überschneidungen zur Silbermetallurgie haben. Buckelscheiben bestehen nämlich häufig aus Edelmetall, darunter Silber. Über ein mit der Buckelscheibe von Stollhof gefundenes eberzahnförmiges Zierblech lässt sich eine Verbindung zu Zierblechen aus dem Raum Bulgariens ziehen. Dortige eberzahnförmige Zierbleche und weitere (mögliche) Beifunde, die teilweise wiederum weiträumig verbunden werden können, bestehen aus Silber sowie silberhaltigem Gold (Kat. 1–4). Kontakte bis in die Ägäis könnten sich anhand von Armringen aus Silber (!) nachzeichnen lassen (vgl. Kat. 8). Von diesem Kommunikationsraum mit Ringanhängern (Kat. 8–10), in dem die Technologie der Kupellation bekannt ist, grenzt sich der Kommunikationsraum der Buckelscheiben ab (Taf. 18, 2). Gleichwohl dürfte eine intime Kenntnis der Räume voneinander anzunehmen sein, und in beiden bestehen die Symbole meist aus Edelmetallen wie Gold und seltener Silber, wie etwa die Buckelscheibe aus Štramperk (Kat. 6). Brillenspiralen des Hortfundes von Stollhof wiederum könnten aus Goldsilberlegierungen bestanden haben. Brillen- und Hakenspiralen lassen sich, da sie auch mit Buckelscheiben vergesellschaftet auftreten, ungefähr in den gleichen Horizont wie die Buckelscheiben setzen. Teilweise bestehen sie aus einem Kupfer in der Art von ostalpinem Mondseekupfer und bieten somit einen Verdachtsmoment auf einen früheren Beginn dieser Kupfer. An die Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. datieren Fragmente von epilengyelzeitlichen Tiegeln aus Bisamberg-Hochfeld (Niederösterreich). Herkunft und Charakterisierung des anhaftenden Kupfers – Arsen ist nicht bezeugt – bleiben unklar. Lagerstätten der Ostalpen werden dennoch ins Spiel gebracht. Für nickel- und arsenhaltiges Kupfer der Münchshöfener Kultur aus Salzburg Maxglan mit der Ansprache Rohkupferschmelze wird eine Herkunft aus ostalpinen Lagerstätten erwogen. Tiegelfragmente mit arsenhaltigen Kupferanhaftungen vom Keutschacher See, die zeitlich vor den

Mondseefunden liegen, sind wohl spätestens ins 40. bis 39. Jh. v. Chr. zu datieren. Während in den Ostalpen ein Abbau nicht zu belegen ist, liegt von der mit Chalkopyrit und Tetraedrit vererzten Lagerstätte Špania Dolina-Piesky in der Slowakei, die eine ausgebildete Oxidationszone aufweist, zumindest mögliche Spätlengyelkeramik vor. Belege mit Verdacht auf extraktive Metallurgie in Zusammenhängen von Spätlengyel stellen neben weiterem Schlacken, Tiegel und Kupfertropfen dar. Bei der Besprechung von Kupfertropfen sowie Arsenkupfer/Mondseekupfer erfolgen Zuweisungen zu Horizonten mit Stollhof, Hlinsko, Štramberk und Hornstaad. Diese sind wegen des Anfangsverdachts auf eine Älterdatierung entsprechender Kupfer zukünftig weiter zu überprüfen. Aus TRB-Baalberger Siedlungskontexten liegen verschlackte Tiegel mit Hinweisen auf den Umgang mit arsenhaltigem Mondseekupfer vor. Ein Hinweis auf die Verarbeitung von Mondseekupfer aus Michelsberger Zusammenhängen bleibt in diesem Milieu singulär. Teile dieser legierten, arsenhaltigen Kupfer wie auch das Mondseekupfer dürften auf (verwitterte) Fahlerze zurückzuführen sein.

Ebenfalls Fahlerze – slowakische Lagerstätten werden vermutet – müssen als Basis für die ab dem letzten Drittel des 5. Jt. v. Chr. und frühen 4. Jt. v. Chr. datierbaren Nógrádmargal- und Handlová-Kupfergedient haben. Aus ihnen wurden Flachbeile und Dolche hergestellt. Für das nördliche Mitteleuropa und Südsandinavien (Jordanów, Brześć-Kujawski, Trichterbecherkultur) wird ab möglicherweise der Mitte des 5. Jt. v. Chr. zunächst ein Import von Reinkupfer aus dem Karpatenbecken angenommen. Später soll dann sog. Mondseekupfer aus dem ostalpinen Raum importiert worden sein. Dabei ergeben sich Verbreitungsgebiete, die sich zeitlich wie räumlich ausschließen. Viele Flachbeilfunde werden ohne Kontext berichtet. Damit kann man unter Vorbehalt eine Parallele zu den Jadeitbeilen ziehen. Insbesondere die Funde des nordalpinen Raumes scheinen schlecht verankert. Ab 3800 v. Chr. oder kurz danach wird mit Kulturen wie Mondsee, Cortailod, Pfyn und Altheim ein Anwachsen der Zahl von Kupferfunden verknüpft. Die ungemein zahlreichen Funde von Tiegeln unterschiedlicher Form sowie Kupfertropfen werden zumindest als Beleg auf den Guss von (importiertem) Kupfer gewertet; der Beginn einer eigenständigen extraktiven Metallurgie ist umstritten, und auch die Zuordnung der Metallurgiebelege bleibt problematisch. Auch die mögliche Verhüttung oxidischer Erze vom Götschenberg wird dabei kontrovers diskutiert. Bei Kupfertropfen in Schlacke vom Götschenberg wurden neben Arsen und Eisen auch Antimon und Nickel festgestellt. Kupfertropfen könnten dabei Produkte einer chalkolithischen Verhüttung darstellen. Hinweis auf die Herstellungsmethode von Legierungen stellt die bimodale Verteilung von Arsen in sog. Gussresten dar. Die sog. Gussreste könnten aber auch aus einer Verhüttung stammen. Tropfen (aus der Verhüttung) sind ein ideales Gussgranulat. Außer den möglichen Gusskuchen aus dem Depot von Handlová mit fraglicher Barrenfunktion liegen keine Barren vor. Die diskutierte Barrenfunktion von Schwergewichten ist zumindest in Hinblick auf Legierungen zu hinterfragen; die Umarbeitung kompakter Formen birgt nämlich das Risiko von Nebenelementverlusten. Sogenanntes Mondseekupfer wird ohne direkte Nachweise aus den Ostalpen abgeleitet und zeigt eine Signatur von Fahlerzen. Für die Zeit nach der Mitte des 4. Jt. v. Chr. wird auch eine Ausbeutung von Fahlerzlagerstätten in mitteldeutschen Mittelgebirgen diskutiert, die Fahlerzkupfer zeitigte. Ein nach dem Horizont Pfyn, Altheim und Mondsee einsetzender Hiatus in der Metallurgie für die Zeit der Horgener Kultur wird ebenfalls überlegt. Die Diskussion folgt dabei der Blaupause aus Südosteuropa. Nach der Erschöpfung leicht zugänglicher und einfach zu verhüttender oxidischer Erze sei ein Aufschwung erst unter Bewältigung sulfidischer Erze im 3. Jt. v. Chr. möglich. Teilweise im Widerspruch dazu steht, dass auch Thesen formuliert wurden, nach denen die erste extraktive Metallurgie Mitteleuropas im Vergleich zum Karpatenbalkanraum verspätet aufgekommen sein soll, da oxidische Lagerstättenbereiche fehlten. Eine ab 3800 v. Chr. eigenständige Produktion arsenhaltiger Kupfer gilt aber als möglich (z. B. Ostalpinisches Kupfer, Mondseekupfer). Ein Hiatus nach südosteuropäischem Vorbild wäre dann nicht zu erwarten. Auch ein noch späterer Beginn der mitteleuropäischen Metallurgie wurde vermutet, weil



erst ab der Bronzezeit sulfidische Erze bewältigt worden sein sollen. Zahlreiche Metallfunde wie auch Verarbeitungsreste werden der Mondseekultur oder diesem Horizont wohl nur zugeordnet. Vor dem Hintergrund der Umdatierungen der Jadeitbeile und der Verbreitung von Jadeit- und Kupferbeilen in Kommunikationsräumen ist insbesondere nach der Datierung vieler Kupferflachbeile, darunter dem Typ Altheim und seiner Varianten, und weiterer Kupferfunde zu fragen. Insbesondere im Falle arsenhaltiger Kupferartefakte ist dies dringlich. Ein Teil der Funde könnte sowohl jünger datieren, und damit den Hiatus zu schließen vermögen, als auch älter anzusetzen sein, und damit die Diskussion um Fragen nach einem früheren Beginn einer eigenständigen Arsenkupfertechnologie befeuern. Vage Verdachtsmomente aus Südkandinavien (sowie weiter Südosteuropa) könnten gar in die Mitte des 5. Jt. v. Chr. führen. Besondere Probleme bei der Bewertung der Metallurgie entstehen dabei überregional wie auch diachron durch die Art der Quellen und die Überlieferung. Spätere Kontakte zur Majkop-Kultur zeigen sich an endständigen Schaftlochäxten sowie „Knaufhammeräxten“, wie sie aus Reiffenhausen und Müsleringen vorliegen. Eine vergleichbare Knaufhammeraxt von Klady (Kat. 18,f) mit 30 % Pb und Silberauflagen deutet auf eine Einbindung in Kommunikationsnetzwerke hin, in denen Silber bekannt ist. Dabei könnte in diesen Kommunikationsnetzwerken eine differenzierte Silbernutzung festzustellen sein. Wahrscheinlich etwas später, zeitlich um die Mitte des 4. Jt. v. Chr., könnten silberne Armringfragmente aus Rudki (Kat. 11) datieren. Diese lägen dann in einem Umfeld mit möglichen Netzwerken zu Tripol'e B2-Gruppen, zur Majkop-Kultur und zu Anatolien. Pauschal wird für südosteuropäische Arsenkupfer, die einen Verbreitungsschwerpunkt in den Ostkarpaten zur dortigen Späthochkupferzeit haben, eine Ähnlichkeit zu nordalpinem Mondseekupfer konstatiert<sup>4193</sup>. Überdies sollen balkanische und kaukasische Arsenkupfer einander ähnlich sein<sup>4194</sup>. Mondseekupfer wird zudem von Obereder, Pernicka und Ruttkay mit annähernd zeitgleichen arsenhaltigen Kupfern mit höheren As-Werten aus Vorderasien verglichen, und dabei konstatieren sie zur Technologie, dass „diese Technik [...] dem „international“ geläufigen Verfahren mit Arsenkupfer im späten 4. Jahrtausend“ entspreche, ohne aber konkreter zu werden<sup>4195</sup>. Weitere Analogien sind möglich<sup>4196</sup>. Im Kaukasus ergeben sich dabei Verdachtsmomente auf ein Milieu, in dem Zementationsprozesse bekannt waren. Für Mondseekupfer wiederum wurde der generelle Befund geäußert, dass Sb, Ag und Ni durchweg niedrig liegen, und dass sich die höher mit Arsen legierten Kupfer nur beim Arsen vom Gros der Mondseekupferfunde absetzen<sup>4197</sup>. Dass Nickel in Mondseekupfer fehlt, wird als Argument gegen eine lokale Produktion angeführt. Jedoch gibt es zum einen zumindest einige der Mondseegruppe zugewiesene nickelhaltige Arsenkupfer, zum anderen könnte im Rahmen der chalkolithischen Verhüttung Kupfer mit niedrigen Nickelgehalten geschmolzen werden. Dazu gibt es Überlegungen zum sog. Riesebusch-Kupfer, wonach dieses eine Varietät des Mondseekupfers darstellt, aus dem gleichen Ursprungserz gewonnen wurde und ob erniedrigter Silber- und Nickelgehalte bei tieferen Temperaturen verhüttet wurde. Hochreine Kupfer des 5. und 4. Jt. v. Chr. zeigen teilweise nur Spuren von Verunreinigungen (z. B. 0,001% Ni). Eine Verhüttung bei tiefen Temperaturen könnte diesen Befund erklären, dies muss aber weiter eruiert werden, denn auch

---

<sup>4193</sup> Zum Vergleich von Mondseekupfer mit südosteuropäischem Kupfer siehe Samonig 2003, 78; Matuschik 1998, 241; Obereder u. a. 1993, 7; Bartelheim u. a. 2002, 65; Zum späthochkupferzeitlichen Verbreitungsschwerpunkt in den Ostkarpaten der südosteuropäischen Arsenkupfer Samonig 2003, 78; Nach Obereder u. a. 1993, 8 mit Anm. 14 stellt sich der Verbreitungsschwerpunkt kreuzschneider Äxte aus Arsenkupfer vorläufig so dar, dass diese auf den östlichen Karpatenbogen sowie Bulgarien beschränkt sind.

<sup>4194</sup> Zum Vergleich balkanischer und kaukasischer Arsenkupfer s. Černych 2003, 54.

<sup>4195</sup> Obereder u. a. 1993, 7.

<sup>4196</sup> Matuschik 1998, 241: „Grundsätzlich vergleichbare Arsenkupfermaterialien sind aus der Kupferzeit Europas auch aus Südosteuropa, Südkandinavien, Oberitalien, von der Iberischen Halbinsel und von den Britischen Inseln bekannt“; Zu Einschränkungen siehe Matuschik 1998, 241f.

<sup>4197</sup> Obereder u. a. 1993, 7f. mit Abb. 4; Matuschik 1998, 241; Bartelheim u. a. 2002, 65.

Raffinationseffekte sind zu hinterfragen. Bei Verwendung inhomogen zusammengesetzter Erze mit Mineralgemengen könnten unterschiedliche Schmelzpunkte und auch der Sublimationspunkt von Arsen, der mit Zementationsprozessen verbunden sein kann, eine Rolle spielen. Unterschiedlich legierte *prills* ließen sich so erzeugen und nachfolgend objektspezifisch verschmelzen. Prinzipiell aus einer Charge mittels Temperaturunterschieden schmelzbar sind auch Singener Kupfer (mit As, Sb, Ag und Ni) und Ösenringmetall (mit As, Sb, Ag). Bei beiden Kupfersorten können aber auch andere Vorgänge beteiligt oder sogar ursächlich sein. Klassisches Ösenringmetall wird dabei aufgrund seiner Signatur mit Handlová-Kupfer verglichen. Die Signatur von Fahlerzkupfer tragen neben Kupfern wie Ösenringmetall und Singener Kupfer (bis 6 % an Verunreinigungen) auch Mondseekupfer und sog. verdünnte Fahlerzkupfer des Jung- und Spätneolithikums in Mitteldeutschland. Darüber hinaus „verbergen“ sich wohl in Clustern von Fahlerzkupfern, die bei der Untersuchung von Kupfersorten erstellt wurden, jung- und spätneolithische Artefakte; zudem könnten weitere hochlegierte Kupfer vorliegen, die sich keinem Cluster zuordnen lassen. Zumindest für Teile der Fahlerzkupfer späterer Zeit (Ösenringmetall, Singener Kupfer, Glockenbecher „A-Kupfer“?) hat wahrscheinlich auch die Abscheidung von Arsen-/Antimonmangellegierungen durch eine Entmischung aus einer Sulfidphase zur Legierungsbildung beigetragen. Damit in Einklang stehen Sulfidgehalte und auch die teilweise erhöhten Bleiwerte von Artefakten. Während sich fehlende Sulfidnachweise bei Kupfern des 4. Jt. v. Chr., die eine schwache Fahlerzsignatur zeigen, durch die Nutzung verwitterter Fahlerze und/oder oxidative Bedingungen noch erklären lassen, stehen einer Abscheidung von Speisen aus Sulfidphasen aber die oft niedrigen Bleigehalte, insbesondere etwa bei Mondseekupfer, entgegen. Die Verhüttungstechnologie der späteren Fahlerzkupfer dürfte sich im Rahmen der chalkolithischen Verhüttung bewegt haben. Die weitgehende Schlackenlosigkeit ist hier etwa anzuführen. In Einklang mit der chalkolithischen Verhüttung steht die Nutzung von Fahlerzen ob ihrer Eisenarmut. Die Kupfer zeigen im 4. und 3. Jt. v. Chr. konsistent niedrige Eisengehalte. Bei den aus Mondseekupfer bestehenden Ringperlen aus Zusammenhängen von Pfyn und Cortaillod (z. B. Burgäschisee-Süd) sowie der Munzinger Kultur zeigen sich wie auch beim Mondseekupfer allgemein leicht unterschiedliche Kupferzusammensetzungen. Während hohe Arsengehalte teilweise mit eher niedrigen Silber- und Antimongehalten auftreten können, sind Silber- und Antimongehalte positiv korreliert. Mit den Perlen wird deutlicher, dass unterschiedliche Kupfer in der gleichen Werkstatt oder im gleichen Verhüttungsgang gewonnen worden sein können. Für die erhöhten Arsengehalte können Schmelzpunktunterschiede von Mineralgemengen wie auch Zementationsprozesse verantwortlich zu machen sein. Für positiv korrelierte Silber- und Antimonwerte kommen Schmelzpunktunterschiede sowie ferner prinzipiell Abscheidungsprozesse von Speisen aus Sulfidphasen in Frage. Ausschlaggebend für die schlussendliche Zusammensetzung des Kupfers dürfte aber die Auswahl erzeugter Kupfer oder Kupfertropfen nach Legierungsgrad sein. Das zur Verhüttung gebrachte Erze darf nur grob zerkleinert sein, damit oben genannte mögliche Prozesse Wirkung entfalten. Bei der Verhüttung selbst sind wiederum Temperaturunterschiede bei insgesamt eher niedrigen Temperaturen ausschlaggebend.

Lässt man die Herkunftsfrage außer Acht, stellt sich die Frage, ob zeitgleiche, ähnliche Kupfer aus unterschiedlichen Regionen auf einer vergleichbaren Technik beruhen. Falls ja, würde sich das zeitgleiche Nebeneinander verschiedener Kupfersorten, das überregional festzustellen ist, einfacher über die angewandte Technik und nicht über die Herkunft erklären lassen. Dass ähnliche Technologien in zeitlichen Horizonten bestanden, soll hier als Arbeitshypothese formuliert werden, muss aber noch weiter erforscht werden. Für die chalkolithische Verhüttung oder besser Legierungserzeugung ergeben sich mehrere Indizien: Bei Arsenkupfer wie Mondsee- und Riesebusch-Kupfer sind wohl vornehmlich Temperaturunterschiede und vielleicht Zementationsprozesse während der Verhüttung zu diskutieren. Für die Hornstaader Buckelscheibe und Brixlegg sowie weitere mögliche jungneolithische

Fahlerzkupfer könnten auch eine Verwendung sulfidischer Erze und Abscheidungsvorgänge von Speisen wie auch Raffinationseffekte in Frage kommen. Zuletzt bietet bei disparat zusammengesetzten Erzen die nachträgliche Auswahl der Produkte eine Legierungskontrolle.

Die weitere Entwicklung hin zu mit Zinn legierten Bronzen könnte mit Veränderungen in der Verhüttungstechnologie einhergehen. Ein Trend zu schlackenbildenden Verfahren in Schachtofen lässt sich beobachten. Im Prinzip zunächst unreineres Kupfer sollte ob reduzierenderer und heißerer Bedingungen die Folge sein. Eine möglicherweise anschließend notwendige Raffination sollte reineres Kupfer zurücklassen. Ein nachträgliches Legieren mit Zinn böte sich dazu an. Im Vergleich dazu könnte die Tradition der chalkolithischen Verhüttung mit ihren früheren Metallsorten eine intentionelle Produktion und damit Technologie erschließen lassen.

#### ***IV.9.3.1. Frühe Metallurgie in West- und Südeuropa?***

Auch West- und Südeuropa sind in weite Kommunikationsräume eingebunden. Die Metallurgiebelege sind aber mit den sich in Teilen Südost-, Ostmittel- und auch Mitteleuropas sowie dem westlichen Schwarzmeergebiet entspannenden Entwicklungen in der Metallurgie nur schwer verknüpfen. Einzelne kupferne Schwergewichte und Goldobjekte, zu denen es auch Imitationen aus Hämatit gibt, liegen vor. Sie stehen zusammen mit wenigen, zudem umstrittenen Hinweisen auf eine frühe Kupfergewinnung zunächst vereinzelt vor dem Hintergrund der Zirkulation von Beilen aus alpinem Jadeit. Aufgrund der Verbreitung der Jadeitformen und deren Ausgestaltung mit metallischem Habitus ist eine direkte Kenntnis von Metallformen zumindest in den Produktions- bzw. auch Umarbeitungsorten der Jadeitbeile in Oberitalien und der Bretagne anzunehmen. Die Kommunikationsräume für Jadeitbeile und Kupfergeräte, die sich weitestgehend ausschließen, miteinander konkurrieren aber auch korrespondieren, weisen darauf hin, dass metallurgisches Wissen grundsätzlich überall verfügbar werden konnte. In der Bretagne und dem Pariser Becken, Regionen mit hohen Funddichten von Jadeitbeilen also, sind frühe Metallimporte vorhanden. Dies ist mit der Macht (der Eliten) dieser Gebiete erklärbar, sich Metall verfügbar zu machen. Ebenso zeigt es aber die prinzipielle Möglichkeit, über Netzwerke an metallurgisches Wissen zu gelangen. Für Frankreich wird ein Beginn der Metallurgie im ausgehenden 4. Jt. v. Chr. angenommen. Zahlreiche Altfunde Frankreichs könnten jedoch früher zu datieren sein. Vermutlich sind davon neben Goldobjekten derzeit wohl vor allem Beile betroffen. Beile liegen dabei in unterschiedlicher Form und Zusammensetzung vor. Typologisch möglicherweise früh einzuordnende Kupferflachbeilfunde werden aus der Bretagne berichtet. Für die Bretagne besteht überdies prinzipiell die Möglichkeit, dass Rohstoffe für Gold, Blei und Silber sowie Zinn verfügbar waren (Kupfer?)<sup>4198</sup>. Variscit, dessen bergmännischer Abbau bereits im 5. Jt. v. Chr. belegt ist (Can Tintorer, Nordspanien), findet sich in archäologischen Kontexten mit „vor-glockenbecherzeitlichen“ Gold-, Silex- und Obsidianfunden Südfrankreichs<sup>4199</sup>. Dass unsicher datierte Fundgruppen zusammen mit dem bereits früh bekannten Material aufgefunden wurden, verleiht Überlegungen um eine Älterdatierung von Kupferfunden weiteres Gewicht, ohne allerdings zwingend zu sein. Falls Metallfunde umdatiert werden, könnten sich neue Fragen zum Beginn einer eigenständigen extraktiven Metallurgie wie auch dem Aufkommen einer Arsenkupfertechnologie in Frankreich stellen. Von der Iberischen Halbinsel liegt mit Cerro Virtud eine potentielle Verhüttung oxidischer Erze noch aus der ersten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. vor. Es wird vermutet, dass sich hier eine erste Verhüttung in einem „vase-oven“ nachweisen lässt. Für Reaktionsgefäße dieser Art wird eine (spätere) Tradition in Spanien und Südfrankreich konstatiert. Beile Portugals könnten Hansen zufolge noch ins 5. Jt. v. Chr.

---

<sup>4198</sup> Siehe dazu eine Lagerstättenkarte von Kassianidou – Knapp 2005, 219 Fig. 9.1: Zinn, Gold sowie Blei und Silber sind ausgewiesen.

<sup>4199</sup> Vgl. Eluère 1977, bes. 407f.

zu datieren sein. Auch metallene Altfunde aus Zusammenhängen megalithischer Gräber Spaniens könnten älter datieren. Dies könnte implizieren, dass auf der Iberischen Halbinsel, wo Jadeitbeile selten sind, ein anderer Kommunikationsraum zu fassen sein könnte. Weitere Verhüttungsbelege des 4. Jt. v. Chr. werden genannt. Allerdings werden in der Diskussion um die Metallurgie für Spanien, wie auch für Frankreich, zumeist Belege des späten 4. Jt. v. Chr. wirkmächtig gemacht.

Erste Metallfunde im nordwestlichen Europa sollen zur Mitte des 3. Jt. v. Chr. erscheinen. Da Rohstoffquellen fehlen, und da auch Fragen nach der Einbindung in Kommunikationsnetzwerke und nach der Annahme von Technologie (Ideologie) offen sind, wird als Grund für eine verspätete Annahme der Metallurgie eine *Chalcolithic Frontier* diskutiert.

Südlich der Alpen in Ober- und Mittelitalien könnten Metallfunde wie Kupferflachbeile zeitlich um die Wende des 5. Jt. zum 4. Jt. v. Chr. anzusetzen sein. Zwischen 4500 und 4300 v. Chr. könnte ein Tiegelfragment mit anhaftender Kupferschlacke aus der frühen Chasséen-Kultur datieren. Während ursprünglich ein Import aus Münchshöfener Zusammenhängen für einen Teil der in Oberitalien von 4500 bis 3800 v. Chr. datierbaren Funde angenommen wurde, geht man mittlerweile von einer eigenständigen Metallurgie und somit einer lokalen Herkunft der Kupferobjekte der späten *Vasi a bocca quadrata*-Kultur (VBQ) aus. Die Zusammensetzung eines typologisch ins ausgehende 5. Jt. v. Chr. datierbaren Beiles aus Valle Fontega ist mit jener der Hornstaader Scheibe vergleichbar. Eine Herkunft des Rohmaterials aus den Lessinischen Alpen wird vermutet. Neben zahlreichen ableitbaren Verbindungen sollen hier besonders solche zu Hornstaad-Hörnle IA oder Münchshöfen (VBQ-Keramik in Brixlegg) betont werden (für die Bedeutung s. o.). Abbauspuren im Eisernen Hut aus Monte Loreto in Ligurien werden durch Radiokarbonaten in die Mitte des 4. Jt. v. Chr. datiert. Karpato-balkanische Bezüge könnten sich an kreuzschneidigen Schaftlochäxten, die zwischen 3,6 % und 7,4 % Zinn enthalten (vgl. die *maleppeggi* Sardinien?), sowie an einer dem Typ Pločnik nahestehenden Hammeraxt manifestieren. Ein Flachbeil zeigt Bezüge nach dem Bulgarien der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. Während eine unter typologischen Gesichtspunkten mögliche Frühdatierung der bronzenen kreuzschneidigen Schaftlochäxte aufgrund ihrer Zinngehalte in der Forschung abgelehnt wird, sind mittlerweile im karpatischen Bereich Verdachtsmomente auf frühe Bronzen gegeben. Zudem könnten kleine Beile der frühen Lengyel-Kultur aus dem Gräberfeld Zengövárkony, das ein zinnhaltiges Schlackenstück zu Tage lieferte, aus alpinem Jadeit bestehen. Kontakte in beide Richtungen könnten sich nachvollziehen lassen.

Die frühesten Silberfunde Italiens könnten ins ausgehende 4. Jt. v. Chr., wahrscheinlicher aber in das 3. Jt. v. Chr. zu datieren sein. Die Zusammensetzungen von Objekten aus Gaudo legen eine Gewinnung aus Erzen wie Pyrrargyrit oder Tetraedrit nahe.

Roberts zufolge lässt sich in Westeuropa für das 4. und 3. Jt. v. Chr. kein grundlegender Wandel in der Verhüttungstechnik feststellen<sup>4200</sup>. Eine Verbreitung von Arsenkupfer in Westeuropa wird spätestens im 3. Jt. v. Chr. ohne Änderungen in der Verhüttungstechnik gesehen. Während ein Übergang zu einem schlackenbildenden Verfahren in Teilen Europas etwa ab der Mitte des 3. Jt. v. Chr. fassbar wird<sup>4201</sup>, sind regelrechte Schachtöfen im zentralen Mittelmeerraum und dem Alpenraum erst Ende des 2. Jt. v. Chr. nachzuweisen<sup>4202</sup>. Nach einem längeren Vorlauf sind ab der Mitte des 3. Jt. v. Chr. verschiedene Typen von Fahlerzkupfer verbreitet. Um 2300/2200 v. Chr. sollen diese einen Höchststand erreicht haben. Erste Bronzen in Europa treten im frühen 3. Jt. v. Chr. auf<sup>4203</sup>. Eine Durchsetzung von Bronzen mit hohen Zinngehalten erfolgt überwiegend erst im späten 3. Jt. v. Chr. In Italien könnte sich zeigen,

---

<sup>4200</sup> Roberts paper, 17. 20.

<sup>4201</sup> Hauptmann 2007b, 207.

<sup>4202</sup> Roberts paper, 17 Anm. 3.

<sup>4203</sup> Roberts paper, 13. 21.

dass nach der dortigen Frühbronzezeit mit Zinn legiert wird, die Verunreinigungen mit Eisen und anderen Nebenelementen im Allgemeinen steigen, und Schwefelgehalte nachweisbar sind. In einer geographisch weiten Perspektive könnte sich eine Tendenz hin zu einer schlackenbildenden Verhüttung in Schachtföfen und damit ein Zusammenhang zum Aufkommen von Bronzen auf Basis verunreinigter Kupfer fassen lassen. Die Nutzung und Erzeugung von Fahlerzkupfern könnte davon abzusetzen sein und in einer anderen Tradition stehen, nämlich der der chalkolithischen Verhüttung.

#### **IV.9.4. Anatolien – west- und inneranatolischer Bereich im „Chalkolithikum“**

Lagerstätten für Kupfer und Blei-Silber liegen in Anatolien äußerst zahlreich vor. Kupfererzabbau könnte noch auf das 5. Jt. v. Chr. zurückgehen und ist teilweise wohl spätestens im 4. Jt. v. Chr. zu verorten (vgl. Kozlu, İkiztepe, Murgul). Für eine frühe Blei-Silbergewinnung kommt etwa die nordwestanatolische Lagerstätte Gümüşköy mit vorgeschichtlichen Bergbauspuren in Frage.

Erstes verschlacktes Material der Mitte des 7. Jt. v. Chr. liegt aus Çatal Höyük Schicht VI vor. Jedoch schwankt die Deutung zwischen Erzrelikten, Verhüttungs- und Raffinationsschlacken oder unabsichtlich thermisch belasteten Mineralien, wobei letzteren wegen der Kontexte der Vorzug zu geben ist. Die Ansprache von weiteren frühen Funden aus Çatal Höyük als Blei bleibt ebenfalls problematisch. Mit Murgul könnte sich nach der Mitte des 4. Jt. v. Chr. durch Schlacken Kuchen eine Verhüttung nachweisen lassen, in der je nach Deutung Zuschläge oder Restite in Form von Quarz eine Gerüstfunktion für die Ofengase oder aber die Absaigerung einer Sulfidphase hatten.

Zwei Flachbeile (As <1 %) und eine Nadel aus Büyük Güllücek datieren möglicherweise zwischen 4900 und 4700 v. Chr. Ein Dolch vom selben Fundort könnte jüngerer Zeitstellung sein. Weitere Metallfunde wie Flachbeile sowie Metallurgiebelege (Schlacken, Tiegel) des frühen 5. Jt. v. Chr. (aus der Region Nordanatoliens?) werden genannt. Für das späte 5. Jt. v. Chr. wird aus Orman Fidanlığı neben einfachen Metallfunden ein Gusstiegel berichtet. Mutmaßlich in der gleichen Zeit anzusetzen sind frühe arsenhaltige Kupferobjekte und ein Bleianhänger aus Aphrodisias-Pekmez, der mit Ringanhängern verglichen wird. Ein Beginn der Nutzung von (teil-) sulfidischen und polymetallischen Erzchargen, darunter Fahlerzen, wird für das 4. Jt. v. Chr. konstatiert. Aus Çamlıbel Tarlası stammen um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. datierende arsenhaltige Kupfer (As 3–5 Gew.%) und ein Stück Bleidraht. Ein triangulärer Kupferdolch mit dreieckiger Griffplatte ohne Nietlöcher aus Çamlıbel Tarlası Schicht VI lässt sich mit Exemplaren aus İkiztepe und Ilipinar vergleichen. Aus rituellen Kontexten von Çamlıbel Tarlası Schicht III liegt eine tönernerne Gussform für Ringidole vor.

Extraktive Metallurgie lässt sich in Çamlıbel Tarlası mit jeweils zusammen auftretenden sog. Schmelzgruben und Erzfunden sowie mit Schlackenresten und Tiegelfunden fassen. Tiegel mit durchlochtem Standfuß und flacher Schale sind belegt (Taf. 22, 2) und mit dem Tiegeltyp Ghabristan des Irans vergleichbar. Unregelmäßige Schlacken Kuchen von 8–10 cm Durchmesser legen die Verwendung sulfidischer Erze nahe. Als Erzbasis werden jedoch oxidische Erze vorgeschlagen. Eher oxidierende Bedingungen und Temperaturen von etwa 1050–1100 °C werden für die Verhüttung rekonstruiert. Die Gewinnung des Kupfers in Form von *prills* erfolgte vermutlich durch ein Zerschlagen der Schlacken. Arsengehalte sind in den Schlacken nicht nachgewiesen. Es ergeben sich Verdachtsmomente auf die Abscheidung von Kupfer aus Sulfidphasen.

Aus Kuruçay in Westanatolien stammen Metallfunde wie Schwergeräte, mehrere Gusstiegel, eine mögliche einfache steinerne Herdgussform und ein steinerner Anhänger in der Art von Ringanhängern, die dem späten 4. Jt. v. Chr. zugewiesen werden. Vielleicht spätestens um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. zu datieren ist ein Silberring aus dem Metalldepotfund von Beycesultan (Kat. 24) in derselben Region. Ein Teil der Kupferfunde, die auch einen Dolch beinhalten, gilt als Arsenkupfer. Die Elementkombination

von As, Sb, Ag und Pb sowie teils Ni deutet auf die Nutzung von Fahlerzen, das Ausschmelzen nach Schmelzpunktunterschieden oder einen Zusammenhang mit Speisen hin.

Hinweise auf eine Einbindung Anatoliens in einen karpato-balkanischen bzw. zirkumpontischen Kontext ergeben sich vielleicht durch Flachbeile, Dolche oder Ringanhänger. Weiter werden Verbindungen zum Balkan und zur Ägäis diskutiert.

Neben oben genannten ringanhängerartigen Stücken aus Kuruçay (Stein) und Aphrodisias-Pekmez (Blei) im Westen liegen vor allem von der anatolischen Schwarzmeerküste und dem nördlichen Zentralanatolien mehrere Ringanhänger vor. Ihre Datierung sowie meist auch ihre Fundkontexte sind problematisch. Auch die Ansprache ist teilweise schwierig. Sie bestehen aus Gold („Gegend um Trabzon“; „Kalinkaya/Toptaştepe“; İköztepe), Blei (Alişar Höyük; İköztepe), Elfenbein (Alişar Höyük) sowie Silber („Göller“ Kat. 25). Mit den metallenen Ringanhängern könnte zunächst einmal aufgrund ihrer Materialien – Gold, Silber und Blei – nach einer Überschneidung der Herstellungstechnik ihrer Metalle zu fragen sein. Mit bereits genannter Gussform von Çamlıbel Tarlası liegt ein Hinweis auf eine lokale Herstellung vor. Als vage karpato-balkanische Form (vgl. Typ Şiria) ist eine Schaftlochaxt aus Kalinkaya zu nennen. Die Materialangabe Bronze scheint zunächst eine frühe Zeitstellung auszuschließen, ist aber im Hinblick auf karpato-balkanische Bezüge der Form wiederum spannend, da sich Indizien für frühe Bronzen dort mehren. Auch aus Alişar Höyük sind frühe Bronzen bekannt. Wiederum aus dem Westen, der Frühbronzezeit II zugewiesen, sind goldene Ringanhänger anderer Morphologie aus Bakla Tepe und der „Region Sardis“. Aus Bakla Tepe Frühbronzezeit I liegen Silberfunde vor.

In Alişar Höyük, woher mögliche Ringanhänger stammen, wurden Silberobjekte gefunden, die in dieselbe Zeit wie mögliche karpato-balkanische Einflüsse datieren (Schicht 14M) (Kat. 23). Während dort reine Kupfer überwiegen sollen, finden sich jedoch auch frühe Bronzen sowie Arsenkupfer mit Schwefelgehalten. Silber und Kupfersilberlegierungen, Arsenkupferfunde und Verhüttungsbefunde sind auch aus İköztepe (Kat. 26) belegt. Die Datierung ist notorisch schwierig, und karpato-balkanische Beziehungen werden diskutiert. Schlacken und tiefe Tiegel sind überliefert. Die Nutzung mit Arsen legierter Kupfer könnte bereits sehr früh nachzuweisen sein. Zementationsprozesse könnten ebenso wie die Abscheidung von Speisen (Arsen-/Antimonmangellegierungen und Edelmetallen) aus Sulfidphasen zu verzeichnen sein. Mit Flachbeilen und Dolchen (vgl. Typ Bodrogkeresztúr) aus Ilipınar IV wie möglicherweise zeitgleichen Flachbeilen aus İköztepe könnten wiederum karpato-balkanische Verbindungen zu ziehen sein. Die Metallzusammensetzungen von Ilipınar könnten aufgrund der positiven Korrelation von Ag und Au gegenüber einer negativen Korrelation mit As durch Zementationsprozesse von Arsen und das Ausschmelzen nach Schmelzpunktunterschieden zu erklären sein. Mit den Werten von Ilipınar vergleichbare Arsengehalte in Kupfern sollen sich in der bulgarischen ‚Übergangszeit‘ bzw. ‚Protobronzezeit‘ finden. Beim derzeitigen Forschungsstand könnten die Ursprünge der dortigen Tradition von Arsenkupfer aufgrund zahlreicher Indizien früher als in Westanatolien anzusetzen sein. Als Ursache für die ähnlichen Kupfer wird die Nutzung vergleichbarer Lagerstätten vermutet. Jedoch könnte die Bedeutung einer ähnlichen Verhüttungstechnologie ebenso wichtig sein. Gleichzeitig oder kurz später entspinnen sich aber auch Verbindungen von Zentralanatolien – wo mit Ringanhängern und anderem mehr ebenfalls karpato-balkanische Traditionen spürbar sein könnten – nach Südostanatolien (Çamlıbel Tarlası und Alişar).

#### IV.9.5. Obermesopotamien/“Upper Mesopotamia“: Südostanatolien und Nordmesopotamien

Beginnend mit dem späten 6. Jt. v. Chr. finden sich Hinweise für Verhüttung und Metallurgie in Form von Tiegelbruchstücken, Erz, vitrifiziertem Material und Schlacken aus Tülintepe, Tepeçik, Değirmentepe und auch Tell Kurdu. Evtl. ist auch ein *prill* belegt (Değirmentepe). Dabei sind etwa mit der Zusammensetzung der Objekte von Mersin-Yumuktepe sowie des vitrifizierten Materials von Tülintepe die besten Hinweise auf frühe Metallurgie gegeben; ab der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. mehren sich die Belege extraktiver Metallurgie. Teilweise zeichnen sich die Schlacken durch niedrige Eisengehalte aus. Eine Ausbeutung zinkhaltiger Erzquellen steht im Raum. Häufig finden sich Bleiglanzfundstücke, darunter befinden sich auch silberhaltige Stücke. In das 6. Jt. v. Chr. datierendes gediegen Silber stammt aus Domuztepe (Kat. 27). Kupferobjekte aus Mersin tragen teils relativ hohe Gehalte an Arsen, Nickel und Antimon. Yener konstatiert für Mersin, Değirmentepe und Norşuntepe Kupferlegierungen mit As, Sn oder Blei und teilweise hohen Zink- und Nickelgehalten, die auf polymetallische Erze oder den Einsatz von Flussmitteln zurückgeführt werden<sup>4204</sup>. Eine Intensivierung der Metallurgie wird mit dem ausgehenden 5. und frühen 4. Jt. v. Chr. verknüpft. Um 4000 v. Chr. soll in Değirmentepe die Arsenkupfernoteilung zu beobachten sein. Mit Schlacken dieses Fundortes könnte sich ein Absaugern der Wertträger verbinden lassen. Die Schlacken weisen hohe Kupferrestgehalte und niedrige Eisenanteile auf. Die Aussage im Zusammenhang mit Değirmentepe, dass sulfidische Erze verhüttet wurden, ist interessant, da sich damit auch eine Legierungserzeugung (Speisen aus Sulfidphasen) verbinden lassen könnte. Hinweise auf das frühe Auftreten von Bronze finden sich spätestens im (ausgehenden) 4. Jt. v. Chr. Die Nutzung sulfidischer und polymetallischer Erze (Fahlerze) sowie erste Arsen- und Antimonkupfer aus der Verhüttung As- und Sb-reicher Erze sollen ebenso wie die Verwendung von Gold, Blei und Silber im 4. Jt. v. Chr. aufkommen.

Von Norşuntepe (Chalkolithikum Schicht 40-31; 4300–3200 v. Chr.) liegen u. a. Tiegel und kleine Mengen an Schlacken mit hohen Kupferrestgehalten vor. (Teil-) sulfidische Erzchargen sind zu erschließen, und die teils etwa nussgroßen Schlacken zeigen zuweilen nur schwach reduzierende Bedingungen während der Verhüttung an. Die diachrone Betrachtung von Erzen, Schlacken und Metall bietet Hinweise darauf, dass Erze der gleichen Lagerstätte zu Kupfern verschiedener Zusammensetzung geschmolzen wurden. Die Erzeugung der Legierungen könnte in der Auswahl nebenelementreicher Erzpartien oder in einer Anreicherung von Arsen in Kupfer im Rahmen der chalkolithischen Verhüttung begründet liegen. Erste Anhaltspunkte auf ein Ausschmelzen arsenreicher Partien von Erzen nach Schmelzpunktunterschieden, Zementationsprozesse und Sulfidschmelzen mit der Abscheidung von Speisen bzw. Kupfer sind gegeben. Eisenarme Arsenkupfer liegen vom Fundort vor. Mit der Frühbronzezeit IB/IIA (Schicht 30-21) zeigen Schmelzreste Arsenkupfer und Kupfer mit hohem Eisenanteil und teils Zink. Im Vergleich zur chalkolithischen Zeit zeigen Schlacken nun erhöhte Schwefelgehalte; dies wird auf die Verhüttung sulfidischer Erze zurückgeführt. Die Nebenbestandteile im Kupfer steigen. Für die Metallurgie lassen sich von der Frühbronzezeit IB/IIA bis zur Frühbronzezeit IIB/IIIA (Schicht 20-9) keine Veränderungen fassen. In der Frühbronzezeit IIIB/C (Schicht 8-6) ist neben Blei und Arsen auch Zinn nachgewiesen; mit diesem Zeitabschnitt wird der Beginn der Bronzeverwendung gesehen. Bronze, mit teils hohen As-, Pb- und Fe-Anteilen, wird in der Folge während der Mittel- und Spätbronzezeit sowie der Eisenzeit im 2. und 1. Jt. v. Chr. die häufigste Legierung.

Das vermehrte Auftreten von Metallurgiebelegen fällt möglicherweise in die Zeit häckselgemagerter Keramik und sog. ‚*Amuq F-Waren*‘ (*chaff faced/chaff-tempered*). Diese unverzierte Massenware löst

---

<sup>4204</sup> Yener 2000, 32.

die bemalte Obed-Keramik wohl spätestens an der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. ab. Als Fundorte mit häckselgemagerter Keramik sind Norşuntepe (Schichten 37-31), Tülintepe, Arslantepe (VII), Tell Brak, Tepe Gaura und Hacinebi zu nennen. Im Verbreitungsgebiet häckselgemagerter Keramik sind Belege extraktiver Metallurgie, frühe Silberartefakte sowie Bleiglätte (Fatmalı Kalecik [Kat. 28], Habuba Kabira-Süd [Kat. 34]; ferner Arslantepe [Kat. 35]) als Produkt der Kupellation zu finden. Während des späten 5. und frühen 4. Jt. v. Chr. ist eine weitgehend autochthone kulturelle Entfaltung in Obermesopotamien zu fassen, die mit einer hohen sozialen Komplexität und weitreichenden Austauschnetzwerken einhergeht. Es lassen sich Ideenkreise abgrenzen (z. B. Augenidole), die eine Untergliederung Obermesopotamiens in kleinere Kommunikationsräume nachzeichnen. Im Milieu häckselgemagerter Keramik, in dem nachweislich Arsenkupfermetallurgie geübt wurde, könnte auch eine eigenständige extraktive Silbermetallurgie mit Kupellation entwickelt worden sein. Denn im Verbreitungsgebiet häckselgemagerter Keramik zeitigte eine Reihe von Fundorten im Verlaufe des 4. Jt. v. Chr. Silberfunde sowie Bleiglätte (vgl. Kat. 28–35). Durch die zahlreich zu nennenden Funde und die enge Vernetzung dieses Raumes ergibt sich ein konsistentes Bild für eine hier geübte Silbermetallurgie. Während Kupellation nachgewiesen ist, können auch andere Verfahrensstränge der Silbermetallurgie nicht ausgeschlossen werden. Von Hacinebi (Kat. 29) liegen Silberfunde, Tiegel mit anhaftenden Schlackenresten und Tondüsen vor. Die Schlacken sind eisenarm mit bis 5 % Fe, und eine Verhüttung (teil-)sulfidischer Chargen könnte zu erschließen sein. Neben Malachit fand sich polymetallisches sulfidisches Erz mit mehr als 40 % Pb und 30 % Cu. Eine Ausbringung von Metall oder Legierungen aus einer möglicherweise hochrefraktären Charge sowie ferner eine Abscheidung aus Sulfidphasen könnten in Betracht zu ziehen sein. Leicht arsenhaltiges Kupfer, das bisweilen untergeordnet Sb und Ni enthält, ist vom Fundort bekannt. Tondüsen und Tiegel liegen ebenfalls vom silberführenden Hamoukar (Kat. 31) vor. Von Tepe Gaura (Kat. 32) sind Elektron, Arsenkupfer sowie möglicherweise Silberfunde bekannt. Arsen-, ferner Antimon- und Silbergehalte, vor allem aber wohl hohe Nickelgehalte sind Kupferfunden von Tell Ğudeide eigen. Eine Ahle besteht aus einer Kupfersilberlegierung mit Gehalten an Arsen, Nickel und Kobalt. Ein kleiner möglicher Ringanhänger aus Stein deutet Bezüge zu Südosteuropa sowie zur Ägäis bzw. zum west- und inneranatolischen Bereich an.

Arsennickelkupfer ist eine Legierung, die im 4. und vor allem 3. Jt. v. Chr. zu verzeichnen ist und nahezu ausschließlich auf Regionen Vorderasiens beschränkt bleibt. Die Anfänge dürften noch früher zu suchen sein. Hinweise auf die Herstellung bieten vor allem die Überlegungen zur Produktion von Arslantepe. Neben Erzen der Ophiolithe könnte diese Zusammensetzung auf eine Verhüttung zurückzuführen sein, bei der Schmelzpunktunterschiede Wirkungen entfalten.

Im Bereich Obermesopotamiens mit den Austauschnetzwerken der Obed- und Urukzeit könnte mit dem Milieu häckselgemagerter Keramikwaren ein unter anderem bis in den Kaukasus vernetzter Kommunikationsraum zu fassen sein, in dem sich die Kupellation als ein Verfahren der Silberextraktion – evtl. auf älterer Basis (vgl. silberhaltiger Bleiglanz) – fassen lässt. Mit Tell Ğudeide könnten gar südosteuropäische oder zentral- bis nordanatolische Verbindungen zu belegen sein. Für Değirmentepe ist etwa ein Absaugern der Wertträger aus eisenarmer Schlacke möglich aber nur schwer nachvollziehbar. Auch die Verhüttung (teil-)sulfidischer polymetallischer Erzchargen wie etwa Fahlerzen ist denkbar. Im Rahmen der chalkolithischen Verhüttung mit schwach reduzierenden Bedingungen lassen sich Anhaltspunkte gewinnen, dass an der Metall- und ferner Legierungserzeugung folgende Prozesse beteiligt gewesen sein können: Ausschmelzen nebenelementreicher Erzpartien nach Schmelzpunktunterschieden, Zementationsprozesse sowie Sulfidschmelzen mit der Abscheidung von Kupfer und Speisen (vgl. Norşuntepe und Hacinebi).



Aus Arslantepe (Kat. 35) stammen Erze, Schlacken, Arsenkupfer, Arsennickelkupfer (mit Ag und Pb), Silber, Kupfersilberlegierungen (23–65 % Ag) und Blei. Unter den Erzen befanden sich auch polymetallische Erze mit Gehalten an Arsen, Nickel, Antimon und Blei. In Schlacken aus Arslantepe VII und VI A befanden sich zahlreiche Einschlüsse von Kupferlegierungen mit Gehalten an Arsen, Nickel und Antimon. Die Verhüttung von Bleierzen ist um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. belegt. Ein Teil des Silbers an diesem Fundort könnte durchaus kupelliert sein. Für die Herstellung von Silberkupferlegierungen wird zwar eine Nutzung entsprechender Erze diskutiert, aber eine Zumischung von (kupelliertem) Silber für wahrscheinlicher erachtet. Für die Nutzung entsprechender Erze im Verbund mit anderen Gewinnungsmethoden wie dem Absaigern nach Schmelzpunktunterschieden könnte aber sprechen, dass Antimon bei einer Kupellation eliminiert würde, die Antimongehalte der Kupfersilberlegierungen aber weitgehend über dem der zeitgleichen Kupfer des Fundortes liegen. Eine Nutzung von mit Bleiglanz vergesellschafteten Erzen wie Fahlerzen könnte zu erwägen sein. Die Bleiisotopie von Silber und Ag-Cu-Legierungen sind ähnlich. Dies könnte auf das mit Silber verbundene Blei oder auf bleiisotopisch ähnliche Erze zurückzuführen sein. Diese Beobachtungen könnten auch mit weiteren Legierungen aus Arslantepe verbunden werden. Für unterschiedliche Kupferlegierungen mit Arsen sowie mit Arsen und Nickel werden sowohl eine Zulegierung etwa nickelreicher Erze als auch ein Schmelzen nach Schmelzpunktunterschieden aus einer Charge diskutiert<sup>4205</sup>. Auch die Erzeugung unterschiedlich legierter *prills* im Rahmen der chalkolithischen Verhüttung ist in Betracht zu ziehen. Vergleichbare Legierungen des Hassek Höyük zeigen fließendere Übergänge. Für eine Ausnutzung von Schmelzpunktunterschieden bzw. Temperatur- und Redoxunterschieden spricht unter anderem, dass die As-Cu-Legierungen bei hohen As-Gehalten niedrige Fe-Gehalte aufweisen, während die Fe-Gehalte bei Cu-As-Ni-Legierungen höher liegen. Unklar bleibt eine mögliche Rolle von sulfidischen Phasen. Diesen Überlegungen steht aber weitgehend der Befund der Bleiisotopie entgegen. Die verschiedenen Legierungen aus Arslantepe sind hinsichtlich ihrer Bleiisotopie nämlich nicht bzw. nur teilweise miteinander und mit Erzen in Verbindung zu bringen. Als Erklärung wird die Nutzung oder Zulegierung unterschiedlicher Erze erwogen. Uran könnte aber auch in Erzen unregelmäßig verteilt sein. Dies würde dann zu einer ungleichmäßigen Verteilung radiogenen Bleis führen. Wenn dann Metall aus ursprünglich disparaten Mineralgemengen ausgebracht wird, könnte die Bleiisotopie in den Produkten variieren. Während eine Zulegierung verschiedener Erze für die Legierungsgehalte (teils von Vorlegierungen) verantwortlich gemacht wird, ist aufgrund des vorgelegten Materials die Ausnutzung von Schmelzpunktunterschieden wahrscheinlich. Zudem könnten Zementationsprozesse eine Rolle gespielt haben. Hinweise auf einen Beitrag zur Legierungsbildung durch Abscheidung von Speisephase aus Sulfidphasen bleiben schwach.

Nach ca. 3000 v. Chr. könnte eine Verhüttung auf eher reines Metall nachzuweisen sein, in der u. a. das Schmelzen einer Sulfidphase mit nachfolgender Entschwefelung zur Bildung von Metall führte (z. B. Arslantepe VI B2). Schlacken sollen nun häufiger werden. Die Zugabe von As- und Ni-reichen Vorlegierungen oder von Arsenerzen zur Legierungserzeugung wird diskutiert. Generell steigende Eisengehalte könnten der Verhüttungsmethode von Kupfer oder der Zugabe von eisenhaltiger Speise (Eisenarseniden) zu Legierungszwecken geschuldet sein. In der Frühbronzezeit finden sich in Anatolien und benachbarten Gebieten an Fundorten wie Nevalı Çori, Çayönü Tepesi, Tell Chuera [Tell Hūēra], wie auch Shahr-i Sokhta runde Schlacken Kuchen. In Nevalı Çori weisen diese hohe Gehalte an Eisenoxid und Siliciumdioxid sowie geringe Kupferrestgehalte auf. Bei der Verhüttung einer Mischung von sulfidischen und oxidischen Erzen trennte sich nach Dichteunterschieden ein zweiphasiger Sulfid-Metallregulus.

---

<sup>4205</sup> Hess 1998, 105. 114f. 120-122. 129-133.

#### IV.9.6. Iran und Zentralasien

Im Iran kommen die Kupferarsenide Algodonit ( $\text{Cu}_{5-8}\text{As}$ ) und Domekyt ( $\text{Cu}_3\text{As}$ ) in Lagerstätten vor. Daher wird für die Erzeugung iranischen Arsenkupfers u. a. diskutiert, dass dazu (gediegen) Kupfer mit Gehalten an Kupferarseniden aufgeschmolzen wurde, oder dass die Kupferarsenide als Legierungsbestandteil zugemischt wurden. Arsenhaltige Kupfererze sind im Iran häufig. Er ist auch reich an Lagerstätten mit Erzen für die Silbermetallurgie, und es finden sich Hinweise auf antiken Abbau. Die Mineralisierungen des Bergbaureviers von Veshnoveh weisen oxidische und sulfidische Erze auf. Reichhaltige Arsenmineralisierungen scheinen allerdings zu fehlen. Mit Chale Gahr ist dort in einer der Galerien ein Sialk IV-zeitliches Keramikgefäß (ca. 4000–3500 v. Chr.) bekannt geworden. Chalkolithische Kupferobjekte wie Dolchklingen mit Angeln, Meißel, Schaftlochäxte und Flachbeile enthalten variierende Gehalte an Arsen. Zu erwähnen sind kupferne Keulenköpfe aus Susa mit Arsen- und teils hohen Zinngehalten; auch ein silbernes Exemplar liegt vor. Eine Ähnlichkeit zwischen den Keulenköpfen aus Susa und solchen aus der Levante wird gesehen, bleibt aber chronologisch nicht nachvollziehbar.

In einen Zeitrahmen etwa des späten 6. bis späten 5. Jt. v. Chr. datierbar sind äußerst zahlreiche Tiegelfragmente aus Tal-i Iblis. Unterschiedliche Erze liegen von diesem Fundort vor. Die auf der Innenseite verschlackten Tiegel wurden mutmaßlich in einfachen Bodenvertiefungen von oben befeuert. Unklare Verdachtsmomente auf eine Abdeckung sind der Literatur zu entnehmen. Hinweis auf Verhüttung spätestens im frühen 5. Jt. v. Chr. sind dabei die in Silikatphasen eingeschlossenen Kupfertropfen mit Arsen-, Schwefel-, Kobalt-, Nickel- und erhöhten Eisengehalten sowie Sulfideinschlüssen. In *prills* finden sich auch Silbereinschlüsse. Metallobjekte aus Iblis II-Zusammenhängen bestehen aus relativ reinem Kupfer, ohne dass jedoch klar wäre, ob es sich um gediegen Kupfer oder Kupfer aus der Verhüttung reiner Erze handelt. Außerdem kommt etwa auch eine Raffination in Frage, wenn man voraussetzt, dass oben genannte Metallobjekte aus den vom Fundort bekannten verunreinigten Kupfern aus Produktionskontexten erzeugt wurden. Aber auch die chalkolithische Verhüttung bietet Erklärungsmöglichkeiten. Die Zusammensetzung obiger Kupfertropfen bietet nämlich erste Hinweise auf eine Verhüttung mit zumindest sulfidischen Anteilen. Damit könnten Vorgänge wie eine Speiseabscheidung verbunden sein. Eine frühe Äußerung in der Literatur, dass möglicherweise sulfidische Erze verhüttet wurden, ist nicht gänzlich nachzuvollziehen<sup>4206</sup>. Eine Diskussion, welche um 4300 v. Chr. datierendes Arsenkupfer von Tepe Yahya VIA aus Tal-i Iblis ableitet, würde einen *terminus ante quem* für die Arsenkupferproduktion von Tal-i Iblis bedeuten.

Mit der zweiten Hälfte 5. Jt. v. Chr. finden sich Kupfer mit Verunreinigungen an Arsen und/oder Blei im Iran (Susa I, Yahya VIA, Tepe Hissar I) und auch in Teilen Zentralasiens. Sie sollen für das 4. Jt. v. Chr. charakteristisch sein (vgl. auch Namazga). Eine Verhüttung spätestens in dieser Zeit ist zu erschließen und soll das Ende reiner Kupfer bedeuten. Weiter sind Gehalte an Sb, Ag und Ni zu nennen (etwa Tepe Hissar Periode IA-IB). Teilweise zeigt sich eine Fahlerzsignatur. Bleiglanz ist generell häufiger mit Fahlerzen vergesellschaftet. Während Hinweise auf die Verhüttung gemischt sulfidischer und oxidischer Chargen ein Sulfidschmelzen und die Abscheidung von Speisephasen in das Blickfeld rücken, könnten die Pb-Anteile auch auf eine Saigerung der Metallanteile nach Schmelzpunktunterschieden zurückführbar sein. Weiterhin ergeben sich Indizien für Zementationsprozesse.

Eine um 4300 v. Chr. datierende Ahle aus Yahya VIA zeigt dabei arsenhaltiges Kupfer (1,3–1,7 Gew.% As) mit Spuren von Pb, Zn, Sb und Ag sowie Einschlüssen von As, Pb und Sb. Das Metall wurde vermutlich aus polymetallischem Erz gewonnen. Das Fehlen sulfidischer Einschlüsse kann ebenso auf

---

<sup>4206</sup> Heskel 1982, 84. 86. 302. 305.

die Verhüttung oxidischer Erze wie auch auf eher oxidierende Bedingungen bei der Verhüttung zurückzuführen sein; letzteres wird durch Hinweise in Form von Cuprit unterstützt. Eine Herkunft aus Tal-i Iblis wird erwogen. Bezüglich der Mechanismen, die zur Legierungserzeugung führen, kann aufgrund der mangelnden Hinweise auf die Art der Verhüttung nur konstatiert werden, dass sowohl ein Absaugern nach Schmelzpunktunterschieden als auch eine Abscheidung aus Sulfidphasen Pb- und As-haltige Kupfer zeitigen können, da beide Elemente auf den Lagerstätten miteinander vergesellschaftet sind. Frühe Tiegel weisen neben bzw. nach dem flachen und langstreckten Typ Iblis unter anderem vergleichsweise tiefe Formen auf (z. B. Cheshmeh Ali).

Ehedem ins ausgehende 5. Jt. v. Chr. datiert, werden Tiegel anderer Form (s. u.) sowie Belege für Tiegelverhüttung der Phase II von Tepe Ghabristan nunmehr in die Zeitspanne von etwa 4000–3700 v. Chr. datiert. Keramisch wird Ghabristan II mit Sialk III<sub>4-5</sub> und Hissar IB parallelisiert. Neben weiterem wurden auf Nussgröße aufbereiteter Malachit, Herde, ein Tiegel mit Schlackenresten, Herdgussformen u. a. für Schwergeräte mit Schaftlöchern (Doppelaxt und kreuzschneidige Axt) sowie ein keramischer Gusskern gefunden. Dolche mit Mittelrippe und Angel liegen aus Tepe Ghabristan Phase II Level 9, dem zeitgleichen Tepe Sialk und Tepe Hissar vor. In ungefähr dieselbe Zeit fallen auch erstes Silber von Tepe Sialk (Sialk III<sub>5</sub>; Kat. 36) sowie etwas später Bleiglättefunde als Überreste der Kupellation aus Arisman B (Sialk III<sub>6-7</sub>; Kat. 39). Damit könnte sich die Verbreitung von Dolchen – frühe Dolche liegen im iranischen Hochland und Zentralasien aber bereits im 5. Jt. v. Chr. vor – sowie Arsenkupfer und ferner Silber im gleichen Horizont andeuten. Unterdessen sind aber auch Schwergeräte mit Schaftloch verbreitet. Ghabristan Phase II ist eponymer Fundplatz von flachen runden Tiegeln mit durchlochtem Standfuß, die sich an einer Reihe weiterer Fundorte wie Tepe Sialk, Arisman Area B, Qaleh Gusheh und Tepe Ma'morin finden. Eine zeitlich und formal mögliche Entsprechung finden die Durchlochung des Standfußes sowie die flache Schale in einem Tiegel aus dem zentralanatolischen Çamlıbel Tarlası. Verschiedene Tiegelformen wurden auch gleichzeitig benutzt, was etwa am kleinen Werkplatz von Qaleh Gusheh bei Arisman belegt ist. Schlackenkuchen und unter anderem Tiegel vom Typ Ghabristan werden von Qaleh Gusheh 3 genannt (vgl. ebenfalls Çamlıbel Tarlası?). Als ältere Form werden größere Verhüttungstiegel mit steiler Wandung und Griff (Typ Qaleh Gusheh) benannt. Arisman B (Sialk III<sub>6-7</sub>, ca. 3700–3400 v. Chr.) förderte größere Mengen bis faustgroßer Schlacken, Erz, Hammersteine, einer möglichen Tuyère und Bleiglätte zu Tage. Die Herkunft des Rohmaterials für die Kupellation Arismans wird in der reichen Bleisilbermine von Nakhlak gesucht. Ob Tiegel vom Typ Ghabristan und andere Tiegel zum Guss oder zur Verhüttung verwendet wurden, ist unklar. Zur Zeit von Sialk IV sind zwei weitere Tiegelformen nachgewiesen. Sowohl für den Typ Ghabristan als auch spätere Tiegel wurden Deckel und Abdeckungen (teils mit zentraler Lochung) gefunden. Letztere sind in Ofenkonstruktionen eingebaut. Abdeckungen erlauben im Allgemeinen eine Kontrolle der Redoxbedingungen (auch für Sulfidphasen) und können Zementationsprozesse etwa mit Arsen unterstützen. Für Arisman und seine Umgebung wird für die Mitte des 4. Jt. v. Chr. (spätes Sialk III) eine Verhüttung von fein aufbereiteten oxidischen Erzen in Tiegeln mit einem Auslesen des Kupfers aus zerschlagener Schlacke rekonstruiert. Dabei zeigen die Schlacken von Arisman B schwach reduzierende Bedingungen und weisen zahlreiche Einschlüsse von Kupfer- oder Bleitropfen auf. Die Kupfereinschlüsse können Arsen und Eisen im einstelligen Prozentbereich sowie auch Antimon tragen. Die Schwefelgehalte der Schlacken wie seltener Kupfer liegen durchweg bei unter 3 %. Die teils hohen Arsen- und Eisengehalte (chem. Form?) könnten einerseits einer Zugabe von Arsenopyrit (oder Speise) geschuldet sein. Andererseits könnten sie aber auch auf zeitweise überstark reduzierende Bedingungen zurückgehen, die durch die Deckel hervorgerufen werden. Letzteres steht aber im Widerspruch zu den eher oxidierenden Bedingungen, welche die Schlacken anzeigen. Etwa zeitgleiche Schlacken von Tepe Sialk der Periode Sialk III<sub>6-7</sub> (ca. 3700–3400 v. Chr.) mit hohen Anteilen an zurückgebliebenem Kupfer und ungeschmolzenen Erzrelikten weisen auf eine Verhüttung eisenarmer, gemischt carbonatisch-oxidischer und sulfidischer

Erzchargen mit Arsenanteilen bei etwa 1000–1100 °C hin. Indizien deuten an, dass unter mäßig reduzierenden Bedingungen *co-smelting*-Prozesse sowie möglicherweise Prozesse mit Sulfidphasen und mit der Abscheidung von Arsen-/Antimonmangellegierungen und Kupfer stattfanden. Bei um 3600 v. Chr. datierenden Schlacken und verschlackten Tiegelfragmenten des Tepe Hissar bleibt unklar, ob sie auf einer primären Verhüttung oder einem sekundären Schmelzen beruhen<sup>4207</sup>. Während zwei der Schlacken eisenreich bzw. 'fayalitischer' Art sind und einer primären Verhüttung zugewiesen werden, zeigen sie dennoch eine aufgrund niedriger Temperaturen und/oder kurzer Schmelzzeiten noch hochviskose Charge. Andererseits sind Kupferverluste an die Schlacken gering (2–3 Gew.% als Cu<sub>2</sub>O); *prills* enthalten Arsen (<3 Gew.%) und Eisen. Als Erzbasis für die Verhüttung, möglicherweise mittels *co-smelting*, könnten Kupfereisensulfide wie Bornit (Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub>) mit Gehalten an Arsen und Blei sowie oxidische Erze gedient haben. Bei einem singulären Tiegel aus Tepe Hissar (3737–3506 cal BC [2-σ]), der mit Steatit refraktär gemagert ist und von außen erhitzt wurde, wurde auf der Innenseite eine Verschlackung mit mehr als 20 % Pb- und Cu-Oxiden nachgewiesen. *Prills* in der Verschlackung zeigen 1–3 Gew.% As und Ag sowie teils Kupfersulfidhüllen<sup>4208</sup>. Dieser Tiegel wird der Verarbeitung oder Legierungserzeugung zugeordnet. Eine Schlacke mit Fayalit enthält kleine *prills* aus Kupfer, Arsenkupfer und Cu-Fe-Matte<sup>4209</sup>. Die hier postulierte Funktion von *prills* als Schmelzgranulat wird durch Funde von Gussformen für Barren des frühen 4. Jt. v. Chr. teilweise entkräftet (Seh Gabi bei Godin Tepe und Ghabristan).

Arsenkupferlegierungen, As-Ni- und As-Pb-Kupfer des späten 5. und frühen 4. Jt. v. Chr. (Susa I, Hissar I und Sialk) zeigen eher geringe Eisengehalte, und insbesondere stark mit Arsen legierte Kupfer aus Susa I weisen niedrige Eisengehalte auf. Erste Bronzen sowie auch Gold sind im frühen 4. Jt. v. Chr. belegt. Mit der Signatur von Kupfer aus Susa I deutet sich bereits eine Nutzung von Fahlerzen an. Auch erhöhte Schwefelgehalte in einigen Objekten noch aus der frühen ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. sind belegt und weisen auf eine frühe Nutzung (sulfidischer) Fahlerze hin. Dennoch gelten laut Pigott erst die Gehalte von As, Ag, Sb und Bi in Kupfer der Phase Susa II/III A (3500–2850 v. Chr.) als Hinweis auf die Verwendung von Fahlerzen<sup>4210</sup>. Diese Legierungen sind mit den Schlacken etwa von Tepe Sialk und ferner Hissar verbindbar. Im späten 4. Jt. v. Chr. zeigen Arsenbleikupferlegierungen teils erhöhte Fe-Gehalte, aber auch weiterhin sind bei hohen Arsengehalten niedrige Eisengehalte beobachtbar. Das Auftreten von Nickel bei stärker legierten Objekten sowie die im diachronen Vergleich beobachtbare Zunahme von Nickel während der Zeit von Susa IV (2600–2200 v. Chr.) legen Verhüttungstemperaturen um 1000 °C nahe. Ein Zusammenhang zwischen Nickel und höheren Arsengehalten bei Objekten aus Susa I könnte ein Zeichen für Zementationsprozesse bei höheren Temperaturen und stärker reduzierenden Bedingungen sein. Inwieweit Zementationsprozesse bei niedrigen Temperaturen den lediglich erhöhten Arsengehalt von Kupfer von Susa I erklären, bleibt ohne weitere Indizien. Die in der Zeit von Susa II/III A höher liegenden Arsen-, Eisen- und/oder Bleiwerte könnte sich etwa auch durch die Produktion bzw. die Zumischung von eisenhaltigen Speisen erklären. Auch die Zumischung von Erzen zwecks Legierungserzeugung ist nicht auszuschließen. Damit könnte eine Änderung in der Erzeugung von Legierungen zum Ende des 4. Jt. v. Chr. zu fassen sein. Grundsätzlich könnten dabei die erhöhten Eisengehalte in Kupfer vom Ende des 4. und 3. Jt. v. Chr. (z. B. Susa und Shahr-i Sokhta) auch durch Änderungen in der Erzbasis, die Zugabe von Flussmitteln oder schlackenbildende Verfahren begründet sein. Eisengehalte, die durch die etwaige Zugabe eisenhaltiger Speise entstanden sind, könnten durch eine einfache Raffination wieder reduziert werden, bei der dann nur eine geringe Gefahr von Arsenverlusten besteht. Fließ- und Plattenschlacken, Schlackenkuchen sowie Hinweise auf

---

<sup>4207</sup> Thornton 2009, 314 mit weiterer Literatur.

<sup>4208</sup> Thornton – Rehren 2009, 2703.

<sup>4209</sup> Thornton – Rehren 2009, 2706.

<sup>4210</sup> Pigott 1999b, 80.

Öfen (Schachtöfen) lassen sich ab dem Übergang vom 4. zum 3. Jt. v. Chr. nachweisen (Shahr-i Sokhta, „Industrial Quarter“ Sialk, South Hill in Hissar, Arisman Schlackenhalde A, D und E, Shahdad). Diese Produktionszusammenhänge mit Schlacken gelten als industriell. Im Gegensatz dazu werden etwa zeitgleiche Kontexte mit Hinweisen auf die Produktion von legiertem Kupfer und Speisen, die sich anders darstellen, als subindustriell beschrieben (Tal-i Malyan, Tepe Hissar; vgl. auch Godin IV). Dabei wäre zu beleuchten, ob die Unterschiede zwischen *industrial* und *subindustrial/domestic* (nur) auf die Skalierung des *Modus operandi* zurückgehen, oder ob sie auch mit unterschiedlichen Verfahren für die Erzeugung von entweder Kupfer oder Legierungen begründet sein können. Eine chalkolithische, schlackenlose Verhüttung bietet Vorteile für eine Legierungserzeugung. Im 3. Jt. v. Chr. könnte sich tendenziell eine Produktion erschließen lassen, bei der zunächst eher reines Kupfer gewonnen wurde. Die Eisengehalte steigen dabei aber an. Im 3. Jt. v. Chr. sind runde Barren und Schlackenkuchen, manchmal mit Abdrücken teils zweiphasiger Reguli aus Kupfer und/oder Matte, überregional verbreitet (Shahr-i Sokhta, Tepe Hissar?, Oman). Zeitgleich könnte sich Kupfer in Barrenform verstärkt verbreitet haben. Mit Shahr-i Sokhta (2700-2500 v. Chr.) könnte sich ein beginnendes Schlackenschmelzen fassen lassen. Niedrig schmelzende Sulfidphasen können Kupfer sammeln und dieses bei *co-smelting*-Reaktionen mit zunehmender Entschwefelung abscheiden.

Kupferbleischlacken (Hissar IIB South Hill) werden in einen Zusammenhang mit intentioneller Legierungserzeugung gesetzt. Arsenreiche eisenhaltige Speise wurde in Tepe Hissar Main Mound und Shahr-i Sokhta gefunden. Schlacken einer möglichen Speiseproduktion stammen aus Arslantepe und Arisman. Für Arisman wird vermutet, dass eisenhaltige Speise aus Arsenopyrit hergestellt wurde. Die unterschiedlichen Schlacken in Arisman könnten dabei aber auch nur Variationen eines Erzes bzw. ähnlicher Verhüttungschargen sein, die bei differenzierten Verhüttungsoperationen entstanden sind, wie sie vergleichsweise in Shahr-i Sokhta zu erschließen sein könnten.

Bronze, die prinzipiell durch die Zumischung von Zinn zu zuvor verhüttetem Metall herstellbar ist, tritt je nach Region im späten 4. Jt. v. Chr. oder zur Mitte des 3. Jt. v. Chr. auf. Daneben werden aber auch weiterhin Arsenkupfer verwendet.

Fundorte wie Tepe Ghabristan, Sialk und Arisman zeigen spätestens während des 4. Jt. v. Chr. unter anderem über die Verwendung ähnlicher Tiegelformen und Techniken eine Zugehörigkeit zu einem gemeinsamen Kommunikationsraum hinsichtlich der Metallherzeugung. Gleichzeitig ist zwischen den Techniken wohl zu differenzieren (z. B. Qaleh Gusheh bei Arisman vs. Hissar). Weitere Kommunikationsnetzwerke mit Mesopotamien und Transkaukasien zeichnen sich etwa auch anhand der Keramik ab: Der Bezug zu Mesopotamien wird für das späte Sialk III etwa durch Funde von Mitteluruk-Formen in Arisman Area B und am South Mound von Sialk hergestellt. Beziehungen nach Transkaukasien werden über Sialk III<sub>4-5</sub> Keramik in dortigen Zusammenhängen abgeleitet. Ein Reihe dieser Fundorte teilt die Nutzung von Silber sowie mutmaßlich auch dessen Gewinnung durch Kupellation ab dem frühen bis mittleren 4. Jt. v. Chr. Zu diesem Kommunikationsraum der Silbermetallurgie gehören Sialk (vgl. Kat. 36. 37. 38), Arisman (Kat. 39), Hissar (Kat. 40) sowie Ilgynly-Depe (Kat. 60) in Turkmenistan. In Kara-Depe 3 und Sarazm I–II in Zentralasien ist Silber ab dem zweiten Viertel des 4. Jt. v. Chr. belegt (Kat. 59. 61). In die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. wird Bleiglätte von Ilgynly-Depe datiert (Kat. 60). Dass sie auch Arsen und Kupfer enthält, könnte u. a. auf eine Kupellation oder auf eine Verwendung von Blei als Desoxidans für Kupfer zurückzuführen sein. Blei könnte im Vorfeld auch als Extraktionsmittel für Edelmetalle aus Erzen eingesetzt worden sein. Hier dürften sich Überschneidungen mit der chalkolithischen Metallurgie insgesamt ergeben. Chloride als Silberquelle werden diskutiert. Bleigehalte sind auch für das Kupfer aus Ilgynly-Depe typisch. Vorbehaltlich weiterer Untersuchungen ist deshalb grundsätzlich auch denkbar, dass ein Zusammenhang mit dem Absaugern von Metallphasen oder – bei sulfidischen Erzen – mit der Abscheidung von Metall und Speisen aus

Sulfidphasen unter eher oxidierenden Bedingungen besteht. Auf eine Gewinnung von Kupfer aus zerschlagenen Schlacken deuten kleinteilige Schlackenreste sowie mögliche deformierte *prills* hin. Hinsichtlich der Silbermetallurgie könnten diese Indizien eine weitere Differenzierung der Silbertechnologie dieses Kommunikationsraumes bedeuten. Neben der Silbertechnologie, die in Ilgynly-Depe wohl auch Kupellation umfasste, zeigt außerdem die Verwendung von Formen kreuzschneidiger Schaftlochhäxte in diesem Raum eine Vernetzung an. Kupellation ist auch im benachbarten Obermesopotamien verbreitet. Mit den Silberfunden im nordwestiranischen Sé Girdan (Kat. 41) lassen sich Verbindungen zur silberreichen Majkop-Kultur ziehen. Das Gros der iranischen Funde scheint beim derzeitigen Forschungsstand von wenigen, teils unsicheren Ausnahmen abgesehen (Tepe Sialk [Kat. 36], Tepe Hissar Zuweisung IIA [Kat. 40, b-d], entsprechend etwa Sialk III<sub>6-7</sub>) nicht (weit) vor der Mitte des 4. Jt. v. Chr. zu datieren. Um etwa die Mitte des 4. Jt. v. Chr. (Sialk III<sub>6-7</sub>/3700–3400 v. Chr.) liegen dann aus Arisman (Kat. 39) Funde von Bleiglätte (Litharge) vor. Vom 5. bis 3. Jt. v. Chr. sind für die Silbermetallurgie neben einer Kupellation auch weitere Extraktionsmethoden wie etwa die Gewinnung von Silber aus Chloriden zu diskutieren (vgl. Ilgynly-Depe [Kat. 60] und Shahr-i Sokhta). Ab der zweiten Hälfte, besonders gegen Ende des 4. Jt. bzw. im frühen 3. Jt. v. Chr. häufen sich die Silberfunde Irans (Susa, Tepe Sialk, Arisman, nordwestlicher Iran [vgl. Kat. 37, 39-43], Anhänger ohne Provenienz [nicht im Kat.]<sup>4211</sup>). Dabei sind Susa sowie das Hochland mit Tepe Sialk und Arisman über Anhänger mit Einlagen und schieberartige Stücke verbindbar (vgl. Kat. 37, b, g; 39, 42, a-c). Dies spiegelt sich auch in Architektur, Keramik und Glyptik wieder.

Trotz aller Unterschiede zeigen die frühen Schlacken oftmals, dass die Verhüttung wegen der hohen Viskosität der Schlacken und der schwach reduzierenden Bedingungen meist nicht mit den Grundzügen eines schlackenbildenden Schachtofenverfahrens, sondern mit der einer „schlackenlosen“ chalkolithischen Verhüttung in Einklang zu bringen sind. Zunächst ist ein Absaigern der Wertträger nach Schmelzpunktunterschieden zu bedenken. Bei stückig eingesetztem Erz (vgl. Tepe Ghabristan) könnte auf dieser Basis verschieden legierte Kupfer ausgeschmolzen werden. Vermehrt finden sich Hinweise auf den Einsatz polymetallischer, teilsulfidischer Chargen und auf *co-smelting*-Vorgänge. Auch Abscheidungsprozesse von Kupfer und ferner auch Arsen-/Antimonmangellegierungen aus Sulfidphasen deuten sich an. Das Absaigern und Abscheidungsprozesse aus Sulfidphasen können beide zu erhöhten Bleigehalten führen, wie sie die Kupferobjekte zeigen. Auch Zementationsprozesse könnten teilweise zur Legierungsbildung beitragen. Nicht auszuschließen bleibt aber auch eine Zulegierung etwa in Form von Mineralien zu aufgeschmolzenem Kupfer. Indizien auf die Zulegierung mehren sich indes erst ab dem späten 4. Jt. v. Chr. Spätestens um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. ist die Kupellation im Iran selbst belegt, mit zentralasiatischen Fundorten wie Ilgynly-Depe könnte eine Kupellation bereits in der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. nachgewiesen sein. Dort bleibt für die Silbermetallurgie ein möglicher Zusammenhang mit der Verhüttung polymetallischer sulfidischer Erze zu überprüfen.

#### **IV.9.7. Mesopotamien – insbesondere Südirak**

Die Bewertung der frühen Metallurgie in Mesopotamien stellt sich, womöglich aufgrund quellenkritischer Gründe, schwierig dar. Aus der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. liegen aus der Kleinfundschicht Uruks bis faustgroße Stücke mit der Ansprache als oxidiertes Kupfer vor. Mehrere Kupfererzstücke ohne Datierungsangabe sind aus Uruk bekannt geworden.

---

<sup>4211</sup> Helwing 2011c, 272 mit Anm. 53.

Die Herkunft des Gros der urukzeitlichen Kupfer könnte aufgrund bleiisotopischer Hinweise in Zentral- und Nordostanatolien zu suchen sein<sup>4212</sup>. Die Quelle der Kupfer der Jemdet Nasr-Zeit und des 3. Jt. v. Chr. wird beispielsweise in der Arabah (Fenan, Timna) und dem Zentralen Taurus gesucht. Der Ursprung der im 4. und 3. Jt. v. Chr. in Vorderasien verbreiteten As-Ni-Kupfer wird häufig aus Ophiolithen hergeleitet, die im obermesopotamischen Raum und Kaukasus zu finden sind. Für die südmesopotamischen As-Ni-Kupfer etwa aus Kiš, Nippur, Uruk und Ur könnte auch aus dem Oman stammen<sup>4213</sup>. Jedoch könnten auch die technische Prozessführung beispielsweise mit Temperaturunterschieden bei der Verhüttung zu diesem Kupfer führen. Für schriftliche Zeiten wird der Import von Matte in Betracht gezogen.

Zur Zeit von Obed werden im Norden arsenhaltige Kupfer verwendet. Auf Flachbeile aus eher reinem Kupfer ist zu verweisen. Aus der Obed-Kultur in Südmesopotamien sind nur wenige Kupferfunde bekannt. Wie auch für das Hochland des Iran wird für die Betrachtung der Metallurgie des mesopotamischen Tieflandes auf die Funde von Susa verwiesen. Daneben werden zur Evaluation der Metallurgie in Südmesopotamien tönerner (und steinerne) Schaftloch- und Hammeräxte in die Betrachtung miteinbezogen. Die Deutungen reichen, je nach Ausprägung, von Ersatz bis Model. Eine mit Tonäxten vergleichbare kupferne endständige Schaftlochaxt mit 0,95% As liegt aus Susa vor. Vermutlich spätobedzeitlich datieren eine aus Eridu stammende kupferne endständige Schaftlochwacke/-axt (Susa I/Spät-Obed/Früh-Uruk) und ein Exemplar vom Schwarzmarkt mit mutmaßlich südmesopotamischer Provenienz. Eine Einbindung in weiträumige Kontakt- bzw. Kommunikationsnetzwerke könnte sich insbesondere durch Formen von (u. a. möglicherweise kreuzschneidigen) Schaftlochäxten manifestieren. Auch bronzene Exemplare kreuzschneidiger Schaftlochäxte existieren in Vorderasien, die aber – womöglich aufgrund des Materialbefundes – spät datiert werden, und für die eine etwaige Frühdatierung zu überprüfen sein könnte. Sie sind formal mit früh datierten Schaftlochäxten aus Susa vergleichbar, die aus Kupfer mit Arsen- und Bleigehalten bestehen. Aus Ur stammt eine spätobedzeitliche Speer(?)spitze, mit der Vergleiche zu Funden aus dem Riemchengebäude in Uruk gezogen werden. Unter den Funden des Riemchengebäudes wiederum befindet sich eine Kupfersilberlegierung (Kat. 45).

Die Erzeugung des (süd-) mesopotamischen Arsenkupfers des 4. Jt. wird allgemein dadurch erklärt, dass entsprechende Erze verhüttet oder arsenreiche Erze zugemischt wurden. In Susa (II/III) gehen hohe Arsengehalte teils mit erhöhten Bleigehalten einher. Diese Kupfer könnten sich dort mit Fahlerzen und weiteren Vorgängen im Zusammenhang mit Sulfidphasen verbinden lassen. Zum Ende der Uruk-Zeit treten auch höher legierte Bleikupferlegierungen auf. Ein Zusammenhang mit den nun häufigeren Funden von Blei und Silber wird konstatiert. Neben einer Zumischung von Blei als Legierungspartner ist vielleicht auch eine Verhüttungsmethode zu erwägen, bei der Blei – das in niedrigen Gehalten in Kupfer bereits länger belegt ist – nun verstärkt in das Kupfer übergeht. Weiter ist vielleicht auch eine Überschneidung von Kupfer- und Silbermetallurgie zu bedenken. Diese Fragen bleiben mangels konkreter Beweise offen. Folgende Argumentation kann immerhin vorgebracht werden: Für das 4. Jt. v. Chr. wird in Vorderasien eine Nutzung von sulfidischen Erzen und besonders Fahlerzen diskutiert. Fahlerze sind häufig mit Bleiglanz vergesellschaftet. Bei einer Verhüttung dieser Erzvergesellschaftung könnte durch Schmelzpunktunterschiede oder auch Speisenseparierung (aus Sulfidphasen) Blei in das Kupfer gelangen.

Bronze wird zu Beginn des 3. Jt. v. Chr. in Mesopotamien eingeführt, sieht ihre Durchsetzung aber erst etwa zur Mitte des Jahrtausends. Moorey zufolge ist an Eisengehalten in Objekten unter Vorbehalt ein Wechsel der Erzbasis ablesbar: Zunächst wurden schwach, später stärker eisenhaltige Erze

---

<sup>4212</sup> Begemann – Schmitt-Strecker 2009, 1. 21. 23. vgl. dagegen 23.

<sup>4213</sup> Hauptmann 2007b, 297-301. bes. 298.

verhüttet<sup>4214</sup>. Aber auch Veränderungen in der Verhüttungstechnik werden für die steigenden Eisengehalte der Kupfer des 3. Jt. v. Chr. veranschlagt. Barren, die sich aus der Verhüttung herleiten könnten, werden im weiteren Vorderasien nach ca. 3000 v. Chr. gefunden. Ab Frühdynastisch I wird eine Raffination von Kupfer vermutet. Für die Mitte des 3. Jt. v. Chr. geben erhöhte Zinkgehalte in Objekten aus Ur Hinweise auf Zementationsprozesse.

Aus Uruk (Kat. 44-48; evtl. Kat. 49) liegen zahlreiche Silberfunde vor. Eine Datierung mehrheitlich in die zweite Hälfte und das späteste Ende des 4. Jt. v. Chr. ist angezeigt. Bis zu einem gewissen Grad unsicher bleibt dabei die Datierung der Funde mit der Zuweisung Jemdet Nasr. Zwei ‚Speerspitzen‘ (Kat. 45; Taf. 33, 1) stammen aus dem sog. Riemchengebäude. Die Datierung des Riemchengebäudes erfolgt ins letzte Drittel des 4. Jt. v. Chr.; für die Funde selbst könnte allerdings eine nicht genauer bestimmbare Älterdatierung in Frage kommen. Während ursprünglich das Material beider Speerspitzen als Silber angesprochen wurde, ergab die Analyse einer Speerspitze eine Kupfersilberlegierung mit einem Silbergehalt von 26 % oder mehr. Der sog. Sammelfund (Kat. 47) zeitigte neben zahlreichen Silberfunden auch „Kupfer mit hohem Silberanteil“<sup>4215</sup>. Im Zusammenhang mit den Silberobjekten des Sammelfundes zeigt sich eine Verbindung zu Susa II an. Ein silbernes kugeliges Gefäß aus Uruk ist nämlich vergleichbar mit einem solchen aus Susa. Für das Silber kommt im Rahmen des Phänomens der Uruk-Expansion aber auch ein obermesopotamischer Ursprung in Frage, wie exemplarisch Habuba Kabira-Süd zeigt (Kat. 34). Auch das Kupfer der Urukzeit könnte in diese Richtung deuten. Mit der Bleiglätte von Habuba Kabira-Süd könnte sich andeuten, dass polymetallische Erze bei der Kupellation eine gewisse Rolle gespielt haben.

Inwieweit „Kupfer mit hohem Silberanteil“<sup>4216</sup> sowie Legierungen von Kupfer mit Silber und insbesondere Blei im (späten) 4. und 3. Jt. v. Chr. sich durch eine Überschneidung von Kupfer- und Silbermetallurgie mit gemeinsamer Erzbasis erklären, die etwa Sulfidphasen oder ähnliches gezielt nutzt (vgl. Arslantepe, Tepe Sialk III<sub>6-7</sub>, Arisman), bleibt offen.

## **IV.9.8. Levante**

### ***IV.9.8.1. Chalkolithikum***

Die Verhüttung und Kupfer sind in der südlichen Levante spätestens ab der (endenden) zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. an zahlreichen Fundorten nachzuweisen. In Siedlungen der Ebene von Beerscheba wie Abu Matar, Bir es-Safadi und Shiqmim wurde aus Fenan und Timna importiertes Erz verhüttet. Die Verhüttung in Tiegeln und möglicherweise (nach ca. 3800 v. Chr.) einfachen (Gruben-) Öfen erfolgte bei eher schwach reduzierenden Bedingungen und niedrigen Temperaturen. Die Belüftung erfolgte wahrscheinlich mit organischen Blasrohren. Aber auch komplexere Öfen mit Tuyères werden rekonstruiert. Die dabei entstehende Schlacke war hochviskos, und enthält hohe Kupferrestgehalte sowie große Anteile an unaufgeschmolzenen Restiten. Als verwendete Erze werden Kupferoxide und -carbonate (wie Cuprit, Malachit) mit Anteilen an Kupfersulfiden genannt. Dass eine Verschlackung nicht unbedingt das Ziel war, könnte neben den Verhüttungsbedingungen auch der geringe Aufbereitungsgrad der Erze anzeigen. Kupfertropfen wie auch untergeordnet Sulfideinschlüsse sind im verschlackten Material gefangen und können durch eine Aufbereitung der Schlacken gewonnen werden. Hinweise auf Deckel für einfache Öfen liegen von Abu Matar vor. Diese erlaubten eine Steuerung der Redoxbedingungen ebenso wie Zementationsprozesse.

---

<sup>4214</sup> Moorey 1994, 248. 251.

<sup>4215</sup> Pedde 2000, 14.

<sup>4216</sup> Pedde 2000, 14.



Zur Zeit des Chalkolithikums und der Frühbronzezeit (I) wurden in der südlichen Levante zwei Metalle unterschiedlicher Ausprägung benutzt. Während es sich bei dem Metall der sog. *elite metals* um eine Legierung mit teils hohen Gehalten an Arsen, Nickel und/oder Antimon handelt, weisen die meist aus eher reinem Kupfer bestehenden sog. *utilitarian metals* nur gelegentliche und niedrige Gehalte an Arsen, Nickel und/oder Antimon auf. Da sich andernorts Hinweise auf frühe Bronzen finden, ist noch der singuläre Fund einer Ahle aus Bronze von Teleilat Ghassul zu erwähnen.

Von besonderer Bedeutung ist, dass es sich neuesten Erkenntnissen zufolge bei den hochlegierten Kupfern um eine Entwicklung der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. handelt. Solche Kupfer liegen von Naḥal Mišmar und Naḥal Qana sowie auch Tell Abu Matar, Bir es-Safadi und Shiqmim vor. Von Naḥal Mišmar und Naḥal Qana liegen auch Elfenbeinobjekte vor, von Naḥal Qana überdies die ersten Elektron- und Goldfunde der Levante. Gelochte, hauerartige Hippopotamuseckzähne dürften sich in ihrer Bedeutung mit balkanischen und nordpontischen Eberhauern sowie deren metallenen Imitaten vergleichen lassen. Auch über Nutzung von Höhlen könnten sich strukturelle Ähnlichkeiten zum etwa zeitgleichen Balkan und der Ägäis zeigen. Der Ursprung des Elfenbeins wird in Ägypten vermutet. Dort sind später auch goldhaltige Silber im Umlauf. Während angenommen wird, dass das eher reine Kupfer als lokal in einem Kommunikationsraum mit einer „shared technology“<sup>4217</sup> hergestellt wurde, sollen die hochlegierten Kupfer nach Überlegungen zur Erzbasis aus Anatolien oder dem Kaukasus importiert und lokal weiterverarbeitet worden sein. Bekannte Erze aus Vorkommen der südlichen Levante lassen sich zunächst weder hinsichtlich ihrer Bleiisotopie noch ihrer Zusammensetzung für die Legierungen verantwortlich machen. Fahlerze und Erze der Ophiolithe gelten als wahrscheinliche Kandidaten für die Herstellung solcher Legierungen. Menschliches Skelettmaterial mit erhöhten Arsenwerten aus Shiqmim lässt eine lokale Tradition einer Arsenkupfertechologie (auf Basis importierter Erze) möglich werden. Hinterlassenschaften mit metallurgischem Bezug von Abu Matar, Bir es-Safadi und Shiqmim wiederum zeigen eine gemeinsame technologische Tradition. In Shiqmim aufgefundene Erze aus den Sandsteinformationen von Fenan weisen niedrige Eisengehalte (unter 5 %) und leicht erhöhte Schwefelgehalte auf<sup>4218</sup>. Für Shiqmim zeigt sich eine Reduktion und ein Ausschmelzen der Wertträger bzw. eine Gewinnung von *prills* aus dem Erz- bzw. Schlackengerüst an. Dabei bleibt offen, inwieweit die Schwefelgehalte ausreichend waren, um Sulfidphasen und mit ihnen evtl. Speise und Arsen-/Antimonmangellegierungen zu erzeugen. In Abu Matar zeigen sich mit Arsen legierte *prills* (auf Basis importierter Erze). Auch leicht erhöhte Antimonwerte sind belegt. Hier könnten oxidische und sulfidische Erze bei *co-smelting*-Prozessen aufgearbeitet worden sein, wodurch sich untergeordnete Matteeinschlüsse in Schlacken finden. Eingeschlossene *prills* könnten nach einer mechanischen Aufbereitung der Schlacken gewonnen und nach Legierungsgrad sortiert worden sein. Für Abu Matar konnte Shugar (arsenarme) sulfidische Erze nachweisen. Er macht darauf aufmerksam, dass sulfidische und auch arsenreiche Erze durch eine selektive archäologische Auswahl im Fundbild unterrepräsentiert sein könnten<sup>4219</sup>. Das könnte auch für andere Fundorte zutreffen. Ähnliches könnte auch für Schlacken gelten. Insbesondere Abu Matar, wo eine ganze Schlackengruppe nicht untersucht wurde, könnte hierfür beispielhaft stehen. Abu Matar, wo auch Abdeckungen vorliegen, könnte für die Rekonstruktion einer (teil-) sulfidischen Verhüttung eine Schlüsselrolle innehaben. Weiter könnten sich aufgrund der Arsen-, Antimon- und Schwefelgehalte von *prills* auch Abscheidungsvorgänge von Speisen erschließen lassen.

Die Hinweise auf die Kupfererzeugung und die teils geringen Eisengehalte der Legierungen lassen sich gut mit der chalkolithischen Verhüttung und Legierungserzeugung in Einklang bringen. Die genaue

---

<sup>4217</sup> Golden 2010, 167.

<sup>4218</sup> Golden u. a. 2001, 953-955.

<sup>4219</sup> Shugar 1998, 114f.; Shugar 2001, bes. 84-86.

Herstellungsmethode der Legierungen bleibt für die Levante jedoch zunächst im Dunkel. Aufgrund der Zusammensetzungen kommen Fahlerze als Basis in Frage. Die Abscheidung von Arsen-/Antimonmangellegierungen böte eine Erklärung für die As-Sb-Kupfer (vgl. die Indizien von Abu Matar). As-Kupfer können prinzipiell von Zementationsprozessen profitieren, As-Ni-Kupfer zusätzlich von der Reduktion und dem Ausschmelzen von Nickel bei höheren Temperaturen. Grundsätzlich ließen sich so auch eher reine und hoch legierte Kupfer aus der gleichen Charge schmelzen, dies ist jedoch in der Levante nahezu unvereinbar mit der Bleiisotopie der untersuchten Funde. Sieht man von den bleiisotopischen Analysen ab, die ja nur an ausgewählten Funden durchgeführt wurden, läge aber sowohl die Gewinnung reiner Kupfer als auch hochlegierter Metalle im Rahmen der Möglichkeiten und Funktionsweise der in der südlichen Levante verwurzelten Technologie.

#### ***IV.9.8.2. Early Bronze Age I***

Während sich in der Frühbronzezeit I soziale Veränderungen im Siedlungsbild niederschlagen, zeigen sich in der Verhüttungstechnologie Kontinuitäten zum vorhergehenden Chalkolithikum. In den Lagerstättenrevieren von Timna und Fenan wie auch an zahlreichen Fundorten ist Verhüttung nachgewiesen. Dort wurde mit in Holzkohlebetten stehenden Tiegeln verhüttet. Hauptmann bespricht exemplarisch die um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. datierenden Schlacken von Wadi Fidan 4 im Fenangebiet. Reicher Malachit mit Anteilen an Limonit und Kupfersulfiden an Sandsteinresten wird als Erzbasis angegeben. Nussgroße Schlackenstücke weisen als Hauptbestandteile 32–60 Gew.% Cu<sub>2</sub>O und 25–40 Gew.% SiO<sub>2</sub> auf. Unterdessen bleiben die Eisenoxidgehalte niedrig. Nur vereinzelt sind in Schlacken dieser Zeitstellung fayalitische Phasen nachgewiesen. Während sich regelrechte Barren gehäuft erst später in der südlichen Levante beobachten lassen, werden allerdings Barrengussformen aus spätkalkolithischen Kontexten von Tell Magass und Tell Hujayrat al-Ghuzlan berichtet. Weiter wird etwa auch für Beilklingen des Chalkolithikums und der Frühbronzezeit I aus reinem Kupfer eine Barrenfunktion diskutiert.

#### ***IV.9.8.3. Early Bronze Age II–III***

In der südlichen Levante verändert sich die Technologie der Verhüttung während der Frühbronzezeit II–III durchgreifend. Ähnliches gilt auch für den weiteren Östlichen Mittelmeerraum und Vorderasien im 3. Jt. v. Chr. Ein Wechsel von Tiegeln hin zu Öfen lässt sich nachzeichnen. Damit verbunden ist in der Levante auch ein Wandel der Erzbasis, vielleicht wurden nun auch bei der Verhüttung Flussmittel zugegeben. Das Verfahren nutzt zur Trennung von Wertträger und wertloser Gangart deren Dichteunterschiede in flüssigem Zustand, worauf die unterschiedlichen und zum Teil in regelrechten Halden zu findenden Schlackentypen hindeuten. Die Schlacken sind teils aus Mangansilikaten aufgebaut, die über einen weiten Temperatur- und Redoxbereich stabil sind. Der Produktionsmaßstab wird als industriell beschrieben. Die Verhüttung lässt sich häufiger in Lagerstättennähe beobachten. Auswahlkriterium für die Lage von Öfen könnte die Eignung für eine Belüftung mittels Windzug darstellen. Barren werden häufiger, und ihr Handel ersetzt zunehmend den Transport von Erz.

Das Kupfer weist zunächst Blei und Eisen als einzig nennenswerte Verunreinigungen auf. Langfristig von der Frühbronzezeit I über die Frühbronzezeit II/III bis zur Eisenzeit steigen die Gehalte an Nebenelementen sowie Eisen in Kupfer an, während die Schwankungsbreite abnimmt. Stabilere und reduzierendere Bedingungen während der Verhüttung, Erzauswahl und Homogenisierung der Nebenelementgehalte im Metallbad sind als Ursachen für diesen Befund zu vermuten.

#### **IV.9.8.4. Weitere Entwicklung**

Wegen der Eigenheiten der chalkolithischen Verhüttung konnten gleichzeitig unterschiedlich legierte *prills* erzeugt werden. Durch eine Selektion dieser *prills* konnte man prinzipiell unterschiedlich legierte Kupfer erzeugen, was die stärkere Streuung der Legierungsgehalte früher Kupfer erklärt. Im Gegensatz dazu könnte schlackenbildende Verhüttung in Schachtöfen mit künstlicher Belüftung und unter Zugabe von Flussmitteln, die für das Ende des 3. Jt. v. Chr. erschlossen wurde, Kupfer homogener Zusammensetzung geliefert haben, das unter Umständen nachfolgend geläutert werden musste. Dabei besteht das Risiko, erwünschte Nebenelemente zu verlieren. Um die angestrebten Materialeigenschaften wieder zu erlangen, könnte die Zumischung von Zinn eine Lösung geboten haben. Auch Farbvorlieben mögen eine Rolle gespielt haben. Das Aufkommen von Bronze fällt etwa in diese Zeit.

#### **IV.9.8.5. Silber in der Levante**

Aus Byblos (Kat. 50) in der Levante stammt mit mehr als 230 Silberartefakten die größte Anzahl von frühen Silberfunden eines Fundortes. Die Materialangaben umfassen auch goldhaltiges Silber. Die Funde wie Perlen, Ringe und Bleche – darunter Verzierungen von Zeptern bzw. Keulen – stammen vornehmlich aus Gräbern des sog. *Cimetière Énéolithique*. Dessen Datierungsansätze bewegen sich zwischen 3800 und 3200 v. Chr., wobei die Silberfunde meist in die zweite Hälfte des 4. Jt. datiert werden. Unklar bleibt die Funktion von sog. ‚*coupelles*‘. Weitere Objekte der Levante aus Silber und Silbergoldlegierungen (Kat. 51–56) können teils der Frühbronzezeit I und damit spätestens der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. zugeordnet werden, andere ins späteste 4. oder beginnende 3. Jt. v. Chr. datieren.

#### **IV.9.9. Ägypten und Sinai**

Kupfererzlagertstätten als mögliche Quelle ägyptischen Kupfers bzw. der Erze liegen unter anderem in der Ostwüste, auf dem Sinai und in der südlichen Levante. In der Ostwüste sind Goldvorkommen mit Malachit vergesellschaftet. Ebenfalls in der Ostwüste sind Elektronvorkommen und ferner auch Silber in Bleierzen belegt. Auf dem Sinai könnte eine Verhüttung mittlerweile bereits ab der Wende vom 5. zum 4. Jt. nachzuweisen sein. Die Belege mehren sich im 4. Jt. v. Chr. Hinweise auf die Verarbeitung in früher prädynastischer Zeit (Badari bis Naqada I) könnten Kupferfragmente und Ähnliches von Laqeita im Wadi Hammamat darstellen. Die näheren Umstände der Kupferversorgung in prädynastischer Zeit bleiben bis auf Weiteres ungeklärt. Das Kupfer einer Beilklinge aus Prädynastischer Zeit (4000–3032 v. Chr.) wird aufgrund seines Mangangehaltes vom Sinai oder auch aus der Levante abgeleitet.

Für die Prädynastische Zeit ist die Verwendung der Metalle Kupfer, Gold, Silber und Blei nachgewiesen, wobei Silber verhältnismäßig häufig ist. Bei Kupfer überwiegen kleine, einfache Formen; dies wurde als Indiz für die Nutzung von gediegen Kupfer ab der Zeit von Badari bis in die Prädynastische Zeit gewertet. Die Verfügbarkeit von gediegen Kupfer in Ägypten wurde jedoch möglicherweise überschätzt. Obwohl eine frühe Verhüttung von Kupfer nicht nachgewiesen ist, wird für das oberägyptische Kupfer eine lokale Herstellung angenommen. Wenn auch aus der Buto-Maadi-Kultur insgesamt nur wenige Kupferfunde vorliegen, was auch an den Überlieferungswegen liegen könnte, so deuten Funde aus Maadi eine umfangreiche Kupferverwendung an.

Aufbauend auf Craddocks Verfahrensrekonstruktion wird für Ägypten anhand der Zusammensetzung der Metallartefakte ein schlackenloses Tiegelverfahren ab etwa 4000 v. Chr. veranschlagt<sup>4220</sup>. Im

---

<sup>4220</sup> Ogden 2000, 151; Cowell 1987, 99; Craddock 2000, 154; Craddock 1995, 126f. 130f.

Kupfer aus der Zeit des (späten) Prädynastikums und der 1. Dynastie sind dabei Arsen, Nickel sowie Eisen in geringen Mengen (durchschnittlich 0,03 %) als Verunreinigungen nachgewiesen. Dabei wird Malachit als Erzgrundlage gesehen.

Bei Funden der Frühdynastischen Zeit aus dem ersten Viertel des 3. Jt. v. Chr. wurden vereinzelt Cuprit- sowie möglicherweise Sulfideinschlüsse nachgewiesen. Zwar kann Cuprit beim Guss entstehen kann, es kann aber auch oxidierende Bedingungen bei der Verhüttung anzeigen. Oxidierende Bedingungen wiederum können zur Aufarbeitung (teil-)sulfidischer Chargen beitragen, welche durch die Sulfideinschlüsse nahegelegt würden. Eine frühdynastische Beilklinge aus Nubien mit Silber- und Goldgehalten könnte sich aus der Verhüttung entsprechend zusammengesetzter Erze erklären.

Gleichwohl Antimon- sowie auch Kupfer- und Silbergehalte in Gold der Frühdynastischen Zeit auf die Lagerstättensituation in der Ostwüste zurückgehen, könnten darüber hinaus auch Abscheidungen von Metall aus Sulfidphasen in Betracht kommen. Auch in Kupfer Ägyptens scheint Antimon nicht selten zu sein, aber der analytische Nachweis wurde nur gelegentlich verfolgt. Die Anwesenheit von Antimon in Gold und Kupfer wirft die Frage auf, ob in der Kupfer- und Edelmetallmetallurgie Ägyptens ähnliche Erze verwendet wurden oder etwa Prozesse eingesetzt wurden, die mit Sulfidphasen verbunden sind.

Eine mögliche Einbindung der Buto-Maadi-Kultur Unterägyptens in ein Austauschnetzwerk mit der südlichen Levante könnte die Abwesenheit von Gold- und besonders Silberfunden erklären, da Silberfunde auch in der Levante selten sind. Erze sowie Kupfer in Form von Barren und Beilen (Barrenfunktion?) aus dem Wadi Arabah (Fenan und Timna) könnten mutmaßlich Maadi und Buto erreicht haben<sup>4221</sup>. Funde von Beilen (Maadi, Matmar in Oberägypten) mit Arsen- und Nickelgehalten werden mit der Levante als Zwischenstation für das Metall verbunden, eine Herkunft für Legierungen dieser Art wird aber für beide Regionen im Bereich des Kaukasus oder Obermesopotamiens vermutet.

Über die Metallurgie hinaus könnte Oberägypten in einen anderen Kommunikationsraum eingebunden gewesen sein oder selbst einen dargestellt haben. So sind im Gegensatz zu Unterägypten und der Levante im oberägyptischen Raum Steinbeile häufiger, als deren Material teilweise wohl Jadeit bzw. Nephrit namhaft gemacht werden könnte. In Europa existierten Kommunikationssysteme, die auf Beilen aus Jadeit aufgebaut waren. Da in Oberägypten bereits zur Zeit von Naqada Stufe I einfache Gold- und Silberfunde wie Perlen sowie einfache Kupferobjekte gemeinsam auftreten, geht man von einer lokalen Metallurgie aus. Weiträumige Kontakte in Form von Importen sowie das Ausgreifen der Naqada Kultur nach Unterägypten, was mit einer Teilhabe an Kontaktsystemen mit der Levante verbunden ist, sollen sich erst später während der nachfolgenden Naqada Stufe II manifestieren. Kupferklumpen (Naqada Stufe II?) liegen vor. Mit Stufe Naqada IIc/d soll in Oberägypten die Metallnutzung qualitativ wie quantitativ ansteigen. Für die wenigen, ersten größeren Kupfergeräte wird ein Import veranschlagt. Zeitgleich könnte ein Aufschwung der prädynastischen Gold- und Silbernutzung zu konstatieren sein.

Ein Teil der größeren Kupferobjekte aus Naqada IIc und d, darunter Dolche (Naqada und Amrah), enthalten vermehrt Arsen und auch andere Nebenelemente wie Nickel. Gleich ob es sich nun um Importe handelt oder nicht, so wird für die Nebenelementgehalte die Zusammensetzung der verhütteten Erze verantwortlich gemacht. Ein Zuschlag von Arsen zur Schmelze wird für die frühdynastische Zeit diskutiert. Die Zusammensetzungen der Objekte lassen sich aber auch über verschiedene Mechanismen der chalkolithischen Verhüttung erklären (s. o.). Insbesondere eine Nadel mit 1 % Arsen, 2 % Zink und 1–2 % Nickel könnte dabei auf Zementationsprozesse hinweisen. Dass die Kleinfunde geringere Gehalte an Arsen (und anderen Elementen) aufweisen, könnte für eine objektspezifische Verwendung legierter (und importierter) Kupfer sprechen. Nickelgehalte gelten als

---

<sup>4221</sup> Hauptmann 2007b, 289. 292f.; Hartung 2001, 300 Abb. 55. 306. 311f.; Hauptmann 1989, 129.

Argument für einen Import. Der durch seinen Arsengehalt möglicherweise silbern scheinende Kupferdolch von Amrah lässt sich formal mit den silbernen Dolchen von Amrah und Hamra Dum vergleichen (Kat. 57,l. m).

Die Herkunft des Silbers ist ungeklärt. Vielfach wird ein Import, etwa aus Obermesopotamien oder dem Iran – teilweise mittelbar über die Levante, diskutiert. Das weitaus meiste Silber Ägyptens zeigt im diachronen Vergleich hohe Goldgehalte (vgl. Kat. 57,g. r). Als Ursachen dafür werden ein gemeinsamer Umlauf von Gold und Silber (mit der Levante) im Verbund mit Recycling- wie auch Legierungspraktiken und auch ein Ursprung in natürlich vorkommenden Goldsilberlegierungen diskutiert. Darüber hinaus wird auch das Verfahren der Zementation (Zugabe von Kochsalz) erwogen. Für den kleineren Teil des ägyptischen Silbers – darunter ein prädynastischer Fund (Kat. 57,j) – kann die Kupellation aus Blei wahrscheinlich gemacht werden.

Nach dem späten 4. Jt. v. Chr. oder ab dem frühen 3. Jt. v. Chr. lässt sich ein Anstieg der Eisengehalte in ägyptischem Kupfer (Mittel ca. 0,33 %) beobachten, der auf eine Verhüttung mit „simple fluxing“<sup>4222</sup> zurückgeführt wird. Die Verhüttung eisenhaltiger Chargen bzw. der Zusatz von eisenhaltigen Flussmitteln wird etwa in der Zeit des Alten Reiches (2707–2216 v. Chr./3–6. Dynastie) anhand von Schlacken und steigenden Eisengehalten von Kupferfunden konstatiert. Schlackenbildende Prozesse in Windöfen und ähnliche Entwicklungen sind Craddock zufolge im frühen 3. Jt. v. Chr. in der Ostwüste und überregional (Timna und Fenan sowie möglicherweise Mesopotamien) nachzuweisen<sup>4223</sup>. Auf dem Sinai könnten Windöfen um die Wende vom 4. zum 3. Jt. v. Chr. in Erscheinung treten. Das Kupfer soll durch Zerschlagen der Schlacken gewonnen worden sein. Laufschlacken könnten dann auf dem Sinai im 2. Jt. v. Chr. nachgewiesen sein. Wann Blasebälge aufkommen, wird unterschiedlich beantwortet.

Der zur Zeit des späten Neuen Reiches in der zweiten Hälfte des 2. Jt. v. Chr. absinkende mittlere Eisengehalt von Kupfer auf 0,14 % wird auf die Einführung des Schlackenabstichs, den Wandel von oxidischer zu sulfidischer Erzbasis oder auf Manganschlacken zurückgeführt. Gerade aber auch eine bessere Raffination böte eine Erklärung. Etwa simultan, möglichenfalls ursächlich damit in Zusammenhang stehend, sinken nämlich nach der Zeit des Neuen Reiches auch die Arsengehalte auf typischerweise unter 1 %. Bronze mit Zinn wird jetzt die vorherrschende Legierung. Bronzen weisen auch Bleigehalte auf. Höhere Arsengehalte aus späteren Zeiten gehen teilweise mit erhöhten Antimonwerten einher. Ihre Nutzung nach dem Aspekt der Farbe wird augenscheinlich.

Die diachrone Betrachtung liefert weitere Argumente dafür, dass die frühesten Legierungen mit Arsen (und Nickel) mutmaßlich auf die Zusammensetzung der Ausgangserze zurückzuführen und beiläufig, aber nicht unbedingt unintentionell, bei der Verhüttung entstanden sind. Verdachtsmomente auf unterschiedliche Prozesse ergeben sich: Darunter sind Zementationsprozesse, Absaigerungsvorgänge nach Schmelzpunktunterschieden und die Abscheidung von Metall aus Sulfidphasen zu nennen. Auch eine Auswahl des Kupfers nach Legierungsgrad scheint durch. Diese Möglichkeiten, legierte Kupfer zu erzeugen, ergeben sich nur bei einer angepassten Verhüttungsmethode und *chaîne opératoire*. Vorbehaltlich (einer späteren) absichtlichen Zulegierung von Arsen bestärken die etwa gleichzeitigen, zumindest denkbar kausalen Änderungen in der Metallurgie hin zur Schlackenbildung (cave: Mangan, vgl. Levante) und die Zulegierung von Zinn die genannten Folgerungen hinsichtlich der frühen Legierungserzeugung.

---

<sup>4222</sup> Ogden 2000, 152.

<sup>4223</sup> Craddock 2000, 154. 159.

#### IV.9.10. Sardinien und Korsika

Wiewohl Sardinien während des *Neolitico recente* und des *Eneolitico* durch den Obsidianhandel aufs engste mit Festlanditalien und den Äolischen Inseln sowie über die Megalithik etwa mit Westeuropa und Korsika verknüpft war, werden autochthone Elemente in der Kulturentwicklung hervorgehoben. Die Einbindung in Westeuropäische Kommunikationsnetzwerke bedarf vor dem Hintergrund der Diskussion um Jadeitbeile und frühe Metallurgie einer neuen Bewertung.

Die ersten Metallfunde können spätestens mit Kontexten der Ozieri Kultur des späten 5. bis frühen 4. Jt. v. Chr. verbunden werden. Das erste Auftreten von Silber (Kat. 58) ist nahezu gleichzeitig in Ozieri- und Sub-Ozieri-Zusammenhängen zu verzeichnen. Ebenfalls aus der gleichen Zeit liegen mit Schlacken und Tiegeln erste Zeugnisse einer möglicherweise eigenständigen extraktiven, jedenfalls aber verarbeitenden Metallurgie vor. Für die Silbergewinnung steht die Kupellation zur Debatte, kann aber derzeit nicht sicher nachgewiesen werden. Von Su Coddu etwa liegen dabei aus Ozieri/Sub-Ozieri-Kontexten neben mutmaßlichen Schlacken der Kupfermetallurgie auch *scorie di fusione d'argento*<sup>4224</sup> (Bleiglätte?) vor. Jedoch ist analytisch bislang kein Bezug zur Metallurgie nachgewiesen. Für die Tiegelfragmente von Monte d'Accoddi wird ein Vergleich mit solchen des Fundortes Terrina IV auf Korsika gezogen. Weitere Funde mit möglichem metallurgischem Bezug – zumeist sind sie kulturell und technisch schwer einzuordnen – liegen vor. Die Anfänge sardischer (extraktiver) Metallurgie wurden meist als abhängig von der Einbindung weitläufige Kommunikationsnetzwerken gesehen. Unter wechselnden chronologischen Vorstellungen wurden dabei auch unterschiedliche Stimulusgeber verantwortlich gemacht. Gegenwärtig wird etwa ein Beginn extraktiver Metallurgie um bzw. nach der Mitte des 4. Jt. v. Chr. – zumeist auch nur implizit – genannt. Jedoch werden einige Metallfunde auf Sardinien selbst mittlerweile älter datiert. Nach heutigen Vorstellungen entwickelte sich die Metallurgie auch in den umliegenden Regionen bereits früher. Daher ist von einem früheren Beginn der Metallurgie Sardinien auszugehen. Blei als guter Indikator für extraktive Metallurgie ist erst aus späterer Zeit überliefert. Der Schwerpunkt der Silberverwendung liegt dabei in vornuraghenzeitlichen Epochen. Zyprische Einflüsse als neue Impulse für die sardische Kupfermetallurgie – in Form von Kupfer oder seiner Technologie – während des 12. Jhs. v. Chr. werden genannt. Den Schemata gemäß wäre eine Verhüttung sulfidischer Erze damit gemeint.

Sardinien bleibt insbesondere für die Frühzeit, aber auch in späteren Perioden nahezu frei von Schlacken. Es fehlen allerdings Analysen von metallurgischen Überresten und Metallfunden, die Aussagen zur frühesten Metallurgie erlauben. Ein langes Beharren auf schlackenlosen Verfahren könnte die Schlackenarmut erklären. Planokonvexe Barren Sardinien zeigen schwankende, häufig erhöhte Eisengehalte.

Dolche, Menhire und anderes sollen etwa die Zeit charakterisieren, in der die frühe (extraktive) Metallurgie aufkommt. Die Ursprünge dieser Merkmale könnten teilweise zeitlich früher zu verorten sein. Sardinien ist in überregionale Netzwerke eingebunden, in denen metallurgisches Wissen, Objekte und Ideen zirkulierten. Dadurch ergeben sich insbesondere bei veränderten chronologischen Vorstellungen neue Anknüpfungspunkte. Obwohl der Beginn der Verwendung von metallenen Dolchen weiterhin weitgehend ungeklärt ist, könnte bei vornuraghenzeitlichen Dolchen wie andernorts auch die silberne Farbe bzw. das Material Arsenkupfer eine Rolle gespielt haben. Weitere Fundgattungen mit vage überregionalen Bezügen könnten vorliegen. Unklar bleibt die zeitliche und kulturelle Zuordnung von Metallscheiben. Schwergeräte mit Analogien zu karpato-balkanischen Formen wie insbesondere kreuzschneidige Äxte (*maleppeggi*) und ihre Gussformen sind bekannt. Diese überwiegend aus Bronze bestehenden Fundgruppe wird über Vergleiche mit Zypern und anhand

---

<sup>4224</sup> Ugas u. a 1989b, 22.

ihrer Kontexte der späten nuraghischen Bronzezeit zugewiesen. Auch wenn diese Zuweisung für die Mehrzahl der Funde wahrscheinlich zutreffend ist, so bleibt eine Entscheidung für den Einzelfall angezeigt: Denn die mögliche Kenntnis von früher Bronzemetallurgie lässt sich mittelbar über Kommunikationsnetzwerke nachvollziehen, die Oberitalien umfassen. Dort liegen ebenfalls bronzene kreuzschneidige Schaftlochäxte unklarer Datierung vor.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass Sardinien mit Festlanditalien und Westeuropa in weitreichende Netzwerke eingebunden war. Damit dürfte ein früher Beginn der Metallurgie auch auf Sardinien anzunehmen sein. Ebenfalls dafür sprechen die Funde Sardinien selbst. Analoge Entwicklungen wie in anderen Teilen des Untersuchungsgebietes deuten sich an. Eine frühe lokale extraktive Metallurgie zweifelsfrei festzumachen, bedarf neuer Bewertungen des alten Fundbestandes.

## V. Schlussbetrachtungen

### V.1. Die chalkolithische Verhüttung und ihr Potential für die Legierungserzeugung

Die Vorgänge der chalkolithischen Verhüttung, welche zur Erzeugung von Metall wie auch Legierungen führen, sind durch das Verhalten der beteiligten chemischen Elemente und Verbindungen bei Reaktionsabläufen festgelegt. Gleichzeitig sind die Vorgänge jedoch durch eine Steuerung der Verhüttungsbedingungen auch veränderbar und damit grundsätzlich beeinflussbar. Der Einfluss der Prozesse auf die Zusammensetzung von Kupfer berührt auch Fragen nach dem geochemischen Nachweis der Lagerstättenherkunft. Bei der chalkolithischen Verhüttung kann es zu Überschneidungen verschiedener Mechanismen kommen, die zur Metall- und Legierungserzeugung führen. Auch können verschiedene Mechanismen im Ergebnis zu ähnlichen Zusammensetzungen führen, worauf später noch zurückzukommen sein wird. Die Vorgänge, die zur Legierungserzeugung führen, sind mehrheitlich direkt bei der Verhüttung selbst abgelaufen, was für die frühe Zeit überwiegend durch zahlreiche Überlegungen und spärliche Funde zu erschließen ist. Die archäologische Evidenz fällt nämlich eher gering aus. Dies ist neben quellenkritischen Problemen auch in der Wirkweise der chalkolithischen Verhüttung selbst begründet. Aufschlussreich für den zu rekonstruierenden Prozess ist neben den seltenen Schlacken und Verhüttungsvorrichtungen vor allem die Zusammensetzung des Metalls selbst, die vom Herstellungsprozess zeugt. Obwohl die Metallzusammensetzungen in den Einzelfällen wie auch in den größeren Analyseserien, die für diese Arbeit herangezogen wurden, in der Tendenz die These der chalkolithischen Legierungserzeugung unterstützen, so müsste diese aber durch weitergehende Untersuchungen noch erhärtet werden. Das ist aber erst durch eine umfangreiche Neubewertung des Materials zu erreichen. Hier konnten meist nur neue Fragen aufgeworfen werden. Grundsätzlich gibt es zwei Paradigma zur Interpretation der Funde: die schlackenlose chalkolithische Verhüttung und die schlackenbildende bronzezeitliche Verhüttung in Schachtöfen. Je nach Paradigma ergeben sich dabei große Unterschiede bei der Deutung. Zwischen den Verfahren wurde zunächst vor allem anhand der Eisengehalte der Fertigprodukte unterschieden; für das Erzeugungsverfahren der eisenarmen Kupferobjekte wurde der Begriff der schlackenlosen Verhüttung geprägt (*non-slugging*)<sup>4225</sup>. Um die Metallextraktion im Zeitrahmen annähernd vom 5. bis 3. Jt. v. Chr. technologisch und chronologisch abzugrenzen, wurde hier in Anlehnung an Bourgarit<sup>4226</sup> der Begriff chalkolithische Verhüttung genutzt, der zusätzlich auf die Legierungserzeugung bezogen wird. Die schlackenlose chalkolithische Verhüttung erlaubt die Erzeugung von Kupfern mit zumeist niedrigen Eisengehalten. Bei der chalkolithischen Verhüttung können sich aber auch weitere Vorteile für die Legierungserzeugung entfalten; sie zeigen sich im Spurenelementmuster des Kupfers. Die Möglichkeiten der Legierungserzeugung wurden hier an einer Vielzahl von Einzelbeispielen nachvollzogen. Aufgrund regional unterschiedlicher Erzbasen und auch verschiedener Metallsorten liegt diese Vorgehensweise nahe. Dennoch lassen sich gemeinsame Grundzüge einer chalkolithischen Legierungserzeugung herausarbeiten. Diese zeigen sich in den Überschneidungen der Verfahren, der Erzbasen und der Prozesse, die zur Legierungserzeugung führen. Gemeinsamkeiten sind auch an überregional ähnlichen Kupfersorten ablesbar, die sich durch ähnliche Schritte in der *chaîne opératoire* und damit eine ähnliche Technologie erklären lassen.

---

<sup>4225</sup> Craddock 1995, 122-137. bes. 126f. 135. ferner 137-146; Craddock – Meeks 1987, bes. 187f.; Craddock 2000, bes. 155f.

<sup>4226</sup> Bourgarit 2007, bes. 3 mit Anm. 1.



Um die frühe extractive Metallurgie zu charakterisieren, greift man auf Schlacken und Metallfunde zurück. Insbesondere Schlacken erlauben Einblicke in die Temperaturen und Redoxbedingungen während der Verhüttung. Um die metallurgische Kette der chalkolithische Verhüttung zu rekonstruieren, kann man die Ergebnisse von Schlacken und Metallfunde interpolieren, die dem gleichen zeitlichen und räumlichen Horizont oder Milieu entstammen.

Schlacken und die daraus ableitbaren Parameter bilden die Grundlage der Prozessrekonstruktion. In der Forschung wird aber gelegentlich der Prozess an den Anfang der Überlegungen gestellt, woraus dann geschlossen wird, welche Schlacken sich bei einer Verhüttung bilden müssten. Schlacken und Prozesse stehen also in einem wechselseitigen Verhältnis und bedingen das Verständnis voneinander. Daher weichen auch die Bewertungen früher Schlacken der extractiven Metallurgie – so sie überhaupt als solche anerkannt werden – voneinander ab. Denn schon die Definition, was man als Schlacke ansieht, beeinflusst deren Interpretation. Als Folge daraus unterscheiden sich die Deutungen der Grundzüge früher Verhüttung und das Verständnis der Prozesse<sup>4227</sup>. Lange wurde das Konzept des Schachtofenverfahrens mit seinen Schlacken auf die frühe Verhüttung übertragen, was dann die Deutung früher Schlacken und Prozesse entscheidend bestimmte. Aufgrund des konsistent andersartigen überlieferten Materials ist dies aber nicht statthaft.

Für die frühe Verhüttung im Allgemeinen sind Temperaturen, Verhüttungsdauern und reduzierende Atmosphäre angezeigt, die unter den Bedingungen liegen, welche für ein entwickeltes Schachtofenverfahren rekonstruiert oder angenommen werden. Ablesbar sind die Bedingungen (und Intentionen der Metallurgen) am verschlackten Material der ehemaligen Charge. Erze und Gangmaterial alter Hüttenprozesse sind oft reich an Quarzen und anderen refraktären Anteilen. Diese finden sich häufig unzersetzt in der Schlacke als sog. Restite wieder. Frühe Schlacken sind oftmals durch ihre Kleinteiligkeit und Inhomogenität gekennzeichnet. Das zunächst eingebrachte Erz dürfte weitaus kompakter eingebracht worden sein, als dies in der Regel für ein Schachtofenverfahren rekonstruiert oder vorgeschlagen wird. Schon damit sind die Möglichkeiten zur Schlackenbildung begrenzt. Auf die Bedingungen während der Verhüttung lassen u. a. die Eisen- und Kupferanteile der Schlacken schließen. Diese Elemente kommen in verschiedenen Oxidationsstufen und Verbindungen vor, und erlauben so eine Abschätzung ihrer Entstehungsbedingungen; oft können dabei aber auch nur die Bedingungen am Ende der Verhüttung wiedergeben sein. Dabei zeigen frühe, oftmals heterogene Schlacken hohe Anteile an SiO<sub>2</sub>-Einschlüssen und nur geringe Anteile an kristallinen Silikaten mit niedrigen Eisengehalten. Typisch sind hohe Kupferrestgehalte. Die Schlacken sind dabei häufig zu einem großen Teil aus Cuprit und höherwertigen Cu/Fe-Oxiden sowie unveränderter Gangart aufgebaut. Sie enthalten SiO<sub>2</sub>, Pyroxene (z. B. eisenreichen Diopsid) und SiO<sub>2</sub>-reiche Gläser als silikatische Phasen sowie höherwertige Cu/Fe-Oxide (meist Spinelle) wie Magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), Delafossit (Cu<sup>+</sup>Fe<sup>3+</sup>O<sub>2</sub>), Cuprospinell (≈ Cu<sup>2+</sup>Fe<sup>3+</sup><sub>2</sub>O<sub>4</sub>) und hohe Anteile an Cuprit (Cu<sub>2</sub>O). Damit lassen sie ganz andere Phasenbestände als Schlacken späterer schlackenbildender Verfahren erkennen, welche hauptsächlich aus solchen der Olivin-Gruppe wie Fayalit aufgebaut sind. Die Zusammensetzung der Phasen ist außer von Ausgangszusammensetzung, Zeitdauer und Temperatur insbesondere auch von Redoxbedingungen abhängig, die vom Verhältnis CO/CO<sub>2</sub> bestimmt werden. Das verschlackte Material weist dabei oftmals eine eher eisenarme Pauschalzusammensetzung auf. Bei solchen Schlacken bringt die Charge von Anfang an nur mäßig günstige Eigenschaften zur Schmelzbildung mit. Die auch durch

---

<sup>4227</sup> Die Diskussion um (frühe) Schlacken und Metallurgie zeigt eine Dualität. Exemplarisch können die Positionen durch die kurzen Aufsätze zu „schlackenloser“ Metallurgie von Craddock (2000) und Hauptmann (2003a, 2007a) sowie zur Schlackenbildung durch Bachmann (1978, 1980, 1982) und (ferner) Bourgarit (2007, bes. 10) nachvollzogen werden, die stellvertretend für unterschiedlichen Bewertungen von Schlacken und der Art der frühen Verhüttung gesehen werden können. Vgl. allgemein zu Denkschulen bzw. Paradigmen in der Archäometallurgie bei Thornton 2009.

die Redoxbedingungen bestimmten Phasenbestände am Ende schreiben dies fort. Die eisenarmen Chargen und die Redoxbedingungen bieten beide aber Vorteile, um Metalle und Legierungen aus einer Vielzahl unterschiedlicher Erze bei Prozessen der chalkolithischen Verhüttung in einem Schritt zu gewinnen.

Kupferobjekte, besonders solche, die höher legiert und mit einem schlackenlosen Verfahren in Verbindung zu setzen sind, enthalten wenig Eisen. Ein Ausschmelzen der Wertträger nach Schmelzpunktunterschieden aus einer refraktären Charge kann vermutet werden. Dies steht im Gegensatz zur gravitativen Entmischung vollständig verflüssigter Chargen wie sie für spätere Zeiten bei Schachtofenverfahren mit Schlacken angenommen werden. Diese erfordern neben reduzierenden Bedingungen und höheren Temperaturen während der Verhüttung auch eine ideale, und damit meist eisenreiche Zusammensetzung der Charge. Dabei setzen beim Schachtofenverfahren im Prinzip eher die Schlacken als das zu erzeugende Metall die bei der Verhüttung notwendigen Bedingungen. Ein *Zeitalter des Schlackenschmelzens*<sup>4228</sup> wird durch die je nach Region ab der ausgehenden Frühbronzezeit auffindbaren charakteristischen fayalitischen Schlacken eingeläutet, die aus einer Verhüttung nach Dichteunterschieden stammen. Ein Zusammenhang mit Entwicklungen hin zu größeren Öfen, höheren Temperaturen, längeren Schmelzzeiten, reduzierenderen Bedingungen, der Zugabe von Flussmitteln und einem möglichen Schlackenabstich lässt sich in der Tendenz ablesen<sup>4229</sup>. Hauptmann skizziert diese Entwicklung. Auch wurden Fließschlacken von mehreren zehn Kilogramm Gewicht gefunden, die Hinweis auf einen Abstich aus größeren Öfen geben. Zudem wurden spätestens ab der Mitte des 2. Jt. v. Chr. Gebläse eingesetzt. Hauptmann macht jedoch darauf aufmerksam, dass damit immer noch kein unverbrüchlicher Beweis der Verflüssigung ganzer Ofenchargen gegeben ist<sup>4230</sup>: Denn weiterhin finden sich Ofenschlacken, die eine schlechter Abtrennung des Metalls zeigen und von Relikten und Holzkohle durchsetzt sind. Außerdem wird Schlackensand aus der Aufarbeitung solcher Schlacken viel zu selten beachtet. Da scheinbar unrepräsentative (Ofen-) Schlacken wegen ihrer Metallgehalte wahrscheinlich aufgearbeitet wurden, könnte sich der Anteil der Charge der Überlieferung entziehen, der mutmaßlich das Gros der erzeugten Schlacken darstellte. Die Fließschlacken könnten demnach lediglich Teilschmelzen der Gesamtcharge darstellen.

Die Verhüttung nach der Wende vom 4. zum 3. Jt. v. Chr. zeigt in Teilen Vorderasiens Tendenzen hin zu höheren Temperaturen und zu einem Schmelzen von Sulfidphasen, bei dem sich über Dichteunterschiede ein zweiphasiger Sulfid-Metallregulus von der Schlacke trennte. Runde Schlackenkuchen, wie sie dieser Operation zuzuordnen sein könnten, stammen aus Obermesopotamien und dem Iran. Nach der Mitte des bzw. zum Ende des 4. Jt. v. Chr. könnte sich im Iran ein Übergang zu schlackenbildenden Verfahren und zur Zumischung eisenhaltiger Arsenerze oder Vorlegierungen beobachten lassen. Die Untersuchungen zur Verteilung von Elementen zwischen Schlacke und Metall beruhen für Schachtofenverfahren auf einer Betrachtung bei Gleichgewichtsbedingungen<sup>4231</sup>. Dies wurde auch auf die (schlackenlose) Verhüttung früherer Zeiten übertragen. Dagegen ist bei der frühen Verhüttung aber davon auszugehen, dass aufgrund niedriger Temperaturen und kurzer Zeitdauern nur einige Phasen flüssig waren und mit Ungleichgewichten zu rechnen ist. Die Reduktion des Erzes dürfte dabei teilweise durch eine Festkörperreaktion erfolgt sein. Damit verbinden sich ganz andere Möglichkeiten der Metallgewinnung und Legierungsbildung. Vielfach beruht die Legierungsbildung deshalb zunächst auf Temperatur- und Redoxunterschieden

---

<sup>4228</sup> Craddock 1995 zitiert nach Hauptmann 2007a, 127.

<sup>4229</sup> Hauptmann 2007a, 126-129. 133f.

<sup>4230</sup> Hauptmann 2007a, 122-129. 133f. hier bes. 128f.

<sup>4231</sup> Pernicka 1990.

sowie Schmelzpunktunterschieden. Ableiten lässt sich dies durch Betrachtungen der Schlacken und Überlegungen zum Verhalten der Elemente und chemischen Verbindungen.

Frühe Schlacken sind Hauptmanns und Craddocks Ausführungen<sup>4232</sup> zufolge die Produkte einer unvollständigen Chargenaufschmelzung und -umwandlung. Diese resultieren – nach der Konzeption schlackenbildender Verfahren – aus einer Kombination von niedrigen und wechselnden Temperaturen, (zu) kurzen Schmelzzeiten, schwankender und insgesamt zu schwach reduzierender Atmosphäre sowie einer zur Bildung flüssiger Schlacke ungünstigen Zusammensetzung der Charge. Schon im Vorfeld der eigentlichen Verhüttung kann nämlich durch Auswahl und Aufbereitung des Erzes mit Blick auf die Zusammensetzung des Nebengesteins und der Wertträger die Neigung zur Schlackenbildung verringert werden. Positiv formuliert erlauben eben diese der chalkolithischen Verhüttung eigenen Charakteristika eine Vermeidung von Schlacken und eine Kontrolle über die Zusammensetzung des erzeugten Metalls. Eisenarme und nur grob aufbereitete Chargen verhalten sich, sieht man etwa von manganhaltigen Chargen ab, besonders refraktär und begünstigen eine Reduktion und ein Ausschmelzen der Wertträger nach Redox- und Schmelzpunktunterschieden. Zeitweise eher oxidierende Bedingungen tragen nicht nur zur Vermeidung von Schlacken sondern auch zur Aufarbeitung (teil-) sulfidischer Erze durch *co-smelting* und Röstreaktion sowie zur Abscheidung von Metall aus Sulfidphasen bei. Über Chargenauswahl und Redoxbedingungen lässt sich also die Verhüttung kontrollieren. Die Redoxbedingungen sind dabei durch Temperatur und Atmosphäre bestimmt. Diese wiederum lassen sich über das Verhältnis zwischen aufgeblasener Luft und Brennmaterial wie Holzkohle steuern. Aber auch das generelle Design des Reaktorsystems hat Einfluss darauf. So ist bei den frühen Anordnungen der Reaktionszone nur auf den Bereich des Luftstroms begrenzt. Vollständige Umsetzungen respektive Verflüssigungen sind so insgesamt nicht zu erwarten. Da Flüssig-Flüssig-Entmischungen nach Dichtunterschieden deshalb nicht zu erwarten sind, erforderte die chalkolithische Verhüttung ein Ausschmelzen oder eine mechanische Abtrennung der Wertträger. Diese Faktoren zusammen ermöglichen eine Steuerung der Verhüttung. Damit ist zunächst die Wirkweise der chalkolithischen Verhüttung charakterisiert. Zusätzlich erlaubt sie die Erzeugung von Legierungen.

In der chalkolithischen Verhüttung kann ein Schlüssel zur Ausbringung unterschiedlich legierter Kupfer mit niedrigen Eisengehalten liegen. Die meisten potentiellen Legierungspartner von Kupfer wie Arsen, Antimon, Nickel, Silber usw. sind gleichzeitig auch die Elemente, welche auf einer Lagerstätte zusammen mit Kupfer zumeist im selben Erz vorkommen. Deshalb werden die Nebenelementmuster von Kupferobjekten herangezogen, um ihre Herkunftslagerstätte zu bestimmen. Dies ist aber nicht unproblematisch. Wie oben dargelegt, könnte die Auswahl des Erzes nach der Zusammensetzung seiner Wertträger und auch der Beschaffenheit seines Ganggesteins erfolgt sein. Die Nebenelemente variieren nicht nur zwischen Lagerstätten sondern schon innerhalb einer Lagerstätte. Selbst auf engstem Raum wie in Mineralgemengen ist die Verteilung der Spurenelemente nicht homogen (vgl. das Ausbringungsverhalten). In Anbetracht dieser möglichen starken Variationen in den Nebenelementgehalten und damit Legierungspartnern ergibt sich, dass die räumliche und zeitliche Verbreitung von Kupfersorten eher als Werkstattkreise zu deuten sind. Damit ist auch die Erzeugung ähnlicher Legierungen einer sich wiederholenden Auswahl und technischen Aufbereitung bestimmter Erze (als Mineralvergesellschaftungen) zuzuschreiben. Weitere Einsichten könnten Chargengröße und Ausbringungsmethode der chalkolithischen Verhüttung bringen: Erze sind zunächst in sich inhomogene Mineralgemenge. Im Gegensatz zu schlackenbildenden Verfahren, bei denen meist von einer mehlfinen Aufbereitung der Erze ausgegangen wird, werden bei der chalkolithischen Verhüttung eher kompakte Erzbrocken eingesetzt. Auf dieser Grundlage können dann verschieden

---

<sup>4232</sup> Siehe etwa Hauptmann 2000, 2003a, 2007a; Craddock 2000.

legierte Kupfer gewonnen werden. Die inhomogene Zusammensetzung der Mineralgemenge kann sich bei der Verhüttung in entsprechend unterschiedlich zusammengesetzten Kupfertropfen (*prills*) niederschlagen. So können unterschiedlich legierte *prills* durch ein Aussaigern aus dem kaum umgesetzten Erz- oder noch hoch viskosen Schlackengerüst getrennt voneinander ausgeschmolzen (Schmelzpunkte) werden und infolge unverbrauchter Holzkohle oder Ascherückstände am Boden des Reaktors dann separat vorliegen. Ähnlich können auch Sulfidphasen ausgeschmolzen werden. Höher legierte Kupfer (bzw. unterschiedliche Phasen) könnten aufgrund niedrigerer Liquidustemperaturen zuerst ausgeschmolzen worden sein. Restgehalte aber, die in Erz oder Schlacke verbleiben, können dann durch Zerschlagen des Erz- bzw. Schlackengerüsts gewonnen werden. Diese wiederum könnten sich von dem Teil der Wertträger unterscheiden, die zuvor ausgeschmolzen wurden. Anschließend können die *prills* nach Güte verlesen werden. Das Zerschlagen von Schlacke oder thermisch belastetem Erz lässt sich relativ gut mit den spärlich überlieferten Resten der frühen extraktiven Metallurgie in Verbindung. Die *prills* stellten ein ideales Gussgranulat dar. Archäologisch zeigt sich, dass im 5. Jt. v. Chr. und weiten Teilen des 4. Jt. v. Chr. Barren – sieht man etwa von einer diskutierten Barrenfunktion von Beilen und indirekten Hinweisen in Form möglicher Barrengussformen ab – zunächst nicht zu belegen sind und dann selten bleiben. Dafür finden sich zahlreiche sog. Gusstropfen und ähnliches Material, das als Rohschmelze, unförmiges kleinteiliges Kupfer usw. angesprochen wird. Für einen Teil dieses Material ist sicherlich eine Herleitung aus *prills* zu postulieren.

Auf Basis der Überlegungen zum Absaigern bzw. Ausschmelzen ist wahrscheinlich, dass bei der chalkolithischen Verhüttung aus Erzen mit relativ niedrigen Schwefelanteilen am Anfang, mengenmäßig zwar untergeordnet, leicht Sulfidphasen ausgebracht werden können. Aus Sulfidphasen können sich bei zunehmender Entschwefelung Kupfer, Speisen und Arsen-/Antimonmangellegierungen wie Fahlerzmetalle abscheiden. Aufgrund der höheren Affinität von Kupfer zu Schwefel können sich Arsen und Antimon bevorzugt abscheiden. Prinzipiell sind so unterschiedlich legierte Kupfer aus einer Charge bzw. Sulfidphase darstellbar. Da niedrige Eisengehalte schmelzflüssige Schlacken unterdrücken, begünstigen sie die Absaigerung von Metall und Sulfidphasen nach Schmelzpunktunterschieden aus dem Erz- oder Schlackengerüst. Weiter sind niedrige Eisengehalte auch der Abscheidung von Metallphasen und Speisen aus Sulfidphasen förderlich. Die Erzeugung eisenarmer Varietäten von Arsen-/Antimonmangellegierungen und Speisen erlaubte deren folgende Nutzung als Legierung oder Vorlegierung unmittelbar. Dies bleibt im Gegensatz zu den meist diskutierten eisenhaltigen Speisen besonders zu betonen. Eisenarme Zusammensetzungen ermöglichen überhaupt erst einige dieser Verfahrenszüge und Prozesse. Dies steht im Gegensatz zu einer schlackenbildenden Verhüttung mit eisenhaltigen Schlacken, in der sich die allesamt flüssigen Chargenbestandteile nach Dichteunterschieden trennen sollen: Wegen geringer Dichteunterschiede ist eine vollständige Trennung allerdings kaum zu erwarten. Unten würde sich ein Kupferbad sammeln, in dem die Nebenelemente in homogenisierter – gleichsam verdünnter – Form vorlägen; ein Teil der Nebenelemente könnte sogar an eisenhaltige Matte oder Speise verloren gehen. Bei einer „bronzezeitlich“-schlackenbildend gedachten *chaîne opératoire* sind wahrscheinlich verschiedene Bearbeitungsschritte nötig, welche Nebenelemente eliminieren können. Einer dieser Schritte ist die Läuterung von mit Eisen verunreinigtem Kupfer, die fast unvermeidlich auch erwünschte Legierungspartner entfernt. Frühe Kupfer weisen zumeist niedrige Eisengehalte auf. Auch wenn sie nicht immer größere Mengen an Nebenelementen als spätere Kupfer enthalten, so variieren die Nebenelementgehalte in frühen Kupfern stärker (vgl. bes. Kap. IV.6.3; IV.2.2 [Norşuntepe]). Dies stellt ein weiteres Indiz für eine Herleitung aus *prills* statt aus einem Kupferbades dar und unterstreicht die grundsätzlichen Unterschiede zwischen chalkolithischen und bronzezeitlichen Verfahrenswegen. Niedrige Eisengehalte des chalkolithischen Kupfers gehen dabei zunächst auf die Auswahl eisenarmer Erze zurück. Auch kann ein Teil des Eisens durch eher oxidierende, der chalkolithischen Verhüttung

eigenen Bedingungen als inerte und thermisch stabiler Magnetit weiteren Prozessen entzogen sein, die zur Schlackenbildung oder etwa der Verunreinigung des Kupfers führen können. Auch die Zusammensetzungen von Sulfidphasen lassen sich über das Sauerstoffangebot steuern und eisenarm halten. Im für die frühe Verhüttung erschlossenen Redox-Bereich ( $p_{O_2} = 10^{-4}$  bis  $10^{-7}$  atm) kann in Abhängigkeit von der Temperatur die Paragenese von Delafossit-Cuprit-Kupfer-Magnetit fallen. Dies ist typisch für moderne Kupferverblaseschlacken. Die Bedingungen genügen dabei zur Entschwefelung von Sulfiden, und Metall kann abgeschieden werden. Gleichzeitig bewegen sich die Bedingungen in Abhängigkeit von der Temperatur am unteren Rand dessen, was zur Reduktion von Kupfer aus Oxiden notwendig ist (Taf. 10, 1).

Bei Temperatur- und Redoxunterschieden in einem Bereich, wie sie in der chalkolithischen Verhüttung vorliegen oder möglich sind, zeigen auch Legierungspartner von Kupfer wie Nickel, Antimon und Arsen ein differenziertes Reduktions- und Ausbringungsverhalten. Besonders Arsen sticht als Legierungspartner bei einigen Kupfern des 5. und 4. Jt. v. Chr. heraus. Dabei kann es teilweise ohne weitere Auffälligkeiten (zusammen mit Nickel) erhöht vorliegen. Der Sublimationspunkt von Arsen liegt bei 613 °C. Eine Anreicherung kann deshalb über Zementationsprozesse stattfinden, was besonders gut bei ruhender Atmosphäre und in geschlossenen Behältnissen funktioniert. Ähnliches gilt auch für Zink. Damit ist eine Anreicherung dieser Elemente möglich. In manchen Fällen dürfte die Legierungsbildung auf ganz bestimmte Prozesse zurückzuführen sein, teilweise sind aber auch Überschneidungen anzunehmen. Bei höheren Temperaturen diffundiert gasförmiges Arsen verstärkt in dann flüssiges Kupfer. Bei diesen Temperaturen kann auch Nickel reduziert werden, wenn etwa das Reaktionsgefäß geschlossen ist und in ihm deswegen eine reduzierende Atmosphäre herrscht<sup>4233</sup>. As-Ni-haltige Kupfer lassen sich auf verschiedene Weise überzeugend erklären: Eine Zulegierung etwa von Nickelarseniden wird diskutiert. In Mesopotamien und auch Arslantepe könnten Erze der Ophiolithe, ggfs. auch bei höheren Temperaturen, verhüttet worden sein. Mit den oben angestellten Überlegungen zu Temperatur- und Redoxunterschieden wie auch Zementationsprozessen könnten sich weitere Differenzierungen und Überschneidungen ergeben. Im Zusammenhang mit der chalkolithischen Verhüttung erklärt vielleicht auch der niedrige Schmelzpunkt von Zinn die Existenz früher, meist niedrig legierter Bronzen<sup>4234</sup>. Weitere Verfahrensstränge könnten im Kontext der chalkolithischen Verhüttung zu prüfen sein. Hier sind zunächst die Verhüttung oder Zulegierung besonders nebenelementreicher Erze zu nennen. Diese werden in der Forschung häufig als einzig mögliche oder auch gleichberechtigte Erklärung für unterschiedliche, legierte Kupfer gesehen. Eine Zulegierung kann vielfach nicht ausgeschlossen bzw. anhand der Zusammensetzungen nicht differenziert werden. Da die Artefakte überwiegend eisenarm sind, und da eisenhaltige Erze bei der Zumischung „explodieren“ können, kann die Zulegierung vielleicht auf eisenarme,

---

<sup>4233</sup> Zementationsprozesse mit Arsen, die vielfach beiläufig ablaufen könnten, profitieren von höheren Temperaturen. Gleichzeitig ist Zementationsprozessen eine geschlossene bzw. ruhende Atmosphäre dienlich. Das Entweichen von Arsen könnte mit einer höheren Brennstoffabdeckung oder Deckeln, die eine ruhende Atmosphäre zur Folge haben, verhindert werden. Damit im Zusammenhang könnten auch reduzierendere Bedingungen herrschen. Beides ist der Ausbringung von Nickel in Kupfer förderlich. Während dabei die einzelnen Wechselwirkungen stimmig sind, bleibt ein Widerspruch bestehen, nämlich in einem Tiegel bzw. Reaktor mit Blasrohrbelüftung von oben gleichzeitig hohe Temperaturen sowie ruhende bzw. reduzierende Bedingungen zu erzeugen.

<sup>4234</sup> Zinn hat einen äußerst niedrigen Schmelzpunkt. Im Rahmen einer chalkolithischen Verhüttung mit der Ausnutzung von Schmelzpunktunterschieden kann prinzipiell auch Zinn, vorbehaltlich geeigneter Erze, angereichert werden. Die Beantwortung der Frage nach der Erzbasis mit etwaigen Zinngehalten stellt für weitere Überlegungen die erste Hürde dar. Im Iran finden sich solche Kupferzinnlagerstätten (Nezafati u. a. 2011, 225) und könnten der Verbreitung von Zinn im Orogen bzw. im Rahmen der Alpidischen Orogenese (vgl. Roberts u. a. 2009, 1017) folgend auch andernorts zu vermuten sein. Vielleicht lassen sich in der Folge die frühen, meist niedrig legierten Bronzen zwanglos erklären.

nebenelementreiche Varietäten eingegrenzt werden; hier liegt die Überschneidung zur chalkolithischen Verhüttung. Auch die Herstellung von Vorlegierungen auf Basis nebenelementreicher Erze oder Erzpartien würde von eisenarmen Zusammensetzungen profitieren. Speisen als Vorprodukt stehen in der Diskussion. Gerade für die chalkolithische Verhüttung sind eisenhaltige Varietäten nicht erforderlich; das erzeugte Metall kann sogar ohne Raffination direkt genutzt werden. Eine Legierung mit eisenhaltigen Speisen (aus Arsenpyrit) – teilweise werden dafür in der Forschung Zementationsprozesse erwogen – könnte frühestens für das endende 4. Jt. v. Chr. etwa im Iran zu diskutieren sein.

Ein Teil der legierten Kupferartefakte zeigt Verunreinigungsmuster, die eine Verhüttung auf Fahlerzbasis nahelegen. Fahlerze können sehr eisenarm sein. Während verwitterte Fahlerze direkt verhüttet und zu Kupfer reduziert werden können, bieten (teil-) sulfidische Erze die Möglichkeit, Arsen-/Antimonmangellegierungen und Speisen aus Sulfidphasen zu schmelzen. Eisenarme Zusammensetzungen und nur schwach reduzierende Bedingungen sind letzterem Prozess förderlich bzw. erlauben diesen erst. Dass frühe Kupfer, insbesondere solche mit Fahlerzsignatur, zuweilen Blei enthalten, kann derzeit über mindestens zwei Mechanismen erklärt werden. Zunächst kann Blei etwa bei der Verwendung polymetallischer Erze wie (verwitterten) Fahlerzen aufgrund seiner geochemischen Vergesellschaftung mit in die Chargen kommen. Bei einer Reduktion oxidischer Chargen und dem Schmelzen nach Schmelzpunktunterschieden sollte Blei wegen seines niedrigen Schmelzpunktes bevorzugt ausgeschmolzen werden und dann weitere Metalle sammeln. Antimon könnte wegen seines ebenfalls niedrigen Schmelzpunktes auf ähnliche Weise in das ausgebrachte Metall gelangen. Im Zusammenhang mit eisenhaltigen Speisen kann oft eine eigenständige bleihaltige Phase auftreten. Blei könnte (bei der chalkolithischen Verhüttung) deshalb mit eisenarmen Sulfidphasen und Speisen in Verbindung stehen. Blei kann auch hier wiederum als Sammler weiterer Metalle dienen. Wenn polymetallische Erze verhüttet werden, so können zunächst über Schmelzpunktunterschiede verschiedene Phasen, darunter auch Blei, ausgebracht werden. Die Zusammensetzungen der dabei entstehenden Phasen können sich trotz des Einsatzes verschiedener Erze überschneiden, da ähnliche Mechanismen ablaufen; gleichzeitig sind aber aus einem Erz verschiedene Metalle schmelzbar. Bei (teil-) sulfidischen Chargen kann die Sammlung und Ausbringung von Metall auch über Sulfidphasen stattfinden. Sowohl Blei als auch Sulfidphasen können aufgrund niedriger Schmelztemperaturen bevorzugt ausgeschmolzen werden und Metalle sowie Edelmetalle sammeln. Bei Sulfidphasen kann eine zunehmende Entschwefelung dazu führen, dass es zu einer Mischungslücke kommt. Dann können sich Metalle wie Kupfer, Arsen-/Antimonmangellegierungen und Speisen abscheiden, wobei der Übergang zwischen letzteren beiden fließend ist. In der Speise sollten sich auch Blei und Silber anreichern. Dies bietet etwa für Kupfersilberlegierungen eine mögliche Erklärung. Erhitzt man Blei auf eine Temperatur in der Nähe seines Schmelzpunktes (327,43 °C), so lässt sich z. B. Kupfer als Metall, Sulfid ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) oder Arsenid ( $\text{Cu}_3\text{As}$ ) abtrennen, während die Edelmetalle in ihm verbleiben. Hierin liegen Überschneidungen zur extraktiven Silbermetallurgie (s. u.). In Gegenwart von Nickel vergrößert sich die Mischungslücke bei der Abscheidung von Metallphasen aus Sulfidphasen. Gängige Erklärungsansätze für die Entstehung von verschiedenen Fahlerzmetallen mit und ohne Nickel sind die Nutzung unterschiedlicher Erze oder auch Unterschiede bei Temperatur und Redoxbedingungen. Bei Nutzung (teil-) sulfidischer Erze lassen sich solche Kupfer mit und ohne Nickel überdies auch durch Zeitpunkt ihrer Abscheidung und Nickelgehalt der Sulfidphase (Mischungslücke) aus Sulfidphasen erklären. Zusätzlich spielen die Redoxbedingungen während der Prozesse eine Rolle. Auch wenn nicht sicher zu klären ist, ob die Ösenringmetalle mit und ohne Nickel auf unterschiedliche Erze oder verschiedene Prozesse zurückgehen, so zeigt ihre Verwendung aber, dass der urgeschichtliche Metallurge sich der Unterschiede bewusst war und die Metallerzeugung steuern konnte. Ist es schon für frühbronzezeitliche Fahlerzmetalle schwierig, die Legierungserzeugung durch

Abscheidungs Vorgänge aus Sulfidphasen nachzuweisen, so gelingt es für Legierungen des 5. und 4. Jt. v. Chr. noch weniger, derartige Vorgänge sicher zu identifizieren. Zum einen wurden Sulfidgehalte in Kupfer leider nur selten gemessen. Zum anderen können Sulfidgehalte in Kupfer als Nachweis auch ausfallen: Da nämlich die frühe Verhüttung nicht unter Gleichgewichtsbedingungen ablief, können die Sulfidgehalte in derart ausgebrachtem Kupfer unterhalb von Werten liegen, die im Falle von Gleichgewichtsbedingungen eine positive Aussage erlauben. Gerade aber bei Röstreaktionen bzw. *co-smelting*-Prozessen unter den Bedingungen der chalkolithischen Verhüttung kann bei der Aufarbeitung einer Sulfidphase praktisch schwefelfreies Kupfer erzeugt werden, das bevorzugt die anderen Verunreinigungen aufnimmt. Am ausgebrachten Metall allein lassen sich grundsätzlich verschiedene Prozessstränge nur schwer unterscheiden, wenn die Art der Verhüttung nicht charakterisiert ist. So kann etwa zwischen Absaigerung nach Schmelzpunktunterschieden und Abscheidungs Vorgängen von Speisen aus Sulfidphasen kaum differenziert werden, nicht zuletzt, weil überschneidende Vorgänge stattfinden können, wie oben am Beispiel von Blei ausgeführt wurde. Daher ist es auch schwierig, den jeweiligen Anteil an der Metall- bzw. Legierungserzeugung nachträglich abzuschätzen. All diese Möglichkeiten, im Wirkungsbereich der chalkolithischen Verhüttung (legiertes) Kupfer zu erzeugen, sind dadurch verbunden, dass eisenarme Chargen unter eher oxidierenden Bedingungen bei relativ niedrigen Temperaturen verarbeitet wurden. Gleichzeitig sind diese Bedingungen günstig für die Bildung verschiedener Legierungen, da die potentiellen Legierungspartner des Kupfer hier die deutlichsten Verhaltensunterschiede aufweisen. Während hier bislang der Einfluss von Temperatur- und Redoxunterschieden auf einige Metall- und Sulfidphasen beispielhaft betrachtet wurde, bleiben weitere mögliche Mechanismen zu überprüfen. Neben weiteren Prozessen (vgl. oben Blei) könnte das temperaturabhängige Verhalten verschiedener Mineralgemenge (vgl. Kap. II.2.4.4.5.) für die Legierungserzeugung von Bedeutung sein, da sich deren Bestandteile dann über Schmelzpunktunterschiede gewinnen lassen. Insgesamt lässt sich feststellen, dass sich die Technologie über eine kulturhistorische Interpretation erschließen lässt, wenn die Hinweise auf die Prozesse aus Kontexten extraktiver Metallurgie mit den Metallzusammensetzungen verbunden werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass mit der chalkolithischen Verhüttung unterschiedliche Möglichkeiten zur Verfügung stehen, um verschiedene und darunter auch legierte Kupfer auszubringen. Im Laufe der Prozesse können die Nebenelemente als potentielle Legierungspartner etwa in unterschiedlich zusammengesetzten *prills* angereichert werden. Dabei können schon etwa 2 % Arsen, Antimon und auch Nickel die Materialeigenschaften bereits in einer Größenordnung beeinflussen, dass sie Lechtman zufolge verfolgenswert waren, was aber nicht unbedingt ausgenutzt wurde<sup>4235</sup>: Im Vergleich zu reinem Kupfer können sich bei derart legierten Kupfern erniedrigte Schmelzpunkte, bessere Guss- und Materialeigenschaften sowie Farbveränderungen ergeben. Es zeigt sich, dass Legierungen wegen ihres ästhetischen Wertes häufig für Symbol- und Prestigegegenstände verwendet wurden. Die chalkolithische Produktion verunreinigter, ja legierter Kupfer im Rahmen einer *chaîne opératoire* wurde über einen langen Zeitraum betrieben. Eine scheinbare Evolution der Technologie hin zu Schachtofen ist erst mit der Bronzezeit feststellbar, als neue Kupfersorten und Zinnlegierung aufkommen<sup>4236</sup>. Selbst dann wurde mancherorts (z. B. Iran) parallel dazu noch schlackenlos chalkolithisch verhüttet. Im Gegensatz zu schlackenbildenden Schachtofenverfahren ermöglicht die chalkolithische Verhüttung eine einfache und direkte Erzeugung eisenarmer,

---

<sup>4235</sup> Lechtman 1996, 509f.

<sup>4236</sup> Pernicka führt das in Europa großräumige Auftreten von zinnlegiertem Reinkupfer auf die Nutzung neuer Lagerstätten bzw. Lagerstättenbereiche in der Zeit des Aufkommens der Zinnlegierung zurück (Pernicka 1990, 98f.).

hochwertiger Kupfer und Legierungen. Dies ist Hinweis darauf, dass die chalkolithische Legierungserzeugung als Verfahren bewusst genutzt wurde.

## V.2. Offene Fragen zu Reaktordesign und technischen Einrichtungen

Neben zahlreichen Fragen zu den Prozessen selbst sind auch die technischen Einrichtungen und ihre Funktion unklar. Hier ist die Archäologie in Zukunft weiter gefordert. Es liegen Keramiken mit möglicher kaminartiger Funktion aus Belovode, Pločnik und Divostin vor. Sie stehen im Zusammenhang mit einer Reduktion oxidischer Erze; es ergeben sich hier Hinweise auf ein Absaugern der Metallphase aus dem Erzgerüst. Aus Belovode und Selevac sind weitere technische Einrichtungen zu nennen, deren genaue Funktionsweise im Rahmen der Verhüttung teilweise noch zu bestimmen ist. Es gibt Tiegel in unterschiedlichsten Formen. Viele von ihnen erfahren lediglich eine Deutung als Gusstiegel. Ihre Funktion bleibt aufgrund ihrer Formvielfalt jedoch weiter zu überprüfen. Aus İköztepe sind beispielsweise tiefe Tiegelformen zu nennen. Außer an der Form könnte ihre Funktion z. B. an Brandspuren abzulesen sein. Auch „Miniaturgefäße“ aus Alişar Höyük sowie ferner aus Pločnik und Belovode bleiben weiterhin zu diskutieren, wobei letztere mangels Spuren einer pyrotechnischen Nutzung bislang als Gefäße zur Pigmentherstellung interpretiert werden. Mögliche tönerner Blasrohrdüsen, die wahrscheinlich aus dem 5. Jt. v. Chr. stammen, sind aus Alişar Höyük und Brixlegg zu nennen. Blasrohrdüsen liegen auch aus Hacinebi und aus Hamoukar (Mitte des 4. Jt. v. Chr.) vor. Ein Fragment einer möglichen Tuyère wird aus Abu Matar berichtet. In der Levante liegen unterschiedliche Ofenformen vor. Ihre Funktion ebenso wie deren Bezug zu Tiegeln dieser Kontexte bleiben im Rahmen einer *chaîne opératoire* zu überprüfen. Für Tiegel vom Typ Ghabristan, die ab dem frühen 4. Jt. v. Chr. vorliegen, sind Abdeckungen zu diskutieren. Vergleichbare Tiegel, mit allerdings engerer Durchlochung des Standfußes, lassen sich um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. in Çamlıbel Tarlası ausmachen. Hinweise auf Abdeckungen liegen gleich in mehreren Verhüttungszusammenhängen aus Dolnoslav, Sitagroi und Abu Matar vor. Sie datieren noch vor oder um 4000 v. Chr. In ihrem (weiteren kulturellen) Kontext gibt es Hinweise auf (teil-) sulfidische Erzchargen. Hier bleibt nach der genauen Funktion der Abdeckungen zu fragen. Eine Anreicherung von Arsen und Zink kann über Zementationsprozesse stattfinden. Damit Arsen nicht abraucht, ist ein geschlossener Reaktor vorteilhaft. Er unterstützt auch die Zementation. Dies gilt für die Verhüttung oxidischer, sulfidischer oder auch gemischter Erze. Mit zunehmender Entschwefelung steigt die Tendenz des Arsens, sich zu verflüchtigen. Verschließbare Tiegel oder Öfen als Reaktorsysteme, können bei der Verhüttung Arsenverluste verringern. Im Falle oxidischer Chargen kann die Abdeckung von Beginn an erfolgen; bei (teil-) sulfidischen Chargen würde der Reaktor im Verlaufe der Operationen verschlossen. Auch eine vorzeitige Entschwefelung beim Schmelzen einer Sulfidphase könnte dadurch verhindert werden.

## V.3. Silber und Kupellation

Aufgrund der bruchstückhaften Überlieferung<sup>4237</sup> erfordert eine überzeugende Rekonstruktion der Silbertechnologie eine umfassende Quellenkritik sowie eine Darstellung des Milieus ihrer Entwicklung und Durchsetzung. Dies gilt insbesondere auch für das Verfahren der Kupellation. In die zweite Hälfte des 5. und die erste Hälfte des 4. Jt. sind zahlreiche Funde von Silber und silberhaltigen Legierungen

---

<sup>4237</sup> Silber ist im archäologisch überlieferten und erkannten Fundbestand vermutlich stark unterrepräsentiert. So dürften korrodierte Silberobjekte in der Grabung übersehen werden, falls sie zu Silberchlorid zergangen sind, wobei eine weiß-graue Masse zurückbleibt (vgl. Gowland 1918, 123f.; Tylecote 1986, 54). Oder sie werden (bei etwaigen Kupfergehalten) aufgrund einer grünen Patina für Kupfer gehalten. Viele Silberobjekte werden erst nach Analysen als solche erkannt (Philip – Rehren 1996, 143f. ferner 140f.).



datierbar. Eine wichtige und mit Einschränkungen gut zu belegende Methode, Silber zu gewinnen, ist die Kupellation. Hier wird meist zunächst eine reduzierende Verhüttung von silberhaltigen Bleierzen<sup>4238</sup> gedacht. Die Anforderungen daran sind nicht hoch, jedoch erhöht sich durch stärker reduzierende Bedingungen die Silberausbeute. Blei kann auch als Lösungsmittel dienen, um Silber aus Fahlerzen, Jarositen, Dürrerzen und ähnlichen Erzen zu gewinnen, oder fällt dabei an (vgl. Kat. 28. 34). Die eigentliche Kupellation umfasst ein oxidierendes Abtreiben des Bleis und weiterer Verunreinigungen. Blei wird dabei selektiv oxidiert und abgeführt. Dieser Prozess kann bis zum Vorliegen reinen Silbers geführt werden. In der Praxis sind unter anderem Bleirestgehalte zu erwarten. Bleigehalte in Silber stellen neben direkten Zeugnissen wie Bleiglätte oder Kupellen bzw. Ofenwandungen, die mit Bleiglätte imprägniert sind, die besten Indikatoren für eine Kupellation dar. Im Vorfeld der Kupellation ist für die Silbergewinnung auch eine Herleitung aus polymetallischen und (teil-) sulfidischen Erzen zu erwägen. Dabei können auch Speisen aus Sulfidphasen und in diesem Zusammenhang auch Blei auftreten. Dies ist insbesondere der Fall, wenn bei eher niedrigen Schmelzpunktunterschiede eine Rolle spielen (s. u.).

Gediegen Silber kann ohne Kupellation gewonnen werden. Auch aus Dürrerzen kann Silber ohne Kupellation erschmolzen werden. Trotzdem kann es in beiden Fällen aufgrund feiner Verwachsungen mit dem Erz nötig sein, Blei zuzusetzen, um das Silber zu lösen. Anschließend kann es durch Kupellation gewonnen werden. Darüber hinaus können Silber und weiter Silberlegierungen prinzipiell außer durch Kupellation auch durch Abscheidung von Speisephasen aus Sulfidphasen anfallen. Für das verbleibende Schmelzen werden als mögliche Nebenprodukte auch silberhaltige Sulfidphasen und Speise genannt. Weiter kann Werkblei bei Temperaturen um seinen Schmelzpunkt gesaigert werden, wobei etwa Kupfer als Metall, Sulfid ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) oder Arsenid ( $\text{Cu}_3\text{As}$ ) abgetrennt werden kann, während die Edelmetalle im Blei verbleiben. Da bei den Bedingungen der chalkolithischen Verhüttung ähnliche Prozesse erfolgen, können Überschneidungen zur Silbermetallurgie auftreten. Namentlich sind hier etwa Prozesse der Speiseabscheidung zu nennen, mit denen sich dann Legierungen von Silber mit Kupfer und anderem mehr gut erklären ließen (vgl. Arslantepe). Auch Gold könnte sich so darstellen lassen. Unterschiedliche Legierungen von Kupfer mit Silber, aber auch Arsen, Antimon usw. können auch erzeugt werden, indem Temperatur- bzw. Schmelzpunktunterschiede bei der Verhüttung einer Vielzahl an Erzen genutzt werden. Auch natürliche Legierungen von Gold, Silber und Kupfer wie beispielsweise Elektron können ähnlich gewonnen werden, falls sie nicht unmittelbar nutzbar vorliegen. Wie in der Kupfermetallurgie dürfte auch in der Silbermetallurgie eine Vielzahl an Erzen nutzbar gewesen sein. Weitere Gemeinsamkeiten, welche die frühe Kupfer- und Blei-Silbermetallurgie verbinden, betreffen Typ und Aufbau der Lagerstätten und damit auch die Mineralvergesellschaftungen. Für den frühen Abbau auf Kupfer und Blei-Silber in Frage kommen insbesondere Ganglagerstätten mit oberirdisch anstehendem und verwittertem Ausbiss, dem sog. Eisernern Hut. Aufgrund der Genese finden sich Kupfer- und Bleilagerstätten oftmals in denselben Regionen, wobei auch fließende Übergänge zwischen Ganglagerstätten auf Kupfer und Blei vorliegen können. Gerade für die vulkanogenen Massivsulfid-Lagerstätten im Vorderen Orient könnte dies zutreffen. Möglicherweise erklären sich hierdurch die Funde von Objekten aus Kupfer-Silberlegierungen.

Da die Kupellation für die meisten Erze das Mittel der Wahl zur Silbergewinnung darstellen soll, und Blei unter anderem deshalb mit in die Prozesse kommt, stellt sich die Frage, was Indikatoren für

---

<sup>4238</sup> Als Quelle für die früheste Silberverwendung werden meist Bleiglantz (Galenit) und Cerussit genannt, deren Ausbeutung das Wissen um die Kupellation voraussetzt. Diese gelten aufgrund ihrer Verfügbarkeit als wahrscheinlichste Silberlieferanten auch für den Beginn der Silbermetallurgie. Dabei wurde Cerussit in seiner Bedeutung in der Diskussion vermutlich lange Zeit mehr oder weniger unterschätzt.

Kupellation sein könnten (siehe Kap. II.4.3.3.)<sup>4239</sup>. So werden Bleigehalte von 0,05 % bis 2,5 %, meist nicht unter 0,5 %, als bester Hinweis auf Kupellation gewertet. Ähnlich gelten etwa niedrige Gehalte unedlerer Metalle wie Kupfer, da sie beim Kupellieren abgeführt werden, als Indikatoren für Kupellation. Zink sollte beim Kupellationsprozess sogar vollständig entfernt werden. Jedoch kann auch nicht kupelliertes Silber, das aus gediegen Silber oder Silbererzen stammt, nach dem Ausschmelzen Blei enthalten, wenn das Ausgangserz mit Blei verunreinigt war. Als ein Hinweis auf die Verwendung von gediegen Silber etwa sollen Quecksilbergehalte gelten. Da Quecksilber beim Schmelzen des Silbers, etwa zum Guss, vollständig entweicht, sollte es nur bei (kalt) umgeformten Objekten zu finden sein. Wie ausgeführt, waren geringe Mengen an Verunreinigungen wahrscheinlich sogar erwünscht, um bessere Guseigenschaften zu erhalten, was die Aussagekraft des Nebenelementmusters weiter schmälert. Bei der Diskussion der analysierten Stücke<sup>4240</sup> zeigt sich daher immer wieder, dass die Ergebnisse von Analysen eindeutige Aussagen zum Herstellungsweg nicht zulassen. Die Ergebnisse müssen deshalb im Zusammenhang mit dem archäologischen Milieu interpretiert werden.

#### **V.4. Überlegungen zur Chronologie und zum Ursprung von Technologien**

Aufgrund der Seltenheit von Überresten der extraktiven Metallurgie wie Schlacken und Vorrichtungen zur Verhüttung ist unsere Kenntnis der Metallurgie hauptsächlich vom überlieferten Korpus an Metallgegenständen bestimmt. Dabei sind wichtige frühe Kupferfunde und auch Verhüttungsbefunde mit ihrem Material vielfach nur schwer zu datieren. Teilweise sind die Kulturzuweisungen und damit Datierungen von Metallfunden nur zugeschrieben<sup>4241</sup>. Da die Technologie als metallurgische *chaîne opératoire* aber aus den Funden rekonstruiert wird, übertragen sich die Datierungsprobleme auch hierauf. Weiter hängt die Überlieferung in quellenkritischer Hinsicht außer vom Forschungsstand vor allem von den Deponierungssitten in den unterschiedlichen Räumen ab. Dabei gibt es große Unterschiede. So erlaubt selbst das massierte Auftreten von Funden in einer Region kaum mit letzter Sicherheit ein Primat auszusprechen. Den genauen Ort und Zeitpunkt des Ursprungs einer Technologie zu bestimmen, ist archäologisch also nahezu unmöglich. Da die Überreste der Kupellation wie auch der extraktiven Kupfermetallurgie rar sind, ist es nicht möglich, Zeit und Ort der Entstehung lediglich unter Verweis auf die ältesten bekannten Quellen zu bestimmen. Insbesondere da der Nachweis der Technologie auf nur wenigen Funden früher Verhüttung beruht, können Thesen schnell von Neufunden ebenso wie durch die im Fluss befindlichen Datierungen überholt sein<sup>4242</sup>. Da in der archäologischen Literatur verschiedene Datierungen nebeneinander bestehen, wird es bei größeren

---

<sup>4239</sup> Diese Kriterien sind am Bleiglanz festgemacht (vgl. etwa Gale – Stos-Gale 1981a, 107 mit Anm. 33; Gale – Stos-Gale 1981c, 175 mit Anm. 45). Damit mag sich auch das Problem verbinden, dass andere Erze andere Signaturen im Silber hinterlassen würden, und das möglicherweise auch noch in Abhängigkeit von der Lagerstätte.

<sup>4240</sup> Eine Diskussion einzelner Stücke findet sich etwa im Katalog, ebenso wie der Zugang zu entsprechender Literatur.

<sup>4241</sup> In gewisser Hinsicht muss man Metallobjekte und Kulturen, so die Metallfunde nicht aus Gräbern oder anderen datierenden Kontexten mit kulturspezifischen Beifunden stammen, für frühe Zeiten wohl zunächst trennen und soweit als möglich in sich datieren, oder im Falle von Metallobjekten diese über Außenvergleiche zu datierbaren Stücken zurückverfolgen. Allzu oft scheinen beispielsweise als Einzelfunde gemachte Metallfunde wie Schwergeräte Kulturen nämlich nur zugeschrieben zu sein. Dabei sind die Auswirkungen von Umdatierungen, wie sie derzeit etwa für Kulturen wie auch Metallobjekte und Metallurgiebelege in Südosteuropa gerade erfolgen – und für Mittel- und Westeuropa wohl noch zu erfolgen haben – kaum zu ermessen. In diesem Zusammenhang bieten vor allem die Arbeiten um Jadeitbeile von Pétrequin und anderen Anlass zur Frage nach Frühdatierungen ihrer kupfernen Pendants. Dies berührt auch Fragen nach dem Beginn von Kupfersorten, und damit auch dem Beginn bestimmter Verhüttungstechnologien.

<sup>4242</sup> Ähnlich Ottaway – Roberts 2008, 195; Kienlin 2010, 4; Klimscha 2017, 156; Hansen 2017, 136f.

Synthesen, spätestens aber beim interdisziplinären Diskurs außerordentlich schwierig, diese adäquat unter Einbeziehung der aktuellsten Datierungen zu berücksichtigen. Darüber hinaus werden in der Forschung Metalle mittels evolutionistischer und diffusionistischer Modelle, die ihnen ein bestimmtes technologisches Niveau zuschreiben, kulturell eingeordnet. Und dies wird umso leichter fortgeschrieben, je stärker die Objekte evolutionistisch gedeutet werden. Das ist jedoch abzulehnen. Zwar bauen manche Techniken aufeinander auf, und im Nachhinein gesehen scheint eine Entwicklung stattzufinden, aber die Wirklichkeit dürfte viel komplexer ausgefallen sein, als sie sich uns darstellt. Freilich tritt unweigerlich die Frage nach der Herkunft extraktiver metallurgischer Verfahren und den Umständen ihrer Entwicklung auf. Um Bedeutung und Stand der Metallurgie deshalb fassen zu können, wurde in dieser Arbeit versucht, die oben geschilderte Problematik durch einen geographisch wie chronologisch weiten Betrachtungswinkel zu kompensieren. Aus einer trotz aller Bedenken starken Gewichtung der wenigen Verhüttungsnachweise und aus dem Vergleich der Technologie – ableitbar aus den Verhüttungsresten und den Metallzusammensetzungen – ergeben sich Indizien für eine möglicherweise überraschend vielgestaltige extraktive Metallurgie, die schon früh eine weite Verbreitung fand. Um dabei nach dem Bestand von Technologien fragen zu können, werden annähernd zeitgleiche Metallfunde und Verhüttungsbefunde, die mutmaßlich dem gleichen kulturellen Milieu zuzuordnen sind, in Kommunikationsräumen betrachtet. Kommunikationsräume können sich aus kleineren Einheiten wie Kulturen konstituieren, die in sich möglicherweise aus wiederum kleineren Einheiten aufgebaut sind. Alle diese Einheiten können dabei sowohl intern als auch extern über Netzwerke miteinander verbunden sein. Die Kommunikationsräume und Netzwerke können offen sein und sich überlappen, sie können sich aber auch ausschließen und gegeneinander abschotten. Gleichsam stellen sie wenig scharf zu denkende Horizonte<sup>4243</sup> mit einer zeitlichen Tiefe dar. Daraus ergibt sich ein Kontinuum für Ideen. Die Betrachtung in den Kapiteln setzte sich aufgrund der Forschungstradition jedoch (zunächst) auch mit Entwicklungen innerhalb moderner kulturgeographischer Einheiten auseinander. Darauf aufbauend erfolgten darüber hinaus implizit wie explizit Gliederungen nach verschiedenen Kommunikationsräumen. Dies geschah etwa anhand mutmaßlicher Symbolformen wie Schmuckscheiben oder Ringanhängern. Auch die Einteilung nach Kulturkomplexen mit ähnlichem kulturellem Habitus wurde verfolgt. Es steht zu vermuten, dass die Träger dieser Symbolformen bzw. Kulturkomplexe ähnliche Vorstellungen damit verbanden, und sich so die Verbreitung von Ideen nachzeichnen lässt. Die Rolle bislang rückständig erschienener Räume, für die es aber Hinweise auf eine eigenständige und auch innovative Metallurgie gibt, muss dabei neu hinterfragt werden (z. B. Alpenraum mit Brixlegg). Die besprochenen Fundregionen sind im Rahmen

---

<sup>4243</sup> Wegen chronologischer aber auch terminologischer Schwierigkeiten über verschiedene Regionen hinweg sollen hier in Anlehnung an Parzinger technische Entwicklungen bzw. Manifestationen in Horizonten (bzw. Kommunikationsräumen) besprochen werden. Jedoch kann in den wenigsten Fällen eine tatsächliche oder ungefähre Gleichzeitigkeit ermittelt oder angenommen werden. Während Parzinger (1993b, bes. 13-15. 273) sich von Phasenbezeichnungen mit technologischem Unterton löst und überregional durch Kettendatierung verknüpfbare typologisch-chronologische Horizonte (zunächst und kleinräumig v. a. auf Grundlage von Keramik aus Siedlungsstratigraphien) erstellt, besitzen diese aber bezüglich der Gleichzeitigkeit quasi hypothetischen Charakter, da eine weiträumige Ausbreitung von beispielsweise Keramik auch in Schritten zu erwägen ist. Die Synchronisierung von Entwicklungen steht im Vordergrund. Die Horizonte besitzen aber keine zeitliche Tiefe, sondern gedachte Linien verbinden nicht genau fixierbare Zeitpunkte miteinander. Die Zeitpunkte lassen sich absolutchronologisch bestimmen. Dazu zu vergleichen sind beispielsweise die „Horizonte“ bei Strahm (1994) und Chernykh (1992). Die Betrachtung in Horizonten dient vor dem Hintergrund möglicher Kontaktnetzwerke und Kommunikationsräumen dazu, Technologien sichtbar zu machen. Dabei spielt die Betrachtung der zeitlichen Tiefe – im Gegensatz zu Parzinger – eine gewisse Rolle. Die Horizonte sind wenig scharf zu denken und dienen nur als heuristisches Mittel. Schon dabei sind sie problematisch. Jedoch muss genug Spielraum für mögliche Datierungsspannen wichtiger Funde bleiben. Bei zu enger Fassung würden die Horizonte bei Umdatierungen schnell gesprengt.

von Kommunikationsnetzwerken nicht isoliert, sondern stehen in einem vielfältigen Beziehungsgeflecht mit- und manchmal gegeneinander, aber immer zueinander. Die Kommunikationsräume können dabei auch dialektisch zu deuten sein.

Um zu weiteren Aussagen zu gelangen, wurden in den meisten Untersuchungsregionen die Entwicklungen bis zum Beginn der Bronzezeit bzw. bis zum Einsetzen schlackenbildender Verfahren in Schachtöfen oder der Legierung mit Zinn nachgezeichnet. Dies ergab sich zunächst einerseits daraus, dass die Silberverwendung ursprünglich erst ab der Bronzezeit für möglich gehalten wurde; hier sollte aber ihre frühere Entwicklung vor der Bronzezeit nachgezeichnet werden. Andererseits sollte die Technologie der frühen Kupferverhüttung und -legierungserzeugung charakterisiert und gegen schlackenbildende Verfahren abgegrenzt werden. So wurden in den Kapiteln immer die einsetzenden Veränderungen angerissen, um die frühe Verhüttung aus dieser Abgrenzung heraus besser zu verstehen. Die späteren Entwicklungen finden hier in der abschließenden Betrachtung aber kaum mehr Beachtung, da nur die chalkolithische Verhüttung und Legierungserzeugung dargestellt werden soll.

Viele der hier ins Feld geführten Beobachtungen begründen den Anfang einer neuen Sichtweise auf die frühe Metallurgie. Aus Gründen des Umfangs konnten viele Aspekte und ihre Konsequenzen nicht bis zum Ende untersucht werden. Aber eine erweiterte Polymetallurgie und differenzierte Techniken zu frühen und bislang nicht für möglich gehaltenen Zeiten zeichnen sich ab. Bisherigere Konzepte und ihre Datierungsgrundlagen vermögen teilweise nur wenig zu überzeugen. Ehemals mit klaren Horizonten erklärte technologische Abfolgen hinsichtlich der Erzbasis und der genutzten Legierungen lösen sich immer mehr auf.

## **V.5. Erste Alchimisten: Wert und Rolle von Metall und Ideen in Kommunikationsräumen und -netzwerken**

Metalle können allgemein einen funktionalen und/oder symbolischen Charakter aufweisen. Werte können ihnen dabei in der Konzeption einer Gesellschaft lediglich zugesprochen sein und Änderungen unterworfen sein<sup>4244</sup>. Objekte aus Metall, gleich ob sie nun funktionalen oder symbolischen Charakter besitzen, könnten ein ideales Mittel zum Tausch sowie zur Zurschaustellung von Wohlstand und sozialer Macht darstellen: Das Wissen um ihre Herstellung ebenso wie die Fähigkeit, Metall zu beziehen, und die Möglichkeit dieses zu lagern, umzuwandeln und zu tauschen, kann Metall dieses Potenzial verleihen<sup>4245</sup>. Nicht seine unmittelbare Überlegenheit über Rohstoffe wie Holz und Stein

---

<sup>4244</sup> Zur Interpretation von Metallen, Kupfer und seinen Legierungen sowie Gold und Silber gehört sicherlich auch deren Wert bzw. Bedeutung, die sie für den urgeschichtlichen Menschen hatte. Allgemein darf grundsätzlich von einem gewissen Wert ausgegangen werden, alleine bedingt durch die in die Herstellung investierte Arbeitszeit (am Beispiel von Berggold siehe Hansen 2017, 138), was aber auf viele Materialien und Produkte in der Urgeschichte zutreffen dürfte. Jedoch ohne die Kenntnis des Wertesystems der Urgeschichte, der jeweiligen Gesellschaft können wir uns diesem mit zahlreichen weiteren Aspekten verbundenen Gesichtspunkt der Metalle nur annähern. Siehe dazu (am Beispiel von Gold) allgemein Renfrew 1986. Zur Bedeutung des Silbers in späterer Zeit siehe etwa Buchholz 1999, 263-282 und zu Blei und Gold siehe Buchholz 1999, 230-263. Dabei darf man jedoch nicht unsere heutigen Vorstellungen vom Wert eines Materials unhinterfragt auf die damalige Zeit zu übertragen. So gilt Gold heute als wertvoller als etwa Silber. Gründe dafür sind seine Korrosionsbeständigkeit und seine Seltenheit. Diese Eigenschaften machen es zu einem idealen Symbol um Prestige darzustellen, und zwar heute wie auch mutmaßlich in der Urgeschichte. Demgegenüber wusste man aber bereits in der Frühgeschichte um die überragende kulturhistorische Bedeutung von Kupfer, wie ein Auszug aus einem sumerischen Streitgespräch zwischen Kupfer und Gold belegt (dazu bei Strahm 1994, 2).

<sup>4245</sup> Yener 2000, 26f.; Hansen 2009, 14; Vgl. dazu Ottaway – Roberts 2008, 214.– Zur Akkumulierbarkeit und Konvertibilität Yener 2000, 47.

sondern Farbe und Eigenschaften wie Malleabilität und seine quasi unendliche Transformierbarkeit könnten für seine Bedeutung ausschlaggebend gewesen sein<sup>4246</sup>. Die Bedeutung von Metall und anderen Materialien als Mittel in der sozialen Repräsentation und Kommunikation drückt sich, so entsprechende Deponierungssitten vorliegen, häufig über ihre Rolle in Gräbern und Depots aus<sup>4247</sup>. In diesen Zusammenhang gesellschaftlicher und sozialer Kommunikation gehören auch Überlegungen zur Interaktion mit numinosen Mächten<sup>4248</sup>. Helms zufolge kann sich der Wert eines Objektes auf verschiedene Art bestimmen: Die einem Objekt anhaftende Herkunft und innewohnende Geschichte bei einem Tausch mögen eine Bedeutung haben. Auch Arbeitszeit und Kunstfertigkeit bei der Herstellung sowie bei Metallen ihr Herstellungsprozess und das Wissen darum können ausschlaggebend sein<sup>4249</sup>. Die Erschaffung eines Artefaktes wurde durch den urchichtlichen Handwerker bzw. Künstler als Demiurg zwischen innerer und äußerer Welt vollzogen und war eng mit mythologischen Vorstellungen verbunden<sup>4250</sup>. Die Wesensart eines Stoffes zu ändern, stellte einen ungeheuren Vorgang in der Menschheitsgeschichte dar<sup>4251</sup>. In einer ähnlichen Mittlerrolle verstanden sich auch subrezente Alchimisten<sup>4252</sup>. Alchimisten versuchten durch Transmutation u. a. Stoffe ineinander umzuwandeln. Neben der vergeblichen Goldherstellung entwickelten sie aber auch recht praktische Methoden, die bereits ein Pendant in der Urgeschichte finden<sup>4253</sup>. Eine Lehre die dieser

<sup>4246</sup> (Vgl.) Ottaway – Roberts 2008, 214; Im Falle von Metallen sind es insbesondere dem Material inhärente Eigenschaften wie Glanz und Farbe, Härte und Gewicht, Kälte, Klang, Geschmack und später elektrische Eigenschaften sowie gleichermaßen Beständigkeit (insbesondere bei Gold) wie Veränderlichkeit (Anlaufen von Silber, Patina von Kupfer und Blei, Ausfärben von Arsenkupfer) die es von anderen Materialien abheben (vgl. Hansen 2011a, 278; Hansen 2009, 14; Strahm 1994, 2. 4). Es ließ sich Akkumulieren, Umformen, Umgießen und (bis zu einem gewissen Grad) beliebig Mischen, um neue Legierungen und Objekte herzustellen. Einmal aus dem Erz geboren, ist Metall in gewissem Sinne und Maße unsterblich: es kann quasi unendlich oft zerstört (Schmelzen) und wiederhergestellt (Gießen) werden. „Wer diesen Stoff, der sich nicht verbraucht, kontrollierte, hatte Anteil an seiner Ewigkeit“ (Hansen 2011a, 278). Hansen hebt die Recycelbarkeit und Transformierbarkeit hervor (Hansen 2011a, 276-278. 304-306; Hansen 2011c, 137f.).

<sup>4247</sup> Das meiste Metall in den Gräbern von Varna, Gold und Kupfer, neben den anderen Beigaben, könnte dazu gedient haben, sozialen Status oder Prestige des Verstorbenen, seiner Abstammungslinie usw. auszudrücken (Kohl 2009, 254; vgl. Strahm 1994, 2; ausführlich zu ähnlichen Gedankengängen am Beispiel von Varna bei Hansen 2009, 14-16; Hansen 2017, 137f.).

<sup>4248</sup> Hansen 2011a, 277f. 286f.; Hansen 2017, 137; Zur Konnotation von Materialien und Metall nach deren Eigenschaften siehe Hansen 2009, 14. – Ausführlich zu Varna bei Hansen 2009, 14-16.

<sup>4249</sup> Vgl. dazu auch Strahm 1994, 2-5.

<sup>4250</sup> Zur Stellung des Handwerkers und des Schöpfungsaktes (von Objekten) Helms 1993, bes. 18-27. Kurz zur Umwandlung von Erz zu Metall und einem anzunehmenden Einfluss dieser Transformation auf die *Weltanschauung* der Beteiligten siehe Chernykh 1992, 5.

<sup>4251</sup> Zurückgehend auf Eliade siehe Hansen 2011a, 278.

<sup>4252</sup> Das Wort *Alchemie* weist eine mehrdeutige Etymologie auf und leitet sich vom arabischen *al-kymiya* bzw. vom griechischen *χυμεία* (*chymeia*) her. *Al* ist ein arabischer Artikel und *keme* ist der altägyptische bzw. koptische Ausdruck für „das Schwarze“ und meint auch „schwarze Erde“ und bezeichnet u. a. auch das Land Ägypten. Das griechische *χυμεία* bedeutet „Guss“ und in dieser Konnotation bedeutet Alchemie „Lehre des Gießens“ im Sinne von Umwandlung. Die Alchemie war nicht nur auf die Suche nach der künstlichen Herstellung von Gold und anderer Edelmetalle ausgerichtet, sondern – neben philosophischen Komponenten und innerer Wandlung – auch von der Suche nach dem Stein der Weisen oder dem Großen Elixier, dies aber auch oft genug mit dem Ziel, mithilfe dieser Substanzen wiederum Metalle wie Blei, Eisen oder Kupfer in Gold oder Silber umzuwandeln (zur Alchemie siehe <sup>1</sup>DNP 1 (1996) 446f. s. v. Alchemie (J. Weyer); Strube 1980, 62-96. bes. 62-79. 88. 93).

<sup>4253</sup> Etwa das Legieren und „Versilbern“ bei Kupfersilberlegierungen und Arsenkupfer der Urgeschichte haben ein Pendant in den Beschäftigungen der Alchimisten (vgl. neben den bereits genannten Beispielen für das Chalkolithikum Philip – Rehren 1996, 141f.). Die Umwandlung von Erz zu Metall, der Zuschlag von einer kleinen Menge Zinn zu Kupfer zu dem neuen Werkstoff Bronze oder die Erzeugung von verschiedenen Kupferlegierungen durch differenzierte Prozesse wären im Sinne eines Alchimisten wohl als gelungene

Beschäftigung zugrunde liegt, war der Aristotelische Hylemorphismus<sup>4254</sup>, der unter anderem besagt, dass alle Dinge nicht nur aus Stoffen bzw. Materie (*hyle*), sondern auch aus Prinzipien und Form (*eidōs* und *morphe*) aufgebaut sind. Damit verband sich die Auffassung, man könne Stoffe umwandeln, wenn man von diesen ihre Prinzipien entfernt und sie somit aufnahmebereit für neue macht, etwa indem man von einem unedlen Metall die derben Prinzipien ablöst und mit den edlen Prinzipien von Gold oder Silber neu gestaltet. Im Falle der Kupellation könnte man dies so verstehen, dass die derben Prinzipien so weit entfernt werden, bis nur noch der edle Aspekt übrigbleibt. Auch die Herstellung von Kupferlegierungen wäre in diesem Sinne hier einzuordnen.

Da die metallurgische Produktionskette von der Erzauswahl bis zur Verhüttung nur niedrige Fehlertoleranzen zulasse, wird die Weitergabe metallurgischen Wissens meist in Form direkter Kontakte gedacht<sup>4255</sup>. Dies soll mittels mündlicher Anleitungen und praktischer Demonstrationen geschehen sein. Die „Kodifizierung“ des Wissens könnte durch Lieder, Rituale und Tabus gewährleistet worden sein<sup>4256</sup>. Eine Verbreitung von Wissen in Kommunikationsnetzwerken würde auf diese Art sicherlich leichter erfolgen, wenn ihre Träger und Empfänger in einigen Bereichen ähnliche Vorstellungen teilten und bereits Vorwissen aus anderen technologischen Bereichen aufwiesen<sup>4257</sup>. Dem steht zunächst allerdings entgegen, dass innerhalb Europas Gesellschaften mit unterschiedlicher ökonomischer, sozialer und religiöser Basis Metall und Metallurgie inkorporiert haben sollen<sup>4258</sup>. Auch weltweit wird etwa die Verbreitung der Metallurgie (und neuer Techniken selbiger) in unterschiedliche gesellschaftliche Milieus erfolgt sein; dies mag teilweise zeitversetzt geschehen sein<sup>4259</sup>.

In dieser Arbeit wurden weitreichende Kommunikationsräume und -netzwerke ab der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. über verschiedene Rohstoffe, Keramikentwicklung, Verbreitung von Grab- und Deponierungssitten und eine differenziert betrachtete Metallnutzung definiert (z. B. Jadeitbeile, Schaftlochäxte, Ockergräber, Ringanhänger, Buckelscheiben, häckselgemagerte Keramik, Kupellation usw.). Die Kommunikationsräume deuten zumindest in Teilen auch ideologische Gemeinsamkeiten an und weisen darauf hin, dass Ideen und Objekte ausgetauscht wurden<sup>4260</sup>. Kommunikationsräume stehen dabei teilweise in einem dialektischen Verhältnis und einige von ihnen werden als metallablehnend gesehen; falls dies aufgrund quellenkritischer Überlegungen überhaupt so haltbar ist, dann müssen sie als bewusst metallablehnend bezeichnet werden, was aber eine Kenntnis von Metall voraussetzt (vgl. Jadeitbeile). Netzwerke könnten, wenn auch teilweise in einer anderen Qualität, noch weitaus größer gewesen sein. Aus Varna liegen goldene Schmuckscheiben (Grab 4) und Zepter (Grab 36) vor. Hansen macht darauf aufmerksam, dass in Eridu eine etwa zeitgleiche anthropomorphe Tonstatuette gefunden wurde, auf deren Oberkörper ähnliche, mutmaßlich goldene Schmuckscheiben nachgebildet sind, und die in der Hand ein Zepter hält. Er betont die möglicherweise ähnlichen, daran ablesbaren Ausstattungsmuster betreffend goldener Schmuckscheiben<sup>4261</sup>. Diese Analogien könnten vergleichbaren Vorstellungen und ähnlichem Wissen geschuldet sein und damit auf ein Kontinuum für Ideen hinweisen. Kommunikationsräume und ideologische Netzwerke könnten sich also schon früh

---

Transmutation zu werten. Die Ausnutzung von Schmelz- und Sublimationspunkten ist ebenfalls hier anzustellen.

<sup>4254</sup> Vgl. dazu Strube 1980, 54-61. bes. 54-59.

<sup>4255</sup> Roberts u. a. 2009, 1016-1018; vgl. Klimscha 2017, 154.

<sup>4256</sup> Siehe und vgl. Ottaway – Roberts 2008, 207 (mit weiterer Literatur).

<sup>4257</sup> Klimscha 2017, 149. 152. 155; Helwing 2017, 162.

<sup>4258</sup> Ottaway – Roberts 2008, 215.

<sup>4259</sup> Hansen 2011a, 276. Allerdings sieht Hansen in Zentren ähnliche Entwicklungstendenzen.

<sup>4260</sup> Vgl. zur Bedeutung von Kommunikationsräumen im Zusammenhang mit Metall und auch der Ideologie – am Beispiel absichtlicher (ritueller) Beschädigungen von Kupferflachbeilen – die Ausführungen von Klassen 2000, 278-294.

<sup>4261</sup> Hansen 2009, 14-16 mit Abb. 2-4.

„weltweit“ erstreckt und etwa auch Westeuropa mit einbezogen haben. Carnac und Varna etwa werden als Gegenpole sich gleichsam ausschließender, gegeneinander abgrenzender Kommunikationssysteme gesehen<sup>4262</sup>. Spätestens in der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. könnten sich Hansen zufolge in Kommunikationsräumen durch mehrere Innovationen (u. a. im Bereich Mobilität; vgl. Sherratts *Secondary Products Revolution*) eine neue Dynamik entfaltet haben. Diese könnte sich im Rahmen der postulierten Zirkumpontischen Metallurgieprovinz an der Metallurgie und etwa auch an weiträumig ähnlichen Ausstattungsmustern von Gräbern ablesen lassen<sup>4263</sup>. Doch bereits ab der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. ist ein innovatives Milieu für eine sich differenzierende Metallurgie zu erkennen. Ein möglicher Grund für diese Entwicklungen könnte in einem immer schnelleren Bevölkerungswachstum liegen, was etwa am Landausbau in Mitteleuropa ablesbar ist. Dies könnte die Innovationsrate hoch gehalten haben. Auch eine Nachfrage nach distinguierten Prestigegegenständen, hervorgerufen durch gesellschaftliche Entwicklungen, kommt als Grund in Frage (vgl. Varna, Carnac). Nicht zuletzt könnte innerhalb verschiedener und immer weiterer Kommunikationsräume eine enge Vernetzung den Umlauf von Innovationen in Gang gehalten haben.

## V.6. Technologie, Horizonte, Kommunikationsräume und -netzwerke: Metallurgie und ihre Ursprünge

Als Vorlauf zur Metallurgie kann der Umgang mit metallischen Rohstoffen wie Erzen und gediegen Kupfer für Schmuckzwecke und als Farbpigmente oder im Falle von Kupfer auch für Kleingeräte aufgefasst werden. In Vorderasien werden schon vom 11. bis 9. Jt. v. Chr. Kupfererze genutzt<sup>4264</sup>. Eine Nutzung von gediegen Kupfer ist in Anatolien bereits im 8. Jt. v. Chr. (Çayönü Tepesi) zu verzeichnen<sup>4265</sup>. Nach Roberts, Thornton und Pigott stellen die Osttürkei und der Nordirak eine Kernregion für die Nutzung von gediegen Kupfer sowie möglicherweise verhüttetem, aber umstrittenem Blei (Yarim Tepe) dar<sup>4266</sup>. Im späten 8. Jt. v. Chr. soll die Nutzung gediegen Kupfers dann auch außerhalb dieses Kernbereiches im südwestlichen Syrien (z. B. Tell Ramad) und im südwestlichen Iran (z. B. Ali Kosh) verbreitet sein. Um 6000 v. Chr. soll die Nutzung von gediegen Kupfer Richtung Osten bis Mehrgarh in Zentralasien reichen. Ein Zusammenhang mit der Verbreitung ostanatolischer Obsidians wird gesehen<sup>4267</sup>. In Südost- und Mitteleuropa ist gediegen Kupfer mit Formen wie Perlen und Angelhaken im späten 6. Jt. v. Chr. nachgewiesen<sup>4268</sup>. Roberts und Kollegen sehen den Ursprung der Verhüttung im Umgang mit Erzen und gediegen Kupfer angelegt und sprechen sich für eine Diffusion der Technologie der Verhüttung – möglicherweise von Anatolien her – aus<sup>4269</sup>. Unter Vorbehalt wurde lange auf die umstrittenen Schlacken von Çatal Höyük als möglichen Schmelz- oder Verhüttungsbeleg des 7. Jt. v. Chr. hingewiesen<sup>4270</sup>. Es werden dafür auch Datierungen ins 6. Jt. v. Chr.

<sup>4262</sup> Hansen 2009, bes. 20-22.

<sup>4263</sup> Hansen 2009, 42; Hansen 2011c, 145; Z. B. Sherratt 1997, 158-198. 199-228. 229 nach Hansen 2011b, 74; U. a. Gräber von Usatovo und Remedello-Sotto sowie Velika Gruda und Hassek Höyük (Hansen 2009, bes. 29f. 33).

<sup>4264</sup> Nach Roberts u. a. 2009, 1013: Shanidar Höhle, Zawi Chemi in Nordostirak, Hallan Çemi in der Osttürkei und Rosh Horesha in Israel.

<sup>4265</sup> Ottaway – Roberts 2008, 195; Vgl. Schoop 1995, 106-109: um 8000 v. Chr.; Siehe auch Hauptmann 2007b, 255f.; Siehe Kap. IV.1.4.

<sup>4266</sup> Roberts u. a. 2009, 1013f. Das Bleiarmband von Yarim Tepe wurde nicht analysiert.

<sup>4267</sup> Roberts u. a. 2009, 1014.

<sup>4268</sup> Ottaway – Roberts 2008, 195; Bzw. die Belege für Kupfer mehrten sich zu/ab dieser Zeit nach der Darstellung bei Hansen 2009, 12.

<sup>4269</sup> Roberts u. a. 2009, bes. 1014.

<sup>4270</sup> Roberts u. a. 2009, 1013.

genannt<sup>4271</sup>. Mittlerweile wird das verschlackte Material zwar nicht mehr als intentionell betrachtet, es zeigt aber, wie gering die Prozessanforderungen sein können.

Aus Tal-i Iblis im südwestlichen Iran und aus Belovode in Serbien ist Verhüttung etwa um das späte 6. oder frühe 5. Jt. v. Chr. belegt<sup>4272</sup>. Der Beginn extraktiver Metallurgie in Anatolien wird ebenfalls ähnlich früh angesetzt<sup>4273</sup>. Obwohl Anatolien in übergreifenden, diffusionistischen Synthesen als mutmaßliche Kernregion angeführt wird, werden die genauen Ursprünge meist nicht näher bezeichnet<sup>4274</sup>. Im Bereich Obermesopotamiens finden sich ab dem ausgehenden 6. und frühen 5. Jt. v. Chr. Tiegel und teils unklares verschlacktes Material (Tülintepe, Tepeçik, Değirmentepe, Tell Kurdu). Mit diesen, teils umstrittenen Hinweisen auf ein Schmelzen und Verhütten soll das technische Niveau der extraktiven Metallurgie in Obermesopotamien erreicht worden sein. Belastbarere frühe Hinweise bieten dabei Schlacken von Tülintepe und die Zusammensetzungen der Objekte von Mersin-Yumutepe wie etwa Flachbeile. Für Anatolien nordwestlich des Taurus – abgesehen vom Material des Çatal Höyük – geben indirekt die Flachbeile von Büyük Güllücek gute Hinweise auf frühe extraktive Metallurgie am Anfang des 5. Jt. v. Chr. Im west- und inneranatolischen wie auch im ostanatolischen Bereich könnte zur Zeit des frühen 5. Jt. v. Chr. unter anderem die Nutzung von Flachbeilen und Reinkupfer mit früher Metallurgie verbunden sein<sup>4275</sup>. Indes werden die Belege extraktiver Metallurgie im ostanatolischen Raum erst mit dem ausgehenden 5. Jt. v. Chr. häufiger. In diesem Milieu soll auch Arsenkupfer auftreten (vgl. Değirmentepe). Aus dem südspanischen Cerro Virtud ist eine möglicherweise noch ins frühe 5. Jt. v. Chr. datierende Schlacke zu erwähnen, die dann fast tausend Jahre älter als die frühesten dort für möglich gehaltenen Metallartefakte wäre<sup>4276</sup>. In Südosteuropa mehren sich bereits in der zweiten Hälfte des 6. Jt. v. Chr. Kupferkleingeräte. Spätestens ab dem frühen 5. Jt. finden sich Schwergeräte und Hinweise auf die Verhüttung von Reinkupfer aus Malachit und Azurit (Belovode, Pločnik, Selevac). Die früheste Verhüttung wird als eine Reduktion reiner oxidischer Erze gedacht. Diese Vorstellung wird von Material wie etwa aus Belovode zunächst unterstützt. Gegebenenfalls wurde der Wertträger, soweit die wenigen Belege dies rekonstruieren lassen, dabei durch ein Absaugern aus dem Erzgerüst ausgebracht. Neben einfachen Grubenöfen könnten dabei kaminartige Keramiken in Zusammenhang mit der extraktiven Metallurgie stehen. Für Tal-i Iblis wurde neben einem Guss gediegen Kupfers auch die Verhüttung reiner oxidischer Erze im späten 6. bzw. frühen 5. Jt. v. Chr. diskutiert, wobei das Material allerdings unzureichend analysiert scheint<sup>4277</sup>. Jedoch

---

<sup>4271</sup> Hauptmann 2007a, 123.

<sup>4272</sup> Roberts u. a. 2009, 1014.

<sup>4273</sup> Ottaway – Roberts 2008, 197.

<sup>4274</sup> Roberts u. a. 2009, 1014; Ottaway – Roberts 2008, 197; Während Ottaway und Roberts unter Verweis auf die sich im Fluss befindlichen Datierungen frühester Belege von (extraktiver) Metallurgie die Verhüttung in Südosteuropa, dem Iran und der südlichen Levante um die Mitte bis Ende des 5. Jt. v. Chr. etwa zeitgleich auftreten sehen, und dabei in Anatolien der Beginn der Verhüttung beim derzeitigen Stand der Forschung einige hundert Jahre früher zurückreiche (Ottaway – Roberts 2008, 197), erschließen Roberts, Thornton und Pigott eine etwa gleichzeitige Verbreitung von Verhüttungsbelegen in Vorderasien (Southwest Asia) und Südosteuropa ausgehend von vermutlichen Kernregion Anatoliens durch Diffusion (Roberts u. a. 2009, 1014). Dies ist vor dem Hintergrund vorangehender Verhüttungsbelege und der zahlreichen Reste früher extraktiver Metallurgie in Ostanatolien in der vorangegangenen und zu Zeit der postulierten Verbreitung zu sehen (Roberts u. a. 2009, 1013f.). – Im Folgenden, dort mit Jahreszahlen bzw. Zitaten, nach Roberts u. a. 2009, 1012; Ottaway – Roberts 2008, 197; Kienlin 2010, 3: Die Frage nach einem oder mehreren Ursprungsorten der extraktiven Metallurgie bewegt sich dabei nach wie vor zwischen den Positionen einer ob ihrer Komplexität einmaligen Entdeckung, durch Wertime (1964, 1973) propagiert, einer Herkunft aus dem Nahen Osten zurückgehend bis auf Childe und etwa der von Renfrew verfochtenen metallurgischen Autonomie Südosteuropas (und Westeuropas) (Renfrew 1969).

<sup>4275</sup> Vgl. auch Schoop 2011b, 160.

<sup>4276</sup> Ottaway – Roberts 2008, 197; Kassianidou – Knapp 2008, 218.

<sup>4277</sup> Pigott 1999c, 110f.; Roberts u. a. 2009, 1014.



ergeben sich hierzu Widersprüche wegen Arsengehalten (!), Sulfideinschlüssen und weiterer, in der Forschung getroffener Aussagen (s. u.). Mit der frühesten extraktiven Metallurgie in Südosteuropa wird wiederum meist eine Reinkupfernutzung verbunden. Im Folgenden soll die Verbreitung von metallurgischen Technologien betrachtet werden, indem u. a. das prominente Modell von Chernykh als Basis für die Diskussion dient. Die Argumentation geht deshalb von Südosteuropa aus, ohne dass jedoch hier diffusionistische oder evolutionistische Positionen vertreten werden. Zwar gelten nämlich Schwergeräte und Reinkupfer als Charakteristikum von Chernykh's Karpato-Balkanischer Metallurgischer Provinz (KBMP), es lässt sich aber zumindest der Beginn einer Arsenkupferverwendung in diesem Milieu beobachten. Arsenkupfer gilt daneben gar als kennzeichnend für den Schwergeräteeizont des Karpatenraums. Weitere Differenzierungen sind schon deshalb notwendig. Diese Notwendigkeit wird noch dadurch verstärkt, dass bereits ab der Mitte des 5. Jt. v. Chr. aus zahlreichen Regionen der Alten Welt Nachweise für eine vielgestaltige Metallurgie vorliegen, die über die Nutzung von Reinkupfer und Oxiden hinausgeht. Neben Südosteuropa sind hier die südliche Levante und Mitteleuropa (Brixlegg) zu nennen. Mit diesen Hinweisen auf extraktive Metallurgie sind verschiedene Kupfer und Legierungen verbindbar.

## **V.7. Technologie, Horizonte, Kommunikationsräume und -netzwerke: Silber und Kupferlegierungen**

Folgt man dem einflussreichen Modell von Chernykh, so sind die Anfänge der extraktiven Metallurgie in weiten Teilen Südost- und Osteuropas durch Traditionen und Techniken der sog. Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz (KBMP) gekennzeichnet. Die KBMP kann auch als chronokultureller Horizont verstanden werden. Die vorwiegende Verwendung reiner Kupfer beispielsweise für Schwergeräte wie Schaftlochäxte und Hammeräxte gilt als charakteristisch. Dabei werden die frühen, reinen Kupfer durch eine Verhüttung reiner oxidischer Erze erklärt. Schaftlochäxte unterschiedlicher Form und verschiedenen Materials, deren chronologische Einordnung teilweise schwierig ist, sind in einem weiten Gebiet verbreitet, das Südosteuropa, Westeuropa, Vorder- und Zentralasien umfasst<sup>4278</sup>. Früh fanden insbesondere wohl Formen kreuzschneidiger Schaftlochäxte Verbreitung (Taf. 36, 1. 2). Ebenso wie Dolche könnten sich auch Schaftlochäxte, wenn auch leicht später, aus einer irano-asiatischen Komponente oder über analoge Entwicklungen innerhalb von Netzwerken herleiten lassen<sup>4279</sup>. In Südmesopotamien zeigen tönernerne Miniaturmodelle von Schaftlochäxten, dass das Wissen um solche Formen auch hier bereits ab der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. etwa zeitgleich zum Karpaten-Balkanraum vorauszusetzen ist. Die Herstellung von Schaftlochäxten im Iran ist anhand von Gussformen aus Tepe Ghabristan etwa im frühen 4. Jt. v. Chr. belegt. Schaftlochäxte aus dem 5. Jt. und 4. Jt. v. Chr., die mit Gusskern hergestellt wurden, zeigen, dass auch das Wissen um eine bestimmte technische Komponente des Herstellungsverfahrens weit verbreitet war. Auch beim Dolch dürften zusätzlich Ideen darum Verbreitung gefunden haben. Darunter fallen verschiedene Aspekte, etwa seine Funktion in der sozialen Repräsentation und das Wissen um seine Materialeigenschaften – Dolche bestehen häufiger aus Arsenkupfer und Arsenkupfer wird wegen seiner Eigenschaften teilweise auch als Voraussetzung für die Dolchentwicklung gesehen<sup>4280</sup>. Im weiteren Südosteuropa sind möglicherweise zeitliche Verschiebungen metallurgischer Zentren zu verzeichnen, die auf

---

<sup>4278</sup> Vgl. zur Datierung und Abfolgen verschiedener Schaftlochaxtformen wie Hammeräxte, kreuzschneidiger Schaftlochäxte und endständiger Schaftlochäxte die Darstellungen bei Hansen 2011c, bes. 144-146 mit Abb.; Hansen 2011a, bes. 279-281 Abb. 3-5 [Metalltypen nach Zeitstufen].

<sup>4279</sup> Helwing sieht für Dolche ab dem 5. Jt. v. Chr. eine mögliche iranische und für Schaftlochäxte eine mögliche irano-zentralasiatische Komponente. Die aufgebrachten Beispiele für Schaftlochäxte scheinen mindestens ins frühe 4. Jt. v. Chr. zurückzureichen (Helwing 2012, 213f).

<sup>4280</sup> Hansen 2011a, 293-296; Hansen 2017, 143f.

unterschiedliche Ursachen zurückgehen können. Mit Fundorten wie Belovode ist um 5000 v. Chr. Verhüttung oxidischer Erze mit teilweiser Absaigerung der Wertträger nachweisbar. Wahrscheinlich spätestens im 49. Jh. v. Chr. erfolgte eine starke Nutzung reiner Kupfer für Schwergeräte. Unklar bleibt derzeit noch, ab wann auch legierte Kupfer genutzt wurden. Spätestens in der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. muss im Karpatenraum ebenso wie in Bulgarien mit der Verbreitung verschiedener legierter Kupfer wie beispielsweise Arsenkupfer in der Art von Mondseekupfer gerechnet werden. Eine immer stärkere Hinwendung zu Arsenkupfer wird gemeinhin allerdings erst mit späteren Horizonten wie der Protobronzezeit verknüpft. Kupfersorten werden also häufig kulturellen Horizonten zugewiesen oder auch nur zugeschrieben. Da mittlerweile bestimmte Kulturen früher als bislang datiert werden, sollte auch das Auftreten von Arsenkupfer zumindest im ausgehenden 5. Jt. v. Chr. anzusetzen sein. Ebenfalls scheint in der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. bereits eine Bronzemetallurgie verbreitet zu sein, die zu Bronzen mit meist niedrigen Zinngehalten führte. Davon zeugen in der Zusammenschau fast schon konsistent zu nennende Hinweise aus Zusammenhängen von Gumelnița/Karanovo VI, Bodrogresztúr, Tiszapolgár und auch die Bronzenutzung der sog. Protobronzezeit<sup>4281</sup>. Aus Oberitalien liegen bronzene Schaftlochäxte mit ungeklärter Datierung vor. Damit könnten sich etwa zeitgleiche Anknüpfungspunkte nach Oberitalien ergeben. Noch in der ersten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. ergeben sich vielleicht erste Anhaltspunkte für einen Umgang mit sulfidischen Erzen in Bulgarien, die auf Befunden von Pervostepennaya Bolnitsa bei Stara Zagora beruhen. Weitere Hinweise auf (teil-) sulfidische Verhüttung im späten 5. bis frühen 4. Jt. v. Chr. bieten die Befunde von Chatalka sowie Dolnoslav aus Bulgarien, die überdies den Verdacht auf Abdeckungen nähren. Auch sind auf dem Balkan ab der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. (reine) Kupfer mit Schwefelgehalten aus einer sulfidischen Technologie erklärbar. Der Dolch und die Nadeln der Tharrounia-Höhle, die ebenfalls um 4000 v. Chr. datierbar sind, weisen erhöhte Gehalte an As, Sb, Ni, Bi und Pb auf. Bei der Nadel, die metallographisch untersucht wurde, konnte kein Schwefel nachgewiesen werden. Mit möglichen Schlacken (?!) und Metallfunden aus Sitagroi II, die in einen Zeitrahmen von ca. 5200–4600 v. Chr. fallen, ergeben sich Hinweise auf die Verhüttung polymetallischer Erze. Eisenarmes verschlacktes Material und mögliche inhomogene metallische Einschlüsse darin, zeigen dort mit Kupfer, Arsen, Silber, Gold und ferner Antimon eine ganze Bandbreite von Metallen und potentiellen Legierungspartnern. Sie lassen zunächst eine Verhüttung in den Blick rücken, die mit Schmelzpunktunterschieden arbeitete. Niedrig legierte Kupferobjekte aus Sitagroi III mit einer Datierungsangabe von etwa 4600 bis 3500 v. Chr. tragen aus der Aufarbeitung (teil-) sulfidischer Erzchargen erklärbare Schwefelgehalte. Insgesamt bzw. diachron könnten sich neben Einflüssen von Temperatur- bzw. Schmelzpunktunterschieden auch Verdachtsmomente auf eine Abscheidung von Metallphasen aus Sulfidphasen ergeben. Darauf deutet auch die Zusammensetzung von Objekten aus Phase II hin. Aus beiden Phasen sind Abdeckungen in metallurgischem Zusammenhang aber ohne klaren funktionalen Bezug zu nennen. Trotz Datierungsproblemen könnte sich bei den möglichen Datierungsspannen eine frühe und differenzierte Form der Metallurgie mit polymetallischen und (teil-)sulfidischen Erzen anzeigen. In diesem Zusammenhang ist ein ringartiges Stück von Emporio auf Chios zu nennen. Mit einer Zuweisung zum Spätneolithikum ist hier eine Datierung etwa zwischen 5500 und 4500 v. Chr. verbindbar. Typologisch wird das Stück in wahrscheinlich unzulässiger Art und Weise mit Ringanhängern verglichen. Wegen seiner Zusammensetzung wird es mit hochlegierten Kupfern der Levante verglichen. Die Zusammensetzung des Stückes sind eine Reihe Erklärungsansätze denkbar: Verhüttung

---

<sup>4281</sup> Frühe Zinnbronzen mit möglichen Datierungen ins 5. und 4. Jt. v. Chr. finden sich – zunächst scheinbar vereinzelt – immer wieder in vielen der Untersuchungsräume (Rahmstorf 2017, 184f. mit weiterer Literatur). Meist werden ihre Kontexte und Datierung angezweifelt, andernfalls gelten sie als Zufallsprodukte einer Verhüttung zinnhaltiger Kupfererze. In einzelnen Fällen wie für Äxte des 5./4. Jt. v. Chr. aus Europa könnte sich aber eine gezielte Verwendung dieser Legierung andeuten.

entsprechender Erze nach Schmelzpunktunterschieden, *prills* aus inhomogenen Mineralgemengen, Abscheidung von Speisen aus Sulfidphasen (Taf. 5, 1). Dadurch ergibt sich eine weitere Differenzierung früher Metallurgie im weiteren Südosteuropa. Allerdings sind dann Fragen nach der genauen Technik, nach dem zeitlichen nach- oder nebeneinander, nach der (klein-)räumlicher Verbreitung verschiedener Kupfersorten und nach ihrem Anteil an den Gesamtinventaren offen. All die genannten Punkte sind Manifestationen geübter Technologien. In Südosteuropa lässt sich zusätzlich eine reichhaltige Edelmetallverwendung ausmachen. Gewissermaßen mit Varna einsetzend lässt sich in *spektakulärer* Weise um die Mitte des 5. Jt. v. Chr. die weltweit mit am frühesten nachweisbare Goldnutzung ausmachen<sup>4282</sup>. Auch Silber und Edelmetalllegierungen wie Elektron werden viel verwendet. Elektron und Silber lassen sich dabei womöglich schon ab der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. nachweisen (s. u.). Besser belegt ist die Verwendung um die Wende zum 4. Jt. v. Chr. Im irano-zentralasiatischen Raum könnte erstes Gold mit einem Fund aus Tepe Borj in der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. belegt sein.

Edelmetalllegierungen können auf Basis entsprechender Erze stehen, oder sich wie im Falle von Elektron auch aus gediegen Vorkommen erklären. Ebenfalls sind auch intentionelle Legierungen möglich. Bei der chalkolithischen Legierungserzeugung können dabei auch Temperaturunterschiede und Sulfidphasen von Bedeutung sein. Insbesondere Sulfidphasen können prinzipiell auch als Sammler für Edelmetalle dienen; dies wird in der Forschung aber vernachlässigt. Oft ist bei Prozessen mit Sulfid- und Speisephase auch Blei, obwohl es kein eigentlicher Bestandteil ist, wegen der geochemischen Vergesellschaftung und der herrschenden Bedingungen zugegen. Hinweise auf Sulfidphasen gibt es früh etwa im südosteuropäischen Raum. Ohne den genauen Herstellungsprozess bestimmen zu können – auch ein Schmelzen nach Schmelzpunktunterschieden, gegebenenfalls mit Blei als Sammler für Metalle, kann ein überschneidendes Bild ergeben – sollen entsprechende Funde unten vorgestellt werden. In einem erweiterten Zusammenhang bieten etwa die Befunde von Arslantepe Hinweise darauf, dass zumindest polymetallische Erze und das Ausschmelzen nach Schmelzpunktunterschieden genutzt wurden, um AsNi-Kupfern und Kupfersilberlegierungen mit erhöhten Antimonwerten zu erzeugen (Kat. 35)<sup>4283</sup>. Es gibt Indizien, dass zwischen der Silbermetallurgie mit Kupellation und der chalkolithischen Legierungserzeugung, die Schmelzpunktunterschiede und Sulfidphasen nutzt, Überschneidungen bestehen. Einige frühe Bleiglättefunde beispielsweise von Ilgynly-Depe (Kat. 60), Habuba Kabira-Süd (Kat. 34) und ferner Fatmalı Kalecik (Kat. 28) legen nämlich nahe, dass im Vorfeld der Kupellation entweder Blei als Sammler für die Edelmetalle zugesetzt wurde oder aber polymetallische, möglicherweise sulfidische Erze genutzt wurden. Da bei der chalkolithischen

---

<sup>4282</sup> Die ersten Goldobjekte erscheinen auf dem Balkan um die Mitte des 5. Jt. v. Chr., „as demonstrated most spectacularly at Varna“ (Ottaway – Roberts 2008, 197). Die Ringe aus Goldlegierungen von Naḥal Qanah in der südlichen Levante werden in Betrachtungen mit weltweiter Perspektive an den Beginn des 4. Jt. v. Chr. gesetzt (Roberts u. a. 2009, 1015), jedoch datieren diese früher (vgl. Kap. IV.6). Die ab der Mitte des 5. Jt. v. Chr. einsetzende Überlieferung von Goldobjekten in Südosteuropa wird als eine lokale Entwicklung mit anschließender Ausbreitung in Osteuropa während des 4. Jt. v. Chr. gewertet (vgl. Ottaway – Roberts 2008, 197).

<sup>4283</sup> So diskutiert Hess (1998) ein Ausschmelzen verschiedener Speisen/Legierungen nach Schmelzpunktunterschieden. Als Erzbasis werden oxidische Erze diskutiert. Durch das Ausschmelzen nach Schmelzpunktunterschieden erklärbar Kupfersilberlegierungen liegen vor. Geringe Mengen von Sulfideinschlüssen geben nur Hinweise auf reliktsche Sulfide. Dabei sind etwa Gehalte von um 20 Gew.% PbO in Schlacken aus Arslantepe VII und VIA zu erwähnen. Während eine Zugabe von Blei zum Zwecke der Schmelzbildung der Schlacken genannt wird, könnten sich die Bleigehalte durch die Verwendung entsprechender polymetallische Erze und das Absaugern von Metallen erklären. In diesem Zusammenhang könnten sich auch die dortigen Kupfersilberlegierungen erklären. Blei wiederum kann als Sammler für Edelmetalle dienen. Eine Zugabe kupellierten Silbers als Erklärung für die Silberlegierungen des Arslantepe, wie sie diskutiert wird, könnte ob der stark erhöhten Antimonwerte eben dieser Kupfersilberlegierungen auszuschließen und zumindest ein Schmelzen etwa nach Schmelzpunktunterschieden zu diskutieren sein.

Verhüttung eisenarme Chargen möglich sind, kann bei obigen Vorgängen vermieden werden, dass eisenhaltige, schwer aufzuarbeitende Speisen entstehen. Schlacken von Hacinebi, das eigentlich in einem Milieu der Silbergewinnung mittels Kupellation liegt, können mit den soeben genannten Techniken gut erklärt werden. Aus Hacinebi liegt auch Silber vor (Kat. 29). Auch die Befunde von Arslantepe (Kat. 35) deuten darauf hin, dass hier zumindest Temperaturunterschiede die Grundlage für Kupfersilberlegierungen gebildet haben können.

Auf bulgarischem Gebiet fanden sich sichelförmige Objekte und Beifunde aus Silber, Gold und Elektron; einige sichelförmige Objekte sind sicher als Eberhauerimitate anzusprechen (Kat. 1–4). Diese zahlreichen Objekte stammen u. a. aus Höhlen und lassen sich in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. oder womöglich auch früher datieren. Einen Vergleich finden die sichelförmigen Objekte in einem kupfernen Zierblech aus dem Hortfund von Stollhof, der etwa an die Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. datiert; der Fund beinhaltet zwei Buckelscheiben aus silberhaltigem Gold und (wohl) auch weitere Goldsilberlegierungen. Eine Einbindung Stollhofs in den etwa zwischen 4300 und 3900 v. Chr. datierenden Horizont von Buckelscheiben lässt sich dadurch ableiten. Die Verbreitung von Buckelscheiben überlappt räumlich kaum mit der von Ringanhängern in diesem Zeitrahmen. Beide Formen bestehen häufig aus Edelmetall, es gibt sie aber auch aus anderen Materialien. Zwar ist Gold dabei häufiger, jedoch ist Silber besonders bedeutsam, da sich mit ihm deutlicher verschiedene Quellen wie auch bestimmte Gewinnungstechniken verbinden lassen. Zusammen mit den sichelförmigen Objekten aus dem Hort von Panajot Chitovo (Kat. 1) fanden sich auch vier silberne Armringe mit verdickten Enden. Nahezu idente, ebenfalls silberne Armringe gleicher Anzahl aus der Alepotrypa-Höhle (Kat. 8) bieten Anknüpfungspunkte. Mutmaßlich aus ihrem Kontext liegt auch ein silberner Ringanhänger vor; in diesem Milieu kann von einer Kenntnis der Kupellation ausgegangen werden. Eines der sichelförmigen Bleche aus Panajot Chitovo weist eine randliche Verzierung mit Buckeln auf (Kat. 1). Hierin kann eine Anleihe bei durchlochten Tierzähnen wie Eberhauern vermutet werden, wie sie beispielsweise im nordpontischen Bereich verbreitet sind, von wo wiederum auch Kupfersilberlegierungen vorliegen (s. u.). Etwa zeitgleiche, noch in die zweite Hälfte des 5. Jt. v. Chr. zu datierende Goldsilberlegierungen der Levante von Naḥal Qanah stammen aus einer Höhle. Aus Naḥal Mišmar liegen neben als *prestige metals* bezeichneten As-Sb-/[Ni]-Legierungen auch durchlochte Eckzähne von Flusspferden ebenfalls aus einer Höhle vor. Hier zeichnen sich überlappende Kommunikationsräume ab, in denen u. a. Eckzähnen von gefährlichen Tieren, Edelmetallen, Edelmetalllegierungen und Höhlen eine Bedeutung zugemessen wurde.

In der Levante finden sich neben eher reinen Kupfern, die als *utilitarian metals* benannt werden, eine Reihe hochlegierter Kupferobjekte, deren Form teilweise ohne Vergleichsbeispiel ist. Ursprung und wohl auch Schwerpunkt der hochlegierten Kupfer sind nach zahlreichen Datierungsversuchen mittlerweile in der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. zu suchen. Beispielhaft steht der Hortfund von Naḥal Mišmar. Diese sog. *prestige metals* tragen hohe Gehalte an Arsen, Antimon und/oder Nickel. Ihre Zusammensetzungen werden je nach Ausprägung auf eine Fahlerzbasis oder Erze der Ophiolithe zurückgeführt; ein Import von Erz oder Metall wird dabei angenommen. Daneben weisen untergeordnet auch einige der reinen Kupfer eine schwache Fahlerzsignatur auf. Bleiisotopisch sind Fragen offen. Verhüttungsbefunde aus Abu Matar und Shiqmim zeigen die Funktionsweise der chalkolithischen Verhüttung und geben Hinweise auf die Verhüttung (teil-) sulfidischer Erzchargen. Gleichzeitig sind *prills* aus Abu Matar mit Arsen und vereinzelt auch Antimon verunreinigt<sup>4284</sup>. Ebenfalls

---

<sup>4284</sup> Mit der Vorlage des Materials von Abu Matar lässt sich der Herstellungsweg nicht zweifelsfrei belegen. Shugar, der Bearbeiter des archäometallurgischen Materials von Abu Matar, diskutiert die Zugabe arsenreicher Erze und spätere Auswahl nach Legierungsgrad im Rahmen einer, hier als chalkolithisch bezeichneten, Verhüttung.

finden sich in diesem Milieu auch Hinweise auf Abdeckungen. Die Zugabe arsenreicher Erze wird diskutiert. Es gibt aber Belege für die Aufarbeitung (teil-) sulfidischer Chargen. Die Schlacken enthalten einen großen Anteil sulfidischer Phasen. Dabei passen die Zusammensetzungen von *prills*, die aus einer *chaîne opératoire* mit (teil-) sulfidischen Chargen hervorgegangen sind und leicht erhöhte Arsengehalte aufweisen, gut zu den Schwefelgehalten höher legierter *prestige metals*. Damit dürften zumindest prinzipiell die technischen Grundlagen vorhanden sein, um die *prestige metals* durch eine Abscheidung aus Sulfidphasen auch lokal herzustellen. Abu Matar könnte somit einen Schlüsselfundort für die Rekonstruktion der (teil-) sulfidischen Verhüttung und der Legierungserzeugung darstellen. Weiterhin bleiben im Rahmen der chalkolithischen Verhüttung unter anderem Schmelzpunktunterschiede zu berücksichtigen.

Produkte und Technologien der KBMP sollen Verbreitung über den nordpontischen Raum bis an die Wolga gefunden haben. Auch Mittel- und Westeuropa wurden erreicht. Mögliche Kupfersilberlegierungen und Silber eines frühen Zeitabschnittes liegen etwa aus dem nordpontischen Bereich vor (Kat. 12–14). Für den nordpontischen Bereich lassen sich dabei Traditionen und Formen der KBMP an Metallartefakten nachweisen. Dort ist auch der Komplex früher Ockergräber zu beobachten. Es handelt sich dabei um eine Reihe strukturell ähnlicher Bestattungen, die häufig sog. zoomorphe Zepter führen. Seit der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. geht die Verbreitung der KBMP mit dem Phänomen der frühen Ockergräber einher. Der nordpontische Raum stellt ein Bindeglied zwischen Balkan und Nordkaukasus dar. Im Rahmen von Kontaktnetzwerken wird die erste Metallurgie des Nordkaukasus im Zusammenhang mit balkanischen Einflüssen gesehen. Für den nordpontischen Bereich steht mittlerweile ein Nebeneinander verschiedener Kupfersorten während des 5. und 4. Jt. v. Chr. in der Diskussion. Dabei könnten sich Reinkupfer und Arsenkupfer teilweise nur auf der Position des Arsens unterscheiden. Für den nordpontischen Raum wird eine lokale verarbeitende Metallurgie schon im 5. Jt. v. Chr. angenommen; spätestens irgendwann im 4. Jt. v. Chr. soll eine eigenständige extraktive Metallurgie aufkommen. Belege dafür liefern Schlacken, Tiegel und Kupferperlen (*prills?*) aus Cucuteni-Tripol'e Siedlungen. Die Verhüttung könnte auf Basis nordpontischer Erzquellen des Donezbeckens (Ukraine) gestanden haben; teilweise sind Erze in Sandstein vorhanden. Anscheinend sind von Südosteuropa über den nordpontischen Bereich bis in den Nordkaukasus verschiedene Kupfersorten gleichzeitig überregional verbreitet. Darunter fällt auch Arsenkupfer als Kupferlegierung. Die wohl frühe Verbreitung von Arsenkupfer erklärt sich dabei eher über ähnliche Verhüttungsmethoden (oder eine Zulegierung von Arsen) als lediglich durch einen Bezug entsprechender Erze aus dem Kaukasus, wie in der Forschung häufig angenommen wird. Dass sich auch hier die chalkolithische Legierungserzeugung und Metallurgie der Edelmetalle nicht scharf voneinander trennen lassen, könnten folgende Funde und Kontexte zeigen: Aus der Phase Cucuteni A2 der Siedlung von Truşeşti (Kat. 12) liegt ein flacher Anhänger vor, der in die zweite Hälfte des 5. Jt. v. Chr. datiert. Er gilt als mögliche Kupfersilberlegierung, wurde allerdings nicht analysiert. In diesem zeitlichen Milieu lassen sich etwa in Giurgiuleşti bereits arsenhaltige Kupfer nachweisen. Aus Hăbăşeşti liegt eine kupferne Schmuckscheibe mit 0,11 % Silber vor. Ihr Silberanteil ist zwar gering, könnte aber auf die Kenntnis anderer Schmuckscheiben schließen lassen, die häufig deutlich mehr Edelmetall enthielten. Um 4000 v. Chr. oder im frühen 4. Jt. v. Chr. können Kupfersilberlegierungen von Nezvisko (Kat. 13) angesetzt werden; darunter befinden sich Schmuck- oder Symbolformen. Schmuckformen aus Terny könnten hier ebenfalls anzustellen sein (Kat. 14). Eine Dolchklinge aus einer Kupfersilberlegierung von Poduri „Dealul Ghindaru“ (Kat. 5) unklarer Datierung, die Analogien zu Cucuteni- und Bodrogkeresztúr-Dolchen aufweist, könnte ebenfalls hier eingeordnet werden.

Aus dem ägäischen Raum sind zahlreiche Silberfunde mit möglicher Frühdatierung vorhanden. Geographisch und kulturell zeigen sich Überschneidungen zu Südosteuropa an. Zunächst ist

festzuhalten, dass mit dem Late Neolithic (ca. 5500–4500 v. Chr.) in der Ägäis Metalle und Metallurgie aufkommen sollen. Bereits im selben Zeitrahmen zeichnet sich Nutzung von legiertem Kupfer (s. o.), Arsenkupfer und Edelmetallen ab, so dass die Entwicklung der Metallurgie weiter zu differenzieren ist. Für eine Silbernadel aus Limenaria-Lioudas auf Thasos mit einem frühen Datum gegen Ende des 6. Jt. v. Chr. wird einstweilig eine Extraktion aus silberhaltigem Bleierz angegeben. Konsistente aber nur indirekte Hinweise auf Kupellation in diesem Raum in der zweiten Hälfte des 5. Jt. und dem beginnenden 4. Jt. v. Chr. ergeben sich durch silberne Ringanhänger und mutmaßliche silberne Beifunde (Kat. 8-10). Die Ringanhänger und weiteren Funde sind allerdings nur typologisch datiert, und nur ihr Bleigehalt weist auf Kupellation hin. Aus Limenaria-Markoulis liegt wahrscheinlich etwa gleichzeitige, ins frühe(ste) 4. Jt. v. Chr. datierende Litharge als direktes Zeugnis der Kupellation vor. An den Ringanhängern lässt sich unmittelbar und mittelbar eine Einbindung in weitere (südost-) europäische, mehrteilige Kommunikationsräume ablesen, die sich teilweise auch gegeneinander abgrenzen (Ringanhänger, Buckelscheiben, Jadeit). Die silbernen Armringe der Alepotrypa-Höhle wiederum lassen sich mit solchen von Panajot Chitovo (Kat. 1) vergleichen. Über diesen Fundkomplex kann man mittelbare Kontakte bis in die Levante verfolgen. Insgesamt sind die Ägäis und Südosteuropa in eine weltweite Sphäre mit Silberfunden eingebunden, die teilweise durch Kupellation erklärbar sind. Die Sphäre umfasst auch Funde von Gold und Goldsilberlegierungen. Diese könnten sich unter anderem mit der Nutzung von natürlichem Elektron oder entsprechenden Erzen, mit Recycling oder mit absichtlicher Legierung erklären. Zinkgehalte der silbernen Ringanhänger von Tiszalúc-Sarkad (Kat. 7) sprechen gegen eine Kupellation. Im ca. 4300–3900 v. Chr. datierenden Kommunikationsraum der Buckelscheiben, der sich mit dem der goldenen südosteuropäischen Ringanhänger weitgehend ausschließt, liegt mit dem Fund von Štramberg (Kat. 6) eine silberne Buckelscheibe vor. Reinheit und schiere Größe dieses Stücks werden als Indiz für eine Kupellation gewertet. Weitere Bleiglättefunde und Indizien für frühe Silbermetallurgie und Bergbau des ägäischen Raumes mit möglicher Datierung ins (ausgehende) 4. Jt. v. Chr. liegen aus Attika und von Kreta vor. Über die Form von Ringanhängern wiederum könnten mit einem steinernen, ringanhängerartigen Stück von Tell Ğudeide der Phase Amuq F Verbindungen von Südosteuropa bis in den obermesopotamischen Raum gezogen werden. Funde von Ringanhängern verschiedenen Materials im west- und zentralanatolischen Bereich, die allerdings schwer zu datieren sind, zeigen, dass dort karpato-balkanische Traditionen wirkten oder zur Zeit der Zirkumpontischen Metallurgieprovinz nachwirkten. Auch andere Funde weisen in diese Richtung. Arsenhaltige Kupferobjekte und ein ringanhängerartiges Stück aus Blei von Aphrodisias-Pekmez in Anatolien nordwestlich des Taurus sind mutmaßlich ins späte 5. Jt. v. Chr. zu datieren. Damit sind karpato-balkanische Bezüge für die Polymetallurgie dieser Zeitstellung formal möglich; man sollte sie für sich allein genommen zunächst aber nicht überbewerten. Kontakte mit Südosteuropa könnten sich auch über weitere Funde nachzeichnen lassen: So liegen metallene, teilweise silberne und bleierne Ringanhänger sowie weitere Silberfunde und Funde aus İköztepe (Kat. 26), Aşılar Höyük (Kat. 23), Kuruçay und Göller (Kat. 25) vor; auch Funde von Trabzon und weiteren Orten unterstützen dies. Silber und Hinweise auf die Nutzung von Arsenkupfer auf Basis polymetallischer Erze bietet Beycesultan (Kat. 24). Vielleicht teilweise ins 4. Jt. v. Chr. zu datieren sind Silber und Kupfersilberlegierungen, teilsulfidische Verhüttungsbefunde des İköztepe (Kat. 26); dortige Arsenkupferfunde führen möglicherweise in noch frühere Zeit. Arsenkupfer könnte hier nämlich noch in die erste Hälfte des 5. Jt. v. Chr. datierbar sein. Karpato-balkanische Beziehungen stehen für İköztepe in der Diskussion. Die Untersuchung metallurgischer Überreste und Versuche, die darauf aufbauen, liefern Hinweise auf eine Reihe von Prozessen der chalkolithischen Verhüttung: Neben den für dort diskutierten Zementationsprozessen sind für İköztepe insbesondere Schmelzpunktunterschiede und die Abscheidung von Speisen (Arsen-/Antimonmangellegierungen und Edelmetalle) aus Sulfidphasen zu nennen. Die Produktion von Ringanhängern (bis) um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. ist in Çamlıbel Tarlası

durch den Fund einer Gussform belegt. Da Blei mit der Silbermetallurgie aufs engste verknüpft ist, wird sein Auftreten häufig in einem engen zeitlichen Zusammenhang mit Silber gesehen<sup>4285</sup>. Ringanhänger bestehen häufig aus den Edelmetallen Gold und Silber<sup>4286</sup>. In Anatolien gibt es häufiger auch ringanhängerartige Objekte aus Blei, deren Datierung und Formansprache nicht restlos geklärt ist<sup>4287</sup>. Dies mag ein Indiz für die Beziehung zwischen Blei und Silber und damit für die Kupellation bei dieser Objektgattung sein. Mit dem Bleianhänger von Aphrodisias-Pekmez könnte dies bis ins ausgehende 5. Jt. v. Chr. zurückzuverfolgen sein. In der Literatur wird die Verwendung von Arsenkupfer und Dolchen in Ilipınar häufig mit Entwicklungen in der *Protobronzezeit* Bulgariens und Südosteuropas verglichen. Dieser Vergleich scheint chronologisch aber zunehmend problematisch zu sein (vgl. oben). Ein Tiegel aus dem zentralanatolischen Çamlıbel Tarlası, der um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. datiert, lässt sich mit zeitgleichen Tiegeln vom Typ Ghabristan aus dem Iran vergleichen: Die Tiegel weisen einen durchlochten Standfuß und flache Schalen auf. Im Iran ist dieser Typ bereits ab dem frühen 4. Jt. v. Chr. nachgewiesen; für den Typ Ghabristan stellt sich die Frage nach der Nutzung von Abdeckungen.

Aus Tell Ğudeide der Phase Amuq F liegt ein ringanhängerartiges Stück aus Stein vor. Alte Analysen von Metall aus Tell Ğudeide Phase Amuq F und älteren Phasen lassen mehrere unterschiedliche, teils höher mit Arsen, Antimon, Nickel und in einem Fall mit Silber legierte Kupfer vermuten. In Teilen Obermesopotamiens um Değirmentepe und Norşuntepe ergeben sich ab der zweiten Hälfte des 5. und in der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. Hinweise auf die Verhüttung polymetallischer und auch (teil-)sulfidischer Erze sowie die Nutzung von unterschiedlich legierten Kupfern wie Arsenkupfer. Eine Brillenspirale aus Blei von Norşuntepe ist zu nennen. Für chalkolithische Kupfertropfen von Norşuntepe werden Sulfideinschlüsse genannt. Auch könnten sich Abscheidungen von Speisen aus Sulfidphasen nachvollziehen lassen. Ausgehend von den Erzen zu den Kupferobjekten scheint eine Verschiebung hin zu hohen As/Sb-Verhältnissen zu erfolgen, wofür Zementationsprozesse zu diskutieren sein könnten. In Obermesopotamien erstreckt sich in der Zeit vom späten 5. bis ins 4. Jt. v. Chr. ein Horizont häckselgemagerter Keramik – sog. *chaff-faced ware* (CFW), der vom Mittelmeer bis zum nördlichen Zagros und vom Südkaukasus bis in die mesopotamische Dschazira reicht. Zeitgleich finden sich hier erste Silberfunde, und die Kupellation ist durch Funde von Litharge und Blei-Silberschlacke aus Fatmalı Kalecik (Kat. 28) wohl an der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. direkt belegt. Ein zeitlich vorangegangener Umgang mit silberhaltigem Bleiglanz könnte in diesem Raum den Weg zur Kupellation gewiesen haben. Mit Fatmalı Kalecik (Kat. 28) bleiben gleichfalls auch die Nutzung von Cerussit, Jarositen oder auch polymetallischen Erzen diskutierbar. Obwohl Silber selten in gediegener Form vorliegt, existieren aus der Mitte des 6. Jt. v. Chr. als frühe Beispiele zwei Perlen aus dem obermesopotamischen Domuztepe (Kat. 27). Silberfunde aus einem lokalen Milieu von Hacınebi (Kat. 29), die Keramik zeigt Affinitäten zu Amuq F, werden neuerdings um 4200–3850 v. Chr. datiert. Später zeigt dieser Fundort eine Einbindung in Netzwerke mit der Uruk-Kultur. Ein Aufschwung in der Silbermetallurgie scheint mit den Silberfunden von Tell Brak, Hamoukar und Korucutepe spätestens ab dem zweiten Viertel des 4. Jt. v. Chr. im obermesopotamischen Raum fassbar (Kat. 33,a, 33,b, 31, 30)<sup>4288</sup>. In Hacınebi könnte sich weiter die chalkolithische Verhüttung und Legierungserzeugung

<sup>4285</sup> Vgl. etwa Zimmermann 2005a; Pernicka u. a. 1998, 123.

<sup>4286</sup> Parzinger 1993b, 346f. 348.; Zu den silbernen Ringanhängern siehe Kat. 7-10, 25.

<sup>4287</sup> Aus İkoztepe (Kat. 26) und auch aus Alişar Höyük (Kat. 23) stammen neben Silber auch bleierne Ringanhänger. Die Datierung der Fundzusammenhänge der Ringanhänger und des Silbers ins vierte Jahrtausend v. Chr. oder früher, ist dabei aber genauso wahrscheinlich, wie umstritten. Ein ringanhängerartiges Stück aus Aphrodisias-Pekmez könnte ins späte 5. Jt. v. Chr. zu datieren sein.

<sup>4288</sup> Eine Nutzung von Silber als Nägel zur Fixierung von Goldblech (Kat. 33,a) und ein silberführender Hortfund in Tell Brak (Kat. 33,b) legen eine breitere Nutzung nahe. Silber scheint häufiger bzw. regelhaft zur Verfügung gestanden zu haben. Etwa zeitgleiches Silber sowie weitere etwas spätere Metallurgiebelege stammen auch

nachvollziehen lassen. Darüber hinaus scheint bei diachroner Betrachtung eine Nutzung polymetallischer, bleihaltiger und möglicherweise teilsulfidischer Erzchargen im 4. Jt. v. Chr. durch. Auch Hamoukar liefert Metallurgiebelege. Arsenkupfer gilt als Charakteristikum für das Milieu häckselgemagerter Keramikwaren. Für Tepe Gaura wird etwa im Zeitrahmen von 4500 bis 3700 v. Chr. eine Nutzung von teils wohl hochlegierten, auch nickelhaltigen Arsenkupfern und, später innerhalb dieses Zeitabschnitts, auch von Gold genannt. Um das frühe 4. Jt. v. Chr. ist hier Elektron zu verzeichnen (Kat. 32). Neben einer Arsenkupferverwendung sowie der Keramik- und Silbertechnologie teilt dieser Raum, der etwa über Augenidole weiter untergliedert werden kann, auch weitere Charakteristika wie die Nutzung von Stempelsiegeln. Eine Entwicklung hin zu höherer sozialer Komplexität lässt sich ebenso beobachten. Weitreichende, über das Verbreitungsgebiet der Keramik hinausreichende Kontaktnetzwerke lassen sich etwa an Rohstoffen wie Obsidian und Lapislazuli ablesen. Ein weiterer Punkt ist die Verbreitung langer Klingen. Sie stehen im Rahmen einer Diskussion um ideologische Netzwerke oder analog-konvergente Manifestationen. Mit den Klingen kann eine Einbindung in Netzwerke bis nach Südosteuropa verbunden sein. Das von Klimscha genannte Beispiel einer Klinge aus Tell Brak kann hier aber derzeit nur Ausgangspunkt für weitere Überlegungen sein. In Obermesopotamien sind Änderungen in der Keramiktechnologie festzustellen. Es findet ein Wechsel zu häckselgemagerten, unverzierten Waren statt, der sich mit einer Massenproduktion erklären lässt. Als Träger einer Identität erleidet Keramik einen Bedeutungsverlust. Im weitesten Sinne strukturell ähnliche Phänomene sind bei der Keramikentwicklung etwa zeitgleich in Mitteleuropa zu verzeichnen.

Einflüsse keramischer Traditionen von *chaff-faced ware* (CFW) lassen sich darüber hinaus auch im Bereich Transkaukasiens und bis in den Nordkaukasus zu Majkop verfolgen. Im Umfeld des Nordkaukasus könnte sich für Entwicklungen in der Metallurgie der vorangegangenen Zeit aufgrund von Funden und struktureller Ähnlichkeiten eine Einbindung in weitreichende Netzwerke andeuten, die über die Steppen bis nach Südosteuropa reichen und teilweise die über das Phänomen der sog. Ockergräber verbunden sind. An Funden sind hierbei u. a. Armreifen und Flachbeile aus Serpentin, Eberhauer und Keramik zu nennen. Dabei werden etwa in Svobodnoe, Na'čik und Veselaja Rošča gefundene Reinkupfer mit karpato-balkanischen Traditionen verbunden. Unter derzeitigen chronologischen Vorstellungen sind um die Wende des 5. zum 4. Jt. v. Chr. bereits erste niedrig legierte Arsenkupfer anzusetzen. So liegen aus Mešoko überwiegend niedrig legierte Kupfer mit 1 bis 1,2 % Arsen vor. Während diese und weitere Arsenkupfer häufig lokal hergeleitet werden, weisen die Metallformen dabei auch Analogien zu südosteuropäischen Typen auf, wie eine Axt nach dem Typ Ariuşd aus Ust'-Labinsk verdeutlicht. Wahrscheinlich hat sich (spätestens) 3800 v. Chr. unter synkretischem Eindruck durch die Einbindung in Netzwerke und einen zeitlichen Horizont die Majkop Kultur formiert. Mit ihr wird ein Aufschwung in der Arsenkupfernutzung verbunden; auch Silber ist zu finden (Kat. 17-21). In Teilen Transkaukasiens und des Kaukasus, der als Ursprungsort von arsenhaltigen Kupfern in Netzwerken galt bzw. immer noch gilt, ist das Auftreten der frühesten, einfachen Kupferobjekte wohl ab dem 6. Jt. v. Chr. zu verzeichnen. Das Kupfer ist teilweise mit der Šulaveri-Šomutepe-Gruppe verbunden, für die mesopotamische Bezüge diskutiert werden. Aufgrund von Datierungsproblemen und der Analysestrategie bleibt dabei unklar, ob die frühen Kupferobjekte tatsächlich, wie oftmals angenommen, allesamt aus reinem Kupfer bestehen. Vielleicht ab der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr., jedenfalls aber noch vor der Mitte des 4. Jt. v. Chr. dürften Metallurgiebelege wie Kupfertropfen und Schlacken Transkaukasiens zu datieren sein. Verwendung fanden neben reinen Kupfern nun auch Kupfer mit Arsen- und teilweise Nickelgehalten. Als Grund für das Auftreten legierter Kupfer wird genannt, dass technische bzw. technologische Entwicklungen stattgefunden hätten:

---

aus Hamoukar (Kat. 31). Ebenfalls früh datierbares Silber könnte mit den Funden von Korucutepe zu beobachten sein (Kat. 30).



entweder soll überhaupt erst eine eigenständige extraktive Metallurgie aufgenommen worden sein, oder es sollen Änderungen einer schon bestehenden extraktiven Metallurgie erfolgt sein, die legierte Kupfer ermöglichten. Bei den Funden liegen Arsengehalte über 1 % vor. Ein zeitgleicher Bleibarren könnte zu verzeichnen sein. In der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. könnten kaukasische und transkaukasische Kulturen und dortige Fundorte mit Metallurgiebelegen bezüglich der Keramikentwicklung eine Einbindung in Kommunikationsnetzwerke mit dem *chaff-faced*-Horizont Obermesopotamiens aufweisen. Bei den Metallurgiebelegen in diesem keramischen Milieu handelt es sich um die Nutzung von Kupfer und insbesondere Arsenkupfer (Leyla Tepe, Berikdeebi, Boyuk Kesik, Teghut und Soyuq Bulaq) sowie Silber bzw. silberhaltigen Legierungen (z. B. das transkaukasische Soyuq Bulaq [Kat. 16]). In Transkaukasien im Milieu von *chaff-faced*-Ware gefundene Sialk III<sub>4-5</sub> Keramik zeigt auch Beziehungen zum Iranischen Hochland. Wenn man die Verbreitung häckselgemagerter Keramikwaren und die Hinweise auf eine Einbindung in eine („ultra“-)kaukasische Sphäre mit den nordpontischen Steppen berücksichtigt, stellt der der Nordwestiran mit dem Urmia-See ein mögliches Bindeglied zum Iranischen Hochland dar (vgl. Sé Girdan [Kat. 41]). Aspekte des kulturellen Habitus wie Grabbau und -ausstattung, die Silberverwendung und der Umlauf weiterer Materialien wie Lapislazuli zeigen ebenfalls eine Einbindung in weiträumige Netzwerke an, die sich zwischen Obermesopotamien, Majkop im Vorkaukasus und Susa im Iran erstrecken. Stellvertretend können solche Beobachtungen und Schlussfolgerungen für Soyuq Bulaq (Kat. 16) und Sé Girdan (Kat. 41) gemacht werden; damit könnten in zeitlicher Hinsicht beide Hälften des 4. Jt. v. Chr. abdeckt sein. Eine Metallurgie mit Arsenkupfer, Silber und Silberlegierungen kann für den Horizont der CFW im Rahmen weitreichender Netzwerke und Kommunikationsräume konstatiert werden. Auch in Teilen Irans und Zentralasiens lässt sich die Verwendung von Kupfer, das Arsen und/oder Blei enthält, ab der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. nachvollziehen (Susa I, Yahya VIA, Tepe Hissar I). Weiter enthalten diese Kupfer teilweise Antimon, Silber und Nickel (etwa Tepe Hissar Periode IA-IB). Kupfer mit diesen Verunreinigungen sollen auch für das 4. Jt. v. Chr. charakteristisch sein. In Tal-i Iblis und Tepe Yahya VIA dürfte eine höchstwahrscheinlich extraktive Metallurgie mit derzeit nicht näher bestimmbarer Arsenkupferproduktion zu verzeichnen sein, die in den Zeitrahmen des 5. Jt. v. Chr., spätestens gegen 4300 v. Chr., datiert. Für die Kupfer und legierten Kupfer des 5. und 4. Jt. v. Chr. im Iran kann derzeit kaum zwischen dem Ausschmelzen von Kupfer nach Schmelzpunktunterschieden und Einflüssen von Abscheidungsvorgängen aus Sulfidphasen unterschieden werden. Teilweise liegen Fahlerzsignaturen vor. Etwa 3700–3400 v. Chr. datierende Schlacken vom Tepe Sialk III<sub>6-7</sub> weisen auf eine teilsulfidische Verhüttung mittels *co-smelting* und Abscheidungsvorgängen von Arsen-/Antimonmangellegierungen hin. Noch in der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr., verstärkt ab etwa der Mitte des 4. Jt. v. Chr., finden sich im Iran und Zentralasien Silberartefakte und Litharge als Überrest der Kupellation (früh: Sialk, Arisman, Hissar, Ilgynly-Depe, ferner Kara-Depe 3, Sarazm I-II, [Kat. 36-40. 59-61]; später: Susa, Tepe Sialk, Arisman [Kat. Kat. 37. 39-43], u. a.). Erstes Silber ist hier mit Silberkappen aus Tepe Sialk (Sialk III<sub>5</sub>; Kat. 36) noch im frühesten 4. Jt. v. Chr. belegt. Die Kupellation ist ca. 3700–3400 v. Chr. beispielsweise mit Bleiglätte aus Arisman (Sialk III<sub>6-7</sub>) zu verzeichnen. Der Zeitpunkt, zu dem Silber hier vermehrt auftritt, deckt sich bei derzeitigem Wissensstand in etwa mit dem Aufkommen der Kupellation im zweiten Viertel des 4. Jt. v. Chr. Annäherungsweise zeitgleich wird Silber auch in Obermesopotamien häufiger. Dabei ist für die Silbertechnologie, ausgehend von Befunden des Ilgynly-Depe (Kat. 60), weiter auch nach der Absaigerung von Metallphasen sowie der Abscheidung von Speisen aus Sulfidphasen zu fragen. Alternativ könnte Blei zur Extraktion von Edelmetallen aus Erzen oder als Desoxidans für Kupfer verwendet worden sein. Auch eine Gewinnung von Silber aus Chloriden wird diskutiert. Bei einigen Silberquellen könnte die Kupellation nur den letzten Schritt zur Gewinnung darstellen. Nicht überall und zu allen Zeiten beruhen Silber und Silberlegierungen dieser miteinander verbundenen Kommunikationsräume ausschließlich auf kupelliertem Silber. Silber und insbesondere

Silberlegierungen wie Elektron könnten sich auch anders erklären. So wird etwa auch für die Silber-, Silber-Gold-Kupfer- und Silber-Gold-Legierungen von Soyuq Bulaq aufgrund fehlender Bleigehalte eine Kupellation eher ausgeschlossen (Kat. 16). Geeignete Lagerstätten in unmittelbarer Nähe sind vorhanden. Insbesondere Lagerstätten der vulkanogenen Massivsulfid-Lagerstätten (VMS) könnten für Edelmetalllegierungen eine Rolle spielen (Kap. III.2.). Für die frühe Majkop-Kultur etwa wird eine Nutzung von „native gold/silver/electrum“<sup>4289</sup> genannt. Aus Klady (Kat. 18) liegt in der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. eine kupferne Schaftlochaxt mit Silbereinlagen vor, wobei das Kupfer der Axt 30 % Blei enthält. Weitere zeitgleiche Funde aus Klady zeigen eine Verwendung von Kupfersilber- und Goldkupfersilberlegierungen, die aber meist kein Blei aufweisen. Für sie steht eine Extraktion etwa aus Dürrerzen in der Diskussion. Einige Silberobjekte aus Klady enthalten Blei, was sich mit einer Kupellation verbinden lässt. Ob auch Verfahren im Zusammenhang mit Schmelzpunktunterschieden oder Sulfidphasen eingesetzt wurden, bleibt offen. Vergleiche für die Axt von Klady weisen unter anderem nach Nordwestdeutschland. Silberfunde aus Rudki ließen sich in Zusammenhang mit Verbindungen zur Trichterbecherkultur erklären (Kat. 11). Im nordpontischen Bereich scheinen sich vor dem frühen 4. Jt. v. Chr. teilweise Kupfersilberlegierungen fassen zu lassen (s. o; Kat. 14,a; 13; 12). Später, etwa in Usatovo-Zusammenhängen erfolgt die Materialansprache häufiger als Silber. Analysierte Silberfunde, beispielsweise aus dem Gräberfeld von Usatovo, können sich aufgrund ihrer Bleigehalte durch eine Kupellation erklären (Kat. 15; Kat. 14,c). Für diese Zeit werden Beziehungen zu Majkop ebenso genannt wie auch fortbestehende karpato-balkanische Bezüge.

Die Spätphase Majkop-Novosvobodnaja datiert etwa 3500–3200 v. Chr. Sie ist teilweise zeitgleich mit der Kura-Araxes-Kultur, die ab Mitte des 4. Jt. v. Chr. in Teilen Transkaukasiens, Ostanatoliens und Nordwestirans auftritt. Insgesamt lassen sich zwischen der ersten und zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. möglicherweise überregionale Änderungen im Zeitverlauf beim Arsenkupfer beobachten. So weisen die Kupferlegierungen der ersten Phase von Majkop höhere Gehalte an Nickel, Silber, Blei und Antimon auf als Kupfer der späteren Phase Majkop-Novosvobodnaja. Ähnlich sind diese Nebenelementgehalte etwa auch bei Arslantepe VII und VI höher als bei Kura-Araxes. Die späteren Kupfer der etwa zeitgleichen Phasen bzw. Kulturen Majkop-Novosvobodnaja und Kura-Araxes sind insofern bedingt miteinander vergleichbar. Erhöhte Zinkgehalte sowie hohe As/Sb Verhältnisse späterer Kupfer könnten diachron und überregional dafür sprechen, dass geänderte Verhüttungsverfahren Zementationsprozesse begünstigt haben. Allerdings bleiben die Korrelationen der in der Literatur genannten Kennzeichen dieser Kupfer (As/Sb, Zinkgehalt) unklar und andere Faktoren wie etwa ein Wechsel der Erzbasis sind nicht ausschließbar. Mit in der Forschung diskutierten Zementationsprozessen für Kupfer im Bereich der Usatovo-Kultur in der Zeit von Mittel- zu Spät-Tripol'e könnten ähnliche Entwicklungen festzustellen sein. Leicht erhöhte Nickelgehalte in dortigen Kupfern sind zu verzeichnen. Da die Datenbasis hier unzureichend ist, bleiben die Folgerungen hypothetisch. Für Arslantepe (Kat. 35) gilt eine Gewinnung von Silber durch Kupellation als möglich. Für die Gewinnung von Speisen, Arsen- und Arsennickelkupfer aus polymetallischen Erzen werden für Arslantepe Schmelzpunktunterschiede diskutiert. Auch Kupfersilberlegierungen mit erhöhten Antimonwerten sind so erklärbar; mit weiteren Überlegungen sind auch Vorgänge der Speiseabscheidung aus (teil-) sulfidischen Chargen möglich. Für die entwickelte Kura-Araxes-Kultur wird eine Gewinnung von Silber aus Blei vermutet.

Eine Silbergewinnung mittels Kupellation in oben genannten Netzwerken ist wohl bereits früh um 4000 v. Chr. bekannt gewesen. Darüber hinaus wurden wahrscheinlich verschiedene weitere Quellen (und Gewinnungswege) wie Erze oder gediegen Vorkommen von Edelmetallen genutzt. Dabei könnten auch Verfahren, die auf Temperatur- und Schmelzpunktunterschieden aufbauen, für

---

<sup>4289</sup> Helwing 2012, 212.

Kupfersilberlegierungen nachzuvollziehen sein. Dies ist durchaus als opportunistisch zu bezeichnen. Weitere Verfahrensstränge mit Überschneidungen auch zur Kupfermetallurgie könnten im Rahmen einer chalkolithischen Verhüttung zu vermuten sein.

Auch auf Sardinien sind früh Silberfunde zu verzeichnen (Kat. 58). Diese treten in Kontexten der Ozieri-Kultur des späten 5. bis frühen 4. Jt. v. Chr. und der folgenden Sub-Ozieri-Kultur auf. Sie sind zeitgleich mit ersten dortigen anderen Metallfunden und Metallurgiebelegen wie Schlacken und Tiegeln. Während eine Kupellation bzw. Funde möglicher Litharge in den Raum gestellt werden, erlaubt die Vorlage des Materials keine Aussagen. Die Silberverwendung scheint einen vornuraghenzeitlichen Schwerpunkt zu haben. Schlacken der Kupfermetallurgie bleiben auf Sardinien die längste Zeit selten. Erst in der Bronzezeit soll Sardinien Kupferproduktion – angeregt durch zyprische Vermittlung einer sulfidischen Verhüttungstechnologie – bedeutend gewesen sein. Für Zypern wird ein (scheinbar) verspäteter Beginn der Verhüttung genannt. Da zahlreiche Hinweise auf bereits frühe sulfidische Verhüttungstechnologien in weiten Teilen des Untersuchungsgebietes dieser Arbeit bestehen, sind zumindest die Gründe dafür zu hinterfragen.

Silber wird auch im Ägypten des 4. Jt. v. Chr. verwendet. Silber, das wegen seines Bleigehalts kupelliert sein könnte, liegt ab dem zweiten Viertel bzw. um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. vor (Kat. 57j). Dieser Zeitansatz lässt sich vage mit dem verstärkten Aufkommen von Silbermetallurgie und Kupellation andernorts verknüpfen. Aus dem diachronen Vergleich mit späteren Zeiten ergibt sich, dass vor dem 2. Jt. v. Chr. auf Kupellation zurückführbares Silber untergeordnet neben goldhaltigem Silber vorkommt. Die Ursachen dafür werden außer in der Nutzung entsprechender (lokaler) Rohstoffe auch in Recyclingkreisläufen, die möglicherweise in Verbindung mit der Levante stehen, oder – insbesondere bei Kupfergehalten – in absichtlicher Legierung gesucht. In der Levante sind nach den frühen Elektron- und Goldfunden aus Naḥal Qana zahlreiche weitere Silber- bzw. Goldsilberlegierungen aus dem weiter nördlich gelegenen Byblos (Kat. 50) aus oder nach dem zweiten Viertel des 4. Jt. v. Chr. überliefert. Funde von ‚coupelles‘ werden berichtet. Überregional mehren sich spätestens ab etwa diesem Zeitpunkt die Hinweise auf Kupellation bzw. Silberverwendung wie etwa im obermesopotamischen und iranisch-zentralasiatischen Raum sowie in der Ägäis. Hervorzuheben ist im Zusammenhang mit weiträumigen Verbindungen der Levante etwa bis nach Obermesopotamien, dass in Obermesopotamien bereits im frühen 4. Jt. v. Chr. Kanaanäische Klingen aus Hacinebi Phase A und Tell Ġudeide Phase F vorliegen. In der südlichen Levante sind sie erstmals vielleicht um 4000 v. Chr. nachgewiesen; sie könnten aber auch erst mit dem zweiten Viertel des 4. Jt. v. Chr. auftreten bzw. verstärkt überliefert sein. Entwicklungen in der Metallurgie der Edelmetalle könnten sich für die Levante so durch die Einbindung in weiträumige Netzwerke erklären. Weitere Silber und Silbergoldlegierungen (Kat. 51–56) der Levante könnten frühestens in die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr., vielfach aber eher ab dem spätesten 4. Jt. v. Chr. datieren. Die Existenz von Silbergoldlegierungen kann sich unterschiedlich erklären: natürliches Elektron, Verhüttung entsprechend zusammengesetzter Erze (mit etwaiger Kupellation), Legieren und/oder Recyclingpraktiken. Aber unter Berücksichtigung von Prozessen der chalkolithischen Verhüttung sollten auch Zusammenhänge mit Sulfidphasen diskutiert werden. Verglichen mit Räumen der frühen Silbermetallurgie wie etwa der Ägäis, dem obermesopotamischen Raum und dem Iran, die miteinander über Netzwerke verbunden sind, scheint derzeit die Nutzung von Silber bzw. Silbergoldlegierungen in Ägypten und der Levante mit Ausnahme von Naḥal Qana später einzusetzen, obwohl etwa die Levante ebenfalls bereits früh in überregionale Netzwerke eingebunden ist. Für die Levante muss offenbleiben, ob trotz des weitgehend unterschiedlichen Materials Stimuli für eine vielleicht auch opportunistische Edelmetallnutzung über Netzwerke vermittelt wurden, oder ob etwa Recycling- und

Legierungspraktiken auf Basis eines womöglich auch eingehandelten Metallstocks zu diesen Silberlegierungen führten.

Eine Einbindung Südmesopotamiens in ältere, möglicherweise „weltweit“ zu denkende Kontaktnetzwerke seit der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. manifestiert sich unter anderem an Schaftlochäxten. Wahrscheinlich quellen- und überlieferungsbedingt lassen sich dort Metallfunde verstärkt erst in der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. fassen. Zu dieser Zeit sind dann aus Uruk zahlreiche Silberobjekte überliefert (Kat. 44-48; evtl. Kat. 49). Auch Kupfersilberlegierungen sind zu verzeichnen. Für den Ursprung des Silbers können derzeit typologisch Verbindungen zu Susa II und damit mutmaßlich zum Iranischen Hochland sowie kulturgeographisch durch die Urukexpansion auch zu Obermesopotamien mit Habuba Kabira-Süd (Kat. 34) namhaft gemacht werden. Dabei handelt es sich um zwei Regionen, in denen die Kupellation früh nachweisbar ist. Die zu vermutende Herkunft eines Großteils des urukzeitlichen Kupfers aus Zentral- und Nordostanatolien nimmt die obermesopotamischen Bezüge ebenfalls auf. Mit Litharge aus Habuba Kabira-Süd könnte sich ein Anknüpfungspunkt auf die Nutzung polymetallischer Erze im Vorfeld der Kupellation ergeben. Kupfersilberlegierungen treten in Südosteuropa und Obermesopotamien an der Wende vom 4. zum 3. Jt. v. Chr. gehäuft oder ob quellenkritischer Überlegungen vielleicht auch nur scheinbar gehäuft auf. Unter Vorbehalt könnte dies mit etwa zeitgleichen Entwicklungen hin zu regelrechten Sulfidschmelzverfahren im vorderasiatischen Raum verknüpfbar sein. Mit der chalkolithischen Verhüttung wäre eine Metallausbringung durch die Abscheidung aus Sulfidphasen möglich. Die Befunde von Arslantepe und Klady lassen sich aber auch mit Schmelzpunktunterschieden erklären.

In Mitteleuropa aber auch West- und Südeuropa lassen sich punktuell noch während des 5. und 4. Jt. v. Chr. Kupferschwergeräte wie Schaftlochäxte sowie Schmuck- bzw. Symbolformen feststellen, die teilweise karpato-balkanischen Merkmale aufweisen. Deswegen wird oftmals ein Import aus der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz veranschlagt, der noch während der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. beginnt. Da für Südosteuropa zahlreiche Umdatierungen erfolgen, sind aller Voraussicht nach auch folgenschwere Älterdatierungen in Mittel- und Westeuropa zu erwägen. Ein unlängst stark beanspruchtes Ensemble von Funden wird dabei als Hinweis auf Kontakte in Netzwerken bis zum ebenfalls häufig bemühten Varna gesehen: Aus dem südfranzösischen Pauilhac stammen aus dem Kontext eines Megalithgrabes neben weiteren Funden Jadeitbeile, ein Goldblechdiadem und Eberzähne. In weiteren Objekten wie etwa dem Hämatitanhänger aus dem bretonischen Renongar sowie Schwergeräten wie unterschiedlichen Schaftlochäxten (Typen Čoka und Jászladány) mit karpato-balkanischen Merkmalen manifestiert sich ebenfalls eine frühe weiträumige Einbindung in Kontaktnetzwerke. Jadeitbeile zeigen bei derzeitigem Forschungsstand eine westliche Verbreitung. Für das 5. Jt. und frühe 4. Jt. v. Chr. lassen sich demzufolge für Mittel- und Westeuropa sowie Südosteuropa zum jetzigen Stand der Untersuchung anhand der Verbreitung von Materialien unter anderem zwei übergreifende Kommunikationsräume festmachen. Während die Jadeitbeile so gegenwärtig einen eigenständigen, eher westlichen und (vorgeblich?) metallarmen Kommunikationsraum zu bezeichnen scheinen, der einem östlichen Kupfer- und Goldsystem in Teilen des Karpatenbalkanraums gegenübersteht, korrespondieren und kommunizieren beide Systeme aber auch miteinander. Im Westen treten die verhältnismäßig wenigen früh datierbaren Metallfunde bzw. -importe massiert in Zentren mit hohen Fundkonzentration an Jadeit wie dem Pariser Becken und der Bretagne auf. Dadurch offenbaren sie zunächst eine Einbindung in weitreichende Netzwerke. Zugleich zeigen sie aber auch, dass hier metallurgische Produkte – und damit prinzipiell überdies auch metallurgische Kenntnisse – in Netzwerken verfügbar werden konnten. Zudem besitzen einige Jadeitbeile einen metallischen Habitus und setzen dadurch die Kenntnis von metallenen Vorbildern voraus. Die genannten Kommunikationsräume und Austauschnetzwerke, die in sich zeitlich und räumlich

sicherlich weiter zu untergliedern sind (vgl. neben Jadeit und Gold etwa die Verbreitung von Buckelscheiben und Ringanhängern), lassen Räume wie die Iberische Halbinsel oder ferner den nordalpinen Raum scheinbar weitgehend unbesetzt. Diese könnten in verschiedener Form noch anzuschließen sein und überdies eine (eigenständige) frühe Metallurgie bzw. Metallnutzung vermuten lassen. Aus dem südspanischen Cerro Virtud sind umstritten frühe, möglicherweise noch in frühe 5. Jt. v. Chr. datierende Hinweise auf die Verhüttung oxidischer Erze bekannt. Sie sind fast ein Jahrtausend älter als die frühesten dort üblicherweise für möglich gehaltenen Metallartefakte<sup>4290</sup>. Gold- und Kupferartefakte, die möglicherweise über das auf der Iberischen Halbinsel früh abgebaute Variscit verbindbar sind, könnten das Bild der frühen Metallnutzung in Frankreich und auf der Iberischen Halbinsel in Zukunft differenzieren. Insbesondere Beile unterschiedlicher Morphologie und Zusammensetzung sind hier zu nennen. Für einige Exemplare etwa aus Portugal wie auch der Bretagne wird neuerlich unter typologischen Gesichtspunkten eine Datierung ins 5. und 4. Jt. v. Chr. für möglich erachtet. Ob ein Teil dieser Beile als Metallfunde die Lücke im Bereich früher (eigenständiger) Metallurgie zu schließen vermag, ist auch relevant für die Frage, wann die Nutzung legierter Kupfer aufkam. Aus Ober- und Mittelitalien liegen frühe Metallfunde vor, und für Oberitalien wird mittlerweile eine lokale extraktive Metallurgie um die Mitte des 5. Jt. v. Chr. erwogen<sup>4291</sup>. Für die frühe Chasséen-Kultur erfolgt eine Datierung von kleinen Metallformen und Metallurgiebelegen wie Tiegel und Schlacken in die zweite Hälfte des 5. Jt. v. Chr. Oberitalien mit Monte Viso und Monte Beigua stellt auch den Ursprungsort für das Rohmaterial der vornehmlich in Westeuropa verbreiteten Jadeitbeile dar. Jadeit erreichte indes auch das östliche Gold- und Kupfersystem um Varna; eine Einbindung in weiträumige Kontaktnetzwerke zeichnet sich ab. Südlich der Alpen in Oberitalien sind erste Kupferflachbeile ebenfalls vor die Wende zum 4. Jt. v. Chr. datierbar. Verbindungen zwischen Oberitalien mit der *Vasi a bocca quadrata*-Kultur, Münchshöfen und Hornstaad IA zeichnen sich ab. Darüber hinaus kann etwa über die Flachbeilformen eine Einbindung in Kontaktnetzwerke mit Balaton-Lasinja („traditionell“ 4000–3800 v. Chr., heute ca. 4300–4000 v. Chr.<sup>4292</sup>), Bulgarien, Ungarn, Böhmen, Mähren und Schlesien abgelesen werden.

Kreuzschneidige Schaftlochäxte mit karpato-balkanischen Formmerkmalen und Zinngehalten liegen aus Oberitalien vor. Vorbehaltlich ihrer ungeklärten Datierung nimmt auch das Material Bronze karpato-balkanische Bezüge auf, denn aus Zengövárkony in Ungarn stammen zinnhaltige Schlacken. Von dort wiederum liegen mögliche Jadeitbeile vor. Das Vorkommen verschiedener Schaftlochäxte mit typologisch im weitesten Sinne karpato-balkanischen Formmerkmalen ist in weiten Teilen des Untersuchungsgebiets seit frühen Horizonten ansetzbar (Taf. 36, 1. 2). Auch auf eine irano-zentralasiatische Komponente dieser überregional verbreiteten Schwergerätegattung könnte hinzuweisen sein. Lange Laufzeiten und/oder Verbreitungen mit zeitlichem Gefälle könnten für diese Schwergeräte anzunehmen sein. Verschiedene Schaftlochäxte aus Bronze liegen vor, die unter formal-typologischen Gesichtspunkten prinzipiell früh datierbar wären; in keinem Fall aber ist eine Frühdatierung belegbar. Solche Bronzen in Form von unterschiedlichen, meist kreuzschneidigen Schaftlochäxten sind aus Vorderasien, Anatolien (Knaufhammeraxt aus Kalinkaya) und von – dort spät datiert – Sardinien (und Zypern) bekannt. Gelegentlich treten mögliche frühe, teilweise niedrig legierte Bronzen etwa in Südosteuropa, im Iran, in Obermesopotamien und der Levante auf. Im Einzelnen werden die Funde in der Forschung aber aufgrund des Materialbefundes häufig negiert bzw. spätdatiert. Technologisch ergeben sich mit der chalkolithischen Verhüttung aber mögliche Erklärungsansätze für eine frühe Bronzemetallurgie im 5. und frühen 4. Jt. v. Chr.

---

<sup>4290</sup> Ottaway – Roberts 2008, 197; Ruiz-Taboada – Montero-Ruiz 1999, 897; Kassianidou – Knapp 2008, 218.

<sup>4291</sup> Klassen u. a. 2012, 1293. 1297.

<sup>4292</sup> Oross u. a. 2010, 401.

In Teilen Mitteleuropas, womöglich eben dort, wo dies chronokulturell nachvollziehbar ist, wird eine erste intentionelle Verwendung unterschiedlicher legierter Kupfer, die oftmals aus Fahlerzen herleitbar sind, in einem Zeitrahmen spätestens von der zweiten Hälfte des 5. bis Ende des 4. Jt. v. Chr. ersichtlich. Darunter befinden sich anschließend an verschiedene Kupfer mit Fahlerzsignatur und verdünnte Fahlerzkupfer auch regelrechte Fahlerzkupfer mit und ohne Nickel. Ausgehend von Gebieten wie der Slowakei ist aufgrund von Kultur- und Horizontzuweisungen vor dem Hintergrund von Umdatierungen mit dem Einsetzen oder gar einer starken Verbreitung des arsenarmen Nógrádmárcal-Kupfers [Sb, Ag, Bi] vermutlich ab spätestens etwa 4300 v. Chr. zu rechnen<sup>4293</sup>. Teilweise ist Nógrádmárcal-Kupfer an Kupferflachbeile des Typs Kaka (ca. 4100–3900 v. Chr.) gebunden, die Schöpfungen mit möglichen Anleihen bei Jadeitbeilen darstellen könnten. Handlová-Kupfer [As, Sb, Ag, Bi], das mit klassischem Ösenringmetall ohne Nickel (in den Elementverhältnissen, aber früh teilweise auch in den Konzentrationen) gleichsetzbar ist, soll nur kurze Zeit später auftreten. Man nimmt an, dass es dann teilweise gleichzeitig mit dem Nógrádmárcal-Kupfer in Verwendung steht (4000–3800 v. Chr.<sup>4294</sup>). Neben ins 4. Jt. v. Chr. datierbaren und etwa mit Ösenringkupfern vergleichbaren jungneolithischen Fahlerzkupfern, die einen mitteldeutschen Verbreitungsschwerpunkt haben, bleiben in Mitteleuropa weitere Fahlerzkupfer zu vermuten<sup>4295</sup>. Für die Herstellung bronzezeitlicher Fahlerzkupfer durch eine Abscheidung aus Sulfidphasen liefert Lesniak überzeugende Argumente. Die jungneolithischen Fahlerzkupfer können aufgrund ihrer Zusammensetzung– finden sie sich doch teilweise in den Clustern bronzezeitlicher Fahlerzmetalle – wohl mit der gleichen Methode hergestellt werden. Dieser Analogieschluss wird dadurch unterstützt, dass die Abscheidung aus Sulfidphasen bei der chalkolithischen Verhüttung sehr gut funktionieren würde, da eisenarme Chargen unter oxidierenden Bedingungen verarbeitet werden können. Damit lassen sich außerdem die überwiegend niedrigen Eisengehalte entsprechender Objekte in Einklang bringen. Erhöhte Bleigehalte ließen sich dabei unter anderem ebenfalls aus Fahlerzen herleiten und könnten eine Verbindung zur Silbertechnologie andeuten. Einige besonders silberreiche Fahlerzkupfer und Kupfer auf Fahlerzbasis (meist späterer Zeitstellung) werden für Schmuck- und Symbolformen oder andere Objektgattungen verwendet, von denen häufig auch Exemplare aus Edelmetall vorliegen. Dies spricht mittelbar dafür, dass der urgeschichtliche Metallurge die Silbergehalte oder den Herstellungsweg kannte. Die Hornstaader Buckelscheibe ist hier mit Einschränkungen zu nennen. Die Verhüttung eisenarmer (teil-) sulfidischer Chargen in mutmaßlich Münchshöfener Kontexten der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. oder des beginnenden 4. Jt. v. Chr. ist im österreichischen Brixlegg belegt. Aus dem dortigen Material ergeben sich Hinweise auf *co-smelting*, Röstreaktionsprozesse und die Abscheidung von Kupfer und Arsen-/Antimonmangellegierungen aus Sulfidphasen. Dies ist in etwa zeitgleich mit Hinweisen auf frühe Fahlerzkupfer in Mitteleuropa. Dabei weisen oberitalische *Vasi a bocca quadrata*-Keramik aus

---

<sup>4293</sup> Der Beginn des Nógrádmárcal-Kupfers wird von Klassen und Kollegen mit der Brodzany-Nitra-Gruppe des Spätlengyel-Horizontes ab etwa 4300 v. Chr. verknüpft (Klassen u. a. 2008/2009, 20.). Aufgrund eines von Klassen und Kollegen postulierten und konventionell datierten Produktionshöhepunktes in der Zeit von ca. 4000–3800 v. Chr. mit Ludanice, Bodrogkeresztúr und Jordanów (Klassen u. a. 2008/2009, 20) kann hinsichtlich neuer Datierungsansätze für eben diese Kulturen – für den Horizont der Bodrogkeresztúr A- und Balaton-Lasinja-Kultur sowie der Ludanice-Gruppe wird im Gegensatz zu früheren Datierungen heute ein Zeitansatz von 4300–4000 v. Chr. vermutet (Oross u. a. 2010, 401) – bereits im letzten Drittel des 5. Jt. v. Chr. eine starke Verwendung von Nógrádmárcal-Kupfer angenommen werden.

<sup>4294</sup> Klassen u. a. 2008/2009, 20.

<sup>4295</sup> Fahlerzkupfer von deutschem bis mitteleuropäischem Gebiet sind mit generischen Datierungsangaben wie Jungneolithikum verbunden und „verbergen sich“ bei unterschiedlichen Studien häufig in Clustern mit Material hauptsächlich (früh-)bronzezeitlicher Datierung. Mit der Zuweisung Jungneolithikum ist nach deutscher Terminologie zunächst eine Datierung in einen die zweite Hälfte des 5. und die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. umfassenden Zeitrahmen möglich. Prinzipiell zeigt sich, dass vermehrt mit „jungneolithischen“ Fahlerzkupfern zu rechnen sein könnte, die chronokulturell aufzuarbeiten sind.

Brixlegg, die Kontakte des Bodenseeraumes und die Zusammensetzung der Hornstaader Scheibe auf einen Kommunikationsraum mit ähnlichen Kupfern Oberitaliens im ausgehenden 5. Jt. v. Chr. hin. Dass relativ silberreiches Kupfer für die Hornstaader Scheibe verwendet wurde – die silberne Buckelscheibe von Štramperk (Kat. 6) belegt die Kenntnis von Silber in diesem Milieu –, bietet mittelbar einen Anfangsverdacht auf die Gewinnung von Silber (-legierungen) aus Fahlerzen. Die Zusammensetzung zeigt aber eine Abscheidung von Speisen aus Sulfidphasen nicht an. Vage könnten sich Raffinationseffekte vermuten lassen (vgl. Kupellation).

Arsenhaltiges Kupfer, das teilweise wohl mit sog. Mondseekupfer gleichgesetzt werden kann, soll im Karpatenraum „sehr kennzeichnend für den Schwergeräte-Horizont“<sup>4296</sup> sein. In Mitteleuropa und vor allem im nordalpinen Raum wird das Aufkommen arsenhaltiger Kupfer mit Neuausrichtungen in Kontaktnetzwerken und/oder dem Aufkommen eigenständiger extraktiver Metallurgie verknüpft. Die Metallfunde und Metallurgiebelege sind häufig kontextlos. Viele davon enthalten Arsen. Es werden Erzlagerstätten u. a. in den Ostalpen angenommen. Die Funde werden wegen ihres Arsengehaltes diffusionistischen und evolutionistischen Schemata folgend mit einem (impliziten) *terminus post quem* von 3800 v. Chr. verbunden. Meist werden sie ausgehend vom nordalpinen Raum mit (dem Horizont) der Mondseekultur verknüpft und als Mondseekupfer angesprochen. Während das vermeintliche, datierende Moment (3800 v. Chr.) auch zur Datierung von Kulturen herangezogen wird, wird die Datierung eben dieser Kulturen in Horizonten wiederum zur Datierung von Mondseekupfer herangezogen. Weiter ergeben sich systemisch gesehen zahlreiche Verdachtsmomente für einen früheren Beginn arsenhaltiger Kupfer in Mitteleuropa bzw. deren Import bis nach Südkandinavien. Bei der Besprechung von Arsenkupfer/Mondseekupfer erfolgen häufig Zuweisungen zu Horizonten mit Bodrogresztúr aber auch Stollhof, Hlinsko, Štramperk und Hornstaad, die aber zu hinterfragen sind. Beim derzeit gebräuchlichen Bild, wie sich die Metallurgie in Nord- und ferner auch Westeuropa verbreitet hat, ergeben sich wegen oben genannter chronologischer Einordnungen zeitliche wie räumliche Unterschiede bei der Annahme der Metallurgie: In einigen Gebieten Südkandiaviens etwa sind südosteuropäische Schwergeräte aus Reinkupfer, in anderen wiederum (vermeintlich) spätere mitteleuropäische Arsenkupfer zu finden. Dies ist weiter mit der Verbreitung von Jadeitbeilen zu parallelisieren und zu vergleichen. Aber auch eine beispielsweise karpato-balkanische Komponente für Arsenkupfer in der Art von Mondseekupfer ist zu erwägen. Dies ließe sich unter Umständen auch mit der im Zeitraum zwischen der Mitte des 5. Jt. v. Chr. und dem ersten Viertel des 4. Jt. v. Chr. angesetzten und als sukzessive gedachten Verbreitung von Silexbeilen zwischen der Gumelnița-Kultur und südöstlichen Gruppen der Trichterbecherkultur in Beziehung setzen. Lange Silexklingen wiederum könnten genetisch im Rahmen einer *chaine opératoire* oder aber als Bedeutungsträger mit den Silexbeilen verbindbar sein. In Anbetracht der dürftigen Datierungsgrundlage für viele arsenhaltige Kupfer – vielfach handelt es sich um kontextlose Beile – ist zu fragen, ob hier nicht eher Kommunikationsräume vorliegen, und ob ein Teil der mittel- und vielleicht auch westeuropäischen (arsenhaltigen) Kupferfunde nicht früher (oder später<sup>4297</sup>) datieren. Ähnliches gilt es auch für Ost- und Südosteuropa zu berücksichtigen. Zahlreiche Belege (verarbeitender) Metallurgie aus dem ostalpinen Raum in Verbindung mit Mondseekupfer liegen vor. Ihre Datierung wird an die des Mondseekupfers angehängt. Für als Gusstropfen angesprochene Kupfertropfen könnte auch eine Herleitung aus *prills* der Verhüttung zu diskutieren sein. Mit den wohl spätestens ins 40. bis 39. Jh. v. Chr. zu datierenden Tiegelfragmenten vom Keutschacher See (Kärnten/Österreich), die arsenhaltigen Kupferanhaftungen aufweisen, sind Funde aus Arsenkupfer belegt, die zumindest vor den Horizont von Mondseekupfer datiert werden können. Temperaturunterschiede und beifolgende Zementationsprozesse könnten

---

<sup>4296</sup> Lippert 2006, 20.

<sup>4297</sup> Vgl. die Ausführungen zu Mitteleuropa.

Unterschiede zwischen Mondseekupfer und dem wahrscheinlich zeitlich späteren, ab Mitte des 4. Jt. v. Chr. angesetzten Riesebuschkupfer erklären. Auch nickelhaltiges Kupfer mit Zuweisung zur Mondseekultur fände in diesem Kontinuum unterschiedlicher Kupfer seinen Platz. Mondseekupfer wird mit anderen, teilweise auch ungefähr zeitgleichen Arsenkupfern verglichen. Ein gemeinsamer Nenner dieser Arsenkupfer könnte eine Anreicherung insbesondere von Arsen darstellen, während sich in den Zusammensetzungen sonst keine weiteren Auffälligkeiten festmachen lassen. Insbesondere sind innerhalb des Mondseekupfers wiederum Ausprägungen mit erhöhten Arsengehalten zu finden. Nach Matuschik beginnt die Arsenkupfertechnologie in späten Zusammenhängen der Karpato-Balkanischen Metallurgieprovinz um 4000 v. Chr. im Rahmen der dortigen Protobronzezeit. Aufgrund geänderter, chronologischer Kulturzuweisungen könnten aber Entwicklungen wie das Aufkommen von Arsenkupfer, welche die Protobronzezeit konstituieren, bereits im ausgehenden 5. Jt. v. Chr. beginnen. Arsenkupfer in der Art von Mondseekupfer ist sogar schon in davor datierenden Kulturen wie etwa in Tiszapolgár-Kontexten zu verzeichnen.

Bei der chalkolithischen Verhüttung lassen sich in einem Verhüttungsgang aus einem inhomogen zusammengesetzten Erz durch Temperaturunterschiede unterschiedlich legierte *prills* ausbringen, die zu verschieden legiertem Kupfer verschmolzen werden können. Dies legen zunächst etwa die Funde der Colliers von Colmar-Aéredrome und Burgäschisee-Süd nahe. Dort korrelieren teilweise der Arsengehalt negativ mit dem Silber- und Antimongehalt, wohingegen Silber und Antimon untereinander positiv korrelieren. Daher könnten neben Schmelzpunktunterschieden, Abscheidungsvorgängen aus Sulfiden und Zulegierung von Arsen auch Zementationsprozesse zur Legierungsbildung beigetragen haben. Auch Kupfercluster mit der Zuweisung zu Bodrogresztúr/Bubanj Hum la deuten Zementationsprozesse an. Hier unterscheiden sich die Cluster nur im Arsengehalt, wenn man von einer in dieser Zeit möglichen Zunahme von Antimon absieht. Ebenfalls bleiben hier weitere Prozesse nicht ausschließbar. Es gibt weitere Arsenkupfer aus dem nordpontischen Raum, die sich möglicherweise nur auf der Position des Arsens von Reinkupfern unterscheiden. Für sie werden von der Forschung, ähnlich wie für Arsenkupfer bzw. einen zeitlichen Horizont im Bereich des Kaukasus ab der Mitte des 4. Jt. v. Chr., die Zulegierung von Arsen oder Zementationsprozesse erwogen.

## V.8. Fazit

Im Verlaufe des 5. Jt. v. Chr. – besonders seiner zweiten Hälfte – ergeben sich in weiten Teilen des Untersuchungsraumes zahlreiche Anhaltspunkte für eine erweiterte Polymetallurgie mit legierten Kupfern wie Arsenkupfern sowie gebietsweise auch Edelmetalllegierungen. Spätestens im beginnenden 4. Jt. v. Chr. ist dies in noch weiteren Gebieten nachzuvollziehen und Silber tritt hinzu. Weiterhin gilt die Mitte des 4. Jt. v. Chr. überregional als Zeitpunkt, an dem eine überwiegende Nutzung von Arsenkupfer festzustellen sei<sup>4298</sup>. Während für diese Zeitspanne eine weitgehend schlackenlose Verhüttung eisenarmer Chargen unter Ausnutzung von Schmelzpunktunterschieden der einzelnen Bestandteile zur Disposition gestellt und in der Forschung umfassend dargelegt wurde, stand eine Darstellung der Vorteile dieser Vorgehensweise für die Legierungserzeugung bislang aus.

Grundsätzlich zeigt sich im diachronen Vergleich eine Tendenz, die dahingeht, dass unterschiedliche metallurgische Verfahren im Rahmen einer *chaîne opératoire* angenommen werden müssen, die

---

<sup>4298</sup> So nennt Thornton den Kaukasus mit Vorkaukasus, den südöstlichen Iran und Zentralasien als Regionen, in denen Kupfer mit niedrigen, aber auffälligen Arsenwerten im ausgehenden 5. Jt. v. Chr. vorkommen, eine vornehmliche Verwendung von Arsenkupfer im Kaukasus mit Vorkaukasus, Anatolien und dem Iran aber erst zur Mitte des 4. Jt. v. Chr. (Thornton 2010, 32).



Auswirkungen auf die Metallzusammensetzung entfalten. Dies ergibt sich aus den unterschiedlichen chemischen Zusammensetzung der Metallobjekte in Verbindung mit dem andersartigen chemischen und gefügekundlichen Aufbau der Schlacken. Frühe Kupfer enthalten meist weniger Eisen, und ihre Nebenelementgehalte variieren stärker als bei späteren Kupfern. Zudem steht die Fülle der „bronzezeitlichen“ Schlacken im Kontrast zu Seltenheit von Überresten der chalkolithischen Verhüttung. Bronzezeitliche Schlacken sollen idealtypisch aus eisenreichen Chargen unter stark reduzierenden Bedingungen im Schachtofen entstanden sein. Die chalkolithische Verhüttung hingegen kann eisenarme Chargen unter eher oxidierenden Bedingungen umsetzen und bleibt dabei schlackenarm.

Den beiden Verfahren liegen dabei völlig verschiedene Ansätze zur Ausbringung der Wertträger zugrunde. In der frühen, schlackenlosen Verhüttung, die hier generisch unter chalkolithischer Verhüttung zusammengefasst wird, können unterschiedliche, sich überlagernde Prozesse optionale Bestandteile einer auf die Erzeugung von Legierungen konditionierten Verhüttung sein. Wenn man niedrig und unterschiedlich legierte Kupfer unintentionell ansehen will, so geben sie zumindest Hinweise auf die Nutzung polymetallischer Erze und die Art der Verhüttung. Kupferlegierungen sind im Rahmen der chalkolithischen Verhüttung über die Nutzung verunreinigter Erze erklärbar, wobei oftmals nicht entschieden werden kann, ob dabei eher Einflüsse von Temperatur- und Redoxunterschieden oder im Falle (teil-) sulfidischer Chargen Abscheidungsvorgänge aus Sulfidphasen zur Legierungsbildung beitrugen. Von Mittel- bzw. Südosteuropa über Vorder- bis nach Zentralasien sind bereits ab der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. Kupfer zu finden, die unterschiedlich hoch mit Arsen, Antimon, Nickel, Silber oder Blei legiert sein können; auch Sulfidgehalte können auftreten. Die Kupfer zeigen dabei teilweise Signaturen von Fahlerzen. Zunächst stehen diese Kupfer, gleich ob sie sich aus einer oxidischen oder sulfidischen Verhüttung erklären, bei niedrigen Legierungsgehalten im Rahmen einer chalkolithischen Verhüttung. Für die chalkolithische Verhüttung war insbesondere die Auswahl des Erzes relevant. Nebengestein und Eisenanteil bestimmen nämlich, wie sich die Charge bei der Verhüttung verhält. Angestrebt wurde eine eisenarme hochrefraktäre Zusammensetzung. Fahlerze, die besonders eisenarm sein können, sind hier als Beispiel bzw. verbindendes Element zu den Legierungen zu nennen. Oft zeigen legierte Kupfer, dass sie auf einer Fahlerzbasis stehen. Neben den niedrig legierten Kupfern finden sich immer wieder Kupfer mit stark erhöhten Nebenelementgehalten. Auch sie lassen sich gut auch mit dem Ausbringungs-, aber auch Anreicherungsverhalten der chalkolithischen Verhüttung erklären. Dabei können sich verschiedene Prozesse überlagern, die zur Legierungsbildung führen. Auch Bronzen, die im 5. und 4. Jt. v. Chr. immer wieder auftreten, finden im Rahmen der chalkolithischen Verhüttung eine Erklärungsmöglichkeit. Bei der chalkolithischen Verhüttung bewirken zunächst die Prozessbedingungen als maßgebliche Faktoren, dass verschiedene Metallsorten entstehen. Damit sind Kupfersorten vor allem als Produkte von Werkstattkreisen aufzufassen und weniger auf eine Lagerstättenherkunft zurückzuführen. Wenn also Änderungen in der Erzbasis ausgeschlossen werden können, dann sind verschiedene Kupfersorten und Legierungen insbesondere auf angepasste Verhüttungsmethoden zurückzuführen. Dafür gibt es eine Reihe von Anhaltspunkten. Verschiedene Arsenkupfer, hier konkret Mondseekupfer und Varianten, die diesem in der Zusammensetzung ähneln, sind diachron und überregional weit verbreitet. Gleichzeitig sind neben diesen weitere Kupfersorten wie z. B. Riesebuschkupfer im Umlauf, die sich mit der chalkolithischen Verhüttung aus der gleichen Charge gewinnen lassen. So ließe sich Riesebuschkupfer, das ebenfalls weit verbreitet ist, bei höheren Temperaturen aus der gleichen Charge wie Mondseekupfer erschmelzen. Auch zahlreiche weitere legierte Kupfersorten wie Handlová-Kupfer, Nógrádmárcal-Kupfer, Ösenringkupfer usw. können über entsprechend angepasste Verhüttungsmethoden erzeugt werden. Selbst stark legierte Kupfer, die teilweise für besondere Objekte verwendet wurden, sind ebenfalls aus der chalkolithischen Verhüttung heraus erklärbar. Da

es also prinzipiell möglich ist, verschiedene Kupfersorten bei der chalkolithischen Verhüttung in einem Verhüttungsgang zu erzeugen, könnten gleichzeitig verbreitete Kupfer ein Kontinuum bilden und sollten daher gemeinsam betrachtet werden.

In welchem Umfang reine und legierte Kupfer genutzt wurden, und in welchem Verhältnis sie zueinander stehen, bleibt unklar. Damit sind auch keine Aussagen möglich, wie repräsentativ unterschiedlich und teils hoch legierte Stücke sind. Legierte Kupfer liegen in hoher Diversität aus verschiedenen Teilen des Untersuchungsgebietes ab frühen Horizonten vor. Der Stand der Metallurgie ist nicht überall gleich gut untersucht; eine systematische Aufarbeitung für einen fundierten Vergleich steht aus. Daher bleiben interregionale Vergleiche schwierig. Die hier betrachteten Ensembles an Verhüttungsfunden und die Zusammensetzungen der Metalle lassen endgültige Aussagen nicht zu, da sie zu lückenhaft sind und bisher allzu oft unter anderen Fragestellungen betrachtet wurden. So fehlen beispielsweise weitgehend Angaben zu den Sulfidgehalten von Kupferobjekten, die zumindest im Kontext weitere Aussagen zuließen. Aus Umfanggründen konnten hier viele Beobachtungen zunächst nur für Regionen konstatiert werden, die durch die Forschung über Clusteranalysen abgedeckt sind, oder für die ein sonstiger guter Bearbeitungsstand vorliegt. Für weitere Regionen gibt es durch die Nennung typischer Nebenelemente (für frühe Zeiten) Indizien für die chalkolithische Verhüttung oder Legierungserzeugung (vgl. Iran). Die Hypothesen hier haben insofern nur Arbeitscharakter und müssen weiterverfolgt werden. Bislang aber fügen sich die hier betrachteten Zusammensetzungen der Metallobjekte als Manifestation der geübten Technologie in das von der chalkolithischen Verhüttung gezeichnete Bild. Fragen nach dem zeitlichen Nach- und vor allem Nebeneinander verschiedener Kupfersorten sowie nach Überschneidungen in der Technologie müssen weiter berücksichtigt werden.

Ob die hier ausgearbeitete chalkolithische Verhüttung und insbesondere Legierungserzeugung als ein Versuch des Erklärens innerhalb der Erkenntnis bleibt, müssen zukünftige Forschungen zeigen. Man wird vermutlich aber nicht falsch liegen, Hinweise auf (teil-) sulfidische Erzchargen und die teilweise zeit- und raumgleich vorliegenden höher legierten Kupfer wie Fahlerzkupfer miteinander in Beziehung zu setzen. Schließlich mehren sich solche Hinweise von Mittel- und Südosteuropa bis nach Vorderasien ab der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. Sie liegen bislang aus Abu Matar, Shiqmim, Pervostepennaya Bolnitsa (?), Sitagroï (?), Dolnoslav, Brixlegg, Norşuntepe, Tepe Sialk III<sub>6-7</sub>, Fenan Wadi Fidan 4, Murgul und Obermesopotamien (Taf. 9, 1) vor; einige davon dürften sogar noch früher anzusetzen sein. Um es weiter zu verdichten: Mitunter stellen die Verhüttungsbelege für (teil-) sulfidischer Technologie je nach Region die bislang frühesten und auch einzigen Belege einer eigenständigen extraktiven Metallurgie dar. Gleichzeitig ergeben sich Indizien, dass in den selben Milieus legierte Kupfer sowie ferner auch Edelmetalle genutzt und vielleicht auch produziert wurden. Später wurden bronzezeitliche Fahlerzmetalle auf Basis (teil-) sulfidischer Fahlerze höchstwahrscheinlich durch Abscheidung von Metallphasen und Speisen aus Sulfidphasen gewonnen. Wenn man die oben genannten frühen Hinweise auf (teil-) sulfidische Erze und legierte Metalle mit der Herstellungsmethode bronzezeitlicher Fahlerzmetalle kombiniert, ergibt sich im Analogieschluss die Möglichkeit, auch für die chalkolithische Verhüttung nach der Abscheidung von Speisen, Edelmetallen etc. zu fragen. Ein Teil der frühen Verhüttungsfunde zeigt zunächst, dass die Wertträger nach Schmelzpunktunterschieden ausgebracht wurden. Weiter ergibt sich, dass oftmals eisenarme, gemischt sulfidische und oxidische Erze unter schwach reduzierenden Bedingungen mittels *co-smelting* oder Röstreaktionen verhüttet wurden. Unter anderem das Material von Brixlegg, Norşuntepe und ca. 3700-3400 v. Chr. datierende Schlacken vom Tepe Sialk III<sub>6-7</sub> legen sogar die Erzeugung von Arsen-/Antimonmangellegierungen durch die Abscheidung aus Sulfidphasen nahe; für diese Fundorte werden dabei bereits von der Forschung *co-smelting*-Prozesse diskutiert. Abu Matar als möglicher Schlüsselfundort für die Rekonstruktion chalkolithischer Technologie bleibt im Hinblick auf Sulfidphasen weiter zu untersuchen, da in diesem

Milieu auch die hoch legierten *prestige metals* verbreitet sind, die in ihrer Zusammensetzung Speisen gleichen. Aus dem 3. Jt. v. Chr. liegen in Schlacken weitere Hinweise auf die Abscheidung von Speisen etc. vor. Auch bei einigen frühen Verhüttungsbefunden ergeben sich Hinweise auf die Abscheidung von Kupfer, Arsen-/Antimonmangellegierungen und Speisen aus Sulfidphasen. Bei eisenarmen Erzen und eher oxidierenden Bedingungen funktioniert die Abscheidung aus Sulfidphasen besonders gut, da Eisen inaktiviert wird, und Nebenelemente bevorzugt ausgebracht werden. Gleichzeitig bleiben Kupfer und Kupferlegierungen im Rahmen der chalkolithischen Verhüttung auch durch Temperatur- und Schmelzpunktunterschiede erklärbar, was (bislang) nicht sicher von der Abscheidung aus Sulfidphasen unterscheidbar ist. So könnten einige Legierungen wie Fahlerzmetalle nicht auf einer Abscheidung aus Sulfidphasen und damit verbundene Vorgänge zurückzuführen sein. Vor dem Hintergrund dieser Gemengelage sollten in dieser Arbeit Anhaltspunkte für eine vielgestaltige extraktive Metallurgie herausgestellt werden, die spätestens im 5. Jt. v. Chr. einsetzt. Die Grundlage dafür bildet die chalkolithische Verhüttung. Im deren Rahmen ergeben sich weiter auch Überschneidungsmöglichkeiten zu Edelmetallen und zur Silbermetallurgie. Bei einer Verhüttung polymetallischer und möglicherweise (teil-)sulfidischer Erze könnten mit Temperatur- respektive Schmelzpunktunterschieden auch hier verschiedene Metallphasen ausgeschmolzen werden. Insbesondere Sulfidphasen und/oder Blei, die beide Sammler von (Edel-) Metallen sind, können dabei auch mit Edelmetallen und deren Legierungen zusammenhängen oder mit Vorgängen im Vorfeld der Kupellation verbunden sein. Die Bleiglättefunde von Ilyny-Depe (Kat. 60), Habuba Kabira-Süd (Kat. 34) und Fatmalı Kalecik (Kat. 28) deuten darauf hin, dass Blei als Sammler für die Edelmetalle zugesetzt oder aber polymetallische, möglicherweise sulfidische Erze genutzt wurden. Die Kupellation stellt gegebenenfalls nur den letzten und unter Umständen am besten nachweisbaren Schritt zur Silberproduktion dar. Ihre Nutzung ist konsistent spätestens ab der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. bzw. (verstärkt) im zweiten Viertel des 4. Jt. v. Chr. in Südosteuropa, im obermesopotamischen Raum, im Iran und in weiteren Regionen erschließbar. Die genaue chronologische und technologische Stellung eines möglicherweise früheren Silberfundes aus der Ägäis, der auf Kupellation hindeutet, bleibt derzeit unklar. Auch in Mitteleuropa sprechen Überlegungen, die aus Kommunikationsräumen trotz allgemein dürftiger Fundlage abgeleitet werden können, für die Kenntnis von Silber (möglicherweise durch Kupellation) bereits um das frühe 4. Jt. v. Chr. Im nordpontischen Raum könnte dieser Zeitpunkt durchaus ein Vorher und Nachher voneinander scheiden: einen frühen Horizont der Nutzung von Silberlegierungen von einem solchen der Nutzung von kupelliertem Silber. Mit den genannten Belegen werden auch mögliche Horizonte der Silbernutzung und der -metallurgie mittels Kupellation impliziert. Gleichzeitig und auch danach dürften weitere Stränge der Silbermetallurgie zu beobachten sein. Daher ist in der Forschung zukünftig nicht mehr allein nach der Kupellation zu fragen. Die Nutzung von Silber und seinen Legierungen kann als durchaus opportunistisch zu bezeichnen sein. Neben Goldsilberlegierungen können gerade auch Kupfersilberlegierungen für frühe Zeiten nicht mehr als selten gelten. Im Rahmen der chalkolithischen Verhüttung dürften dabei Überschneidungen zwischen der Technologie des Silbers und der Kupfermetallurgie zu postulieren sein. Trotz weniger Funde lässt sich dennoch ein Netz knüpfen. Bei einem Untersuchungszeitraum von mindestens rund zweitausend Jahren und der gewaltigen Größe des Untersuchungsgebietes kann dies allerdings nur ein dünn gespanntes Netz sein. Durch Neufunde könnte dieses leicht zerreißen, zumal viele Silberfunde als Zeugnis der geübten Technologie aus unsicheren Kontexten stammen.

Zusammengefasst lässt sich festhalten: Im Rahmen der chalkolithischen Verhüttung könnten, bei offenen Fragen zum Reaktordesign, neben Schmelzpunktunterschieden zunächst auch Zementationsprozesse für stärker arsenhaltige Kupfer wie arsenreiche Mondseekupfer zu diskutieren sein; dies ist möglicherweise in Teilen auch mit erhöhten Nickelgehalten verbindbar. Diese Erklärungen für unterschiedliche Kupfer wurden in der Literatur schon gegeben. Wenn sich auch der genaue Modus

der Legierungserzeugung nicht belegen lässt, so lässt die Technologie der Verhüttung im längerfristigen diachronen Vergleich qualitative wie quantitative Unterschiede erkennen. Sie geben für die frühe Zeit Hinweise darauf, dass sich die Legierungserzeugung im Rahmen der chalkolithischen, schlackenlosen Verhüttung bewegte. Diese erlaubte über Redox- und Temperaturunterschiede auch die Erzeugung und Kontrolle von Legierungen. Dabei bietet eine Reihe von Mechanismen Potential für die Anreicherung von Nebenelementen. Insbesondere sind hier Schmelzpunktunterschiede von Mineralgemengen, in verschlacktem Material verbleibende *prills*, Zementationsprozesse und Abscheidung aus Sulfidphasen zu nennen.

Es ist bisher kaum zu umreißen, welcher Sprengstoff in diesen Betrachtungen steckt. Vielfach kann es hier nur bei einem formulierten Unbehagen bleiben. Was zunächst als versprengte Indizien und Einzelfunde erscheint, könnte sich als differenzierter Grundton früher Metallurgie und eines kompletten Zeithorizontes erweisen. Für viele Teile des Untersuchungsgebietes werden in der Forschung evolutionäre Abfolgen der Metalltechnologien und ihrer Erzeugnisse postuliert. So wird beispielsweise für Europa eine Abfolge von Reinkupfer über Arsenkupfer und Fahlerzmetall hin zu zinnlegiertem Reinkupfer angenommen<sup>4299</sup>. Mit den Ergebnissen vorliegender Arbeit ist dies bei überregionaler Betrachtung in Zweifel zu ziehen. Eine (teil-) sulfidische Technologie etwa ist bereits früh verbreitet. Viele der Technologien, die bislang in einer Abfolge gedacht werden, lassen sich bereits in einem Zeitrahmen von der Mitte des 5. bis zur Mitte des 4. Jahrtausends v. Chr. fassen, und könnten sich gar noch früher entsponnen haben.

---

<sup>4299</sup> Pernicka 1990, 98f.

## VI. Verzeichnis der zitierten und benützten Literatur

Ließen sich weder Autor noch Institution einer Website festmachen, werden diese am Ende der Literaturliste in einem Extrateil aufgeführt.

Agarwal – Yannopoulos 1976

J. C. Agarwal – J. C. Yannopoulos, Copper. Introduction and Overview, in: J. C. Yannopoulos – J. C. Agarwal (Hrsg.), *Extractive Metallurgy of Copper. Pyrometallurgy and Electrolytic Refining. International Symposium on Copper Extraction & Refining. February 22-26, 1976/Las Vegas, Nevada (New York 1976)* xv-xxiii.

Akkermans – Schwartz 2003

P. M. M. G. Akkermans – G. M. Schwartz, *The Archaeology of Syria. From Complex Hunter-Gatherers to Early Urban Societies (ca. 16000-300 BC)*, Cambridge World Archaeology (Cambridge 2003).

Alexander 1971

S. M. Alexander, X-ray Diffraction Analysis of the Corrosion Products, *MetrMusJ* 3, 1970, 25-26.

Algaze 2001

G. Algaze, The Prehistory of Imperialism. The Case of Uruk Period Mesopotamia, in: M. S. Rothman (Hrsg.), *Uruk Mesopotamia & Its Neighbors. Cross Cultural Interactions in the Era of State Formation*, School of American Research Advanced Seminar Series (Oxford 2001) 27-83.

Alizadeh 2006

A. Alizadeh, *The Origins of State Organizations in Prehistoric Highland Fars, Southern Iran. Excavations at Tall-e Bakun*, Oriental Institute Publications 128 (Chicago 2006).

Alkım 1983

H. Alkım, Ein Versuch der Interpretation der Holzarchitektur von İköztepe, in: R. M. Boehmer – H. Hauptmann (Hrsg.), *Beiträge zur Altertumskunde Kleinasiens. Festschrift für Kurt Bittel 1-2* (Mainz 1983) 13-27.

Alkım u. a. 1988

U. B. Alkım – H. Alkım – Ö. Bilgi, İköztepe I. Birinci ve İkinci Dönem Kazıları. The First and Second Seasons' Excavations (1974-1975) (Ankara 1988).

Alkım u. a. 2003

U. B. Alkım – H. Alkım – Ö. Bilgi, İköztepe II. Üçüncü, Dördüncü, Beşinci, Altıncı, Yedinci Dönem Kazıları (1976-1980) (Ankara 2003).

Aram-Stern 1996

E. Aram-Stern, *Die ägäische Frühzeit 1. 2. Serie, Forschungsbericht 1975–1993, Veröffentlichungen der Mykenischen Kommission 16* (Wien 1996).

Aram-Stern 2004

E. Aram-Stern, *Die ägäische Frühzeit 2,1. 2. Serie, Forschungsbericht 1975–2002. Die Frühbronzezeit in Griechenland mit Ausnahme von Kreta, Veröffentlichungen der Mykenischen Kommission 21* (Wien 2004).

Ambert – Carozza 1998

P. Ambert – L. Carozza, Origine(s) et développement de la première métallurgie française. Etat de la question, in B. Fritsch – M. Maute – I. Matuschik – J. Müller – C. Wolf (Hrsg.), Tradition und Innovation. Prähistorische Archäologie als historische Wissenschaft. Festschrift für Christian Strahm, Internationale Archäologie = Studia honoraria 3 (Rahden/Westf. 1998) 149-173.

Amiet 1966

P. Amiet, Elam (Auvers sur Oise 1966).

Amiet 1977

P. Amiet, Die Kunst des Alten Orient (Freiburg 1977).

Anfinset 2011

N. Anfinset, The Formation of Economic Systems and Social Institutions during the Fifth and Fourth Millennia BC in the Southern Levant, in: T. C. Wilkinson – S. Sherratt – J. Bennet (Hrsg.), Interweaving Worlds. Systemic Interactions in Eurasia, 7th to 1st millennia BC, Papers from a Conference in Memory of Professor Andrew Sherratt (University of Sheffield on 1st - 4th April 2008) What would a Bronze Age World System look like? World Systems Approaches to Europe and Western Asia 4th to 1st millennia BC (Oxford 2011) 145-157.]

Angeli 1967

W. Angeli, Der Depotfund von Stollhof, Ann. Naturhistor. Mus. Wien 70, 1967, 491-496 ([http://www.landmuseum.at/pdf\\_frei\\_remote/ANNA\\_70\\_0491-0496.pdf](http://www.landmuseum.at/pdf_frei_remote/ANNA_70_0491-0496.pdf)).

Anistoriton 1998

Anistoriton: Archaeology News, Euripides Cave Artefacts, Volume 2/1998 Issue A982 February 1998, zuletzt aktualisiert 07.02.1998, <<http://www.anistor.co.hol.gr/english/enback/a982.htm>> (10.08.2006).

Artin 2009.

G. Artin, La "Nécropole Énéolithique" de Byblos. Nouvelles interprétations, \*BAR International Series 1993 (Oxford 2009).

Artioli u. a. 2005

D. Artioli – C. Giardino – G. Guida – A. Lazzari – M. Vidale, On the Exploitation of Copper Ores at Shahr-i Sokhta (Sistan, Iran) in the 3<sup>rd</sup> Millennium BC, in: U. Franke-Vogt – H.-J. Weisshaar (Hrsg.), South Asian Archaeology 2003. (7 - 11 July 2003, Bonn), Forschungen zur Archäologie Außereuropäischer Kulturen 1, (Bonn 2005) 179–184.

Aruz 2003

J. Aruz, Art and Interconnections in the Third Millennium B. C., in: J. Aruz (Hrsg.), Art of the First Cities. The Third Millenium B.C. from the Mediterranean to the Indus. Ausstellungskatalog New York (New York 2003) 239-250.

Aston u. a. 2000

B. G. Aston – J. A. Harrell – I. Shaw, Stone, in: P. T. Nicholson – I. Shaw, Ancient Egyptian Materials and Technology (Cambridge 2000) 5-77.

Atzeni 1967

E. Atzeni, Tombe a forno di cultura Monte Claro nella Via Basilicata di Cagliari, Rivista di Scienze Preistoriche 22,1, 1967, 157-179.

Atzeni 2004

E. Atzeni, La scoperta delle statue-menhir. Trent'anni di ricerche archeologiche nel territorio di Laconi (Cagliari 2004).

Atzeni 2005

C. Atzeni, Aspects of Ancient Metallurgy, in: F. Lo Schiavo – A. Giumlia-Mair – U. Sanna – R. Valera (Hrsg.), Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age. Symposium Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age, Cagliari, September 9<sup>th</sup>-10<sup>th</sup> 2004, Monographies instrumentum 30 (Montagnac 2005) 17-30.

Atzeni u. a. 2003

C. Atzeni – A. Cincotti – L. Massidda – U. Sanna, Prenuragic Copper, Arsenic, Silver and Gold, in: International Conference Archaeometallurgy in Europe 2. Proceedings International Conference, 24, 25, 26 September 2003, Milan, Italy (Mailand 2003) 97-106.

Atzeni u. a. 2005

C. Atzeni – L. Massidda – U. Sanna, Investigations and Results, in: F. Lo Schiavo – A. Giumlia-Mair – U. Sanna – R. Valera (Hrsg.), Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age. Symposium Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age, Cagliari, September 9<sup>th</sup>-10<sup>th</sup> 2004, Monographies instrumentum 30 (Montagnac 2005) 115-183.

Bachmann 1978

H. G. Bachmann, Schlacken. Indikatoren Archäometallurgischer Prozesse, in: H. W. Hennicke (Hrsg.), Mineralogische Rohstoffe als kulturhistorische Informationsquelle. Diskussionstagung des Arbeitskreises Archäometrie in der Fachgruppe Analytische Chemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker vom 24.–26. Februar 1977 in Heidelberg (Hagen 1978) 66-103.

Bachmann 1980

H.-G. Bachmann, Early Copper Smelting Techniques in Sinai and in the Negev as deduced from Slag Investigations, in: P. T. Craddock (Hrsg.), Scientific Studies in Early Mining and Extractive Metallurgy, British Museum Occasional Paper 20 (London 1980) 103-134.

Bachmann 1982

H.-G. Bachmann, The Identification of Slags from Archaeological Sites, Institute of Archaeology London Occasional Publication 6 (London 1982).

Bachmann 1993

H.-G. Bachmann, The Archaeometallurgy of Silver, in: R. Francovich (Hrsg.), Archeologia delle Attività Estrattive e Metallurgiche. V Ciclo di Lezioni sulla Ricerca Applicata in Archeologia Certosa di Pontignano (SI) – Campiglia Marittima (LI), 9-21 settembre 1991 (Florenz 1993) 487-495.

Bachmann 2003

H.-G. Bachmann, Bunt- und Edelmetalle aus mitteleuropäischen Komplexerz-Lagerstätten: Fahlerz-Verhüttung von der Bronzezeit bis zur Renaissance, in: Th. Stöllner – G. Körlin – G. Steffens – J. Cierny (Hrsg.), Man and Mining = Mensch und Bergbau. Studies in Honour of Gerd Weisgerber on occasion of his 65th birthday, Anschnitt Beiheft 16 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 114 (Bochum 2003) 25-35.

Badas 2005

U. Badas, Archaeological file 26. Villanovaforru (Cagliari), Baccus Simeone. I.G.M. 225 I NE., in: F. Lo Schiavo – A. Giumlia-Mair – U. Sanna – R. Valera (Hrsg.), Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age. Symposium Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to

the Beginning of the Early Iron Age, Cagliari, September 9th-10th 2004, Monographies Instrumentum 30 (Montagnac 2005) 216-218.

Badisches Landesmuseum Karlsruhe 2010

Badisches Landesmuseum Karlsruhe (Hrsg.) (Redaktion Cl. Lichter), Jungsteinzeit im Umbruch. Die „Michelsberger Kultur“ und Mitteleuropa vor 6000 Jahren. Katalog zur Ausstellung im Badischen Landesmuseum Schloss Karlsruhe 20.11.2010–15.05.2011 (Darmstadt 2010).

Băjenaru 2010

R. Băjenaru, Un Pumnal de la Verbicioara (Jud. Dolj) (A dagger from Verbicioara (Dolj County)), Studii și cercetări de istorie veche și arheologie 61, 2010, 149-152.

Balen – Mihelić 2007

J. Balen – S. Mihelić, Silver Axes from Stari Jankovci and the Problem of Finds of Precious Metals during the Early Bronze Age in Continental Croatia, in: I. Galanaki – H. Tomas – Y. Galanakis – R. Laffineur (Hrsg.), Between the Aegean and Baltic Seas. Prehistory Across Borders, Proceedings of the International Conference Bronze and Early Iron Age Interconnections and Contemporary Developments between the Aegean and the Regions of the Balkan Peninsula, Central and Northern Europe, University of Zagreb, 11 - 14 April 2005, Aegaeum 27 (Liège 2007) 105-111.

Bamberger 1985

M. Bamberger, The Working Conditions of the Ancient Copper Smelting Process, in: P. T. Craddock – M. J. Hughes (Hrsg.), Furnaces and Smelting Technology in Antiquity, British Museum Occasional Paper 48 (1985) 151-157.

Bar-Adon 1980

P. Bar-Adon, The Cave of the Treasure. The Finds from the Caves in Naḥal Mishmar, Israel Exploration Society (Jerusalem 1980).

Baranyi 2002

I. Baranyi, II. Archäometallurgische Schlackenuntersuchungen, in: K. Schmidt, Norşuntepe. Kleinfunde II. Artefakte aus Felsgestein, Knochen und Geweih, Ton, Metall und Glas, Archaeologica Euphratica 2 (Mainz 2002) 138-145.

Bartelheim 2007

M. Bartelheim, Die Rolle der Metallurgie in vorgeschichtlichen Gesellschaften. Sozioökonomische und kulturhistorische Aspekte der Ressourcennutzung. Ein Vergleich zwischen Andalusien, Zypern und dem Nordalpenraum, Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft 2 (Rahden/Westf. 2007).

Bartelheim u. a. 2002

M. Bartelheim – K. Eckstein – M. Huijsmans – R. Krauß – E. Pernicka, Kupferzeitliche Metallgewinnung in Brixlegg, Österreich, in: E. Pernicka – M. Bartelheim – R. Krause (Hrsg.), Die Anfänge der Metallurgie in der Alten Welt = The Beginnings of Metallurgy in the Old World. Tagung Freiberg Die Anfänge der Metallurgie in der Alten Welt 18-20. Nov. 1999, Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft 1 (Rahden/Westf. 2002) 33-82.

Bartelheim u. a. 2003

M. Bartelheim – K. Eckstein – M. Huijsmans – R. Krauß – E. Pernicka, Chalcolithic Metal Extraction in Brixlegg, Austria, in: International Conference Archaeometallurgy in Europe 1. Proceedings International Conference, 24, 25, 26 September 2003, Milan, Italy (Mailand 2003) 441-447.



Βασιλάκης 1996

A. Βασιλάκης, Ο χρυσός και ο άργυρος στην Κρήτη κατά την πρώιμη περίοδο του Χαλκού (Δήμος Ήρακλειου 1996).

Βασιλάκης 1998

A. Βασιλάκης, in: K. Δημακοπουλου (Hrsg.), Κοσμήματα τής ελληνικής προϊστορίας ο νεολιθικός θίαυρος. Ausstellungskatalog Nationalmuseum Athen 15.12.1998-28.02.1999 (Athen 1998) 64 Kat. 63.

Baumgartel 1960

E. J. Baumgartl, The Cultures of Prehistoric Egypt II (London 1960).

Bayley – Rehren 2007

J. Bayley – Th. Rehren, Towards a Functional and Typological Classification of Crucibles, S. La Niece – D. Hook – P. Craddock (Hrsg.), Metals and Mines. Studies in Archaeometallurgy. Selected papers from the conference Metallurgy: A Touchstone for Cross-cultural Interaction held at the British Museum 28-30 April 2005 to celebrate the career of Paul Craddock during his 40 years at the British Museum (London 1997) 46-55.

Beck u. a. 2003

L. Beck – S. Reveillon – S. Bosonnet – D. Eliot – F. Pilon, Experimental Evidence of Direct Silver Surface Enrichment on Silver-Copper Alloys. Application to the Analysis of Ancient Silver Coins, in: International Conference Archaeometallurgy in Europe 2. Proceedings International Conference, 24, 25, 26 September 2003, Milan, Italy (Mailand 2003) 561-568.

Becker 1993

A. Becker, Uruk. Kleinfunde I. Stein, \*AUWE 6 (Mainz 1993).

Becker 2007

J. Becker, Nevali Çori. Keramik und Kleinfunde der Halaf- und Frühbronzezeit, Archaeologica Euphratica 4 (Mainz 2007).

Becker 1988

M. J. Becker, Appendix V: An Analysis of the Human Skeletal Remains from Necropolis at İkiztepe, in: U. B. Alkım – H. Alkım – Ö. Bilgi, İkiztepe I. Birinci ve İkinci Dönem Kazıları. The First and Second Seasons' Excavations (1974-1975) (Ankara 1988) 261-275.

Begemann – Schmitt-Strecker 2008

F. Begemann – S. Schmitt-Strecker, Bleisotopie und die Provenienz von Metallen, in: Ü. Yalçın (Hrsg.), Anatolian Metal 4. Internationales Symposium „Anatolian Metal 4“ Februar 2005 in Bochum, Anschnitt Beiheft 21 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 157 (Bochum 2008) 125-134.

Begemann – Schmitt-Strecker 2009

F. Begemann – S. Schmitt-Strecker, Über das frühe Kupfer Mesopotamiens, Iranica Antiqua 44, 2009, 1-45.

Begemann u. a. 1989

F. Begemann – S. Schmitt-Strecker – E. Pernicka, Isotopic Composition of Lead in Early Metal Artefacts. Results, Possibilities and Limitations, in: A. Hauptmann – E. Pernicka – G. A. Wagner (Hrsg.), Archäometallurgie der Alten Welt. Beiträge zum Internationalen Symposium „Old World Archaeometallurgy“, Heidelberg 1987 = Old World Archaeometallurgy, Anschnitt Beiheft 7 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 44 (Bochum 1989) 268-278.

Begemann u. a. 1994

F. Begemann – E. Pernicka – S. Schmitt-Strecker, Metal Finds from Ilipinar and the Advent of Arsenical Copper, *Anatolica* 20, 1994, 203-219.

Begemann u. a. 2001

F. Begemann – S. Schmitt-Strecker – E. Pernicka – F. Lo Schiavo, Chemical Composition and Lead Isotopy of Copper and Bronze from Nuragic Sardinia, *European Journal of Archaeology* 4,1, 2001, 43-85.

Behm-Blancke 1979

M. R. Behm-Blancke 1979, Das Tierbild in der altmesopotamischen Rundplastik. Eine Untersuchung zum Stilwandel des frühsumerischen Rundbildes, \*BaF 1 (Mainz 1979).

Behm-Blancke 1992

M. R. Behm-Blancke, Einführung, in: M. R. Behm-Blancke (Hrsg.), Hassek Höyük. Naturwissenschaftliche Untersuchungen und lithische Industrie, \*IstForsch 38 (Tübingen 1992) 1-19.

Benoit 2004

A. Benoit, Susa, in: Th. Stöllner – R. Slotta – A. Vatandoust (Hrsg.), Persiens Antike Pracht. Bergbau – Handwerk – Archäologie. Ausstellungskatalog Bochum, Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 128 (Bochum 2004) 178-193.

Ben-Tor 1972

A. Ben-Tor, Azor, RB 65, 1972, 418f.

Ben-Tor 1975

A. Ben-Tor, Two Burial Caves of the Proto-Urban Period at Azor, 1971. The First Season of Excavations at Tell-Yarmuth 1970, *Qedem* 1 (Jerusalem 1975).

Ben-Tor 1989

A. Ben-Tor, Byblos and the Early Bronze Age I of Palestine, in: P. de Miroschedji (Hrsg.), L'urbanisation de la Palestine à l'âge du Bronze ancien. Bilan et perspectives des recherches actuelles. Actes du Colloque d'Emmaüs (20-24 octobre 1986), \*BARIntSer 527 i-ii (Oxford 1989) 41-52.

Berthoud 1979

Th. Berthoud, Etude par l'analyse de traces et la modélisation de la filiation entre minerais de cuivre et objets archéologiques du Moyen-Orient (IV<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> millénaires avant notre ère) (Dissertation Paris 1979).

Berthoud u. a. 1982

Th. Berthoud – S. Cleuziou – L. P. Hurtel – M. Menu – C. Volfovsky, Cuivres et alliages en Iran, Afghanistan, Oman au cours des IV<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> millénaires, *Paléorient* 8,2, 1982, 39-54.

Betancourt 1985

Ph. P. Betancourt, *The History of Minoan Pottery* (Princeton 1985).

Betancourt 2008

Ph. P. Betancourt, The Copper Smelting Workshop at Chrysokamino. Reconstructing the Smelting Process, in: I. Tzachili (Hrsg.), *Aegean Metallurgy in the Bronze Age. Proceedings of an International Symposium held at the University of Crete, Rethymnon, Greece, on November 19-21, 2004* (Athen 2008) 105-111.

Beyschlag u. a. 1913

F. Beyschlag – P. Krusch – J. H. Vogt, Die Lagerstätten der Nutzbaren Mineralien und Gesteine nach Form, Inhalt und Entstehung (Stuttgart 1913).

Bilgi 1984

Ö. Bilgi, Metal Objects from İkiztepe – Turkey, BAVA 6, 1984, 31-96.

Bilgi 1990

Ö. Bilgi, Metal Objects from İkiztepe – Turkey, BAVA 9/10, 1990, 119-219.

Bilgi 1993

Ö. Bilgi, İkiztepe Kazılarının 1992 Dönemi Sonuçları, KST 15,1, 1993, 235-244.

Bilgi 1994

Ö. Bilgi, İkiztepe Kazılarının 1993 Dönemi Sonuçları, KST 16,1, 1994, 141-160.

Bilgi 1999a

Ö. Bilgi, İkiztepe Kazısı 1998 Dönemi Sonuçları, KST 21,1, 1999, 381-396.

Bilgi 1999b

Ö. Bilgi, Samsun – İkiztepe Arkeolojik Kazıları Tepe III Çalışmaları (1993 ve 1994 Dönemleri Sonuçları), Anadolu Araştırmaları 15, 1999, 137-165.

Bilgi 2000

Ö. Bilgi, İkiztepe Kazılarının 1999 Dönemi Sonuçları, Kazı Sonuçları Toplantısı 22,1, 2000, 315-326.

Bilgi 2001

Ö. Bilgi, Orta Karadeniz Bölgesi Madencileri. Hind-Avrupalıların Anavatanı Sorununa Yeni Bir Yaklaşım – Metallurgists of the Central Black Sea Region. A New Perspective on the Question of the Indo-Europeans' Homeland (Istanbul 2001).

Bilgi 2002

Ö. Bilgi, İkiztepe Kazılarının 2001 Dönemi Sonuçları, KST 24,1, 2002, 17-28.

Bilgi 2004

Ö. Bilgi, İkiztepe Mezarlık Kazıları ve Ölü Gömme Gelenekleri. 2000-2002 Dönemleri, AnadoluAraş 17,1, 2004, 25-50.

Boehmer u. a. 1993

R. M. Boehmer – G. Dreyer – B. Kromer, Einige frühzeitliche 14C-Datierungen aus Abydos und Uruk, MDAIK 49, 1993, 63-68.

Bollweg 1999

J. Bollweg, Vorderasiatische Wagentypen: im Spiegel der Terracottaplastik bis zur Altbabylonischen Zeit, Orbis Biblicus et Orientalis 167 (Freiburg/Schweiz 1999).

Borić 2009

D. Borić, Absolute Dating of Metallurgical Innovations in the Vinča Culture of the Balkans, in: T. L. Kienlin – B. W. Roberts (Hrsg.), Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway, Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 169 (Bonn 2009) 191-245.

Boroffka 2009

N. Boroffka, Simple Technology: Casting Moulds for Axe-adzes, in: T. L. Kienlin – B. W. Roberts (Hrsg.), Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway, Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 169 (Bonn 2009) 246-257.

Boroffka u. a. 2011

N. Boroffka – N. Chegini – H. Parzinger, 4 Excavations at Arismān, Area B, in: Vatandoust – H. Parzinger – B. Helwing (Hrsg.), Early Mining and Metallurgy on the western Central Iranian Plateau. The first five Years of Work, Archäologie in Iran und Turan 9 (Mainz 2011) 28-39.

Bourgarit 2007

D. Bourgarit, Chalcolithic Copper Smelting, in: S. La Niece – D. Hook – P. Craddock (Hrsg.), Metals and Mines. Studies in Archaeometallurgy. Selected papers from the conference Metallurgy: A Touchstone for Cross-cultural Interaction held at the British Museum 28-30 April 2005 to celebrate the career of Paul Craddock during his 40 years at the British Museum (London 1997) 3-14.

Bourgarit u. a. 2003

D. Bourgarit – B. Mille – M. Prange P. Ambert – A. Hauptmann, Chalcolithic Fahlore Smelting at Cabrières: Reconstruction of Smelting Processes by Archaeometallurgical Finds, in: International Conference Archaeometallurgy in Europe 1. Proceedings International Conference, 24, 25, 26 September 2003, Milan, Italy (Mailand 2003) 431-440.

Braidwood u. a. 1951

R. J. Braidwood – J. E. Burke – N. H. Nachtrieb, Ancient Syrian Coppers and Bronzes, Journal of Chemical Education 28,2, 1951, 87-96.

Braidwood – Braidwood 1960

R. J. Braidwood – L. S. Braidwood, Excavations in the Plain of Antioch I. The Earlier Assemblages Phases A-J, \*OIP 61 (Chicago 1960).

Brandt 1973

R. W. Brandt, Part IV: The Chalcolithic Pottery, in: M. van Loon – C. Manson Bier – R. W. Brandt, The Excavations at Korucutepe, Turkey, 1968-70: Preliminary Report, JNES 32, 1973, 439-444.

Brandt 1978a

R. W. Brandt, The Chalcolithic Pottery, in: M. van Loon (Hrsg.), Korucutepe. Final Report on the Excavations of the Universities of Chicago, California (Los Angeles) and Amsterdam in the Keban Reservoir, Eastern Anatolia 1968-1970, Vol. 2 (Amsterdam 1978) 57-60.

Brandt 1978b

R. W. Brandt, The Other Chalcolithic Finds, in: M. van Loon (Hrsg.), Korucutepe. Final Report on the Excavations of the Universities of Chicago, California (Los Angeles) and Amsterdam in the Keban Reservoir, Eastern Anatolia 1968-1970, Vol. 2 (Amsterdam 1978) 61-63.

Branigan 1968

K. Branigan, Silver and Lead in Prepalatial Crete, AJA 72,1, 1968, 219-229.

Braun-Holzinger 1984

E. A. Braun-Holzinger, Figürliche Bronzen aus Mesopotamien, \*PBF I,4 (München 1984).

Bray – Pollard 2012

P. J. Bray – A. M. Pollard, A New Interpretative Approach to the Chemistry of Copper-Alloy Objects: Source, Recycling and Technology, Antiquity 86, 2012, 853-867.

le Breton 1957

L. le Breton, *The Early Periods at Susa, Mesopotamian Relations, Iraq* 19, 1957, 79-124.

Briard – Roussot-Larroque 2002

J. Briard – J. Roussot-Larroque, *Les Debuts de la Metallurgie dans la France Atlantique*, in: M. Bartelheim – E. Pernicka – R. Krause (Hrsg.), *Die Anfänge der Metallurgie in der Alten Welt = The Beginnings of Metallurgy in the Old World. Tagung Freiberg Die Anfänge der Metallurgie in der Alten Welt 18-20.Nov. 1999, Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft 1 (Rahden/Westf. 2002) 135-160.*

Buchholz 1967

H.-G. Buchholz, *Analysen prähistorischer Metallfunde aus Zypern und den Nachbarländern, Berliner Jahrbuch für Vor- und Frühgeschichte* 7, 1967, 189-256.

Buchholz 1999

H.-G. Buchholz, *Ugarit, Zypern und Ägäis. Kulturbeziehungen im zweiten Jahrtausend v. Chr., \*AOAT 261 (Münster 1999).*

Budd 1991

P. Budd, *Eneolithic Arsenical Copper. Heat Treatment and the Metallographic Interpretation of Manufacturing Processes*, in: E. Pernicka – G. A. Wagner (Hrsg.), *Archaeometry '90. Proceedings of the 27th Symposium on Archaeometry held in Heidelberg Apr. 2 – 6, 1990 (Basel 1991) 35-44.*

Budd 1993

P. Budd, *Recasting the Bronze Age, New Scientist* 140, 1993, 33-37.

Budd – Ottaway 1991

P. Budd – B. S. Ottaway, *The Properties of Arsenical Copper Alloys: Implications for the Development of Eneolithic Metallurgy*, in: P. Budd – B. Chapman – C. Jackson – R. Janaway – B. Ottaway (Hrsg.), *Archaeological Sciences 1989. Proceedings of a Conference on the Application of Scientific Techniques to Archaeology, Bradford, September 1989, Oxbow Monograph 9 (Oxford 1991) 132-142.*

Budd – Ottaway 1995

P. Budd – B. S. Ottaway, *Eneolithic Arsenical Copper. Chance or Choice?*, in: P. Petrović – S. Đurđekaniović (Hrsg.), *Ancient Mining and Metallurgy in Southeast Europe, International Symposium Donji Milanovac, May 20 - 25, 1990 (Belgrad 1995) 95-102.*

Budd u. a. 1992

P. Budd – D. Gale – A. M. Pollard – R. G. Thomas – P. A. Williams, *The Early Development of Metallurgy in the British Isles, Antiquity* 66, 1992, 677-686.

Busch 1999

R. Busch, *Zypern, Insel des Kupfers*, in: R. Busch (Hrsg.), *Kupfer für Europa. Bergbau und Handel auf Zypern. Ausstellungskatalog Hamburg 1999, Veröffentlichungen des Helms-Museums 83 (Neumünster 1999) 11-17.*

Caldwell 1967

J. R. Caldwell, *Chapter V The Setting and Results of the Kerman Project*, in: J. R. Caldwell (Hrsg.), *Investigations at Tal-I Iblis, Illinois State Museum Preliminary Reports 9 (Springfield 1967) 21-40.*

Caldwell – Shahmirzadi 1966

J. R. Caldwell – S. M. Shahmirzadi, *Tal-i-Iblis. The Kerman Range and the Beginnings of Smelting, Illinois State Museum Preliminary Reports 7 (Springfield, Illinois 1966).*

Campbell 1998

S. Campbell, *Domuztepe, Anatolian archaeology* 4, 1998, 4f.

Camps 1988a

G. Camps, *La Métallurgie*, in: G. Camps, *Terrina et le Terrinien. Recherches sur le Chalcolithique de la Corse*, Collection de l'École Française de Rome 109 (Rom 1988) 239-256.

Camps 1988b

G. Camps, *Préhistoire d'une île. Les origines de la Corse* (Paris 1988).

Caneva – Giardino 1996

C. Caneva – C. Giardino, *Extractive Techniques and Alloying in Prehistoric Central Anatolia: Experimental Methods in Archaeometallurgy*, in: Ş. Demirci – A. M. Özer – G. D. Summers (Hrsg.), *Archaeometry 94. The Proceedings of the 29th International Symposium on Archaeometry. An International Symposium held at Ankara, 9 - 14 May 1994* (Ankara 1996) 451-459.

Caneva – Palmieri 1983

C. Caneva – A. M. Palmieri, *Metalwork at Arslantepe in Late Chalcolithic and Early Bronze Age I: The Evidence from Metal Analysis*, *Orini* 12,2, 1983, 637-654.

Carter u. a. 2003

E. Carter – S. Campbell – S. Gauld, *Elusive Complexity. New Data from Late Halaf Domuztepe in South Central Turkey*, *Paléorient* 29,2, 2003, 117-133.

Černyš 1962

E. K. Černyš, *K istorii naselenija éneolitičeskogo vremeni v Srednem Pridnestrov'e*, *Materialy i issledovanija po arheologii SSSR* 102, 1962, 5-85.

Černych 1991

E. N. Černych, *Frühstes Kupfer in den Steppen- und Waldsteppenkulturen Osteuropas*, in: J. Lichardus (Hrsg.), *Die Kupferzeit als historische Epoche*, *SaarBeitr* 55 = *Kongress Saarbrücken und Otzenhausen 1988* (Bonn 1991) 581-592.

Černych 1992 siehe unter Chernykh 1992

Černych 2011 siehe unter Chernykh 2011

Černych u. a. 1998

E. N. Černych – E. E. Antipina – E. Ju. Lebedeva, *Produktionsformen der Urgesellschaft in den Steppen Osteuropas (Ackerbau, Viehzucht, Erzgewinnung und Verhüttung)*, in: B. Hänsel – J. Machnik (Hrsg.), *Das Karpatenbecken und die osteuropäische Steppe. Nomadenbewegungen und Kulturaustausch in den vorchristlichen Metallzeiten (4000–500 v. Chr.)*. Konferenz Kraków 5. bis 10. November 1995, *Südosteuropa-Schriften* 20 = *Prähistorische Archäologie in Südosteuropa* 12 (Rahden/Westf. 1998) 233-252.

Černych u. a. 2002 siehe unter Chernykh u. a. 2002

Černych 2003

L. Černych, *Spektralanalyse und Metallverarbeitung in den früh- und mittelbronzezeitlichen Kulturen der ukrainischen Steppe als Forschungsproblem*, *Eurasia Antiqua* 9, 2003, 27-62.

Charles 1967

J. A. Charles, Early Arsenical Bronzes. A Metallurgical Review, *American Journal of Archaeology* 71,1, 1967, 21-26.

Chegini u. a. 2000

N. N. Chegini – M. Momenzadeh – H. Parzinger – E. Pernicka – Th. Stöllner – R. Vatandoust – G. Weisgerber, Preliminary Report on Archaeometallurgical Investigations around the Prehistoric Site of Arisman near Kashan, western Central Anatolia, *AMIT* 32, 2000, 281-318.

Chegini u. a. 2004

N. N. Chegini – B. Helwing – H. Parzinger – A. Vatandoust, Eine prähistorische Industriesiedlung auf dem iranischen Plateau – Forschungen in Arisman, in: Th. Stöllner – R. Slotta – A. Vatandoust (Hrsg.), *Persiens Antike Pracht. Bergbau – Handwerk – Archäologie. Ausstellungskatalog Bochum, Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 128* (Bochum 2004) 210-216.

Chegini u. a. 2011

N. N. Chegini – H. Fahimi – B. Helwing, 5 Excavations at Arismān, Area C, in: A. Vatandoust – H. Parzinger – B. Helwing (Hrsg.), *Early Mining and Metallurgy on the western Central Iranian Plateau. The first five Years of Work, Archäologie in Iran und Turan 9* (Mainz 2011) 40-68.

Chernykh 1992

E. N. Chernykh, *Ancient metallurgy in the USSR. The Early Metal Age, New Studies in Archaeology* (Cambridge 1992).

Chernykh 2011

E. N. Chernykh, Eurasian Steppe Belt: Radiocarbon Chronology and Metallurgical Provinces, in: Ü. Yalçın (Hrsg.), *Anatolian Metal 5, Anschnitt Beiheft 24 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 180* (Bochum 2011) 151-171.

Chernykh u. a. 2002

E. N. Chernykh – L. I. Avilova – L. B. Orlovskaya, Metallurgy of the Circumpontic Area: From Unity to Disintegration, in: Ü. Yalçın (Hrsg.), *Anatolian Metal 2. Internationales Symposium „Anatolian Metal 2“ Oktober 2000 in Bochum, Anschnitt Beiheft 15 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 109* (Bochum 2002) 83-100.

Childe 1933

V. G. Childe, *Is Prehistory Practical?*, *Antiquity* 7, 1933, 410-418.

Christoforidis – Pernicka 1988

A. Christoforidis – E. Pernicka, Gruppierung von Metallanalysen mit Hilfe der Clusteranalyse, in: R. Krause, *Die endneolithischen und frühbronzezeitlichen Grabfunde auf der Hochterrasse von Singen am Hohentwiel, Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 32* (Stuttgart 1988) 252-262.

Cicilloni 2009

R. Cicilloni, Le manifestazioni artistiche “mobiliari” di epoca preistorica e protostorica. Stato dell’arte, in: C. Lugliè – R. Cicilloni (Hrsg.), *La Preistoria e la Protostoria della Sardegna. Cagliari, Barumini, Sassari, 23-28 novembre 2009, Atti della XLIV Riunione Scientifica = Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria 44,1* (Florenz 2009) 219-226.

Coghlan 1939

H. H. Coghlan, *Some Experiments on the Origin of Early Copper*, *Man* 39, 1939, 106-108.

Coghlan 1951

H. H. Coghlan, Notes on the Prehistoric Metallurgy of Copper and Bronze in the Old World (Oxford 1951).

Collins 2000

P. Collins, The Uruk Phenomenon. The Role of Social Ideology in the Expansion of the Uruk Culture during the Fourth Millennium BC, \*BARIntSer 900 (Oxford 2000).

Collins 2003

P. Collins, Kat. 197, in: J. Aruz (Hrsg.), Art of the First Cities. The Third Millenium B.C. from the Mediterranean to the Indus. Ausstellungskatalog New York (New York 2003) 296.

Conophagos 1977

C. Conophagos, Appendix 1: Examination of Evidence for Metallurgy, in: J. E. Coleman, Kephala. A Late Neolithic Settlement and Cemetery, Keos 1 (Philadelphia 1977) 113-114.

Conophagos 1980

C. Conophagos, Le Laurium Antique et la Technique Greque de la Production de l'argent (Athen 1980).

Constantinescu u. a. 2010

B. Constantinescu – F. Constantin – C. Păuna – A. D. Popescu – D. Stan, Considerații privind proveniența pumnalului de la Poduri plecând de la datele sale compoziționale. Composition and some considerations on metal provenance for the dagger from Poduri, Studii și cercetări de istorie veche și arheologie 61, 2010,143-148.

Constantinou 1999

G. Constantinou, Der Kupferbergbau auf Zypern im Altertum, in: R. Busch (Hrsg.), Kupfer für Europa. Bergbau und Handel auf Zypern. Ausstellungskatalog Hamburg 1999, Veröffentlichungen des Helms-Museums 83 (Neumünster 1999) 34-53.

Cooke – Aschenbrenner 1975

S. R. B. Cooke and S. Aschenbrenner, The Occurrence of Metallic Iron in Ancient Copper, Journal of Field Archaeology 2,3, 1975, 251-266.

Courcier 2007

A. Courcier, La Métallurgie dans les Pays du Caucase au Chalcolithique et au Début de l'Âge du Bronze: Bilan des Études et Perspectives nouvelles, in: B. Lyonnet (Hrsg.), Les Cultures Du Caucase (VIe-IIIe Millénaires avant notre Ère). Leurs Relations avec Le Proche Orient, Éditions Recherche Sur Les Civilisations. CNRS Éditions (Paris 2007) 199-231.

Courcier 2010

A. Courcier, Metalliferous Potential, Metallogenous Particularities and Extractive Metallurgy: Interdisciplinary Research on Understanding the Ancient Metallurgy in the Caucasus during the Early Bronze Age, in: S. Hansen – A. Hauptmann – I. Motzenbäcker – E. Pernicka (Hrsg.), Von Majkop bis Trialeti. Gewinnung und Verbreitung von Metallen und Obsidian in Kaukasien im 4.-2. Jt. v. Chr., Beiträge des Internationalen Symposiums in Berlin vom 1.-3. Juni 2006, Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte 13 (Bonn 2010) 75-93.

Courcier u. a. 2008a

A. Courcier – A. Gasanova – A. Hauptmann, Ancient Metallurgy in the Caucasus during the Chalcolithic and Early Bronze Age. Recent Results from Excavations in Western Azerbaijan, Metalla 15,1, 2008, 21-34.



Courcier u. a. 2008b

A. Courcier – D. Kuparadze – D. Pataridze, Archaeometallurgical Researches on the Early Beginnings of Metallurgy (VI<sup>th</sup>-III<sup>rd</sup> millennia BC) in the Caucasus. An example of interdisciplinary studies, *Metalla* 15,1, 2008, 35–50.

Cowell 1986

M. Cowell, The Composition of Egyptian Copper-Based Metalwork, in: R. A. David, *Science in Egyptology* (Manchester 1986) 463-468.

Cowell 1987

R. M. Cowell, Scientific Appendix I. Chemical Analysis, in: W. V. Davies, *Catalogue of Egyptian Antiquities in the British Museum 7. Tools and Weapons 1. Axes* (London 1987) 96-118.

Craddock 1989

P. T. Craddock, The Scientific Investigation of Early Mining and Metallurgy, in: J. Henderson (Hrsg.), *Scientific Analysis in Archaeology and its Interpretation*, Oxford University Committee for Archaeology Monograph 19 (Oxford 1989) 178-212.

Craddock 1995

P. T. Craddock, *Early Metal Mining and Production* (Washington 1995).

Craddock 2000

P. T. Craddock, From Hearth to Furnace. Evidences for the Earliest Metal Smelting Technologies in the Eastern Mediterranean, *Paléorient* 26,2, 2000, 151-165.

Craddock – Gale 1988

P. T. Craddock – D. Gale, Evidence for Early Mining and Extractive Metallurgy in the British Isles: Problems and Potentials, in: E. A. Slater – J. O. Tate (Hrsg.), *Science and Archaeology*, Glasgow 1987. Proceedings of a conference of scientific techniques to archaeology Glasgow, September 1987, \*BAR 196,1 (Oxford 1988) 167-191.

Craddock – Giumlia-Mair 1988

P. Craddock – A. R. Giumlia-Mair, Problems and Possibilities for Provenancing Bronzes by Chemical Composition. With Special Reference to Western Asia and the Mediterranean in the Early Iron Age, in: J. Curtis (Hrsg.), *Bronzeworking Centres of Western Asia c. 1000 - 539 B.C.*, Papers read at a 3-day Colloquium held in British Museum in July 1986 (London 1988) 317-327.

Craddock – Meeks 1987

P. T. Craddock – N. D. Meeks, Iron in Ancient Copper, *Archaeometry* 29,2, 1987, 187-204.

Craddock u. a. 2007

P. Craddock – N. Meeks – S. Timberlake, On the Edge of Success. The Scientific Examination of the Products of Early Mines Research Group Smelting Experiments, S. La Niece – D. Hook – P. Craddock (Hrsg.), *Metals and Mines. Studies in Archaeometallurgy. Selected papers from the conference Metallurgy: A Touchstone for Cross-cultural Interaction* held at the British Museum 28-30 April 2005 to celebrate the career of Paul Craddock during his 40 years at the British Museum (London 1997) 37-45.

Çukur – Kunç 1989

A. Çukur – Ş. Kunç, Analyses of Tepecik and Tülintepe Metal Artefacts, *Anatolian Studies* 39, 1989, 113-120.

Davies 1987

W. V. Davies, Catalogue of Egyptian Antiquities in the British Museum 7. Tools and Weapons 1. Axes (London 1987).

De Maigret 1976

A. de Maigret, Le lance nell'Asia Anteriore nell'età del bronzo. Studio tipologico, Studi Semitici 47 (Rom 1976).

Dergačev 1991

V. A. Dergačev, Bestattungskomplexe der späten Tripolje-Kultur, \*MAVA 45 (Mainz 1991).

Dergačev 2002

V. Dergačev, Die äneolithischen und bronzzeitlichen Metallfunde aus Moldavien, \*PBF XX,9 (Stuttgart 2002).

Dergačev – Manzura 1991

V. A. Dergačev – I. V. Manzura, Pogrebal`nye komplekxy pozdnego Tripol`ja (Chişinău 1991).

Dever 1988

W. G. Dever, The Pottery, in: J. D. Seger, The Field I Caves, in: J. D. Seger – H. D. Lance (Hrsg.), Gezer 5 = Annual of the Hebrew Union College = Nelson Glueck School of Biblical Archaeology (Jerusalem 1988) 21-33.

Dieckmann 1987

B. Dieckmann, Ein bemerkenswerter Kupferfund aus der jungsteinzeitlichen Seeufersiedlung Hornstaad-Hörnle I am westlichen Bodensee, Archäologische Nachrichten aus Baden 38/39, 1987, 28-37.

Δημακοπουλου 1998

K. Δημακοπουλου, Ο Νεολιθικός Θησαυρος, in: K. Δημακοπουλου (Hrsg.), Κοσμήματα τής ελληνικής προϊστορίας ο νεολιθικός θίσαυρος. Ausstellungskatalog Nationalmuseum Athen 15.12.1998-28.02.1999 (Athen 1998) 15-19.

<sup>1</sup>DNP 1 (1996) 446f. s. v. Alchemie (J. Weyer).

Dobeš 1992

M. Dobeš, Die Beziehungen der Kupferindustrie Böhmens und Mährens zu dem Balkan zur Zeit des ältesten Kupferhorizontes, Studia Praehistorica 11–12, 1992, 334-338.

Donnan 1973

Chr. B. Donnan, A Precolumbian Smelter from Northern Peru, Archaeology 26,4, 1973, 289-297.

Dougherty – Caldwell 1967

R. C. Dougherty – J. R. Caldwell, Chapter IV Evidence of Early Pyrometallurgy in the Kerman Range in Iran, in: J. R. Caldwell (Hrsg.), Investigations at Tal-I Iblis, Illinois State Museum Preliminary Reports 9 (Springfield 1967) 17-20.

Dschaparidze 2001

O. Dschaparidze, Zur frühen Metallurgie Georgiens vom 3. bis zum 1. Jahrtausend v. Chr., in: I. Gambaschidze – A. Hauptmann – R. Slotta – Ü. Yalçın (Hrsg.), Georgien. Schätze aus dem Land des goldenen Vlieses. Ausstellungskatalog Bochum (Bochum 2001) 92-119.

Dumitrescu 1961

H. Dumitrescu, Connections between the Cucuteni-Tripolie Cultural Complex and the Neighbouring Eneolithic Cultures in the Light of the Utilization of Golden Pendants, *Dacia N. S.* 5, 1961, 69-93.

Dunand 1973

M. Dunand, Fouilles de Byblos V. L'architecture, les tombes, le matériel domestique, des origines néolithiques a l'avènement urbain, *Études et Documents d'Archéologie* 6 (Paris 1973).

Duru 1996

R. Duru, Kuruçay Höyük 2. 1978-1988 Kazılarının Sonuçları geç kalkolitik ve ilk tunç çağı yerleşmeleri. Results of the Excavations 1978-1988. The Late Chalcolithic and Early Bronze Settlements (Ankara 1996).

Dyson 1987

R. H. Dyson Jr., The Relative and Absolute Chronology of Hissar II and the Proto-Elamite Horizon of Northern Iran, in: O. Aurenche – J. Evin – F. Hours (Hrsg.), *Chronologies du Proche Orient – Chronologies in the Near East. Relative Chronologies and Absolute Chronology 16000-4000 B.P.* C.N.R.S. International Symposium, Lyon (France) 24-28 November 1986, \*BARIntSer 379 i-ii (Oxford 1987) 647-678.

Eggert 2001

M. K. H. Eggert, *Prähistorische Archäologie. Konzepte und Methoden* (Tübingen 2001).

Eibner 1982

C. Eibner, Kupferbergbau in Österreichs Alpen, in: B. Hänsel (Hrsg.), *Südosteuropa zwischen 1600 und 1000 v. Chr.*, \*PAS 1 (Berlin 1982) 399-408.

Eibner 1993

C. Eibner, Die Pongauer Siedlungskammer und der Kupferbergbau in der Urzeit, in: W. Günther – C. Eibner – A. Lippert – W. Paar (Hrsg.), *5000 Jahre Kupferbergbau Mühlbach am Hochkönig – Bischofshofen. Montanmonographie über den neuzeitlichen Kupferbergbau 1829 – 1977. Mit Beiträgen über den prähistorischen Kupferbergbau der Geologie und Mineralogie* (Bischofshofen 1993) 11-26.

Eibner – Preßlinger 1993

C. Eibner – H. Preßlinger, Prähistorischer Kupfererzbergbau und die Verhüttung der Erze, in: H. Preßlinger – H. J. Köstler (Hrsg.), *Bergbau und Hüttenwesen im Bezirk Liezen (Steiermark), Kleine Schriften der Abteilung Schloß Trautenfels am Steiermärkischen Landesmuseum Joanneum* 24 (Trautenfels 1993) 25-36.

Eibner – Preßlinger 2006

C. Eibner – H. Preßlinger, Urzeitliche Kupferproduktion, Versorgung der Bergbauggebiete in den Ostalpen und die Bedeutung der Metalldeponierungen, *Res Montanarum* 38, 2006, 22-25.

Eibner u. a. 1988

C. Eibner – G. Walach – H. Preßlinger, Bronzezeitliche Verhüttungsanlagen zur Kupfererzeugung in den Ostalpen, *BHM. Berg- und Hüttenmännische Monatshefte* 133, 7, 1988, 338-344.

Eichmann 1989

R. Eichmann, Uruk. Die Stratigraphie. Grabungen 1912-1977 in den Bereichen 'Eanna' und 'Anu-Ziqqurrat', \*AUWE 3 (Mainz 1989).

Eluère 1977

Chr. Eluère, Les premiers Ors en France, Bulletin de la Société Préhistorique Française 74,1, 1977, 390-419.

Eluère 1982

Chr. Eluère, Les ors préhistoriques, L'âge du bronze en France 2 (Paris 1982).

Erkanal – Özkan 1999

H. Erkanal – T. Özkan, Excavations at Bakla Tepe, in: T. Özkan – H. Erkanal (Hrsg.), Tahtalı Barajı kurtama kazısı projesi = Tahtalı Dam Area Salvage Project (İzmir 1999) 108–138.

Esin 1969

U. Esin, Kuantitatif<sup>4300</sup> spektral analiz yardımıyla Anadolu'da başlangıcından Asur kolonileri çağına kadar bakır ve tunç madenciliği (Istanbul 1969).

Esin 1976

U. Esin, Die Anfänge der Metallverwendung und Bearbeitung in Anatolien (7500-2000 v. Chr.), in: H. Müller-Karpe (Hrsg.), Les débuts de la métallurgie. Nice, mercredi 15 septembre, International Congress of Prehistoric and Protohistoric Sciences, 1976 Nizza, Colloque 23 = IXe Congrès Union Internationale des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques 9 (Paris 1976) 209-244.

Evelt 1967

D. Evelt, Chapter XI Artifacts and Architecture of the Iblis I Period: Areas D, F and G, in: J. R. Caldwell (Hrsg.), Investigations at Tal-I Iblis, Illinois State Museum Preliminary Reports 9 (Springfield 1967) 202-255.

Fabre 1952

G. Fabre, Les Civilisations protohistoriques de l'Aquitaine suivi du Répertoire des découvertes protohistoriques faites dans les départements des Landes, Basses et Hautes-Pyrénées, Gers, Lot-et-Garonne (Paris 1952).

Fasnacht 1991

W. Fasnacht, Analyses d'objets en cuivre du Néolithique Récent du bassin zurichois, in: J.-P. Mohen – Chr. Éluère (Hrsg.), Découverte du Métal, Millénaires 2 (Paris 1991) 157-166

Fasnacht 1995

W. Fasnacht, Metallurgie, in: W. E. Stöckli – U. Niffeler – E. Gross-Klee (Hrsg.), Neolithikum, Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter (SPM) 2 (Basel 1995) 183-187.

Fasnacht 2009

W. Fasnacht, 7000 Years of Trial and Error in Copper Metallurgy – in One Experimental Life, in: T. L. Kienlin – B. W. Roberts (Hrsg.), Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway, Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 169 (Bonn 2009) 395-399.

Finkbeiner – Röllig 1986

U. Finkbeiner – W. Röllig, Ğamdat Nasr. Period or Regional Style? Papers given at a Symposium held in Tübingen November 1983 (Wiesbaden 1986).

---

<sup>4300</sup> Durch einen Satzfehler ist auch die Schreibung „Kuantatif“ zu finden.

Fol – Lichardus 1988

A. Fol – J. Lichardus (Hrsg.), Macht, Herrschaft und Gold. Das Gräberfeld von Varna (Bulgarien) und die Anfänge einer neuen europäischen Zivilisation. Ausstellungskatalog Saarbrücken 1988 (Dillingen 1988).

Forbes 1943

R. J. Forbes, Silver and Lead in Antiquity, Jaarbericht van het Vooraziatisch-Egyptisch Gezelschap Ex Oriente Lux 2. 6-8, 1939-1942 (1943), 489-524.

Forbes 1964

R. J. Forbes, Studies in Ancient Technology IX (Leiden 1964).

Frame 2004

L. D. Frame, Investigations at Tal-i Iblis. Evidence for Copper Smelting during the Chalcolithic Period (Bachelorarbeit Cambridge, Massachusetts 2004).

Frangipane 1998

M. Frangipane, Arslantepe 1996: The Finding of an E.B.I “Royal Tomb”, KST 19,1 1997, 291-309.

Frangipane 2000

M. Frangipane, The Late Chalcolithic/EB I Sequence at Arslantepe. Chronological and Cultural Remarks from a Frontier Site, in: C. Marro – H. Hauptmann (Hrsg.), Chronologies des pays du Caucase et de l'Euphrate aux IVe-IIIe millénaires = From the Euphrates to the Caucasus. Chronologies for the IVth-IIIrd millennium B.C. = Vom Euphrat in den Kaukasus. Vergleichende Chronologie des IV. und III. Jahrtausends v. Chr. Actes du Colloque International organisé par l'Institut Français d'Études Anatoliennes d'Istanbul (IFEA) en collaboration avec l'Université d'Istanbul (İÜ), le Deutsches Archäologisches Institut, Istanbul (DAI) et le British Institute of Archaeology at Ankara (BIAA), Varia Anatolica 11 (Paris 2000) 439-471.

Frangipane 2001

M. Frangipane, The Transition Between Two Opposing Forms of Power at Arslantepe (Malatya) at the Beginning of the 3rd Millenium, TüBA-Ar 4, 2001, 1-24.

Frangipane 2004

M. Frangipane (Hrsg.), Arslantepe. Alle origini del potere. Arslantepe, la collina dei leoni. Ausstellungskatalog Rom (Mailand 2004).

Frangipane – Palmieri 1983

M. Frangipane – A. Palmieri, A Protourban Centre of the Late Uruk Period, Origini 12,2, 1983, 287-454.

Frangipane u. a. 2001

M. Frangipane – G. M. di Nocera – A. Hauptmann – P. Morbidelli – A. Palmieri – L. Sadori – M. Schultz – T. Schmidt-Schultz, New Symbols of a New Power in a “Royal” Tomb from 3 000 BC Arslantepe, Malatya (Turkey), Paléorient 27,2, 2001, 105-139.

Friedman u. a. 1966

A. M. Friedman – M. Conway – M. Kastner – J. Milsted – D. Metta – P. R. Fields – E. Olsen, Copper Artifacts: Correlation with Source Types of Copper Ores, Science 152, 1966, 1504-106.

Furmánek 1980

V. Furmánek, Die Anhänger der Slowakei, \*PBF XI,3 (München 1980).

Gale – Stos-Gale 1981a

N. H. Gale – Z. A. Stos-Gale, Ancient Egyptian Silver, *JEA* 67, 1981, 103-115.

Gale – Stos-Gale 1981b

N. H. Gale – Z. A. Stos-Gale, Lead and Silver in the Ancient Aegean, *Scientific American* 244,6, 1981, 142-152.

Gale – Stos-Gale 1981c

N. H. Gale – Z. A. Stos-Gale, Cycladic Lead and Silver Metallurgy, *BSA* 76, 1981, 169-224.

Gale – Stos-Gale 2008

N. H. Gale – Z. A. Stos-Gale, Changing Patterns in Prehistoric Cycladic Metallurgy, in: N. Brodie – J. Doole – G. Gavalas – C. Renfrew, *Horizon. A Colloquium on the Prehistory of the Cyclades*. Cambridge 25-28 März 2004 (Cambridge 2008) 387-408.

Gale u. a. 1985

N. H. Gale – A. Papastamataki – Z. A. Stos-Gale – K. Leonis, Copper Sources and Copper Metallurgy in the Aegean Bronze Age, in: P. T. Craddock – M. J. Hughes (Hrsg.), *Furnaces and Smelting Technology in Antiquity*, British Museum Occasional Paper 48 (London 1985) 81-101.

Gale u. a. 1997

Z. A. Stos-Gale – G. Maliotis – N. H. Gale – N. Annetts, Lead Isotope Characteristics of the Cyprus Copper Ore Deposits applied to Provenance Studies of Copper Oxide Ingots, *Archaeometry* 39,1, 1997, 83-123.

Gale u. a. 2003

N. H. Gale – Z. Stos-Gale – A. Raduncheva – I. Panayotov – I. Ivanov – P. Lilov – T. Todorov, Early Metallurgy in Bulgaria, in: P. Craddock – J. Lang (Hrsg.), *Mining and Metal Production through the Ages*. Konferenz "The Prehistory of Mining and Metallurgy" 13.-15. September 1995 (London 2003) 122-173.

Gallis 1996

K. Gallis, The Neolithic World, in: G. A. Papathanassopoulos (Hrsg.), *Neolithic Culture in Greece*. Nicholas P. Goulandris Foundation Museum of Cycladic Art. Ausstellungskatalog 1996 (Athen 1996) 23-37.

Ganslmeier 1999

R. Ganslmeier, Wallerdorf – ein Weilerdorf der Münchshöfener Kultur . Bemerkungen zu terrestrischen Siedlungen der frühen Kupferzeit, in: L. Husty – M. M. Rind – K. Schmotz (Hrsg.), *Zwischen Münchshöfen und Windberg*. Gedenkschrift für Karl Böhm, *Internationale Archäologie*, *Studia honoraria* 29 (Rahden/Westf. 2009) 109-130.

Garfinkel 2004

Y. Garfinkel, "Néolithique" and "Énéolithique" Byblos in Southern Levantine Context, in: E. Peltenburg – A. Wasse (Hrsg.), *Neolithic Revolution. New Perspectives on Southwest Asia in Light of Recent Discoveries on Cyprus*. Papers from a Conference organized by the Council for British Research in the Levant in Collaboration with the Department of Antiquities, Cyprus, 20<sup>th</sup> to 3<sup>rd</sup> September 2001, Drousha Village, Cyprus (Oxford 2004) 175-188.

Genz 2000

H. Genz, The Organisation of Early Bronze Age Metalworking in the Southern Levant, *Paéorient* 26,1, 2000, 55-65.

Genz – Hauptmann 2002

H. Genz – A. Hauptmann, Chalcolithic and EBA Metallurgy in the Southern Levant, in: Ü. Yalçın (Hrsg.), *Anatolian Metal 2. Internationales Symposium „Anatolian Metal 2“ Oktober 2000 in Bochum, Anschnitt Beiheft 15 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 109* (Bochum 2002) 149-157.

Gernez 2007

G. Gernez, *L'armement en métal au Proche et Moyen-Orient. Des origines à 1750 av. J.-C.* (Dissertation Paris 2007).

Ghirshman 1938

R. Ghirshman, *Fouilles de Sialk I. Près de Kashan 1933, 1934, 1937, Série Archéologique 4* (Paris 1938).

Giardino 2000

Cl. Giardino, *The Beginning of Metallurgy in Tyrrhenian South-Central Italy. The Eneolithic Facies of Gaudio*, in: D. Ridgway – F. R. Serra Ridgway – M. Pearce – E. Herring – R. D. Whitehouse – J. B. Wilkins (Hrsg.), *Ancient Italy in its Mediterranean Setting. Studies in Honour of Ellen Macnamara, Accordia Specialist Studies on the Mediterranean 4* (London 2000) 49-65.

Glumac – Todd 1991a

P.D. Glumac – J. A. Todd, *Eneolithic Copper Smelting Slags from the Middle Danube Basin*, in: E. Pernicka – G. A. Wagner (Hrsg.), *Archaeometry '90. Proceedings of the 27th Symposium on Archaeometry held in Heidelberg Apr. 2 – 6, 1990* (Basel 1991) 155-164.

Glumac – Todd 1991b

P.D. Glumac – J. A. Todd, *Early Metallurgy in Southeast Europe. The Evidence of Production*, in P.D. Glumac (Hrsg.), *Recent Trends in Archaeometallurgical Research, MASCA Research Papers in Science and Archaeology 8,1* (Philadelphia 1999) 8-19.

Glumac – Tringham 1990

P. D. Glumac – R. Tringham, *The Exploitation of Copper Minerals*, in: R. Tringham – D. Krstić (Hrsg.), *Selevac. A Neolithic Village in Yugoslavia, Monumenta Archaeologica 15* (Los Angeles 1990) 549-565.

Golden 2009

J. Golden, *New Light on the Development of Chalcolithic Metal Technology in the Southern Levant*, *Journal of World Prehistory 22*, 2009, 283-300.

Golden 2010

J. M. Golden, *Dawn of the Metal Age. Technology and Society during the Levantine Chalcolithic* (London 2010).

Golden u. a. 2001

J. Golden – Th. E. Levy – A. Hauptmann, *Recent Discoveries Concerning Chalcolithic Metallurgy at Shiqmim, Israel*, *Journal of Archaeological Science 28,9*, 2001, 951-963.

Goldenberg – Rieser 2004

G. Goldenberg – B. Rieser, *Die Fahlerzlagerstätten von Schwaz/Brixlegg (Nordtirol). Ein weiteres Zentrum urgeschichtlicher Kupferproduktion in den österreichischen Alpen*, in: G. Weisgerber – G. Goldenberg (Hrsg.), *Alpenkupfer – Rame delle Alpi, Anschnitt Beiheft 17 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 122* (Bochum 2004) 37-52.

Gopher u. a. 1990

A. Gopher – T. Tsuk – S. Shalev – R. Gophna, Earliest Gold Artifacts in the Levant, *Current Anthropology* 31,4, 1990, 436-443.

Gorny 1994

R. L. Gorny, The 1993 Season at Alişar Höyük in Central Turkey, *Anatolica* 20, 1994, 1991-202.

Gorny u. a. 1995

R. L. Gorny – G. McMahon – S. Paley – L. Kealhofer, The Alişar Regional Project 1994, *Anatolica* 21, 1995, 65-100.

Govedarica 2002

B. Govedarica, Die Majkop-Kultur zwischen Europa und Asien: Zur Entstehung einer Hochkultur im Nordkaukasus während des 4. Jt. v. Chr., in: R. Aslan – St. Blum – G. Kastl – F. Schweizer – D. Thumm (Hrsg.), *Mauerschau 2. Festschrift für Manfred Korfmann (Remshalden-Grunbach 2002)* 781-799.

Govedarica 2004

B. Govedarica, Zepterträger – Herrscher der Steppen. Die frühen Ockergräber des älteren Äneolithikums im karpatenbalkanischen Gebiet und im Steppenraum Südost- und Osteuropas, Heidelberg Akademie der Wissenschaften. Internationale Interakademische Kommission für die Erforschung des Balkans. Monographien Bd. 6 (Mainz 2004).

Govedarica 2009

B. Govedarica, Zentrum und Peripherie im 5. Jahrtausend v. Chr.: Zur Entstehung und Ausbreitung der europäischen Kupferzeit, in: J. Apakidze – B. Govedarica – B. Hänsel (Hrsg.), *Der Schwarzmeerraum vom Äneolithikum bis in die Früheisenzeit (5000-500 v. Chr.). 1. Kommunikationsebenen zwischen Kaukasus und Karpaten. Internationale Fachtagung von Humboldtianern für Humboldtianer im Humboldt-Kolleg in Tiflis/Georgien (17.-20. Mai 2007) (Rahden/Westf. 2009)* 60-73.

Govedarica – Kaiser 1996

B. Govedarica – E. Kaiser, Die äneolithischen abstrakten und zoomorphen Steinzepter Südost- und Osteuropas, *Eurasia Antiqua* 2, 1996, 59-103.

Gowland 1901

W. Gowland, The Early Metallurgy of Silver and Lead: Part I., Lead, *Archaeologia* 57, 1901, 359-422.

Gowland 1918

W. Gowland, Silver in Roman and Earlier Times: I. Pre-historic and Proto-historic Times, *Archaeologia* 69, 1917/1918, 121-160.

Großmann 2003

G. U. Großmann (Hrsg.), *Gold und Kult der Bronzezeit. Ausstellungskatalog Nürnberg 2003 (Nürnberg 2003)*.

Guilaine – Eluère 1998

J. Guilaine – Chr. Eluère, Sur les origines de la métallurgie de l'or dans les Corbières, in: B. Fritsch – M. Maute – I. Matuschik – J. Müller – C. Wolf (Hrsg.), *Tradition und Innovation. Prähistorische Archäologie als historische Wissenschaft. Festschrift für Christian Strahm (Rahden/Westf. 1998)* 175-182.

Hadjisavvas 1999

S. Hadjisavvas, Zypern, Kupfer und das Meer, in: R. Busch (Hrsg.), *Kupfer für Europa. Bergbau und Handel auf Zypern. Ausstellungskatalog Hamburg 1999, Veröffentlichungen des Helms-Museums 83 (Neumünster 1999)* 18-33.



Hamilton 1967

R. W. Hamilton, A Sumerian Cylinder Seal with Handle in the Ashmolean Museum, Iraq 29, 1967, 34-41.

Hanbury-Tenison 1986

J. W. Hanbury-Tenison, The Late Chalcolithic to Early Bronze I Transition in Palestine and Transjordan, \*BARIntSer 311 (Oxford 1986).

Hančar 1937

F. Hančar, Urgeschichte Kaukasiens. Von den Anfängen bis in die Zeit seiner frühen Metallurgie, Bücher zur Ur- und Frühgeschichte 6 (Wien 1937).

Hansen 1975

D. P. Hansen, Frühsumerische und frühdynastische Rundplastik, in: W. Orthmann (Hrsg.), Der Alte Orient, Propyläen Kunstgeschichte 14 (Berlin 1975) 158-170.

Hansen 1971

D. Hansen, A Proto-Elamite Silver Figurine in the Metropolitan Museum of Art, MetrMusJ 3, 1970, 5-24.

Hansen 2003

D. P. Hansen, Art of the Early City-States, in: J. Aruz (Hrsg.), Art of the First Cities. The Third Millennium B.C. from the Mediterranean to the Indus. Ausstellungskatalog New York (New York 2003) 21-42.

Hansen 2009

S. Hansen, Kupfer, Gold und Silber im Schwarzmeerraum während des 5. und 4. Jt. v. Chr., in: J. Apakidze – B. Govedarica – B. Hänsel (Hrsg.), Der Schwarzmeerraum vom Äneolithikum bis in die Früheisenzeit (5000-500 v. Chr.). 1. Kommunikationsebenen zwischen Kaukasus und Karpaten. Internationale Fachtagung von Humboldtianern für Humboldtianer im Humboldt-Kolleg in Tiflis/Georgien (17.-20. Mai 2007) (Rahden/Westf. 2009) 11-50.

Hansen 2010

S. Hansen, Communication and Exchange between the Northern Caucasus and Central Europe in the Fourth Millennium BC, in: S. Hansen – A. Hauptmann – I. Motzenbäcker – E. Pernicka (Hrsg.), Von Majkop bis Trialeti. Gewinnung und Verbreitung von Metallen und Obsidian in Kaukasien im 4.-2. Jt. v. Chr., Beiträge des Internationalen Symposiums in Berlin vom 1.-3. Juni 2006, Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte 13 (Bonn 2010) 297-316.

Hansen 2011a

S. Hansen, Innovation Metall. Kupfer, Gold und Silber in Südosteuropa während des fünften und vierten Jahrtausends v. Chr., Das Altertum 56, 2011, 275–314.

Hansen 2011b

S. Hansen, Technische und soziale Innovationen in der ostbalkanischen Kupferzeit, in: E. Sava – B. Govedarica – B. Hänsel (Hrsg.), Der Schwarzmeerraum vom Äneolithikum bis in die Früheisenzeit (5000-500 v. Chr.). 2. Globale Entwicklungen versus Lokalgeschehen. Internationale Fachtagung von Humboldtianern für Humboldtianer im Humboldt-Kolleg in Chişinău, Moldavien (4.-8. Oktober 2010) 62-79.

Hansen 2011c

S. Hansen, Metal in South-Eastern and Central Europe between 4500 and 2900 BCE, in: Ü. Yalçın (Hrsg.), Anatolian Metal 5. Beiträge des im November 2008 in Bochum veranstalteten Internationalen

Symposiums "Anatolian Metal V", *Anschnitt Beiheft 24 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 180* (Bochum 2011) 137-149.

Hansen 2017

S. Hansen, Key Techniques in the Production of Metals in the 6th and 5th Millennia BCE: Prerequisites, Preconditions and Consequences, in: Ph. W. Stockhammer – Joseph Maran (Hrsg.), *Appropriating Innovations. Entangled Knowledge in Eurasia, 5000–1500 BCE* (Oxford 2017) 136-148.

Harmankaya – Erdoğan 2002

S. Harmankaya – B. Erdoğan, *Türkiye Arkeolojik Yerleşmeleri (4 a İlk Tunç), Göller Mezarlığı, (İstanbul 2002)*.

Hartung 2001

U. Hartung, Umm el-Qaab II. Importkeramik aus dem Friedhof U in Abydos (Umm el-Qaab) und die Beziehungen Ägyptens zu Vorderasien im 4. Jt. v. Chr., *Archäologische Veröffentlichungen 92* (Mainz 2001).

Hartz 2010

S. Hartz, Nachbarn im Norden. Die Besiedlung der Ostseeküste im 5. und frühen 4. Jt. v. Chr., in: *Badisches Landesmuseum Karlsruhe* (Hrsg.) (Redaktion Cl. Lichter), *Jungsteinzeit im Umbruch. Die „Michelsberger Kultur“ und Mitteleuropa vor 6000 Jahren. Katalog zur Ausstellung im Badischen Landesmuseum Schloss Karlsruhe 20.11.2010-15.05.2011* (Darmstadt 2010) 132-140.

Hásek 1989

I. Hásek, Die ältesten Gold- und Silberfunde Mitteleuropas – Nejstarší nálezy zlata a stříbra ve střední Evropě, in: M. Buchvaldek (Hrsg.), *Das Äneolithikum und die früheste Bronzezeit (C<sup>14</sup> 3000-2000 b.c.) in Mitteleuropa: kulturelle und chronologische Beziehungen. Acta des XIV. Internationalen Symposiums Prag – Liblice 20.-24.10.1986* (Prag 1989) 49-54.

Hasse 2008

St. Hasse, *Giesserei Lexikon*<sup>19</sup>(Berlin 2008).

Hauptmann 1985

A. Hauptmann, 5000 Jahre Kupfer in Oman 1. Die Entwicklung der Kupfermetallurgie vom 3. Jahrtausend bis zur Neuzeit, *Anschnitt Beiheft 4* (Bochum 1985).

Hauptmann 1989

A. Hauptmann, The Earliest Periods of Copper Metallurgy in Feinan, Jordan, in: A. Hauptmann – E. Pernicka – G. A. Wagner (Hrsg.), *Archäometallurgie der Alten Welt. Beiträge zum Internationalen Symposium „Old World Archaeometallurgy“, Heidelberg 1987 = Old World Archaeometallurgy, Anschnitt Beiheft 7 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 44* (Bochum 1989) 119-135.

Hauptmann 2000

A. Hauptmann, Zur frühen Metallurgie des Kupfers in Fenan/Jordanien, *Anschnitt Beiheft 11 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 87* (Bochum 2000).

Hauptmann 2003a

A. Hauptmann, Rationales of Liquefaction and Metal Separation in Earliest Copper Smelting. Basics for Reconstructing Chalcolithic and Early Bronze Age Smelting Processes, in: *International Conference Archaeometallurgy in Europe 1. Proceedings International Conference, 24, 25, 26 September 2003, Milan, Italy* (Mailand 2003) 459-468.

#### Hauptmann 2003b

A. Hauptmann, Developments in Copper Metallurgy during the Fourth and Third Millennia BC at Feinan, Jordan, in: P. Craddock – J. Lang (Hrsg.), Mining and Metal Production through the Ages. Konferenz "The Prehistory of Mining and Metallurgy" 13.-15. September 1995 (London 2003) 90-100.

#### Hauptmann 2007a

A. Hauptmann, Alten Berg- und Hüttenleuten auf die Finger geschaut. Zur Entschlüsselung berg- und hüttenmännischer Techniken, in: G. A. Wagner (Hrsg.), Einführung in die Archäometrie (Berlin 2007).

#### Hauptmann 2007b

A. Hauptmann, The Archaeometallurgy of Copper. Evidence from Faynan, Jordan (Berlin 2007).

#### Hauptmann 2008

A. Hauptmann, Vom Erz zum Metall - naturwissenschaftliche Untersuchungen innerhalb der Metallurgiekette, in: A. Hauptmann – V. Pingel (Hrsg.), Archäometrie. Methoden und Anwendungsbeispiele naturwissenschaftlicher Verfahren in der Archäologie (Stuttgart 2008) 125-140.

#### Hauptmann – Gambaschidze 2001

A. Hauptmann – I. Gambaschidze, Antimon – eine metallurgische Besonderheit aus dem Kaukasus, in: I. Gambaschidze – A. Hauptmann – R. Slotta – Ü. Yalçın (Hrsg.), Georgien. Schätze aus dem Land des goldenen Vlieses. Ausstellungskatalog Bochum (Bochum 2001) 150-155.

#### Hauptmann – Palmieri 2000

A. Hauptmann – A. Palmieri, Metal Production in the Eastern Mediterranean at the transition of the 4<sup>th</sup>/3<sup>rd</sup> millennium: Case studies from Arslantepe, in: Ü. Yalçın (Hrsg.), Anatolian Metal 1. Internationales Symposium „Anatolian Metal 1“ November 1998 in Bochum, Anschnitt Beiheft 13 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 92 (Bochum 2002) 75-82.

#### Hauptmann – Ruttkay 1991

A. Hauptmann – E. Ruttkay, Untersuchung von epilengyelzeitlichen Gußlöffelfragmenten von Bisamberg-Hochfeld, VB Wien-Umgebung, Niederösterreich, Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien 121, 1991, 182-184.

#### Hauptmann u. a. 1988

A. Hauptmann – E. Pernicka – G. A. Wagner, Untersuchungen zur Prozeßtechnik und zum Alter der frühen Blei-Silbergewinnung auf Thasos, in: G. A. Wagner – G. Weisgerber (Hrsg.), Antike Edel- und Buntmetallgewinnung auf Thasos, Anschnitt Beiheft 6 (Bochum 1988) 88-112.

#### Hauptmann u. a. 1993

A. Hauptmann – J. Lutz – E. Pernicka – Ü. Yalçın, Zur Technologie der frühesten Kupferverhüttung im östlichen Mittelmeerraum, in: M. Frangipane – H. Hauptmann – M. Liverani – P. Matthiae – M. Mellink (Hrsg.), Between the rivers and over the mountains. Archaeologica Anatolica et Mesopotamica Alba Palmieri dedicata (Rom 1993) 541-572.

#### Hauptmann u. a. 2002

A. Hauptmann – S. Schmitt-Strecker – F. Begemann – A. Palmieri, Chemical Composition and Lead Isotopy of Metal Objects from the "Royal" Tomb and Other Related Finds at Arslantepe, Eastern Antolia, Paléorient 28,2, 2002, 43-69.

#### Hauptmann u. a. 2003

A. Hauptmann – Th. Rehren – S. Schmitt-Strecker, Early Bronze Age copper metallurgy at Shahr-i Sokhta (Iran), reconsidered, in: Th. Stöllner – G. Körlin – G. Steffens – J. Cierny (Hrsg.), Man and Mining = Mensch und Bergbau. Studies in Honour of Gerd Weisgerber on occasion of his 65th birthday,

Anschnitt Beiheft 16 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 114 (Bochum 2003) 197-213.

Hauptmann 1971

H. Hauptmann, Das Festland und die kleineren Inseln. Steinzeit, besonders Neolithikum, in: F. Schachermeyr – H.-G. Buchholz – S. Alexiou – H. Hauptmann, Forschungsbericht über die Ausgrabungen und Neufunde zur ägäischen Frühzeit, 1961-1965. Teil I, AA 86, 1971, 348-387.

Hauptmann 1982

H. Hauptmann, Die Grabungen auf dem Norşuntepe, 1974, in: S. Pekman (Hrsg.), Keban Projesi 1971 çalışmaları=Keban Project 1971 activities, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Keban Projesi yayınları=Middle East Technical University Keban Project Publications I,7 (Ankara 1982) 41-70.

Heinrich 1936

E. Heinrich, Die Kleinfunde aus den archaischen Tempelschichten in Uruk, \*ADFU 1 (Berlin 1936).

Heinrich 1937

E. Heinrich, V. Die Grabung in Planquadrat K XVII, in: A. Nöldeke – A. von Haller – H. Lenzen – E. Heinrich, Achter vorläufiger Bericht über die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft in Uruk-Warka unternommenen Ausgrabungen = Abhandlungen der Preussischen Akademie der Wissenschaften Jahrgang 1936 = Phil.-Hist. Klasse 13 (Berlin 1937) 27-53.

Heinrich 1938

E. Heinrich, Grabungen im Gebiet des Anu-Antum-Tempels, in: A. Nöldeke – A. Falkenstein – A. von Haller – E. Heinrich – H. Lenzen, Neunter vorläufiger Bericht über die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft in Uruk-Warka unternommenen Ausgrabungen = Abhandlungen der Preussischen Akademie der Wissenschaften Jahrgang 1937 = Phil.-Hist. Klasse 11 (Berlin 1938) 19-30.

Heinrich 1982

E. Heinrich, Die Tempel und Heiligtümer im Alten Mesopotamien. Typologie, Morphologie und Geschichte, \*DAA 14 (Berlin 1982).

Hell 1954

M. Hell, Salzburg in vollneolithischer Zeit. Die Münchshöferkultur, *Archaeologia Austriaca* 14, 1954, 11-34.

Helms 1993

M. W. Helms, *Craft and the Kingly Ideal. Art, Trade and Power* (Austin 1993).

Helwing 2002

B. Helwing, Hassek Höyük II. Die spätchalkolithische Keramik, \*IstForsch 45 (Tübingen 2002).

Helwing 2011a

B. Helwing, 2 The Archaeological Site of Arismān, in: A. Vatandoust – H. Parzinger – B. Helwing (Hrsg.), *Early Mining and Metallurgy on the western Central Iranian Plateau. The first five Years of Work*, *Archäologie in Iran und Turan* 9 (Mainz 2011) 11-18.

Helwing 2011b

B. Helwing, 8 Proto-Elamite Pottery from Areas A, C, D and E, in: A. Vatandoust – H. Parzinger – B. Helwing (Hrsg.), *Early Mining and Metallurgy on the western Central Iranian Plateau. The first five Years of Work*, *Archäologie in Iran und Turan* 9 (Mainz 2011) 196-253.

Helwing 2011c

B. Helwing, 9 The small finds from Arismān, in: A. Vatandoust – H. Parzinger – B. Helwing (Hrsg.), Early Mining and Metallurgy on the western Central Iranian Plateau. The first five Years of Work, *Archäologie in Iran und Turan* 9 (Mainz 2011) 254-327.

Helwing 2011d

B. Helwing, Archaeological Comments on the Radiocarbon Datings, in: A. Vatandoust – H. Parzinger – B. Helwing (Hrsg.), Early Mining and Metallurgy on the western Central Iranian Plateau. The first five Years of Work, *Archäologie in Iran und Turan* 9 (Mainz 2011) 374-375.

Helwing 2011e

B. Helwing, 20 Conclusions: The Arismān Copper Production in a wider Context, in: A. Vatandoust – H. Parzinger – B. Helwing (Hrsg.), Early Mining and Metallurgy on the western Central Iranian Plateau. The first five Years of Work, *Archäologie in Iran und Turan* 9 (Mainz 2011) 523-531.

Helwing 2012

B. Helwing, Late Chalcolithic Craft Traditions at the North-Eastern 'Periphery' of Mesopotamia: Potters vs. Smiths in the Southern Caucasus, *Origini* 34, 2012, 201-220.

Helwing 2017

B. Helwing, A Comparative View on Metallurgical Innovations in South-Western Asia: What Came First?, in: Ph. W. Stockhammer – Joseph Maran (Hrsg.), *Appropriating Innovations. Entangled Knowledge in Eurasia, 5000–1500 BCE* (Oxford 2017) 161-170.

Helwing – Chegini 2011

B. Helwing – N. N. Chegini, 17 Archaeological Survey in the Hinterland of Arismān and Kāšān, in: A. Vatandoust – H. Parzinger – B. Helwing (Hrsg.), Early Mining and Metallurgy on the western Central Iranian Plateau. The first five Years of Work, *Archäologie in Iran und Turan* 9 (Mainz 2011) 421-483.

Hendrickx 1996

S. Hendrickx, The Relative Chronology of the Naqada Culture: Problems and Possibilities, in: J. Spencer (Hrsg.), *Aspects of Early Egypt* (London 1996) 36-69.

Heskel 1982

D. L. Heskel, *The Development of Pyrotechnology in Iran during the Fourth and Third Millennia B.C.* (Cambridge 1982).

Heskel – Lamberg-Karlovsky 1980

D. Heskel – C. C. Lamberg-Karlovsky, An Alternative Sequence for the Development of Metallurgy: Tepe Yahya, Iran, in: Th. A. Wertime – J. D. Muhly (Hrsg.), *The Coming of the Age of Iron* (New Haven 1980) 229-265.

Hess 1998

K. Hess, *Zur frühen Metallurgie am oberen Euphrat. Untersuchungen an archäometallurgischen Funden vom Arslantepe aus dem 4. und 3. Jahrtausend v. Chr.* (Diss. Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/Main 1998).

Hess u. a. 1998

K. Hess – A. Hauptmann – H. T. Wright – R. Whallon, Evidence of Fourth Millennium BC Silver Production at Fatmalı-Kalecik, East Anatolia, in: Th. Rehren – A. Hauptmann – J. D. Muhly (Hrsg.), *Metallurgica Antiqua. In Honour of Hans-Gert Bachmann and Robert Maddin, Anschnitt Beiheft 8 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum* 72 (Bochum 1998) 57-67.

Hestrin – Tadmor 1963

R. Hestrin – M. Tadmor, A Hoard of Tools and Weapons from Kfar Monash, *IEJ* 13, 1963, 265-288.

Higham u. a. 2007

T. Higham – J. Chapman – V. Slavchev – B. Gaydarska – N. Honch – Y. Yordanov – B. Dimitrova, New Perspectives on the Varna Cemetery (Bulgaria) – AMS Dates and Social Implications, *Antiquity* 81, 2007, 640-654.

Höppner u. a. 2005

B. Höppner – M. Bartelheim – M. Huijsmans – R. Krauss – K.-P. Martinek – E. Pernicka – R. Schwab, Prehistoric Copper Production in the Inn Valley (Austria), and the Earliest Copper in Central Europe, *Archaeometry* 47,2, 2005, 293-315.

Hohlmann u. a. 2004

B. Hohlmann – A. Hauptmann – B. Schröder, Der spätbronzezeitliche Verhüttungsplatz von Acqua Fredda am Passo Redebus (Trentino), in: G. Weisgerber – G. Goldenberg (Hrsg.), *Alpenkupfer – Rame delle Alpi, Anschnitt Beiheft 17 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 122* (Bochum 2004) 261-267.

Hood 1982

S. Hood, Prehistoric Emporio and Ayio Gala 2. Excavations in Chios 1938-1955, *British School at Athens Supplementary Volume 16* (1982).

Hook 2003

D. Hook, The Composition and Technology of Early Copper-Alloy Metalwork from Italy, in: *International Conference Archaeometallurgy in Europe 2. Proceedings International Conference, 24, 25, 26 September 2003, Milan, Italy (Mailand 2003)* 57-66.

Hristov 2000a

M. Hristov, Metal Finds from the Copper Age in the Middle Drainage of the Osum River, in: L. Nikolova (Hrsg.), *Technology, Style and Society. Contributions to the Innovations between the Alps and the Black Sea in prehistory, BAR International Series 854* (Oxford 2000) 121-123.

Hristov 2000b

M. Hristov, Bronze Age Gold and Electron Adornments from Tabashka Cave in the Osum River Drainage (North Central Bulgaria), in: L. Nikolova (Hrsg.), *Technology, Style and Society. Contributions to the Innovations between the Alps and the Black Sea in prehistory, BAR International Series 854* (Oxford 2000) 277-279.

Hrouda 1970

B. Hrouda, Zur Datierung frühsumerischer Bildwerke aus Uruk-Warka, *BaM* 5, 1970, 33-44.

Huijsmans u. a. 2004

M. Huijsmans – R. Krauß – R. Stibich, Prähistorischer Fahlerzbergbau in der Grauwackenzone. Neolithische und bronzezeitliche Besiedlungsgeschichte und Kupfermetallurgie im Raum Brixlegg (Nordtirol), in: G. Weisgerber – G. Goldenberg (Hrsg.), *Alpenkupfer – Rame delle Alpi, Anschnitt Beiheft 17 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 122* (Bochum 2004) 53-62.

Huttenlocher – Ramdohr 1965a

H. Huttenlocher – P. Ramdohr, *Mineral- und Erzlagerstättenkunde I, Sammlung Göschen 1014/1014a<sup>2</sup>* (Berlin 1965).

Huttenlocher – Ramdohr 1965b

H. Huttenlocher – P. Ramdohr, Mineral- und Erzlagerstättenkunde I, Sammlung Göschel 1015/1015a<sup>2</sup>(Berlin 1965).

Ivanov 1988

I. Ivanov, Die Ausgrabungen des Gräberfeldes von Varna (1972-1986), in: A. Fol – J. Lichardus (Hrsg.), Macht, Herrschaft und Gold. Das Gräberfeld von Varna (Bulgarien) und die Anfänge einer neuen europäischen Zivilisation. Ausstellungskatalog Saarbrücken (Dillingen 1988) 49-66.

Ivanova 2012

M. Ivanova, Kaukasus und Orient: Die Entstehung des „Maikop-Phänomens“ im 4. Jahrtausend v. Chr., Prähistorische Zeitschrift 87,1, 2012, 1-28.

Izbitser 2003

E. Izbitser, The North Caucasus, in: J. Aruz (Hrsg.), Art of the First Cities. The Third Millennium B.C. from the Mediterranean to the Indus. Ausstellungskatalog New York (New York 2003) 289f.

Jisl 1967

L. Jisl, Hromadné nálezy kovových předmětů na Kotouči u Štramberka, Časopis Slezského Muzea Opava 16B, 1967, 14-36.

Junk 2003

M. Junk, Material Properties of Copper Alloys containing Arsenic, Antimony, and Bismuth. The Material of Early Bronze Age Ingot Torques (Dissertation Freiberg 2003).

Kakavogianni u. a. 2008

O. Kakavogianni – K. Douni – F. Nezeri, Silver Metallurgical Finds dating from the End of the Final Neolithic Period until the Middle Bronze Age in the Area of Mesogeia, in: I. Tzachili (Hrsg.), Aegean Metallurgy in the Bronze Age. Proceedings of an International Symposium held at the University of Crete, Rethymnon, Greece, on November 19-21, 2004 (Athen 2008) 45-57.

Kalcyk 1982

J. Kalcyk, Untersuchungen zum attischen Silberbergbau. Gebietsstruktur, Geschichte und Technik, Europäische Hochschulschriften Reihe III Bd. 160 (Frankfurt 1982).

Kaplan 1979

H. R. Kaplan, Tel Aviv, A Burial Cave in the Qiria, IEJ 29, 1979, 241.

Karantzali 1996

E. Karantzali, Le Bronze Ancien dans les Cyclades et en Crète. Les relations entre les deux régions. Influence de la Grèce Continentale, \*BARIntSer 631 (Oxford 1996).

Kassianidou 1998

V. Kassianidou, Was Silver actually recovered from Speiss in Antiquity?, in: Th. Rehren – A. Hauptmann – J. D. Muhly (Hrsg.), Metallurgica Antiqua. In Honour of Hans-Gert Bachmann and Robert Maddin, Anschnitt Beiheft 8 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 72 (Bochum 1998) 69-76.

Kassianidou 2003

V. Kassianidou, Early Extraction of Silver from Complex Polymetallic Ores, in: P. Craddock – J. Lang (Hrsg.), Mining and Metal Production through the Ages. Konferenz "The Prehistory of Mining and Metallurgy" 13.-15. September 1995 (London 2003) 198-206.

Kassianidou 2009

V. Kassianidou, Oxhide ingots in Cyprus, in: F. Lo Schiavo – J. D. Muhly – R. Maddin – A. Giumlia-Mair (Hrsg.), Oxhide ingots in the central Mediterranean, *Biblioteca di antichità cipriote* 8 (Rom 2009) 41-81.

Kassianidou – Knapp 2008

V. Kassianidou – A. B. Knapp, Archaeometallurgy in the Mediterranean: The Social Context of Mining, Technology, and Trade, in E. Blake – A. B. Knapp (Hrsg.), *The Archaeology of Mediterranean Prehistory*, *Blackwell Studies in Global Archaeology* 6 (Malden 2008) 215-251.

Kavtaradze 1999

G. L. Kavtaradze, The Importance of Metallurgical Data for the Formation of a Central Transcaucasian Chronology, in: A. Hauptmann – E. Pernicka – T. Rehren – Ü. Yalçın (Hrsg.), *The Beginnings of Metallurgy. Proceedings of the International Conference "The Beginnings of Metallurgy"*, Bochum 1995, *Anschnitt Beiheft 9 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum* 84 (Bochum 1999) 67-101.

Kawtaradze 2001

G. L. Kawtaradze, Die frühesten Metallobjekte in Zentralkaukasien, in: I. Gambaschidze – A. Hauptmann – R. Slotta – Ü. Yalçın (Hrsg.), *Georgien. Schätze aus dem Land des goldenen Vlieses. Ausstellungskatalog Bochum* (Bochum 2001) 136-141.

Kayafa 2003

M. Kayafa, The Technology of Copper-Based Alloys in Bronze Age Western Peloponnese, Greece, in: *International Conference Archaeometallurgy in Europe 2. Proceedings International Conference*, 24, 25, 26 September 2003, Milan, Italy (Mailand 2003) 1-10.

Keel-Leu – Teissier 2004

H. Leel-Leu – B. Teissier, Die vorderasiatischen Rollsiegel der Sammlungen «Bibel+Orient» der Universität Freiburg Schweiz = The Ancient Near Eastern Seals of the Collections «Bible+Orient» of the University of Fribourg, *Orbis Biblicus et Orientalis* 200 (Fribourg 2004).

Keesmann 1993

I. Keesmann, Naturwissenschaftliche Untersuchungen zur antiken Kupfer- und Silberverhüttung in Südwestspanien, in: H. Steuer – U. Zimmermann (Hrsg.), *Montanarchäologie in Europa. Berichte zum Internationalen Kolloquium „Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa“ in Freiburg im Breisgau vom 4. bis 7. Oktober 1990* (Sigmaringen 1993) 105-122.

Keesmann – Moreno Onorato 1999

I. Keesmann – A. Moreno Onorato, Naturwissenschaftliche Untersuchungen zur frühen Technologie von Kupfer und Kupfer-Arsen-Bronze, in: A. Hauptmann – E. Pernicka – T. Rehren – Ü. Yalçın (Hrsg.), *The Beginnings of Metallurgy. Proceedings of the International Conference „The Beginnings of Metallurgy“*, Bochum 1995, *Anschnitt Beiheft 9 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau Museum* 84 (Bochum 1999) 317-332.

Kerner 2001

S. Kerner, Das Chalkolithikum in der südlichen Levante. Die Entwicklung handwerklicher Spezialisierung und ihre Beziehung zu gesellschaftlicher Komplexität, *\*OrA* 8 (Rahden 2001).

Kienlin 2008

T. L. Kienlin, Frühes Metall im nordalpinen Raum. Eine Untersuchung zu technologischen und kognitiven Aspekten früher Metallurgie anhand der Gefüge frühbronzezeitlicher Beile, *Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie* 162 (Bonn 2008).



Kienlin 2010

T. L. Kienlin, Traditions and Transformations. Approaches to Eneolithic (Copper Age) and Bronze Age Metalworking and Society in Eastern Central Europe and the Carpathian Basin, BAR International Series 2184 (Oxford 2010).

Killick 2005

D. Killick, Science, Speculation and the Origins of Extractive Metallurgy, in: D. R. Brothwell – A. M. Pollard, Handbook of Archaeological Sciences (Chicester 2005) 483-492.

Klassen 2000

L. Klassen, Frühes Kupfer im Norden. Untersuchungen zu Chronologie, Herkunft und Bedeutung der Kupferfunde der Nordgruppe der Trichterbecherkultur, Jutland Archaeological Society 36 (Århus 2000).

Klassen 2004

L. Klassen, Jade und Kupfer. Untersuchungen zum Neolithisierungsprozess im westlichen Ostseeraum unter besonderer Berücksichtigung der Kulturentwicklung Europas 5500-3500 BC, Jutland Archaeological Society 47 (Århus 2004).

Klassen 2010

L. Klassen, Karpaten oder Alpen? Zur Herkunft der Kupferscheibe aus Hornstaad (Lkr. Konstanz), Archäologisches Korrespondenzblatt 40, 2010, 29-48.

Klassen – Pernicka 1998

L. Klassen – E. Pernicka, Eine kreuzschneidige Axthacke aus Südschweden? Ein Beispiel für die Anwendungsmöglichkeiten der Stuttgarter Analysedatenbank, Archäologisches Korrespondenzblatt 28, 1998, 35-45.

Klassen – Stürup 2001

L. Klassen – St. Stürup, Decoding the Riesebusch-copper. Lead-Isotope Analysis applied to Early Neolithic Copper Finds from South Scandinavia, Praehistorische Zeitschrift 76, 2001, 55-73.

Klassen u. a. 2008/2009

L. Klassen – M. Dobeš – P. Pétrequin, Dreieckige Kupferflachbeile aus Mitteldeutschland und Böhmen, Alt-Thüringen 41, 2008/2009, 7-35.

Klassen u. a. 2012

L. Klassen – S. Cassen – P. Pétrequin, Alpine axes and early metallurgy. Haches alpines et première métallurgie, in: P. Pétrequin – S. Cassen – M. Errera – L. Klassen – A. Sheridan – A.-M. Pétrequin (Hrsg.), Jade 2. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V<sup>e</sup> et IV<sup>e</sup> millénaires av. J.-C., Les Cahiers de la MSHE Ledoux 17 = Série Dynamiques territoriales 6 (Besançon 2012) 1280-1309.

Klein 1992

H. Klein, Untersuchung zur Typologie bronzezeitlicher Nadeln in Mesopotamien und Syrien, Schriften zur vorderasiatischen Archäologie 4 (Saarbrücken 1992).

Klimscha 2010

F. Klimscha, Kupferne Flachbeile und Meißel mit angedeuteten Randleisten. Ihre Bedeutung für die Entstehung und Verbreitung technischer Innovationen in Europa und Vorderasien im 4. und 3. Jahrtausend v. Chr., Germania 88, 2010, 101-144.

#### Klimscha 2011a

F. Klimscha, Identitäten und Wertvorstellungen kupferzeitlicher Gemeinschaften in Südosteuropa. Die Bedeutung von Beilen und Äxten aus Kupfer und Stein, *Das Altertum* 56, 2011, 241-274.

#### Klimscha 2011b

F. Klimscha, Long-range Contacts in the Late Chalcolithic of the Southern Levant. Excavations at Tall Hujayrat al-Ghuzlan and Tall al-Magass near Aqaba, Jordan, in: J. Mynářová (Hrsg.), Long-range Contacts in the Late Chalcolithic of the Southern Levant. Excavations at Tall Hujayrat al-Ghuzlan and Tall al-Magass near Aqaba, Jordan (Prag 2011) 177-210.

#### Klimscha 2012a

F. Klimscha, Die absolute Chronologie der Besiedlung von Tall Hujayrāt al-Ghuzlān bei 'Aqaba, Jordanien, im Verhältnis zum Chalkolithikum der südlichen Levante, *Zeitschrift für Orient-Archäologie* 5, 2012, 188-208.

#### Klimscha 2012b

F. Klimscha, « Des goûts et des couleurs, on ne discute pas ». Datation, répartition et valeur sociale des haches en silex de la culture Gumelnița. « One never discusses tastes and colours ». Date, distribution and social value of flint axeheads in the Gumelnița culture, in: P. Pétrequin – S. Cassen – M. Errera – L. Klassen – A. Sheridan – A.-M. Pétrequin (Hrsg.), *Jade 2. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V<sup>e</sup> et IV<sup>e</sup> millénaires av. J.-C., Les Cahiers de la MSHE Ledoux 17 = Série Dynamiques territoriales 6 (Besançon 2012) 1208-1229.*

#### Klimscha 2017

F. Klimscha, The Diffusion of Know-How within Spheres of Interaction: Modelling Prehistoric Innovation Processes between South-West Asia and Central Europe in the 5th and 4th Millennia BC, in: Ph. W. Stockhammer – Joseph Maran (Hrsg.), *Appropriating Innovations. Entangled Knowledge in Eurasia, 5000–1500 BCE (Oxford 2017) 149-160.*

#### Klochko 1994

V. I. Klochko, The Metallurgy of the Pastoral Societies in the Light of Copper and Bronze Processing in the Northern Pontic Steppe – Forest-Steppe Zone: 4500-2350 BC, *Baltic-Pontic Studies* 2, 1994, 135-166.

#### Kökten u. a. 1945

K. Kökten – N. Özgüç – T. Özgüç, Türk Tarih Kurumu adına yapılan Samsun bölgesi kazıları hakkında ilk kısa rapor, *Belleten* 9, 1945, 361-400.

#### Kohl 1987

Ph. L. Kohl, The Use and Abuse of World Systems Theory. The Case of the Pristine West Asian State, in: M. B. Schiffer (Hrsg.), *Advances in Archaeological Method and Theory* 11 (San Diego 1987) 1-35.

#### Kohl 2009

Ph. L. Kohl, *The Making of Bronze Age Eurasia (Cambridge 2009).*

#### Kohlmeyer 1994

K. Kohlmeyer, Zur frühen Geschichte von Blei und Silber, in: R.-B. Wartke (Hrsg.), *Handwerk und Technologie im Alten Orient. Ein Beitrag zur Geschichte der Technik im Altertum. Internationale Tagung Berlin 12.-15. März 1991 (Mainz 1994) 41-48.*

#### Krause 2003

R. Krause, Studien zur kupfer- und frühbronzezeitlichen Metallurgie zwischen Karpatenbecken und Ostsee, *Vorgeschichtliche Forschungen* 24 (Rahden 2003).

Krell 2004

G. Krell, *Weltbilder und Weltordnung. Einführung in die Theorie der Internationalen Beziehungen* (Baden-Baden 2004).

Kristiansen – Larsson 2005

K. Kristiansen – B. Larsson, *The Rise of Bronze Age Society. Travels, Transmissions and Transformations* (Cambridge 2005).

Kulaçoğlu 1992

B. Kulaçoğlu, *Gods and Goddesses. Museumskatalog Ankara* (Ankara 1992).

Kuruçayırılı – Özbal 2005

E. Kuruçayırılı – H. Özbal, *New Metal Analysis from Tarsus Gözlükule*, in: Ü. Yalçın (Hrsg.), *Anatolian Metal 3. Beiträge des im Oktober 2002 in Bochum veranstalteten Internationalen Symposiums "Anatolian Metal III"*, *Anschnitt Beiheft 18 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau Museum 124* (Bochum 2005) 49-61.

Lami 1999

V. Lami, *Sull'origine della metallurgia e la comparsa dei primi pugnali metallici in Sardegna. L'eneolitico iniziale: I pugnali della Facies Abealzu-Filigosa*, *Quaderni 16*, 1999, 3-21.

Lang 1987

J. S. R. Lang, *Scientific Appendix II. Metallurgical Examination*, in: W. V. Davies, *Catalogue of Egyptian Antiquities in the British Museum 7. Tools and Weapons 1. Axes* (London 1987) 119-124.

Leahu 1992

D. Leahu, *Considerații asupra unor podoabe antice de aur de la Lungoci, Balaci și Moigrad*, *Cercetări arheologice 9*, 1992, 114-117.

Lechtman 1988

H. Lechtman, *Traditions and Styles in Central Andean Metalworking*, in: R. Maddin (Hrsg.), *The Beginning of the Use of Metals and Alloys. Papers from the Second International Conference on the Beginning of the Use of Metals and Alloys, Zhengzhou, China, 21-26 October 1986* (Cambridge Massachusetts 1988) 344-378.

Lechtman 1996

H. Lechtman, *Arsenic Bronze: Dirty Copper or Chosen Alloy? A View from the Americas*, *Journal of Field Archaeology 23,4*, 1996, 477-514.

Lechtman – Klein 1999

H. Lechtman – S. Klein, *The Production of Copper-Arsenic Alloys (Arsenic Bronze) by Cosmelting: Modern Experiment, Ancient Practice*, *Journal of Archaeological Science 26*, 1999, 497-526.

Lefferts 1971

K. C. Lefferts, *Technical Examination*, *MetrMusJ 3*, 1970, 15-24.

Lefranc – van Willigen 2010

Ph. Lefranc – S. van Willigen, *Die Kupferperlen aus der jungneolithischen Fundstelle von Colmar-Aérodrome (Haut-Rhin, Frankreich)*, in: *Badisches Landesmuseum Karlsruhe* (Hrsg.) (Redaktion Cl. Lichten), *Jungsteinzeit im Umbruch. Die „Michelsberger Kultur“ und Mitteleuropa vor 6000 Jahren. Katalog zur Ausstellung im Badischen Landesmuseum Schloss Karlsruhe 20.11.2010-15.05.2011* (Darmstadt 2010) 187.

Lefranc u. a. 2009

Ph. Lefranc – F. Chenal – R. M. Arbogast, Inhumations, dépôts d'animaux et perles en cuivre sur le site Néolithique récent de Colmar « Aérodrome », in: B. Schnitzler (Hrsg.), 10 000 ans d'histoire! Dix ans de fouilles archéologiques en Alsace, Fouilles Récentes 7 (Strasbourg 2009) 43-46.

Lefranc u. a. 2012

Ph. Lefranc – R.-M. Arbogast – F. Chenal – E. Hildbrand – M. Merkl – Chr. Strahm S. van Willigen – M. Wörle, Inhumations, dépôts d'animaux et perles en cuivre du IVe millénaire sur le site Néolithique récent de Colmar « Aérodrome » (Haut-Rhin), Société Préhistorique Française 109,4, 2012, 689-730.

Lemonnier 1992

P. Lemonnier, Elements for an Anthropology of Technology, Anthropological Papers 88 (Ann Arbor 1992).

Lenzen 1936

H. Lenzen, Die archaischen Schichten von Eanna, in: A. Nöldeke – H. Lenzen – A. von Haller – W. Göpner, Siebenter vorläufiger Bericht über die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft in Uruk-Warka unternommenen Ausgrabungen = Abhandlungen der Preussischen Akademie der Wissenschaften Jahrgang 1935 (Berlin 1936) 5-21.

Lenzen 1959

H. Lenzen, Die Ausgrabungen an der Westecke von E-anna, in: H. Lenzen (Hrsg.), XV. vorläufiger Bericht über die von dem Deutschen Archäologischen Institut und der Deutschen Orient-Gesellschaft aus Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft unternommenen Ausgrabungen in Uruk-Warka, \*UVB 15 = \*ADOG 4 (Berlin 1959) 8-19.

Leroi-Gourhan 1945

A. Leroi-Gourhan, Évolution et Techniques 2. Milieu et Techniques (Paris 1945).

Lesniak 1991

Chr. P. Lesniak, Thermodynamik und Metallographie von Arsen- und Antimonmangellegierungen am Beispiel archäologischer Artefakte (Dissertation Saarbrücken 1991).

Levy – Shalev 1989

Th. E. Levy – S. Shalev, Prehistoric Metalworking in the Southern Levant. Archaeometallurgical and Social Perspectives, World Archaeology 20,3, 1989, 352-372.

Lichardus 1991a

J. Lichardus, Die Kupferzeit als historische Epoche. Eine forschungsgeschichtliche Einleitung, in: J. Lichardus (Hrsg.), Die Kupferzeit als historische Epoche, SaarBeitr 55 = Kongress Saarbrücken und Otzenhausen 1988 (Bonn 1991) 13-32.

Lichardus 1991b

J. Lichardus, Das Gräberfeld von Varna und das Totenritual des Kodžadermen-Gumelnița-Karanovo VI-Komplexes, in: J. Lichardus (Hrsg.), Die Kupferzeit als historische Epoche, SaarBeitr 55 = Kongress Saarbrücken und Otzenhausen 1988 (Bonn 1991) 167-194.

Lichardus 1991c

J. Lichardus, Die Kupferzeit als historische Epoche. Versuch einer Deutung, in: J. Lichardus (Hrsg.), Die Kupferzeit als historische Epoche, SaarBeitr 55 = Kongress Saarbrücken und Otzenhausen 1988 (Bonn 1991) 763-800.

Lichardus – Lichardus-Itten 1985a

J. Lichardus – M. Lichardus-Itten, Les gisements d'Europe, in: J. Lichardus – M. Lichardus-Itten (Hrsg.), La Protohistoire de l'Europe. Le Néolithique et le Chalcolithique entre la Méditerranée et la mer Baltique (Paris 1985) 29-85.

Lichardus – Lichardus-Itten 1985b

J. Lichardus – M. Lichardus-Itten, Chapter III. – Diffusion de la civilisation néolithique en Europe et évolution historico-culturelle jusqu'à la fin du Chalcolithique, in: J. Lichardus – M. Lichardus-Itten (Hrsg.), La Protohistoire de l'Europe. Le Néolithique et le Chalcolithique entre la Méditerranée et la mer Baltique (Paris 1985) 207-515.

Lichter 2001

C. Lichter, Untersuchungen zu den Bestattungssitten des Südosteuropäischen Neolithikums und Chalkolithikums, Heidelberger Akademie der Wissenschaften Internationale Interakademische Kommission für die Erforschung der Vorgeschichte des Balkans Monographien 5 (Mainz 2001).

Lichter 2006

C. Lichter, Varna und İkiztepe: Überlegungen zu transpontischen Kulturbeziehungen im 5. und 4. Jahrtausend, in: B. Avunç (Hrsg.), Hayat Erkanal'a Armağan: Kültülerin Yansıması – Studies in Honor of Hayat Erkanal: Cultural Reflections (İstanbul 2006) 526-534.

Lilliu 1988

G. Lilliu, La civiltà dei Sardi. Dal Paleolitico all'età dei nuraghi <sup>3</sup>(Turin 1988).

Link 2006

Th. Link, Das Ende der neolithischen Tellsiedlungen. Ein kulturgeschichtliches Phänomen des 5. Jahrtausends v. Chr. im Karpatenbecken, Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 134 (Bonn 2006).

Lippert 1992

A. Lippert, Der Götschenberg bei Bischofshofen. Eine ur- und frühgeschichtliche Höhensiedlung im Salzachpongau, Mitteilungen der Prähistorischen Kommission der Österreichischen Akademie der Wissenschaften 27 (Wien 1992).

Lippert 2006

A. Lippert, Zur frühesten Gewinnung und Verarbeitung von Kupfer in den Ostalpen, Res Montanarum 38, 2006, 17-21.

Lloyd – Mellaart 1962

S. Lloyd – J. Mellaart, Beycesultan Vol. I. The Chalcolithic and Early Bronze Age Levels, Occasional Publications of the British Institute of Archaeology at Ankara 6 (London 1962).

Lloyd u. a. 1959

S. Lloyd – J. Mellaart – D. Stronach, Excavations at Beycesultan, 1958, AnSt 9, 1959, 35-50.

Λώλος 1998

Γ. Λώλος, in: K. Δημακοπούλου (Hrsg.), Κοσμήματα τής ελληνικής προϊστορίας ο νεολιθικός θίσαυρος. Ausstellungskatalog Nationalmuseum Athen 15.12.1998-28.02.1999 (Athen 1998) 64 Kat. Nr. 62.

Loon 1973

M. van Loon, Part I: Architecture and General Finds, in: M. van Loon – C. Manson Bier – R. W. Brandt, The Excavations at Korucutepe, Turkey, 1968-70: Preliminary Report, JNES 32, 1973, 357-423.

Loon 1978

M. van Loon, Chapter 1: Architecture and Stratigraphy, in: M. van Loon (Hrsg.), Korucutepe. Final Report on the Excavations of the Universities of Chicago, California (Los Angeles) and Amsterdam in the Keban Reservoir, Eastern Anatolia 1968-1970, Vol. 2 (Amsterdam 1978) 3-45.

Loon u. a. 1973

M. van Loon – C. Manson Bier – R. W. Brandt, The Excavations at Korucutepe, Turkey, 1968-70: Preliminary Report, JNES 32, 1973, 357-444.

Lordkipanidse 1991

O. Lordkipanidse, Archäologie in Georgien. Von der Altsteinzeit zum Mittelalter, Quellen und Forschungen zur prähistorischen und provinzialrömischen Archäologie 5 (Weinheim 1991).

Lorenzen 1965

W. Lorenzen, Helgoland und das früheste Kupfer des Nordens. Ein Beitrag zur Aufhellung der Anfänge der Metallurgie in Europa (Ottendorf 1965).

Lorscheider u. a. 2003

F. Lorscheider – A. Maass – D. Steiniger, Frühe Kupferproduktion – archäologischer Befund und Experiment: Versuche zur Fahlerzverhüttung in einem einzigen Ofengang, in: Th. Stöllner – G. Körlin – G. Steffens – J. Cierny (Hrsg.), Man and Mining = Mensch und Bergbau. Studies in Honour of Gerd Weisgerber on occasion of his 65th birthday, Anschnitt Beiheft 16 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 114 (Bochum 2003) 301-307.

Lo Schiavo 1988a

F. Lo Schiavo, Early Metallurgy in Sardinia, in: R. Maddin (Hrsg.), The Beginnings of the Use of Metals and Alloys. Papers from the Second International Conference on the Beginning of the Use of Metal and Alloys, Zhenzhou, China, 21-26 October 1986 (London 1988) 92-103.

Lo Schiavo 1988b

F. Lo Schiavo, Il ripostiglio di Chilivani, Ozieri (Sassari), Quaderni 5, 1988, 77-90.

Lo Schiavo 1989

F. Lo Schiavo, Le origini della metallurgia ed il problema della metallurgia nella cultura di Ozieri, in: L. D. Campus (Hrsg.), La cultura di Ozieri. Problematiche e nuove acquisizioni, Atti del I convegno di studio Ozieri, gennaio 1986 – april 1987, (Ozieri 1989) 279-293.

Lo Schiavo 2000

F. Lo Schiavo, Bronzi e bronzetti del Museo "G. A. Sanna" di Sassari (Piedimonte Matese 2000).

Lo Schiavo 2003

F. Lo Schiavo, La Sardegna e il Mediterraneo Orientale. Spunti Critici di Discussione, in: P. Bianchi (Hrsg.), La Comunità della Preistoria Italiana. Studi e Ricerche sul Neolitico e le Età dei Metalli. Castello di Lipari, Chiesa di S. Caterina 2-7 Giugno 2000, Atti della XXXV Riunione Scientifica = Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria 35,2 (Florenz 2003) 587-617.

Lo Schiavo 2005a

F. Lo Schiavo, Archaeological Preface, in: F. Lo Schiavo – A. Giunlia-Mair – U. Sanna – R. Valera (Hrsg.), Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age. Symposium Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age, Cagliari, September 9th-10th 2004, Monographies Instrumentum 30 (Montagnac 2005) 253-255.

#### Lo Schiavo 2005b

F. Lo Schiavo, The First Copper and Bronze Finds, from the Beginning of the II Millennium, in: F. Lo Schiavo – A. Giumlia-Mair – U. Sanna – R. Valera (Hrsg.), *Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age. Symposium Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age, Cagliari, September 9th-10th 2004, Monographies Instrumentum 30 (Montagnac 2005) 279-287.*

#### Lo Schiavo 2005c

F. Lo Schiavo, Early Documents on Nuragic Metallurgy, in: F. Lo Schiavo – A. Giumlia-Mair – U. Sanna – R. Valera (Hrsg.), *Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age. Symposium Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age, Cagliari, September 9th-10th 2004, Monographies Instrumentum 30 (Montagnac 2005) 289-298.*

#### Lo Schiavo 2005d

F. Lo Schiavo, The Problem of Early Tin from the Point of View of Nuragic Sardinia, in: F. Lo Schiavo – A. Giumlia-Mair – U. Sanna – R. Valera (Hrsg.), *Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age. Symposium Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age, Cagliari, September 9th-10th 2004, Monographies Instrumentum 30 (Montagnac 2005) 377-388.*

#### Lo Schiavo 2005e

F. Lo Schiavo, Cyprus and Sardinia, in: F. Lo Schiavo – A. Giumlia-Mair – U. Sanna – R. Valera (Hrsg.), *Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age. Symposium Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age, Cagliari, September 9th-10th 2004, Monographies Instrumentum 30 (Montagnac 2005) 313-315.*

#### Lo Schiavo u. a. 2005

F. Lo Schiavo – A. Giumlia-Mair – U. Sanna – R. Valera (Hrsg.), *Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age. Symposium Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age, Cagliari, September 9th-10th 2004, Monographies Instrumentum 30 (Montagnac 2005).*

#### Lucas – Harris 1962

A. Lucas – J. R. Harris, *Ancient Egyptian Materials and Industries (London 1962).*

#### Lugliè – Lo Schiavo 2009

C. Lugliè – F. Lo Schiavo, Ricorse e Tecnologia. Le Rocce e i Metalli, in: C. Lugliè – R. Cicilloni (Hrsg.), *La Preistoria e la Protostoria della Sardegna. Cagliari, Barumini, Sassari, 23-28 novembre 2009, Atti della XLIV Riunione Scientifica = Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria 44,1 (Florenz 2009) 247-262.*

#### Lupton 1996

A. Lupton, *Stability and Change. Socio-political Development in North Mesopotamia and South-East Anatolia 4000-2700 B.C., \*BARIntSer 627 (Oxford 1996).*

#### Lutz u. a. 1994

J. Lutz – E. Pernicka – G. A. Wagner, Chalkolithische Kupferverhüttung in Murgul, Ostanatolien, in: R.-B. Wartke (Hrsg.), *Handwerk und Technologie im Alten Orient. Ein Beitrag zur Geschichte der Technik im Altertum. Internationale Tagung Berlin 12.-15. März 1991 (Mainz 1994) 59-66.*

#### Lyonnet 2007

B. Lyonnet, La Culture de Maïkop, la Transcaucasie, l'Anatolie orientale et le Proche-Orient: Relations et Chronologie, in: B. Lyonnet (Hrsg.), *Les Cultures Du Caucase (VIe-IIIe Millénaires avant notre Ère).*

Leurs Relations avec Le Proche Orient, Éditions Recherche Sur Les Civilisations. CNRS Éditions (Paris 2007) 132-161.

Lyonnet u. a. 2008

B. Lyonnet, T. Akhundov, K. Almamedov, L. Bouquet, A. Courcier, B. Jellilov, F. Huseynov, S. Loute, Z. Makharadze, S. Reynard, Late Chalcolithic Kurgans in Transcaucasia. The cemetery of Soyug Bulaq (Azerbaijan), *Archäologische Mitteilungen aus Iran und Turan* 40, 2008, 27–44.

Maddin 2009

R. Maddin, Archaeometallurgy in Sardinia. A general metallurgical evaluation, in: F. Lo Schiavo – J. D. Muhly – R. Maddin – A. Giunlia-Mair (Hrsg.), *Oxhide ingots in the central Mediterranean*, *Biblioteca di antichità cipriote* 8 (Rom 2009) 491-495.

Maddin u. a. 1980

R. Maddin – T. S. Wheeler – J. D. Muhly, Distinguishing Artifacts Made of Native Copper, *JASc* 7,3, 1980, 211-225.

Maggetti u. a. 1990

M. Maggetti – D. Baumgartner – G. Galetti, Mineralogical and Chemical Studies on Swiss Neolithic Crucibles, in: E. Pernicka – G. A. Wagner (Hrsg.), *Archaeometry '90. International Symposium on Archaeometry. 2-6 April 1990 Heidelberg, Germany (Basel 1990)* 95-104.

Maggi – Pearce 2003

R. Maggi – M. Pearce, Excavations at the Fourth Millennium cal BC Copper Mines at Monte Loreto (Liguria – NW Italy), in: *International Conference Archaeometallurgy in Europe 1. Proceedings International Conference, 24, 25, 26 September 2003, Milan, Italy (Mailand 2003)*, 587-596.

Maggi – Pearce 2005

R. Maggi – M. Pearce, Mid fourth-millennium Copper Mining in Liguria, north-west Italy: The Earliest known Copper Mines in Western Europe, *Antiquity* 79, 2005, 66-77.

Mainberger 1984

M. Mainberger, Die Grabungskampagne 1983 im Schorrenried bei Reute, Stadt Bad Waldsee, Kreis Ravensburg, *Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg* 1983, 1984, 59-61.

Majidzadeh 1979

Y. Majidzadeh, An Early Prehistoric Coppersmith Workshop at Tepe Ghabristan, in: *Akten des VII. Internationalen Kongresses für Iranische Kunst und Archäologie, München 7.-10. September 1976*, *Archäologische Mitteilungen aus Iran, Ergänzungsband 6 (Berlin 1979)* 82-92.

Makkay 1976

J. Makkay, Problems concerning Copper Age Chronology in the Carpathian Basin. Copper Age gold pendants and gold discs in Central and South-East Europe, *ActaArchHung* 28, 1976, 251-300.

Makkay 1985

J. Makkay, Copper Age Gold Discs on the Territory of the later Pannonia Province, *CommunicAHung* 1985, 5-25.

Makkay 1989

J. Makkay, *The Tiszaszólós Treasure*, *StA* 10 (Budapest 1989).



#### Malfoy – Menu 1987

J.-M. Malfoy – M. Menu, La métallurgie du cuivre à Suse aux IV<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> millénaires: analyses en laboratoire, in: F. Tallon, Métallurgie susienne I,1. De la fondation de Suse au XVIII<sup>e</sup> siècle J.-C., Notes et Documents des Musée de France 15 (Paris 1987) 355-373.

#### Mallowan 1947

M. E. L Mallowan, Excavations at Brak and Chagar Bazar, Iraq 9, 1947, 1-266.

#### Mangou – Ioannou 1997

H. Mangou – P. V. Ioannou, On the Chemical Composition of Prehistoric Greek Copper-Based Artefacts from the Aegean Region, The Annual of the British School at Athens 92, 1997, 59-72.

#### Mangou – Ioannou 1999

H. Mangou – P. V. Ioannou, On the Chemical Composition of Prehistoric Greek Copper-Based Artefacts from Mainland Greece, The Annual of the British School at Athens 94, 1999, 81-100.

#### Manunza 2005

M. R. Manunza, La vita a Soleminis nella Preistoria, in: M. R. Manunza (Hrsg.), Cuccuru Cresia Arta. Indagini archeologiche a Soleminis (Dolianova 2005) 27-39.

#### Maran 2000

J. Maran, Das ägäische Chalkolithikum und das erste Silber in Europa, in: C. Işık (Hrsg.), Studien zur Religion und Kultur Kleinasiens und des ägäischen Bereiches. Festschr. Baki Öğün, Asia Minor Studien 39, Forschungsstelle Asia Minor im Seminar für Alte Geschichte der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (Bonn 2000) 179-193.

#### Maran 2004

J. Maran, Kulturkontakte und Wege der Ausbreitung der Wagentechnologie im 4. Jahrtausend v. Chr., in: M. Fansa – St. Burmeister (Hrsg.), Rad und Wagen. Der Ursprung einer Innovation. Wagen im Vorderen Orient und Europa, Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland Beiheft 40. Ausstellungskatalog Oldenburg (Mainz 2004) 429-442.

#### Maran 2007

J. Maran, Seaborne Contacts Between the Aegean, the Balkans and the Central Mediterranean in the 3rd Millennium BC: The Unfolding of the Mediterranean World, in: I. Galanaki – H. Tomas – Y. Galanakis – R. Laffineur (Hrsg.), Between the Aegean and Baltic Seas. Prehistory Across Borders, Proceedings of the International Conference Bronze and Early Iron Age Interconnections and Contemporary Developments between the Aegean and the Regions of the Balkan Peninsula, Central and Northern Europe, University of Zagreb, 11 - 14 April 2005, Aegaeum 27 (Liège 2007) 3-21.

#### Marechal 1985

J. R. Marechal, Methods of Ore Roasting and the Furnaces used, in: P. T. Craddock – M. J. Hughes (Hrsg.), Furnaces and Smelting Technology in Antiquity, British Museum Occasional Paper 48 (1985) 29-41.

#### Μαρινάτος 1930

Σπ. Μαρινάτος, Άνασκαφαί έν Κρήτη, Prakt 1930, 91-99.

#### Markl 2008

G. Markl, Minerale und Gesteine. Mineralogie – Petrologie – Geochemie <sup>2</sup>(Heidelberg 2008).

Marro 2008

C. Marro, Late Chalcolithic Ceramic Cultures in the Anatolian Highlands, in: K. S. Rubinson – A. Sagona (Hrsg.), *Ceramics in Transitions. Chalcolithic through Iron Age in the Highlands of the Southern Caucasus and Anatolia*, *Ancient Near Eastern Studies Supplement* 27 (Leuven 2008) 9-37.

Martinek – Sydow 2004

K.-P. Martinek – W. Sydow, Frühbronzezeitliche Kupfermetallurgie im Unterinntal (Nordtirol). Rohstoffbasis, archäologische und archäometallurgische Befunde, in: G. Weisgerber – G. Goldenberg (Hrsg.), *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, *Anschnitt Beiheft 17 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum* 122 (Bochum 2004) 199-211.

Matthews – Fazeli 2004

R. Matthews – H. Fazeli, Copper and Complexity. Iran and Mesopotamia in the Fourth Millennium B.C., *Iran* 42, 2004, 61-75.

Matuschik 1996

I. Matuschik, Brillen- und Hakenspiralen der frühen Metallzeit Europas, *Germania* 74,1, 1996, 1-43.

Matuschik 1997a

I. Matuschik, Eine donauländische Axt vom Typ Şiria aus Überlingen am Bodensee – Ein Beitrag zur Kenntnis des frühesten kupferführenden Horizontes im zentralen Nordalpengebiet, *PZ* 72, 1997, 81-105.

Matuschik 1997b

I. Matuschik, Der neue Werkstoff – Metall, in: G. Kastl – P. Rau – G. Wesselkamp (Hrsg.), *Goldene Jahrhunderte. Die Bronzezeit in Südwestdeutschland*, *ALManach 2. Ausstellungskatalog Konstanz* (Stuttgart 1997) 16-25.

Matuschik 1998

I. Matuschik, Kupferfunde und Metallurgiebelege, zugleich ein Beitrag zur Geschichte der kupferzeitlichen Dolche Mittel-, Ost- und Südosteuropas, in: M. Mainberger, *Das Moordorf von Reute. Archäologische Untersuchungen in der jungneolithischen Siedlung Reute-Schorrenried* (Staufen 1998) 207-261.

Matuschik 2004

I. Matuschik, Kupfer der Glockenbecherkultur im Nordalpengebiet. Zur endneolithischen Kupfergewinnung in den nordöstlichen Alpen, in: G. Weisgerber – G. Goldenberg (Hrsg.), *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, *Anschnitt Beiheft 17 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum* 122 (Bochum 2004) 285-302.

Mayer 1977

E. F. Mayer, Die Äxte und Beile in Österreich, *\*Prähistorische Bronzefunde IX,9* (München 1977).

McGeehan-Liritzis 1996

V. McGeehan-Liritzis, The Role and Development of Metallurgy in the Late Neolithic and Early Bronze Age of Greece (Jonsered 1996).

McGeehan-Liritzis – Gale 1988

V. McGeehan-Liritzis – Gale, Chemical and Lead Isotope Analyses of Greek Late Neolithic and Early Bronze Age Metals, *Archaeometry* 30,2, 1988, 199-225.

McKerrell – Stevenson 1972

H. McKerrell – R. B. K. Stevenson, Some Analyses of Anglo-Saxon and Associated Oriental Coinage, in: E. T. Hall – D. M. Metcalf (Hrsg.), *Methods of Chemical and Metallurgical Investigations of Ancient Coinage*. Symposium Held by the Royal Numismatic Society at Burlington House, London on 9 – 11 December 1970, Royal Numismatic Society Special Publication 8 (London 1972) 195-209.

McKerrell – Tylecote 1972

H. McKerrell – R. F. Tylecote, The Working of Copper-Arsenic Alloys in the Early Bronze Age and the Effect on the Determination of Provenance, *Proceedings of the Prehistoric Society* 38, 1972, 209-218.

Mecquenem 1934

R. de Mecquenem, Fouilles de Suse, 1929-1933, in: A. de la Fuÿe – N. T. Beliaiew – R. de Mecquenem (Hrsg.), *Archéologie, Métrologie et Numismatique Susiennes*, Mémoires de la Mission Archéologique de Perse 25 = Mission en Susiane (Paris 1934) 177-237.

Mecquenem 1943

R. de Mecquenem, Fouilles de Suse, 1933-1939, in: R. de Mecquenem – G. Contenau – R. Pfister – N. Beliaiew (Hrsg.), *Archéologie Susienne*, Mémoires de la Mission Archéologique en Iran 29 = Mission de Susiane (Paris 1943) 3-161.

Mecquenem 1953

R. de Mecquenem, Têtes de cannes susiennes en métal, *Revue d'assyriologie et d'archéologie orientale* 47, 1953, 79-82.

Meliksetyan – Pernicka 2010

C. Meliksetyan – E. Pernicka, Geochemical Characterisation of Armenian Early Bronze Age Metal Artefacts and their Relation to Copper Ores, in: S. Hansen – A. Hauptmann – I. Motzenbäcker – E. Pernicka (Hrsg.), *Von Majkop bis Trialeti. Gewinnung und Verbreitung von Metallen und Obsidian in Kaukasien im 4.-2. Jt. v. Chr.*, Beiträge des Internationalen Symposiums in Berlin vom 1.-3. Juni 2006, *Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte* 13 (Bonn 2010) 41-58.

Melis 1998

M. G. Melis, La tipologia come strumento per lo studio di alcuni problemi dell'Età del Rame in Sardegna, in: M. S. Balmuth – R. H. Tykot (Hrsg.), *Sardinian and Aegean Chronology. Towards the Resolution of Relative and Absolute Dating in the Mediterranean*. Proceedings of the International Colloquium 'Sardinian Stratigraphy and Mediterranean Chronology', Tufts University, Medford, Massachusetts, March 17-19, 1995, *Studies in Sardinian Archaeology* 5 (Oxford 1998) 235-250.

Melis 2005

M. G. Melis, Nuovi dati dall'insediamento preistorico di Su Coddu-Canelles (Selargius, Cagliari), in: P. Attema – A. Nijboer – A. Zifferero (Hrsg.), *Communities and Settlements from the Neolithic to the Early Medieval Period*. Proceedings of the 6th Conference of Italian Archaeology held at the University of Groningen, Groningen Institute of Archaeology, The Netherlands, April 15-17, 2003, *Papers in Italian Archaeology* 6 = BAR International Series 1452,2 (Oxford 2005) 554-560.

Melis 2009

M. G. Melis, L'Eneolitico antico, medio ed evoluto in Sardegna. Dalla fine dell'Ozieri all'Abealzu, in: C. Lugliè – R. Cicilloni (Hrsg.), *La preistoria e la protostoria della Sardegna*. Cagliari, Barumini, Sassari, 23-28 novembre 2009, *Atti della XLIV riunione scientifica = Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria* 44,1 (Firenze 2009) 81-95.

Mellaart 1966

J. Mellaart, *The Chalcolithic and Early Bronze Ages in the Near East and Anatolia* (Beirut 1966).

Mellaart 1967

J. Mellaart, Catal Hüyük. Stadt aus der Steinzeit (Bergisch Gladbach 1967).

Mellink 1967

M. J. Mellink, *Archaeology in Asia Minor*, AJA 71, 1967, 155-174.

Mellink 1969

M. J. Mellink, *Archaeology in Asia Minor*, AJA 73, 1969, 203-227.

Mellor 1982

R. E. H. Mellor, *The Soviet Union and its Geographical Problems* (London 1982).

Merkel 1985

J. Merkel, *Ore Beneficiation during the Late Bronze/Early Iron Age at Timna, Israel*, MASCA Journal 3,5, 1985, 164-169.

Merkel 1990

J. F. Merkel, *Experimental Reconstruction of Bronze Age Copper Smelting based on Archaeological Evidence from Timna*, in: B. Rothenberg (Hrsg.), *The Ancient Metallurgy of Copper. Archaeology, Experiment, Theory, Researches in the Arabah 1959-1984 2* (London 1990) 78-122.

Merkel – Shimada 1988

J. Merkel – I. Shimada, *Arsenical Copper Smelting at Batan Grande, Peru*, *Institute of Archaeo-Metallurgical Studies* 12, 1988, 4-7.

Merkl 2010

M. B. Merkl, *Bell Beaker Metallurgy and the Emergence of Fahlore-copper Use in Central Europe*, *Interdisciplinaria Archaeologica Natural Sciences in Archaeology* 1, 2010, 19-27.

Merkl 2011

M. B. Merkl, *Bell Beaker Copper Use in Central Europe. A Distinctive Tradition?*, *\*BAR International Series* 2267 (Oxford 2011).

Metten 2003

B. Metten, *Beitrag zur spätbronzezeitlichen Kupfermetallurgie im Trentino (Südalpen) im Vergleich mit anderen prähistorischen Kupferschlacken aus dem Alpenraum*, *Metalla* 10,1/2, 2003, 1-122.

Midgley 1992

M. S. Midgley, *TRB Culture. The First Farmers of the North European Plain* (Edinburgh 1992).

Milevski u. a. 2011

I. Milevski – P. Fabian – O. Marder, *Canaanite Blades in Chalcolithic Contexts of the Southern Levant?*, in: J. L. Lovell and Y. M. Rowan (Hrsg.), *Culture, Chronology and the Chalcolithic. Theory and Transition, Konferenz Madrid 2006, Levant Supplementary Series* 9 (Oxford 2011) 149-159.

Milojčić 1953

cxV. Milojčić, *Ein Goldfund der Kupferzeit aus Ungarn*. *Germania* 31, 1953, 7-11.

Miroschedji 2000

P. de Miroschedji, *La ceramique de Khirbet Kerak en Syro-Palestine: Etat de la question*, in: C. Marro – H. Hauptmann (Hrsg.), *Chronologies des pays du Caucase et de l'Euphrate aux IVE-IIIe millénaires = From the Euphrates to the Caucasus. Chronologies for the IVth-IIIrd millennium B.C. = Vom Euphrat in den Kaukasus. Vergleichende Chronologie des IV. und III. Jahrtausends v. Chr. Actes du Colloque*

International organisé par l'Institut Français d'Études Anatoliennes d'Istanbul (IFEA) en collaboration avec l'Université d'Istanbul (İÜ), le Deutsches Archäologisches Institut, Istanbul (DAI) et le British Institute of Archaeology at Ankara (BIAA), *Varia Anatolica* 11 (Paris 2000) 255-278.

Moesta 1983

H. Moesta, *Erze und Metalle. Ihre Kulturgeschichte im Experiment* (Berlin 1983).

Moesta 1992

H. Moesta, Bericht über die Untersuchungen einiger metallurgisch relevanter Fundstücke vom Götschenberg (Grabung Lippert), in: A. Lippert, *Der Götschenberg bei Bischofshofen. Eine ur- und frühgeschichtliche Höhensiedlung im Salzachpongau*, *Mitteilungen der Prähistorischen Kommission der Österreichischen Akademie der Wissenschaften* 27 (Wien 1992) 143-155.

Moesta 1998

H. Moesta, *Quelques remarques concernant la production et les qualités des alliages du cuivre, de l'arsenic et de l'antimoine*, in: M.-Ch. Frère-Sautot (Hrsg.), *Paléoméallurgie des cuivres. Actes du colloque de Bourg-en-Bresse et Beaune, 17-18 octobre 1997*, *Instrumentum* 5 (Montagnac 1998) 197-201.

Moesta 2004

H. Moesta, *Bemerkungen zu bronzezeitlichen Metallen mit hohem Gehalt an Arsen und/oder Antimon, den sog. Fahlerzmetallen*, in: G. Weisgerber – G. Goldenberg (Hrsg.), *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, *Anschnitt Beiheft 17 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum* 122 (Bochum 2004) 269-272.

Moesta – Franke 1995

H. Moesta – P. R. Franke, *Antike Metallurgie und Münzprägung. Ein Beitrag zur Technikgeschichte* (Basel 1995).

Moesta – Schlick 1989

H. Moesta – G. Schlick, *The Furnace of Mitterberg. An Oxidizing Bronze Age Copper Process*, *Kinzoku Hakubutsukan kiyo = Bulletin of the Metals Museum* 14, 1989, 5-16.

Moesta u. a. 1989

H. Moesta – R. Ruffler – G. Schnau-Roth, *Zur Verfahrenstechnik der bronzezeitlichen Kupferhütten am Mitterberg. Mößbauer- und mikroskopische Studien*, in: A. Hauptmann – E. Pernicka – G. A. Wagner (Hrsg.), *Archäometallurgie der Alten Welt. Beiträge zum Internationalen Symposium „Old World Archaeometallurgy“*, Heidelberg 1987 = *Old World Archaeometallurgy*, *Anschnitt Beiheft 7 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum* 44 (Bochum 1989) 141-153.

Momenzadeh 2004

M. Momenzadeh, *Metallische Bodenschätze in Iran in antiker Zeit. Ein kurzer Überblick*, in: Th. Stöllner – R. Slotta – A. Vatandoust (Hrsg.), *Persiens Antike Pracht. Bergbau – Handwerk – Archäologie. Ausstellungskatalog Bochum*, *Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum* 128 (Bochum 2004) 8-21.

Monah 1979

D. Monah, *Idoli en violin din cultura Cucuteni*, *Cercetări Istorice N. S.* 9/10, 1978/1979, 163-175.

Monah – Monah 1997

D. Monah – F. Monah, *The Last Great Chalcolithic Civilization of Old Europe*, in: C.-M. Mantu – G. Dumitroaia – A. Tsaravopoulos (Hrsg.), *Cucuteni. The Last Great Chalcolithic Civilization of Europe. Ausstellungskatalog Thessaloniki* (Bukarest 1997) 15-95.

Monah – Monah 2008

D. Monah – D. Monah, Cercetări arheobotanice în Tell-ul calcolitic Poduri-Dealul Ghindaru, Biblioteca Memoriae antiquitatis 19 (Piatra-Neamț 2008).

Monah u. a. 2003

D. Monah – Gh. Dumitroaia – F. Monah – C. Preoteasa – R. Munteanu – D. Nicola, Poduri-Dealul Ghindaru. O troie în Subcarpații Moldovei, Bibliotheca Memoriae antiquitatis 13 (Piatra-Neamț 2003).

Moorey 1982a

P. R. S. Moorey, The Archaeological Evidence for Metallurgy and Related Technologies in Mesopotamia, c. 5500-2100 B.C., Iraq 44, 1982, 13-38.

Moorey 1982b

P. R. S. Moorey, Archaeology and Pre-Achaemenid Metalworking in Iran. A Fifteen Year Retrospective, Iran 20, 1982, 81-101.

Moorey 1985

P. R. S. Moorey, Materials and Manufacture in Ancient Mesopotamia: The Evidence of Archaeology and Art. Metals and Metalwork, Glazed Materials and Glass, \*BARIntSer 237 (Oxford 1985).

Moorey 1994

P. R. S. Moorey, Ancient Mesopotamian Materials and Industries. The Archaeological Evidence (Oxford 1994).

Moorey – Gurney 1978

P. R. S. Moorey – O. R. Gurney, Ancient Near Eastern Cylinder Seals acquired by the Ashmolean Museum, Oxford, 1963-1973, Iraq 40, 1978, 41-60.

Motzoi-Chicideanu – Olteanu 2001

I. Motzoi-Chicideanu – Gh. Olteanu, A Slab-Cist Grave discovered at Văleni-Dâmbovița, European Archaeology – online 2001, zuletzt aktualisiert am 31.03.2001, <[http://www.archaeology.ro/imc\\_valeni.htm](http://www.archaeology.ro/imc_valeni.htm)> (14.11.2006).

Müller 2001

J. Müller, Soziochronologische Studien zum Jung- und Spätneolithikum im Mittelbe-Saale-Gebiet (4100-2700 v. Chr.). Eine sozialhistorische Interpretation prähistorischer Quellen, Vorgeschichtliche Forschungen 21 (Rahden 2001).

Müller 2012

J. Müller, Aspenstedt-Großer Berg: Ein spätneolithisches Grab mit kupfernem Nietdolch – Hinweis auf eine „verpasste“ Innovation, Praehistorische Zeitschrift 87,1, 2012, 44-57.

Müller u. a. 2007

R. Müller – G. Goldenberg – M. Bartelheim – M. Kunst – E. Pernicka, Zambujal and the Beginnings of Metallurgy in Southern Portugal, in: S. La Niece – D. Hook – P. Craddock (Hrsg.), Metals and Mines. Studies in Archaeometallurgy. Selected papers from the conference Metallurgy: A Touchstone for Cross-cultural Interaction held at the British Museum 28-30 April 2005 to celebrate the career of Paul Craddock during his 40 years at the British Museum (London 1997) 15-26.

Müller-Karpe 1994a

A. Müller-Karpe, Anatolische Bronzeschwerter und Südosteuropa, in: C. Dobiat (Hrsg.), Festschrift für Otto-Herrmann Frey zum 65. Geburtstag, Marburger Studien zur Vor- und Frühgeschichte 16 (Hitzeroth 1994) 431-444.

Müller-Karpe 1994b

A. Müller-Karpe, Altanatolisches Metallhandwerk, Offa-Bücher 75 (Neumünster 1994).

Müller-Karpe 1989

M. Müller-Karpe, Neue Forschungen zur frühen Metallverarbeitung in Mesopotamien, Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz 36,1, 1989, 179-192.

Müller-Karpe 1991

M. Müller-Karpe, Aspects of Early Metallurgie in Mesopotamia, in: E. Pernicka – G. A. Wagner (Hrsg.), Archaeometry '90. International Symposium on Archaeometry. 2-6 April 1990 Heidelberg, Germany (Basel 1990) 105-116.

Müller-Karpe 1993

M. Müller-Karpe, Metallgefäße im Iraq I. Von den Anfängen bis zur Akkad-Zeit, \*PBF II,14 (Stuttgart 1993).

Müller-Karpe 2002

M. Müller-Karpe, Zur Metallverwendung im Mesopotamien des 4. und 3. Jahrtausends, in: Ü. Yalçın (Hrsg.), Anatolian Metal 2. Internationales Symposium „Anatolian Metal 2“ Oktober 2000 in Bochum, Anschnitt Beiheft 15 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 109 (Bochum 2002) 137-148.

Muhly 1985

J. D. Muhly, Beyond Typology: Aegean Metallurgy in its Historical Context, in: N. C. Wilkie – W. D. E. Coulson (Hrsg.), Contributions to Aegean Archaeology. Studies in Honor of William A. McDonald, Publications in Ancient Studies 1 (Minneapolis 1985) 109-141.

Muhly 1988

J. D. Muhly, The Beginnings of Metallurgy in the Old World, in: R. Maddin (Hrsg.), The Beginning of the Use of Metals and Alloys. Papers from the Second International Conference on the Beginning of the Use of Metals and Alloys, Zhengzhou, China, 21-26 October 1986 (Cambridge Massachusetts 1988) 2-20.

Muhly 1989

J. D. Muhly, Çayönü Tepesi and the Beginnings of Metallurgy in the Old World, in: A. Hauptmann – E. Pernicka – G. A. Wagner (Hrsg.), Archäometallurgie der Alten Welt. Beiträge zum Internationalen Symposium „Old World Archaeometallurgy“, Heidelberg 1987 = Old World Archaeometallurgy, Anschnitt Beiheft 7 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 44 (Bochum 1989) 1-11.

Muhly 1996

J. D. Muhly, The First Use of Metals in the Aegean, in: B. Bagolini – F. Lo Schiavo (Hrsg.), The Copper Age in the Near East and Europe, The colloquia of the XIII International Congress of Prehistoric and Protohistoric Sciences 10, International Congress of Prehistoric and Protohistoric Sciences, 1996 Forlì, Colloquium 9, Metallurgy. Origins and Technology (Forlì 1996) 75-84.

Muhly 2002

J. D. Muhly, Early Metallurgy in Greece and Cyprus, in: Ü. Yalçın (Hrsg.), Anatolian Metal 2. Internationales Symposium „Anatolian Metal 2“ Oktober 2000 in Bochum, Anschnitt Beiheft 15 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 109 (Bochum 2002) 77-82.

Muhly 2008a

J. D. Muhly, An Introduction to Minoan Archaeometallurgy, in: I. Tzachili (Hrsg.), Aegean Metallurgy in the Bronze Age. Proceedings of an International Symposium held at the University of Crete, Rethymnon, Greece, on November 19-21, 2004 (Athen 2008) 35-41.

Muhly 2008b

J. D. Muhly, Ayia Photia and the Cycladic Element in Early Minoan Metallurgy, in: I. Tzachili (Hrsg.), Aegean Metallurgy in the Bronze Age. Proceedings of an International Symposium held at the University of Crete, Rethymnon, Greece, on November 19-21, 2004 (Athen 2008) 69-74.

Muhly 2011

J. D. Muhly, Metals and Metallurgy, in: S. R. Steadman – G. McMahon (Hrsg.), The Oxford Handbook of Ancient Anatolia. 10,000–323 B.C.E. (Oxford 2011) 858-876.

Munteanu – Dumitroaia 2010

R. Munteanu – Gh. Dumitroaia, Un pumnal din epoca bronzului descoperit la Poduri (jud. Bacău). A Bronze Age dagger from Poduri [Bacău County], Studii și cercetări de istorie veche și arheologie 61, 2010, 133-141.

Muscarella 1969

O. Wh. Muscarella, The Tumuli at Sé Girdan. A Preliminary Report, Metropolitan Museum Journal 2, 1969, 5-25.

Muscarella 1971

O. Wh. Muscarella, The Tumuli at Sé Girdan. Second Report, Metropolitan Museum Journal 4, 1971, 5-28.

Muscarella 2003

O. Wh. Muscarella, The Chronology and Culture of Sé Girdan. Phase III, Ancient Civilizations 9,1-2, 2003, 117-131.

Nestor u. a. 1952

I. Nestor – u. a., Șantierul Valea Jijiei, Studii și cercetări de istorie veche și arheologie 3, 1952, 19-119.

Neumann 2001

U. Neumann, Erzlagerstättenkunde,  
<<http://www.uni-tuebingen.de/uni/emi/alt/lager/LagerErz.htm>> (23.10.2006).

Neuninger u. a. 1964

H. Neuninger – R. Pittioni – W. Siegl, Frühkeramikzeitliche Kupfergewinnung in Anatolien, Archaeologia Austriaca 35, 1964, 98-110.

Neuninger u. a. 1970

H. Neuninger – E. Preuschen – R. Pittioni, Versuch einer Fahlerzverhüttung nach dem alten Arbeitsgang auf der Insel Luzon, Archaeologia Austriaca 47, 1970, 87-90.

Nezafati – Pernicka 2012

N. Nezafati – E. Pernicka, Early Silver Production in Iran, Iranian Archaeology 3, 2012, 37-45.



Nezafati u. a. 2011

N. Nezafati – E. Pernicka – M. Momenzadeh, Early Tin-Copper Ore from Iran, a Possible [sic!<sup>4301</sup>] Clue for the Enigma of Bronze Age Tin, in: Ü. Yalçın (Hrsg.), Anatolian Metal 5. Beiträge des im November 2008 in Bochum veranstalteten Internationalen Symposiums "Anatolian Metal V", Anschnitt Beiheft 24 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 180 (Bochum 2011) 211-230.

Nielsen 1994

P. O. Nielsen, The Neolithic, in: St. Hvass – B. Storgaard (Hrsg.), Digging into the Past. 25 Years of Archaeology in Denmark (Kopenhagen 1993) 84-87.

Nissen 1987

H. J. Nissen, The chronology of the Proto- and Early historic periods in Mesopotamia and Susiana, in: O. Aurenche – J. Evin – F. Hours (Hrsg.), Chronologies du Proche Orient. Chronologies in the Near East: Relative Chronologies and Absolute Chronology 16,000-4,000 B.P. C.N.R.S. International Symposium, Lyon (France) 24-28 November 1986. \*BARIntSer. 379 ii (Oxford 1987) 607-614.

Nissen 1998

H. J. Nissen, Geschichte Altvorderasiens, Oldenbourg Grundriß der Geschichte 25 (München 1998).

Nissen 1999

H. J. Nissen, Uruk – eine Großstadt des 4. Jahrtausends vor Christus, in: W. Seipel – A. Wieczorek (Hrsg.), Von Babylon bis Jerusalem. Die Welt der altorientalischen Königsstädte Bd. 2. Ausstellungskatalog Mannheim (Mannheim 1999) 189-221.

Nissen 2001

H. J. Nissen, Cultural and Political Networks in the Ancient Near East during the Fourth and Third Millennia B.C., in: M. S. Rothman (Hrsg.), Uruk Mesopotamia & Its Neighbors. Cross Cultural Interactions in the Era of State Formation, School of American Research Advanced Seminar Series (Oxford 2001) 149-179.

Nocera 2000

G.-M. di Nocera, Radiocarbon Datings from Arslantepe and Norşuntepe. The Fourth-Third Millennium Absolute Chronology in the Upper Euphrates and Transcaucasian Region, in: C. Marro – H. Hauptmann (Hrsg.), Chronologies des pays du Caucase et de l'Euphrate aux IVe-IIIe millénaires = From the Euphrates to the Caucasus. Chronologies for the IVth-IIIrd millennium B.C. = Vom Euphrat in den Kaukasus. Vergleichende Chronologie des IV. und III. Jahrtausends v. Chr. Actes du Colloque International organisé par l'Institut Français d'Études Anatoliennes d'Istanbul (IFEA) en collaboration avec l'Université d'Istanbul (iÜ), le Deutsches Archäologisches Institut, Istanbul (DAI) et le British Institute of Archaeology at Ankara (BIAA), Varia Anatolica 11 (Paris 2000) 73-93.

Northover 1989

J. P. Northover, Properties and Use of Arsenic Alloys, in: A. Hauptmann – E. Pernicka – G. A. Wagner (Hrsg.), Archäometallurgie der Alten Welt. Beiträge zum Internationalen Symposium „Old World Archaeometallurgy“, Heidelberg 1987 = Old World Archaeometallurgy, Anschnitt Beiheft 7 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 44 (Bochum 1989) 111-118.

Novotná 1970

M. Novotná, Die Äxte und Beile in der Slowakei, \*PBF IX,3 (München 1970).

---

<sup>4301</sup> In Inhaltverzeichnis und am Artikelanfang.

Oates 1982

D. Oates, Tell Brak, in: J. Curtis (Hrsg.), Fifty Years of Mesopotamian Discovery. The Work of the British School of Archaeology in Iraq. 1932-1982 (Hertford 1982) 62-71.

Oates 2002

J. Oates, Tell Brak: The 4<sup>th</sup> Millennium Sequence and its Implications, in: J. N. Postgate (Hrsg.), Artefacts of Complexity: Tracking the Uruk in the Ancient Near East. Conference Manchester November 1998, Iraq Archaeological Reports 5 (Warminster 2002) 111-122.

Oates 2012

J. Oates, Early Administration at Arslantepe and Tell Brak (Ancient Nagar), *Origini* 34, 2012, 169-178.

Oates – Oates 1994

D. Oates – J. Oates, Tell Brak: A Stratigraphic Summary, 1976-1993, *Iraq* 56, 1994, 167-176.

Oates – Oates 1997

D. Oates – J. Oates, An Open Gate: Cities of the Fourth Millennium BC (Tell Brak 1997), *CambrAJ* 7,2, 1997, 287-297.

Oates – Oates 2004

J. Oates – D. Oates, The Role of Exchange Relations in the Origins of Mesopotamian Civilization, in: J. Cherry – Chr. Scare – St. Shennan (Hrsg.), Explaining social change. Studies in honour of Colin Renfrew (Cambridge 2004) 177-192.

Obereder u. a. 1993

J. Obereder – E. Pernicka – E. Ruttikay, Die Metallfunde und die Metallurgie der kupferzeitlichen Mondseegruppe. Ein Vorbericht, *Archäologie Österreichs* 4,2, 1993, 5-9.

O'Brien 1999

W. O'Brien, Arsenical Copper in Early Irish Metallurgy, in: S. M. M. Young – A. M. Pollard – P. Budd – R. A. Ixer (Hrsg.), Metals in Antiquity. Symposium 10 to 13 September 1997 Cambridge in honour of K. C. Chang, BAR International Series 792 (Oxford 1999) 33-42.

Özbal 1983

H. Özbal, Tepecik ve Tülintepe Metal, Filiz ve Cüruf Analizleri Sonuçları, Arkeometri Ünitesi Bilimsel Toplantı Bildirileri III (Anakra 1983) 203-218.

Özbal 1986

H. Özbal, Değirmentepe Metal – Cüruf ve Filiz Analizleri, Arkeometri Ünitesi Bilimsel Toplantı Bildirileri VI (Anakra 1986) 101-113.

Özbal u. a. 1999

H. Özbal – A. Adriaens – B. Earl, Hacinebi Metal Production and Exchange, *Paléorient* 25,1, 1999, 57-65.

Özbal u. a. 2002

H. Özbal – N. Pehlivan – B. Earl – B. Gedik, Metallurgy at İkiztepe, in: Ü. Yalçın (Hrsg.), Anatolian Metal 2. Internationales Symposium „Anatolian Metal 2“ Oktober 2000 in Bochum, *Anschnitt Beiheft*. 15 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 109 (Bochum 2002) 39-48.

Özbal u. a. 2008

H. Özbal – N. Pehlivan – M. Adriaens – B. Gedik-Uluocak – B. Earl, Metal Technologies During the Late Chalcolithic and Early Bronze Age in North Central Anatolia: İkiztepe a Case Study, in: Ü. Yalçın – H.

Özbal – A. G. Paşamehmetoğlu (Hrsg.), Ancient Mining in Turkey and the Eastern Mediterranean. International Conference AMITEM 2008, Ancient Mining in Turkey and the Eastern Mediterranean, June 15 - 22. 2008 Ankara, Turkey (Ankara 2008) 65-85.

Özdoğan 1991

M. Özdoğan, Eastern Thrace before the Beginning of Troy I – an Archaeological Dilemma, in: J. Lichardus (Hrsg.), Die Kupferzeit als historische Epoche, SaarBeitr 55 = Kongress Saarbrücken und Otzenhausen 1988 (Bonn 1991) 217-225.

Özdoğan 1996

M. Özdoğan, Pre-Bronze Age Sequence of Central Anatolia: An Alternative Approach, in: U. Magen – M. Rashad (Hrsg.), Vom Halys zum Euphrat. Festschrift J. Beran, Altertumskunde des Vorderen Orients 7 (Münster 1996) 185-202.

Özgüç 1978

T. Özgüç, Maşat Höyük Kazıları ve Çevresindeki Araştırmalar. Excavations at Maşat Höyük and Investigations in its Vicinity, TTKY V 38 (Ankara 1978).

Ogden 2000

J. Ogden, Metals, in: P. T. Nicholson – I. Shaw, Ancient Egyptian Materials and Technology (Cambridge 2000) 148-176.

Oross u. a. 2010

K. Oross – T. Marton – A. Whittle – R. E. M. Hedges – L. J. E. Cramp, Die Siedlung der Balaton-Lasinja-Kultur in Balatonszárszó-Kis-erdei-dűlő, in: J. Šuteková – P. Pavúk – P. Kalábková – B. Kovár (Hrsg.), Panta Rhei. Studies on the Chronology and Cultural Development of South-Eastern and Central Europe in earlier Prehistory. Presented to Juraj Pavúk on the Occasion of his 75th birthday, Studia Archaeologica et Mediaevalia 11 (Bratislava 2010) 379-405.

Orthmann 1963

W. Orthmann, Die Keramik der Frühen Bronzezeit aus Inneranatolien, \*IstForsch 24 (Berlin 1963).

Osten 1937a

H. H. von der Osten, The Alishar Hüyük. Seasons of 1930-32, Part 1, The University of Chicago Oriental Institute Publications 28 = Researches in Anatolia 7 (Chicago 1937).

Osten 1937b

H. H. von der Osten, The Alishar Hüyük. Seasons of 1930-32, Part 3, The University of Chicago Oriental Institute Publications 30 = Researches in Anatolia 9 (Chicago 1937).

Ottaway 1982

B. S. Ottaway, Earliest Copper Artifacts of the Northalpine Region. Their Analysis and Evaluation, Schriften des Seminars für Urgeschichte der Universität Bern 7 (Bern 1982).

Ottaway 1994

B. S. Ottaway, Prähistorische Archäometallurgie (Espelkamp 1994).

Ottaway 2001

B. S. Ottaway, Innovation, Production and Specialization in Early Prehistoric Copper Metallurgy, European Journal of Archaeology 4,1, 2001, 87-112.

Ottaway – Roberts 2008

B. S. Ottaway – B. Roberts, The Emergence of Metalworking, in: A. Jones (Hrsg.), Prehistoric Europe. Theory and Practice, Blackwell Studies in Global Archaeology 12 (Malden, Massachusetts 2008) 193-225.

Otto – Witter 1952

H. Otto – W. Witter, Handbuch der ältesten vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa (Leipzig 1952).

Oxford Encyclopedia of Archaeology in the Near East 1 (1997) 390-394 s. v. Byblos (M. S. Joukowsky).

Palmieri 1981

A. Palmieri, Excavations at Arslantepe (Malatya), AnSt 31, 1981, 101-119.

Palmieri u. a. 1993

A. Palmieri – K. Sertok – E. Chernykh, From Arslantepe Metalwork to Arsenical Copper Technology in Eastern Anatolia, in: M. Frangipane – H. Hauptmann – M. Liverani – P. Matthiae – M. Mellink (Hrsg.), Between the rivers and over the mountains. Archaeologica Anatolica et Mesopotamica Alba Palmieri dedicata (Rom 1993) 573-599.

Palmieri u. a. 1996

A. M. Palmieri – A. Hauptmann – K. Hess – K. Sertok, The Composition of Ores and Slags found at Arslantepe, Malatya, in: Ş. Demirci – A. M. Özer – G. D. Summers (Hrsg.), Archaeometry 94. The Proceedings of the 29th International Symposium on Archaeometry. Ankara, 9 - 14 May 1994 (Ankara 1996) 447-449.

Palmieri u. a. 1999

A. Palmieri – M. Frangipane – A. Hauptmann – K. Hess, Early Metallurgy at Arslantepe during the Late Chalcolithic and Early Bronze Age IA – IB Periods, in: A. Hauptmann – E. Pernicka – T. Rehren – Ü. Yalçın (Hrsg.), The Beginnings of Metallurgy. Proceedings of the International Conference „The Beginnings of Metallurgy“, Bochum 1995, Anschnitt Beiheft 9 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 84 (Bochum 1999) 141-148.

Palumbi 2008

G. Palumbi, Mid-Fourth Millennium Red-Black Burnished Wares from Anatolia: A Cross-Comparison, in: K. S. Rubinson – A. Sagona (Hrsg.), Ceramics in Transitions. Chalcolithic through Iron Age in the Highlands of the Southern Caucasus and Anatolia, Ancient Near Eastern Studies Supplement 27 (Leuven 2008) 39-58.

Papadimitriou 2008

G. Papadimitriou, The Technological Evolution of Copper Alloys in the Aegean During the Prehistoric Period, in: I. Tzachili (Hrsg.), Aegean Metallurgy in the Bronze Age. Proceedings of an International Symposium held at the University of Crete, Rethymnon, Greece, on November 19-21, 2004 (Athen 2008) 271-287.

Papadopoulos 2008

S. Papadopoulos, Silver and Copper Production Practices in the Prehistoric Settlement at Limenaria, Thasos, in: I. Tzachili (Hrsg.), Aegean Metallurgy in the Bronze Age. Proceedings of an International Symposium held at the University of Crete, Rethymnon, Greece, on November 19-21, 2004 (Athen 2008) 59-67.

Papathanasiou 2001

A. Papathanasiou, A Bioarchaeological Analysis of Neolithic Alepotrypa Cave, Greece, \*BARIntSer 961 (Oxford 2001).

Papathanassopoulos 1996a

G. A. Papathanassopoulos, Habitation in Caves, in: G. A. Papathanassopoulos (Hrsg.), Neolithic Culture in Greece. Nicholas P. Goulandris Foundation Museum of Cycladic Art. Ausstellungskatalog 1996 (Athen 1996) 39-40.

Papathanassopoulos 1996b

G. A. Papathanassopoulos, Neolithic Diros: The Alepotrypa Cave, in: G. A. Papathanassopoulos (Hrsg.), Neolithic Culture in Greece. Nicholas P. Goulandris Foundation Museum of Cycladic Art. Ausstellungskatalog 1996 (Athen 1996) 80-84.

Papathanassopoulos 1996c

G. A. Papathanassopoulos, Burial Customs at Diros, in: G. A. Papathanassopoulos (Hrsg.), Neolithic Culture in Greece. Nicholas P. Goulandris Foundation Museum of Cycladic Art. Ausstellungskatalog 1996 (Athen 1996) 175-177.

Papathanassopoulos 1996d

G. A. Papathanassopoulos, Alepotrypa Cave, Diros, in: G. A. Papathanassopoulos (Hrsg.), Neolithic Culture in Greece. Nicholas P. Goulandris Foundation Museum of Cycladic Art. Ausstellungskatalog 1996 (Athen 1996) 216-229.

Papathanassopoulos 1998

G. A. Papathanassopoulos, in: K. Dimakopoulou (Hrsg.), Kosmemata tes Ellenikes proistorias. Ho Neolithikos Thesaurus. Ausstellung Nationalmuseum Athen 15.12.1998-28.02.1999 (Athen 1998) 65.

Parzinger 1992

H. Parzinger, Hornstaad – Hlinsko – Stollhof. Zur absoluten Datierung eines vor-Badenzeitlichen Horizontes, Germania 70,2, 1992, 241-250.

Parzinger 1993a

H. Parzinger, Zur Zeitstellung der Büyükkaya-Ware: Bemerkungen zur vorbronzezeitlichen Kulturfolge Zentralanatoliens, Anatolica 19, 1993, 211-229.

Parzinger 1993b

H. Parzinger, Studien zur Chronologie und Kulturgeschichte der Jungstein-, Kupfer- und Frühbronzezeit zwischen Karpaten und Mittlerem Taurus, \*RGF 52 (Mainz 1993).

Parzinger 2006

H. Parzinger, Die frühen Völker Eurasiens. Vom Neolithikum bis zum Mittelalter (München 2006).

Patay 1987

P. Patay, A Tiszalúc-sarkadi rézkori telep ásatásának eddigi eredményei. Bisherige Ergebnisse der Ausgrabung in der kupferzeitlichen Siedlung von Tiszalúc-Sarkad. FoIA 38, 1987, 89-120.

Patay 1995a

P. Patay, Die kupferzeitliche Siedlung Tiszalúc-Sarkad, in: A. Aspes (Hrsg.), Symposium Settlement Patterns. Between the Alps and the Black Sea 5<sup>th</sup> to 2<sup>nd</sup> Millennium B.C. Symposium Verona – Lazise 1992. Memorie del Museo Ciccio di Storia Naturale di Verona (II<sup>a</sup> Serie) Sezione Scienze dell'Uomo N. 4 1995 (Verona 1995) 93-98.

Patay 1995b

P. Patay, Die kupferzeitliche Siedlung Tiszalúc-Sarkadpusszta und die Hunyadi-halom-Kultur, in: T. Kovacs (Hrsg.), Neuere Daten zur Siedlungsgeschichte und Chronologie der Kupferzeit des Karpatenbeckens (Budapest 1995) 107-115.

Patay 2004

P. Patay, Gräber der Hunyadi-halom-Kultur, in: B. Hänsel – E. Studeníková (Hrsg.), Zwischen Karpaten und Ägäis. Neolithikum und Ältere Bronzezeit. Gedenkschrift für Viera Němejcová-Pavúková , Internationale Archäologie: Studia honoraria 21 (Rahden 2004) 169-175.

Patay – Szathmári 2001

P. Patay – I. Szathmári, Über einen seltenen urzeitlichen silbernen Blechanhänger aus dem Karpatenbecken, CommunicAHung 2001, 5-13.

Patterson 1971

C. C. Patterson, Native Copper, Silver and Gold Accessible to Early Metallurgists, American Antiquity 36, 1971, 286-321.

Pavelčík 1979

J. Pavelčík, Depot měděných šperků z Hlinska u Lipníku n./Beč. Hortfund des Kupferschmucks aus Hlinsko bei Lipník a. d. Bečva, PamA 70,2, 1979, 319-339.

Payne 1993

J. C. Payne, Catalogue of the Predynastic Egyptian Collection in the Ashmolean Museum (Oxford 1993).

Pedde 1992

F. Pedde, Teil I. Die Kleinfunde aus Metall, in: M. van Ess – F. Pedde, Uruk. Kleinfunde II. Metall und Asphalt, Farbreste, Fritte/Fayance, Glas, Holz, Knochen/Elfenbein, Leder, Muschel/Perlmutter/Schnecke, Schilf, Textilien, \*AUWE 7 (Mainz 1992) 1-118.

Pedde 2000

F. Pedde, Metall, in: F. Pedde – M. Heinz – B. Müller-Neuhof, Uruk. Kleinfunde IV. Metall- und Steinobjekte im Vorderasiatischen Museum zu Berlin, \*AUWE 21 (Mainz 2000) 1-102.

Pernicka 1984

E. Pernicka, Instrumentelle Multi-Elementanalyse archäologischer Kupfer- und Bronzeartefakte. Ein Methodenvergleich, Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz 31, 1984, 517-531.

Pernicka 1987

E. Pernicka, Erzlagerstätten in der Ägäis und ihre Ausbeutung im Altertum – Geochemische Untersuchungen zur Herkunftsbestimmung archäologischer Metallobjekte, JbRGZM 34,2, 1987, 607-714.

Pernicka 1990

E. Pernicka, Gewinnung und Verbreitung der Metalle in prähistorischer Zeit, JbRGZM 37,1, 1990, 21-129.

Pernicka 1993

E. Pernicka, Analytisch-chemische Untersuchungen an Metallfunden von Uruk-Warka und Kiš, in: M. Müller-Karpe, Metallgefäße im Iraq I (Von den Anfängen bis zur Akkad-Zeit), \*PBF II,14 (Stuttgart 1993) 312-316.

Pernicka 1999

E. Pernicka, Trace Element Fingerprinting of Ancient Copper. A Guide to Technology or Provenance?, in: S. M. M. Young – A. M. Pollard – P. Budd – R. A. Ixer (Hrsg.), *Metals in Antiquity. Symposium 10 to 13 September 1997 Cambridge in honour of K. C. Chang*, BAR International Series 792 (Oxford 1999) 163-171.

Pernicka 2004

E. Pernicka, Archaeometallurgy: Examples of the Application of Scientific Methods to the Provenance of Archaeological Metal Objects, in: M. Martini – M. Milazzo – M. Piacentini (Hrsg.), *Physics Methods in Archaeometry. Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi", Course CLIV, Varenna on Lake Como, Villa Monastero, 17 - 27 June 2003 (Amsterdam 2004)* 309-329.

Pernicka 2014a

E. Pernicka, 2014a. Provenance Determination in Archaeological Metal Objects, in: B. W. Roberts – C. P. Thornton (Hrsg.), *Archaeometallurgy in Global Perspective. Methods and Syntheses (New York 2014)*, 329-268.

Pernicka 2014b

E. Pernicka, Possibilities and limitations of provenance studies of ancient silver and gold, in: H. Meller, R. Risch, E. Pernicka (Hrsg.), *Metalle der Macht – frühes Gold und Silber. 6. Mitteldeutscher Archäologentag vom 17. bis 19. Oktober 2013 in Halle (Saale) = Metals of power – early gold and silver. 6th Archaeological Conference of Central Germany, October 17-19, 2013 in Halle (Saale), Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle (Halle/Saale), Bd. 11,1, 153-164.*

Pernicka 2017

E. Pernicka, Provenance and recycling of ancient silver. A comment on "Iridium to provenance ancient silver" by Jonathan R. Wood, Michael F. Charlton, Mercedes Murillo-Barroso, Marcos Martín-Torres. *J. Archaeol. Sci.* 81, 1-12, *Journal of Archaeological Science* 86, 2017, 123-126.

Pernicka – Hauptmann 1989

E. Pernicka – A. Hauptmann, Chemische und mineralogische Analyse einiger Erz- und Kupferfunde von Maadi, in: I. Rizkana – J. Seeher, *Maadi 3. The Non-Lithic Small Finds and the Structural Remains of the Predynastic Settlement*, *Archäologische Veröffentlichungen* 80 (Mainz 1989) 137-141.

Pernicka u. a. 1984

E. Pernicka – Th. C. Seeliger – G. A. Wagner – F. Begemann – S. Schmitt-Strecker – C. Eibner – Ö. Öztunli – I. Baranyi, *Archäometallurgische Untersuchungen in Nordwestanatolien*, *Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz* 31, 1984, 533-599.

Pernicka u. a. 1985

E. Pernicka – Ch. Lutz – H. G. Bachmann – G. A. Wagner – Ch. Elitzsch – E. Klein, *Alte Blei-Silber-Verhüttung auf Sifnos*, in: G. A. Wagner – G. Weisgerber (Hrsg.), *Silber, Blei und Gold auf Sifnos. Prähistorische und Antike Metallproduktion, Anschnitt Beiheft 3 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum* 31 (Bochum 1985) 185-199.

Pernicka u. a. 1993

E. Pernicka – F. Begemann – S. Schmitt-Strecker – G. A. Wagner, *Eneolithic and Early Bronze Age Copper Artefacts from the Balkans and their Relation to Serbian Copper Ores*, *Prähistorische Zeitschrift* 68, 1993, 1-54.

Pernicka u. a. 1997

E. Pernicka – F. Begemann – S. Schmitt-Strecker – H. Todorova – I. Kuleff, *Prehistoric Copper in Bulgaria. Its Composition and Provenance*, *Eurasia Antiqua* 3, 1997, 41-180.

Pernicka u. a. 1998

E. Pernicka – Th. Rehren – S. Schmitt-Strecker, Late Uruk Silver Production by Cupellation at Habuba Kabira, Syria, in: Th. Rehren – A. Hauptmann – J. D. Muhly (Hrsg.), *Metallurgica Antiqua*. In Honour of Hans-Gert Bachmann and Robert Maddin, *Anschnitt Beiheft 8 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 72* (Bochum 1998) 123-134.

Pernicka u. a. 2002

E. Pernicka – K. Schmidt – S. Schmitt-Strecker, I. Zum Metallhandwerk, in: K. Schmidt, *Norşuntepe. Kleinfunde II. Artefakte aus Felsgestein, Knochen und Geweih, Ton, Metall und Glas*, *Archaeologica Euphratica 2* (Mainz 2002) 115-137.

Pernicka u. a. 2011

E. Pernicka – K. Adam – M. Böhme – Z. Hezarkhani – N. Nezafati – M. Schreiner – B. Winterholler – M. Momenzadeh – R. Vatandoust, *Archaeometallurgical Research on the western Central Iranian Plateau*, in: A. Vatandoust – H. Parzinger – B. Helwing (Hrsg.), *Early Mining and Metallurgy on the western Central Iranian Plateau. The first five Years of Work*, *Archäologie in Iran und Turan 9* (Mainz 2011) 633-687.

Pétrequin u. a. 2010

P. Pétrequin – S. Cassen – L. Klassen, *Zwischen Atlantik und Schwarzem Meer. Die großen Beile aus alpinem Jadeit im 5. und 4. Jt. v. Chr.*, in: *Badisches Landesmuseum Karlsruhe* (Hrsg.) (Redaktion Cl. Lichten), *Jungsteinzeit im Umbruch. Die „Michelsberger Kultur“ und Mitteleuropa vor 6000 Jahren*. Katalog zur Ausstellung im Badischen Landesmuseum Schloss Karlsruhe 20.11.2010-15.05.2011 (Darmstadt 2010) 191-197.

Pétrequin u. a. 2012a

P. Pétrequin – S. Cassen – E. Gauthier – L. Klassen – Y. Pailler – A. Sheridan, *Typologie, chronologie et répartition des grandes haches alpines en Europe occidentale. Typology, chronology and distribution of large Alpine axeheads in western Europe*, in: P. Pétrequin – S. Cassen – M. Errera – L. Klassen – A. Sheridan – A.-M. Pétrequin (Hrsg.), *Jade 1. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V<sup>e</sup> et IV<sup>e</sup> millénaires av. J.-C.*, *Les Cahiers de la MSHE Ledoux 17 = Série Dynamiques territoriales 6* (Besançon 2012) 574-727.

Pétrequin u. a. 2012b

P. Pétrequin – S. Cassen – L. Klassen – R. Fábregas Valcarce, *La circulation des haches carnacéennes en Europe occidentale. The circulation of Carnac-type axeheads in western Europe*, in: P. Pétrequin – S. Cassen – M. Errera – L. Klassen – A. Sheridan – A.-M. Pétrequin (Hrsg.), *Jade 2. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V<sup>e</sup> et IV<sup>e</sup> millénaires av. J.-C.*, *Les Cahiers de la MSHE Ledoux 17 = Série Dynamiques territoriales 6* (Besançon 2012) 1015-1045.

Pétrequin u. a. 2012c

P. Pétrequin – S. Cassen – M. Errera – L. Klassen – A. Sheridan, *Des choses sacrées ... fonctions idéelles des jades alpins en Europe occidentale. Sacred things ... the idealised functions of Alpine jade objects in western Europe*, in: P. Pétrequin – S. Cassen – M. Errera – L. Klassen – A. Sheridan – A.-M. Pétrequin (Hrsg.), *Jade 2. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V<sup>e</sup> et IV<sup>e</sup> millénaires av. J.-C.*, *Les Cahiers de la MSHE Ledoux 17 = Série Dynamiques territoriales 6* (Besançon 2012) 1354-1423.

Pétrequin u. a. 2012d

P. Pétrequin – S. Cassen – M. Errera – L. Klassen – A.-M. Pétrequin – A. Sheridan, *Abstract/Résumé*, in: P. Pétrequin – S. Cassen – M. Errera – L. Klassen – A. Sheridan – A.-M. Pétrequin (Hrsg.), *Jade 2. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V<sup>e</sup> et IV<sup>e</sup> millénaires av. J.-C.*, *Les Cahiers de la MSHE Ledoux 17 = Série Dynamiques territoriales 6* (Besançon 2012) 1431-1436.



Petrescu-Dîmbovița 1963

M. Petrescu-Dîmbovița, Die wichtigsten Ergebnisse der archäologischen Ausgrabungen in der neolithischen Siedlung von Trușești (Moldau), PZ 41, 1963, 172-186.

Petrescu-Dîmbovița 1999

M. Petrescu-Dîmbovița, Plastica, in: M. Petrescu-Dîmbovița – M. Florescu – A. C. Florescu (Hrsg.), Trușești. Monografie Arheologică (Bukarest 1999) 496-539.

Pfaffenberger 1988

B. Pfaffenberger, Fetished Objects and Humanised Nature. Towards an Anthropology of Technology, Man New Series 23,2, 1988, 236-252.

Pfeiffer 2013

K. Pfeiffer, Neue Untersuchungen zur Archäometallurgie des Sinai. Die Entwicklungsgeschichte der Innovation "Kupfermetallurgie" (Rahden/Westf. 2013).

Philip 1989

G. Philip, Metal Weapons of the Early and Middle Bronze Ages in Syria-Palestine, \*BARIntSer 526 i-ii (Oxford 1989).

Philip 2002

G. Philip, Contacts between the 'Uruk' World and the Levant during the Fourth Millennium BC: Evidence and Interpretation, in: J. N. Postgate (Hrsg.), Artefacts of Complexity: Tracking the Uruk in the Near East. Conference Manchester November 1998, Iraq Archaeological Reports 5 (Warminster 2002) 207-235.

Philip – Millard 2000

G. Philip – A. R. Millard, Khirbet Kerak Ware in the Levant: The Implications of Radiocarbon Chronology and Spatial Distribution, in: C. Marro – H. Hauptmann (Hrsg.), Chronologies des pays du Caucase et de l'Euphrate aux IVe-IIIe millénaires = From the Euphrates to the Caucasus. Chronologies for the IVth-IIIrd millennium B.C. = Vom Euphrat in den Kaukasus. Vergleichende Chronologie des IV. und III. Jahrtausends v. Chr. Actes du Colloque International organisé par l'Institut Français d'Études Anatoliennes d'Istanbul (IFEA) en collaboration avec l'Université d'Istanbul (İÜ), le Deutsches Archäologisches Institut, Istanbul (DAI) et le British Institute of Archaeology at Ankara (BIAA), Varia Anatolica 11 (Paris 2000) 279-296.

Philip – Rehren 1996

G. Philip – Th. Rehren, Fourth Millenium BC Silver from Tell Esh-Shuna, Jordan: Archaeometallurgical Investigation and some Thoughts on Ceramic Skeuomorphs, OxfJA 15,2, 1996, 129-150.

Pigott 1999a

V. C. Pigott, The Archaeometallurgy of the Asian Old World. Introductory Comments, in: V. C. Pigott (Hrsg.), The Archaeometallurgy of the Asian Old World, University Museum Monograph 89 = University Museum Symposium Series Volume 7 = MASCA Research Papers in Science and Archaeology 16 (Philadelphia 1999) 1-13.

Pigott 1999b

V. C. Pigott, The Development of Metal Production on the Iranian Plateau. An Archaeometallurgical Perspective, in: V. C. Pigott (Hrsg.), The Archaeometallurgy of the Asian Old World, University Museum Monograph 89 = University Museum Symposium Series Volume 7 = MASCA Research Papers in Science and Archaeology 16 (Philadelphia 1999) 73-106.

Pigott 1999c

V. C. Pigott, A Heartland of Metallurgy. Neolithic/Chalcolithic Metallurgical Origins on the Iranian Plateau, in: A. Hauptmann – E. Pernicka – T. Rehren – Ü. Yalçın (Hrsg.), *The Beginnings of Metallurgy. Proceedings of the International Conference „The Beginnings of Metallurgy“*, Bochum 1995, *Anschnitt Beiheft 9 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 84* (Bochum 1999) 107-120.

Pigott – Lechtman 2003

H. Lechtman – V. C. Pigott, Chalcolithic Copper-Base Metallurgy on the Iranian Plateau. A New Look at Old Evidence from Tal-I Iblis, in: T. Potts – M. Roaf – D. Stein (Hrsg.), *Culture through Objects. Ancient Near Eastern Studies in Honour of P. R. S. Moorey* (Oxford 2003) 291-312.

Pinza 1901

G. Pinza, Monumenti primitivi della Sardegna, *Monumenti Antichi* 11, 1901, col. 6-280.

Piotrovsky 2003a

Y. Piotrovsky, The Maikop (Oshad) Kurgan, in: J. Aruz (Hrsg.), *Art of the First Cities. The Third Millennium B.C. from the Mediterranean to the Indus. Ausstellungskatalog New York* (New York 2003) 290-295.

Piotrovsky 2003b

Y. Piotrovsky, Novosvobodnaya, in: J. Aruz (Hrsg.), *Art of the First Cities. The Third Millenium B.C. from the Mediterranean to the Indus. Ausstellungskatalog New York* (New York 2003) 297.

Pittman 2003

H. Pittman, The Proto-Elamite Period, in: J. Aruz (Hrsg.), *Art of the First Cities. The Third Millennium B.C. from the Mediterranean to the Indus. Ausstellungskatalog New York* (New York 2003) 42-55.

Pleslová-Štiková 1985

E. Pleslová-Štiková, Makotřasy. A TRB Site in Bohemia, *Fontes archaeologici pragenses* 17 (Prag 1985).

Pohl 1992

W. Pohl, W. u. W. E. Petrascheck's Lagerstättenlehre. Eine Einführung in die Wissenschaft von den mineralischen Bodenschätzen <sup>4</sup>(Stuttgart 1992).

Pollard u. a. 1990

A. M. Pollard – R. G. Thomas – P. A. Williams, Experimental Smelting of Arsenical Copper Ores: Implications for Early Bronze Age Copper Production, in: P. Crew – S. Crew (Hrsg.), *Early Mining in the British Isles. Proceedings of the Early Mining Workshop, Maentwrog, Occasional Paper 1* (Plas Tan y Bwlch) 72-74.

Pollard u. a. 1991a

A. M. Pollard – R. G. Thomas – D. P. Ware – P. A. Williams, Experimental Smelting of Secondary Copper Minerals for Early Bronze Age Metallurgy in Britain, in: E. Pernicka – G. A. Wagner (Hrsg.), *Archaeometry '90. Proceedings of the 27<sup>th</sup> Symposium on Archaeometry held in Heidelberg Apr. 2 – 6, 1990* (Basel 1991), 127-136.

Pollard u. a. 1991b

A. M. Pollard – R. G. Thomas – P. A. Williams, Some Experiments Concerning the Smelting of Arsenical Copper, in: P. Budd – B. Chapman – C. Jackson – R. Janaway – B. Ottaway (Hrsg.), *Archaeological Sciences 1989. Proceedings of a Conference on the Application of Scientific Techniques to Archaeology, Bradford, September 1989* (Oxford 1991) 169-174.

Popescu 2015

A.-D. Popescu, Halbmondförmige Silberobjekte von der Unteren Donau. Ein Überblick über ihre Verwendung und Datierung, *Das Altertum* 60, 2015, 101-124.

Postgate 2002

J. N. Postgate (Hrsg.), *Artefacts of Complexity: Tracking the Uruk in the Near East*. Conference Manchester November 1998, *Iraq Archaeological Reports* 5 (Warminster 2002).

Potts 1994

T. Potts, *Mesopotamia and the East. An Archaeological and Historical Study of Foreign Relations ca. 3400-2000 BC*, Oxford University Committee for Archaeology Monograph 37 (Oxford 1994).

Potts 1997

D. T. Potts, *Mesopotamian Civilization. The Material Foundations* (London 2007).

Prag 1978

K. Prag, *Silver in the Levant in the Fourth Millennium B.C.*, in: R. Moorey – P. Parr (Hrsg.), *Archaeology in the Levant. Essays for Kathleen Kenyon* (Warminster 1978) 36-45.

Press – Siever 2003

F. Press – R. Siever, *Allgemeine Geologie. Einführung in das System Erde* <sup>3</sup>(München 2003).

Primas 1988

M. Primas, *Waffen aus Edelmetall*, *Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz* 35,1, 1988, 161-185.

Primas 1995

M. Primas, *Gold and Silver during the 3<sup>rd</sup> Mill. cal. B.C.*, in: G. Morteani – J. P. Northover (Hrsg.), *Prehistoric Gold in Europe. Mines, Metallurgy and Manufacture. Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Prehistoric Gold in Europe, Seeon 1993*. NATO ASI Ser. E 280 (Dordrecht 1995) 77-93.

Primas 1996

M. Primas, *Velika Gruda I. Hügelgräber des frühen 3. Jahrtausends v. Chr. im Adriagebiet – Velika Gruda, Mala Gruda und ihr Kontext*, *Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie* 32 (Bonn 1996).

Projektgruppe Plinius 1989

Projektgruppe Plinius (Hrsg.), *Plinius der Ältere über Blei und Zinn*. *Naturalis Historia* 34, 156-178 und 33, 94 und 106-108, *Werkhefte der Universität Tübingen Reihe A, Naturwissenschaften* 10 (Tübingen 1989).

Radivojević u. a. 2010

M. Radivojević – Th. Rehren – E. Pernicka – D. Šljivar – M. Brauns – D. Borić, *On the Origins of Extractive Metallurgy. New Evidence from Europe*, *Journal of Archaeological Science* 37, 2010, 2775-2787.

Radivojević u. a. 2017

M. Radivojević – Th. Rehren – S. Farid – E. Pernicka – D. Camurcuoğlu, *Repealing the Çatalhöyük extractive metallurgy. The green, the fire and the 'slag'*, *Journal of Archaeological Science* 86, 2017, 101-122.

Rahmstorf 2017

L. Rahmstorf, The Use of Bronze Objects in the 3rd Millennium BC: A Survey between Atlantic and Indus, in: Ph. W. Stockhammer – Joseph Maran (Hrsg.), *Appropriating Innovations. Entangled Knowledge in Eurasia, 5000–1500 BCE* (Oxford 2017) 184-210.

Rapp 1988

G. Rapp jr., On the Origins of Copper and Bronze Alloying, in: R. Maddin (Hrsg.), *The Beginning of the Use of Metals and Alloys. Papers from the Second International Conference on the Beginning of the Use of Metals and Alloys, Zhengzhou, China, 21-26 October 1986* (Cambridge Massachusetts 1988) 21-27.

Rapp 1989

G. Rapp jr., Determining the Origins of Sulfide Smelting, in: A. Hauptmann – E. Pernicka – G. A. Wagner (Hrsg.), *Archäometallurgie der Alten Welt. Beiträge zum Internationalen Symposium „Old World Archaeometallurgy“, Heidelberg 1987 = Old World Archaeometallurgy, Anschnitt Beiheft 7 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 44* (Bochum 1989) 107-110.

Rassamakin 1995

Y. Y. Rassamakin, The Main Directions of the Development of Early Pastoral Societies of Northern Pontic Zone: 4500-2450 BC (Pre-Yamnaya Cultures and Yamnaya Culture), in: A. Koško, *Nomadism and Pastoralism in the Circle of Baltic-Pontic Early Agrarian Cultures: 5000-1650 BC, Baltic-Pontic Studies 2* (Posen 1995) 29-70.

Rassamakin 1999

Y. Rassamakin, The Eneolithic of the Black Sea Steppe. Dynamics of Cultural and Economic Development 4500-2300 BC, in: M. Levine – Y. Rassamakin – A. Kislenko – N. Tatarintseva (Hrsg.), *Late Prehistoric Exploitation of the Eurasian Steppe* (Cambridge 1999) 59-182.

Rassamakin 2004a

J. J. Rassamakin, Die nordpontische Steppe in der Kupferzeit. Gräber aus der Mitte des 5. Jt. bis Ende des 4. Jt. v. Chr. Teil I – Text, *Archäologie in Eurasien 17* (Mainz 2004).

Rassamakin 2004b

J. J. Rassamakin, Die nordpontische Steppe in der Kupferzeit. Gräber aus der Mitte des 5. Jt. bis Ende des 4. Jt. v. Chr. Teil II – Katalog. Tafeln, *Archäologie in Eurasien 17* (Mainz 2004).

Reallexikon der germanischen Altertumskunde 28 (2005) 427-432 s. v. Silber (A. Hauptmann).

Rehder 1994

J. E. Rehder, Blowpipes versus Bellows in Ancient Metallurgy, *Journal of Field Archaeology* 21, 1994, 345-350.

Rehren 2003

Th. Rehren, Crucibles as Reaction Vessels in Ancient Metallurgy, in: P. Craddock – J. Lang (Hrsg.), *Mining and Metal Production through the Ages. Konferenz „The Prehistory of Mining and Metallurgy“* 13.-15. September 1995 (London 2003) 207-215.

Rehren 2004

Th. Rehren, Die Kupfersulfid-Krusten der Pfyner Schmelztiegel (Schweiz), in: G. Weisgerber – G. Goldenberg (Hrsg.), *Alpenkupfer – Rame delle Alpi, Anschnitt Beiheft 17 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 122* (Bochum 2004) 273-280.

Rehren – Radivojević 2010

Th. Rehren – M. Radivojević, A Preliminary Report on the Slag Samples from Çamlıbel Tarlası, in: A. Schachner, Die Ausgrabungen von Boğazköy-Hattuša 2009, Archäologischer Anzeiger 2010,1, 207–216.

Rehren u. a. 1996

Th. Rehren – K. Hess – G. Philip, Auriferous Silver in Western Asia: Ore or Alloy?, Journal of the Historical Metallurgy Society 30,1, 1996, 1-10.

Rehren u. a. 2012

Th. Rehren – L. Boscher – E. Pernicka, Large Scale Smelting of Speiss and Arsenical Copper at Early Bronze Age Arisman, Iran, Journal of Archaeological Science 39,6, 2012, 1717-1727.

Reichel 2006

C. Reichel, Urbanism and warfare. The 2005 Hamoukar, Syria, Excavations, Oriental Institute News and Notes 189, 2006, 1–11.

Reichel 2008

C. Reichel, Hamoukar, Oriental Institute Annual Report 2007-08, 76-82.

Renfrew 1967

C. Renfrew, Cycladic Metallurgy and the Aegean Early Bronze Age, AJA 71,1, 1967, 1-20.

Renfrew 1969

C. Renfrew, The Autonomy of the South-East European Copper Age, Proceedings of the Prehistoric Society 35, 1969, 12-47.

Renfrew 1971a

C. Renfrew, Carbon 14 and the Prehistory of Europe, Scient. Amer. 225,4, 1971, 63-72.

Renfrew 1971b

C. Renfrew, Sitagroi, radiocarbon and the prehistory of southeast Europe, Antiquity 45, 1971, 275-282 (mit Falttabelle).

Renfrew 1973

C. Renfrew, Before Civilisation. The Radiocarbon Revolution and Prehistoric Europe (London 1973).

Renfrew 1986

C. Renfrew, Varna and the Emergence of Wealth in Prehistoric Europe, in: A. Appadurai (Hrsg.), The Social Life of Things. Commodities in Cultural Perspective (Cambridge 1986) 141-168.

Renfrew – Slater 2003

C. Renfrew – E. A. Slater, Metal Artifacts and Metallurgy, in: E. S. Elster – R. Renfrew (Hrsg.), Prehistoric Sitagroi. Excavations in Northeast Greece, 1968–1970 Volume 2. The Final Report, Monumenta Archaeologica 20 (Los Angeles 2003) 301-324.

Rezepkin 2000

A. D. Rezepkin, Das frühbronzezeitliche Gräberfeld von Klady und die Majkop-Kultur in Nordwestkaukasien, Archäologie in Eurasien 10 (Rahden 2000).

Rezepkin 2010

A. D. Rezepkin, Metallfunde der Majkop- und der Novosvobodnaja-Kultur, in: S. Hansen – A. Hauptmann – I. Motzenbäcker – E. Pernicka (Hrsg.), Von Majkop bis Trialeti. Gewinnung und

Verbreitung von Metallen und Obsidian in Kaukasien im 4.-2. Jt. v. Chr., Beiträge des Internationalen Symposiums in Berlin vom 1.-3. Juni 2006, Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte 13 (Bonn 2010) 95-102.

Rickard 1932

Th. A. Rickard, *Man and Metals. A History of Mining in Relation to the Development of Civilization* (London 1932).

Riederer 1994

J. Riederer, Die frühen Kupferlegierungen im Vorderen Orient, in: R.-B. Wartke (Hrsg.), *Handwerk und Technologie im Alten Orient. Ein Beitrag zur Geschichte der Technik im Altertum. Internationale Tagung Berlin 12.-15. März 1991* (Mainz 1994) 85-93.

RIA 8 (1993) 119-136 s. v. Metalle. B (J. D. Muhly).

Roberts 2009

B. Roberts, *Origins, Transmission and Traditions: Analysing Early Metal in Western Europe*, in: T. L. Kienlin – B. W. Roberts (Hrsg.), *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway*, *Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie* 169 (Bonn 2009) 129-142.

Roberts paper

B. Roberts, *Metallurgical Networks and Technological Choice: understanding early metal in Western Europe*, <http://www.britishmuseum.org/pdf/Ben%20Roberts%20Western%20Europe.pdf> [Zugriff am 13.03.2012].

Roberts – Frieman 2012

B.W. Roberts – C. J. Frieman, *Drawing Boundaries and Building Models: investigating the Concept of the 'Chalcolithic frontier' in Northwest Europe*, in: M. Allen – J. Gardiner – A. Sheridan (Hrsg.), *Is there a British Chalcolithic? People, Place and Polity in the later 3rd Millennium*. Conference Bournemouth April 2009, *Prehistoric Society Research Paper* 4 (Oxford 2012) 27-39.

Roberts u. a. 2009

B. W. Roberts – Chr. P. Thornton – V. C. Pigott, *Development of Metallurgy in Eurasia*, *Antiquity* 83, 2009, 1012-1022.

Rostankowski 1979

P. Rostankowski, *Agrarraum und Getreideanbau in der Sowjetunion 1948 – 1985. Eine agrargeographische Studie*, *Osteuropastudien der Hochschulen des Landes Hessen Reihe 1*, *Giessener Abhandlungen zur Agrar- und Wirtschaftsforschung des europäischen Ostens* 98 (Berlin 1979).

Rostoker – Dvorak 1991

W. Rostoker – J. D. Dvorak, *Some Experiments with Co-smelting to Copper Alloys*, *Archeomaterials* 5,1, 1991, 5-20.

Rostoker u. a. 1989

W. Rostoker – V. C. Pigott – J. R. Dvorak, *Direct Reduction to Copper Metal by Oxide-Sulfide Mineral Interaction*, *Archeomaterials* 3,1, 1989, 69-87.

Rothenberg u. a. 2003

B. Rothenberg – I. Segal – H. Khalaily, *Late Neolithic and Chalcolithic Copper Smelting at Yotvata Oasis in the South Arabah*, in: *International Conference Archaeometallurgy in Europe 1. Proceedings International Conference, 24, 25, 26 September 2003, Milan, Italy* (Mailand 2003), 577-586.

Rothman 2001

M. S. Rothman, *The Local and Regional: An Introduction*, in: M. S. Rothman (Hrsg.), *Uruk Mesopotamia & Its Neighbors. Cross Cultural Interactions in the Era of State Formation*, School of American Research Advanced Seminar Series (Oxford 2001) 3-26.

Rothman 2002

M. S. Rothman, *Tepe Gawra: The Evolution of a Small Prehistoric Center in Northern Iraq*, University Museum Monograph 112 (Philadelphia 2002).

Roustaei 2004

K. Roustaei, *Tappeh Hesār: Ein wichtiges Produktionszentrum auf dem Zentralplateau*, in: Th. Stöllner – R. Slotta – A. Vatandoust (Hrsg.), *Persiens Antike Pracht. Bergbau – Handwerk – Archäologie*. Ausstellungskatalog Bochum, Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 128 (Bochum 2004) 222-230.

Rudolph 1978

W. Rudolph, *A Note on Chalcolithic-Early Bronze Age Jewelry from the Burton Y. Berry Collection*, *IndUnArtB* 1,2, 1978, 6-21.

Ruiz-Taboada – Montero-Ruiz 1999

A. Ruiz-Taboada – I. Montero-Ruiz, *The Oldest Metallurgy in Western Europe*, *Antiquity* 73, 1999, 897-903.

Ryck u. a. 2005

I. de Ryck – A. Adriaens – F. Adams, *An Overview of Mesopotamian Bronze Metallurgy during the 3rd Millennium BC*, *Journal of Cultural Heritage* 6, 2005, 261-268.

Ryndina 1962

N. V. Ryndina, *Analizy metalličeskich izdelij iz tripol'skogo sloja poselenija u s. Nezvisko*, *Materialy i issledovanija po arheologii SSSR* 102, 1962, 86-88.

Ryndina 1998

N. V. Ryndina, *Drevnejšee metalloobratyvujuščee proizvodstvo Jugo-Vostočnoj Evropy* (Moskva 1998).

Ryndina 2003

N. Ryndina, *Earliest Copper Axes of Eastern Europe. Centers of Production and Spreading Ways*, in: *International Conference Archaeometallurgy in Europe 2. Proceedings International Conference*, 24, 25, 26 September 2003, Milan, Italy (Mailand 2003) 11-18.

Ryndina u. a. 1999

N. Ryndina – G. Indenbaum – V. Kolosova, *Copper Production from Polymetallic Sulphide Ores in the Northeastern Balkan Eneolithic Culture*, *Journal of Archaeological Science* 26, 1999, 1059-1068.

Salvatori u. a. 2009

S. Salvatori – M. Vidale – G. Guida – E. Masioli, *Ilgynly-depe (Turmenistan) and the 4th Millennium BC Metallurgy of Central Asia*, *Paléorient* 35,1, 2009, 47-67.

SAM I

S. Junghans – E. Sangmeister – M. Schröder, *Metallanalysen kupferzeitlicher und frühbronzezeitlicher Bodenfunde aus Europa*, *Studien zu den Anfängen der Metalurgie* 1 (Berlin 1960).

#### SAM II

S. Junghans – E. Sangmeister – M. Schröder, Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas, Studien zu den Anfängen der Metallurgie 2,1-4 (Berlin 1968, 1974).

#### Samonig 2003

B. Samonig, Die Pfahlbaustation des Keutschacher Sees, Studien zur Pfahlbauforschung in Österreich. Materialien II, Mitteilungen der Prähistorischen Kommission der Österreichischen Akademie der Wissenschaften 51 (Wien 2003).

#### Sampson 1996

A. Sampson, Euboea, in: G. A. Papathanassopoulos (Hrsg.), Neolithic Culture in Greece. Nicholas P. Goulandris Foundation Museum of Cycladic Art. Ausstellungskatalog 1996 (Athen 1996) 73-74.

#### Sangmeister – Strahm 1973

E. Sangmeister – Chr. Strahm, Die Funde aus Kupfer in Seeberg, Burgäschisee-Süd, in: H.-G. Bandi – P. Hofer – H. Jucker – H. Strahm (Hrsg.), Seeberg Burgäschisee-Süd 6. Steingeräte und Kupferfunde, Acta Bernensia 2 (Bern 1973) 189-259.

#### Scarre 2010

Ch. Scarre, Westeuropa im 5. u. 4. Jahrtausend v. Chr. Ein Überblick, in: Badisches Landesmuseum Karlsruhe (Hrsg.) (Redaktion Cl. Lichter), Jungsteinzeit im Umbruch. Die „Michelsberger Kultur“ und Mitteleuropa vor 6000 Jahren. Katalog zur Ausstellung im Badischen Landesmuseum Schloss Karlsruhe 20.11.2010-15.05.2011 (Darmstadt 2010) 141-148.

#### Schachner 2002

A. Schachner, Zur Entwicklung der Metallurgie im östlichen Transkaukasien (Azerbaycan und Nahçevan) während des 4. und 3. Jahrtausends v. Chr., in: Ü. Yalçın (Hrsg.), Anatolian Metal 2. Internationales Symposium „Anatolian Metal 2“ Oktober 2000 in Bochum, Anschnitt Beiheft 15 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 109 (Bochum 2002) 115-130.

#### Schäfer 1992

J. Schäfer, Die moderne archäologische Forschung, in: J. Schäfer (Hrsg.), Amnisos. Nach den archäologischen, historischen und epigraphischen Zeugnissen des Altertums und der Neuzeit (Berlin 1992) 7-12.

#### Schalk 1998

E. Schalk, Die Entwicklung der prähistorischen Metallurgie im nördlichen Karpatenbecken. Eine typologische und metallanalytische Untersuchung, Internationale Archäologie. Naturwissenschaft und Technologie 1 (Rahden 1998).

#### Schaub – Rast 1989

R. Th. Schaub – W. E. Rast, Bâb edh-Dhrâf: Excavations in the Cemetery Directed by Paul W. Lapp (1965-67), Reports of the Expedition to the Dead Sea Plain, Jordan Vol. I (Winona Lake 1989).

#### Schier 2010

W. Schier, Jungneolithikum und Kupferzeit in Mitteleuropa (4500-2800 v. Chr.), in: Badisches Landesmuseum Karlsruhe (Hrsg.) (Redaktion Cl. Lichter), Jungsteinzeit im Umbruch. Die „Michelsberger Kultur“ und Mitteleuropa vor 6000 Jahren. Katalog zur Ausstellung im Badischen Landesmuseum Schloss Karlsruhe 20.11.2010-15.05.2011 (Darmstadt 2010) 26-36.

#### Schlichtherle – Rottländer 1982

H. Schlichtherle – R. Rottländer, Gußtiegel der Pfynner Kultur in Südwestdeutschland, Fundberichte aus Baden-Württemberg 7, 1982, 59-71.



Schmidt 1937

E. F. Schmidt, Excavations at Tepe Hissar, Damghan (Philadelphia 1937).

Schmidt 2002

K. Schmidt, Norşuntepe. Kleinfunde II. Artefakte aus Felsgestein, Knochen und Geweih, Ton, Metall und Glas, *Archaeologica Euphratica* 2 (Mainz 2002).

Schmitt-Strecker u. a. 1992

S. Schmitt-Strecker – F. Begemann – E. Pernicka, Chemische Zusammensetzung und Bleisotopenverhältnisse der Metallfunde vom Hassek Höyük, in: M. R. Behm-Blancke (Hrsg.), Hassek Höyük. Naturwissenschaftliche Untersuchungen und lithische Industrie, *\*IstForsch* 38 (Tübingen 1992) 108-123.

Schmitt-Strecker u. a. 1994

S. Schmitt-Strecker – F. Begemann – E. Pernicka, Untersuchungen zur Metallurgie der Späten Uruk- und Frühen Bronzezeit am oberen Euphrat. Resumé, in: R.-B. Wartke (Hrsg.), *Handwerk und Technologie im Alten Orient. Ein Beitrag zur Geschichte der Technik im Altertum. Internationale Tagung Berlin 12.-15. März 1991* (Mainz 1994) 97-98.

Schmitz 2004

A. Schmitz, Typologische, chronologische und paläometallurgische Untersuchungen zu den frühkupferzeitlichen Kupferflachbeilen und Kupfermeißeln in Alteuropa (Diss. 2001 Saarbrücken; Online-Ressource 2004).

Schönenberg 1979

R. Schönenberg, *Geographie der Lagerstätten* (Darmstadt 1979).

Schoop 1995

U.-D. Schoop, Die Geburt des Hephaistos. Technologie und Kulturgeschichte neolithischer Metallverwendung im Vorderen Orient, *Internationale Archäologie* 24 (Espelkamp 1995).

Schoop 2005

U.-D. Schoop, Das anatolische Chalkolithikum. Eine chronologische Untersuchung zur vorbronzezeitlichen Kultursequenz im nördlichen Zentralanatolien und den angrenzenden Gebieten, *Urgeschichtliche Studien* 1 (Remshalden 2005).

Schoop 2009

U.-D. Schoop, Ausgrabungen in Çamlıbel Tarlası 2008, in: A. Schachner, Die Ausgrabungen von Boğazköy-Ḫattuša 2008, *Archäologischer Anzeiger* 2009, 56-66.

Schoop 2010

U.-D. Schoop, Ausgrabungen in Çamlıbel Tarlası 2009, in: A. Schachner, Die Ausgrabungen von Boğazköy-Ḫattuša 2009, *Archäologischer Anzeiger* 2010,1, 191–201.

Schoop 2011a

U.-D. Schoop, Çamlıbel Tarlası, ein metallverarbeitender Fundplatz des vierten Jahrtausends v. Chr. im nördlichen Zentralanatolien, in: Ü. Yalçın (Hrsg.), *Anatolian Metal 5. Beiträge des im November 2008 in Bochum veranstalteten Internationalen Symposiums "Anatolian Metal V"*, *Anschnitt Beiheft* 24 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 180 (Bochum 2011) 53-68.

Schoop 2011b

U.-D. Schoop, The Chalcolithic on the Plateau, in: S. R. Steadman – G. McMahon (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Ancient Anatolia. 10,000–323 B.C.E.* (Oxford 2011) 150-173.

Schreiner 2007

M. Schreiner, Erzlagerstätten im Hronal, Slowakei. Genese und prähistorische Nutzung, Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft 3 (Rahden/Westf. 2007).

Schreiner u. a. 2003

M. Schreiner – R. B. Heimann – E. Pernicka, Mineralogical and Geochemical Investigations into Prehistoric Smelting Slags from Tepe Sialk/Central Iran, in: International Conference Archaeometallurgy in Europe 1. Proceedings International Conference, 24, 25, 26 September 2003, Milan, Italy (Mailand 2003), 487-496.

Schubert 1981

E. Schubert, Zur Frage der Arsenlegierungen in der Kupfer- und Frühbronzezeit Südosteuropas, in: H. Lorenz (Hrsg.), Studien zur Bronzezeit, Festschrift Wilhelm Albert v. Brunn (Mainz 1981) 447-459.

Schubert 1982

E. Schubert, Grundzüge der metallurgischen Entwicklung im nordwestlichen Karpatenbecken bis zur Mitte des 2. Jahrtausends v. u. Z., Archeologia Polski 27,2, 1982, 315-317.

Schultz 2003

M. Schultz, İkištepe Infant Skeletons, in: U. B. Alkım – H. Alkım – Ö. Bilgi, İkištepe II. Üçüncü, Dördüncü, Beşinci, Altıncı, Yedinci Dönem Kazıları (1976-1980) (Ankara 2003) 179-186.

Schwartz 2001

G. M. Schwartz, Syria and the Uruk Expansion, in: M. S. Rothman (Hrsg.), Uruk Mesopotamia & Its Neighbors. Cross Cultural Interactions in the Era of State Formation, School of American Research Advanced Seminar Series (Oxford 2001) 233-264.

Schwarz 1980

G. Schwarz, Die Verteilung von Cu und anderen Elementen auf die während der Verhüttung von Kupfererzen im Flammofen entstehenden Mineralphasen der Schlacke (Dissertation Hamburg 1980).

Seeliger u. a. 1985

Th. C. Seeliger – E. Pernicka – G. A. Wagner – F. Begemann – S. Schmitt-Strecker – C. Eibner – Ö. Öztunli – I. Baranyi, Archäometallurgische Untersuchungen in Nord- und Ostanatolien, Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz 32, 1985, 597-659.

Selimchanow 1966

I. R. Selimchanow, Ergebnisse von spektralanalytischen Untersuchungen an Metallgegenständen des vierten und dritten Jahrtausends aus Transkaukasien, Germania 44, 1966, 221-233.

Selimchanow 1977

I. R. Selimchanow, Zur Frage einer Kupfer-Arsen-Zeit, Germania 55, 1977, 1-6.

Shalev 1994

S. Shalev, The Change in Metal Production from the Chalcolithic Period to the Early Bronze Age in Israel and Jordan, Antiquity 68, 1994, 630-637.

Sherratt 1997

A. Sherratt, Economy and Society in Prehistoric Europe. Changing Perspectives (Edinburgh 1997).

Sherratt 2003

A. Sherratt, The Baden (Pécel) culture and Anatolia. Perspectives on a cultural transformation, in: E. Jerem – P. Raczky (Hrsg.), *Morgenrot der Kulturen. Frühe Etappen der Menschheitsgeschichte in Mittel- und Südosteuropa. Festschrift für Nándor Kalicz zum 75. Geburtstag* (Budapest 2003) 415-429.

Sherratt 2004

A. Sherratt, Wagen, Pflug, Rind: ihre Ausbreitung und Nutzung – Probleme der Quelleninterpretation, in: M. Fansa – St. Burmeister (Hrsg.), *Rad und Wagen. Der Ursprung einer Innovation. Wagen im Vorderen Orient und Europa*, *Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland Beiheft 40. Ausstellungskatalog Oldenburg* (Mainz 2004) 409-428.

Sherratt 2000

S. Sherratt, *Catalogue of Cycladic Antiquities in the Ashmolean Museum. The Captive Spirit I Text* (Oxford 2000).

Shimada – Merkel 1991

I. Shimada – J. Merkel, Copper-Alloy Metallurgy in Ancient Peru, *Scientific American* 265, July 1991, 62-68.

Shugar 1998

A. N. Shugar, Recent Research in Chalcolithic Metallurgy: Investigation of Abu Matar, Israel, *IMM* May 1998, 114-116.

Shugar 2000

A. N. Shugar, *Archaeometallurgical Investigation of the Chalcolithic Site of Abu Matar, Israel. A Re-Assessment of Technology and Its Implications for Ghassulian Culture. Volume 1* (Dissertation University College London, University of London 2000).

Shugar 2001

A. N. Shugar, Chalcolithic Metallurgy in the Southern Levant: Recent Research in Ore Selection and Alloying, in: *The Proceedings of the Near & Middle Eastern Civilizations Graduate Students' Association Annual Symposia 1998-2000* (Mississauga 2001) 77-96.

Shugar 2003

A. N. Shugar, Reconstructing the Chalcolithic Metallurgical Process at Abu Matar, Israel, in: *International Conference Archaeometallurgy in Europe 1. Proceedings International Conference*, 24, 25, 26 September 2003, Milan, Italy (Mailand 2003) 449-458.

Shugar – Gohm 2011

A. N. Shugar – Chr. J. Gohm, Developmental Trends in Chalcolithic Copper Metallurgy. A Radiometric Perspective Changed the World, in: J. L. Lovell and Y. M. Rowan (Hrsg.), *Culture, Chronology and the Chalcolithic. Theory and Transition, Konferenz Madrid 2006, Levant Supplementary Series 9* (Oxford 2011) 133-148.

Simpson u. a. 1964

D. R. Simpson – R. Fisher – K. Libsch, Thermal Stability of Azurite and Malachite, *American Mineralogist* 49, 1964, 1111-1114.

Slater – Charles 1970

E. A. Slater – J. A. Charles, Archaeological Classification by Metal Analysis, *Antiquity* 44, 1970, 207-213.

Šljivar 2006

D. Šljivar, The Earliest Copper Metallurgy in the Central Balkans, *Metalurgija* 12,2-3, 2006, 93-104.

Šljivar u. a. 2006

D. Šljivar – J. Kuzmanović-Cvetković – D. Jacanović, Belovode – Pločnik. New Contributions Regarding the Copper Metallurgy in the Vinča Culture, in: N. Tasić – C. Grozdanov (Hrsg.), *Homage to Milutin Garašanin* (Belgrad 2006) 251-266.

Smith 1965

Smith, St. C., *The Interpretation of Microstructures of Metallic Artefacts*, in: *Application of Science in Examination of Works of Art. Proceedings of the Seminar: September 7-16, 1965* (Boston 1965) 20-52.

Solovyova u. a. 1994

N. F. Solovyova – A. N. Yegor'kov – V. A. Galibin – Y. E. Berezkin, *Metal Artefacts from Ilgynly-depe, Turkmenistan*, in: A. G. Kozintsev – V. M. Masson – N. F. Solovyova – V. Yu. Zuyev (Hrsg.), *New Archaeological Discoveries in Asiatic Russia and Central Asia*, Institut of History of Material Culture, Russian Academy of Sciences, *Archaeological Studies 16/Archeologičeskie izyskanija 16* (Sankt-Petersburg 1994) 31-35.

Stech 1995

T. Stech, *Review: P.R.S. Moorey, Ancient Mesopotamian Materials and Industries. The Archaeological Evidence*. Oxford: Clarendon Press, 1994. Pp. 414. \$105.00. ISBN 0-19-814921-2. (Bryn Mawr Classical Review 95.12.12: <http://bmcr.brynmawr.edu/1995/95.12.12.html>).

Stech 1999

T. Stech, *Aspects of Early Metallurgy in Mesopotamia and Anatolia*, in: V. C. Pigott (Hrsg.), *The Archaeometallurgy of the Asian Old World*, University Museum Monograph 89 = University Museum Symposium Series Volume 7 = MASCA Research Papers in Science and Archaeology 16 (Philadelphia 1999) 59-71.

Stein 2001

G. J. Stein, *Indigenous Social Complexity at Hacinebi (Turkey) and the Organization of Uruk Colonial Contact*, in: M. S. Rothman (Hrsg.), *Uruk Mesopotamia & Its Neighbors. Cross Cultural Interactions in the Era of State Formation*, School of American Research Advanced Seminar Series (Oxford 2001) 265-305.

Stein 2002

G. J. Stein, *The Uruk Expansion in Anatolia: A Mesopotamian Colony and its Indigenous Host Community at Hacinebi, Turkey*, in: J. N. Postgate (Hrsg.), *Artefacts of Complexity: Tracking the Uruk in the Ancient Near East*. Conference Manchester November 1998, *Iraq Archaeological Reports 5* (Warminster 2002) 149-171.

Stein 2012

G. J. Stein, *The Development of Indigenous Social Complexity in the Late Chalcolithic Upper Mesopotamia in the 5th-4th Millennia BC – An Initial Assessment*, *Origini 34*, 2012, 125-151.

Stein u. a. 1996

G. J. Stein – Ch. Edens – N. Miller – H. Özbal – J. Pearce – H. Pittman, *Hacinebi, Turkey: Preliminary Report on the 1995 Excavations*, *Anatolica 22*, 1996, 85-128.

Stein u. a. 1997

G. J. Stein – K. Boden – Chr. Edens – J. Pearce Edens – K. Keith – A. McMahon – H. Özbal, *Excavations at Hacinebi, Turkey – 1996: Preliminary Report*, *Anatolica 23*, 1997, 111-171.

Stein u. a. 1998

G. J. Stein – Chr. Edens – J. Pearce Edens — K. Boden – N. Laneri – H. Özbal – B. Earl – A. M. Adriaens – H. Pittman, Southeast Anatolia before the Uruk Expansion: Preliminary Report on the 1997 Excavations at Hacinebi, Turkey, *Anatolica* 24, 1998, 143-193.

Steiniger 2011

D. Steiniger, 6 Excavations in the Slag Heaps in Arismān, in: A. Vatandoust – H. Parzinger – B. Helwing (Hrsg.), Early Mining and Metallurgy on the western Central Iranian Plateau. The first five Years of Work, *Archäologie in Iran und Turan* 9 (Mainz 2011) 69-99.

Stöllner 2003

Th. Stöllner, Bemerkungen zur bronzezeitlichen Gewinnung von sog. Fahl- und Kupferkieserzen in Salzburg und Nordtirol, in: H.-G. Bachmann, Bunt- und Edelmetalle aus mitteleuropäischen Komplexerz-Lagerstätten: Fahlerz-Verhüttung von der Bronzezeit bis zur Renaissance, in: Th. Stöllner – G. Körlin – G. Steffens – J. Cierny (Hrsg.), Man and Mining = Mensch und Bergbau. Studies in Honour of Gerd Weisgerber on occasion of his 65th birthday, *Anschnitt Beiheft 16 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum* 114 (Bochum 2003) 30-35.

Stöllner 2004

Th. Stöllner, Arisman, in: Th. Stöllner – R. Slotta – A. Vatandoust (Hrsg.), Persiens Antike Pracht. Bergbau – Handwerk – Archäologie. Ausstellungskatalog Bochum, Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 128 (Bochum 2004) 646.

Stöllner – Weisgerber 2004

Th. Stöllner – G. Weisgerber, Die Blei-/Silbergruben von Nakhlak und ihre Bedeutung im Altertum. Zum Neufund eines Förderkörbchens im Alten Mann, *Anschnitt* 56, 2004, 76-97.

Stöllner u. a. 2004

Th. Stöllner – R. Slotta – A. Vatandoust (Hrsg.), Persiens Antike Pracht. Bergbau – Handwerk – Archäologie. Ausstellungskatalog Bochum, Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 128 (Bochum 2004).

Stöllner u. a. 2011

Th. Stöllner – M. Mireskanderi – K. Roustaei, 21 Mining Archaeology in Iran – Investigations at Vešnāve, in: A. Vatandoust – H. Parzinger – B. Helwing (Hrsg.), Early Mining and Metallurgy on the western Central Iranian Plateau. The first five Years of Work, *Archäologie in Iran und Turan* 9 (Mainz 2011) 535-608.

Stos 2003

Z. A. Stos, Appendix 8.3. Origin of Metals from Sitagroi as Determined by Lead Isotope Analysis, in: E. S. Elster – R. Renfrew (Hrsg.), Prehistoric Sitagroi. Excavations in Northeast Greece, 1968–1970 Volume 2. The Final Report, *Monumenta Archaeologica* 20 (Los Angeles 2003) 325-329.

Stos-Gale 1987

Z. A. Stos-Gale, Cycladic Copper Metallurgy, in: A. Hauptmann – E. Pernicka – G. A. Wagner (Hrsg.), Archäometallurgie der Alten Welt. Beiträge zum Internationalen Symposium „Old World Archaeometallurgy“, Heidelberg 1987 = Old World Archaeometallurgy, *Anschnitt Beiheft 7 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum* 44 (Bochum 1989) 279-291.

Strahm 1994

Chr. Strahm, Die Anfänge der Metallurgie in Mitteleuropa, *Helvetia Archaeologica* 25, 1994, 2-39.

Strahm 2007

Chr. Strahm, L'introduction de la métallurgie en Europe, in: J. Guilaine (Hrsg.), *Le Chalcolithique et la construction des inégalités 1. Le continent européen* (Paris 2007) 47-71.

Strahm 2010

Chr. Strahm, Kupfer: Prestige, Netzwerke. Ein neuer Werkstoff, der Geschichte schreibt, in: Badisches Landesmuseum Karlsruhe (Hrsg.) (Redaktion Cl. Lichter), *Jungsteinzeit im Umbruch. Die „Michelsberger Kultur“ und Mitteleuropa vor 6000 Jahren*. Katalog zur Ausstellung im Badischen Landesmuseum Schloss Karlsruhe 20.11.2010-15.05.2011 (Darmstadt 2010) 179-190.

Strahm – Hauptmann 2009

Chr. Strahm – A. Hauptmann, The Metallurgical Developmental Phases in the Old World, in: T. L. Kienlin – B. W. Roberts (Hrsg.), *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway*, *Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie* 169 (Bonn 2009) 116-128.

Strommenger 1980

E. Strommenger, Habuba Kabira. Eine Stadt vor 5000 Jahren. Ausgrabungen der Deutschen Orient-Gesellschaft am Euphrat in Habuba Kabira, Syrien. Ausstellungskatalog München – Krefeld – Münster (Mainz 1980).

Strommenger 1982

E. Strommenger, in: K. Kohlmeyer – E. Strommenger (Hrsg.), *Land des Baal. Syrien – Forum der Völker und Kulturen*. Ausstellungskatalog Berlin (Mainz 1982) 49-50.

Stronach 1962

D. Stronach, Metal Objects, in: S. Lloyd – J. Mellaart (Hrsg.), *Beycesultan Vol. I. The Chalcolithic and Early Bronze Age Levels*, *Occasional Publications of the British Institute of Archaeology at Ankara* 6 (London 1962) 280-292.

Strube 1980

W. Strube, *Der historische Weg der Chemie 1. Von der Urzeit bis zur industriellen Revolution* (Leipzig 1980).

Sürenhagen 1999

D. Sürenhagen, Untersuchungen zur relativen Chronologie Babyloniens und angrenzender Gebiete von der ausgehenden 'Ubaidzeit bis zum Beginn der Frühdynastischen II-Zeit. 1. Studien zur Chronostratigraphie der südbabylonischen Stadtruinen von Uruk und Ur, *Heidelberger Studien zum Alten Orient* 8 (Heidelberg 1999).

Summers 1993

G. D. Summers, The Chalcolithic Period in Central Anatolia, in: P. Georgieva (Hrsg.), *The Fourth Millennium B. C. Proceedings of the International Symposium Nessebur, 28-30 August 1992* (Sofia 1993) 29-48.

Szpunar 1987

A. Szpunar, Die Beile in Polen I. (Flachbeile, Randleistenbeile, Randleistenmeisel), *\*PBF IX,16* (München 1987).

Tadmor 2003

M. Tadmor, The Nahal Mishmar Hoard from the Judean Desert, in: S. Richard (Hrsg.), *Near Eastern Archaeology. A Reader* (Winona Lake 2003) 274-277.

Tadmor u. a. 1995

M. Tadmor – D. Kedem – F. Begemann – A. Hauptmann – E. Pernicka – S. Schmitt-Strecker, The Nahal Mishmar Hoard from the Judean Desert. Technology, Composition, and Provenance, *'Atiqot* 27, 1995, 95-148.

Tallon 1987a

F. Tallon, *Métallurgie susienne I,1. De la fondation de Suse au XVIII<sup>e</sup> siècle J.-C.*, Notes et Documents des Musée de France 15 (Paris 1987).

Tallon 1987b

F. Tallon, *Métallurgie susienne I,2. De la fondation de Suse au XVIII<sup>e</sup> siècle J.-C.*, Notes et Documents des Musée de France 15 (Paris 1987).

Tanda 2009

G. Tanda, *Il Neolitico recente*, in: C. Lugliè – R. Cicilloni (Hrsg.), *La Preistoria e la Protostoria della Sardegna*. Cagliari, Barumini, Sassari, 23-28 novembre 2009, *Atti della XLIV Riunione Scientifica = Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria* 44,1 (Florenz 2009) 59-71.

Thissen 1993

L. Thissen, *New Insights in Balkan-Anatolian Connections in the Late Chalcolithic: Old Evidence from the Turkish Black Sea Littoral*, *AnSt* 43, 1993, 207-237.

Thornton 2009

Chr. P. Thornton, *The Emergence of Complex Metallurgy on the Iranian Plateau. Escaping the Levantine Paradigm*, *Journal of World Prehistory* 22, 2009,3, 301-327.

Thornton 2010

Chr. P. Thornton, *The Rise of Arsenical Copper in Southeastern Iran*, *Iranica Antiqua* 45, 2010, 31-50.

Thornton – Rehren 2007

Chr. P. Thornton – Th. Rehren, *Report on the First Iranian Prehistoric Slag Workshop*, *Iran* 45, 2007, 315-318.

Thornton – Rehren 2009

Chr. P. Thornton – Th. Rehren, *A Truly Refractory Crucible from Fourth Millennium Tepe Hissar, Northeast Iran*, *Journal of Archaeological Science* 36, 2009, 2700–2712.

Thornton – Roberts 2009

Chr. P. Thornton – B. W. Roberts, *Introduction. The Beginnings of Metallurgy in Global Perspective*, *Journal of World Prehistory* 22, 2009, 181-184.

Thornton u. a. 2002

Chr. P. Thornton – C. C. Lamberg-Karlovsky – M. Liezers – S. M. M. Young, *On Pins and Needles: Tracing the Evolution of Copper-base Alloying at Tepe Yahya, Iran, via ICP-MS Analysis of Common-place Items*, *Journal of Archaeological Science* 29,12, 2002, 1451–1460.

Thornton u. a. 2009

Chr. P. Thornton – Th. Rehren – V.C. Pigott, *The Production of Speiss (Iron Arsenide) during the Early Bronze Age in Iran*, *Journal of Archaeological Science* 36,2, 2009, 308-316.

Thornton u. a. 2010

Chr. P. Thornton – J.M. Golden – D.J. Killick – V.C. Pigott – Th. H. Rehren – B.W. Roberts, *A Chalcolithic Error. Rebuttal to Amzallag 2009*, *American Journal of Archaeology* 114, 2010, 305–315.

Timberlake 2007

S. Timberlake, The Use of Experimental Archaeology/Archaeometallurgy for the Understanding and Reconstruction of Early Bronze Age Mining and Smelting Technologies, S. La Niece – D. Hook – P. Craddock (Hrsg.), *Metals and Mines. Studies in Archaeometallurgy. Selected papers from the conference Metallurgy: A Touchstone for Cross-cultural Interaction held at the British Museum 28-30 April 2005 to celebrate the career of Paul Craddock during his 40 years at the British Museum (London 1997)* 27-36.

Tobler 1950

A. J. Tobler, *Excavations at Tepe Gawra II. Levels IX-XX (Philadelphia 1950)*.

Točík – Žebrák 1989

A. Točík – P. Žebrák, Ausgrabungen in Špania Dolina-Piesky. Zum Problem des urzeitlichen Kupfererzbergbaus in der Slowakei, in: A. Hauptmann – E. Pernicka – G. A. Wagner (Hrsg.), *Archäometallurgie der Alten Welt. Beiträge zum Internationalen Symposium „Old World Archaeometallurgy“, Heidelberg 1987 = Old World Archaeometallurgy, Anschnitt Beiheft 7 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 44 (Bochum 1989)* 71-78.

Todorova 1978

H. Todorova, *The Eneolithic in Bulgaria, \*BARIntSer Suppl. 49 (Oxford 1978)*.

Todorova 1981

H. Todorova, *Die kupferzeitlichen Äxte und Beile in Bulgarien, \*PBF IX,14 (München 1981)*.

Todorova 1993

H. Todorova, *Die Protobronzezeit auf der Balkanhalbinsel, Anatolica 19, 1993, 307-318*.

Todorova 1998

H. Todorova, *Der balkano-anatolische Kulturbereich vom Neolithikum bis zur Frühbronzezeit. Stand der Forschung*, in: M. Stefanovich – H. Todorova – H. Hauptmann (Hrsg.), *James Harvey Gaul. In Memoriam (Sofia 1998)* 27-54.

Todorova 1999

H. Todorova, *Die Anfänge der Metallurgie an der westlichen Schwarzmeerküste*, in: A. Hauptmann – E. Pernicka – T. Rehren – Ü. Yalçın (Hrsg.), *The Beginnings of Metallurgy. Proceedings of the International Conference “The Beginnings of Metallurgy”, Bochum 1995, Anschnitt Beiheft 9 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum 84 (Bochum 1999)* 237-246.

Turck 2010

R. Turck, *Die Metalle zur Zeit des Jungneolithikums in Mitteleuropa. Eine sozialarchäologische Untersuchung, Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 185 (Bonn 2010)*.

Tykot 1994

R. H. Tykot, *Radiocarbon dating and absolute chronology in Sardinia and Corsica*, in: R. Skeates – R. Whitehouse, *Radiocarbon Dating and Italian Prehistory, Accordia Specialist Studies on Italy 3 = Archaeological Monographs of the British School at Rome 8 (London 1994)* 115-145.

Tylecote 1970

R. F. Tylecote, *The Composition of Metal Artifacts: A Guide to Provenance?*, *Antiquity* 44, 1970, 19-25.

Tylecote 1974

R. F. Tylecote, *Can Copper be Smelted in a Crucible?*, *Journal of the Historical Metallurgical Society* 8,1, 1974, 54.



Tylecote 1976

R. F. Tylecote, *A History of Metallurgy* (London 1976).

Tylecote 1980a

R. F. Tylecote, *Furnaces, Crucibles, and Slags*, in: T. A. Wertime – J. D. Muhly (Hrsg.), *The Coming of the Age of Iron* (New Haven 1980) 183-228.

Tylecote 1980b

R. F. Tylecote, *Summary of Results of Experimental Work on Early Copper Smelting*, in: W. A. Oddy (Hrsg.), *Aspects of Early Metallurgy*, *British Museum Occasional Paper 17* (London 1980) 5-12.

Tylecote 1982

R. F. Tylecote, *Smelting Copper Ore from Rudna Glava, Yugoslavia*, *Proceedings of the Prehistoric Society* 48, 1982, 459-465.

Tylecote 1986

R. F. Tylecote, *The Prehistory of Metallurgy in the British Isles* (London 1986).

Tylecote 1987

R. F. Tylecote, *The Early History of Metallurgy in Europe* (New York 1987).

Tylecote 1991

R. F. Tylecote, *Recent Highlights in Archaeometallurgy*, in: P. Budd – B. Chapman – C. Jackson – R. Janaway – B. Ottaway (Hrsg.), *Archaeological Sciences 1989. Proceedings of a Conference on the Application of Scientific Techniques to Archaeology*, Bradford, September 1989 (Oxford 1991) 194-201.

Tylecote – Boydell 1978

R. F. Tylecote – P. J. Boydell, *Experiments on Copper Smelting based on early Furnaces found at Timna*, *Archaeo-Metallurgy* 1, 1978, 27-51.

Tylecote u. a. 1977

R. F. Tylecote – H. A. Ghaznavi – P. J. Boydell, *Partitioning of Trace Elements between the Ores, Fluxes, Slags and Metal during the Smelting of Copper*, *Journal of Archaeological Science* 4, 1977, 305-333.

Tzachili 2008

I. Tzachili, *Aegean Metallurgy in the Bronze Age: Recent Developments*, in: I. Tzachili (Hrsg.), *Aegean Metallurgy in the Bronze Age. Proceedings of an International Symposium held at the University of Crete, Rethymnon, Greece, on November 19-21, 2004* (Athen 2008) 7-33.

Ugas 1997

G. Ugas, *Le radici prenuragiche e nuragiche di Selargius*, in G. Camboni (Hrsg.), *Selargius. L'antica Kellarios* (Mailand 1997) 49-61.

Ugas 1998

G. Ugas, *Considerazioni sulle sequenze culturali e cronologiche tra l'Eneolitico e l'epoca nuragica*, in: M. S. Balmuth – R. H. Tykot (Hrsg.), *Sardinian and Aegean Chronology. Towards the Resolution of Relative and Absolute Dating in the Mediterranean. Proceedings of the International Colloquium 'Sardinian Stratigraphy and Mediterranean Chronology'*, Tufts University, Medford, Massachusetts, March 17-19, 1995, *Studies in Sardinian Archaeology* 5 (Oxford 1998) 251-272.

Ugas u. a. 1989a

G. Ugas – L. Usai – M. P. Nuvoli – L. Lai – M. G. Marras, Nuovi dati sull'insediamento di Su Coddu-Selargius, in: L. D. Campus (Hrsg.), *La cultura di Ozieri. Problematiche e nuove acquisizioni*, Atti del I convegno di studio Ozieri, gennaio 1986 – aprile 1987, (Ozieri 1989) 239-243.

Ugas u. a. 1989b

G. Ugas – G. Lai – L. Usai, L'insediamento prenuragico di Su Coddu (Selargius-Ca). Notizia preliminare sulle campagne di scavo 1981-1984, *Nuovo Bullettino Archeologico Sardo* 2, 1985, 7-49.

Usai 1998

L. Usai, Nuovi dati materiali per una definizione dell'Eneolitico Antico in Sardegna, in: M. S. Balmuth – R. H. Tykot (Hrsg.), *Sardinian and Aegean Chronology. Towards the Resolution of Relative and Absolute Dating in the Mediterranean. Proceedings of the International Colloquium 'Sardinian Stratigraphy and Mediterranean Chronology'*, Tufts University, Medford, Massachusetts, March 17-19, 1995, *Studies in Sardinian Archaeology* 5 (Oxford 1998) 217-233.

Usai 2005

L. Usai, Pre-Nuragic Metallurgy Records, in: F. Lo Schiavo – A. Giumlia-Mair – U. Sanna – R. Valera (Hrsg.), *Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age. Symposium Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age*, Cagliari, September 9<sup>th</sup>-10<sup>th</sup> 2004, *Monographies instrumentum* 30 (Montagnac 2005) 257-277.

Usai 2009

L. Usai, Il Neolitico medio, in: C. Lugliè – R. Cicilloni (Hrsg.), *La Preistoria e la Protostoria della Sardegna*. Cagliari, Barumini, Sassari, 23-28 novembre 2009, *Atti della XLIV Riunione Scientifica = Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria* 44,1 (Florenz 2009) 49-58.

Usai – Lo Schiavo 2009

A. Usai – F. Lo Schiavo, Contatti e scambi, in: C. Lugliè – R. Cicilloni (Hrsg.), *La Preistoria e la Protostoria della Sardegna*. Cagliari, Barumini, Sassari, 23-28 novembre 2009, *Atti della XLIV Riunione Scientifica = Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria* 44,1 (Florenz 2009) 271-286.

Vagnetti – Belli 1978

L. Vagnetti – P. Belli, Characters and Problems of the Final Neolithic in Crete, *SMEA* 1978, 125-163.

Vajsov 1993

I. Vajsov, Die frühesten Metalldolche Südost- und Mitteleuropas, *PZ* 68, 1993, 103-145.

Valera – Valera 2005

P. G. Valera – R. G. Valera, Outline of Geology and Mineral Deposits of Sardinia, in: F. Lo Schiavo – A. Giumlia-Mair – U. Sanna – R. Valera (Hrsg.), *Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age. Symposium Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age*, Cagliari, September 9<sup>th</sup>-10<sup>th</sup> 2004, *Monographies instrumentum* 30 (Montagnac 2005) 35-42.

Valera u. a. 2005

R. G. Valera – P. G. Valera – A. Rivaldoni, Sardinian Ore Deposits and Metals in the Bronze Age, in: F. Lo Schiavo – A. Giumlia-Mair – U. Sanna – R. Valera (Hrsg.), *Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age. Symposium Archaeometallurgy in Sardinia from the Origin to the Beginning of the Early Iron Age*, Cagliari, September 9<sup>th</sup>-10<sup>th</sup> 2004, *Monographies Instrumentum* 30 (Montagnac 2005) 43-87.

Vasilakis 2008

A. Vasilakis, Silver Metalworking in Prehistoric Crete. An Historical Survey, in: I. Tzachili (Hrsg.), Aegean Metallurgy in the Bronze Age. Proceedings of an International Symposium held at the University of Crete, Rethymnon, Greece, on November 19-21, 2004 (Athen 2008) 75-85.

Vatandoust u. a. 2011

A. Vatandoust – H. Parzinger – B. Helwing, 1 Early Mining and Metallurgy on the western Central Iranian Plateau. An Introduction to Research Project, in: A. Vatandoust – H. Parzinger – B. Helwing (Hrsg.), Early Mining and Metallurgy on the western Central Iranian Plateau. The first five Years of Work, Archäologie in Iran und Turan 9 (Mainz 2011) 1-7.

de Vaux 1951

R. de Vaux, La troisième campagne de fouilles à Tell el-Far'ah près Naplouse. Rapport préliminaire, RB 58, 1951, 566-590.

Videiko 1995

M. Y. Videiko, Tripolye – “Pastoral” Contacts. Facts and Character of the Interactions: 4800-3200 BC, in: A. Koško, Nomadism and Pastoralism in the Circle of Baltic-Pontic Early Agrarian Cultures: 5000-1650 BC, Baltic-Pontic Studies 2 (Posen 1995) 5-28.

Virág 2010

Z. Virág, Ringanhänger und Golscheiben. Verbreitung und Bedeutung, in: Badisches Landesmuseum Karlsruhe (Hrsg.) (Redaktion Cl. Lichter), Jungsteinzeit im Umbruch. Die „Michelsberger Kultur“ und Mitteleuropa vor 6000 Jahren. Katalog zur Ausstellung im Badischen Landesmuseum Schloss Karlsruhe 20.11.2010-15.05.2011 (Darmstadt 2010) 212-217.

Voigt 1987

M. Voigt, Relative and Absolute Chronologies for Iran between 6500 and 3500 Cal BC, in: O. Aurenche – J. Evin – F. Hours (Hrsg.), Chronologies du Proche Orient = Chronologies in the Near East. Relative Chronologies and Absolute Chronology 16000-4000 B.P. C.N.R.S. International Symposium, Lyon (France) 24-28 November 1986, \*BARIntSer 379 i-ii (Oxford 1987) 615-646.

Vulpe 1975

A. Vulpe, Die Äxte und Beile in Rumänien II, \*Prähistorische Bronzefunde IX,5 (München 1975).

Wagner 1984

G. A. Wagner, Frühes Gold, Silber und Blei in der Ägäis, Geowissenschaften in unserer Zeit 2,1, 1984, 1-7.

Wagner – Weisgerber 1978

G. A. Wagner – G. Weisgerber, The Ancient Silver Mines at Ayos Sostris, Greece, Archaeo Physika 10, 1978, 209-222.

Weeks 2008

L. Weeks, The 2007 Early Iranian Metallurgy Workshop at the University of Nottingham, Iran 46, 2008, 335-345.

Wertime 1973

Th. A. Wertime, The Beginning of Metallurgy: A New Look, Science 182, 1973, 875-887.

Wilkinson 1995

T. A. H. Wilkinson, A New Comparative Chronology for the Predynastic-Early Dynastic Transition, The Journal of the Ancient Chronology Forum 7, 1994/1995, 5-26.

Wilkinson 2002

T. A. H. Wilkinson, Uruk into Egypt: Imports and Imitations, in: J. N. Postgate (Hrsg.), *Artefacts of Complexity: Tracking the Uruk in the Near East*. Conference Manchester November 1998, Iraq Archaeological Reports 5 (Warminster 2002) 237-248.

Willies 1991

L. Willies, Development of Lead Smelting Techniques, in: R. Francovich (Hrsg.), *Archeologia delle attività estrattive e metallurgiche. V Ciclo di Lezioni sulla Ricerca Applicata in Archeologia Certosa di Pontignano (SI) – Campiglia Marittima (LI)*, 9-21 settembre 1991 (Firenze 1993) 497-514.

Wittwer-Backoffen 2003

U. Wittwer-Backoffen, Mezarlar Listesi, in: U. B. Alkim – H. Alkim – Ö. Bilgi, *İkiztepe II. Üçüncü, Dördüncü, Beşinci, Altıncı, Yedinci Dönem Kazıları (1976-1980)* (Ankara 2003) 187-194.

Woll 2003

B. Woll, Das Totenritual der Frühen Nordischen Trichterbecherkultur, *SaarBeitr* 76 (Bonn 2003).

Wood u. a. 2017a

J. R. Wood – M. F. Charlton – M. Murillo-Barroso – M. Martínón-Torres, Iridium to provenance ancient silver, *Journal of Archaeological Science* 81, 2017, 1-12.

Wood u. a. 2017b

J. R. Wood – M. F. Charlton – M. Murillo-Barroso – M. Martínón-Torres, Gold parting, iridium and provenance of ancient silver: A reply to Pernicka, *Journal of Archaeological Science* 86, 2017, 127-130.

Wright 2001

H. T. Wright, Cultural Action in the Uruk World, in: M. S. Rothman (Hrsg.), *Uruk Mesopotamia & Its Neighbors. Cross Cultural Interactions in the Era of State Formation*, School of American Research Advanced Seminar Series (Oxford 2001) 123-147.

Wright – Rupley 2001

H. T. Wright – E. S. A. Rupley, Calibrated Radiocarbon Age Determinations of Uruk-Related Assemblages, in: M. S. Rothman (Hrsg.), *Uruk Mesopotamia & Its Neighbors. Cross Cultural Interactions in the Era of State Formation*, School of American Research Advanced Seminar Series (Oxford 2001) 85-122.

Wright – Whallon 1998

H. T. Wright – R. Whallon, Investigations at Fatmalı Kalecik: a Chalcolithic Hamlet in the Upper Euphrates Valley, in: G. Arsebük – M. J. Mellink – W. Schirmer (Hrsg.), *Light on Top of the Black Hill. Studies presented to Halet Çambel* (Istanbul 1998) 775-809.

Yakar 1985

J. Yakar, The Later Prehistory of Anatolia. The Late Chalcolithic and Early Bronze Age, *\*BARIntSer* 268 i-ii (Oxford 1985).

Yakar 2002

J. Yakar, East Anatolian Metallurgy in the Fourth and Third Millennium BC: Some Remarks, in: Ü. Yalçın (Hrsg.), *Anatolian Metal 2. Internationales Symposium „Anatolian Metal 2“ Oktober 2000 in Bochum, Anschnitt Beiheft 15 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum* 109 (Bochum 2002) 15-25.

Yalçın 2000a

Ü. Yalçın, Frühchalkolithische Metallfunde von Mersin – Yumuktepe. Beginn der Extraktiven Metallurgie?, TÜBA-AR 3, 2000, 109-128.

Yalçın 2000b

Ü. Yalçın, Anfänge der Metallverwendung in Anatolien, in: Ü. Yalçın (Hrsg.), Anatolian Metal 1, Symposium „Anatolian Metal I“, Bochum 12 bis 13. November 1998, Anschnitt Beiheft 13 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 92 (Bochum 2000) 17-30.

Yalçın 2003

Ü. Yalçın, Entwicklung der Metallurgie in Anatolien, in: M. Özdoğan – H. Hauptmann – N. Başgelen (Hrsg.), Köyden Kente. From Village to Cities 2. Studies presented to Ufuk Esin (Istanbul 2003) 533-545.

Yalçın u. a. 1992

Ü. Yalçın – H. Hauptmann – A. Hauptmann – E. Pernicka, Norşuntepe’de Geç Kalkeolitik çağı bakır madencilği üzerine arkeometallurjik araştırmalar, Arkeometri Sonuçları Toplantısı 8, 1992, 381-389.

Yener 2000

K. A. Yener, The Domestication of Metals. The Rise of Complex Metal Industries in Anatolia, Culture and History of the Ancient Near East 4 (Leiden 2000).

Yener u. a. 2003

K. A. Yener – A. Adriaens – B. Earl – H. Özbal, Analyses of Metalliferous Residues, Crucible Fragments, Experimental Smelts, and Ores from Kestel Tin Mine and the Tin Processing Site of Göltepe, Turkey, in: P. Craddock – J. Lang (Hrsg.), Mining and Metal Production through the Ages. Konferenz “The Prehistory of Mining and Metallurgy” 13.-15. September 1995 (London 2003) 181-197.

Zachos 1996

K. L. Zachos, Metal Jewellery, in: G. A. Papathanassopoulos (Hrsg.), Neolithic Culture in Greece. Nicholas P. Goulandris Foundation Museum of Cycladic Art. Ausstellungskatalog 1996 (Athen 1996) 339-340.

Zachos 2007

K. Zachos, The Neolithic Background. A Reassessment, in: P. M. Day – R. C. P. Doonan (Hrsg.), Metallurgy in the Early Bronze Age Aegean, Sheffield Studies in Aegean Archaeology 7 (Oxford 2007) 168-206.

Zachos 2008

K. Zachos, Ayios Dhimitrios. A Prehistoric Settlement in Southwestern Peloponnese. The Neolithic and Early Helladic Periods, BAR International Series 1770 (Oxford 2008).

Zimmermann 2004-05

Th. Zimmermann, Early Daggers in Anatolia – a necessary Reappraisal, Anodos 4-5, 2004-2005, 251-262.

Zimmermann 2005a

Th. Zimmermann, Zu den frühesten Blei- und Edelmetallfunden aus Anatolien. Einige Gedanken zu Kontext und Technologie, Anschnitt 57,5-6, 2005, 190-199.

Zimmermann 2005b

Th. Zimmermann, Anmerkungen zu einer bronzzeitlichen Nackenkammxt aus dem Schausammlungsbestand des RGZM, AKorrBI 35, 2005, 169-174.

Zimmermann 2006

Th. Zimmermann, Kalinkaya – A Chalcolithic-Early Bronze Age Settlement and Cemetery in Northern Central Anatolia. First Preliminary Report: The Burial Evidence, *AnadoluYil* 2005, 2006, 271-300.

Zimmermann 2007

Th. Zimmermann, Anatolia and the Balkans, once again – Ring-shaped Idols from Western Asia and a critical Reassessment of some 'Early Bronze Age' Items from İkitzepe, Turkey, *Oxford Journal of Archaeology* 26,1, 2007, 25-33.

Zimmermann 2011

Th. Zimmermann, Frühe Metallobjekte zwischen westlichen Schwarzmeer und Taurusgebirge in kultischem und profanem Kontext. Neue Studien zu Rohstoffen, Technologie und sozialem Zeigerwert, in: U. L. Dietz – A. Jockenhövel (Hrsg.), *Bronzen im Spannungsfeld zwischen praktischer Nutzung und symbolischer Bedeutung. Beiträge zum internationalen Kolloquium am 9. und 10. Oktober 2008 in Münster, \*Prähistorische Bronzefunde XX,13 (Stuttgart 2011) 297–313.*

Zωης 1973

A. Ζωης, Κρήτη – Έποχή τού λίθου. Αρχαίες Ελληνικές π/Πολεις 18 – Ancient Greek Cities 18 (Αθηναί/Athen 1973).

Zwicker 1978

U. Zwicker, Untersuchungen zur frühen Kupferverhüttung in Ostanatolien, in: H. W. Hennicke (Hrsg.), *Mineralogische Rohstoffe als kulturhistorische Informationsquelle. Diskussionstagung des Arbeitskreises Archäometrie in der Fachgruppe Analytische Chemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker vom 24.–26. Februar 1977 in Heidelberg (Hagen 1978) 44-63.*

Zwicker 1980

U. Zwicker, Investigations on the Extractive Metallurgy of Cu/Sb/As Ore and Excavated Smelting Products from Norsun-Tepe (Keban) on the Upper Euphrates (3500-2800 BC), in: W. A. Oddy (Hrsg.), *Aspects of Early Metallurgy, British Museum Occasional Paper 17 (London 1980) 13-26.*

Zwicker 1989

U. Zwicker, Untersuchungen zur Herstellung von Kupfer und Kupferlegierungen im Bereich des östlichen Mittelmeeres (3500-1000 v. Chr.), in: A. Hauptmann – E. Pernicka – G. A. Wagner (Hrsg.), *Archäometallurgie der Alten Welt. Beiträge zum Internationalen Symposium „Old World Archaeometallurgy“, Heidelberg 1987 = Old World Archaeometallurgy, Anschnitt Beiheft 7 = Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 44 (Bochum 1989) 191-201.*

Zwicker 1991

U. Zwicker, Natural Copper-arsenic Alloy and smelted Arsenic Bronzes in Early Metal Production, in: J.-P. Mohen – Chr. Éluère (Hrsg.), *Découverte du Métal, Millénaires 2 (Paris 1991) 331-340.*

Zwicker u. a. 1985

U. Zwicker – H. Greiner – K. H. Hofmann – M. Reithinger, Smelting, Refining and Alloying of Copper and Copper Alloys in Crucible-furnaces during Prehistoric up to Roman Time, in: P. T. Craddock – M. J. Hughes (Hrsg.), *Furnaces and Smelting Technology in Antiquity, British Museum Occasional Paper 48 (1985) 103-115.*

## **VI.1. Literatur Webseiten ohne Autor oder Institution**

<http://www.salamina.gr/english/euripidescave.htm>

<<http://www.salamina.gr/english/euripidescave.htm>> (10.08.2006).

# **Erste Alchimisten?**

**– Aspekte und Technologie früher Metallnutzung in Europa und Vorderasien.**

## **Teil 2**

Anhänge – Karte – Katalog – Tafelverzeichnis – Tafeln

Jens Gutperle

**Heidelberg 2024**

© 2024 Jens Gutperle. Alle Rechte vorbehalten.  
Einige Abbildungen unterliegen dem Urheberrecht  
von Dritten und sind teilweise Open Content. Die  
Rechte liegen bei den jeweiligen Rechteinhabern.



# Inhaltsverzeichnis

## Teil 2 Anhänge – Karte – Katalog – Tafelverzeichnis – Tafeln

<b>VII. Anhänge (Konkordanzen zu Katalog und Karte)</b> .....	<b>559</b>
VII.1. Alphabetische Konkordanz zu Katalog und Karte .....	559
VII.2. Numerische Konkordanz zu Katalog und Karte .....	562
<b>VIII. Karte der Silber- und Silbermetallurgiefunde</b> .....	<b>565</b>
<b>IX. Katalog der Silber- und Silbermetallurgiefunde</b> .....	<b>567</b>
Balkan, Südost- und Mitteleuropa	568
Nordpontischer Raum	581
Weitere Kaukasusregion	585
Anatolien nordwestlich des Taurus	593
Obermesopotamien	606
Iran	619
Mesopotamien	629
Levante	641
Ägypten	649
Sardinien	653
Weitere Fundorte (teils Bronze)	656
<b>X. Tafelverzeichnis</b> .....	<b>658</b>
<b>XI. Tafeln</b> .....	<b>667</b>
Tafeln 1–40	



## VII. Anhänge (Konkordanzen zu Katalog und Karte)

### VII.1. Alphabetische Konkordanz zu Katalog und Karte

• Abydos	Kat.-Nr. 57,c. g-h
• Ägypten: siehe auch Abydos, el Amrah, Ballas, Hamra Dum, Hierakonpolis, el Mashana, Matmar, Mostagedda, Naqada etc.	Kat.-Nr. 57,a-u
• Alepotrypa-Höhle	Kat.-Nr.: 8
• Alexandrovka (ohne Karteneintrag)	Kat.-Nr. 15,e
• Alişar Höyük	Kat.-Nr. 23
• Amnissos: siehe Eileithya Höhle	Kat.-Nr. 10
• Amrah, el	Kat.-Nr. 57,l. p
• Anghelu Ruju	Kat.-Nr. 58,e
• Arisman	Kat.-Nr. 39
• Arslantepe	Kat.-Nr. 35
• Azor	Kat.-Nr. 54
• Bab edh-Dhra	Kat.-Nr. 56
• Ballas	Kat.-Nr. 57,o
• Beycesultan	Kat.-Nr. 24
• Brak, Tell	Kat.-Nr. 33,a-b
• Byblos	Kat.-Nr. 50
• Domuztepe	Kat.-Nr. 27
• Eileithya-Höhle (bei Amnissos)	Kat.-Nr. 10
• el-Farah Nord, Tell, siehe auch Farah	Kat.-Nr. 52
• Emen, „Emen-Höhle“	Kat.-Nr. 2
• esh-Shuna Nord, Tell, siehe auch Shuna	Kat.-Nr. 51
• Euripides, Höhle des... (bei Peristéria)	Kat.-Nr. 9
• Fatmalı Kalecik	Kat.-Nr. 28
• Farah, Tell el-Farah Nord	Kat.-Nr. 52
• Gaura, Tepe	Kat.-Nr. 32
• Göller (Haci Yakup)	Kat.-Nr. 25
• Habuba Kabira-Süd	Kat.-Nr. 34
• Hacinebi	Kat.-Nr. 29
• Haci Yakup: siehe Göller	Kat.-Nr. 25
• Hamoukar	Kat.-Nr. 31
• Hamra Dom	Kat.-Nr. 57,m
• Hierakonpolis	Kat.-Nr. 57,t
• Hissar, Tepe	Kat.-Nr. 40
• İviztepe	Kat.-Nr. 26
• Ilgynly-Depe	Kat.-Nr. 60
• Iran, nordwestlicher? (Kunsthandel)	Kat.-Nr. 43
• Kara-Depe 3 (ungefähre Lokalisation)	Kat.-Nr. 61
• Kfar Monash	Kat.-Nr. 53
• Klady: siehe Novosvobodnaja-Carskaja und Klady	Kat.-Nr. 18
• Kleinfund- bzw. Scherbenschicht (Uruk-Warka)	Kat.-Nr. 46
• Konstantinovsk	Kat.-Nr. 14,b
• Korucutepe	Kat.-Nr. 30
• Kovalevka	Kat.-Nr. 14,d
• Kunsthandel, nordweslicher Iran?	Kat.-Nr. 43

• Kunsthandel, Uruk-Warka? (Rollsiegelaufsatz)	Kat.-Nr. 49
• Majkop (Oshad) Kurgan	Kat.-Nr. 17
• Mashana, el	Kat.-Nr. 57,a
• Matmar	Kat.-Nr. 57,s
• Monte Majore	Kat.-Nr. 58,b
• Montessu	Kat.-Nr. 58,d
• Mostagedda	Kat.-Nr. 57,b, f
• Nalčik, Kurgan bei...	Kat.-Nr. 19
• Naqada	Kat.-Nr. 57,d-e. i-k. n. q
• Nezvisko	Kat.-Nr. 13
• Nordpontischen Steppen: siehe auch Konstantinovsk, Kovalevka, Terny, Trapovka; vgl. Usatovo-Kultur (Kat. 15,a-f)	Kat.-Nr. 14,a-d
• Novosvobodnaja-Carskaja und Klady	Kat.-Nr. 18
• Novosvobodnaja, Kurgan bei... (Nördlicher Kaukasus; zur Lokalisation auf der Karte an Kat.-Nr. 18 angehängt)	Kat.-Nr. 21
• Panajot Chitovo („Schatzfund“)	Kat.-Nr. 1
• Parcani I/Parkony	Kat.-Nr. 15,a
• Peristéria, siehe Euripides, Höhle des...	Kat.-Nr. 9
• Planquadrat Pd 16-3 (Uruk-Warka)	Kat.-Nr. 48
• Poduri	Kat.-Nr. 5
• Pranu Mutteddu	Kat.-Nr. 58,c
• Purkary (ohne Karteneintrag)	Kat.-Nr. 15,f
• Qiriyah, Tel Aviv Qiriyah	Kat.-Nr. 55
• Riemchengebäude (Uruk-Warka)	Kat.-Nr. 45
• Rosica, Aus der Umgebung des Rosica-Stausees	Kat.-Nr. 3
• Rudki	Kat.-Nr. 11
• Sammelfund (Uruk-Warka)	Kat.-Nr. 47
• Sarazm/Sarasm	Kat.-Nr. 59
• Sardinien: siehe auch Su Coddu, Monte Majore, Pranu Mutteddu, Montessu, Anghelu Ruju	Kat.-Nr. 58,a-e
• Sé Girdan	Kat.-Nr. 41
• Shuna, Tell esh-Shuna Nord	Kat.-Nr. 51
• Sialk, Tepe: Silberkappen, 1. H. 4. Jt. v. Chr.	Kat.-Nr. 36
• Sialk, Tepe: Anhängerschmuck etc., Ende 4. Jt. v. Chr.	Kat.-Nr. 37
• Sialk, Tepe: Bleiglätte, Mitte 4. Jt. v. Chr.	Kat.-Nr. 38
• Soyuq Bulaq	Kat.-Nr. 16
• Staromyšastovskaja	Kat.-Nr. 20
• Steinstitfgebäude (Uruk-Warka)	Kat.-Nr. 44
• Štramperk, Berg Kotouč bei...	Kat.-Nr. 6
• Sucleia/Sukleja	Kat.-Nr. 15,b
• Su Coddu und Su Coddu-Canelles	Kat.-Nr. 58,a
• Susa	Kat.-Nr. 42
• Tabaška-Höhle	Kat.-Nr. 4
• Terny	Kat.-Nr. 14,a
• Tiszalúc-Sarkad	Kat.-Nr. 7
• Trapovka	Kat.-Nr. 14,c; 15,d
• Trușești-Tuguieta	Kat.-Nr. 12
• Uljap (ohne Karteneintrag)	Kat.-Nr. 22
• Uruk-Warka: siehe Kleinfund- bzw. Scherbenschicht, Kunsthandel, Planquadrat Pd 16-3, Riemchengebäude,	

- |                                                                                         |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Sammelfund, Steinstiftgebäude                                                           | Kat.-Nr. 44-49  |
| • Usatovo                                                                               | Kat.-Nr. 15,c   |
| • Usatovo-Kultur: siehe Alexandrovka, Parcani I, Purkary,<br>Sucleia, Trapovka, Usatovo | Kat.-Nr. 15,a-f |
| • Verbicioara (cave: Bronze; ohne Karteneintrag)                                        | Kat.-Nr. 62     |

## VII.2. Numerische Konkordanz zu Katalog und Karte

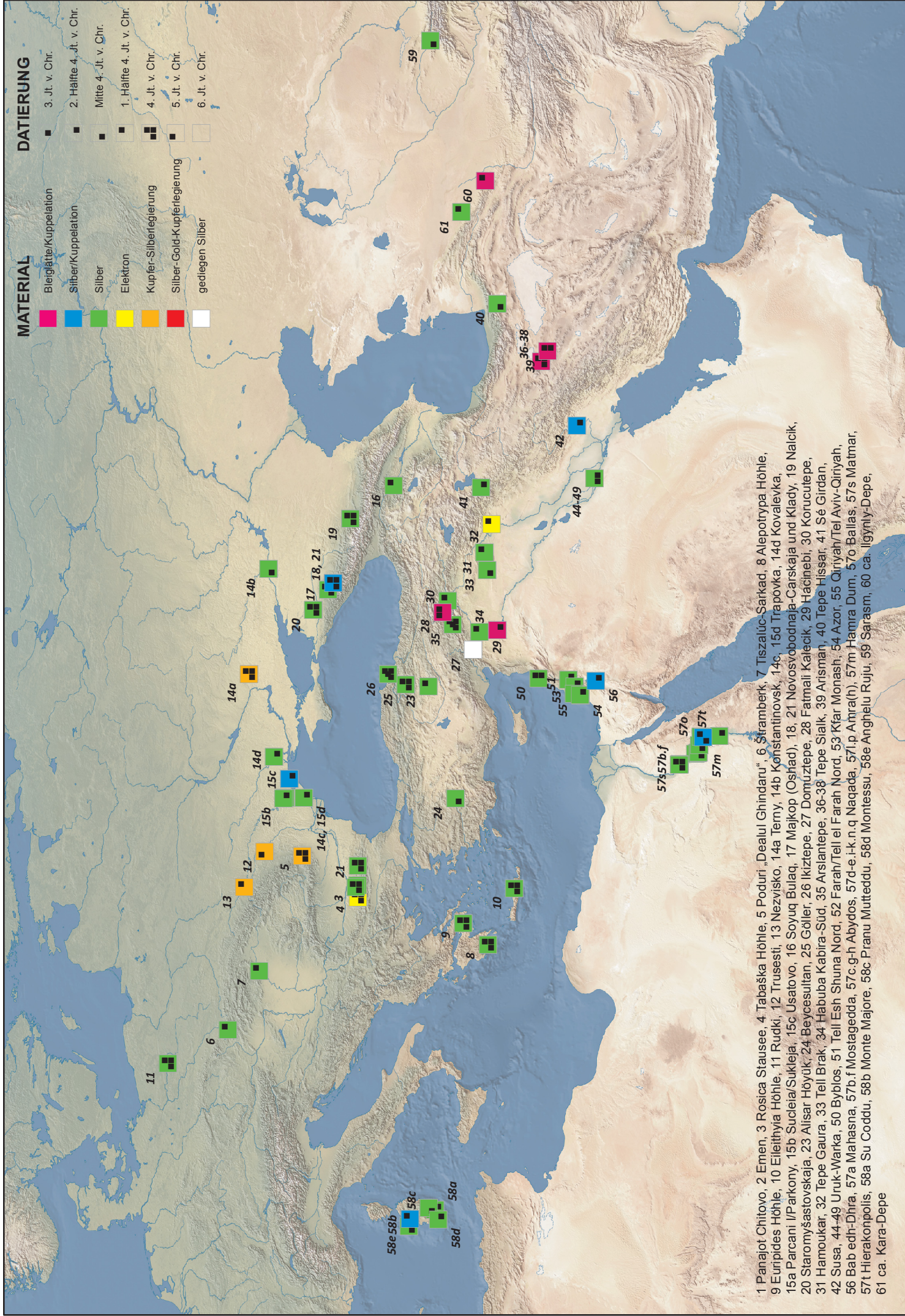
1	Panajot Chitovo	36	Tepe Sialk, Silberkappen, 1. H.
2	Emen		4. Jt. v. Chr.
3	Rosica	37	Tepe Sialk, Anhängerschmuck
4	Tabaška-Höhle		etc., Ende 4. Jt. v. Chr.
5	Poduri	38	Tepe Sialk, Bleiglätte,
6	Štramberk		Mitte 4. Jt. v. Chr.
7	Tiszalúc-Sarkad	39	Arisman
8	Alepotrypa-Höhle	40	Tepe Hissar
9	Höhle des Euripides	41	Sé Girdan
10	Eileithyia-Höhle	42	Susa
11	Rudki	43	nordwestlicher Iran?,
12	Trušești		Kunsthandel,
13	Nezvisko		(ohne Karteneintrag)
14,a	Terny	44	Uruk-Warka Steinstiftgebäude
14,b	Konstantinovsk	45	Uruk-Warka
14,c	Trapovka (vgl. 15,d)		Riemchengebäude
14,d	Kovalevka	46	Uruk-Warka Kleinfund- bzw.
15,a	Parcani I/Parkony		Scherbenschicht
15,b	Sucleia/Sukleja	47	Uruk-Warka Sammelfund
15,c	Usatovo	48	Uruk-Warka Planquadrat Pd
15,d	Trapovka (vgl. 14,c)		16-3
15,e	Alexandrovka	49	Uruk-Warka?
	(ohne Karteneintrag)		Rollsiegelaufsatz aus dem
15,f	Purkary		Kunsthandel
	(ohne Karteneintrag)	50	Byblos
16	Soyuq Bulaq	51	Tell esh-Shuna Nord
17	Majkop (Oshad)	52	Farah/Tell el Farah Nord
18	Novosvobodnaja-Carskaja und	53	Kfar Monash
	Klady	54	Azor
19	Kurgan bei Nalčik	55	Qiriyah/Tel Aviv-Qiriyah
20	Staromyšastovskaja	56	Bab edh-Dhra
21	Novosvobodnaja, Kurgan bei...	57,a	Mahasna
	(Nördlicher Kaukasus; zur	57,b	Mostagedda
	Lokalisation auf Karte an Kat.-	57,c	Abydos
	Nr. 18 angehängt)	57,d	Naqada
22	Uljap (ohne Karte)	57,e	Naqada
23	Alişar Höyük	57,f	Mostagedda
24	Beycesultan	57,g	Abydos
25	Göller (Haci Yakup)	57,h	Abydos
26	İkiztepe	57,i	Naqada
27	Domuztepe	57,j	Naqada
28	Fatmalı Kalecik	57,k	Naqada
29	Hacinebi	57,l	Amrah
30	Korucutepe	57,m	Hamra Dum
31	Hamoukar	57,n	Naqada
32	Tepe Gaura	57,o	Ballas
33	Tell Brak	57,p	Amrah
34	Habuba Kabira-Süd	57,q	Naqada
35	Arslantepe	57,r	Ägypten,

- ohne Herkunftsangabe, im  
Ashmolean Museum (ohne  
Karteneintrag)
- 57,s Matmar
  - 57,s Hierakonpolis
  - 57,u Ägypten?
  - 58,a Su Coddu, Su Coddu-Canelles
  - 58,b Monte Majore
  - 58,c Pranu Mutteddu
  - 58,d Montessu
  - 58,e Anghelu Ruju
  - 59 Sarazm/Sarasm
  - 60 Ilgynly-Depe
  - 61 Kara-Depe 3 (ungefähre  
Lokalisation)
  - 62 Verbicioara, *cave*: Bronze  
(ohne Karteneintrag)





## VIII. Karte der Silber- und Silbermetallurgiefunde



## IX. Katalog der Silber- und Silbermetallurgiefunde

Zunächst bleibt festzuhalten, dass mit dem letzten Fundort (Verbicioara [Kat. 62]) eine Bronze aufgenommen wurde. Die Ordnung der Fundorte im Katalog erfolgt nach Regionen. Dabei wurde diese innerhalb der Regionen und Fundorte noch einmal weitgehend chronologisch geordnet, soweit dies bei den zumeist unsicheren Datierungen überhaupt möglich ist. Teilweise erfolgt eine technologische und/oder zeitliche Einordnung nach der Besprechung im Text. Die für den Katalog definierten Regionen entsprechen nicht in allen Fällen jener bei der Besprechung der Funde in Kapitel IV. „Kulturgeschichtlicher Rahmen [...]“ gewählten Einteilung, da die Funde dort teilweise in Horizonten über Gebietsgrenzen hinweg besprochen werden. Die Nummerierung des Katalogs liegt auch der Verbreitungskarte der Silberfunde zugrunde. Alphabetische und numerische Konkordanzen gestatteten den Zugang zum Katalog auch ohne den Text. Einige Fundorte werden im Katalog innerhalb von Regionen besprochen, insbesondere wenn die Datierung über ähnliche Systeme erfolgt. Zugang bieten auch hier die Konkordanzen. Silberfunde unterschiedlicher Zeitstellung eines Fundortes (z. B. Abydos [Kat.-Nr. 57,c. g-h]) sowie ein unterschiedlich datierter Fundort (Trapovka [Kat. 14,c; 15,d]) werden teilweise getrennt besprochen, so dass in der Konkordanz hinter einem Fundort mehrere Katalogeinträge stehen können. Diese sind dann bei einfachen Fällen teilweise mit einer groben Fund- und Datierungsangabe zur besseren Orientierung versehen. Einzelne Fundorte ohne dem Autor bekannte Datierung und Lokalisation sowie Funde mit unsicherer Provenienz finden sich nur im Katalog und den Konkordanzen, nicht jedoch auf der Karte. Auf der Karte findet sich deshalb, da solche Fundorte und Funde im Katalog bei der jeweiligen Fundregion besprochen werden, keine durchlaufende Nummerierung. Der Katalog ist *work in progress* und kann niemals Vollständigkeit beanspruchen. Neue Funde, auch altentdeckte, findet man allerorten. Die Literatur ist und bleibt widersprüchlich, einen Katalogeintrag vollständig und sicher zu verfassen, bedeutete immensen, ja exponentiell anwachsenden Arbeitsaufwand. Die Hilfskonstruktionen bei den Datierungen sind in der Vermeidung dieses Umstandes begründet. Chronologie ist und bleibt Arbeit für Spezialisten. Der Katalog ist mehr als ein Minimalkatalog und erlaubt aufgrund seiner Ausführlichkeit einen Einblick in die rezipierte Datenlage und dient somit der Beweisführung bei der Besprechung. Im Bemühen die Angaben zu komplementieren wurden im Verlaufe der Arbeit in der Literatur entdeckte Funde in bereits bearbeiteten Fundorten nachgetragen. Dies aus Zeit- und Umfanggründen jedoch ohne die Angaben in allen Fällen in den Originalpublikationen nachzuprüfen. Der Katalog soll lediglich Ausgangspunkt für weitere Nachforschungen des Lesers sein.

Bei den Fundortnamen wurde versucht ein Umschriftsystem anzuwenden, welches Rücksicht auf den Sprachraum nimmt, in dem sich der Fundort befindet, oder die Umschrift wurde aus der rezipierten Literatur übernommen bzw. in Anlehnung an diese unter Berücksichtigung der deutschen Schreibweise/Umschrift gehalten. Aus Gründen der einfacheren Handhabung wurde die Umschrift dabei teilweise vereinfacht. Auf eine korrekte Transliteration mit diakritischen Zeichen, nach der die Schreibung eines Fundortes nur noch wenig gemein mit jener im Korpus der Literatur hat, wurde verzichtet. So liest sich Bâb edh-Dhrâ'/Bab edh-Dhra' hier Bab edh-Dhra. Etablierte Fundortnamen, die unzählige Literatur teils in mehreren Sprachen durchzieht, wie beispielsweise Tepe Hissar, werden nicht wie in besagtem Falle in neuerlich inflationären Umschreibungen wie Tappe/Tepe/Tappeh/Tappah Hesar/Hesâr geschrieben, sondern in ihrer alten Schreibung verwendet. Wo Schreibungen mit diakritischen Zeichen gebräuchlich sind, wurden diese weitgehend verwendet. Im Zweifelsfall gibt rezipierte Literatur ein Primat. Diese wird in Fußnoten zu Beginn von Kapiteln ausgewiesen.

Die Lokalisierung von Fundorten wurde versucht, möglichst exakt zu halten. In einzelnen Fällen bleiben sie jedoch im besten Fall Annäherungen. Die Angaben in der Literatur sind oft unzureichend, und teilweise werden die Fundorte auf Karten in der rezipierten Literatur unterschiedlich aufgetragen.

Folgende Abkürzungen werden verwendet:

D	Dicke
Dm	Durchmesser
B	Breite
H	Höhe
L	Länge
M.	Maßstab
T	Tiefe
max.	maximal
min.	minimal
G	Gewicht (eigentlich Masse)
Qs	Querschnitt
k. A.	keine Angabe

## Balkan, Südost- und Mitteleuropa

### Katalog-Nr.: 1

**Fundort:** Panajot Chitovo (Tärgovište Oblast/Bulgarien)<sup>4302</sup>

**Art der Objekte/Beschreibung/Material/Deutung/Ansprache:** Insgesamt 85 Silberobjekte und ein Gold-/Elektronobjekt: 12 Silberarmringe mit rundem Querschnitt und offenen Enden, vier davon mit verdickten Enden (vgl. Kat. 8 Alepotrypa und Balaci [s. u. Datierung und Popescu 2015]; 12 mondsichelförmige Stücke/Lunulae, Eberhauerimitate (?) mit Durchlochungen an den Enden (11 aus Silber, eines aus Gold/Elektron), (Variante 2 nach Popescu: 10 Exemplare [inklusive des Stücks aus Gold/Elektron] sind eher symmetrischen Aufbaus mit meist 2 Durchlochungen an den gerundeten Enden, 4 Exemplare weisen nach Ausweis von Abb. einen erkennbaren Mittelgrat auf, ein Stück ist randständig mit Buckeln verziert, Variante 1 nach Popescu: 2 Exemplare mit Mittelgrat sind asymmetrisch mit je 3 Durchlochungen an ihrem breiten Ende und einem Loch an ihrem schmalen Ende, das nochmals verjüngend abgesetzt ist (deutlichste Anleihen an einen Eberhauer), die Deutung dieser Objektgruppe schwankt zwischen Brust-, Hals- und Kopfschmuck bzw. Kleidungsapplikation; 6 Kopfbänder/Diademe aus dünnem Silberblech; 56 schüsselförmige Silberschalen („halbkugelförmige Silberknöpfe“) mit je zwei paarweisen Durchlochungen an den Seiten. Fragmente von Armspiralen/Spiralarmband (mit rechteckigem Querschnitt [?]), „höchstwahrscheinlich aus Kupferdraht gefertigt, jedenfalls nach der rötlichen Farbe des Metalls zu urteilen“ (Popescu 2015, 103).

**Analyse:** nein

**Maße:**

**Fundumstände:** Im Jahre 2002 wurde vom Nationalen Historischen Museum Bulgariens ein „Schatzfund“ mit 85 Silberobjekten und einem Gold-/Elektronobjekt erworben. Fundortangabe Panajot Chitovo.

**Fundzusammenhang/Begleitfunde:** Die Funde sollen sich in einem Keramikgefäß befunden haben.

**Stratigraphische Einbindung:** k. A.

**Datierung:** (nach Popescu 2015): Konova zufolge soll sich der Hortfund ans Ende der Bronzezeit datieren lassen – aufgrund von Vergleichen der Kopfbänder und insbesondere der runden Armringe mit solchen der Bronzezeit und Frühen Hallstattzeit Zentraleuropas. Popescu legt insbesondere über die mondsichelförmigen Objekte (und der offenen Armringe mit verdickten Enden eine Datierung in das Äneolithikum (Eneolithic) der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. an. Die Kopfbänder, das gibt Popescu deutlich zu bedenken, können eine Datierung ab dem 3. Jt. v. Chr. nahelegen; entfernte Vergleichsstücke für Kopfblechschmuck existieren jedoch bereits aus dem ausgehenden 5. Jt. v. Chr. (aus Gold in den Gräbern 2, 3, 15, 36 von Varna).

Nach der Beschreibung des Gefäßes, in dem sich der Schatzfund befunden haben soll, könnten sich nach Popescu Formen der Gumelnița Kultur als Vergleiche wahrscheinlich machen lassen. Das legte eine Datierung in die zweite Hälfte des 5. Jt. v. Chr. nahe.

Mondsichelartige Objekte („Lunulae“) aus Metall mit Lochungen, teils möglicherweise Imitate von Eberhauern, aus Gold/Elektron und Silber stammen aus Panajot Chitovo, der Emen Höhle, der Tabaška Höhle sowie goldene Exemplare aus Balaci (dort auch goldene Armringe mit verdickten Enden) und aus dem Depot von Stollhof (fr. 4. Jt. v. Chr) aus Kupfer. Zu allen Funden fehlen sichere archäologische Kontexte und gute datierende Umstände. Über Vergleiche der Funde untereinander und begleitender Funde wie etwa den offenen Armringen mit rundem Querschnitt und verdickten Enden (Panajot Chitovo und Balaci; vgl. Alepotrypa Höhle [Kat. 8]) sowie weiteren Funden weiterer Fundorte (s. o.) und der Betrachtung der Eberhauer Verwendung in Bulgarien kann Popescu Anhaltspunkte für eine Datierung noch in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. (oder früher) gewinnen (vgl. Popescu 2015; in Europa sind Eberhauer jedoch vom Neolithikum bis in die Zeit von Glockenbecher/Schnurkeramik zu finden). Zwar könnten die Kopfbänder/Diademe aus Panajot Chitovo auch eine Datierung in die Frühbronzezeit/Bronzezeit nahelegen, jedoch sind auch frühere Vorbilder bekannt.

**Bemerkungen:** Popescu macht darauf aufmerksam, dass durch die Materialauswahl dem Schatzfund eine gewisse Homogenität verliehen wird. 85 Silberobjekten steht lediglich ein Gold/Elektronfund entgegen. Ob es sich um einen – gegebenenfalls über längere Zeit gesammelten und nach Material sortierten – geschlossenen Hortfund handelt, oder ob die Auswahl später erfolgte, scheint offen zu sein.

Ursprünglich lag mir eine Vorabversion in Englisch vor. Bei den Datierungen bzw. Angaben zu den „Kulturstufen“ wurden soweit wie möglich Bezeichnungen der Autoren beibehalten bzw. äquivalent ins Deutsche übersetzt (z. B. Early Bronze Age = Frühbronzezeit), soweit keine allgemeinen Termini gefunden werden konnten. Diese aber

---

<sup>4302</sup> In der Transliteration in englischsprachiger Literatur auch Panayot Hitovo im Targowische Oblast (deutsch ohne diakritische Zeichen). – Soweit nicht anders vermerkt, alle Angaben zu diesem Fundort und auch die Deutungen und Vergleiche anderer Autoren nach Popescu 2015.

stehen in unterschiedlichen Traditionen und werden mit unterschiedlichen Inhalten gefüllt, was an dieser Stelle nicht weiter berücksichtigt wurde.

**Tafel/Abb./Karte:** Popescu 2015.

**Literaturauswahl:** Popescu 2015.

**Koordinaten:** Panajot Chitovo 43° 7' 58.8" N, 26° 19' 58.8" E; 43.133°, 26.333° ([http://toolserver.org/~geohack/geohack.php?language=bg&pagename=%D0%9F%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D1%82\\_%D0%A5%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE&params=43.133\\_N\\_26.333\\_E\\_scale:50000\\_region:BG](http://toolserver.org/~geohack/geohack.php?language=bg&pagename=%D0%9F%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D1%82_%D0%A5%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE&params=43.133_N_26.333_E_scale:50000_region:BG))

**Datierung Karte:** 4. Jt. (?)

### Katalog-Nr.: 2

**Fundort:** „Emen Höhle“ bei Emen (Veliko Tärnavo Oblast/Bulgarien)<sup>4303</sup>

**Art der Objekte:** zwei mondsichelförmige Objekte („Lunulae“) der Variante 2 nach Popescu

**Material/Analyse:** 1 Stück aus Silber (99,20% Silber); 1 Stück aus Elektron (65,30% Gold, 34,20% Silber) (nach Popescu 2015).

**Beschreibung/Ansprache:** Variante 2 nach Popescu: weitgehend symmetrischer Aufbau mit abgerundeten Enden, ein bis zwei (nachträglichen?) Durchlochungen je Seite, angedeuteter Mittelgrat. In der Deutung werden sie unter Vorbehalt in Anlehnung an solche der Variante 1 nach Popescu (vgl. Panajot Chitovo Kat. 1 und Rosica Kat. 3), die deutlicher als Imitate von Eckzähnen des männlichen Wildschweines (Eberhauer) angesprochen werden könnten, ebenfalls als Eberhauerimitationen gedeutet. Die Funktion bzw. Tragweise dieser Objektgruppe schwankt zwischen Brust-, Hals- und Kopfschmuck/Kleidungsapplikation.

**Maße:** siehe Maßstab Abb. bei Popescu 2015.

**Fundumstände/Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/„Begleitfunde“:**

1995 in Level B gefunden. Die Schicht wurde ursprünglich der (Früh-)Bronzezeit zugeordnet, enthält aber auch Tei-Keramik. Zuordnung später durch Leahu (nach Popescu) zu einer Tei-Schicht postuliert. Ein Genauer Kontext ist laut Nachforschungen von Popescu nicht publiziert.

Zur Möglichkeit von weiteren Metallfunden aus der Emen Höhle siehe Hristov 2000a, 122.

**Datierung:** Nach den Ausführungen von Popescu liegt eine Datierung ins 4. Jt. v. Chr., evtl. dessen erste Hälfte oder sogar früher im Bereich des Möglichen. Siehe Kat. 1 Panajot Chitovo Datierung und Popescu 2015.

**Bemerkungen:** Ursprünglich lag mir eine Vorabversion in Englisch vor. Bei den Datierungen bzw. Angaben zu den „Kulturstufen“ wurden soweit wie möglich Bezeichnungen der Autoren beibehalten bzw. äquivalent ins Deutsche übersetzt (z. B. Early Bronze Age = Frühbronzezeit), soweit keine allgemeinen Termini gefunden werden konnten. Diese stehen aber in unterschiedlichen Traditionen und werden mit unterschiedlichen Inhalten gefüllt, was an dieser Stelle nicht weiter berücksichtigt wurde.

**Tafel/Abb./Karte:** Popescu 2015.

**Literaturauswahl:** Popescu 2015; Hristov 2000a, 122.

**Koordinaten:** 43° 8' 29.40" N, 25° 22' 10.20" E

(<http://visitvelikoturnovo.com/entorno.php?Codf=2&Codr=3>); Für die Kartierung verwendet wird die Lokalisation Emen 43° 8' 0" N, 25° 21' 0" E; 43.133333, 25.35 (<http://en.wikipedia.org/wiki/Emen>; [http://toolserver.org/~geohack/geohack.php?pagename=Emen&params=43\\_08\\_N\\_25\\_21\\_E\\_region:BG\\_type:city\\_source:GNS-enwiki](http://toolserver.org/~geohack/geohack.php?pagename=Emen&params=43_08_N_25_21_E_region:BG_type:city_source:GNS-enwiki)).

**Datierung Karte:** 4. Jt. (?)

### Katalog-Nr.: 3

**Fundort:** Rosica (A. Stambolijski) Stausee, aus der Umgebung ... (Veliko Tärnavo Oblast/Bulgarien)<sup>4304</sup>, genaue Fundstelle unbekannt

**Art der Objekte:** 2 mondsichelförmige Stücke („Lunulae“) der Variante 2 nach Popescu und ein „Silberdraht“ (zur Zeit nicht auffindbar)

**Material:** Angabe Silber

---

<sup>4303</sup> Auch Weliko Tarnowo (deutsch ohne diakritische Zeichen). – Soweit nicht anders vermerkt, alle Angaben zu diesem Fundort nach Popescu 2015.

<sup>4304</sup> In der Transliteration in englischsprachiger Literatur auch Rositsa bzw. ehemals „Al. Stambolijski/Aleksandriir Stambolijski“ Stausee (Veliko Tarnovo bzw. [(deutsch ohne diakritische Zeichen) Weliko Tarnowo]). – Soweit nicht anders vermerkt, alle Angaben zu diesem Fundort nach Popescu 2015.

**Analyse:** nein

**Beschreibung:** ein Silberdraht; 2 mondsichelförmige Objekte aus Silber der Variante 1 nach Popescu mit einem breiteren Ende mit 3 Durchlochungen und einem dünneren, runden Ende mit einfacher Durchlochung, je zwei Grate. Als Imitate von Eckzähnen des männlichen Wildschweines (Eberhauer) angesprochen (vgl. Panajot Chitovo Kat. 1). Nach Popescu 2015: Deutung von Elenski als Brustschmuck in Form eines stilisierten Stierkopfes/Stierhörnern. Die Deutung dieser Objektgruppe schwankt zwischen Brust-, Hals- und Kopfschmuck/Kleidungsapplikation.

**Maße:** Silberdraht: L 65 cm, Dm 0,5cm; Mondsichelförmige Stücke/Eberhauerimitate: L 19,8cm, max. B 3,5cm; L 20,2cm, max. B 3,05cm (vgl. Maßstab auf Abb.)

**Fundumstände/Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde:** 1952 in der Nähe des Rosica Stausees gefunden. Die genaue Fundstelle ist unbekannt.

**Datierung:** (zitiert nach Popescu 2015): Elenski datierte die Stücke ursprünglich mittels einer Diskussion von Vergleichsstücken aus den Höhlen von Emen und Tabaška und des Panajot Chitovo „Schatzes“ in die Mittelbronzezeit oder das erste Viertel des 2. Jt. v. Chr.

Nach den Ausführungen von Popescu liegt eine Datierung ins 4. Jt. v. Chr., evtl. dessen erste Hälfte, oder sogar früher im Bereich des Möglichen. Siehe Kat. 1 Panajot Chitovo Datierung und Popescu 2015.

**Bemerkungen:**

Ursprünglich lag mir eine Vorabversion in Englisch vor. Bei den Datierungen bzw. Angaben zu den „Kulturstufen“ wurden soweit wie möglich Bezeichnungen der Autoren beibehalten bzw. äquivalent ins Deutsche übersetzt (z. B. Early Bronze Age = Frühbronzezeit), soweit keine allgemeinen Termini gefunden werden konnten. Diese stehen aber in unterschiedlichen Traditionen und werden mit unterschiedlichen Inhalten gefüllt, was an dieser Stelle nicht weiter berücksichtigt wurde.

**Tafel/Abb./Karte:** Popescu 2015.

**Literaturauswahl:** Popescu 2015.

**Koordinaten:** 43° 12' 0" N, 25° 15' 0" E; 43.2°, 25.25°

([http://toolserver.org/~geohack/geohack.php?language=bg&pagename=%D0%A0%D0%BE%D1%81%D0%B8%D1%86%D0%B0\\_%28%D0%9E%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82\\_%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%BE\\_%D0%A2%D1%8A%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%29&params=43.2\\_N\\_25.25\\_E\\_scale:50000\\_region:BG](http://toolserver.org/~geohack/geohack.php?language=bg&pagename=%D0%A0%D0%BE%D1%81%D0%B8%D1%86%D0%B0_%28%D0%9E%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82_%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%BE_%D0%A2%D1%8A%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%29&params=43.2_N_25.25_E_scale:50000_region:BG))

**Datierung Karte:** 4. Jt. (?)

#### Katalog-Nr.: 4

**Fundort:** Tabaška Höhle am Baš Bunar Hügel, Loveč (Loveč Oblast/Bulgarien)<sup>4305</sup>

**Art der Objekte:** Mondsichelförmiges Objekt („Lunulae“) der Variante 2 nach Popescu; 6 Haarringe aus Gold/Elektron

**Material:** Angabe Gold/Elektron für das bogenförmige Stück nach Popescu 2015. Hristov 2000b gibt als Material der Haar-/Lockenringe Gold und für das mondsichelförmige Stück Elektron an.

**Analyse:** k. A.

**Beschreibung:** Mondsichelförmiges Objekt: Variante 2 ist eher symmetrisch mit abgerundeten Enden. In zwei Stücke zerbrochen; 6 Ringe in der Art von Lockenringen.

**Maße**<sup>4306</sup>: L 18,8 cm, max. B 1,6 cm, *thickness* 0,06 cm, G 24,6 cm; Maße der Ringe Hristov 2010b, 277 Table 18.1.

**Fundumstände:** Von Höhlenforschern entdeckt. Grabungen zwischen den Weltkriegen und 1960<sup>4307</sup>.

**Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/„Begleitfunde“**<sup>4308</sup>: In der Höhle wurde Material aus dem Spätpaläolithikum, Neolithikum, Äneolithikum (Eneolithic nach Popescu, Late Chalkolithic nach Hristov 2010b, 277), Bronzezeit und Antike gefunden. Tei Keramik wird berichtet. Der Fundkontext der Objekte ist unklar.

**Datierung:** Hristov (2000b, 278) schlug vor dem Hintergrund der Stücke aus der Emen Höhle und der Lockenringe folgende Datierung vor: „Generally speaking, the published finds – six spiral pendants by gold and a breastplate by electron belong to the Bronze Age. In this communication it is assumed the pendants date from Early Bronze Age, with a *terminus ante quem* Early Bronze I, while the electron breastplate belongs to the Middle Bronze Age

<sup>4305</sup> In der Transliteration in englischsprachiger Literatur auch Tabashka bei Lovech bzw. deutsch ohne diakritische Zeichen Lovech/Lowetsch. – Soweit nicht anders vermerkt, alle Angaben zu diesem Fundort nach Popescu 2015.

<sup>4306</sup> Hristov 2000b, 278.

<sup>4307</sup> Hristov 2000b, 277.

<sup>4308</sup> Popescu 2015; Hristov 2000b, 277f.

based on the parallels at Emenska and the possible similar context (earlier Tei culture).“ Eine genaue Datierung bliebe aber offen.

Nach den Ausführungen von Popescu liegt eine Datierung (der bogenförmigen Objekte) ins 4. Jt. v. Chr., evtl. dessen erste Hälfte, oder sogar früher im Bereich des Möglichen. Siehe Kat. 1 Panayot Hitovo Datierung und Popescu 2015.

**Bemerkungen:** Hristov benennt das bogenförmige Stück aus Elektron als Brustplatte/-panzer (breastplate)<sup>4309</sup>.

Bei den Datierungen bzw. Angaben zu den „Kulturstufen“ wurden soweit wie möglich Bezeichnungen der Autoren beibehalten bzw. äquivalent ins Deutsche übersetzt (z. B. Early Bronze Age = Frühbronzezeit), soweit keine allgemeinen Termini gefunden werden konnten. Diese stehen aber in unterschiedlichen Traditionen und werden mit unterschiedlichen Inhalten gefüllt, was an dieser Stelle nicht weiter berücksichtigt wurde.

**Abb.:** Hristov 2000b, 279 Fig. 18.

**Literaturauswahl:** Popescu 2015; Hristov 2000b.

**Koordinaten:** von Loveč: 43° 7' 58.8" N, 24° 43' 1.2" E; 43.133°, 24.717° ([http://toolserver.org/~geohack/geohack.php?language=bg&pagename=%D0%9B%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%87&params=43.133\\_N\\_24.717\\_E\\_scale:50000\\_region:BG](http://toolserver.org/~geohack/geohack.php?language=bg&pagename=%D0%9B%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%87&params=43.133_N_24.717_E_scale:50000_region:BG))

**Datierung Karte:** 4 Jt. (?)

### Katalog-Nr.: 5

**Fundort:** Poduri „Dealul Ghindaru“ (Județ [Kreis] Bacău/Rumänien); historische Region Moldau

**Art des Objektes:** Dolchklinge mit Nieten

**Material/Analyse:** Kupfersilberlegierung:

Dolch: Ag 65,7 (63,24)%, Cu 31,9 (35,77)%, Au 0,5 (0,4)%, Fe 0,4 (0,2)%, As 0,08 (Spuren)%, Pb 0,02 (Spuren)%; Niet 1: Ag 55,3%, Cu 41,5, Au 0,5%, Fe 0,5%, As 0,16%, Pb 0,04%; Niet 2: Ag 65,4%, Cu 31,9%, Au 0,6%, Fe 0,6%, As 0,36%, Pb 0,04%; Niet 3: Ag 71,1%, Cu 26,5%, Au 0,7%, Fe 0,5%, As 0,15%, Pb 0,02%. XRF-Analysen, erster Wert mit X-Met 3000 TX, zweiter Wert in () mit Spectro Midex. Siehe Constantinescu u. a. 2010, bes. 143f. 146 Fig. 1.1-3. 148.

**Beschreibung:** Trianguläre Dolchklinge mit Mittelrippe mit drei erhaltenen Lochungen und Nieten, der nicht mehr erhaltene Griff zeichnet sich vage als „Schatten“ halbmondförmig ab<sup>4310</sup>.

**Maße:** L über alles = 11,6cm, L Klinge = 9,5cm, B 4,5cm, Gew. 44,5g<sup>4311</sup>; siehe auch mit Maßstab Munteanu – Dumitroaia 2010, 134 Fig. 1.

**Fundumstände:** 2002 bei archäologischen Untersuchungen entdeckt<sup>4312</sup>. Raubgrabungen am Ort verursachten Störungen, in einer dieser wurde das Stück gefunden<sup>4313</sup>.

**„Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung“/„Datierung“/„Begleitfunde“:** Aufgrund des unsicheren stratigraphischen bzw. gestörten Kontextes des Stückes ist eine Datierung schwierig. Am Fundort sind chalkolithische und bronzezeitliche Schichten belegt<sup>4314</sup>.

Aus „Quadrant“ M<sub>2</sub> „Schnitt“ B vom Boden einer Störung durch Raubgräber, die Cucuteni B Schichten schneidet und auf einer Cucuteni A2 Schicht stoppt<sup>4315</sup> (oder diese knapp erreicht (?): „până în nivelul Cucuteni A2“<sup>4316</sup>). Ursprünglich wurde das Stück für Bronze gehalten<sup>4317</sup>, was bei der ursprünglichen (chronologischen) Einordnung auch einen Ausschlag gegeben haben mag. An „Beifunden“ der wieder verfüllten Raubgrube werden äneolithische Scherben und ein Stück Jigodin-Keramik (entspricht etwa Schnurkeramik) berichtet, der Kontext ist aber gestört<sup>4318</sup>.

<sup>4309</sup> Hristov 2000b, 278.

<sup>4310</sup> Munteanu – Dumitroaia 2010, 137.

<sup>4311</sup> Munteanu – Dumitroaia 2010, 137.

<sup>4312</sup> Monah u. a. 2003, 242f. Kat. 377.

<sup>4313</sup> Munteanu – Dumitroaia 2010, 134.

<sup>4314</sup> Munteanu – Dumitroaia 2010, 134-137. 140.

<sup>4315</sup> Monah u. a. 2003, 242 Kat. 377; Munteanu – Dumitroaia 2010, 133f.

<sup>4316</sup> Munteanu – Dumitroaia 2010, 134.

<sup>4317</sup> Monah u. a. 2003, 243 Kat. 377.

<sup>4318</sup> Munteanu – Dumitroaia 2010, 134. 140.

Ferner: Nahe zu dieser Grube wurde in früheren Grabungen zahlreiche, bronzezeitliche Keramik wie z. B. der Costișa-Kultur gefunden<sup>4319</sup>. Ein Kupferblechfragment (mit ca. 3% Ag) in der Nähe der Raubgrube mit dem Dolch wurde über Schichten mit Cucuteni B-Bebauung und -Keramik gemacht<sup>4320</sup>.

Wegen des ungesicherten Kontextes wurde eine Datierung über Analogien versucht: Obwohl Dolche der Typen Bodrogkeresztúr und Cucuteni als Parallelen genannt werden, wurde aufgrund der prominenten Mittelrippe ein solcher Vergleich aber verworfen und obwohl sich auch keine identischen bronzezeitlichen Vergleiche in Rumänien und Europa finden ließen, wurde eine Datierung in die Bronzezeit vorgeschlagen<sup>4321</sup>.

Datierung nach Munteanu – Dumitroaia (2010, 141) Früh- oder Mittelbronzezeit. Constantinescu u. a. (2010, 148) legen eine Herkunft des Materials (des Silbers!) aus ostanatolischen oder kaukasischen Frühbronzezeit-Zusammenhängen, und damit auch eine Datierung, nahe; aber auch eine spätere Datierung in die Mittlere Bronzezeit wird nicht ausgeschlossen (s. u.).

Aufgrund von Ähnlichkeiten mit Cucuteni- und Bodrogkeresztúr-Dolchen und aufgrund des gestörten Kontextes ist auch eine kupferzeitliche Datierung des Stückes nicht ausschließbar. Diese Erwägung ist und bleibt natürlich unter Vorbehalt zu sehen, selbst wenn dereinst sicher früh datierbare Parallelen vorlägen. Nur sollte die Möglichkeit der Diskussion (und ihrer Implikationen) einer Frühdatierung nicht *a priori* (vgl. folgenden Teil) ausgeschlossen werden.

**Bemerkungen zu Datierung und Herkunft bzw. Herstellungstechnik:** Constantinescu u. a. 2010, 144f. 147f.: Auf rumänischem Gebiet sei anhand schriftlicher Quellen erst im 12. Jh. n. Chr. Silberabbau nachgewiesen (römischer Abbau?). Bei der Frage der Herstellung der Kupfersilberlegierung, i. e. „unabsichtliches“ Schmelzen aus Erzen, oder intentionelle Legierung, wird bezüglich des As-Gehaltes erwähnt, dass das Kupfer (oder die Legierung [?]) wegen des hohen As-Gehaltes möglicherweise aus sulfidischen Erzen gewonnen sei. Als Quelle für solche Erze wird der Kaukasus vermutet (bei heutiger völliger Erschöpfung solcher Erze). Für Silber wird als Herkunft ein Import aus dem südlichen Balkan oder aus dem östlichen Anatolien angenommen. Als Vergleiche der Legierungsart werden Funde aus Uruk und Arslantepe sowie Kozarac-Äxte angeführt. Ein Indiz für die Datierung wird aus dem gehäuftem Auftreten dieser Legierungsart in der Zeit des späten 4. Jt. und frühen 3. Jt. v. Chr. erschlossen (vgl. die genannten Vergleiche), ebenso wie aus dem Umstand, dass die meisten Silberobjekte im Raum zwischen Karpaten und Donau (in Rumänien) etwa aus der 1. H. des 3. Jt. v. Chr. stammten. Um die Herkunft (und Datierung) zu belegen wird auch auf Funde aus Transkaukasien und eine geringe Zahl solcher aus dem nordpontischen, kaukasischen und südosteuropäischen Bereich verwiesen. Die Klinge von Poduri wird daher eher in einem späten Horizont gesehen (Mittelbronzezeit; wenn sich die Angabe auf Rumänien bezöge vielleicht 1. H. 2. Jt. v. Chr. [?]). „Kategorisch“ wird ein Import angenommen, wofür Bereiche wie der Südkaukasus oder das Taurusgebirge in Spiel gebracht werden.

Munteanu – Dumitroaia (2010, 140) bemerken, dass sich solche Legierungen in der 1. H. des 3. Jt. v. Chr. häufen würden. Als Entsprechungen werden etwa Funde von Fundorten und Regionen wie Mala Gruda, Borodino, Majkop, Nalčik, Kreta, Arslantepe und der Kaukasus bis Ägypten genannt, die eine Zeitspanne von etwa dem 4. Jt. v. Chr. bis 13. Jh. v. Chr. abdecken<sup>4322</sup>. Munteanu – Dumitroaia optieren für eine nicht lokale Herstellung dieses Unikates<sup>4323</sup>, also für einen Import.

**Bemerkungen:** Den Hinweis auf dieses Stück verdanke ich Frau Popescu, die eine Datierung in das 4. Jt. v. Chr. nicht für unmöglich hält (28.02.2012). Frau Popescu und Herrn Radu Băjenaru möchte ich für eine Diskussion um den Dolch, und viele weitere Funde, sehr herzlich danken.

Bei den Datierungen bzw. Angaben zu den „Kulturstufen“ wurden soweit wie möglich Bezeichnungen der Autoren beibehalten bzw. äquivalent ins Deutsche übersetzt (z. B. Early Bronze Age = Frühbronzezeit), soweit keine allgemeinen Termini gefunden werden konnten. Diese stehen aber in unterschiedlichen Traditionen und werden mit unterschiedlichen Inhalten gefüllt, was an dieser Stelle nicht weiter berücksichtigt wurde.

**Tafel/Abb./Karte:** Abb. bei Munteanu – Dumitroaia 2010, 134 Fig. 1.

**Literaturauswahl:** Munteanu – Dumitroaia 2010; Constantinescu u. a. 2010; Monah u. a. 2003, bes. 242f. Kat. 377.

**Koordinaten:** comună Poduri: 45° 53' 0" N, 26° 49' 0" E; 45.883333, 26.816667; Vgl. für Tell-ul Dealul Ghindaru nach Monah – Monah: 45° 28' 953" N, 26° 30' 029" E (falsch)<sup>4324</sup>.

**Datierung Karte:** 4. Jt. (?)

<sup>4319</sup> Munteanu – Dumitroaia 2010, 134f. ferner 136f.

<sup>4320</sup> Munteanu – Dumitroaia 2010, 135. – Zur Zusammensetzung des Bleches Munteanu – Dumitroaia 2010, 135 Anm. 4.

<sup>4321</sup> Munteanu – Dumitroaia 2010, 133. 140f. bes. 137-139.

<sup>4322</sup> Munteanu – Dumitroaia 2010, 139f.

<sup>4323</sup> Munteanu – Dumitroaia 2010, 135. 137.

<sup>4324</sup> Monah – Monah 2008, 31.



**Katalog-Nr.: 6****Fundort:** Berg Kotouč bei Štramberk (Moravskoslezský kraj/Tschechien); im historischen Mähren**Art des Objektes:** Buckelscheibe mit drei Buckeln, morphologisch ähnlich dem Typ Csáford-Stollhof**Material:** Silber (siehe Bemerkungen)**Analyse:** Pernicka nennt neben Silber als Hauptelement (Gesamtgewicht?) nur 24 µg/g Gold Au und 2,9 % Kupfer<sup>4325</sup>. Siehe Bemerkungen!**Beschreibung:** Eine silberne Scheibe mit drei Buckeln und zwei lateral angebrachte Lochpaaren. Morphologisch zwar eng mit den Buckelscheiben vom Typ Csáford-Stollhof verwandt, weicht die Scheibe von Štramberk aufgrund des Werkstoffes Silber und einer fehlenden Punzverzierung von diesem Typ jedoch ab<sup>4326</sup>.**Maße:** Dm 21,4 cm, D 0,5–1 mm, Dm der Buckel etwa 6,7 cm<sup>4327</sup>.**Fundumstände:** 1922 bei Bauarbeiten (?) entdeckt<sup>4328</sup>.**Fundzusammenhang:** Die Vermutung liegt nahe, dass die silberne Buckelscheibe mit einer mit ihr zusammen gefundene kupferne Brillenspirale vergesellschaftet war<sup>4329</sup>, möglicherweise in einem Depot<sup>4330</sup>. Am Fundort wurde noch Keramik der Lengyel-Kultur angetroffen<sup>4331</sup>. Weiter werden zwei kleinere Brillenspiralen aus dem Depot von 1927 erwähnt<sup>4332</sup>.**Stratigraphische Einbindung:** Da die Funde nicht bei einer regulären Grabung gemacht wurden sind wohl keine weiteren Aussagen möglich. Siehe dazu jedoch weiter die Fundumstände.**Begleitfunde:** Möglicherweise eine kupferne Brillenspirale (siehe Fundzusammenhang).**Datierung:** Die Buckelscheibe selbst, die morphologisch den goldenen Buckelscheiben aus Stollhof und Csáford ähnlich ist, der jedoch die diesen Formen sonst übliche Punzierung am Rand<sup>4333</sup> fehlt, lässt sich über diese in einen Zeithorizont einordnen, der Kulturen wie Jordanów, Balaton-Lasinja, Bodrogkeresztúr<sup>4334</sup> und etwa die Hornstaader Gruppe<sup>4335</sup> angehören. Aus der Siedlung Hornstaad-Hörnle I, aus deren Schichtpaket eine kupferne Buckelscheibe<sup>4336</sup> – zwar anderer Morphologie<sup>4337</sup> – stammt, gibt es ins 39. Jh. v. Chr. führende Dendro-Daten<sup>4338</sup>. Eine Datierung um 4000 v. Chr. bis erstes Drittel des 4. Jt. zeichnet sich ab<sup>4339</sup>. Für einen Beginn von Buckelscheiben im letzten Drittel des 5. Jt. v. Chr. könnte die Kupferscheibe von Zalavár sprechen, „die eindeutig der Balaton-Lasinja-Kultur zugeordnet werden kann [...]. Die <sup>14</sup>C-Daten der Balaton-Lasinja-Kultur liegen zwischen 4300-3900 v. Chr. [...] und es ist nicht auszuschließen, dass mit der Herstellung der Goldscheiben schon vor den Kupferimitaten, im letzten Drittel des 5. Jt. v. Chr., begonnen wurde“<sup>4340</sup>. Vielleicht geschah dies auch gleichzeitig.

---

<sup>4325</sup> Pernicka 1990, 57: „Sie enthält aber neben Silber als Hauptmenge nur 24µg/g Gold Au und 2,9% Kupfer, wie eine Analyse von J. Frana und A. Mastalka vom Institut für Kernphysik der tschechischen Akademie der Wissenschaften, ergab.“

<sup>4326</sup> Vgl. Matuschik 1997a, 97.

<sup>4327</sup> Jisl 1967, 15.

<sup>4328</sup> Pernicka 1990, 57 Anm. 21a; Vgl. dazu aber Jisl 1967, 14: Der Fund wurde wohl 1922 von einem Steinbrucharbeiter und einem Apotheker, welcher später in einem Museum arbeitete, gemacht; am oder im Abraum?

<sup>4329</sup> Jisl 1967, 35; Maran 2000, 190; Dagegen möchte Pernicka Scheibe und Spirale – er spricht von zwei Spiralen (Doppelspirale?!; Vgl. dazu auch Jisl 1967, 14: aus dem Depot von 1927 stammen evtl. zwei kleine Brillenspiralen) – getrennt sehen: „wobei die Scheibe offenbar aus geringerer Tiefe als die Spiralen stammt“ (Pernicka 1990, 57 Anm. 21a); Vgl. auch Primas 1995, 80; Die Buckelscheibe fand sich aber wohl unter der Brillenspirale – und nahe bei dieser, ohne dass dies enger zu fassen wäre (Jisl 1967, 14).

<sup>4330</sup> Maran 2000, 190; Jisl 1967 14f. 35. Tab. II-III; Diese Möglichkeit gewinnt an Bedeutung durch die Vergesellschaftung von weiteren Buckelscheiben mit Brillenspiralen (siehe Pavelčík 1979, 337. 331. 327 Obr./Abb. 6,3; 333 Obr./Abb. 9,2; Matuschik 1996, 8).

<sup>4331</sup> Jisl 1967, 35.

<sup>4332</sup> Jisl 1967, 14.

<sup>4333</sup> Vgl. Parzinger 1992, 245; Matuschik 1997a, 97.

<sup>4334</sup> Matuschik 1997a, 96-99; Matuschik 1996, 4-8. besonders 8; Pavelčík 1979, 327-330 mit Abb. 6 und Karte 1; Maran 2000, 191.

<sup>4335</sup> Matuschik 1997a, 98.

<sup>4336</sup> Parzinger 1992, 244.

<sup>4337</sup> Parzinger 1992, 245f.; Matuschik 1997a, 97.

<sup>4338</sup> Siehe Primas 1995, 80.

<sup>4339</sup> Matuschik 1997a, 96-99. bes. 98-99; Parzinger 1992, bes. 244-248; Makkay 1985.

<sup>4340</sup> Virág 2010, 216 mit weiterer Literatur.

Matuschik ordnet die Brillenspirale von Štramberk dem Typ Malé Leváre nach Furmánek<sup>4341</sup> zu; damit kann sie wie die Buckelscheibe in Beziehung mit Kulturen wie Jordanów, Balaton-Lasinja und Bodrogkeresztúr gebracht werden<sup>4342</sup>. Daraus ergibt sich ein frühester Zeitansatz an der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr.<sup>4343</sup>. Damit lässt sich die Brillenspirale – gleich ob sie nun in einen Fundzusammenhang mit der Buckelscheibe gehört oder nicht, andernorts sind beide Formen zweifelsfrei zusammen gefunden<sup>4344</sup> – dem gleichen Zeithorizont wie die Buckelscheibe zuordnen. Jüngere Formen von Brillenspiralen schlagen eine Brücke zu dem zeitlich nachfolgenden Horizont der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. mit Kulturen wie u. a. Hunyadi-halom, Baalberge-Mondsee-Pfyn<sup>4345</sup>.

**Bemerkungen:** Zur Analyse<sup>4346</sup>: Leider macht Pernicka keine klaren Angaben zu einem etwaigen Bleigehalt, indem er neben Silber nur Gold und Kupfer erwähnt („Sie enthält aber neben Silber als Hauptmenge nur 24 µg/g Gold Au und 2,9 % Kupfer, wie eine Analyse [...] ergab.“ [Pernicka 1990, 57]). Blei wäre ein erster Indikator für die Kupellation, da auch gediegenes Silber meist mit Hilfe von Blei aus seinem Erz gelöst wird; die Abwesenheit von Blei ließe sich vielleicht durch eine Kupellation bis zum Grad von *argentum pustulatum* erklären. Pernicka wäre aufgrund von Parallelen in Gold geneigt anzunehmen, dass es sich um eine natürliche Gold-Silber-Legierung handelt, schließt dies aber aufgrund des niedrigen Goldgehaltes aus<sup>4347</sup>. Andere Autoren zitieren diese Textstelle mit Verweis auf die Analysen als Beleg dafür, dass die Štramberker Buckelscheibe möglicherweise aus kupelliertem Silber bestünde<sup>4348</sup>. Dass diese aus kupelliertem Silber bestehe, wird aber von Pernicka nur implizit angedeutet, indem er Zweifel an der Datierung erhebt, die seiner Meinung nach „durch die Zusammensetzung erheblich verstärkt“ (Pernicka 1990, 57 Anm. 21a) werden und sowohl die Verwendung von Blei als auch die Kenntnis der Kupellation im mitteleuropäischen Milieu dieser Zeit in Abrede stellt und die Entdeckung der Kupellation irgendwo im weiteren Umfeld des Vorderen Orient verortet<sup>4349</sup>. Primas äußert diesbezüglich die Vermutung, dass das Material der Buckelscheibe vielleicht von einem aus Anatolien oder dem Vorderen Orient eingehandelten Stück stamme, welches im östlichen Mitteleuropa umgeschmolzen wurde<sup>4350</sup>. Maran möchte in diesem Zusammenhang auch die Ägäis als Rohstofflieferant nicht ausschließen<sup>4351</sup>. Die oben gemachten Ausführungen zur Silbergewinnung aus gediegenem Silber und die Möglichkeit, dass es aus Bleierzen kupelliert wurde, machen eine Gewinnung durch Kupellation letztlich nicht ausschließbar.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Jisl 1967; Matuschik 1996, 4-8; Parzinger 1992, 244-248. 249; Pavelčík 1979, bes. 327-330 mit Obr./Abb. 6 und Mapa/Karte 1; Furmánek 1980, 7; Pernicka 1990, 57; Primas 1995, 80; Matuschik 1997a, 96-98.

**Koordinaten:** 49,58333333, 18,13333333

**Datierung Karte:** 1. H. 4. Jt.

**Katalog-Nr.: 7**

**Fundort:** Tiszalúc-Sarkad (Komitat Borsod-Abaúj-Zemplén/Ungarn)<sup>4352</sup>

**Art der Objekte:** ‚Blechanhänger‘ (zwei)

**Material:** Silber

**Analyse:** Beide Blechanhänger wurden untersucht; die Angaben sind in Gew.-%<sup>4353</sup>:

	Zn	Ag	Au
Unbeschädigtes Blech:	0,7	97,0	2,3
Beschädigtes Blech:	0,8	96,9	2,2

<sup>4341</sup> Furmánek 1980, 7.

<sup>4342</sup> Matuschik 1996, 4-8. bes. 8; Maran 2000, 190.

<sup>4343</sup> Matuschik 1996, 8; Vgl. aber auch Primas 1995, 80.

<sup>4344</sup> Siehe etwa Matuschik 1996, 8.

<sup>4345</sup> Matuschik 1996, 8.

<sup>4346</sup> Pernicka 1990, 57.

<sup>4347</sup> Pernicka 1990, 57.

<sup>4348</sup> Maran 2000, 190f.; Primas 1995, 80.

<sup>4349</sup> Siehe hierzu etwa Pernicka 1990, 57; Vgl. dies auch mit der Herkunft der Metallurgie an sich, wie Pernicka dies darstellt (Pernicka 1990).

<sup>4350</sup> Primas 1995, 80.

<sup>4351</sup> Maran 2000; Zur möglichen Herkunft des Silbers der Buckelscheibe von Štramberk selbst s. bes. Maran 2000, 191.

<sup>4352</sup> Zur Lage der Fundstelle siehe Patay 1995a, 93.

<sup>4353</sup> Nach Patay – Szathmári 2001, 10; Angewandte Analyseverfahren ist die Energiedispersive Röntgenfluoreszenz (Patay – Szathmári 2001, 10).

Die Ergebnisse lassen keine eindeutige Erklärung zum Ausgangsmaterial zu<sup>4354</sup>: So spricht der fehlende Bleigehalt gegen kupelliertes Silber. Obwohl gegen die Verwendung von gediegen Silber seine Seltenheit spricht, geben Patay und Szathmári<sup>4355</sup>, auch aufgrund von Überlegungen zu oberflächennahen Goldvorkommen in Siebenbürgen mit denen auch gediegen Silber vergesellschaftet (gewesen) sein könnte, dieser Möglichkeit den Vorzug. Mit Blick auf den relativ hohen Zinkgehalt weisen sie ferner auf Kupfer-Zink-Lagerstätten im Vorderen Orient und zinkhaltige Kupferobjekte des Frühkykladikums hin.

Jedoch kann Silber aus Bleiglanz bis zu 0,5 % Gold enthalten und aus verschiedenen (meist oxidischen) Erzen je nach Ausgangserz bis einige Prozent Gold<sup>4356</sup>. Gegen Kupellation spricht aber der Zinkgehalt, weil Zink dabei wohl vollständig entfernt wird (siehe Kap. II.4.3.3 und II.4.2.1).

**Beschreibung:** Die Form der beiden Blechanhänger wird vereinfacht gesagt aus jeweils einem verdoppelten Ringanhänger gebildet: Die obere Hälfte der Bleche ist trapezförmig, während der untere Teil aus je zwei Halbkreisbögen gebildet wird. In der Mitte der Bleche befindet sich jeweils ein dreieckiger Ausschnitt. Mittig durch diese verläuft die Symmetrieachse für die Verdopplung. Im unteren Teil der Anhänger verläuft in dieser Achse auch eine gepunzte Buckelverzierung, die ansonsten an den Rändern der Anhänger entlangläuft. Sie verstärkt den Eindruck eines verdoppelten Ringanhängers. Jedes der Bleche weist weiter insgesamt sechs Durchlochungen auf, die von der Vorderseite her ausgeführt wurden. Davon befinden sich je zwei senkrecht angeordnet an den Rändern des oberen Teils und je eins mittig in jeder Hälfte des unteren Teils.

Nach Patay und Szathmári ließen sich auf der Oberfläche trotz schwarzer Schmutzpünktchen (Korrosion?) Bearbeitungsspuren (Hämmern, Schleifen) erkennen<sup>4357</sup>. Die dreieckigen und sehr spitzwinkligen, etwa gleichschenkligen Ausschnitte in der Mitte der Bleche sind grob und unregelmäßig ausgeführt (wie mit einem Meißel?)<sup>4358</sup>.

**Maße:** Unbeschädigtes Blech: L 2,8 cm, B 2,4 cm, G 132 g; beschädigtes Blech: L 2,6 cm, B 2,4 cm, G 121 g?<sup>4359</sup>.

**Fundumstände:** 1980 bei einer regulären Ausgrabung entdeckt.

**Fundzusammenhang:** Die beiden gleichartigen Silberblechanhänger fanden sich zusammen („eng aneinanderhaftend“, Patay – Szathmári 2001, 6) unter der linken Schädelseite einer Hockerbestattung (B2) (*infans* I; 4–5 jähriges Mädchen). Da der Fund erst beim Bergen des Schädels gemacht wurde, lässt sich über die genaue Lage und auch die Frage, ob es sich um eine Beigabe oder einen Trachtbestandteil gehandelt hat, nicht mehr beantworten<sup>4360</sup>. Es wird die Vermutung geäußert, dass die Bleche mit Hilfe ihrer Löcher auf einen Kopfschmuck bzw. Band aufgenäht waren<sup>4361</sup>.

**Stratigraphische Einbindung:** Das Grab befand sich im Gebiet einer Siedlung der mittelkupferzeitlichen Hunyadi-halom-Kultur<sup>4362</sup>, auf deren Areal sich die Ausgrabung auch weitestgehend beschränkte. Es kamen auch Funde anderer Kulturen zutage, darunter Funde aus neolithischer (Alföld-Linearbandkeramik), spätkupferzeitlicher (Boleráz-Gruppe), frühbronzezeitlichen (Makó- und Nyírség-Kultur) Zeit, skythische Funde und ein Gräberfeld mit 252 Gräbern aus dem 11. Jh. n. Chr.<sup>4363</sup>. Von 14 urgeschichtlichen Gräbern, die sich im Bereich der mit einer Palisade begrenzten Hunyadi-halom-zeitlichen Siedlung fanden, werden zwei linksseitige Hockerbestattungen von Kindern (Gräber B7, B8) aufgrund der Gefäßbeigaben sicher der Hunyadi-halom-Kultur zugewiesen<sup>4364</sup>. Eine weitere linksseitige Hockerbestattung eines Kindes fand sich außerhalb des umgrenzten Siedlungsbereiches (B15) und ist vermutlich auch der Hunyadi-halom-Kultur zuzuweisen<sup>4365</sup>. Die hier besprochene linksseitige Hockerbestattung B2 hat als Beigaben nur die zwei Silberblechanhänger, aufgrund derer eine Zuweisung zur Hunyadi-halom-Kultur jedoch höchst wahrscheinlich ist. Ferner steht das Grab in Verbindung mit der Grube 151/A, die Keramik der Hunyadi-halom-Kultur enthielt; leider ist die zeitliche Abfolge von Grab und Grube unklar<sup>4366</sup>.

---

<sup>4354</sup> Patay – Szathmári 2001, 10.

<sup>4355</sup> Patay – Szathmári 2001, 10.

<sup>4356</sup> Siehe hierzu Craddock 1995, 213.

<sup>4357</sup> Patay – Szathmári 2001, 6.

<sup>4358</sup> Patay – Szathmári 2001, 6. 8.

<sup>4359</sup> Patay – Szathmári 2001, 6.

<sup>4360</sup> Patay – Szathmári 2001, 6 mit Anm. 2.

<sup>4361</sup> Patay – Szathmári 2001, 6.

<sup>4362</sup> Siehe zur Siedlung etwa Patay 1995a.

<sup>4363</sup> Patay 1987, 118; Patay 1995b, 107.

<sup>4364</sup> Patay 2004; Zur Keramik siehe Patay 1987, 98 Abb. 8,1-4.

<sup>4365</sup> Patay 2004, 172.

<sup>4366</sup> Siehe Patay – Szathmári 2001, 6f.; Vgl. hierzu auch die Bemerkung zu Pfostenlöchern und Gruben bei Patay 1995a, 95?

**Begleitfunde:** keine

**Datierung:** Ursprünglich wurde die Bestattung B2 für bronzezeitlich gehalten<sup>4367</sup>, wird heute aber kupferzeitlich datiert und eine Zuordnung zu Hunyadi-halom-Kultur ist aufgrund der stratigraphischen Einbindung (siehe oben) und den beiden silbernen Blechanhängern wahrscheinlich<sup>4368</sup>. Absolutchronologisch verbindet sich damit eine Datierung in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr.<sup>4369</sup>.

**Bemerkungen:** Zu erwähnen ist die Häufigkeit von Metallfunden in der Siedlung selbst und im kulturellen Umfeld<sup>4370</sup>.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Patay – Szathmári 2001; Patay 2004; Patay 1987; Patay 1995a; Patay 1995b.

**Koordinaten:** 48,03333333, 21,06666667

**Datierung Karte:** 1. H. 4. Jt.

## Katalog-Nr.: 8

**Fundort:** Alepotrypa-Höhle in der südlichen Peloponnes an der Westküste der Mani-Halbinsel (Peloponnes/Griechenland)<sup>4371</sup>

**Art der Objekte:** Fund von Silberschmuck: ein Ringanhänger, ein Paar kleine und ein Paar größere Ringe (mit stempelförmigen Enden), eine ringförmige und 168 kleinere scheibenförmige Perlen einer Kette und eine zylindrische Perle<sup>4372</sup>.

**Material:** Silber (s. Analyse)

**Analyse:** Die Bleiisotopenverhältnisse einer Perle der Kette und eines Ringes ähneln sich stark und stimmen mit denen von Erzen aus Laurion überein, was eine Herkunft der Erze aus Laurion möglich erscheinen lässt<sup>4373</sup>.

Alepotrypa (McGeehan-Liritzis 1996, 365 Table 4.6.2): chemische Analyse von Silberartefakten													
AnNo.	CatNo	Cu	As	Sn	Pb	Fe	Co	Ni	Zn	Sb	Bi	Ag	Au
87	61	0,17	0,05	-	0,28	0,04	0,02	0,03	0,08	-	0,02	99,19	0,69
88	67	0,21	0,05	-	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,04	95,98	4,28
89	62	0,13	0,01	-	0,58	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	-	99,25	0,27

**Beschreibung**<sup>4374</sup>: Der Ringanhänger ist auf einer Seite flach und auf der anderen leicht gewölbt. Er weist in der Mittelachse eine kleine Durchlochung im Kopf und eine größere im Körper auf. Die Ringe bestehen aus gehämmertem Draht recht einheitlicher Stärke und weisen stempelförmige Enden auf. Der kleinere der kleinen Ringe ist zweifach gebrochen, der größere ist intakt. Beide großen Ringe weisen reparierte Brüche auf. Weiter wurden noch etwa 168 scheibenförmige Silberperlen mit Durchlochung, eine ringförmige Perle und eine zylindrische Perle gefunden.

**Maße**<sup>4375</sup>: Ringanhänger: H 2,4 cm, max. D (des gewölbten Körpers) 0,3 cm, Dm (Innendurchmesser) der Öffnung des Körpers 0,4 cm, Dm (Innendurchmesser) der Lochung im Kopfteil 0,2 cm, G 6,8 g;

kleine Ringe: a) Dm 3,8 cm, Qs 0,4 cm, G. 6,7 g, b) Dm 4 cm, Qs 0,4 cm, G 7,8 g, große Ringe: a) Dm 5,6 cm, Qs 0,4 cm, G 23,6 g, b) D 5,4 cm, Qs 0,4 cm, G 20,1 g;

Perlen der Kette: scheibenförmige Perlen: Außendurchmesser. 0,2-0,3 cm, D der Blechscheiben 0,05-0,1 cm, Gesamtgewicht 26 g; ringförmige Perle: Innendurchmesser 0,3 cm, Außendurchmesser 0,6 cm; zylindrische Perle: L 0,11 cm, max. Außendurchmesser 0,8 cm, Innendurchmesser ca. 0,4 cm, G 1,4 g.

<sup>4367</sup> Siehe Patay 2004, 175.

<sup>4368</sup> Siehe Patay – Szathmári 2001, besonders 5-8.

<sup>4369</sup> Matuschik 1996, 8.

<sup>4370</sup> Patay 1987, 120; Patay 1995b, 107f.

<sup>4371</sup> Maran 2000, bes. 187; Hauptmann 1971, 350; Zur genauen Lage und Umfeld siehe Papathanassopoulos 1996a, 40; Papathanassopoulos 1996b, besonders 80.

<sup>4372</sup> Vgl. Papathanassopoulos 1996d, 227 Kat. 41-43; Bei der Anzahl der Perlen der Kette gibt es Unstimmigkeiten in der Literatur, die möglicherweise darauf zurückzuführen sind, dass eine Perle ihrer Größe wegen teils gesondert aufgeführt wird (vgl. Papathanassopoulos 1996d, 227 Kat. 41; Maran 2000, 187; Zachos 1996, 167).

<sup>4373</sup> Maran 2000, 187; Stos-Gale 1987, 286-288 mit Tab. 31.4 und Fig. 31.22; Pernicka 1987, 683; Gale – Stos-Gale 2008, 399f. mit Table 37.7.

<sup>4374</sup> Papathanassopoulos 1996d, 227 Kat. 41-43.

<sup>4375</sup> Papathanassopoulos 1996d, 227 Kat. 41-43; Papathanassopoulos 1998, 65 Kat. 64-66.

**Fundumstände:** In den frühen 1960er Jahren von Höhlenforschern vor Beginn archäologischer Arbeiten in den 1970er Jahren Arbeiten gefunden<sup>4376</sup>.

**Fundzusammenhang:** In der Höhle, die aus mehreren Kammern besteht<sup>4377</sup>, konnten unterschiedliche Aktivitätsbereiche ausgemacht werden<sup>4378</sup>: Wohn-, Arbeits- und Bestattungsbereiche. Neben neolithischer und chalkolithischer Keramik wurden Knochen-, Obsidian- und Feuersteinartefakte, Mahlsteine, tönernen Spinnwirtel, Muschel- und Steinperlen, Armreifen aus *Spondylus gaederopus* sowie Marmor- und Tonfigurinen und auch Menschenknochen gefunden<sup>4379</sup>. Vier Kupferdolche, Kupfer bzw. mögliche Hinweise auf eine lokale (extraktive) Kupferverarbeitung oder -bearbeitung<sup>4380</sup> und Kupferdraht stammen aus den obersten Schichten von Kammer II im Innern der Höhle und deuten auf lokale Metallverarbeitung hin<sup>4381</sup>.

Die Silberobjekte wurden vor Beginn regulärer archäologischer Arbeiten alle zusammen an einer Stelle in Kammer I (einer Art Vorraum der Höhle) gefunden<sup>4382</sup>. Da im Innern der Höhle zahlreiche Bestattungen nachgewiesen werden konnten<sup>4383</sup> und bei denselben Arbeiten bei denen die Silberobjekte gefunden wurden neben neolithischer und chalkolithischer Keramik auch menschliche Knochen gefunden wurden, könnte es sich bei dem Silberschmuck um Beigaben von Bestattungen handeln<sup>4384</sup>. Dies ist aber ebenso wenig zu belegen, wie die Vermutung, dass es sich bei den Stücken um einen geschlossenen Fund gehandelt habe. (Vgl. die mögliche Bedeutung von Höhlen auf dem Balkan, aus denen etliche Silberfunde stammen.) Eine Verbindung bzw. ein engerer zeitlicher Bezug zu den Funden im Innern der Höhle kann ebenfalls nicht hergestellt werden.

Dass die zwei untersuchten Silberobjekte eine sehr ähnliche Bleisotopie aufweisen ist jedoch ein Indiz dafür, dass sie ein zusammengehörendes Set gebildet haben könnten, oder zumindest dieselben Bezugsquellen für das Ausgangsmaterial oder die Fertigprodukte hatten.

**Stratigraphische Einbindung:** Nicht bekannt: siehe Fundzusammenhang und Fundumstände: kein stratigraphischer Kontext herstellbar.

**Begleitfunde:** Keine deren Zuweisung sicher gemacht werden kann: siehe Fundzusammenhang. Pernicka nennt noch zwei goldene Armreifen<sup>4385</sup>, vermutlich bezieht er sich jedoch auf Spondylusarmringe<sup>4386</sup>.

**Datierung:** Neben der Belegung der Höhle, die auf *Late* und *Final Neolithic Periods* (5000-3200 v. Chr.) datiert wird<sup>4387</sup>, und der Keramik, die bei denselben Untersuchungen wie die Silberobjekte gefunden wurde, die ebenfalls in diesen Zeitraum datiert<sup>4388</sup>, lässt sich der Ringanhänger dem Horizont kupferzeitlicher Ringanhänger Ostmitteleuropas und Südosteuropas zuordnen, womit eine zeitliche Einordnung von der zweiten Hälfte des 5. Jt. bis etwa 3500 v. Chr. gegeben schien<sup>4389</sup>. Radiokarbonaten?! (Popescu 2015; Papathanassopoulos 1996, 80-84; Papathanasiou u. a. 2000, 212). Durch die Funde aus Varna (Gräber bzw. Kenotaphe 15, 36, 48, 97 und 255) und der kulturellen Zuordnung von Ringanhängern zu Tiszapolgár und Bodrogkeresztúr ist mittlerweile eine Datierung der kupferzeitlicher Ringanhänger Ostmitteleuropas möglicherweise deutlicher zwischen 4600-4000

---

<sup>4376</sup> Siehe Zachos 1996, 167; Papathanassopoulos 1996b, 81-82; Hauptmann 1971, 350. 352; Maran 2000, 187.

<sup>4377</sup> Siehe Papathanasiou 2001, 81 Fig. 2.

<sup>4378</sup> Papathanassopoulos 1996b, 83.

<sup>4379</sup> Papathanassopoulos 1996b; Papathanassopoulos 1996c; Papathanassopoulos 1996d; Papathanasiou 2001, 25.

<sup>4380</sup> Papathanassopoulos erwähnt im Zusammenhang mit den Dolchen zwei kleine amorphe Stücke Kupfer, die sicher vom Schmelzen – d. h. wahrscheinlich Guss, stammen („two small amorphous lumps of copper [l. 2.4 and 2.7 respectively]“ Papathanassopoulos 1996d, 228 unter Kat. 44). Papathanasiou spricht auch im Zusammenhang mit den Dolchen von „unworked copper nuggets, and copper slag“ (Papathanasiou 2001, 25). Beide sollten Funde – den Angaben nach – aus der FN Schicht von Kammer II bezeichnen; vielleicht handelt es sich um die gleichen Stücke? (vgl. Papathanassopoulos 1996d, 228 unter Kat. 44 und Papathanasiou 2001, 25).

<sup>4381</sup> Vgl. Papathanassopoulos 1996d, 228 und Papathanasiou 2001, 25.

<sup>4382</sup> Papathanassopoulos 1996d, 227 unter Kat. 42.

<sup>4383</sup> Papathanassopoulos 1996c, 175.

<sup>4384</sup> Hauptmann 1971, 350. 352; Papathanassopoulos 1996d, 227 unter Kat. 42.

<sup>4385</sup> Pernicka 1987, 683.

<sup>4386</sup> Vgl. Papathanassopoulos 1996d, 229 Kat. 46.

<sup>4387</sup> Zachos 1996, 167; Papathanassopoulos 1996c, 175-177; Papathanassopoulos 1996b, bes. 80; Papathanassopoulos 1996d.

<sup>4388</sup> Maran 2000, 187; Siehe weiter Papathanassopoulos 1996c und Hauptmann 1971, 350. 352. mit Abb. 45-54.

<sup>4389</sup> Siehe Maran 2000, 185. 187-189. 191; Virág 2010, 215.

v. Chr. verbunden<sup>4390</sup>. Eine Brücke in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. können möglicherweise nach wie vor Funde der Bodrogkeresztúr sowie wie der Ringanhänger von Tiszalúc-Sarkad (Hunyadi-halom-Kultur) schlagen<sup>4391</sup>.

**Bemerkungen:**

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturauswahl:** Papathanassopoulos 1996a-d; Zachos 1996, 167; Maran 2000, 185-189; Hauptmann 1971, 350. 352; Stos-Gale 1987, 286-288 mit Tab. 31.4 und Abb. 31.22; Pernicka 1987, 683; Papathanasiou 2001, 25; Patay – Szathmári 2001, 10; Papathanassopoulos 1998.

**Koordinaten:** 36,63333333, 22,38333333

**Datierung Karte:** 4. Jt. (?)

**Katalog-Nr.: 9**

**Fundort:** „Höhle des Euripides“ bei Peristéria auf Salamis (Salamis/Griechenland)<sup>4392</sup>

**Art der Objekte:** Ringanhänger und ein Drahring

**Material:** beide aus Silber

**Analyse:**

**Beschreibung:** Der silberne Ringanhänger hat einen ringförmigen Körper. Der Kopf ist relativ schmal, schließt nach oben leicht gerundet ab und weist eine kleine Durchlochung auf.

**Maße:** Ringanhänger: H 2,7 cm, G 6 g; Drahring: Dm 1,9 cm, G 7 g.

**Fundumstände:** Bei regulären Ausgrabungen unter Leitung von Lolos in der Höhle bei Peristéria gefunden<sup>4393</sup>. Die Ausgrabungen begannen 1994 und dauerten 2000 noch an; weiter gibt Bestattungen aus mykenischer Zeit und römische Funde.

**Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde:** Beide Silberobjekte wurden in Schicht IIIB der Höhle gefunden und gehörten evtl. zusammen<sup>4394</sup>.

**Datierung:** Lolos gibt die Belegung der Höhle mit *LN/FN (Late Neolithic/Final Neolithic)*, also ausgehendes Spätneolithikum/Beginn Chalkolithikum an und gibt als Jahreszahl 4500 v. Chr. an<sup>4395</sup>. Der Ringanhänger als chronologisch aussagefähige Form lässt sich dem Horizont kupferzeitlicher Ringanhänger Ostmitteleuropas und Südosteuropas zuordnen, womit sich eine Zeitansatz von der zweiten Hälfte des 5. Jt. bis etwa 3500 v. Chr. ergibt (vgl. Kat. 8), d. h. dem ausgehenden Spätneolithikum oder in den Beginn des Chalkolithikums<sup>4396</sup>.

**Bemerkungen:**

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Maran 2000, 185 Anm. 36; Λώλος 1998, 64 Kat. 62; Δημακοπουλου 1998; Anistoriton 1998.

**Koordinaten:** 37,86666667, 23,43333333

**Datierung Karte:** 4. Jt. (?)

**Katalog-Nr.: 10**

**Fundort:** Eileithyia-Höhle bei Amnissos (Kreta/Griechenland)<sup>4397</sup>: aus einem Felsspalt im Bereich östlich des Höhleneinganges<sup>4398</sup>.

**Art der Objekte:** Ringanhänger aus Silber, ein silberner Draht und ein spulenförmiges Objekt; evtl. zusammengehörig.

**Material:** Silber

**Analyse:**

---

<sup>4390</sup> Ringanhänger und Zuordnung: Zimmermann 2007, 26; Higham u. a. 2007, bes. 645 Table 1. – Zur Datierung: Higham u. a. 2007; Hansen 2009, 14. 15 mit Anm. 31; Hansen 2011b, 65; Virág 2010, 215 mit weiterer Literatur.

<sup>4391</sup> Matuschik 1996, 8.

<sup>4392</sup> Λώλος 1998, 64 Kat. 62.; Maran 2000, 185 Anm. 36.

<sup>4393</sup> Δημακοπουλου 1998, 19; Anistoriton 1998 (<http://www.anistor.co.hol.gr/english/enback/a982.htm>);

<http://www.salamina.gr/english/euripidescave.htm>.

<sup>4394</sup> Λώλος 1998, 64 Kat. 62.

<sup>4395</sup> Λώλος 1998, 64 Kat. 62.

<sup>4396</sup> Siehe Maran 2000, 185. 187-189. 191.

<sup>4397</sup> Maran 2000, bes. 186f.; Zur Lage der Höhle siehe Schäfer 1992, Taf. 120.

<sup>4398</sup> Μαρινάτος 1930, 97f.

**Beschreibung:** Der silberne Ringanhänger hat je eine relativ kleine Öffnung in der Mitte des runden Hauptteils als auch im oberen Teil des Kopfes. Der Kopf schließt oben in einer leicht konvexen Rundung ab. Weiter weist der Ringanhänger, auch jeweils am Kopf- und dem Hauptteil, je zwei Buckel auf.

Der silberne Drahring ist verbogen und weist vermutlich – nach Ausweis der Umzeichnung bei Maran<sup>4399</sup> – einen etwa vierkantigen Querschnitt auf.

Das spulenförmige Objekt bezeichnet Miložić als ›Röhrenperle‹<sup>4400</sup>.

**Maße:** Ringanhänger: H 9 cm, Dm/B? 6,3 cm<sup>4401</sup>; sonst werden keine Maße angegeben.

**Fundumstände:** 1930 bei Ausgrabungen unter Leitung von Sp. Marinatos in einem unweit des Höhleneinganges gelegenen Felsspalt, der auch Bestattungen aus der früh- bis spätminoischen Zeit enthielt, gefunden (siehe Bemerkungen)<sup>4402</sup>.

**Fundzusammenhang und stratigraphische Einbindung** Aus einem östlich des Einganges zur Höhle gelegenen Felsspalt<sup>4403</sup>. Keine Verbindungen mehr rekonstruierbar<sup>4404</sup>.

**Begleitfunde:** Nicht zu belegen ist, dass die bei der gleichen Kampagne gefundenen anderen Funde, darunter auch der silberne Drahring und das silberne spulenförmige Objekt, in irgendeinem zusammengehörigen Fundkontext stehen (siehe Bemerkungen)<sup>4405</sup>.

**Datierung:** Eine Zuschlagung des Ringanhängers zur frühminoischen Zeit kann aufgrund von Bedenken zu den Fundumständen und zu der Vergesellschaftung (siehe auch Bemerkungen) nicht erfolgen<sup>4406</sup>. Der Ringanhänger kann aber über seine Formmerkmale dem gleichen Zeitraum wie die Ringanhänger aus Südost- und Ostmitteleuropa zugeordnet werden, d. h. etwa innerhalb der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. bis erste Hälfte 4. Jt. v. Chr. (vgl. Kat. 8)<sup>4407</sup>. Eine Datierung der beiden anderen Silberobjekte aus sich heraus erscheint aufgrund der wenig aussagekräftigen Form nicht möglich und kann wegen der Fundumstände und des ungeklärten Fundzusammenhanges auch nicht über Beifunde erfolgen, so dass diese in der vorliegenden Untersuchung außen vor bleiben (siehe dazu jedoch Bemerkungen).

**Bemerkungen:** Obwohl Miložić schon früh Verbindungen zu balkanischen Kulturgruppen erkannt hatte<sup>4408</sup>, so ging der Ringanhänger doch als Fund der frühminoischen Zeit in die Literatur ein, weil in dem Felsspalt mutmaßliche frühminoische bis spätminoische Bestattungen gefunden wurden<sup>4409</sup>, und in der Folge wurde diese Datierung in der Literatur wenig hinterfragt übernommen (und der Fund teilweise gar der Eileithya Höhle selbst zugeordnet)<sup>4410</sup>. Auf eine ältere Zeitstellung machte Muhly aufmerksam<sup>4411</sup>. Dazu bleibt weiter festzuhalten, dass keines der von Marinatos als frühminoisch angesprochenen Gefäße aus dem Felsspalt publiziert wurde und einige der von ihm als frühminoisch datierten Gefäße aus der Höhle heute dem Spätneolithikum respektive Chalkolithikum zugerechnet werden<sup>4412</sup>. Dass die beiden in der gleichen Kampagne gefundenen Silberobjekte (Draht und „Perle“) mit dem Anhänger vergesellschaftet waren, ist nicht zu belegen. Aber die zu beobachtende Vergesellschaftung von Ringanhängern mit Drahtschmuck (Brillenspirale, Armringe etc.)<sup>4413</sup> und Perlen wiederum ist ein Verdachtsmoment, welcher eine Vergesellschaftung nicht unmöglich erscheinen lässt. Dazu

---

<sup>4399</sup> Maran 2000, 193 Abb. 1.3; Siehe auch Μαρινάτος 1930, 97 Abb./εικ. 9: vermutlich vierkantig mit abgerundeten Kanten.

<sup>4400</sup> Miložić 1953, 9.

<sup>4401</sup> Siehe Βασιλάκης 1998.

<sup>4402</sup> Μαρινάτος 1930, 97f.; Schäfer 1992, 7-11. besonders 7f.

<sup>4403</sup> Μαρινάτος 1930, 97f.

<sup>4404</sup> Μαρινάτος 1930, 97; Siehe die Ausführungen von Maran 2000, 186.

<sup>4405</sup> Maran 2000, 186.

<sup>4406</sup> Siehe Maran 2000, 186f.

<sup>4407</sup> Siehe Maran 2000, 185. 187-189. 191; Virág 2010, 215.

<sup>4408</sup> Miložić 1953, 9.

<sup>4409</sup> Miložić 1953, 9.

<sup>4410</sup> So nutzte Miložić die vermeintliche frühminoische Zeitstellung zur Datierung der balkanischen und donauländischen Stücke (Miložić 1953, 9). Andere Autoren übernahmen den von Miložić erwogenen Kontext und die Datierung des Stückes aus Eileithya, teils unter dem Paradigma, dass Silber in vorminoischer Zeit auf Kreta nicht bekannt gewesen sein kann: vgl. Dumitrescu 1961, 85; Branigan 1968, 222; Makkay 1976, 257-260; McGeehan-Liritzis 1996, 109; Zu diesem Problem und zur Datierung siehe Maran 2000, 186.

<sup>4411</sup> Muhly 1985, 112.

<sup>4412</sup> Auch ist das Material aus der Höhle nicht vollständig veröffentlicht. Schäfer 1992, 7f.; Betancourt 1985, 13-15; Vagnetti – Belli 1978, 133; Karantzali 1996, 61-62; Ζωης 1973, 125-128.

<sup>4413</sup> Vgl. Kat. 4-6; Maran 2000; Siehe ferner Matuschik 1996, 8. 10 (hier jedoch ‚Buckelscheiben‘ mit Drahtschmuck [Brillenspiralen und Hakenspiralen], die Buckelscheiben haben aber ein anderes, eigenes Verbreitungsgebiet).

kommt weiter der Umstand, dass diese Funde in der gleichen Kampagne gemacht wurden und alle aus dem gleichen Material bestehen.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Maran 2000, 185-187. 191; Schäfer 1992, 7-11, bes. 7-8; Muhly 1985, 112; Miložić 1953, 9; Branigan 1968, 222; Dumitrescu 1961, 85; Makkay 1976, 257-260; McGeehan-Liritzis 1996, 109; Betancourt 1985, 13-15; Karantzali 1996, 61-62; Vagnetti – Belli 1978, 133; Ζωης 1973, 125-128; Βασιλάκης 1998; Βασιλάκης 1996, 154. 160-162. 164f. 231f.; εικ. 18,19; πίν. 69.

**Koordinaten:** 35,31666667, 25,2

**Datierung Karte:** 4. Jt. (?)

**Katalog-Nr.: 11**

**Fundort:** Rudki, Gemeinde Szamotuly (Poznań/Polen).

**Art der Objekte:** zwei Fragmente eines Armringes<sup>4414</sup>

**Material:** Silber

**Analyse:**

**Beschreibung:** Zwei Fragmente eines Silberarmringes.

**Maße:**

**Fundumstände:** 1879 gefunden.

**Fundzusammenhang:** Depot

**Stratigraphische Einbindung:**

**Begleitfunde:** In dem Hortfund waren neben den Fragmenten des Silberarmringes noch drei Flachbeile, sechs Armspiralen und zwei Brillenspiralen (mit spiralförmigem Zwischenglied) und die Hälfte einer dritten Brillenspirale vorhanden<sup>4415</sup>.

**Datierung:** „Das Depot von Rudki (Nr. 50–52) umfasst zwar eine Menge von Begleitfunden, doch ergeben diese wegen der langen Lebensdauer der Armringe aus schmalen Blechband keine zuverlässigen Datierungshinweise“<sup>4416</sup>.

Die Flachbeile des Depots von Rudki ordnet Szpunar seinem Typ Bytyń zu, den er in der späten Phase der Trichterbecherkultur auftreten lässt, als obere Grenze der Laufzeit sieht er Montelius Periode I<sup>4417</sup>. An Szpunars Typeneinteilung und Laufzeiten gibt es Kritik<sup>4418</sup>. Eine andere Typenzuordnung für die Flachbeile von Rudki gibt Schmitz wieder, nämlich die Einteilung Dobeš, zu dessen Typ Vinča Variante Kranichfeld<sup>4419</sup>. Diese finden sich auch im Hortfund von Bytyń. Der Hortfund von Bytyń<sup>4420</sup> lässt sich nach Schmitz typologisch und metallurgisch gut mit dem Depot von Bygholm vergleichen<sup>4421</sup>. Midgley nennt für das Gefäß, welches den Hort von Bygholm enthielt, eine Zuweisung zur Volling Gruppe<sup>4422</sup>.

Mit den letzteren Zuweisungen und Vergleichen ist eine Datierung von der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. bis kurz nach 3500 v. Chr. verbunden<sup>4423</sup>, folgt man jedoch Szpunar (siehe oben) liegt man für den Beginn des im Hort von Rudki vertretenen Flachbeiltyps am Ende des 3. Jt. v. Chr. Die Zuweisung des Hortfundes von Bygholm in die Zeit von Volling ist jedoch nicht unwidersprochen geblieben und Klassen erwägt eine Datierung von 3500 bis 3300 v. Chr.<sup>4424</sup>. Für den Hortfund von Bytyń kommt auch eine Datierung um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. in Frage<sup>4425</sup>.

---

<sup>4414</sup> Szpunar 1987, 16 Kat. 50-52; 17; Schmitz 2004, 93.

<sup>4415</sup> Szpunar 1987, 16 Kat. 50-52; 17.

<sup>4416</sup> Szpunar 1987, 17.

<sup>4417</sup> Szpunar 1987, 17.

<sup>4418</sup> Siehe Schmitz 2004, 97.

<sup>4419</sup> Schmitz 2004, 92f.; Zu den Verbindungen die sich über diese Typzuweisung ziehen lassen, siehe Schmitz 2004, 92.

<sup>4420</sup> Nach Schmitz Frühkupferzeit IIIb (Schmitz 2004, 94).

<sup>4421</sup> Das Depot von Bygholm kann nach Schmitz in die Trichterbecherkultur C (Frühkupferzeit III) datiert werden (Schmitz 2004, 92. 93).

<sup>4422</sup> Midgley 1992, 301.

<sup>4423</sup> Vgl. Midgley 1992, 300f. 229 Fig. 74; Müller 2001, 267 Abb. 141; Woll 2003, 23-31; Nielsen 1994, 85 (mit Abbildung).

<sup>4424</sup> Klassen 2000, 79-81; Vgl. Müller 2012, 49.

<sup>4425</sup> Sherratt 1997, 201f. 226 note 3.



**Bemerkungen:** Nach Sherratt lassen sich mit den Rinderfiguren des Hortfundes von Bytyń Vergleiche mit solchen aus Anatolien (Kızılırmak Region) ebenso wie mit dem Bereich der Majkop-Kultur anstellen<sup>4426</sup>. Allgemein hält Sherratt Kontakte zwischen der Trichterbecherkultur und den nordpontischen Steppen (Tripol'e B2) sowie der Majkop-Kultur für möglich<sup>4427</sup>.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturauswahl:** Szpunar 1987, 16 Kat. 50-52; 17; Schmitz 2004, 93.

**Koordinaten:** 52,58333333, 16,46666667

**Datierung Karte:** 4. Jt. (?)

## Nordpontischer Raum

**Katalog-Nr.:** 12

**Fundort:** Trușești-Tuguieța/Tuguieța (Botoșani/Rumänien)

**Art des Objektes:** Silberanhänger (violinidolartig<sup>4428</sup>)

**Material:** „wohl aus Silber“<sup>4429</sup>; „Din metal alb, eventual din cupru argintat sau din argint cu puncte de oxid de cupru [...]“<sup>4430</sup>; „a silvered copper replica“<sup>4431</sup>; „idol made of copper and silver“<sup>4432</sup>; „idol [...] plat de aramă, argintat“<sup>4433</sup>; „Idol aus weißem Metall“<sup>4434</sup>; Weiter zu Materialangaben mit weiterer Lit. s. Popescu 2015, 115. Die Frage ob Silber, wie auch immer geartetes versilbertes Kupfer o. ä. vorliegt, d. h. Fragen nach Legierung oder Technik wären spannend zu untersuchen.

**Analyse:** bislang keine bekannt (Popescu 2015).

**Beschreibung:** Als anthropomorph beschriebener flacher Anhänger<sup>4435</sup> mit einem größeren Unterteil und einem „Kopf“ mit zwei waagrecht angebrachten Löchern. Wird mit Violinidolen verglichen (siehe oben).

**Maße:** H 4,3 cm<sup>4436</sup>.

**Fundumstände:** Ausgrabungen der Siedlung fanden von 1951-1961 statt, aus der Zeit davor werden ‚Liebhabergrabungen‘ berichtet<sup>4437</sup>.

**Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung:** Aus einer Siedlung mit Besiedlung der Phasen Cucuteni A2 und Cucuteni B2<sup>4438</sup>. Aus der Phase Cucuteni A<sup>4439</sup>. Popescu 2015, 115: „In einer Grube, die zur Cucuteni A3-Schicht (um 4350-4150 v. Chr.) in Trușești (...) gehört.“

**Begleitfunde:**

**Datierung:** Phase Cucuteni A2 datiert in die zweite Hälfte des 5. Jt. v. Chr.<sup>4440</sup>. Popescu 2015, 115 gibt als Zeitansatz 4350-4150 v. Chr.

**Bemerkungen:** Möglicherweise eines der frühesten Stücke aus Silber oder einer Kupfersilberlegierung (vgl. Material) und daher von Bedeutung. In diesem Zusammenhang ist auch das Stück aus Nezvisko von Belang (vgl. auch Popescu 2015, 115. 117).

**Tafel/Abb./Karte:** Abb. Nestor u. a. 1952, 70 Fig. 8.

**Literatur:** Petrescu-Dîmbovița 1999, 521; Dergačev 2002, 200 Kat. A 306; Taf. 65, A 306; Monah 1979, 166f. mit Fig. 2,2; Dumitrescu 1961, 77 Fig. 6,10; 85; Nestor u. a. 1952, 70 mit Fig. 8; Petrescu-Dîmbovița 1963, 182; Popescu 2015, 115.

<sup>4426</sup> Sherratt 1997, 201f. 226 note 3; Sherratt 2004, 413. 415f.

<sup>4427</sup> Sherratt 2004, 413. 414. 415f.; Sherratt 1997, 201f. 226 note 3.

<sup>4428</sup> Vgl. Monah 1979, 166; Dumitrescu 1961, 85; Petrescu-Dîmbovița 1999, 521.

<sup>4429</sup> Dergačev 2002, 78 – Vgl. Monah 1979, 166 (cave: Abbildungsunterschrift).

<sup>4430</sup> Petrescu-Dîmbovița 1999, 521.

<sup>4431</sup> Dumitrescu 1961, 85.

<sup>4432</sup> Dumitrescu 1961, 85 Anm. 48.

<sup>4433</sup> Nestor u. a. 1952, 70.

<sup>4434</sup> Petrescu-Dîmbovița 1963, 182.

<sup>4435</sup> Dergačev 2002, 78.

<sup>4436</sup> Dumitrescu 1961, 85; Monah 1979, 167 Fig. 2,2.

<sup>4437</sup> Petrescu-Dîmbovița 1963, 172.

<sup>4438</sup> Petrescu-Dîmbovița 1963, 173.

<sup>4439</sup> Petrescu-Dîmbovița 1999, 521; Dergačev 2002, 200 Kat. A 306; Vgl. Petrescu-Dîmbovița 1963, bes. 182.

<sup>4440</sup> Vgl. Lichter 2001, 30 Abb. 2; 157 Abb. 72; Govedarica 2004, 227 Abb. 56.

**Koordinaten:** Nestor u. a. 1952, 116: „A environ 4 km au sud de la commune de Truşeşti, sur la rive droite de la Jijia, se trouve la hauteur de „Tugueta“, témoin de la terrasse moyenne de la Jijia.“; 47,75, 27,01666667.

**Datierung Karte:** 5. Jt.

### Katalog-Nr.: 13

**Fundort:** Nezvisko (Ivano-Frankivska Oblast/Ukraine)

**Art des Objektes:** Kupfer-Silberlegierung: Ahle und Ring(e) (?)<sup>4441</sup> (und/oder Idol/Anhängerschmuck [?], möglicherweise violinidolartig<sup>4442</sup> vgl. Beschreibung), Popescu 2015, 115. 117: „zwei kleine Verzierungen aus einer Silber-Kupfer-Legierung (75-80% Silber und 20-25% Kupfer)“; cave: zahlreiche Inkonsistenzen bei den Angaben.

**Beschreibung/Material/Analyse:** eine vierkantige Ahle aus Nezvisko aus einer Kupfer-Silberlegierung (75-80% Silber und 20-25% Kupfer)<sup>4443</sup>; evtl. das gleiche Stück, also die Ahle, ohne Ansprache/Beschreibung: wohl Kupfer-Silberlegierung<sup>4444</sup>. Ring (Cu mit Verunreinigungen) und ein „Röhrchen“/Blech(röhren)perle (Cu mit Ag und weiteren Verunreinigungen; Größenordnung der Ag-Gehaltes?)<sup>4445</sup>. Dagegen konstatiert Černyš (1962, 50), dass nach Meinung Ryndinas alle Gegenstände außer der Ahle aus Kupfer seien. Ryndina (1998, 171 mit Anm. 20) nennt ein „Ringlein“ mit ca. 40% Ag. Unter Bezug auf (Ryndina 1962, 86) wird ein Ring mit 80% Ag und 20% Cu genannt.

**Maße:** Ahle: L 13,6 cm (14 cm<sup>4446</sup>?), max. Dm 0,5 cm<sup>4447</sup>.

**Fundumstände:**

**Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde:** Aus der Besiedlung Tripol'e B2 von Nezvisko, stammen mehrere Metallfunde, darunter die Ahle (Behausung 19) und Ring(e)/Blechröhrenperle sowie ein Kupfertropfen („Gusstropfen/Schmelzperle“?)<sup>4448</sup>.

**Datierung:** Tripol'e B2 steht chronologisch in der frühen ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr.<sup>4449</sup>.

**Bemerkungen:** Siehe auch Danksagung bei Popescu 2015, 118: Korrektur zu Nezvisko-Angaben?

**Abb.:** Černyš 1962, 51 Abb. 28,1-4; Ryndina 1962 88 Abb. 2.

**Literatur:** Monah – Monah 1997, 82; Rassamakin 2004a, 148. ferner 72; Černyš 1962, 50; Popescu 2015, 115. 117; Ryndina 1962.

**Koordinaten:** 48,76666667, 25,25

**Datierung Karte:** 1. H. 4. Jt.

### Katalog-Nr.: 14

**Fundregion:** Nordpontischen Steppen: mehrere Fundorte<sup>4450</sup>

**Fundorte und Fundzusammenhang** (nach den Gruppen in der Einteilung von Rassamakin<sup>4451</sup>, vgl. Datierung):

- a) Terny, Kurgan 9, Grab 2 (Dnepropetrovskaja Oblast/Ukraine)<sup>4452</sup>.
- b) Konstantinovsk, Kurgangruppe VIII, Kurgan 3, Grab 9 (Gemeinde Konstantinovskaja; Rostovskaja Oblast/Russland)<sup>4453</sup>.

<sup>4441</sup> Černyš 1962, 50; Ryndina 1998, 171.

<sup>4442</sup> Rassamakin 2004a, 148: „[...] eines Fundes aus der Schicht der Phase B/2 der Tripol'e Siedlung Nezvisko [...]“; Monah – Monah 1997, 82: „The finding of Truşeşti was confirmed by the unearthing of a silver link in the Tripolye settlement in Nezvisko.“

<sup>4443</sup> Černyš 1962, 50; Ryndina 1962; Vgl. Popescu 2015, 117.

<sup>4444</sup> Vgl. Rassamakin 2004a, 148.

<sup>4445</sup> Ryndina 1962, 84.

<sup>4446</sup> Ryndina 1962, 86.

<sup>4447</sup> Černyš 1962, 50.

<sup>4448</sup> Černyš 1962, 50; Rassamakin 2004a, 148; Popescu 2015, 115. 117; Ryndina 1962. – Vgl. Govedarica 2004, 210; Lichardus – Lichardus-Itten 1985a, 78 Kat. 298; Lichardus – Lichardus-Itten 1985b, 268f.; Dergačev 2002, 208.

<sup>4449</sup> Vgl. Popescu 2015, 117; Siehe Govedarica 2004, 227 Abb. 56; Ferner Lichter 2001, 30 Abb. 2.

<sup>4450</sup> Siehe Rassamakin 2004a.

<sup>4451</sup> Rassamakin 2004a; Rassamakin 2004b.

<sup>4452</sup> Rassamakin 2004a, 72. 148; Rassamakin 2004b, 35f. Kat. 97; Taf. 103,3.

<sup>4453</sup> Rassamakin 2004a, 110. 111 Abb. 90,23; 112; Rassamakin 2004b 103 Kat. 10.

- c) ein Schläfenanhänger aus Trapovka, Kurgan 10, Grab 14 (Odeskaja Oblast/Ukraine)<sup>4454</sup>.
- d) ein Schläfenanhänger aus Kovalevka VII, Kurgan 4, Grab 32 (Gemeinde Nikolaevskij; Nikolaevskaja (Mekolajevkaja) Oblast/Ukraine)<sup>4455</sup>.

**Art der Objekte:**

- a) ein Schläfenanhänger/-ring
- b) einfache Ringe aus Silber
- c) Trapovka: ein Schläfenring
- d) Kovalevka: ein „halbmondförmiger“ Schläfenanhänger

**Material:**

- a) Kupfer mit ca. 35% Silberanteil<sup>4456</sup>
- b) Silber
- c) Silber
- d) Silber

**Analyse:**

- a) siehe Rassamakin 2004, 72.

**Beschreibung und Maße:**

- a) Schläfenring aus anderthalbmal gewundenem Draht mit rundem Querschnitt und einem flach abgeschnittenen und sich verjüngendem Ende mit max. Dm von etwa 1,2 cm<sup>4457</sup>.
- b) Kleine Ringe (Dm 2,0-2,5 cm) mit sich überkreuzenden oder berührenden Enden. Aus rundem oder vierkantigem Draht.
- c) Trapovka: ringförmiger Schläfenanhänger aus rundem Draht mit sich (beinahe) berührenden Enden (Dm 2,4-2,6 cm).
- d) Kovalevka: im weitesten Sinne halbmondförmiger Anhänger mit sich (fast) berührenden und sich verjüngenden Enden, der Gesamtumriss ist etwa rund (B 3,3 cm, H 2,9 cm, Dm Öffnung 1,1 cm<sup>4458</sup>).

**Fundumstände:**

**Stratigraphische Einbindung:**

**Begleitfunde:**

**Datierung:**

Die kulturelle Zuordnung und Datierung folgt Rassamakin<sup>4459</sup>:

- a) Grab der „Gruppe I in Kurgan“ nach Rassamakin<sup>4460</sup>. Es gibt Versuche den Ring über den Vergleich mit einem Fund aus einer Schicht der Phase B2 der Tripol'e Siedlung Nezvisko (Kat. 12) zeitgleich anzusetzen, sowie (Arsen-)Kupferfunde anhand ihrer chemischen Zusammensetzung in chronologische Horizonte zu scheiden<sup>4461</sup>. Rassamakin folgt dem (nicht ohne Vorbehalt)<sup>4462</sup>. Die Gräber der Gruppe I in Kurganen ordnet Rassamakin seiner Ersten Tradition zu, die etwa das 4. Jt. v. Chr. umfassen soll<sup>4463</sup> (vgl. Rassamakin 2004, 18 Abb. 4).
- b) „Hügelgräber der Gruppe II-B“ nach Rassamakin<sup>4464</sup>, die Rassamakin seiner Zweiten Tradition zuordnet und innerhalb dieser spät, was Rassamakin zufolge etwa zweites und drittes Viertel des 4. Jt. v. Chr. bedeuten dürfte<sup>4465</sup>. Zur Nähe des Kurgans zur Konstaninovsk-Kultur siehe Rassamakin 2004a, 110. Vgl. dazu Rassamakin 1999, 117. 122.
- c-d) Aus Gräbern von „Hügelgräberfeldern der Gruppe III-A“ nach Rassamakin<sup>4466</sup>. Rassamakin zufolge datieren o. g. Gräber, die er seiner Dritten Tradition zuordnet, auch über Vergleiche mit Tripol'e B2-C1, wohl in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr.<sup>4467</sup>. Siehe Bemerkungen. Seiner Zuordnung dieser Gräber zu Unterem Michailovka<sup>4468</sup> und Vergleiche mit Tripol'e B2-C1 und C2 durch Funde dieser Keramik in Gräbern dieses „Typs“ ergibt eine

<sup>4454</sup> Rassamakin 2004b, 133f. Kat. 43; Rassamakin 2004a, 123. 124 Abb. 100,7; 140 Abb. 111.

<sup>4455</sup> Rassamakin 2004a, 123. 124 Abb. 100, 6; Rassamakin 2004b, 130f. Kat. 31.

<sup>4456</sup> Ryndina 1998, 171.

<sup>4457</sup> Nach Rassamakin 2004a, 71. 70 Abb. 57,11; Ryndina 1998, 171. 285 Abb. 82,15.

<sup>4458</sup> Siehe Rassamakin 2004a, 124 Abb. 100,6.

<sup>4459</sup> Siehe Rassamakin 2004a, 143-210. bes. 205 Abb. 136.

<sup>4460</sup> Vgl. Rassamakin 2004a, 63-82.

<sup>4461</sup> Ryndina nach Rassamakin 2004a, 148.

<sup>4462</sup> Rassamakin 2004a, 149.

<sup>4463</sup> Vgl. Rassamakin 2004a, 143-151. bes. 148f. 205 Abb. 136.

<sup>4464</sup> Vgl. Rassamakin 2004a, 109-115.

<sup>4465</sup> Vgl. Rassamakin 2004a, 151-168. bes. 162-165. 205 Abb. 136.

<sup>4466</sup> Vgl. Rassamakin 2004a, 120-125.

<sup>4467</sup> Vgl. Rassamakin 2004a, bes. 141. 205 Abb. 136.

<sup>4468</sup> Vgl. Rassamakin 1999, 91 Fig. 3.25; 92f. Fig. 3.28.

Datierungsspanne, die nahezu das gesamte 4. Jt. v. Chr. umfasst, möglicherweise aber nach 3800 v. Chr. und dabei eher spät, d. h. nach Mitte des 4. Jt. v. Chr. (vgl. auch die Zuordnung von Trapovka zu Usatovo)<sup>4469</sup>.

**Bemerkungen:** Trapovka Kurgan 10 Grab 14 wird von Dergačev (siehe etwa Dergačev 1991, 50 Kat. 31) unter den Funden des Typs Usatovo geführt (Tripol'e C2) (vgl. Kat.15, d).

Konstantinovsk zeigt in der Keramik und in den Metallgegenständen Verbindungen zu Majkop-Novosvobodnaja Fundorten<sup>4470</sup>.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturauswahl:** Rassamakin 2004a, 72. 110. 112. 123.

**Koordinaten:** a) 48,53333333, 35,86666667; b) 47,56666667, 41,1; c) 45,8, 29,7; d) 47,28333333, 31,73333333

**Datierung Karte:** a) 4. Jt.; b) Mitte 4. Jt.; c-d) 2. H. 4. Jt.

## Katalog-Nr.: 15

**Fundregion:** Nordpontische Steppen: Bereich der Usatovo-Kultur, mehrere Fundorte

**Fundorte:**

- a) Parcani I/Parkony /Parkany (Bez. Slobozia/Moldawien)<sup>4471</sup> (am linken Dnestrufer).
- b) Sucleia/Sukleja/Sukleia (Bez. Slobozia/Moldawien)<sup>4472</sup> (am linken Dnestrufer).
- c) Usatovo (Stadt Odessa/Odeska Oblast/Ukraine); Kurgangräberfeld 1<sup>4473</sup>: Kurgan 1,6 Hauptbestattung, Kurgan 1,11 Grab 2, Kurgan 1,12 Grab 1, Kurgan 1,13 Hauptbestattung.
- d) Trapovka? (siehe Bemerkungen)
- e) Alexandrovka
- f) Purkary (Moldawien)<sup>4474</sup> Kurgan 1 Grab 21 und Kurgan 2 Grab 7 (Usatovo?)

**Art der Objekte/Beschreibung/Maße:** Ringe aus Silber

- a) Fragment eines Schläfenringes aus Silber mit weißer Perle.
- b) Silberner spiralförmiger Anhänger<sup>4475</sup> in der Art eines Lockenringes.
- c) Kurgangräberfeld 1: Kurgan 1,6 Hauptbestattung: Fragment eines silbernen Schläfenringes aus Draht mit rundem Qs<sup>4476</sup>; Kurgan 1,11 Grab 2: Silberner drahtförmiger Schläfenring mit anderthalb Windungen, Dm 1,5 cm<sup>4477</sup>; Kurgan 1,12 Grab 1: zwei Silberspiralen; Kurgan 1,13: 11 Schläfenringe aus Silber? aus rundem Draht (vier mit anderthalb Windungen, zwei mit drei und zwei mit vier Windungen, drei nicht ganz geschlossene Ringe und 6 oder 7? silberne? Perlen<sup>4478</sup>).
- e) Kurgan: Hauptbestattung Grab 35 (silberne Spiralinge) und Grab 34 (silberne Ringe).
- f) Kurgan 1 Grab 21: zwei silberne Spiralinge; Kurgan 2 Grab 7: silberner Spiraling.

**Material:** Silber

**Analyse:** c) Usatovo: Analysen an fünf Ringen zeigten bei zweien Bleigehalte von 0,13 % und 0,15 % und könnten einen Hinweis auf Kupellation darstellen.

**Fundumstände:**

- a) Ausgrabungen 1887 durch I. Ja. Stempkovskij? und L. P. Stempkovskij?<sup>4479</sup>.
- b) Ausgrabungen von I. Ja. Stempkovskij im Jahre 1896.
- c) Kurgan 1,6 wurde 1937, Kurgan 1,11 im Jahre 1940 von O. F. Lagodovs'ka ausgegraben; Kurgan 1,13 wurde 1961-1962 von É. F. Patokova gegraben.
- e) Von V. G. Petrenko 1993 gegraben.

**Fundzusammenhang:**

- a) Aus Kurgan 147 (siehe weiter Dergačev 1991, 53f. Kat. 41).
- b) Kurgan 3 in Flachgrab? (siehe weiter Dergačev 1991, 55 Kat. 45).
- c) Kurgangräberfeld 1 Kurgan 1,6 Hauptbestattung und Kurgan 1,11 Grab 2, Kurgan 1,12 Grab 1 sowie Kurgan 1,13 primäre, zentral gelegene Bestattung.

<sup>4469</sup> Rassamakin 1999, 91f.; Vgl. Govedarica 2004, 227 Abb. 56.

<sup>4470</sup> Rassamakin 2004a, 111f.

<sup>4471</sup> Dergačev 1991, 53f. Kat. 41; Taf. 54,11; Dergačev 2002, 23 Kat. 35.

<sup>4472</sup> Dergačev 1991, 55 Kat. 45; Taf. 55,11; Dergačev 2002, 24 Kat. 39.

<sup>4473</sup> Dergačev 1991, 62-70 Kat. 61.

<sup>4474</sup> Mit weiterer Literatur Dergačev 1991, 55f. Kat. 47.

<sup>4475</sup> Dergačev 1991, 55 Kat. 45.

<sup>4476</sup> Dergačev 1991, 64 Kat. 61; Taf. 67,9.

<sup>4477</sup> Dergačev 1991, 66 Kat. 61; Taf. 70,3.

<sup>4478</sup> Vgl. Dergačev 1991, 69; Taf. 75,6-9 mit Dergačev – Manzura 1991, 107f. Fig. 68,6-9.

<sup>4479</sup> Bei Dergačev 1991, 53 Kat. 41 wohl fälschlicherweise Stempovskij; Vgl. etwa mit Dergačev 1991, 53 Kat. 40.

- e) Kurgan: Hauptbestattung Grab 35 und sekundäre Nebenbestattung eines Kindes Grab 34.  
f) Kurgan 1 Grab 21.

**Stratigraphische Einbindung:** a)-d) siehe Dergačev 1991, 53f. Kat. 41; 62-70 Kat. 61.

**Begleitfunde:**

- a) siehe Dergačev 1991, 53f. Kat. 41.  
b und c) Siehe Dergačev 1991, 64. 66.  
f) Dergačev 1991, 55f. Kat. 47

**Datierung:** Funde vom Typus Usatovo stellen eine späte Phase der späten Tripol'e Kultur dar (Tripol'e C2) und gehen der Grubengrabkultur zeitlich voraus. Die genannten Datierungen reichen von etwa der Mitte des 4. Jt. v. Chr. bis zum Beginn der Grubengrabkultur, welche in den Jahrhunderten um die Wende vom 4. zum 3. Jt. v. Chr. einzuordnen ist<sup>4480</sup>, bis hin zu Datierungen ca. im letzten Drittel des 4. Jt. v. Chr.<sup>4481</sup>. Zusammenfassend kann man eine Datierung in der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. und dabei eher früh in dieser, etwa 3500-3200 v. Chr., annehmen<sup>4482</sup>.

**Bemerkungen:** Es ist wahrscheinlich, dass es mehr Silberfunde in Fundzusammenhängen des Typus Usatovo gibt. Vgl. etwa Trapovka Kurgan 10 Grab 14 (Kat. 14,d; 15,c) mit Dergačev 1991, 50 Kat. 31. Dergačev (ohne Angabe des Silberfundes) ordnet Trapovka (Kurgan 10 Grab 14 Funden des Typus Usatovo zu. Auch werden bei Dergačev (1991) sowie Dergačev und Manzura (1991) einige Schläfenringe ohne (genaue) Materialangabe genannt<sup>4483</sup>. Bei Usatovo Kurgangräberfeld 1 Kurgan 1,13 konnte die Materialangabe Silber in Dergačev und Manzura (1991) gefunden werden<sup>4484</sup> (siehe oben).

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturwahl:** Dergačev 1991, 53f. Kat. 41; 55 Kat. 45; 62-70 Kat. 61; Dergačev 2002, 23 Kat. 35; 24 Kat. 39; Dergačev – Manzura 1991, 107f.

**Koordinaten:** a) 46,73333333, 29,7; b) 46,81666667, 29,68333333; c) 46,53333333, 30,66666667; d) 45,8, 29,7; e-f) ohne Lokalisation

**Datierung Karte:** a-d) 2. H. 4. Jt. (e-f ohne Lokalisation)

## Weitere Kaukasusregion

### Katalog-Nr.: 16

**Fundort:** Soyuq Bulaq<sup>4485</sup> (Ağstafa Rayon/Aserbajdschan)

**Art der Objekte:**

- a) Grabkammer Kurgan 1: u. a. Perlen aus Silber-, Silber-Gold-Kupfer- und Silber-Gold-Legierungen.  
b) Kurgan 4: u. a. Ringe aus Silber-Gold-Kupfer-Legierungen

**Material/Analyse:** Nach Courcier u. a. 2008a, 22-29: In Ag-Au-Cu-Legierungen können bei der Korrosion Ag abgereichert werden, Au und Cu können ungefähr ihrem Ursprungsgehalt entsprechend verbleiben<sup>4486</sup>. Die ursprüngliche Zusammensetzung der Objekte ist deshalb schwer zu bestimmen. Ein Teil der Legierungen könnte zeigen, dass die Verhüttung bzw. das Schmelzen nicht ausreichend war, um eine Homogenisierung der Objekte zu erreichen<sup>4487</sup>.

„Silberperlen“<sup>4488</sup>: 1) Silber mit geringen Spuren von Kupfer (29,8-49,3 % Ag, 0,41-2 % Cu); 2) Silber-Gold-Kupfer-Legierungen (9,6-59,2 % Ag, 0,5-29,7 % Au, 0,7-4 % Cu); 3) Silber-Gold-Legierungen (21-52,7 % Ag, 9,5-27,9 % Au). Der Aufbau einiger Perlen legt nahe, dass mehrere Lagen Blech um einen Kern gelegt und kalt gehämmert wurden. Eine Perle hat eine Steatitperle als Kern, die vermutlich beim Glühen der Blechummantelung gebrannt wurde. Möglicherweise bestand bei einer Perle die letzte Lage aus reinem Silber.

<sup>4480</sup> Govedarica 2004, 227 Abb. 56.

<sup>4481</sup> Dergačev 1991, 1f. 6-10. 13-17. bes. 16; Cave: Angabe von unkalibrierten <sup>14</sup>C-Daten bei den Datierungen.

<sup>4482</sup> Govedarica 2004, 51. 53.

<sup>4483</sup> Usatovo Kurgangräberfeld 1: Kurgan 1,12 (Dergačev 1991, 67), Kurgan 1,13 (Dergačev 1991, 69), Kurgan 2,3 Kammer 2b (Dergačev 1991, 71). Vgl. mit Dergačev – Manzura 1991, 102-108. 114.

<sup>4484</sup> Dergačev – Manzura 1991, 107f.

<sup>4485</sup> Schreibung nach Courcier u. a. 2008a.

<sup>4486</sup> Courcier u. a. 2008a, 23 (mit weiterer Literatur).

<sup>4487</sup> Courcier u. a. 2008a, 23.

<sup>4488</sup> Courcier u. a. 2008a, 23-25 mit Tab. 1-3; Lyonnet u. a. 2008, 38. 41 Tab. 5.

Eine analysierte Goldperle (86,05 % Au, 1,9 % Ag, 6,32 % Cu)<sup>4489</sup>.

Zwei analysierte Ringe aus Silber-Gold-Kupfer-Legierung (Ring 1: 51,6-88 % Ag, 4,2-9,5 % Au, 1,9-2,7 % Cu; Ring 2 (Oberfläche): 17,9-42,8 % Ag, 0,5-21,7 % Au, 0,6-5,2 % Cu)<sup>4490</sup>. Einer Veränderung der messbaren Zusammensetzung durch Korrosion wird im Falle der Ringe eine untergeordnete Rolle beigemessen<sup>4491</sup>.

**Fundumstände:** 2006 bei Grabungen gefunden, insgesamt sind 29 Kurgane ergraben<sup>4492</sup>.

**Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde/Beschreibung**<sup>4493</sup>:

- a) „Main tomb“: Im unteren Teil mit Lehmziegeln ausgekleidete Grabkammer, in Boden eingetieft und abgedeckt von einer rechteckigen Umfassung aus Flusskieseln, darum Ring aus Flusskieseln. Verschiedene Teile eines Skeletts auf unterschiedlichen Niveaus. Vermutlich ursprüngliche Lage auf Zwischenschicht/Decke der Lehmziegel. Im unteren Bereich der Kammer fanden sich, möglicherweise *in situ*, nur ein Dolch (Arsenkupfer<sup>4494</sup>) zusammen mit einem länglichen steinernen Zepter mit Pferdekopf (und Obsidian [?]<sup>4495</sup>). „Little ceramic material was associated with the grave“<sup>4496</sup>. Aus der gesiebten Erde der Zwischenschicht – teilweise auch aus tieferen Schichten – stammen 164 Perlen: 65 aus „white paste“/gebrannter Steatit? (20 ringförmig, 25 röhrenförmig/*tubular*), 25 aus braunem Stein, 17 aus Karneol (6 rinförmig, 11 bikonisch), 1 aus Lapislazuli (bikonisch), 33 aus Silber (10 „barrel-like“, 12 rinförmig, 3 röhrenförmig/*tubular*, 8 bikonisch), 23 aus Gold (16 bikonisch, 6 flache Ringe, 1 „crimp“) (vgl. zu den Formen Lyonnet u. a. 2008, 33 Fig. 9a; 34 Fig. 9b). Unter dem externen Ring aus Flusskieseln eine Grube ohne Skelett, mit Flusskieseln verfüllt, darin 89 ringförmige Perlen aus Muschelschale und eine Perle aus schwarzem Stein.
- b) Teilweise gestört. Reste einer Umfassung, innerhalb dieser eingetieft eine Grabkammer, die im unteren Teil mit Lehmziegeln ausgekleidet war. Aus der Grabkammer: nur wenige Knochen, ein Keramikgefäß und weitere Scherben verschiedener Gefäße, 3 große Ringe aus einer Silberlegierung, eine Ahle aus einer Kupferlegierung<sup>4497</sup> mit Arsen und Nickel<sup>4498</sup>.

**Datierung und „kulturelle Zuordnung“:** Keramik Sioni Kultur und „mesopotamian ware“, *Late Chalcolithic* 2-3, 3800-3600 v. Chr.<sup>4499</sup> (vgl. Leilatepe, Boyuk Kesik, Berikldeebi, Kavtiskhevi, Majkop Phase der Majkop Kultur<sup>4500</sup>); <sup>14</sup>C-Datierungen: Kurgan 1 (UB-7609) 3951-3759 cal BC (2σ); Kurgan 4 (UB-7613) 3768-3544 (2σ), 3710-3652 (1σ)<sup>4501</sup>.

**Bemerkungen:** Eine Gewinnung durch Kupellation wird bei den goldhaltigen Silbern wegen fehlender Bleigehalte eher ausgeschlossen<sup>4502</sup>. Für die Legierungen der Kupferobjekte, das goldhaltige Silber und die anderen Silberlegierungen seien geeignete Lagerstätten im Umkreis von 50 km um Soyug Bulaq vorhanden<sup>4503</sup>. Zu weiträumigen Beziehungen anhand der Funde und des Grabbaus (Tepe Gaura, Sé Girdan) Lyonnet u. a. 2008, 38f. 40. Lyonnet hebt die Lapislazulifunde von Staromyshastov/Staromyšastovskaja, Tepe Gaura und Sarazm hervor (Lyonnet u. a. 2008, 39 mit Anm. 20). Das Szepter mit Pferdekopf vergleicht Lyonnet mit einem Zepter mit katzenartigem Kopf von Kurgan III (Sé Girdan) (Lyonnet u. a. 2008, 39. 40). Bezüglich des Grab- bzw. Bestattungsritus zieht er mehr oder weniger zeitgleiche Vergleiche mit Susa A, der Uruk-Kultur, der Umgebung von Tell Brak, Hamoukar, Majkop und Arslantepe VIB1 (Lyonnet u. a. 2008, 42).

**Abb.:** Lyonnet u. a. 2008, bes. 33 Fig. 9a; 34 Fig. 9b; 38 Fig. 17; zahlreiche Abbildungen auch bei Courcier u. a. 2008a, bes. 21 Fig. 1; 22 Fig. 2-5; Courcier u. a. 2008b, 45 Fig. 7.

**Karte:** Courcier u. a. 2008a, 31 Fig. 16.

**Literaturauswahl:** Courcier u. a. 2008a; Courcier u. a. 2008b, 45.47; Lyonnet u. a. 2008.

---

<sup>4489</sup> Courcier u. a. 2008a, 25.

<sup>4490</sup> Courcier u. a. 2008a, 25. 27 mit Tab. 4; Lyonnet u. a. 2008, 40 Tab. 4.

<sup>4491</sup> Courcier u. a. 2008a, 27.

<sup>4492</sup> Courcier u. a. 2008a, 21; Lyonnet u. a. 2008, 27.

<sup>4493</sup> Nach Courcier u. a. 2008a, 21f.; vgl. Lyonnet u. a. 2008, 29-32. 34. – Zum sich wiederholenden Layout der Kurgane allgemein Lyonnet u. a. 2008, 28.

<sup>4494</sup> Lyonnet u. a. 2008, 30f. mit Fig. 6 und Tab. 2.

<sup>4495</sup> Lyonnet u. a. 2008, 31.

<sup>4496</sup> Courcier u. a. 2008a, 21.

<sup>4497</sup> Lyonnet u. a. 2008, 38. 39 Tab. 3.

<sup>4498</sup> Lyonnet u. a. 2008, 31 Tab. 1.

<sup>4499</sup> Courcier u. a. 2008a, 21; Vgl. Lyonnet u. a. 2008, 40.

<sup>4500</sup> Lyonnet u. a. 2008, 36.

<sup>4501</sup> Lyonnet u. a. 2008, 36.

<sup>4502</sup> Courcier u. a. 2008a, 30.

<sup>4503</sup> Lyonnet u. a. 2008, 38.

**Koordinaten:** ungefähre Lage: 41°20'58.80"N, 45°16'27.31"E (?) (vgl. Courcier u. a. 2008a, 31 Fig. 16); 7 km östlich von Boyuk Kesik (Lyonnet u. a. 2008, 27 mit Fig. 1. 28 mit Fig. 2).

**Datierung Karte:** 1. H. 4. Jt.

### Katalog-Nr.: 17

**Fundort:** Majkop (Oshad) Kurgan (zur Teilrepublik Adygeja gehörig/Russland)

#### Art der Objekte<sup>4504</sup>:

- a) 14 Gefäße aus Silber
- b) zwei silberne Rinderfiguren
- c) hohle Stangen/Röhren die teilweise oder ganz aus Silber bestehen; zwei silberne, halbkugelförmige Kappen
- d) Silberperlen/„durchbohrte Scheibchen aus Silber“<sup>4505</sup>
- e) Silberblech oder -folie<sup>4506</sup>
- f) silberne Spiralringe<sup>4507</sup>
- g) Ivanova nennt Silberstreifen, teilweise mit Nägeln, am Boden des Grabes<sup>4508</sup>

**Material:** Silber und Silber mit Kupfergehalten

#### Analyse:

cave: Analyse zu Goldperlen des Grabes: diese haben einen Silbergehalt von etwa 6-11 %. Vgl. auch den Bleigehalt<sup>4509</sup>. Zwei Gefäße und eine Metallstange/Röhre bestehen aus einem Silber mit 10 % Kupfer<sup>4510</sup>.

#### Beschreibung:

- a) 12 unverzierte Silbergefäße: eines mit goldenen Griffröhrchen; zwei verzierte Silbergefäße: eines mit Tierdarstellungen und eines mit Landschafts- und Tierdarstellungen<sup>4511</sup>.
- b) zwei massive silberne Rinderfiguren mit Lochungen im Rücken, zur Aufnahme der Stangen/Röhren (b)<sup>4512</sup>.
- c) vier hohle Stangen/Röhren im unteren Teil aus Gold und im Oberen aus Silber bestehend; zwei bis vier weitere aus Silber bestehende Stangen, die nach Hančar aus gegossenen Röhren zusammengefügt sind; dazu u. a. zwei silberne, halbkugelige Schlußkappen<sup>4513</sup>. Kohl nennt „six silver rods“<sup>4514</sup>.
- e) „An unidentified wooden object, covered with silver foil, was found on the floor of the grave.“<sup>4515</sup>

Möglicherweise stellen die Rinderfiguren und Stangen (b und c) Teile eines Baldachins dar. Auch eine Funktion als Trinservice, d. h. Trinkhalme (vgl. Uruk-Darstellungen) wäre denkbar.

#### Maße:

- a) verziertes Gefäß mit den Tierdarstellungen: H 10,2 cm, G 75 g<sup>4516</sup>.
- b) eine der Figuren: H 8 cm, L 9,2 cm, G 336,85 g<sup>4517</sup>.
- c) Stangen/ Röhren aus Gold und Silber: H 1,25 m<sup>4518</sup>/sechs gleiche Stäbe aus Gold und Silber: 1,125 m<sup>4519</sup>. Nach Chernykh „up to 103 cm length“<sup>4520</sup>.

Insgesamt stammen aus dem Grab Goldfunde mit einem Gesamtgewicht von etwa drei Kilogramm und etwa fünf Kilogramm Silber<sup>4521</sup>.

<sup>4504</sup> Hančar 1937, 247-252; Govedarica 2002, 784f

<sup>4505</sup> Hančar 1937, 249.

<sup>4506</sup> Chernykh 1992, 67.

<sup>4507</sup> Hančar 1937, 247.

<sup>4508</sup> Ivanova 2012, 4.

<sup>4509</sup> Siehe hierzu Hančar 1937, 249.

<sup>4510</sup> Ivanova 2012.

<sup>4511</sup> Siehe hierzu Govedarica 2002, 794f.; Piotrovsky 2003a, 292 Kat. 192.

<sup>4512</sup> Siehe hierzu Piotrovsky 2003a, 291f. Kat. 191,b.

<sup>4513</sup> Hančar 1937, 249.

<sup>4514</sup> Kohl 2009, 72.

<sup>4515</sup> Chernykh 1992, 67.

<sup>4516</sup> Piotrovsky 2003a, 292 Kat. 192.

<sup>4517</sup> Piotrovsky 2003a, 291f. Kat. 191b.

<sup>4518</sup> Govedarica 2002, 784.

<sup>4519</sup> Hančar 1937, 249.

<sup>4520</sup> Chernykh 1992, 67.

<sup>4521</sup> Piotrovsky 2003a, 291.

**Fundumstände:** 1897 wurde die intakte zentrale Grabkammer des Kurgans ausgegraben<sup>4522</sup>.

**Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde**<sup>4523</sup>:

a-e. g) Die Silberfunde stammen aus dem größten, südlichen Teil der dreigeteilten Hauptkammer eines Kurgans. Dieser Teil der Grabkammer enthielt die mutmaßliche Hauptbestattung der Kammer und des Kurgans. Hier fanden sich neben den Silberobjekten u. a. neben Keramik noch insgesamt 17 weitere Gefäße, darunter zwei aus Gold, eines aus Stein und die 14 silbernen Stücke, zwei massive goldene Rinderfiguren, Schmuck aus Gold, Lapislazuli, Türkis und Karneol. Zahlreiche um das Skelett gefundene Goldapplikationen gehörten möglicherweise zu einem Baldachin (vgl. b und c) oder einem Gewand etc. Silexartefakte fanden sich ebenso wie Waffen und Geräte aus Felsgestein und Arsenkupfer.

Zu den Begleitfunden und Vergleichsstücken (Schaftloch-/Axthacke: Tepe Sialk III, Eridu frühe Urukzeit) siehe Hansen 2009, 31f. mit Abb. 25-27.

f) In der Aufschüttung des Kurgans befand sich ein Ockergrab mit blattförmigen Lanzenspitzen und silbernen Spiralringen.

**Datierung**<sup>4524</sup>:

a-e. g) Neben Versuchen die Majkop Kultur wegen ihrer einzigartigen Funde und „Kurgane“ in die unmittelbare vorskythische Zeit zu datieren, war und ist ihre Datierung stark von der Chronologie des Vorderen Orients abhängig und wurde im Verlaufe der letzten Jahre einer Revision unterzogen. Aber auch Synkretismen mit nordpontischen und karpato-balkanischen Kulturen werden genannt. So werden für frühe Majkop Gräber Parallelen etwa im Grabbau und Funden der Konstantinovka Kultur am Mittleren und Unteren Don genannt<sup>4525</sup>. Besonders Parallelen der frühen Majkop Keramik und Metallartefakte mit Mesopotamien, Syrien und Ostanatolien aufmerksam gemacht und dabei auch auf Bezüge zu Amuq F und Tepe Gaura XII-IX. Auch Radiokarbondatierungen führen in das frühe 4. Jt. v. Chr., die Datierung bleibt bis dato schwierig und Datierungen der Majkop Kultur von der Mitte bis dem Ende des 4. Jt. v. Chr. werden etwa genannt, während (spätestens!) die Zeit vom 2. Viertel des 4. Jt. v. Chr. bis Mitte des 4. Jt. für den Beginn der Majkop Kultur als sicher angenommen werden kann<sup>4526</sup>. Untergliederungen in drei Phasen ebenso wie in eine frühe und späte Phase werden vorgeschlagen. Munchaev etwa schlägt eine Gliederung in Majkop, *transitional* und Novosvobodnaja vor<sup>4527</sup>. Hier wird der Gliederung von Govedarica in eine ältere Phase (etwa 3800/3700-3500 v. Chr.) und in eine jüngere Phase (3500-3200 v. Chr.) gefolgt<sup>4528</sup>. Der Inhalt der Phasen wird dabei allerdings unterschiedlich gefüllt (vgl. Kat. 17-21). Der Grabhügel von Majkop selbst wird der Majkop Kultur zugerechnet, welche von frühestens um den Beginn des 4. Jt. v. Chr. bis spätestens ins beginnende 3. Jt. v. Chr. datiert wird. Der Grabhügel von Majkop wird dabei wahlweise einer früheren oder späten Phase<sup>4529</sup> der Majkop Kultur zugeordnet. Für den Grabhügel (Hauptkammer) von Majkop scheint sich aber eine Datierung spätestens in die Mitte des 4. Jt. abzuzeichnen, aber auch eine Datierung in das späte 4. Jt. ist möglich. Hansen zieht eine Datierung in die Mitte oder in die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. in Betracht<sup>4530</sup>. Von Chernykh gegebene Radiokarbondaten von „Majkop-Komplexen“ und „Steppe-Majkop“ decken quasi das gesamte 4. Jt. v. Chr. ab<sup>4531</sup>. Ivanova nennt eine Datierung der Majkop Kultur von 3800/3600 bis 3600 v. Chr.: Der Kurgan von Majkop soll dabei in einer frühen Phase liegen, und über Vergleiche wird schlussendlich eine Datierung ins zweite Viertel des 4. Jt. v. Chr. impliziert<sup>4532</sup>.

Vgl. mit Datierung Novosvobodnaja-Carskaja und Klady.

**Bemerkungen:** Zu einer Diskussion der Herkunft der Edelmetallgefäße anhand der Tierdarstellungen siehe Ivanova 2012, 15-18. Zuletzt zu den Beziehungen und der Datierung, den Funden auf Grundlage der Originalpublikationen bei Ivanova 2012.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturauswahl:** Govedarica 2002, bes. 784f.; Piotrovsky 2003; Izbitser 2003; Hančar 1937, 247-252; Chernykh 1992, 67; Chernykh 2011, 157f.; Ivanova 2012.

<sup>4522</sup> Hančar 1937, 247f.; Piotrovsky 2003a, 290f.

<sup>4523</sup> Hančar 1937, 247-252. Tafel 40; Govedarica 2002, 783-785.

<sup>4524</sup> Siehe mit weiterer Literatur Govedarica 2002, 781-784 mit Abb. 2; Rezepkin 2000, 1. 11-23; Izbitser 2003; Piotrovsky 2003a; Kohl 2009, 73-78. 82.

<sup>4525</sup> Kohl 2009, 75.

<sup>4526</sup> Kohl 2009, 57f. 73f. mit weiterer Literatur; Govedarica 2002, bes. 781-783; Maran 2004, 433f.; Ivanova 2012, 6-10; Rassamakin 2004a, 183f.

<sup>4527</sup> Munchaev 1994 nach Kohl 2009, 74.

<sup>4528</sup> Govedarica 2002.

<sup>4529</sup> Vgl. etwa Govedarica 2002, 783f.; Izbitser 2003, 289.

<sup>4530</sup> Hansen 2009, 31.

<sup>4531</sup> Chernykh 2011, 157f. mit Fig. 8.

<sup>4532</sup> Ivanova 2012, 6-10.



**Koordinaten:** 44,6, 40,08333333

**Datierung Karte:** 4. Jt.

### **Katalog-Nr.: 18**

**Fundorte:** Novosvobodnaja-Carskaja und Klady (Teilrepublik Adygeja/Russland): mehrere Kurgane<sup>4533</sup>

#### **Fundstelle/Art der Objekte/Beschreibung:**

Novosvobodnaja:

- a) Kurgan I: Silberperlen, zwei Silbernadeln mit umgebogenem Oberteil, fünf Silberanhängsel in Form langer, in der Mitte verdickter Röhrchen<sup>4534</sup>.
- b) Kurgan II: dünner Streifen aus ‚minderwertigem‘ Silber (beim Kragen), Silberperlen, zwei silberne gebogene Nadeln<sup>4535</sup>.

Klady:

- c) Kurgan 11 (‚Silberkurgan‘), Grab 34: Fragmente eines Silberringes<sup>4536</sup>.
- d) Kurgan 28, Grab 1: mehr als 170 kleine runde und bikonische Silber- und Karneolperlen, aus dem Schädelbereich der Bestattung<sup>4537</sup>.
- e) Kurgan 30, Grab 1: Hirtenstabförmige Nadel(n?), drei lange zylindrische Silberperlen mit verdickter Mitte<sup>4538</sup>.
- f) Kurgan 31, Grab 5: Hammeraxt mit pilzförmigem Knauf (Material Kupfer mit 30 % Blei<sup>4539</sup>). Zwischen dem oberen Teil des runden Schaftloches und der Nackenstange mit vier diagonalen Reihen silbergefüllter Grübchen verziert. Der fast vollständig vergangene Holzschaft war mit einem 1 cm breiten Silberstreifen umwickelt und mit einer punzverzierten Silberschelle (B 1,4 cm, Dm 2,2 cm) eingefasst<sup>4540</sup>; ‚Stechbeitel‘/Meißel aus Silber L 8,8 cm, L des Griffes 2,7 cm, D 0,5 cm<sup>4541</sup>; Konisches Silberröhrchen<sup>4542</sup>; zwei Silberstäbchen mit quadratischem Qs und Verzierungen L 1,5 cm, Qs 0,3 cm<sup>4543</sup>; vier Paare halbkugelförmiger ‚Silberknöpfe‘ die durch ein Röhrchen (Dm 0,15 cm) miteinander verbunden sind, organische Reste zwischen den Schalen/Knopfpaaren, Dm 1 cm, H 0,3 cm<sup>4544</sup>; zwei Silberperlen mit Pastekern<sup>4545</sup>; 40 kugelförmige Gold- und eine Silberperle über Holzkern<sup>4546</sup>; fünf halbkugelförmige Silberknöpfe über Holzkern, Dm 1,3 cm, H 0,5 cm<sup>4547</sup>; 16 Silberperlen mit Pastekern<sup>4548</sup>; Hundefigur aus Silber, das hohle rechte Bein ist extra gegossen und mit einem Niet am Körper befestigt, L 3,5 cm<sup>4549</sup>; hirtensstabförmige Silbernadel mit Durchlochung im oberen Bereich L 11,4 cm, Dm etwa 0,45 cm<sup>4550</sup>; hirtensstabförmige Silbernadel mit Durchlochung im oberen Bereich L 11,6 cm, Dm etwa 0,45 cm<sup>4551</sup>; zwei Silberperlen mit Pastekern<sup>4552</sup>; Silberblech und Holzreste auf Dolch (Scheide?)<sup>4553</sup>.
- g) Kurgan 38, Grab 2: Silbernadel mit Durchlochung im oberen Schaftbereich<sup>4554</sup>.

---

<sup>4533</sup> Siehe etwa Hansen 2009, 32 zu einer Zusammenfassung.

<sup>4534</sup> Hančar 1937, 243-245.

<sup>4535</sup> Hančar 1937, 245-247.

<sup>4536</sup> Rezepkin 2000, 48.

<sup>4537</sup> Rezepkin 2000, 57. 59.

<sup>4538</sup> Rezepkin 2000, 60. Taf. 46,20; Taf. 46,13-15.

<sup>4539</sup> Rezepkin 2000, 9.

<sup>4540</sup> Rezepkin 2000, 64 Taf. 54,13.

<sup>4541</sup> Rezepkin 2000, 65 Taf. 54,2.

<sup>4542</sup> Rezepkin 2000, 65 Taf. 54,1.

<sup>4543</sup> Rezepkin 2000, 65 Taf. 55,14.

<sup>4544</sup> Rezepkin 2000, 65 Taf. 55,15 (oben?).

<sup>4545</sup> Rezepkin 2000, 65 Taf. 55,16-17? (Angabe bei Rezepkin 2000, 65: Taf. 55,6.17; vgl. die 16 Silberperlen mit Pastekern).

<sup>4546</sup> Rezepkin 2000, 65 Taf. 55,5.

<sup>4547</sup> Rezepkin 2000, 65.

<sup>4548</sup> Rezepkin 2000, 65 Taf. 55,15-17?.

<sup>4549</sup> Rezepkin 2000, 65 Taf. 56,13 mit weiteren Maßangaben.

<sup>4550</sup> Rezepkin 2000, 66 Taf. 56,8.

<sup>4551</sup> Rezepkin 2000, 66 Taf. 56,7.

<sup>4552</sup> Rezepkin 2000, 66.

<sup>4553</sup> Rezepkin 2000, 63.

<sup>4554</sup> Rezepkin 2000, 68.

**Material:** Silber und Silber-Kupferlegierung mit Zinn (0,27-0,75 %) und Blei bis 2,5 %<sup>4555</sup>

**Analyse:** Zu Analysen siehe Rezepkin 2000, 9f. mit weiterer Literatur. Zinngehalt unter 0,01 % bei Arsen-„Bronzen“? (Rezepkin 2000, 10). Die meisten Silberartefakte von Klady enthalten kein Blei, dafür aber einige Prozent Gold und Kupfer. Lediglich zwei Silberobjekte (Nadel Nr. 159-26 und Applike Nr. 156-36) enthalten höhere Konzentrationen an Blei, was als eine Herkunft aus Bleierzten und damit Kupellation oder die Verwendung bleihaltiger Silbererze sprechen könnte. Ansonsten werden Dürrerze als Silberquelle vermutet. Die kupferne Hammeraxt aus Klady Kurgan 31 Grab 5 mit den Silbereinlagen enthält 30 % Blei. Ein Meißel (Nr. 159-50: Cu 48 %, Ag 38 %), eine hirtentabförmige Nadel (Nr. 159-2728: Cu 7 %, Ag 68 %) und eine Hundefigur (Cu 50 %, Ag 50 %) aus Kurgan 31 Grab 5 bestehen aus einer Kupfersilberlegierung.

**Maße:**

- d) Dm 0,2-0,8 cm.
- e) Nadel: L 15,7 cm; zylindrische Perlen: L 6 cm, 6 cm, 6,9 cm, Dm in der Mitte 5-6 mm, Dm an den Rändern 0,3 cm.
- f) Siehe Beschreibung.
- g) L 4 cm.

**Fundumstände/Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde:**

Siehe hierzu weiter für a-b) Hančar 1937, 244-247; Chernykh 1992, 67. 69.

c-g) allgemein: Rezepkin 2000, 1.

c) Rezepkin 2000, 48.

d) Rezepkin 2000, 57-59.

e) Rezepkin 2000, 59-61. Zu nennen sind Dolche.

f) Rezepkin 2000, 62-67. Zu nennen sind neun Dolche und ein Schwert (s. u.)<sup>4556</sup>.

g) Rezepkin 2000, 68.

zu f) Exemplarisch sollen noch wesentliche Begleitfunde von Kurgan 31, Grab 5 kurz vorgestellt werden: Neben anderem fanden sich in einer zweiteiligen Steinkammer in mehreren Schichten an Begleitfunden noch neun Dolche, ein Schwert, mehrere Schaftlochäxte verschiedener Typen und flache Beile (Rezepkin 2000, 63-66 nach Hansen 2011a, 298).

**Datierung**<sup>4557</sup>: Die hier angesprochenen Kurgane von Novosvobodnaja und Klady werden meist der jüngeren Phase von Majkop zugeschlagen bzw. sollen deren Abschluss darstellen.

Andere sehen sie als nachmajkopzeitlich an. Die Datierungen reichen daher von 3500 v. Chr. bis beginnendes 3. Jt. v. Chr. bzw. eine Datierung bis in die Mitte des 3. Jt. v. Chr. wird für möglich gehalten. Für Klady liegen mehrere <sup>14</sup>C-Daten vor. Das älteste Datum für Kurgan 29, Grab 1 lässt eine Datierung in einen Zeitraum von 4000-3600 v. Chr. möglich scheinen; die weiteren Datierungen sind aber jünger<sup>4558</sup>. c-g) Für das Gräberfeld von Klady nimmt Hansen eine Datierung in die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. und für Grab 5 aus Kurgan 31 das letzte Viertel des 4. Jt. v. Chr. an<sup>4559</sup>

Vgl. mit Datierung Majkop (Oshad) Kurgan.

**Bemerkungen:**

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Hančar 1937, 243-247; Chernkh 1992, 67. 69; Rezepkin 2000; Govedarica 2002, 788; Izbitser 2003; Siehe ferner Aruz 2003, 240 Fig. 72; 243; Piotrovsky 2003b mit Kat. 198a-b; Collins 2003.

**Koordinaten:** 44,33333333, 40,4

**Datierung:** 4. Jt.

---

<sup>4555</sup> Rezepkin 2000, 10.

<sup>4556</sup> Hansen 2009, 32.

<sup>4557</sup> Siehe Govedarica 2002, 788. 784 Abb. 2; Rezepkin 2000, 1. 11-23; Izbitser 2003; Siehe ferner Aruz 2003, 240 Fig. 72; 243; Piotrovsky 2003b mit Kat. 198a-b; Collins 2003; Rassamakin 2004a, 185.

<sup>4558</sup> Rezepkin 2000, 22.

<sup>4559</sup> Hansen 2009, 32.

**Katalog-Nr.: 19****Fundort:** Kurgan bei Nalčik (Nalčik Nekropole) (Republik Kabardino-Balkarien/Russland)**Art der Objekte:** Waffen, u. a. aus Silber<sup>4560</sup>**Material:** u. a. Silber**Analyse:****Beschreibung:** „There were numerous bronze weapons, and even some made of silver – daggers, axes and chisels, of known types (fig. 23).“<sup>4561</sup>**Fundumstände:** 1968-1969 von Čečenov gegraben.**Stratigraphische Einbindung:** Aus einer Steinkiste unter einem Kurgan (Dm 100 m, H 10 m).**Begleitfunde/Fundzusammenhang:** In der Grabkammer lagen zwei mit Ocker bestreute Bestattungen. Auf dem Boden fanden sich Goldappliken. Neben den Waffen aus Arsenkupfer und Silber (siehe Beschreibung) fand sich je ein Arsenkupfer- und ein Keramikgefäß sowie Goldfolie/-bleche, welche um Holzstangen (?) und die Griffe von Arsenkupferdolchen gewickelt waren.**Datierung:** Maikop-Kultur?<sup>4562</sup> und damit 4. Jt. v. Chr.?<sup>4563</sup> (siehe Datierung Majkop sowie Novosvobodnaja-Carskaja und Klady; Kat. 17. 18). Govedarica nennt Nalčik einmal unter den Funden der jüngeren Phase der Majkop-Kultur (3500-3200 v. Chr.)<sup>4564</sup> während er an anderer Stelle Nalčik (die Nekropole von oder den Kurgan bei Nalčik?) in einer synchronistischen Tabelle in der frühen ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. einordnet<sup>4565</sup>. Die frühesten Bestattungen der Nalčik Nekropole selbst – die nicht mit diesem Kurgan zu verbinden ist – gehören nach Rassamakin noch dem frühen Horizont seiner zweiten Bestattungstradition an und würden so in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. datieren<sup>4566</sup>. Hier wäre weiter nachzusetzen.**Bemerkungen:****Tafel/Abb./Karte:****Literaturauswahl:** Chernykh 1992, 71.**Koordinaten:** 43,48333333, 43,6**Datierung Karte:** 4. Jt.**Katalog-Nr.: 20****Fundort:** Staromyšastovskaja (Hort oder möglicherweise Rest eines Kurgans<sup>4567</sup>) in der Kubanregion (Krasnodarskij Kray/Russland)**Art der Objekte/Beschreibung**<sup>4568</sup>:

- a) Silberne Tierfigur, wahrscheinlich eine Ziege oder Antilope darstellend. Im Rücken befand sich ein Loch, vermutlich um etwas einzustecken (vgl. mit den Rinderfiguren von Majkop).
- b) 2500 Gold- und Silberperlen.
- c) Kleines Silbergefäß mit Deckel.
- d) ein Silberband (Diadem)?

**Material:** Silber**Analyse:****Maße:****Fundumstände:** Zufallsfund 1889. Siehe Fundzusammenhang und Hančar 1937, 285; Chernykh 1992, 71.**Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde**<sup>4569</sup>:In einer Lehmgrube fand sich ein Gefäß: Darinnen (nach Hansen im Silbergefäß<sup>4570</sup>) befand sich ein Golddiadem mit Rosetten und ein goldener Löwenkopf. Weiter fanden sich darin etwa 2500 Gold- und Silberperlen, ca. 400 ‚Glas‘- und Karneolperlen von Ketten und Armbändern sowie etwa 30 Anhänger aus miteinander verbundenen

---

<sup>4560</sup> Chernykh 1992, 71.

<sup>4561</sup> Chernykh 1992, 71.

<sup>4562</sup> Vgl. Chernykh 1992, 67-83. bes. 71.

<sup>4563</sup> Siehe Chernykh 1992, 67-83; Govedarica 2002.

<sup>4564</sup> Siehe Govedarica 2002, 788.

<sup>4565</sup> Govedarica 2004, 227 Abb. 56.

<sup>4566</sup> Rassamakin 2004a, 183f.

<sup>4567</sup> Siehe hierzu Chernykh 1992, 71.

<sup>4568</sup> Hančar 1937, 284f. Taf. 42,5-7.

<sup>4569</sup> Hančar 1937, 285.

<sup>4570</sup> Hansen 2009, 32.

Goldrahtspiralen, teilweise sind darauf Karneolperlen aufgereiht. In dem Gefäß waren auch die weiteren Silberobjekte: eine Tierfigur und ein kleines Gefäß mit Deckel.

**Datierung:** Die Datierung wird an Majkop angehängt<sup>4571</sup> (siehe Datierung Majkop und Novosvobodnaja-Carskaja und Klady; Kat. 17. 18).

**Bemerkungen:**

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Hančar 1937, 284f. Taf. 42,5-7; Chernykh 1992, 71; Govedarica 2002, 788.

**Koordinaten:** 45,33333333, 39,06666667

**Datierung Karte:** 4. Jt.

### Katalog-Nr.: 21

**Fundort:** Nördlicher Kaukasus bei Novosvobodnaja<sup>4572</sup> im Bereich der Majkop-Kultur

**Art der Objekte:** „silver pins“<sup>4573</sup>

**Material:** Silber

**Analyse:**

**Beschreibung:** silver pins

**Maße:**

**Fundumstände:** 1898 von Veselovsky gegraben.

**Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde:** „The cist (...) resembled a small house with gabled roof, and was constructed out of five stone slabs. As the Maikop kurgan, the chamber was divided in two by a stone slab. Two contracted burials of men sprinkled with ochre were found in the main chamber. The assemblage was astonishingly rich and diverse. The heads of the corpses were ornamented with gold rings and silver pins. Various bronze tools – axes, daggers, spearheads, forked tools with inverted prongs, etc. – lay round about. Thin-walled bronze cauldrons and pottery vessels accompanied the deceased into the next world. A funeral assemblage was also found in the smaller compartment of the cist.“<sup>4574</sup>

**Datierung:** Maikop-Kultur?<sup>4575</sup> und damit 4. Jt. v. Chr.<sup>4576</sup> (siehe Datierung Majkop und Novosvobodnaja-Carskaja und Klady; Kat. 17. 18).

**Bemerkungen:**

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Chernykh 1992, 69-71.

**Koordinaten:** Nicht lokalisiert, wird auf der Karte an Kat. 19 angehängt.

**Datierung Karte:** 4. Jt.

### Katalog-Nr.: 22

**Fundort:** Uljap

**Art der Objekte:**

**Material:** Silber?

**Datierung:** ?

**Literaturauswahl:**

**Koordinaten:** ohne Lokalisation

---

<sup>4571</sup> Govedarica 2002, 788; Hančar 1937, 284f.

<sup>4572</sup> Siehe Chernykh 1992, 69f.

<sup>4573</sup> Chernykh 1992, 69-71.

<sup>4574</sup> Chernykh 1992, 70f.

<sup>4575</sup> Vgl. Chernykh 1992, 67-83. bes. 69f.

<sup>4576</sup> Siehe Chernykh 1992, 67-83; Govedarica 2002.

## Anatolien nordwestlich des Taurus

### Katalog-Nr.: 23

**Fundort:** Alişar Höyük (Yozgat/Türkei)

**Art der Objekte:** ein Silberring (e2239), zwei Bruchstücke eines weiteren mutmaßlichen Silberringes (e2238)<sup>4577</sup>; ferner ein ‚Ringanhänger‘ bzw. ringanhängerartiges Objekt aus Blei aus mutmaßlich anderen Schichtzusammenhängen („Copper Age“)<sup>4578</sup>

**Material:** Silber

### Analyse:

**Beschreibung:** Der erhaltene Ring besteht aus einem an den Enden überlappenden Drahtstück (e2239). Zwei Bruchstücke eines gebogenen Silberdrahtes, vermutlich Teile eines Ringes (e2238). Der bleierne ‚Ringanhänger‘ gleicht morphologisch einem bleiernem Ringanhänger aus İkiztepe, jedoch fehlt ihm eine den Ringanhängern sonst typische Durchlochung im Kopfbereich<sup>4579</sup>.

**Maße:** Größter Dm des erhaltenen Ringes nach Ausweis eine Abbildung etwa 1,9 cm.

**Fundumstände:** Ausgrabungen durch das *Oriental Institute* mit Hans Henning von der Osten der Universität Chicago wurden 1927 aufgenommen und bis 1932 fortgesetzt. Mit einem Tiefschnitt nahe der Hügelkuppe wurden ca. 29 m Kulturschichten bzw. Ablagerungen aufgeschlossen<sup>4580</sup>. Neuere Forschungen wurden unter Leitung von Ronald Gorny durchgeführt<sup>4581</sup>. Die hier zur Diskussion stehenden Silberartefakte wurden 1932 gefunden<sup>4582</sup>.

**Fundzusammenhang:** In der Gefäßbestattung eines Kleinkindes („*infant*“, e X19)<sup>4583</sup> fanden sich der silberne Ring und Teile eines weiteren Ringes. Zur Bestattung gehören weiter eine Flintklinge, ein Bruchstück eines Serpentinkeulenkopfes und zwei kupferne Armringe, einer davon fand sich noch am Unterarm der Bestattung. In Schicht 14M wurden Teile eines Lehmziegelgebäudes mit einem Herd aufgedeckt<sup>4584</sup>. Die Bestattung lag in einer Abfallverfüllung bzw. in Schuttschichten, evtl. sogar einer mit Lehmziegeln ausgekleideten und mit Asche und Müll verfüllten Grube<sup>4585</sup>. Aus Schicht 19 stammt noch ein fragmentarisches Bleiobjekt<sup>4586</sup>.

**Stratigraphische Einbindung:** Aus Schicht der chalkolithischen Schicht 14M des Alişar Höyük<sup>4587</sup>. Da es sich um einen Tiefschnitt handelt beträgt die Grabungsfläche in diesem Bereich etwa 7 auf 6 m und die Aussagemöglichkeiten sind beschränkt<sup>4588</sup>. Nahezu alle Schichten von Alişar erbrachten Metallfunde. Aus der darüber liegenden ‚chalkolithischen‘ Schicht 13M stammen weitere Bestattungen<sup>4589</sup>.

**Begleitfunde:** Zusammen in einem Keramikgefäß wurden bei der Bestattung die beiden Silberartefakte, eine Flintklinge, ein Bruchstück eines Keulenkopfes aus Serpentin und zwei kupferne Armringe gefunden.

**Datierung:** Aus den Schichten 14M und 12M stammen Kopffragmente von Figurinen, die Thissen zufolge eine Verbindung zu KGK VI herstellen würden, genauso wie graphitierte Scherben<sup>4590</sup>. Diese Vergleiche führen an den Beginn des 4. Jt. v. Chr. oder früher.

Fruchtständer (Schalen mit hoher Hohlbasis; aus den Schichten 14-12M) sollen sich mit solchen aus Arslantepe VI A und Tepecik vergleichen lassen<sup>4591</sup>; diese späturukzeitlichen Vergleiche gehören nach konventioneller Datierung dem Ende des 4. Jt. v. Chr. an.

---

<sup>4577</sup> Osten 1937a 38 Fig. 43.

<sup>4578</sup> Osten 1937a, Fig. 197,c753; 198. 273.

<sup>4579</sup> Siehe Osten 1937a, Fig. 197,c753.

<sup>4580</sup> Osten 1937a, 28-31. Pl. 10; Schoop 2005, 33-35.

<sup>4581</sup> Gorny 1994; Gorny u. a. 1995.

<sup>4582</sup> Siehe Osten 1937a, 104. 108.

<sup>4583</sup> Osten 1937a, 40. 51. 91. 38 Fig. 43.

<sup>4584</sup> Osten 1937a, 40.

<sup>4585</sup> Vgl. Osten 1937a, 51 mit Osten 1937a, 40.

<sup>4586</sup> Osten 1937a, 93. 103.

<sup>4587</sup> Osten 1937a, 40. 51; Eine Zusammenfassung des Aufbaus des Tells bei Schoop 2005, 33-35.

<sup>4588</sup> Osten 1937a, 28-31.

<sup>4589</sup> Siehe Osten 1937a, 42-44. 51.

<sup>4590</sup> Thissen 1993, 217f.; Siehe weiter Kat. 8 Datierung (İkiztepe).

<sup>4591</sup> Siehe hierzu Schoop 2005, 75f. mit weiterer Literatur; Thissen 1993, 219.

Radiokarbondaten aus Alişar Schicht 14M und aus Çadır Höyük, welches Schoop aufgrund gemeinsamer keramischer Merkmale mit Alişar 14-12M parallelisiert<sup>4592</sup>, liefern ein Datum um die Mitte des 4. Jt. v. Chr.<sup>4593</sup>. Im Zusammenhang mit den Silberfunden wurde meist eine Datierung ans Ende des 4. Jt. v. Chr. erwogen.<sup>4594</sup>, obwohl eine Datierung der chalkolithischen Schichten in die Mitte des 4. Jt. v. Chr. und noch davor schon länger in der Diskussion ist<sup>4595</sup>.

**Bemerkungen:** Die Schichtzugehörigkeit des „Ringanhängers“ kann an dieser Stelle nicht geklärt werden. Aber da er dem ‚Copper Age‘ nach von der Osten zugerechnet wird (Schichten 11-7 M und 14-13 T<sup>4596</sup>) und Schoop einen Hiatus zwischen dem Chalkolithikum und dem Copper Age (älteste Frühbronzezeit) von Alişar annimmt<sup>4597</sup> mag er für eine zeitliche Einordnung der Silberobjekte hier nicht von Belang sein (*terminus ante quem?* für das Silber). Da er 1930 gefunden wurde und aufgrund der Fundnummern, stellt sich die Frage, ob er möglicherweise auch aus chalkolithischen Schichten stammen könnte<sup>4598</sup>, die in diesem Jahr im Tiefschnitt erreicht wurden. Der genaue Fundzusammenhang des ‚Ringanhängers‘ müsste noch geklärt werden. Wahrscheinlich stammt er jedoch wie angegeben aus Copper Age Zusammenhängen und ist somit wahrscheinlich viel späterer Zeitstellung als die hier besprochenen Silberobjekte. Vor dem Hintergrund der Diskussion um die Frühbronzezeit in Zentralanatolien nach der Definition Orthmanns 1963<sup>4599</sup> müsste an dieser Stelle aber auch noch das Copper Age von Alişar als ältere Frühbronzezeit<sup>4600</sup> einer ausführlichen Betrachtung unterzogen werden (cave: Copper Age nach von der Osten und Definition von Orthmann).

Schicht 13M lieferte die besten Fundzusammenhänge und in ihr wurden zahlreiche weitere Bestattungen aufgedeckt. Die Schichten 14M und 13M und ihre Bestattungen lassen sich gut voneinander unterscheiden<sup>4601</sup>. Schicht 14M reicht von 23,50-21,20 m und Schicht 13M von 21,20-19,60 m<sup>4602</sup>.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturwahl:** Osten 1937a, 40. 51. 91. 38 Fig. 43; Schoop 2005, 33-38. 66-84. 93f.; Kohlmeyer 1994, 43; Zimmermann 2005a, 194. 195f.; Thissen 1993, 217-219; Parzinger 1993a, 218.

**Koordinaten:** 39,6, 35,26666667

**Datierung Karte:** 1. H. 4. Jt.

**Katalog-Nr.: 24**

**Fundort:** Beycesultan (Denizili/Türkei) Südwesttürkei

**Art des Objektes:** Silberring

**Material:** Silber (siehe Bemerkungen)

**Analyse:**

**Beschreibung:** Ein einfacher Ring aus einem vermutlich rund gebogenen Stück Silber (siehe auch Bemerkungen)<sup>4603</sup> mit unregelmäßig rundem Querschnitt. Die Enden – falls es kein Bruch ist – berühren sich.

**Maße:** max. Dm 2,5 cm<sup>4604</sup>

**Fundumstände:** 1958 bei Ausgrabungen in Beycesultan gefunden<sup>4605</sup>.

**Fundzusammenhang:** Hortfund von vierzehn Kupfergegenständen und einem Silberring. Der Hort befand sich in einem Keramikgefäß, das sich mit weiteren Vorratsgefäßen in einer Raumecke fand<sup>4606</sup>.

<sup>4592</sup> Schoop 2005, 82-84, ferner 84-90.

<sup>4593</sup> Schoop 2005, 90-93.

<sup>4594</sup> Siehe etwa Kohlmeyer 1994, 43; Zimmermann 2005a, 194.

<sup>4595</sup> Etwa Thissen 1993, 217f; Parzinger 1993a, 218 – Aufgrund allgemeiner Überlegungen formulierte Özdoğan Zweifel an der bis dato akzeptierten Datierung chalkolithischer Komplexe in Anatolien und speziell von Alişar (Özdoğan 1996, bes. 188; Özdoğan 1991, bes. 218); Siehe zu Alişar auch Schoop 2005, 33-38. 323-348. bes. 331-334.

<sup>4596</sup> Osten 1937a, Pl. 10.

<sup>4597</sup> Schoop 2005, 34f. mit Tab. 2, 1; 79f.

<sup>4598</sup> Vgl. die Fundnummern Osten 1937a, 272f. mit Osten 1937a, 101.

<sup>4599</sup> Orthmann 1963.

<sup>4600</sup> Nach der Definition von der Ostens; Vgl. aber Orthmann 1963, 10. 95; Schoop 2005, 34. 66f.

<sup>4601</sup> Siehe Osten 1937a, 40-51; Pl. 10.

<sup>4602</sup> Osten 1937a, 93. 107; Pl. 10.

<sup>4603</sup> Siehe hierzu etwa die Zeichnung Lloyd u. a. 1959, 49 Fig. 6,15.

<sup>4604</sup> Lloyd u. a. 1959, 50.

<sup>4605</sup> Lloyd u. a. 1959.

<sup>4606</sup> Stronach 1962, 280.

**Stratigraphische Einbindung:** Aus Beycesultan Schicht 34<sup>4607</sup>.

**Begleitfunde:** In dem Hort befanden neben dem Silberring noch vierzehn Kupfergegenstände, darunter Nadeln, Ahlen, ein Meißel und das Bruchstück eines mutmaßlichen Dolches<sup>4608</sup>.

**Datierung:** Lloyd und Mellaart setzten die chalkolithischen Schichten 34-29 in das späte 5. Jt. v. Chr.<sup>4609</sup>.

Allerdings liefern zwei Radiokarbonaten aus den Schichten 36 und 28 den zeitlichen Rahmen für eine Einordnung von Schicht 34 in der Mitte des 4. Jt. v. Chr.<sup>4610</sup>:

Für Schicht 34 ergibt sich ein zeitlicher Ansatz um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. oder – folgt man Schoops Ausführungen – noch in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr.<sup>4611</sup>. Zuletzt Muhly: „The earliest silver object from Anatolia has long been thought to be the small silver ring from level XXXIV at Beycesultan, dated to the late fifth millennium B.C.E. (Stronach 1962: 282). This dating, however, has now been lowered by 1,000 years, putting this hoard, the silver ring, and the objects of arsenical copper in the late fourth millennium B.C.E. (Mellink 1967, 3-9)“<sup>4612</sup>.

**Bemerkungen:** Trotz der begrenzten Fläche des Tiefschnittes (max. 8 auf 4 m) kamen in mehreren der von den Ausgräbern als chalkolithisch bezeichneten Schichten Metallgegenstände zu Vorschein<sup>4613</sup>.

Der Silberring weist einen unregelmäßig runden Querschnitt auf. Da die Kupfergegenstände nach dem Guss wohl überschmiedet wurden und es Beobachtungen auf offenen Guss – der auch durch die Form der Gegenstände wahrscheinlich ist – gemacht wurden<sup>4614</sup>, stellt sich die Frage nach der Herstellung des Ringes. Vermutlich besteht er aus einem rund gebogenen Draht und wurde nicht in seiner endgültigen Gestalt gegossen.

Auf einem Foto ist zu sehen, dass der Ring heute eine weniger restaurierte Oberfläche als die mit ihm vergesellschafteten Kupfergegenstände hat<sup>4615</sup>. Mir ist keine Metallanalyse bekannt, so dass die Ansprache Silber von den Ausgräbern hier übernommen wird.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturwahl:** Stronach 1962, 280-283. 281 Fig. F.8,15; Zimmermann 2005a, 194. 196; Kohlmeyer 1994, 41 mit Anm. 14; Lloyd u. a. 1959, 47-50; Schoop 2005, 149-152. 172-178. 182-196; Zimmermann 2010, 302; Muhly 2011, 865.

**Koordinaten:** 38,25, 29,68333333

**Datierung Karte:** Mitte 4. Jt.

## Katalog-Nr.: 25

**Fundort:** Göller (Haci Yakup) bei Oymaağaç bzw. in der Gegend von Merzifon und Çorum (Göller liegt im Distrikt Merzifon in der Provinz Amasya/Türkei; Çorum in Çorum/Türkei) Der Fundort Göller liegt etwa 35 km nordöstlich von Çorum und etwa 110 km südwestlich von İkitzepe<sup>4616</sup>.

**Art des Objektes:** Ringanhänger

**Material:** Silber

**Analyse:**

**Beschreibung:** Der Körper des Ringanhängers hat eine große Durchlochung, was ihm eine ringartige Gestalt verleiht. Der Kopfteil hat zwei kleine waagrecht nebeneinander angebrachte Durchlochungen und weist eine konvexe Rundung auf, an deren Verlauf sich nach Ausweis der Fotografie bei Kulaçoğlu<sup>4617</sup> sieben erhabene (gepunzte?) kleine Buckel orientieren (vgl. auch die Beschreibung bei Kulaçoğlu<sup>4618</sup>). Das bei Makkay<sup>4619</sup>

---

<sup>4607</sup> Lloyd u. a. 1959, 47.

<sup>4608</sup> Lloyd u. a. 1959, 47-50. 49 Fig. 6; Pl. IIIA.

<sup>4609</sup> Lloyd – Mellaart 1962, 19-23. 112f.

<sup>4610</sup> Siehe Kohlmeyer 1994, 41 Anm. 14 mit weiterführender Literatur; Schoop 2005, 188-191; Unverständlich bleibt, warum Zimmermann im Text eine Datierung ins späte 4. Jt. erwägt (siehe Zimmermann 2005a, 194. 196 mit Anm. 85).

<sup>4611</sup> Eine aktuelle Zusammenfassung der Diskussion und Möglichkeiten der Parallelisierung siehe Schoop 2005, 149-152. 172-178. 182-191. ferner 191-196; Zu den Radiokarbonaten besonders Schoop 2005, 188-191.

<sup>4612</sup> Muhly 2011, 865.

<sup>4613</sup> Stronach 1962, 280.

<sup>4614</sup> Stronach 1962, 282.

<sup>4615</sup> Lloyd u. a. 1959, Pl. IIIA.

<sup>4616</sup> Lichter 2006, 528.

<sup>4617</sup> Kulaçoğlu 1992, 82 Nr. 95. 188 Kat. 95.

<sup>4618</sup> Kulaçoğlu 1992, 188 Kat. 95.

<sup>4619</sup> Makkay 1989, 42.

abgebildete und beschriebene Stück hat fünf Buckel und sieht im ganzen auch etwas anders aus<sup>4620</sup> (siehe auch Bemerkungen).

**Maße:** H 4 cm, B 2,8 cm<sup>4621</sup>

**Fundumstände/Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde:** Objekte aus Raubgrabungen von Gräberfeldern in der Region um Merzifon und Çorum gelangten in verschiedene Museen<sup>4622</sup>. Das hier zur Diskussion stehende Stück soll aus dem Gräberfeld von Göller stammen<sup>4623</sup>. Aussagen zu den Fundumständen lassen sich aber nicht machen. Die Mehrzahl der Funde von Göller soll aus Gefäßbestattungen aus den Gefäßen selbst stammen, es fanden sich aber auch Funde außerhalb der Gefäße<sup>4624</sup>.

Für die Nekropole wird eine frühbronzezeitliche Datierung angegeben (siehe Datierung). Ein Zusammenhang zwischen dem Ringanhänger und der Nekropole kann aber nicht hergestellt werden<sup>4625</sup>.

**Datierung:** Das Stück soll aus einer Nekropole stammen, welche in die Frühe Bronzezeit datiert wird (vgl. oben)<sup>4626</sup>. Diese Datierung müsste jedoch überprüft werden<sup>4627</sup> und muss auch nicht für den Fundzusammenhang des Ringanhängers gelten (vgl. die Ausführungen zu Kalinkaya bei Zimmermann 2005b). Für den Ringanhänger selbst ergibt sich eine Datierungsmöglichkeit innerhalb der zweiten Hälfte des 5. Jt. und der ersten Hälfte des 4. Jt. (sowie des 3. Jt. v. Chr.), wenn man ihn mit Stücken aus Südosteuropa und der Ägäis vergleicht<sup>4628</sup>.

**Bemerkungen:** Bei den Angaben zu dem Stück bestehen in der Literatur zahlreiche Inkonsistenzen<sup>4629</sup>. Es ist aufgrund der Diskrepanzen bei den Abbildungen und Beschreibungen nicht völlig klar, ob es sich um ein Objekt handelt, oder ob es möglicherweise zwei Stücke aus Silber gibt, die aus der gleichen Region stammen. Vgl. hierzu die Literaturangaben. Vor allem die unterschiedliche Anzahl der Buckel bei den Abbildungen und der Beschreibung des Stückes wirft die Frage auf, ob es sich um das gleiche oder zwei unterschiedliche Stücke handelt. Makkay bezieht sich jedoch auf eine mündliche Mitteilung von M. J. Mellink<sup>4630</sup> und es ist zweifelhaft,

---

<sup>4620</sup> Anders als in der Bildunterschrift angegeben soll vermutlich – trotz der Abweichungen – Abb. 2,3? und nicht Abb. 2,4 den Anhänger aus Göller darstellen. Bei Abb. 2,4 dürfte es sich um den Bleianhänger aus İkitzepe Grab 192 handeln (siehe unten İkitzepe) und Abb. 2,2 stellt den Goldanhänger aus Kalinkaya dar (siehe Makkay 1989, 42 Fig. 2,1-4 mit Makkay 1989, 41 Anm. 221); Dazu auch Maran 2000, 188 Anm. 49.

<sup>4621</sup> Kulaçoğlu 1992, 188 Kat. 95.

<sup>4622</sup> Neben dem Museum of Anatolian Civilizations (Anadolu Medeniyetleri Müzesi) in Ankara kauften auch die Museen von Amasya und Tokat Stücke (Keramik und Metallgegenstände) aus der Region Çorum und Merzifon – u. a. mit der Fundortangabe Göller – über einen mir nicht genau bekannten Zeitraum (v. a. 1964-65?) an (Harmankaya – Erdoğan 2002; Mellink 1969, 207; Özgüç 1978, 89-91). Aus der gleichen Region und etwa zur gleichen Zeit wurden so auch Funde aus dem Gräberfeld von Oymaağaç angekauft (Harmankaya – Erdoğan 2002; Özgüç 1978, 89-90), jedoch aus Letzterem vom Museum of Anatolian Civilizations wohl hauptsächlich Keramik (die sich mit der aus Göller vergleichen lassen soll) aber möglicherweise auch „bronze“ (siehe Mellink 1969, 207; Vgl. Mellink 1967, 160 [mit weiterer Literatur])

<sup>4623</sup> Kulaçoğlu 1992, 82 Nr. 95. 188 Kat. Nr. 95; Bilgi 1990, 175.

<sup>4624</sup> Özgüç 1978, 89; Özgüç zieht Vergleiche u. a. mit Kalinkaya und Oymaağaç (Özgüç 1978, 98 mit Anm. 38). Ob diese in der vorgebrachten Art und Weise haltbar sind, kann ich derzeit nicht beurteilen, aber in Kalinkaya wurden auch bronzezeitliche Gefäßbestattungen gefunden, was Auslöser für diesen Vergleich ist (Yakar 1985, 202). Man denke aber auch an einen goldenen Ringanhänger, der aus Kalinkaya/Toptaştepe (Makkay 1989, Fig. 2,2 [und nicht 2,3 vgl. auch Kat. 26]; Yakar 1985, 202. 432 Fig. XXVIII, 11) stammen soll (Lichter 2006, 528). An diesem Fundort in der Provinz Çorum ist ein Siedlungsplatz mit intramuralen Gräbern aus der chalkolithischen Schicht I mit Metallartefakten zum Vorschein gekommen (Yakar 1985, 202; Zimmermann 2006, 276f.).

Möglicherweise lässt sich der Ringanhänger chalkolithischen Erdgräbern zuordnen (Zimmermann 2006, 277). Einem Grab außerhalb des Siedlungsbereiches, das der Frühbronzezeit zugerechnet wird, entstammt eine „hook-butted bronze axe“ (Zimmermann 2006, 279) (Nackenhakenaxt/Knaufhammeraxt) (die dem Grab M-01-73 zugewiesen wird: Zimmermann 2006, 279; Taf./Lev. IV Fig. 4,1a. b), welche an karpato-balkanische rundarmige Hammeräxte des Typs Şiria (1. H. 4. Jt. v. Chr.) erinnert (vgl. etwa Matuschik 1997, 90 Abb. 7,2. 4; 96f.). Zur Datierung und Einordnung vgl. dagegen Zimmermann 2006b.

<sup>4625</sup> Wie dies letztlich für alle Funde mit dieser Herkunftsangabe nicht völlig sicher ist. Siehe hierzu etwa die einschränkenden Bemerkungen bei Özgüç 1978, 99.

<sup>4626</sup> Etwa Lichter 2006, 528; Harmankaya – Erdoğan 2002;

Vgl. Kat. 7 Fundumstände/Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde.

<sup>4627</sup> Zum Problem der anatolischen Chronologie siehe Schoop 2005, 2005, 13-17. 73f.; Siehe weiter Orthmann 1963, 9 f. 84. 93-100, besonders 95; Özdoğan 1996, 187f.

<sup>4628</sup> Siehe Maran 2000, 185. 187-189. 191; Virág 2010, 215.

<sup>4629</sup> Dazu Maran 2000, 188 Anm. 49.

<sup>4630</sup> Makkay 1989, 41 Anm.221.



ob er das Stück bzw. eine Abbildung davon zu diesem Zeitpunkt gesehen hat, was die Unterschiede und auch die mögliche Vertauschung der Abbildungsnummern erklären könnte. Alles in allem ist es also wahrscheinlicher, dass es nur einen silbernen Ringanhänger aus der Region um Çorum und Merzifon gibt, aber Zweifel bleiben bestehen. Mit einem goldenen Ringanhänger aus Kalinkaya stammt möglicherweise ein weiterer Ringanhänger aus dieser Region<sup>4631</sup>.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Kulaçoğlu 1992, 82 Nr. 95. 188 Kat. Nr. 95; Makkay 1989, 41 Anm. 221, 42 mit Abb. 2,3 und nicht 2,4 wie in der Abbildungsunterschrift angegeben; Lichter 2006, 528; Maran 2000, 188 Anm. 49; Mellink 1969, 207; Mellink 1967, 160; Yakar 1985, 202. 432 Fig. XXVIII, 11; Bilgi 1990, 175; Özgüç 1978, 89-91. 98. 99; Harmankaya – Erdoğan 2002; Zimmermann 2006, 276f.; Zimmermann 2007, 28.

**Koordinaten:** 40,73333333, 35,35

**Datierung Karte:** 4. Jt.

**Katalog-Nr.: 26**

**Fundort:** İkiztepe (Samsun/Türkei)

Der Fundplatz İkiztepe liegt etwa 50 km nordwestlich von Samsun in der Bafra-Ebene nahe der alten Mündung des Kızılırmak (Halys) in das Schwarze Meer<sup>4632</sup>. Der Kızılırmak ist mit über 1300 km einer der größten Flüsse Anatoliens und dadurch verkehrsgeographisch bedeutend. Der Fundort liegt auf einer Anhöhe und besteht aus insgesamt vier Kuppen, die als İkiztepe I-IV bezeichnet werden; die Sohle zwischen den Hügeln ist nicht fundleer.

**Art der Objekte:**

Mehrere Ringe aus Silber, die von Bilgi als Ohrringe<sup>4633</sup> angesprochen werden, ein U-förmiges Drahtstück aus Silber und ein möglicherweise silberner Ring:

a) Zu Bestattung<sup>4634</sup> Sk. 572, İkiztepe I, Sondage D, Quadrant C-20/IV-13, Locus 2257, Höhe 24,53 m: neben anderen Funden zwei silberne Ohrringe (İ/85-141; İ/85-146) und zwei weitere silberne Ohrringe zusammen mit zwei kupfernen Ohrringen (İ/85-142)<sup>4635</sup>.

b) Zu Bestattung Sk. 519, İkiztepe I, Sondage D, Quadrant C-18/IV-13, Locus 2115, Höhe 25,34 m: neben anderen Funden – darunter eine kupferne Speerspitze (s. u. Datierung) – ein silberner Ohrring (İ/85-502)<sup>4636</sup>.

c) Zusammen mit weiteren Arsenkupferobjekten, İkiztepe I, Sondage D, Quadrant D-1/IV-10, Locus (k. A.), Höhe 22,95 m: ein silbernes U-förmiges Drahtstück (*hair clip/bobby pin'*) (İ/92-64)<sup>4637</sup>.

d) Wahrscheinlich zu Bestattung Sk. 632, İkiztepe III, Sondage L, D-11/I-14, Locus 3560, Höhe 6,60 m: ein möglicherweise silberner Ring; ferner ein Keramikgefäß und zwei Knöchelringe aus Arsenkupfer<sup>4638</sup>.

e) Hier nur erwähnt werden sollen neben zahlreichen Bleiobjekten (v. a. Ohrringe<sup>4639</sup>) jeweils ein Ringanhänger aus Blei von den Bestattungen Sk. 192<sup>4640</sup> und Sk. 569<sup>4641</sup> sowie ein goldener Ringanhänger aus den ‚Siedlungsschichten‘ von İkiztepe I<sup>4642</sup> im Bereich des Gräberfeldes und ein anthropomorpher Anhänger von Bestattung Sk. 41 (Taf. 25 Abb. 13)<sup>4643</sup>, da diese chronologisch und wegen der möglichen Beziehungen bedeutsam

<sup>4631</sup> Zimmermann 2005b, 277; Makkay 1989, Fig. 2,2 (nicht 2,3; vgl. Kat. 26); Yakar 1985, 202. 432 Fig. XXVIII, 11

<sup>4632</sup> Bilgi 1984, 31; Schoop 2005, 307; Parzinger 1993b, 236.

<sup>4633</sup> Wohl aufgrund der Fundlage (vgl. Bilgi 1984, 34).

<sup>4634</sup> Da die Grabgruben teilweise nicht sicher erkannt werden konnten, und in einem mutmaßlichen Grab teils mehrere Bestattungen gefunden wurden, soll im Folgenden weitgehend die Bezeichnung Bestattung verwendet werden (siehe etwa Bilgi 1990, 168 Anm. 45), auch wenn dies sicher nicht die Ideallösung darstellt, vor allem wenn sich Funde einer Bestattung nicht unmittelbar zuordnen lassen.

<sup>4635</sup> Bilgi 1990, 150. 152. 186. 216 Fig. 17,280c-d. 316-317.

<sup>4636</sup> Bilgi 1990, 150. 151. 184. 216 Fig. 17,308.

<sup>4637</sup> Mit dem silbernen *‚bobby pin‘* zusammen wurden eine Lanzenspitze, zwei Pfeilspitzen, zwei Ahlen (*zıpkın ucu*), zwei Dolche, eine Flachbeilklinge, drei Pfieme (*delici*) und ein zangenartiges, umgebogenes Stück Draht gefunden (Bilgi 2001, 59. 85 Abb. 25a; Bilgi 1993, 237. 244 Resim 14).

<sup>4638</sup> Bilgi 1999a, 381. 387. 395 Resim 9-10.

<sup>4639</sup> Bilgi 1990, 150; Bilgi 1984, 63f.

<sup>4640</sup> Bilgi 1984, 70 Kat. 266; 77. 95 Fig. 18,266.

<sup>4641</sup> Bilgi 1990, 161f. 186. 218 Fig. 19,427.

<sup>4642</sup> Aus „Building level 3“ (Bilgi 1984, 70. 95 Fig. 18,265).

<sup>4643</sup> Bilgi 1984, 71f. 74. 95 Fig. 18,270.

erscheinen, sowie eine bleierne Schmuckscheibe von Bestattung Sk. 246 <sup>4644</sup>. Ferner gibt es eine Doppelspiralkopfnadel<sup>4645</sup> und Vierfachspiralen<sup>4646</sup> von Bestattungen (siehe Datierung).

f) Schlacken von Mound 1, Schnitt C mit Silber- und Goldeinschlüssen (vgl. Analyse).

g) Kupfersilberlegierungen (ein Ohrring, zwei Spiralarmbänder) „EBA III graveyard“<sup>4647</sup> (vgl. Analyse).

**Material:** Silber, Kupfersilberlegierung (vgl. Analyse [f–g]) (sowie Blei und Arsenkupfer)

**Analyse:** f–g) „Small gold and silver inclusions observed in the copper and slag phases are unique since both gold and silver were not common at İkittepe. On the other hand, chemical analysis of a spiral earring from EBA III graveyard yielded over 33,3% silver together with 2,03% arsenic. A hypereutectic alloy of copper and silver with more than 8% Ag yields two phases. SEM-EDX of this earring showed a copper-rich solid solution and a Cu-Ag eutectoid (Fig. 5, A and B). Two spiral bracelets, also found as grave gifts, both contained over 30% silver. Preparation of exotic copper-silver alloy in a crucible may be the source of silver in the slags sample“<sup>4648</sup>.

#### **Beschreibung und Maße:**

zu a) Ohrring (İ/85-141) unregelmäßig runde Form, nicht ganz geschlossen, Dm 1,9 cm, Qs 0,2 cm, G 2 g; Ohrring (İ/85-146) unregelmäßig runde Form, nicht ganz geschlossen, Dm 1,9 cm, Qs 0,2 cm, G 2 g; zwei kupferne zusammen mit zwei silbernen Ohrringen (İ/85-142): a) Kupfer Dm 1,6 cm, Qs 0,1 cm, G 1,8 g; b) Kupfer Dm 1,6 cm, Qs 0,2 cm, G 1,8 g; c) Silber Dm 1,6 cm, Qs 0,2 cm, G 1,3 g; d) Silber Dm 1,3 cm, Qs 0,2 cm, G 1,2 g.

zu b) Ohrring (İ/85-502) unregelmäßig runde Form, Enden leicht überlappend, Dm 2,1 cm, Qs 0,1 cm, G 2 g.

zu c) Das U-förmig gebogene Drahtstück wird als ‚hair clip‘ bezeichnet. Angaben zur Größe werden nicht gemacht. Falls es sich bei dem bei Bilgi 1993, 244 Resim 14 abgebildeten Stück um das gleiche wie bei Bilgi 2001, 85, 25a (İ/92-64) handelt, könnte die Länge um 11 bis 15 cm betragen<sup>4649</sup>.

zu d) keine Angaben und keine Abbildung vorhanden.

**Fundumstände:** Grabungen in İkittepe wurden 1974 aufgenommen und dauern, bis heute, an<sup>4650</sup>. Die Silberfunde stammen allesamt aus dem Bereich des Gräberfeldes vom Nordwesthang von İkittepe I aus den Sondagen A und D (und Sondage L Hügel III), wo seit 1975 mehrere hundert Bestattungen freigelegt wurden, entweder aus Gräbern oder aus ‚Siedlungsschichten‘ im Bereich des Gräberfeldes.

**Fundzusammenhang:** Der goldene Ringanhänger stammt aus ‚Siedlungsschichten‘ im Bereich des Gräberfeldes. Die bleiernen Ringanhänger, der anthropomorphe Anhänger sowie alle Ohrringe, deren Material als Silber ausgewiesen wird, stammen aus Gräbern der Nekropole am Nordwesthang von İkittepe I, aus den Sondagen A, D und H<sup>4651</sup>. Der U-förmige Silberdraht (‚hair clip‘) stammt wohl aus ‚Siedlungsschichten‘<sup>4652</sup>, ebenfalls aus dem Bereich der Nekropole.

Ein Ring, welcher wahrscheinlich aus Silber besteht, stammt vermutlich aus einem Grab aus Sondage L auf İkittepe III<sup>4653</sup>.

**Stratigraphische Einbindung:** Siedlungsreste finden sich auf der gesamten Anhöhe, konzentrieren sich aber auf den vier verschiedenen Kuppen (İkittepe I-IV). Die hauptsächlich auf den Kuppen angelegten Sondagen ergaben

<sup>4644</sup> Bilgi 1984, 70f. 79. 95 Fig. 18,267.

<sup>4645</sup> Zu Bestattung Sk. 448 (Bilgi 1990, 142. 181f. 215 Fig. 16,241).

<sup>4646</sup> Bilgi 1984, 72f. 95 Fig. 18,272-277; Bilgi 1990, 164. 218 Fig. 19,438-445.

<sup>4647</sup> Özbal 2008, 72f.

<sup>4648</sup> Özbal u. a. 2008, 73.

<sup>4649</sup> Diese Schätzung ist aber mit einer großen Unsicherheit behaftet (vgl. Bilgi 2001, 59. 85 Abb. 25a mit Bilgi 1993, 237. 244 Resim 14).

<sup>4650</sup> Neben den monographischen Vorberichten zu den Grabungen der Jahre 1974-1975 (Alkım u. a. 1988) und der Jahre 1976-1980 (Alkım u. a. 2003) und den Publikationen zu den Metallfunden (Bilgi 1984; Bilgi 1990) stehen vor allem die knappen Vorberichte in Kazı Sonuçları Toplantısı (KST) zur Verfügung, um einen Eindruck von den Grabungsergebnissen zu vermitteln.

<sup>4651</sup> Der ungefähre Fundzusammenhang (der Metallfunde) lässt sich in den Publikationen zu den Metallfunden von Bilgi (Bilgi 1984; Bilgi 1990), v. a. mithilfe von Aufstellungen der Grabinventare in den Appendices (Bilgi 1984, 74-80 Appendix; Bilgi 1990, 177-189 Appendix II) und Plänen mit Lage der Gräber (Bilgi 1984, 34. Fig. 3-6; Bilgi 1990, Fig. 1-2), ermitteln; es sind aber nicht alle Gräber ohne Funde aufgetragen (Bilgi 1984, 34 Anm. 3). Weitere Angaben zu einigen Bestattungen mit anthropologischen Bestimmungen bei Alkım u. a. 1988, 261-275 mit Plan XVI zu den Bestattungen 1-21 und Alkım u. a. 2003, 187-194 mit Taf. XLIX. LIV zu den Bestattungen 22-145 mit kurzer Auflistung des Inventars und Bilgi 2004.

<sup>4652</sup> Wie sich indirekt über die Datierung ableiten lässt (siehe Bilgi 2001, 59. 26 Anm. 11).

<sup>4653</sup> Bilgi 1999a, 381. 387. 395 Resim 9-10.

keine einheitlichen Abfolgen und sind stratigraphisch meist nicht miteinander verbunden. Die Nekropole<sup>4654</sup> liegt über Siedlungsschichten von İkištepe I<sup>4655</sup>.

Die Bestattungen liegen in unterschiedlichen Tiefen einer teilweise mehrere Meter starken Schicht und schneiden bzw. überlagern sich vielfach<sup>4656</sup>. Dies weist auf eine lange Belegungszeit hin. Grabgruben wurden wohl nicht beobachtet (vgl. Mehrfachbestattungen)<sup>4657</sup>. Die Toten wurden meist in gestreckter Rückenlage, aber auch in seitlicher Hockerlage, niedergelegt – verschiedene Ausrichtungen kommen vor<sup>4658</sup>. Mehrfachbestattungen wurden nachgewiesen<sup>4659</sup>.

Bestattungen fanden sich aber auch in Sondage J und L bei bzw. auf İkištepe III<sup>4660</sup>.

**Begleitfunde:** Vornehmlich aus dem Bereich des Gräberfeldes allgemein stammen, und interessieren hier, v. a. Metallfunde, im groben der Einteilung Bilgis<sup>4661</sup> folgend sind dies u. a. Waffen wie Lanzen spitzen, Dolche und Pfeilspitzen, Werkzeuge wie etwa Flachbeile, Ahlen, Nadeln usw., Schmuck, darunter Nadeln, Perlen und Halsketten, Ohrringe, Ringanhänger und Schmuckscheiben und sog. Embleme, wie die Vierfachspiralen, und Gefäßkeramik, über die sich teilweise auch Anhaltspunkte für eine zeitliche Einordnung der Silberobjekte gewinnen lassen (siehe Datierung). Weiter gibt es noch Steinanhänger, Knochenartefakte usw. Leider wurden die Funde bisher nicht als Grabinventare auf Tafeln vorgelegt<sup>4662</sup>.

Begleitfunde im engeren Sinne stellen die Grabinventare bzw. die zusammen mit den aus Siedlungszusammenhängen stammenden Silberobjekten zusammen gefundenen Objekte dar. Zu den hier relevanten Silberobjekten siehe jedoch lediglich Fundzusammenhang.

**Datierung:** Die zeitliche Zuordnung eines großen Teiles der Abfolgen von İkištepe in die Frühe Bronzezeit<sup>4663</sup>, dabei nochmals weiter unterteilt in FBZ I-III, durch die Ausgräber<sup>4664</sup> ist problematisch, weil diese in Anlehnung an Orthmanns chronologische Gliederung von 1963<sup>4665</sup> erfolgte, die einen Beginn der FBZ I in Zentralanatolien vor 3000 v. Chr. nicht vorsieht bei gleichzeitiger Subsumierung nahezu allen archäologischen Materials in die Zeit nach dieser Grenze<sup>4666</sup>. Weiter wurde Material aus verschiedenen Sondagen zusammengefasst, welches wahrscheinlich zu trennen ist<sup>4667</sup>. Über Außenvergleiche und durch allgemeine Überlegungen kann eine Zuweisung eines Teiles dieses frühbronzezeitlichen Materials zum Chalkolithikum wahrscheinlich gemacht werden<sup>4668</sup>.

---

<sup>4654</sup> Zur Nekropole sowie zu den Bestattungen liegen bislang nur wenige Informationen vor (vgl. Exkurs İkištepe).

<sup>4655</sup> Parzinger 1993b, 237; Bilgi 1984, 34.

<sup>4656</sup> Siehe etwa Parzinger 1993b, 237; Bilgi 1984, 34; Bilgi 1990, 168 mit Anm. 44; Anm. 45.

<sup>4657</sup> Vgl. Bilgi 1990, 166; Bilgi 2004; Zur Frage der Grabgrube siehe aber auch die Fälle von Mehrfachbestattungen in einem Grab.

<sup>4658</sup> Siehe die Pläne bei Bilgi 1984, Fig. 3-6; Bilgi 1990, Fig. 1-2.

<sup>4659</sup> Bilgi 1990, 166; Siehe auch Bilgi 1990, 168 Anm. 45.

<sup>4660</sup> Siehe etwa Bilgi 1999a; Bilgi 1990, 167f.

<sup>4661</sup> Bilgi 1984, 35.

<sup>4662</sup> Mithilfe der Kataloge zu den Metallfunden (Bilgi 1984; Bilgi 1990) und den monographischen Vorberichten (Alkım u. a. 1988; Alkım u. a. 2003) können Grabinventare zusammengestellt werden. Es bleibt aber unsicher, ob diese vollständig sind (vgl. etwa Bilgi 1984, 74 Anm. 12); Für einige Grabinventare siehe Lichter 2006, 534 Abb. 2-4; Siehe auch Fundzusammenhang.

<sup>4663</sup> Die ältesten Phasen von İkištepe II-Sondage B werden von den Ausgräbern chalkolithisch datiert (vgl. Bilgi 1984, 96 Fig. 19; zu weiteren vertretenen Zeiten siehe Bilgi 2001). Dies ist evtl. im Sinne eines Copper Age/Chalkolithikum nach Orthmann, welches der frühesten Frühbronzezeit entspricht (?). Vgl. hierzu etwa Orthmann 1963, 10. 95; Zum Problem Copper Age/Chalkolithikum in Zentralanatolien siehe Schoop 2005, 66f. – Weitere Zeiten sind aber vertreten (siehe Parzinger 1993b, 237).

<sup>4664</sup> Alkım u. a. 1988; Alkım u. a. 2003; Ferner Bilgi 1984; Bilgi 1990; Bilgi 2001; Bilgi 2004; Dabei gibt Bilgi selbst als Parallelen zu den Bestattungen von İkištepe I die Nekropolen von Varna und Durankulak in Bulgarien an. Er bezieht dies sowohl auf den Bestattungsbrauch (Körpergräber mit einfacher Grabgrube) als auch auf Funde wie Ringanhänger (und *bracelets*), relativiert dies aber gleich wieder (Bilgi 2004, 26).

<sup>4665</sup> Orthmann 1963.

<sup>4666</sup> Siehe etwa Orthmann 1963, 9 f. 84. 93-100, bes. 95; Özdoğan 1996, 187 f. 190; Schoop 2005, 13-17. 73f.

<sup>4667</sup> Siehe etwa Schoop 2005, 308. 322.

<sup>4668</sup> Schoop 2005, 305-322, besonders 308. 349-350 mit 331 Abb. 9,1; Zu Parallelen und Datierung siehe weiter Schoop 2005, 323-355 und Beil. 1; Eine Umdatierung der von Orthmann (vgl. Orthmann 1963) für die FBZ-Stufe genannten Funde in das Chalkolithikum und die möglichen Beziehungen zum Balkan (Özdoğan 1996; Summers 1993) gaben Anlass zu generellen Zweifeln an der Zuordnung der meisten Komplexe von İkištepe in die

Das Material der sog. frühbronzezeitlichen<sup>4669</sup> Nekropole von İkittepe I könnte aufgrund der wenigen veröffentlichten Keramik vorläufig am ehesten Schoops ‚İkittepe-Komplex DD/EE‘ zugeordnet werden<sup>4670</sup>. Dieser umfasst auch Material aus den Sondagen C (İkittepe I) und F (İkittepe I/II)<sup>4671</sup>. Thissen wies auf Parallelen zwischen der Keramik dieser Sondagen (Komplex DD/EE) mit jener von der Kuppe des Dündartepe bei Samsun hin<sup>4672</sup>. Diesen ‚Komplex‘<sup>4673</sup> (cave: nicht im Sinne Schoops) synchronisiert Thissen trotz abweichender

---

Frühbronzezeit durch die Ausgräber. Zu Datierung und Außenvergleichen siehe Thissen (Thissen 1993) und Parzinger (Parzinger 1993b, 236-238) sowie Schoop mit Anmerkungen dazu (Schoop 1993, 76-78. 317f.).

<sup>4669</sup> Siehe etwa Bilgi 1984, 96 Fig. 19; Bilgi 2004, 76f.

<sup>4670</sup> Tatsächlich lässt Schoop diese Frage offen (Schoop 2005, 308 Anm. 352); Schoop bezieht sich in seiner Arbeit hauptsächlich auf Keramikvergleiche. Von der Nekropole ist fast keine Keramik veröffentlicht, einen Hinweis auf eine mögliche Zuordnung zu seinem Komplex DD/EE macht Schoop nur unter Vorbehalt. Jedoch gibt es mehr Ähnlichkeiten als Unterschiede. Zu bedenken sind auch mögliche Unterschiede zwischen Grab- und Gebrauchskeramik. Die nun folgenden Überlegungen sind mehr ein als Gedankenspiel dessen zu verstehen, was möglich wäre, bedürften aber einer eigenen Untersuchung: Das Material (aus dem Bereich) des Gräberfeldes, von dem bislang fast ausschließlich die Metallgegenstände veröffentlicht sind, ließe sich über Umwege und unter Vorbehalt – diesmal von meiner Seite – auch mithilfe der Metallfunde einordnen. Diese werden von Bilgi aufgrund Zugehörigkeit zu Fundzusammenhängen pauschal entweder in die FBZ II (‚Siedlungsfunde‘) und FBZ III (Grabfunde) zugewiesen (Bilgi 1984; Bilgi 1990). Aber die chronologische Trennung der Metallfunde aus „Siedlungsschichten“ und Gräbern über die Typeneinteilung und die Fundzusammenhänge lässt sich möglicherweise so nicht aufrechterhalten (siehe oben und Kat. 26 Exkurs İkittepe).

Die Keramik aus Sondage C vom Nordwesthang von İkittepe I, wird von den Ausgräbern der Periode II (Frühbronzezeit; FBZ) zugeordnet, und nur einmal wird eine Datierung in FBZ II angedeutet (Alkim u. a. 1988, 196). Diese Keramik wird von Schoop seinem Komplex DD zugewiesen (Schoop 2005, 310). Sollte diese ‚FBZ Keramik‘ sich mit jener aus den Sondagen A und D in Verbindung bringen lassen (vgl. Parzinger 1993b, 237; cave: Material der Kuppe İkittepe I entwickelte Frühbronzezeit [etwa Schoop 2005, 308]), und sollte sich die Trennung der Funde aus ‚Siedlungsschichten‘ (FBZ II) und aus den Gräbern (FBZ III) nach Bilgi nicht (vollständig) aufrecht erhalten lassen, wäre dies ein weiterer Hinweis auf eine Zuordnung des Gräberfeldes zu Schoops Komplex DD/EE, da dieses sich dann mit dem Keramikmaterial aus den Siedlungszusammenhängen in Verbindung bringen ließe. Evtl. ergeben sich auch Anknüpfungspunkte an Schoops andere Komplexe. Die Keramik aus dem Bereich des Gräberfeldes zeigt nämlich gemeinsame Elemente mit mehreren Komplexen von Schoop (DD/EE aus Sondagen C und F von İkittepe I/II [Schoop 2005, 308] und CC aus Sondage B von İkittepe II [Schoop 2005, 308; Siehe hierzu auch Parzinger 1993b, 237]; Siehe hierzu Schoop 2005, 319f.), und es ist vorläufig nicht sicher zu entscheiden, wohin die bislang veröffentlichte Keramik aus dem Gräberfeld und den Siedlungsschichten unter dem Gräberfeld einzuordnen ist. Parzinger setzt Keramik aus Sondage C und D aufgrund ihrer von den Ausgräbern erwogenen Schichtzugehörigkeit zu Stratum II miteinander in Verbindung (Parzinger 1993b, 237. Taf. 180, 52-68), was eine Verbindung zu Schoops Komplex DD herstellen würde (vgl. Schoop 2005, Taf. 184-185, bes. Taf. 185,21 mit Parzinger 1993b, Taf. 180, besonders Taf. 180,66) (Zur Schichtzugehörigkeit vgl. Parzinger 1993b, 237 und die entsprechenden Stücke von den Tafeln der zitierten Literatur mit ihren Locusnummern bei Alkim u. a. 1988, bes. 277f.). Im Bereich des Gräberfeldes (Sondage D) wird die Siedlungsschicht, aus der diese Keramik stammt, Parzinger zufolge vom Gräberfeld überlagert (Parzinger 1993b, 237). Auch Schoop rechnet die FBZ II Kontexte unter der Nekropole seinem Komplex DD/EE zu (Schoop 2005, 322). Einschränkend dazu ist festzustellen, dass die Schnitte C und D stratigraphisch nicht miteinander verbunden sind. So mahnt auch Schoop, Keramik aus verschiedenen Arealen zusammen zu fassen (Schoop 2005, 308. ferner 316-318). Denkbar ist diese Möglichkeit trotzdem aufgrund der Ähnlichkeiten der Keramik (die Parallelen, die Parzinger etwa zu İkittepe II zieht, und die Stellung der Keramik zueinander, wobei sich die Keramik der Sondagen C und D innerhalb dieser Beziehungen so sehr ähnelt, dass er sie zusammenfasst: Parzinger 1993b, 237; siehe hierzu auch Schoop 2005, 317 Abb. 8,6; 319f. 320 Abb. 8,7). Weiter wäre die Keramik aus den Höhenbereichen, in denen das Gräberfeldes liegt, einer kritischen Untersuchung zu unterziehen (siehe etwa Alkim u. a. 2003, 59-64, Pl. 40 bes. Pl. 40,5, Plan 36 Profil 19, Plan 37 Profil 20).

<sup>4671</sup> Schoop 2005, 308 Tab. 8.2. 310f. 314.

<sup>4672</sup> Thissen 1993, 217f.; Siehe auch Schoop 2005, 319.

<sup>4673</sup> Hier ist nicht der „Komplex DD/EE“ von Schoop bezeichnet, obwohl er dessen Inhalt mit umfasst. Der Begriff ‚Komplex‘ findet hier deshalb Verwendung, weil er hier m. E. besser anzuwenden ist als Gruppe, da die Parallelen bei den Keramikinventaren nicht restlos befriedigen, was bei dem geringen Umfang durchaus

Keramikformen über eine Terrakotta-Figurine mit durchlochtem Ohren (aus İkoztepe-Sondage F) mit Alişar 14M und 12M, wo sich zwei Kopffragmente mit ähnlichen Durchlochungen fanden<sup>4674</sup>. Diese Terrakotta-Figurinen stellen nach Thissen<sup>4675</sup> – so man sie denn zu balkanische Typen zählt – einen Synchronismus mit solchen aus KGK VI-Zusammenhängen her und gehörten damit an den Beginn des 4. Jt. Eine Figurine vom Dündartepe<sup>4676</sup> lässt sich mit solchen aus Cucuteni A vergleichen<sup>4677</sup>. Auch die Metallfunde bzw. einzelne ihrer Aspekte – und damit schließt sich der Kreis – von der Kuppe des Dündartepe<sup>4678</sup>, und die aus den Gräbern der Nekropole von İkoztepe I (Nordwesthang İkoztepe I, Sondage A und D) selbst, wie die Ringanhänger aus Blei, die Zierscheiben, Flachbeile usw.<sup>4679</sup>, weisen teilweise auf den Bereich von KaranovoVI/Gumelnița<sup>4680</sup> und ihrer Nachfolgekulturen. In den gleichen Raum würden wiederum graphitierte Scherben aus Alişar 14-12M weisen<sup>4681</sup>.

Hier wurde meist den Vergleichen mit den bekanntesten Funden gefolgt. Ein Abgleich auf breiterer Basis auch weniger prominenter (und späterer) Funde aus dem karpato-balkanischen Bereich wäre spannend.

Die Bestattungen mit Silber und auch das Konvolut von Metallgegenständen um den silbernen ‚hair clip/bobby pin‘ aus ‚Siedlungsschichten‘ von Hügel I liegen im gleichen Gebiet und Höhenbereich<sup>4682</sup> wie die Bestattungen mit den Ringanhängern aus Blei, dem kupfernen anthropomorphen Anhänger von Bestattung Sk. 41 und dem ‚Siedlungsfund‘ des goldenen Ringanhängers. Auch die Doppelspiralkopfnadel und die Vierfachspiralen, beide Formen stammen hier ebenfalls aus Gräbern, verteilen sich auf diesen Bereich.

Diese Funde können vielleicht einen Anhaltspunkt für die Datierung dieses Bereiches liefern. Weiterhin stammen zwei Horte von verschiedenen Metallgegenständen, darunter eine kupferner ‚hair clip/bobby pin‘, aus diesem Bereich (siehe hierzu weiter Kat. 26 Exkurs İkoztepe).

Die Ringanhänger haben eine Laufzeit, die von der zweiten Hälfte des 5. Jt. v. Chr. bis zur ersten Hälfte des 4. Jt. reicht. Der anthropomorphe Anhänger zeigt formale Ähnlichkeiten mit Stücken aus Moigrad und Ercsi<sup>4683</sup>. Letztere werden mit Kulturen wie Bodrogresztúr und Lasinja der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. (oder früher) in Verbindung gebracht.

Die Doppelspiralkopfnadel bleibt im Balkanraum auf einen späten Abschnitt innerhalb von KGK VI beschränkt, ist aber in Anatolien vom Chalkolithikum bis in die Mittlere Bronzezeit zu finden<sup>4684</sup>.

Die Gräber mit den Vierfachspiralen befinden sich in etwa auf dem gleichen bis etwas höheren Schichtenbereich wie die eben genannten Funde und Bestattungen. Lichter verweist bei den Vierfachspiralen auf ein Stück aus Arslantepe VI A<sup>4685</sup>, das chronologisch dem letzten Drittel des 4. Jt. zugerechnet wird<sup>4686</sup>.

Lichter macht weiter darauf aufmerksam, dass sich für die Metallobjekte typologisch keine guten Parallelen in Inventaren finden, die sicher dem Ende des 3. Jt. zugewiesen werden, und dass sich bezüglich der Metallzusammensetzung mit Arsengehalten<sup>4687</sup> bis 12 % gute Vergleichsmöglichkeiten in Ilipinar finden, dessen Bestattungen nach <sup>14</sup>C-Daten der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. angehören<sup>4688</sup>.

Alles in allem scheint sich also eine Datierung ins 4. Jt. v. Chr. abzuzeichnen.

---

hingenommen werden kann (Auch ist an Unterschiede zu denken, die durch die Kontexte der Keramik bedingt werden, etwa Grab- und Gebrauchskeramik). Im Weiteren ließe sich der Begriff Komplex auch auf die durch Parallelen wie Figurinen verbundenen Gruppen jenseits des Schwarzen Meeres trotz bestehender Unterschiede, etwa bei der Keramik, übertragen.

<sup>4674</sup> Thissen 1993, 217 (mit weiterführender Literatur).

<sup>4675</sup> Thissen 1993, 217.

<sup>4676</sup> Kökten u. a. 1945, 375, Taf. 66,6; Das gleiche Stück mit besseren Fotos bei Alkım u. a. 1988, Taf. 101,210. 210a-b.

<sup>4677</sup> Lichardus – Lichardus-Ippen 1985b, 372; 502 Fig. 49,3. Darauf weist Thissen hin (Thissen 1993, 217).

<sup>4678</sup> Thissen 1993, 217; Kökten u. a. 1945, Taf. 66,1-3; Zum Material von der Kuppe des Dündartepe siehe auch Parzinger 1993b, 238.

<sup>4679</sup> Bilgi 1984; Bilgi 1990; Besonders Bilgi 1984 Fig. 18,265-267.

<sup>4680</sup> Zu Parallelen siehe etwa Todorova 1978, Taf. 11, 3-6; Für Parallelen aus der Nekropole von Varna siehe Ivanov 1988, 51 Abb. 22 und Lichardus 1991b, 185 Abb. 10 bes. Grab 5,1; Grab 4,1-3; Grab 43,1. 6-7.

<sup>4681</sup> Thissen 1993, 218.

<sup>4682</sup> Die Silberfunde verteilen sich über einen Höhenbereich von 22,95 bis 25, 24 m, die Ringanhänger von 22,80 bis 24,34 m, die Doppelspiralkopfnadel liegt bei 23,23 m und die Vierfachspiralen kommen aus einem Höhenbereich von 22,85 – 26,66 m.

<sup>4683</sup> Makkay 1976, 280-286 mit Fig. 25-28. 29. 32.

<sup>4684</sup> Siehe Lichter 2006, 528.

<sup>4685</sup> Frangipane 2004, 75. 186 Kat. Nr. 66.

<sup>4686</sup> Lichter 2006, 528.

<sup>4687</sup> Bilgi 1984, bes. 35 Anm. 7. 73; Bilgi 1990, bes. 170f.; Siehe hierzu jedoch Bilgi 1990, 170 mit Anm. 50.

<sup>4688</sup> Lichter 2006, 527.

Die eben genannten Gründe sprechen für einen vorbronzezeitlichen<sup>4689</sup> Beginn der Belegung der Nekropole von İkištepe I. Aber erst nach einer vollständigen Aufarbeitung und Vorlage der Funde und Befunde wird der gesamte Belegungszeitraum mit größerer Sicherheit zu klären sein. Dass sich nicht die gesamte Nekropole so früh datieren lässt, wie oben ausgeführt, zeigten etwa die Reste von mittelbronzezeitlichen Wohnniveaus an, die über der Nekropole liegen<sup>4690</sup>, und auch einige der Bestattungen bzw. die Funde von der Kuppe von İkištepe I dürften der entwickelten Frühbronzezeit angehören<sup>4691</sup>.

Aus den FBZ II Kontexten unter der Nekropole stammen <sup>14</sup>C-Daten<sup>4692</sup>. Da die stratigraphische Situation aber nicht eindeutig ist, tragen sie derzeit nur wenig zur Lösung bei. Sie bewegen sich im Rahmen des oben gesagten. Sie sollen hier deshalb nicht weiter diskutiert werden.

Die dem Gräberfeld zugewiesene Keramik könnte (teilweise) auch aus Siedlungsschichten stammen (vgl. oben). Diese Keramik ist für Schoops ‚İkištepe-Komplex DD/EE‘ ausschlaggebender Faktor für eine frühe Datierung vor 3500 v. Chr.<sup>4693</sup>. Aufgrund der Vergesellschaftung bleierner Ringanhänger mit einer Speer-/Lanzenspitze mit umgebogener Griffangel (beispielsweise Bilgi 1990, 218 Fig. 19,428 mit Bilgi 1990, 206 Fig. 7,42) ist eine späte Datierung der Gruppe der Ringanhänger von İkištepe ins 3. Jt. v. Chr. möglich (Sk. 569). Für einen Teil der Silberfunde (b und c) – die mit Speerspitzen vergesellschaftet sind, mag dasselbe gelten<sup>4694</sup>.

**Bemerkungen:** Aufgrund der Publikationslage kann die stratigraphische Situation in İkištepe mit seinen vier Kuppen derzeit leider kaum Anhaltspunkte für eine Einordnung der (Silber-)Funde liefern, so dass der Datierung der Funde über Analogien und den oben gemachten Überlegungen vor ihrer Datierung über die stratigraphische Zuordnung derzeit Vorrang eingeräumt werden muss<sup>4695</sup>. Diese Art der Datierung ist als Arbeitshypothese indes nur vorläufig und muss dies auch solange bleiben, bis einmal das gesamte Material aus den Grabungen in überprüfbarer Weise vorgelegt wird. Leider hatte und hat İkištepe Leitstratigraphiecharakter, was eine Aufarbeitung des Materials umso dringlicher werden lässt.

Die Angabe des Materials als Silber ist in einem Fall mit einem Fragezeichen verbunden (Ring von Bestattung Sk. 632). Aber auch bei den anderen Stücken ist, da Materialanalysen fehlen, ein wenig Vorsicht geboten: In İkištepe herrscht Arsenkupfer vor<sup>4696</sup>, und je nach Lagerungsbedingungen und Restaurierungsmethode mag dieses silbern aussehen<sup>4697</sup>. Dennoch stachen diese Stücke soweit aus der Masse des Arsenkupfers hervor, um als Silber angesprochen zu werden.

Zu den Funden mit der Fundortangabe „Siedlungsschichten“ vgl. Kat. 26 Exkurs İkištepe!

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturauswahl:** Bilgi 1984; Bilgi 1990; Bilgi 2001; Bilgi 2004; Bilgi 1993, 237; Bilgi 1999a, 381. 387; Alkım u. a. 1988; Alkım u. a. 2003; Parzinger 1993b, 236f.; Thissen 1993, bes. 217f.; Schoop 2005, bes. 307-322; Lichter 2006.

**Koordinaten:** 41,6, 35,86666667

**Datierung Karte:** 4./3. Jt.

**Exkurs İkištepe:** Seit Abfassung dieses Exkurses im Rahmen meiner Magisterarbeit sind neue Arbeiten zum İkištepe und seiner Chronologie erschienen. Und obwohl sich auch meine eigene Auffassung geändert hat, mögen folgende nicht überarbeiteten Überlegungen in Teilen immer noch zu neuen Sichtweisen um die Situation dieses wichtigen Fundortes beitragen. Vor dem Hintergrund des relativen Reichtums an Metallfunden aus den ‚Siedlungszusammenhängen‘ von İkištepe, die aus den Sondagen von İkištepe I aus „Siedlungsschichten“ (*building levels*) im Bereich des Gräberfeldes stammen, hier vor allem aus dem gleichen Tiefenbereich wie die teilweise metallreichen Bestattungen, während die sonstigen Siedlungszusammenhänge des İkištepe eher

---

<sup>4689</sup> Im Sinne Orthmanns (vgl. Orthmann 1963).

<sup>4690</sup> So Parzinger 1993b, 237; Siehe Bilgi 1990, 168f.

<sup>4691</sup> Siehe etwa Parzinger 1993b, 237 und Schoop 2005, 308 und siehe auch einige Nadelformen bei Bilgi 1984, 62-63, 93 Fig. 199-205, besonders 199 und vgl. dazu auch Klein 1992, 275-276); Siehe dazu etwa auch die Profilzeichnungen bei Alkım u. a. 2003, Pl. 36-37 – Die bei Bilgi 1990, 173 Anm. 64 erwähnten eisernen Sicheln stammen entweder aus dem Randbereich von İkištepe I oder lagen relativ dicht an der Telloberfläche (vgl. Bilgi 1984, 46).

<sup>4692</sup> Schoop 2005, 321f. mit Abb. 8.9.

<sup>4693</sup> Schoop 2005, 314. 319.

<sup>4694</sup> Der Silberfund b) aus Bestattung Sk. 519 ist mit einer Speerspitze (İ/84-505: Bilgi 1990, 184. 207 Fig. 8,53) vergesellschaftet, für die eine Datierung ins 3. Jt. v. Chr. v. Chr. angezeigt sein könnte. Zwei Speerspitzen aus Grab 569 können als Vergleiche herangezogen werden (İ/85-126, İ/85-127: Bilgi 1990, 125. 127. 186. 206 Fig. 7,42; 209 Fig. 10,74).

<sup>4695</sup> In Gegensatz dazu Bilgi, der der stratigraphischen Zuordnung nicht nur Vorrang einräumt, sondern typologischen Außenvergleichen gleichsam eine Absage erteilt (Bilgi 1984, 74).

<sup>4696</sup> Bilgi 1990, 170.

<sup>4697</sup> Siehe auch Bilgi 1990, 171.

metallarm sind<sup>4698</sup>, stellt sich die Frage, ob es sich bei den zusammen in „Siedlungsschichten“ gefundenen Metallfunden tatsächlich um Siedlungsfunde handelt, oder ob es sich nicht um Beigaben unerkannter Gräber oder gar Kenotaphe – ähnlich denen in Varna<sup>4699</sup> – handelt. Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob diese überhaupt, so wie von Bilgi vorgenommen, chronologisch voneinander zu trennen sind<sup>4700</sup> (siehe hierzu weiter unten). Noch schwieriger ist der Fall bei den einzeln aufgefundenen Metallgegenständen, bei denen die Fundumstände teilweise mit größerer Sicherheit darauf hindeuten, dass sie tatsächlich aus Siedlungszusammenhängen stammen<sup>4701</sup>. Leider ist eine Klärung des Sachverhaltes derzeit nicht mit Sicherheit möglich<sup>4702</sup>, dennoch sollen hier eine Reihe von Indizien angeführt werden, welche die Deutung als Funde aus Siedlungszusammenhängen in Frage stellen.

Die Bestattungen der Nekropole von İkištepe I sind nicht in einer exakt einheitlichen Tiefe niedergelegt<sup>4703</sup>. Bilgi nennt als Grund, dass die Hügeloberfläche während des Zeitraumes, in dem die Bestattungen niedergelegt wurden, erodiert sei<sup>4704</sup>. Jedoch legen auch allgemeine Überlegungen nahe, dass die Bestattungen nicht in genau derselben Tiefe liegen. So ist zu beachten, dass die Schichten in İkištepe I sehr komplex und wohl teilweise auch entgegen der heutigen Hangneigung verlaufen<sup>4705</sup>. Außerdem scheint die Nekropole über einen längeren Zeitraum benutzt worden zu sein, worauf Überschneidungen bei den Bestattungen hindeuten<sup>4706</sup>. Eine genaue Einhaltung der Tiefe über die Zeit war vielleicht nicht möglich. Vielleicht haben sich auch die Vorstellungen von der Grabtiefe im Laufe der Zeit gewandelt. Zu denken wäre ebenfalls an einen Bedeutungsgehalt der Grabtiefe in Abhängigkeit vom Aufwand beim Anlegen (in größere Tiefe) oder an die Bodenbedingungen beim Abtiefen:

---

<sup>4698</sup> Siehe Bilgi 1984 und Bilgi 1990; Für einen schnellen Überblick zu den Fundzusammenhängen der Metallobjekte siehe besonders Bilgi 1984, 34 und Bilgi 1990, 119. Zur Anzahl der Funde aus Gräbern und Siedlungszusammenhängen vgl. Bilgi 1984, 35 Anm. 5; Und siehe die Appendices mit der Auflistung der Grabinventare (Bilgi 1984, 74-80; Bilgi 1990, 177-189 [Appendix II]) mit den Funden aus ‚Siedlungszusammenhängen‘ (v. a. in den Katalogteilen: Bilgi 1984, 36-73; Bilgi 1990, 120-165. bes.176 Appendix I); Zur Lage des Gräberfeldes am Westhang von İkištepe I siehe Bilgi 1990, 168 Anm. 44.

<sup>4699</sup> Der Vergleich mit Varna soll hier nicht überstrapaziert werden, da eine völlige Gleichzeitigkeit der Gräberfelder beider Fundorte nicht sicher festgemacht werden kann, wobei Parallelen mit KGK VI mögliche zeitliche oder kulturelle Berührungspunkte anzeigen könnten (siehe etwa Kat. 26 Datierung [İkištepe]). Trotzdem mögen ähnliche Voraussetzungen und Vorstellungen, ablesbar an Funden wie Figurinen und Ringanhängern und der Bedeutung von Metall, zu ähnlichen Erscheinungen geführt haben. In welcher Art, Reihenfolge und Richtung, muss offenbleiben. Neben den eben genannten Funden sind die Bedeutung von Metall und die sich im Gräberfeld von İkištepe I andeutende soziale Stratifizierung (siehe auch Bilgi 1990, 173; ferner Bilgi 1984, 35) zumindest Hinweis auf ähnliche Erscheinungen. Umso dringlicher ist eine Aufarbeitung und Auswertung des Materials des Gräberfeldes von İkištepe I. Kritisch zur Möglichkeit von Beziehungen zwischen Varna und İkištepe äußert sich Lichter (Lichter 2006, bes. 529). Bilgi selbst weist im Zusammenhang mit den Bestattungssitten und Funden auf Parallelen mit Varna hin (Bilgi 2004, 26; Bilgi 1984, 74; weniger deutlich Bilgi 1990, 175). Zu den Bestattungssitten des südosteuropäischen Chalkolithikums und von Varna siehe Lichter 2001, bes. 93-113.

<sup>4700</sup> Siehe etwa Schoop 2005, 308 mit Anm. 352; 310-311. 313-314; So haben die Metallformen (nach der Typologie von Bilgi [Bilgi 1984; Bilgi 1990]) in den Gräbern (nach den Ausgräbern EBA III) enge Parallelen in den Siedlungsschichten (EBA II) (Bilgi 1990, 167) und auch teilweise in Schichten, die der ‚*Transitional Period*‘ zugerechnet werden (etwa Bilgi 1984, 45): zu einzelnen Beispielen siehe etwa Bilgi 1990, 129-130. Jedoch besteht auch Potential, Gräber aus der Nekropole, die von den Ausgräbern teilweise als ein monolithischer Block gesehen wird, zeitlich voneinander zu trennen (siehe Kat. 26 Datierung [İkištepe]).

<sup>4701</sup> Siehe etwa Bilgi 1990, 129f.; Bilgi 1994, 143.

<sup>4702</sup> Eine Vorlage des Gräberfeldes wäre wünschenswert. Die Kataloge zu den Metallfunden (Bilgi 1984; Bilgi 1990) geben nicht genug her, vor allem was die genauen Fundumstände betrifft. Hier helfen leider auch die knappen Vorberichte (siehe z. B. die Literaturangaben in der Bibliographie von Bilgi 2001, 48 unter Ö. Bilgi für eine teilweise Auflistung der hauptsächlich in Kazı Sonuçları Toplantısı [KST] erschienen Vorberichte) und die anthropologischen Bestimmungen eines Teils des Skelettmaterials von İkištepe in den beiden bislang erschienen monographischen Vorberichten nicht weiter (Becker 1988; Schultz 2003; Wittwer-Backoffen 2003). Abhilfe schafft auch ein Artikel zu den Bestattungssitten von İkištepe nicht (Bilgi 2004).

<sup>4703</sup> Die Bestattungen von İkištepe I liegen über einen Höhenbereich von etwa 26,70 bis 20,00 m verteilt (Bilgi 1984, 34; Bilgi 1990, 168 Anm. 44).

<sup>4704</sup> Bilgi 1990, 168 Anm. 44.

<sup>4705</sup> Zur Lage der Nekropole im Zusammenhang mit dem Schichtenverlauf siehe beispielsweise Alkim u. a. 2003, Plate. 55.

<sup>4706</sup> Siehe Kat. 26 Datierung und Bilgi 1990, 168 Anm. 45 sowie die Gräberfeldpläne (etwa Bilgi 1990, Fig. 1-2).

Da in einem Tell mit Siedlungsschichten bestattet wurde, mag man beim Erreichen harter oder ungünstiger Straten mit dem Graben aufgehört haben. Trotzdem bleibt festzuhalten, dass die Gräber, obwohl sie über einen Höhenbereich von etwa 7 m verteilt sind<sup>4707</sup>, in relativ gleichmäßiger Höhe eingebracht wurden, vor allem im Hinblick auf Gräber die einander räumlich nahe sind<sup>4708</sup>. Da die Höhenangabe der Funde und Befunde mit Problemen behaftet ist<sup>4709</sup>, und auch die stratigraphische Situation bei der Ausgrabung zu Problemen führte<sup>4710</sup>, ist eine genaue Aussage dazu und eine Zuordnung der Gräber zu einzelnen Schichten bzw. Horizonten schwierig<sup>4711</sup>.

Die Bestattungen mit Ringanhängern und der goldene Ringanhänger ‚aus Siedlungsschichten‘ (siehe Kat. 26) stammen aus einem Höhenbereich von 22,80 bis 24,34 m und liegen räumlich relativ nahe zusammen, wenn man sich die immer noch nicht vollständig erfasste Gesamtausdehnung der Nekropole vor Augen führt<sup>4712</sup>, auch wenn Unsicherheiten hinsichtlich der zeitlichen Tiefe des Gräberfeldes bestehen. Im gleichen Höhenbereich liegen neben Silberfunden (siehe Kat. 26 İköztepe Datierung) auch die Metallfunde, die zusammen in Gruppen gefunden wurden, teilweise auf „trodden earthen floor(s)“<sup>4713</sup>. Bei den als zusammen in Quadrant D-1/IV-10 bei etwa 23,19 m aufgefunden bezeichneten Metallobjekten<sup>4714</sup> lässt sich bei näherer Betrachtung über die Locusnummern im Katalogteil bei Bilgi möglicherweise eine weitere Unterteilung vornehmen, was auch im Einklang mit den Höhenwerten steht<sup>4715</sup>. Ähnliches gilt für die Gruppe von Metallobjekten aus Quadrant D-2/IV-12 aus einer Höhe von etwa 21,96 m, die einen kupfernen ‚Hair Clip/Bobby Pin‘<sup>4716</sup> enthält. Einen silbernen ‚Hair Clip/Bobby Pin‘ enthält auch ein Konvolut von Metallfunden ähnlichen Umfangs aus Quadrant D-1/IV-10 (22,95 m)<sup>4717</sup>. Diese Funde stammen alle aus dem Bereich des Gräberfeldes. Besonders bei dem Fund aus D-1/IV-12 fällt

---

<sup>4707</sup> Vgl. Bilgi 1984, 34; Bilgi 1990, 168 Anm. 44 (und siehe oben).

<sup>4708</sup> Siehe die Höhenangaben der Funde in den Katalogen bei Bilgi (Bilgi 1984; Bilgi 1990) und die Gräberfeldpläne (etwa bei Bilgi 1990, Fig. 1-2; Alkım u. a. 1988, Plan 16; Alkım u. a. 2003, Plate 31 Plan 14; Plate 49 Plan 19) und die Profilpläne (etwa Alkım u. a. 2003, Plate 35. 56-57). So liegen die Funde der Ringanhänger – ob nachweislich zu Bestattungen gehörig oder aus Siedlungsschichten – genauso wie der anthropomorphe Anhänger von Bestattung Sk. 41, die sich mit Stücken vom Balkan vergleichen lassen, in einem relativ engen Höhenbereich. Auch die Bestattungen mit Silber oder jene mit Vierfachspiralen. Siehe hierzu Kat. 26 Datierung und Fundzusammenhang (İköztepe), sowie die unten folgenden Ausführungen.

<sup>4709</sup> Die Höhenangabe der Gräber ist nicht von der Geländeoberkante – in diesem Fall einem zum Grabungszeitpunkt geböschten Hügel – gemessen, sondern nach einem absoluten Wert, einem angenommenen Punkt über der Hügelkuppe. So sind die Höhenangaben in den Appendices und den Katalogen von Bilgi (Bilgi 1984; Bilgi 1990) nur schwer als Anhaltspunkt für die Grabtiefen, zumal von einer ursprünglichen Geländeoberfläche (vgl. die Ausführungen zum Aufbau des Hügels und der Erosion), zu verwenden. Vgl. dazu auch die Stratigraphie und den Verlauf der Schichten von İköztepe I bei Alkım u. a. 2003, Plate 55. Siehe dazu auch Schoop 2005, 309-310 mit Anm. 354. Weiter bleibt festzustellen, dass sich die Höhenangaben von Funden und einzelner Grabinventare und des dazugehörigen Skelettes in den Katalogen von Bilgi (Bilgi 1984; Bilgi 1990), den Gräberfeldplänen, den Berichten in İköztepe I und II (Alkım u. a. 1988; Alkım u. a. 2003) usw. z. T. unterscheiden (siehe z. B. die Abgaben bei der Bestattung Sk. 32 und bei den zusammen aufgefundenen Metallgegenständen aus D-3/II-5 (vgl. Alkım u. a. 2003, 34; Plate 22 Plan 12; Bilgi 1990, 176).

<sup>4710</sup> Bilgi 1990, 168 Anm. 45; „The cultural layer with numerous building levels at İköztepe had to be determined according to the successive earthen floors in the absence of stone or mudbrick foundations.“ (Bilgi 1984, 34); Schoop 2005, 308; Im Bereich des Gräberfeldes führte die schiere Häufigkeit von Bestattungen zu Problemen bei der Ausgrabung (Bilgi 1990, 168 Anm. 45 und vgl. auch die Gräberfeldpläne [Bilgi 1990, Fig. 1-2; Bilgi 1984, Fig. 3-6]).

<sup>4711</sup> Jedoch dürften einige Bestattungen aus den obersten Schichten von İköztepe I der entwickelten Frühbronzezeit angehören (vgl. etwa Schoop 2005, 308 und siehe auch einige Nadelformen bei Bilgi 1984, 62-63. 93 Fig. 16,199-205. bes. 199 und vgl. dazu auch Klein 1992, 275-276); Siehe dazu etwa auch die Profilzeichnungen bei Alkım u. a. 2003, Plate 36-37.

<sup>4712</sup> Siehe etwa Bilgi 1990, 168 Anm. 44 und Bilgi 2004 und die Kinderbestattungen Sondage J im Hangbereich von İköztepe III (Alkım u. a. 2003, 34), sowie die Bestattungen von İköztepe III aus Sondage L und M (Bilgi 1999a; Bilgi 2002).

<sup>4713</sup> Bilgi 1990, 167.

<sup>4714</sup> Bilgi 1990, 176.

<sup>4715</sup> Bilgi 1990.

<sup>4716</sup> Bilgi 1990, bes. 176.

<sup>4717</sup> Bilgi 1993, 237.



auf, dass er nach Ausweis eines Gräberfeldplanes<sup>4718</sup> aus einem Gebiet mit hoher Bestattungsdichte stammt; er lag nur geringfügig tiefer als das Gros der Bestattungen auf diesem Plan.

Aus Sondage J vom Hangbereich des İkištepe III (D-3/II-5) stammt ein weiterer Metallfund von vier Stücken, der nahe einer Kinderbestattung (Sk. 32) auf einem ‚trodden earthen floor‘ gefunden wurde<sup>4719</sup>.

Im Zusammenhang mit den ‚trodden earthen floors‘<sup>4720</sup> wären die genaue Beschaffenheit, Ausdehnung usw. zu klären. İkištepe ist bekannt für seine Holzarchitektur, und ein zu beobachtender bautechnisches Merkmal sind Fußböden mit einer hölzernen Unterlage mit einer oben aufliegenden Lehm-packung<sup>4721</sup>. Inwieweit Stampflehm-böden vertreten sind, und ob diese an bestimmte Architektur gebunden sind, müsste erörtert werden; so stammen Vorratsgefäße mit Getreide von solchen Böden<sup>4722</sup>. Dann könnte man die Frage klären, ob es sich bei den ‚trodden earthen floors‘ in manchen Fällen auch um den Boden besonders behandelter Grabgruben handeln könnte.

Die Niederlegung der Toten erfolgte meist in gestreckter Rückenlage, seltener auch in rechter oder linker seitlicher Hockerlage<sup>4723</sup>. Bei der Ausrichtung scheint die Südliche vorzuherrschen<sup>4724</sup>. Aus den Katalogen zu den Metallfunden lassen sich einige Grabinventare rekonstruieren. Es bleibt jedoch zweifelhaft, ob diese vollständig sind<sup>4725</sup>. Zusammen mit dem Umstand, dass auf den bisher veröffentlichten Plänen der Nekropole nicht alle Gräber eingezeichnet sind<sup>4726</sup>, und dass aufgrund der oben erwähnten schwierigen stratigraphischen Situation möglicherweise nicht alle Gräber erkannt wurden<sup>4727</sup>, schränkt das die Aussagemöglichkeiten leider weiter ein. Grabgruben wurden wohl nicht beobachtet bzw. sind nicht dokumentiert und erwähnt<sup>4728</sup>. Bilgi weist in Zusammenhang mit den Bestattungssitten auf Parallelen mit den Ockergräbern der südrussischen Steppen hin<sup>4729</sup>. An anderer Stelle zieht er den Vergleich mit Varna, auch unter Hinweis auf Typen wie die Ringanhänger, verwirft diesen Bezug aber sofort wieder<sup>4730</sup>.

Bei diesen Vergleichen ist Vorsicht geboten bzw. Bilgis Ablehnung aus chronologischen Gesichtspunkten nicht zu verstehen. Bilgi vertritt einen radikal anderen Zeitansatz<sup>4731</sup> und dies teilweise auch im Zusammenhang mit der von ihm erörterten Herkunftsfrage der Metallurgie des İkištepe und seiner Träger<sup>4732</sup>.

Die Funde aus den Siedlungszusammenhängen ähneln in ihrer Zusammensetzung Grabfunden<sup>4733</sup>. Da in diesem Tiefenbereich auch Bestattungen angetroffen wurden, und sich die Metalltypen nach Bilgi sowohl in Siedlungsschichten (Frühe Bronzezeit II = FBZ II) als auch in Gräbern (FBZ III) finden (siehe oben), verweist Bilgi auf die Möglichkeit, dass es sich bei den ältesten Bestattungen der Nekropole vielleicht um intramurale Bestattungen handeln könne<sup>4734</sup>. Sollte es sich tatsächlich bei den in Gruppen gefundenen Metallgegenständen

---

<sup>4718</sup> Bilgi 1990, Fig. 2.

<sup>4719</sup> Bilgi 1990, 167. 176.

<sup>4720</sup> Siehe dazu bes. Bilgi 1990, 167.

<sup>4721</sup> Bilgi 1990, 166.

<sup>4722</sup> Bilgi 1990, 167.

<sup>4723</sup> Siehe etwa Bilgi 1984, Fig. 3-6; Bilgi 1990, Fig. 1-2.

<sup>4724</sup> Lichter 2006, 527.

<sup>4725</sup> Da diese fast ausschließlich die Metallfunde enthalten und Funde aus anderen Materialien möglicherweise nicht alle auflisten (Bilgi 1984; Bilgi 1990). Siehe hierzu besonders Bilgi 1984, 74 Anm. 12.

<sup>4726</sup> Auf einem Teil oder allen bislang veröffentlichten Plänen sind nur solche Gräber verzeichnet, die auch Funde erbrachten. Siehe dazu Bilgi 1984, 34 Anm. 3; Vgl. mit Bilgi 2004, 25: nur etwa die Hälfte der zwischen 2000 und 2002 in Sondage M gefundenen Gräber enthalten Beigaben. Ein ähnliches Bild zeigten schon die bis 1986 freigelegten Gräber: von 669 Bestattungen enthielten 379 keine Beigaben (Bilgi 1990, 166 Anm. 34). Die Zählung der Bestattungen gibt Rätsel auf (vgl. Bilgi 1990, 166 Anm. 34 mit Bilgi 2004).

<sup>4727</sup> Siehe hierzu etwa Bilgi 1990, 168 mit Anm. 44 und bes. Anm. 45.

<sup>4728</sup> Vgl. Bilgi 1990, 166; Bilgi 2004; Jedoch liegen Angaben über Mehrfachbestattungen aus einem Grab vor. Grabgruben scheinen sich abzuzeichnen (vgl. Bilgi 2004).

<sup>4729</sup> Bilgi 1990, 165.

<sup>4730</sup> Beispielsweise Bilgi 2004, 26; Bilgi 1984, 74.

<sup>4731</sup> Die hier zur Diskussion stehenden Funde gehören ihm zufolge der FBZ II (2800-2400 v. Chr.) und der FBZ III (2400-2100 v. Chr.) an (Bilgi 2001, 26f.; Bilgi 1984, 96 Fig. 19).

<sup>4732</sup> Bilgi 1990, 165-175; Bilgi 2001 – Dass die Funde in İkištepe alle an diesem Fundort (zeitgleich) vereint seien, ist für Bilgi Zeichen eines lokalen Ursprunges (Bilgi 1984, 73; Bilgi 2001; Bilgi 1990, 165-175).

<sup>4733</sup> So etwa Bilgi 1990, 167. Die Anzahl der Metallfunde in Gräbern liegt etwa zwischen einem und acht Stücken je Grab (Bilgi 1984, 35). Siehe hierzu die Appendices in den Katalogen zu den Metallfunden von Bilgi (Bilgi 1984; Bilgi 1990).

<sup>4734</sup> Bilgi 1990, 129f. 168 – Zur Datierung von Bilgi siehe etwa Bilgi 1984, 96 Fig. 19; Bilgi 1990, 165; Bilgi 2001, 26f.

um Siedlungsfunde handeln, führt er somit wahrscheinlich zumindest die blockartige Zuweisung der gesamten Nekropole in die FBZ III *ad absurdum*, da die definierten Typen sowohl in FBZ II als auch FBZ III vorkommen. Gleiches gilt auch, falls es sich bei den Metallsammelfunden um Bestattungen handeln sollte, oder falls die ältesten Bestattungen intramural angelegt worden sein sollten.

„As stated above, these people were not newcomers, since some of the objects deposited in the graves as personal belongings have parallels in the preceding period, i.e. EBA II. The objects in question were found in groups on the trodden earthen floors of the dwellings dated to the cultural layer into which the graves were dug.“<sup>4735</sup>

Aus Sondage M auf İköztepe I stammen neuerdings Bestattungen, welche Bilgi neben FBZ III auch in die FBZ II datiert<sup>4736</sup>. Von hier liegt ein weiterer Sammelfund von Kupfergegenständen vor, vermutlich aus Quadrant D-1/IV-9 (Schnitt M)<sup>4737</sup>.

Bei den auf İköztepe III in Schnitt J gefundenen Metallfunden und den Fundzusammenhängen ist eine Deutung als Siedlungsfunde wahrscheinlich<sup>4738</sup>. Ein Vergleich der Lehm Böden mit hölzerner Substruktion des İköztepe<sup>4739</sup> mit solchen aus Truşeşti<sup>4740</sup> (Kat. 12) wäre interessant.

Beim derzeitigen Wissens- respektive Publikationsstand sind m. E. nach Zweifel daran angebracht, ob alle ‚in Gruppen‘ und einzeln gefundenen Metallobjekte aus ‚Siedlungsschichten‘ tatsächlich Funde aus Siedlungszusammenhängen sind, oder ob es sich nicht vielleicht eher um Beigaben unerkannter Bestattungen (o. Kenotaphe) handeln könnte. Selbst wenn sich diese Zweifel ausräumen ließen, wäre weiter danach zu fragen, ob die zeitliche Trennung der Funde so aufrechterhalten werden kann.

## Obermesopotamien

### Katalog-Nr.: 27

**Fundort:** Domuztepe (Provinz Kahramanmaraş/Türkei)

**Art der Objekte:** zwei Perlen

**Material:** vermutlich beide gediegen Silber

**Analyse:** vgl. Carter u. a. 2003, 125 Anm. 5 (siehe unten Fundzusammenhänge/Begleitfunde).

**Beschreibung:** gerollte Blechperlen, ungleichmäßig groß

**Maße:** max. ca. 1 cm lang (vgl. Maßstab Carter u. a. 2003, 128 Fig. 14)

**Fundumstände:** Bei regulären Ausgrabungsarbeiten, die seit 1995 ausgeführt werden<sup>4741</sup>.

**Fundzusammenhang/Begleitfunde:** „Feature 1123 (498N506E) was an artifact concentration that was discontinuous but sloped down toward the Death Pit edge and its lower layers contained an unusually high proportion of beads, a stone pendant shaped like a bird and a silver bead (fig. 14)“ (Carter u. a. 2003, 125). Bei der sog. „Death Pit“ handelt es sich um eine Kollektivbestattungsanlage mit mindestens 35 Individuen beiderlei Geschlechts sowie unterschiedlichen Alters und Hinweisen auf komplexe Vorgänge<sup>4742</sup>. Für den vogelähnlichen Anhänger wird eine Parallele aus Arpachiyah genannt und „Dr Aslihan Yener and her team at the University of Chicago have identified another silver bead found in a slightly earlier context as native silver“ (Carter u. a. 2003, 125 Anm. 5). In der Abbildungsunterschrift zu Carter u. a. 2003, 128 Fig. 14 wird als Fundort für beide abgebildeten Stücke der Bereich um die Death Pit genannt.

**Stratigraphische Einbindung/Datierung:** Nach <sup>14</sup>C-Daten, die die „Späthalaf“ (Late Halaf, Late Neolithic) Schichten datieren, wird vorläufig ein Zeitraum von 5700-5450 cal BC nahegelegt<sup>4743</sup>. Eine <sup>14</sup>C-Datierung aus der „Death Pit“ gibt einen Hinweis auf einen Zeitfenster um 5570 cal BC<sup>4744</sup> (vgl. aber Fundzusammenhang).

---

<sup>4735</sup> Bilgi 1990, 167.

<sup>4736</sup> Bilgi 2004, 25.

<sup>4737</sup> Bilgi 2002, 18. 24 Resim 2-3: Aus einer Höhe von 21,90 m. Leider stimmen die Locusnummern von Text und Fotografie nicht überein.

<sup>4738</sup> Vgl. Alkim u. a. 2003, 33-35. bes. 34; Plate 22 Plan 12. Es sei noch einmal an die zahlreichen Inkonsistenzen bei den Angaben erinnert (siehe oben).

<sup>4739</sup> Siehe etwa Alkim u. a. 2003, 34; Alkim 1983, 14f. 24; Bilgi 1990, 166f. (vgl. auch zur Datierung).

<sup>4740</sup> Petrescu-Dîmbovița 1963, 175. 176.

<sup>4741</sup> Vgl. Carter u. a. 2003, 118.

<sup>4742</sup> Carter u. a. 2003, 120-128. 132f.

<sup>4743</sup> Carter u. a. 2003, 117. 118. 119 Table 1. 122. 132.

<sup>4744</sup> Carter u. a. 2003, 122.

Besiedlung seit dem keramischen Neolithikum. Die vorgeschichtliche Besiedlung endete mit der Halafzeit. Erneute hellenistische Siedlungstätigkeit<sup>4745</sup>.

**Bemerkungen:**

**Abb.:** Carter u. a. 2003, 128 Fig. 14.

**Literaturauswahl:** Popescu 2015, Carter u. a. 2003, 118. 125 mit Anm. 5. 128 Fig. 14.

**Koordinaten:** Carter u. a. 2003, 117: zwischen Kahramanmaraş und Gaziantep gelegen. www.domuztepe.org (abgerufen am 27.02.2012, zuletzt aktualisiert 2012): „Domuztepe lies 30 km to the south east of Kahramanmaraş“. Vgl. Campbell 1998, 4: „The tepe stands some 12m high on the edge of an alluvial plain and adjacent to a low range of hills.“ Daraus ungefähre und vorläufige Lokalisation nach Google Earth: 37°22'17.00"N, 37° 5'3.56"E.

**Datierung Karte:** 6. Jt.

**Katalog-Nr.: 28**

**Fundort:** Fatmalı Kalecik (Elazığ/Türkei); Zur genauen Lage vgl. Länge 39° 30' Ost, Breite 38° 40' Nord (nach Wright – Whallon 1998, 776) mit Wright – Whallon 1998, 794 Fig. 1.

**Art der Objekte:** Bleiglätte (Litharge) und Blei-Silberschlacke

**Material/Analyse:** Siehe Analysen Hess u. a. 1998, 60-64.

**Beschreibung/Maße:** Vier Stücke Bleiglätte mit Gewichten zwischen 14 und 88 g unregelmäßiger flacher Form mit Durchmessern zwischen 1,5 bis 5 cm bei einer Dicke von 0,5 -1 cm<sup>4746</sup>. Möglicherweise ursprünglich als Tiegelfragment identifiziert<sup>4747</sup>. Vielleicht handelt es sich um die Reste von mit Bleiglätte vollgesogenen Kupellen, bzw. mindestens teilweise sind die Stücke daraus aufgebaut<sup>4748</sup>? Funde von nußgroßen Schlackestücken mit Gewichten zwischen 7 und 24 g. Maximale Größe 3,5 auf 2,5 auf 1 cm<sup>4749</sup>.

**Fundumstände:** Bei Grabungen 1968 gefunden<sup>4750</sup>.

**Fundzusammenhang:** Sie stammen aus Räumen und Höfen die in einem kleinen Schnitt freigelegt wurden<sup>4751</sup>.

**Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde/Datierung**<sup>4752</sup>: Der niedrige Tell weist zwei Phasen auf die sich durch die Keramik gut unterscheiden lassen und evtl. durch einen Hiatus voneinander getrennt sind. Die Befunde mit den Metallurgiebelegen gehören der späteren Phase mit häckselgemagerter Keramik an, für die in manchen Aspekten als Vergleich Amuq F Ware genannt wird<sup>4753</sup>. Die Ausgräber datieren die spätere Phase an die Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr.<sup>4754</sup>. Dies geschieht über einen Vergleich mit den *Late Chalcolithic* Schichten vom Korucutepe. Dieser Zeitraum findet auch in Radiokarbonaten seine Bestätigung<sup>4755</sup>.

Von den Bearbeitern der Bleiglätte und der Blei-Silberschlacke werden die Funde – neben einer Datierung in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. in einer Tabelle<sup>4756</sup> – mit dem vermeintlichen technologischen Niveau der Späten Uruk Periode unter Verweis auf die Funde von Habuba Kabira-Süd und Arslantepe gleichgesetzt, ohne die Datierung jedoch direkt anzusprechen<sup>4757</sup>. Damit verbunden wäre eine Datierung ins letzte Drittel des 4. Jt. v. Chr.

**Bemerkungen:** Die Funde deuten auf eine sog. „schlackenlose“ Metallurgie mit hochangereicherten Erzen aus der Oxidationszone des Eisernen Hutes an<sup>4758</sup>. Es wurden Jarosite oder wahrscheinlicher Cerussite geschmolzen und anschließend kupelliert. Die Kupellationstiegel bestanden vermutlich aus Quarz und Mergel<sup>4759</sup>. In Blei-Silberschlacke (bis 8,4 % als As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) und Bleiglätte (bis 0,31 % als As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) finden sich geringe Arsengehalte<sup>4760</sup>. Die

<sup>4745</sup> Vgl. Carter u. a. 2003, 118.

<sup>4746</sup> Hess u. a. 1998, 59.

<sup>4747</sup> Wright – Whallon 1998, 785.

<sup>4748</sup> Vgl. Pernicka u. a. 1998, 125; Hess u. a. 1998, 63.

<sup>4749</sup> Hess u. a. 1998, 59.

<sup>4750</sup> Wright – Whallon 1998, 776.

<sup>4751</sup> Wright – Whallon 1998, 786; Hess u. a. 1998, 58.

<sup>4752</sup> Wright – Whallon 1998, 776-781. 784-786.

<sup>4753</sup> Wright – Whallon 1998, 780.

<sup>4754</sup> Wright – Whallon 1998, 779.

<sup>4755</sup> Hess u. a. 1998, 58.

<sup>4756</sup> Hess u. a. 1998, 59 Table 1 (Abbildungsüberschrift).

<sup>4757</sup> Hess u. a. 1998, bes. 57. 65 – Zu einer ähnlichen chronologischen Einordnung von Fatmalı Kalecik siehe Pernicka u. a. 1998, 132.

<sup>4758</sup> Hess u. a. 1998, bes. 59. 61. 64f.

<sup>4759</sup> Hess u. a. 1998, 64.

<sup>4760</sup> Hess u. a. 1998, 61f. mit Table 2.

Blei-Silberschlacke mit dem hohen Arsengehalt gilt als Ausreißer. Vgl. aber weitere Möglichkeiten der chalkolithischen Verhüttung.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Hess u. a. 1998; Wright – Whallon 1998.

**Koordinaten:** 38,88333333, 38,95

**Datierung Karte:** 5./4. Jt.

## Katalog-Nr.: 29

**Fundort:** Hacinebi (Şanlıurfa /Türkei)

**Art der Objekte:** zwei Silberohrringe<sup>4761</sup>

**Material:** Silber

**Analyse:** Siehe Stein 2002, 150: „Preliminary chemical tests [...] indicated [...] silver and NOT lead“.

**Beschreibung:** zwei Silberohrringe

**Maße:**

**Fundumstände:** 1995 bei Grabungen gefunden<sup>4762</sup>.

**Fundzusammenhang:** Topfbestattung eines Kleinkindes (*infant*)<sup>4763</sup>

**Stratigraphische Einbindung**<sup>4764</sup>: In der oberen von zwei Bauphasen der Phase Hacinebi A (*locus* 73). Unter einem Fußboden.

**Begleitfunde:** In der Keramik mit der Bestattung befanden sich außer dem Skelett ein Miniaturgefäß, ein Kupferring und die zwei genannten Silberohrringe<sup>4765</sup>.

**Datierung**<sup>4766</sup>: Hacinebi A (=early pre-contact) ist durch lokale Keramik ohne Verbindungen zur Uruk Kultur gekennzeichnet. Phase B1 (=late pre-contact) ist weiterhin durch lokale chalkolithische Keramik gekennzeichnet und in B2 (=contact) treten neben die lokale Keramik noch Urukwaren.

Durch Vergleiche der Keramik mit der anderer Fundorte<sup>4767</sup> und v. a. durch <sup>14</sup>C-Datenserien (vor allem für Hacinebi B) und stratigraphischer Überlegungen ist Hacinebi A in die (frühe) erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. mit einem möglicherweise früheren Beginn zu datieren<sup>4768</sup>.

Jedoch ist Vorsicht geboten, inwieweit hier chronologisch bedeutsame Komplexe vorliegen, oder ob es sich um nutzungsbedingte Unterschiede in verschiedenen Arealen handelt<sup>4769</sup>, vor allem bei den weiten Überlappungen der einzelnen Phasen<sup>4770</sup>.

Die Silberringe werden von Stein unter *Late Chalcolithic* 2 (4200–3850 v. Chr.) besprochen<sup>4771</sup>.

**Bemerkungen:** In Nordsyrien und Südostanatolien gibt Evidenz für eine für soziale Komplexität, Organisation, Fernaustauschsysteme und auch eine fortschrittliche Kupfer- und Silbermetallurgie im frühen 4. Jt. v. Chr. noch vor der Phase des Uruk-Kontaktes<sup>4772</sup>. Aus Lagerräumen der Phase Hacinebi A gibt es Hinweise auf Metallurgie und administrative Tätigkeiten<sup>4773</sup>. Auch aus den anderen Phasen gibt es Hinweise auf Metallurgie<sup>4774</sup>.

In den Phasen A und B1 wurde die lokale südostanatolische Tradition des 5. Jt. v. Chr. von Topfbestattungen von Kindern und Säuglingen fortgeführt<sup>4775</sup>.

Aus Phase A und B liegen Keramiken mit Affinitäten zu Amuq F vor<sup>4776</sup>.

---

<sup>4761</sup> Stein u. a. 1996, 96; Stein 2001, 273f.; Stein 2002, 150.

<sup>4762</sup> Siehe Stein u. a. 1996, bes. 96.

<sup>4763</sup> Stein u. a. 1996, 96.

<sup>4764</sup> Siehe Stein u. a. 1996, 96; Stein 2001, 273.

<sup>4765</sup> Stein u. a. 1996, 96.

<sup>4766</sup> Stein u. a. 1996, 96f.; Wright – Rupley 2001, 88 Fig. 3.1; 89. Fig. 3.2; 105-110 mit Fig. 3.16; 3.17; 3.18; Stein 2001, 299.

<sup>4767</sup> Helwing 2002, 189 Abb. 79.

<sup>4768</sup> Stein u. a. 1996, 96f.; Wright – Rupley 2001, 105-110. bes. 109f.; Rothman 2001, 7 Table 1.1; Stein 2002, 149.

<sup>4769</sup> Vgl. die Ausführungen von Wright und Rupley vor allem in Bezug auf die fehlenden Übereinstimmungen der <sup>14</sup>C-Daten aus verschiedenen Grabungsbereichen innerhalb einzelner Phasen (Wright – Rupley 2001, 107).

<sup>4770</sup> Vgl. Wright – Rupley 2001, 105-110.

<sup>4771</sup> Stein 2012, 135.

<sup>4772</sup> Stein 2001, 266-268; Siehe Kap. IV.5.

<sup>4773</sup> Stein 2001, 271.

<sup>4774</sup> Stein 2001, 277; Stein 2002, 150.

<sup>4775</sup> Stein 2001, 272f.

<sup>4776</sup> Siehe etwa Wright – Rupley 2001, 107. Stein 2002, 150.

**Tafel/Abb./Karte:****Literaturauswahl:**

Stein u. a. 1996, 96f.; Stein 2001, 272-274; Stein 2002, 150; Wright – Rupley 2001, 205-210; Stein 2012, 135.

**Koordinaten:** 37,05, 37,96666667

**Datierung Karte:** 1. H. 4. Jt.

**Katalog-Nr.: 30**

**Fundort:** Korucutepe (Elazig/Türkei) in der Osttürkei

**Art der Objekte:** mehrere Ringe, Stirnband, Nadel, halbmondförmiger Halsschmuck, Silberdraht, Armband mit Spiralenden, Siegelreif (zu drei Bestattungen gehörig; siehe unten)

**Material:** Silber

**Analyse:**

**Beschreibung:** siehe Fundzusammenhang.

**Maße**<sup>4777</sup>:

Siegelreif aus Grab „L“: G 30 g;

Grab „J“: zwei Paar Silberringe (Haarringe?): Dm 3,7 cm; Zwei Silberringe von der Schädeloberseite (Haarringe?): Dm 2,7 cm; 16 Bruchstücke eines Armbandes: Qs 4 mm; zwei Blechperlen: L 3,8 cm, D 2 mm.

**Fundumstände:** Bei Ausgrabungen in den in den späten 1960er Jahren gefunden<sup>4778</sup>.

**Fundzusammenhang:** Die Funde stammen aus zwei spätchalkolithischen Kistengräbern mit Lehmziegeleinbau<sup>4779</sup>:

Das Doppelgrab „L“ enthielt die Bestattung einer Frau und eines Mannes. Die Beigaben des Mannes umfassten u. a. neben einem Keulenkopf aus Eisenerz und einem Dolch ein silbernes Armband mit eingerollten Enden. Zur Frau gehörten neben weiteren Beigaben ein silberner Siegelreif mit Wildziegenmotiv, welcher sich um ein Handgelenk befand.

Grab „J“ mit der Bestattung einer Frau enthielt zahlreiche Beigaben, darunter Silberobjekte: im Bereich des Schädels befand sich ein Silberband mit Knochenperlen. Weiter im Bereich des Kopfes fanden sich zwei Paare von kleinen Silberringen mit überlappenden Enden; vielleicht zum Kopfschmuck gehörig. An der Schädeloberseite lagen zwei weitere Silberringe, bei denen es sich möglicherweise Haarringe handelt. Um den Hals lag ein silberner halbmondförmiger Halsschmuck. Aus dem Bereich des rechten Handgelenkes stammen 16 Stücke eines Silberdrahtes, die mit Muschelperlen ein Armband formten (Muhly 2011, 865: „bracelet made of thin silver threads [diameter approximately four millimeters] woven together to form the bracelet“). Eine gebogene Silbernadel befand sich auf Höhe des Beckens und mit dünnem Silberdraht war an einem Ende eine rote Perle befestigt. Zwei Perlen aus Silberblech fanden sich im Bereich des Körpers.

**Stratigraphische Einbindung:** Gegen Ende des „Late Chalcolithic“ (Schichten XXX-XLIV) Nutzung wurde der nordwestliche Bereich des Tells als Nekropole verwendet (Nutzung als Nekropole während Schichten XXXVII-XXXIX)<sup>4780</sup>. Das Doppelgrab „L“ stammt aus Schicht XXXVII und Grab „J“ liegt in Stratum XXXIX<sup>4781</sup>. Über der Steinabdeckung von Grab „J“ lag ein menschlicher Schädel, der vielleicht einen Hinweis auf eine weitere Bestattung darstellt. Darüber in Schicht XL lag die Gefäßbestattung eines Kleinkindes („infant“) und Stücke von Kupfererz<sup>4782</sup>.

**Begleitfunde:** Siehe Fundzusammenhang und Yakar 2002, 16f.; Brandt 1978b, 61f. Pl. 109-111.

**Datierung:** Im Zusammenhang mit dem Silber wird eine Datierung in das späte 4. Jt. erwogen<sup>4783</sup>. Loon (1978) setzte die *Late Chalcolithic* Schichten (XXX-XLIV) von ca. 3500-3000 v. Chr. an<sup>4784</sup>. Die Schichten mit den Gräbern (XXXVII und XXXIX) gehören ans Ende des *Late Chalcolithic* und Loon wies den Gräbern ein Datum um 3000 v.

---

<sup>4777</sup> Brandt 1978b, 61.

<sup>4778</sup> Innerhalb des Zeitraumes von 1968 bis 1970 (vgl. Loon 1973, 357-361).

<sup>4779</sup> Zu den Gräbern, Bestattungen – die Geschlechtsbestimmung wurde über die Beigaben vorgenommen und deshalb unsicher – und Funden siehe Loon 1973, 360f. 380 Fig. 3; 399f. Pl. 4-5; Brandt 1978b, 61f.; Loon 1978, 10f.

<sup>4780</sup> Loon 1978, 9-10.

<sup>4781</sup> Loon 1978, 10f.

<sup>4782</sup> Loon 1978, 11.Pl. 80C.; Yakar 2002, 16f. mit Anm. 1.

<sup>4783</sup> Kohlmeyer 1994, 43; Zimmermann 2005a, 193. 196; Yakar 2002, 16.

<sup>4784</sup> Loon 1973, 359-361.

Chr. zu<sup>4785</sup>. Yakar (1985) übernimmt diese zeitliche Einordnung<sup>4786</sup> und bei einer Besprechung der Metallobjekte belässt er es bei einer Zuweisung ins späte 4. Jt. v. Chr. mit einem Hinweis auf Zuwanderer<sup>4787</sup>.

Die Keramik aus den Gräbern und den *Late Chalcolithic* Schichten lässt sich bedingt mit Amuq F vergleichen<sup>4788</sup>, das sich zeitlich um die Mitte des 4. Jt. oder in die erste Hälfte des 4. Jt. einordnen lassen könnte, jedoch mit großem Spielraum nach oben und unten<sup>4789</sup>. Dagegen nennt Brandt für die *Early Chalcolithic* (Phase A) sowohl Keramik von Amuq A und B als auch Amuq F? als Parallelen<sup>4790</sup>. Jedoch lässt sich die Keramik aus den *Late Chalcolithic* Schichten besser mit Amuq F vergleichen<sup>4791</sup>. Auch Van Loon nennt Amuq F als Vergleich für die Keramik der „Late Chalcolithic“ Schichten (Phase B) von Korucutepe<sup>4792</sup>.

Brandt vergleicht die Keramik aus den Bestattungen auch mit solcher aus den Schichten XI-IX von Tepe Gaura<sup>4793</sup>. Auch der Grabbau sowie einzelne Aspekte der Beigaben sollen Parallelen mit Gräbern aus Gaura haben und der Siegelreif soll sich mit Stempelsiegeln aus Tepe Gaura Schicht IX vergleichen lassen<sup>4794</sup>.

Die als Referenz angegebenen Schichten von Tepe Gaura (XI-IX) werden heute zeitlich in der frühen ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. angesetzt<sup>4795</sup>. Die Situation bei den Gräbern von Tepe Gaura ist etwas unübersichtlich<sup>4796</sup>, aber selbst bei von Schicht VIII aus eingetieften Gräbern befinden wir uns mit großer Sicherheit immer noch in der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr.<sup>4797</sup>. Die Keramik von Gaura XI-X und ferner IX wird teils mit Amuq F Keramik verglichen<sup>4798</sup>.

Sollten die von verschiedenen Autoren angedeuteten Vergleiche einer näheren Betrachtung standhalten, könnten die Silberobjekte deutlich in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. datiert werden.

Die Radiokarbondatierungen von Korucutepe müssten noch einmal auf ihre Kontexte untersucht und vor allem neu kalibriert werden<sup>4799</sup>.

Datierung (nach Popescu 2015) 4400-3500 BC (Anm.: van Loon 1973, 359; Brandt 1973, 444; R. W. Brandt, The Excavations at Korucutepe, Turkey, 1968-70: Preliminary Report. Part IV: The Chalcolithic Pottery, Journal of Near Eastern Studies 32,4, 1973, 439-444).

Muhly (2011, 865) nennt *Late Chalcolithic*.

**Bemerkungen:** Interessant sind mögliche Verbindungen die sich an der Motivik des Siegelreifes ablesen lassen. Ein Vergleich mit der Glyptik wäre deshalb vielleicht vielversprechend.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturauswahl:** Loon 1973, 359-361. 380 Fig. 3; 399f. Pl. 4-5; Brandt 1978b, 61f. Pl. 107-111; Yakar 2002, 16f. 18 Fig. 3; Kohlmeyer 1994, 43; Zimmermann 2005a, 193. 196; Loon 1978, 10f.; Loon u. a. 1973.

**Koordinaten:** 38,63333333, 39,55

**Datierung Karte:** 1. H. 4. Jt.

---

<sup>4785</sup> Loon 1973, 361. 380 Bildunterschrift Fig. 3.

<sup>4786</sup> Yakar 1985, 292.

<sup>4787</sup> Yakar 2002, 16f. – Siehe dazu auch Anm. 1 (Yakar 2002, 17 Anm. 1) mit dem Hinweis auf Zuwanderer in den Schichten XI-IX in Tepe Gaura mit denen er die Gräber „L“ und „J“ von Korucutepe vergleichen will und die Implikationen, die das auf die Datierung hat (vgl. die Ausführungen zu den Gräbern von Gaura bei Datierung Korucutepe).

<sup>4788</sup> Vgl. Brandt 1973, bes. Fig. 19,11; Fig. 20,1-6 mit Braidwood – Braidwood 1960, 235 Fig. 175,1-4; 240 Fig. 180.

<sup>4789</sup> Vgl. Rothman 2001, 9 Table 1.2; Und siehe etwa auch Wright – Rupley 2001, 98f.; Algaze 2001, 42.

<sup>4790</sup> Brandt 1978a, 57-60. bes. 60. vgl. aber auch 6 Table 1.

<sup>4791</sup> Siehe Brandt 1978a, 58-59; Helwing 2002, 183.

<sup>4792</sup> Loon 1978, 9. siehe auch 6 Table 1.

<sup>4793</sup> Brandt 1978b, 62.

<sup>4794</sup> Dieser Vergleich wird unter Vorbehalt gemacht (Brandt 1978b, 62; Yakar 2002, 16).

<sup>4795</sup> Rothman 2002, 3 Table 1.1.

<sup>4796</sup> Vgl. etwa Tobler 1950, 66-69; Rothman 2002, 171-234.

<sup>4797</sup> Rothman 2002, 3. 51f.

<sup>4798</sup> Vgl. 2002a, 57-59; Siehe aber die Einschränkung zu Keramik aus Gräbern Rothman 2002, 52.

<sup>4799</sup> Loon 1978, 8 Table 2; Loon 1973, 359.

### Katalog-Nr.: 31

**Fundort:** Hamoukar (Al-Hasaka/Syrien)

**Art der Objekte:** Silberdraht<sup>4800</sup>

**Material:** Angabe „Silber“

**Analyse:** keine

**Beschreibung:** gewickelter/eingerollter Draht mit einem verdickten Ende. Qs teils rechteckig? (vgl. Reichel 2008, 81 Fig. 8.

**Maße:** k. A.

**Fundumstände:** 2005 bei Grabungen in einer Tiefsondage in Hamoukar Area B entdeckt<sup>4801</sup>.

**Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde:** In Hamoukar Area B, in einem Gefäß zusammen mit drei „bronze disks“, welches sich in einer Lücke zwischen zwei Mauern fand.

**Datierung:** ca. 3800 v. Chr.<sup>4802</sup>

**Bemerkungen:** Den Hinweis auf dieses Stück verdanke ich Frau PD Dr. Helwing.

Aus Area B stammen noch Tondüsen und Tiegel (Anzahl?) „used for melting“<sup>4803</sup>. Die Datierung erfolgt um 3500 v. Chr.<sup>4804</sup>.

Nach Ausweis der Abbildungen (Reichel 2008, 80f. Fig. 7-8) könnten die Kupferscheiben von etwa 5 cm Dm möglicherweise zum Innendurchmesser der Tiegel passen, könnten also Schmelzstücke und mithin Barren darstellen. Die Spuren von Kupferscheibe 5 HM 207 zeigt Spuren, die vom Tiegel, allerdings aber auch vom Sulfidschmelzen stammen könnten.

Ebenso liegen aus Area B aus einer Grube 88 Stempelsiegel, Augenidole und hunderte von Perlen vor mit einer Datierung ins frühe bis Mitte des 4. Jt. v. Chr.<sup>4805</sup>. Mittelsaalhäuser mit Vorratshaltung sowie eine Stadtmauer liegen in Hamoukar aus einer Zeit vor dem Uruk-Kontakt (i. e. bevor sich Einflüsse im Material deutlich manifestieren) vor und die Keramik zeigt zuerst ein lokales *Late Chalcolithic* Gepräge<sup>4806</sup>.

Vorläufig wird für Hamoukar aufgrund von großen Obsidianwerkstätten aus der Zeit zwischen 4500-4000 v. Chr. eine Bedeutung im Obsidianhandel angenommen. Um 3500 v. Chr. soll Kupfer, Hamoukar liegt am Weg zwischen Ergani Maden und Südmesopotamien, die Rolle des Obsidians übernommen habe. Mögliche südmesopotamische Interessen (Uruk) werden für einen abrupten Wechsel (Zerstörung und Versiegelung von Mittelsaalhäusern samt Inventar, Schleuderkugelfunde) in der Zeit von 3500 v. Chr. mit einem vormals lokalen chalkolithischen Gepräge hin zu Urukeinflüssen vermutet<sup>4807</sup>.

**Tafel:**

**Abb.:** Reichel 2008, 81 Fig. 8.

**Karte:** Reichel 2006, 4 Fig. 1.

**Literaturauswahl:** Reichel 2006, bes. 4f.; Reichel 2008, 79f.

**Koordinaten:** 36°48'43"N, 41°57'21"E (<http://en.wikipedia.org/wiki/Hamoukar>)

**Datierung Karte:** 1. H. 4 Jt.

### Katalog-Nr.: 32

**Fundort:** Tepe Gaura (Ninawa/Irak)

**Art des Objektes:** Kopf einer Wolfsfigur aus Elektron<sup>4808</sup> sowie eine Perle (siehe Bemerkungen).

**Material:** Elektron

**Analyse:**

**Beschreibung**<sup>4809</sup>: Der Hals ist röhrenförmig und hat 2 Löcher. Der Kopf besteht aus einem Stück, an das die Ohren, der Unterkiefer und die Zähne angesetzt wurden. Die Ohren waren mit Kupferstiften und der Unterkiefer mit Elektronstiften fixiert. In den Augenhöhlen fanden sich noch Reste von Bitumen. Das Innere des Kopfes war auch mit Bitumen ausgefüllt.

<sup>4800</sup> Alle Angaben nach Reichel 2008, 80.

<sup>4801</sup> Reichel 2008, 80.

<sup>4802</sup> Reichel 2008, 81 Fig. 8 (Bildunterschrift).

<sup>4803</sup> Reichel 2008, 80; Reichel 2008, 79f. mit Fig. 6-7.

<sup>4804</sup> Vgl. Abbildungsunterschriften Reichel 2008, 79f. mit Fig. 6-7.

<sup>4805</sup> Reichel 2006, 4.

<sup>4806</sup> Reichel 2006, bes. 4f.

<sup>4807</sup> Reichel 2006; Reichel 2008, 80.

<sup>4808</sup> Rothman 2002, 284f.; Tobler 1950, 92. 96; Plate 59,b; Plate 108, Fig. 65.

<sup>4809</sup> Tobler 1950, 92; Braun-Holzinger 1984, 5 Kat. 11.

**Maße:** L 3 cm, H 2,3 cm<sup>4810</sup>.

**Fundumstände:** Bei Grabungen gefunden.

**Fundzusammenhang:** Aus Grab 114 Level X Square 4K/4M, gefunden in Kopfnähe<sup>4811</sup>. Das Lehmziegelgrab mit einer Holzabdeckung beinhaltete die Bestattung eines erwachsenen Individuums.

**Stratigraphische Einbindung:** Level X<sup>4812</sup>

**Begleitfunde**<sup>4813</sup>: Neben dem Elektronwolfskopf fanden sich in dem Grab Lapislazuliperlen und solche aus Türkis und Karneol, ein Hämatit- und ein Alabasterkeulenkopf, Haarschmuck? aus Knochen und Gold, Goldperlen, eine goldene Rosette mit Lapislazuli im Zentrum, ein Lapislazulistempelsiegel und Perlen aus Muscheln.

**Datierung:** Level X datiert in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr.<sup>4814</sup>. Die Schichten von Tepe Gaura (XI-IX) werden heute zeitlich in der frühen ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. angesetzt<sup>4815</sup>. Die Keramik von Gaura XI-X und ferner IX wird teils mit Amuq F Keramik verglichen<sup>4816</sup>. Stein gibt die Datierung von Gaura XIA/B-X-IX in einer Tabelle mit 4200–3850 v. Chr. entsprechend *Late Chalcolithic* 2<sup>4817</sup>.

**Bemerkungen:** Schicht VIII zugewiesen, aber stratigraphisch umstritten, wird aus Tepe Gaura ein Bronzeobjekt berichtet (Mit weiterer Literatur Pernicka u. a. 2002, 141 mit Anm. 947; Yakar 1985, 388; Bronzenadel mit 5,6% Zinn aus Schicht VII bei Rahmstorf 2017, 194), dem hier aber nicht weiter nachgegangen wurde.

Goldhaltiges Silber (Ag-Au-(+Cu)) in Grab 109 (Tobler 1950, 88 Anm. 30 nach Lyonnet u. a. 2008, 38 Anm. 16): Tobler, 1950, 65 Table B; 88 Anm. 30: Die Perle stammt aus Grab 109. Dieses wurde vermutlich von Schicht X ausgehend in Schicht XI eingetieft. Zusammensetzung: Kupfer 0,56 %, Silber 61,39 %, Gold 38,05 %.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Rothman 2002, 284f.; Tobler 1950, Plate 59,b; Plate 108, Fig. 65; Stein 2012, 129 Tab. 1; 135.

**Koordinaten:** 36,45, 43,35

**Datierung Karte:** 1. H. 4. Jt.

### Katalog-Nr.: 33

**Fundort:** Tell Brak (Al-Hasaka/Syrien)

**Art des Objektes:** a) silberne Nägel (insgesamt 80 bzw. 42 Stück)<sup>4818</sup> zur Befestigung eines Frieses; b) silberne Perlen<sup>4819</sup>

**Material:** a) Silber; b) Silber

**Analyse:** a–b) keine bekannt

**Beschreibung:** a) Silberne Nägel deren Köpfe mit Goldblech/-folie belegt sind; b) 12 Perlen verschiedener Form, darunter auch bikonische Exemplare<sup>4820</sup>.

**Maße:** a) Durchschnittliche L 25-35 mm, D der Köpfe ca. 4 mm<sup>4821</sup>

**Fundumstände:** 1938 bei Ausgrabungen unter Leitung von M. E. L. Mallowan gefunden<sup>4822</sup>; b) Wohl bei Grabungen nach 1981 bzw. 1992 gefunden<sup>4823</sup>.

**Fundzusammenhang:** a)<sup>4824</sup> Der Fries mit den Silbernägel lag vor einem Lehmziegelpostaments, das sich vor der Südwand des Mittelsaales bzw. Langraumes des sog. „Augentempels“ befand.

Der aus verschiedenen Materialien zusammengesetzte Fries war auf Holz (und in Mörtel?) befestigt. Den oberen und unteren Abschluss des Frieses bildeten Bänder aus Goldblech auf einer Holzsubstruktion. Das obere Band des Frieses der Westseite des Podestes hielten 20 silberne Nägel und zur Befestigung des unteren Bandes dienten 22 Silbernägel. Die Nägel waren in unregelmäßigen Abständen eingeschlagen. Die Köpfe der Nägel waren mit Goldblech/-folie belegt.

---

<sup>4810</sup> Tobler 1950, 92.

<sup>4811</sup> Rothman 2002, 284; Tobler 1950, 96.

<sup>4812</sup> Rothman 2002, 284; Siehe aber auch Tobler 1950, 54 Table A. 92.

<sup>4813</sup> Tobler 1950, 96; Rothman 2002, 284f.

<sup>4814</sup> Rothman 2002, 3 Table 1.1.

<sup>4815</sup> Rothman 2002, 3 Table 1.1.

<sup>4816</sup> Vgl. Rothman 2002, 57-59; Siehe aber die Einschränkung zu Keramik aus Gräbern Rothman 2002, 52.

<sup>4817</sup> Stein 2012, 129 Tab. 1; 135.

<sup>4818</sup> Mallowan 1947, 93-95. Plate 4, 1-3; Plate 50, 1.

<sup>4819</sup> Oates 2012, 176f. mit Fig. 7.

<sup>4820</sup> Vgl. Oates 2012, 177 Fig. 7; Oates – Oates 2004, 180.

<sup>4821</sup> Mallowan 1947, 95.

<sup>4822</sup> Mallowan 1947.

<sup>4823</sup> Vgl. Oates 2012, 171f.

<sup>4824</sup> Mallowan 1947, 93-95; Strommenger 1982.



Insgesamt gibt es etwa 80 Nägel. Vermutlich alle aus Silber mit goldbeschlagenen Köpfen.

b) „At the end of LC3 (TW Level 16), both Brak and its contemporary Hamoukar [...] suffered major destructions, ‘possibly – and I emphasise the ‘possibly’ – owing to the arrival of southerners, whose presence is unquestionably visible at Brak by Level 13 (late Middle Uruk) [...]. [...] In the destruction Level 16 were a number of interesting objects, and a very small shrine with two niches in the end walls [...]. [...] A number of valuable objects were found in this small shrine, including our only *in situ* Eye Idols and objects of hippopotamus ivory. Of considerable interest was the cache of beads buried in the courtyard outside the entrance to the shrine, some 360 beads of gold, silver, lapis, amethyst and many other imported stones (fig. 7). It would appear that someone had time to bury this hoard before the southerners took over. It is also of some interest that Hamoukar was destroyed at the same time, but was not reoccupied [...]“<sup>4825</sup>. Vgl. dazu Oates – Oates 2004, 180: „a hoard of 3700 beads from Tell Brak [...] contained 11 gold and 12 silver examples“.

**Begleitfunde:** a) Restliche Teile des Frieses<sup>4826</sup>; b) Siehe Fundzusammenhang.

#### „Stratigraphische Einbindung“ und Datierung:

a) und ferner b) Für b) vgl. Fundzusammenhang. Die Datierung der von Mallowan ausgegrabenen Sequenz des Augentempels<sup>4827</sup> in Schnitt CH stellt ein Problem dar<sup>4828</sup>. Nur von einem Gebäude der Abfolge ließ sich ein Grundriss noch feststellen. Dieser sog. Augentempel wurde auf einer Terrasse errichtet und entspricht mit seinem dreischiffigen Bauplan weitestgehend dem für die Uruk Kultur typischen Mittelsaalhaus, wie es in sowohl in der Sakral- als auch Profanarchitektur zu finden ist. Der Augentempel weicht von diesem Bauschema insofern ab, als dass er anstelle eines symmetrisch angelegten östlichen Raumtraktes Lagerräume aufweist. Der T-förmige Hauptsaal mit seinen Alae, seine Pfeiler-Nischen Gliederung und die Stiftmosaikverzierung zeigen südmesopotamische Einflüsse an<sup>4829</sup> und weisen auf die Späte Uruk Periode hin.

Unter diesem Grundriss befanden sich noch Reste von drei älteren Bauwerken<sup>4830</sup>: Auf dem gewachsenen Boden wurde ein Gebäude aus roten Lehmziegeln errichtet<sup>4831</sup>. Auf diese folgte ein Bau mit grauen Lehmziegeln. Zu diesem gehören tausende von sog. Augenidole aus Kalkstein, die der Sequenz dieser Gebäude ihren Namen gaben, nämlich Augentempel. Aufgrund von in Schnitt TW Schicht 16 gefundener Augenidole (i. e. Parallelisierung Augentempel graue Schicht und TW Schicht 16; Schicht 16 ist durch *chaff-faced*-Keramik charakterisiert<sup>4832</sup>/Parallelisierung Augentempel graue Schicht mit TW 14-17, *Late Chalcolithic 3*<sup>4833</sup>) und dem Umstand, dass Mittel Uruk-zeitliche Keramik in Schnitt TW erst mit Schicht 13 (zusammen mit lokaler *chaff-faced*-Keramik<sup>4834</sup>) auftreten könnte eine Zeitstellung vor oder um der Mittel Uruk Periode für diesen Bauabschnitt in der Gebäudeabfolge des Augentempels gegeben sein, möglicherweise noch in der Zeit vor dem Kontakt mit der Uruk Kultur<sup>4835</sup>. Auf die Bauphase mit den grauen Lehmziegeln folgte noch eine solche mit weißen Lehmziegeln, bevor der ‚eigentliche‘ Augentempel folgte<sup>4836</sup>.

Auf den Augentempel folgten wiederum zwei bis drei Erneuerungen, von denen die jüngste möglicherweise schon zeitgleich mit Frühdynastisch III ist<sup>4837</sup>.

Strommenger nennt für das Fundensemble um die Silbernägel als Zeitrahmen 3500-3300 v. Chr.<sup>4838</sup>.

Neuere Untersuchungen zeitigen für ‚den‘ Augentempel eine Datierung nach/um *Late Chalcolithic 3* bzw. um *Late Chalcolithic 3-4* (d. h. in etwa 2. und 3. Viertel des 4. Jt. v. Chr.)<sup>4839</sup>. Nach einer Tabelle von Stein (2012, 129 Tab. 1) datiert TW 18-16 *Late Chalcolithic 3* um/ab 3850–3700 v. Chr. bzw. ist – TW 15-13 datiert hier *Late Chalcolithic 4* (=spätes Mitteluruk) von 3700-3300 v. Chr. – vor 3700 v. Chr. zu datieren. Vgl. dazu auch die Ausführungen zum Fundzusammenhang von b).

#### Bemerkungen:

<sup>4825</sup> Oates 2012, 175f.

<sup>4826</sup> Mallowan 1947, 93-95.

<sup>4827</sup> Mallowan 1947, bes. 50-63. Plate 57; Oates 1982, 64; Amiet 1977, 471.

<sup>4828</sup> Siehe etwa Oates – Oates 1994, 170; Schwartz 2001, 252.

<sup>4829</sup> Siehe etwa Mallowan 1947, 94.

<sup>4830</sup> Schwartz 2001, 252; Amiet 1977, 471; Akkermans – Schwartz 2003, 199.

<sup>4831</sup> Zur Datierung vgl. Oates 2002, 111.

<sup>4832</sup> Schwartz 2001, 252.

<sup>4833</sup> Akkermans – Schwartz 2003, 199.

<sup>4834</sup> Schwartz 2001, 251.

<sup>4835</sup> Vgl. Schwartz 2001, 252 mit Anm. 6; Oates 2002, 121.; Oates – Oates 1994, 173 Table 1.

<sup>4836</sup> Akkermans – Schwartz 2003, 199.

<sup>4837</sup> Oates – Oates 1994, 170.

<sup>4838</sup> Strommenger 1982, 49.

<sup>4839</sup> Vgl. Oates – Oates 1994, bes. 168-170. 173 Table 1; Rothman 2001, 7 Table 1.1; Wright – Rupley 2001, 101f.; Oates – Oates 1997, 290-292; Oates 2002, 111; Akkermans – Schwartz 2003, 197-200.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturauswahl:** a) Mallowan 1947, 93-95; Plate 4,1-3; Plate 50,1; Strommenger 1982, 49f.; Oates – Oates 1994, 168-170. 173 Table 1; Stein 2012, 129 Tab. 1; ferner Oates 2012; b) Oates 2012, bes. 175-177 mit Fig. 7; Oates – Oates 2004, 180 mit weiterer Literatur.

**Koordinaten:** 36,667392, 41,058654

**Datierung Karte:** a) Mitte 4. Jt.

**Katalog-Nr.: 34**

**Fundort:** Habuba Kabira-Süd (Syrien)

**Art der Objekte/Beschreibung/Maße:** Sechs Fragmente von Bleiglätte (bzw. damit imprägnierter Herdauskleidung/Kupellen/Tiegel<sup>4840</sup>) und Bleiobjekte:

Die Bleiglättestücke haben die Form „dickwandiger Kugelschalen“<sup>4841</sup>, eines ist „ein Stück von einem Kugelabschnitt“<sup>4842</sup>, deren ursprünglicher Durchmesser zwischen 6 und 14 cm gelegen haben dürfte und die auf der Innenseite teilweise horizontale Riefen aufweisen<sup>4843</sup>. Sie sollen die mit Bleiglätte vollgesogene Auskleidung eines Herdes bzw. Herdmaterial darstellen, es ist aber auch nicht ausgeschlossen, dass es sich um mit Bleiglätte imprägnierte Kupellen-/Tiegelfragmente handelt<sup>4844</sup>.

Die Bleifunde aus Habuba Kabira-Süd umfassen u. a. ein Stück, das um die Enden gespitzter Kupfer-/Bronzestäbe gegossen? wurde („umgreift“<sup>4845</sup>), einen spiralig gedrehten Draht (Anhänger eines Ohringes?), Stabfragmente (eines mit abgeflachtem Ende; Schminkstifte), ein (Anhänger-)Fragment mit Durchbohrung, eine Klammer von einer Gefäßflickung, eine Hülse (Tülle eines Gefäßes/Gewicht?) und weitere amorphe Stücke sowie Klumpen mit Abdrücken runder Hölzer<sup>4846</sup>.

**Material:** ‚Bleiglätte‘ (siehe Analysen Pernicka u. a. 1998, 126-132 und vgl. Hess u. a. 1998, 60-64) und Blei

**Analyse:** siehe Pernicka u. a. 1998, 126-132.

**Fundumstände:** Grabungen in Habuba Kabira-Süd fanden zwischen 1969-1975 statt<sup>4847</sup>.

**Fundzusammenhang/Begleitfunde:** Vier der sechs Bleiglättestücke stammen aus dem Zentral- bzw. Kopfraum des Anwesen 2 von Habuba Kabira-Süd<sup>4848</sup>. Sie stammen aus dem nordöstlichen Bereich der Siedlung. Siehe weiter Pernicka u. a. 1998, 125 Table 1. Zu weiteren Funden die auf Metallurgie hinweisen, wie etwa Tiegelfragmenten mit Kupferspuren, und deren Zusammenhängen siehe Kohlmeyer 1994, 44. 46.

**Stratigraphische Einbindung:** vgl. Pernicka u. a. 1998, 125 Table 1.

**Datierung:** Letztes Drittel 4. Jt. v. Chr. <sup>4849</sup>.

**Bemerkungen:** Es gibt Bleispuren im Bereich von runden Feuerstellen des nordwestlichen Hofes des Wirtschaftstraktes von Anwesen 2<sup>4850</sup>.

Neben Hinweisen auf die Herkunft des Bleis aus Lagerstätten der Umgebung (und ferner Lagerstätten der Ägäis und Bulgarien)<sup>4851</sup> lieferten die Analysen Hinweise auf das Material der Auskleidung des Herdes (bzw. der Kupellen/Tiegel; Kalkreicher Ton oder Mergel<sup>4852</sup>) und die Erzbasis<sup>4853</sup>: Wahrscheinlich wurde nicht reiner Bleiglanz verhüttet. Die Hinweise deuten auf die Anwesenheit komplexer (Fahl-)Erze (Arsen- und Antimonergehalte in der Bleiglätte). Jedoch soll die Operation auf die Gewinnung von Silber aus silberhaltigem Blei ausgerichtet gewesen sein. Vor dem Hintergrund, dass die einzig untersuchte Bleiprobe aufgrund ihres geringen

<sup>4840</sup> Pernicka u. a. 1998, 125.

<sup>4841</sup> Kohlmeyer 1994, 44.

<sup>4842</sup> Kohlmeyer 1994, 44.

<sup>4843</sup> Kohlmeyer 1994, 44.

<sup>4844</sup> Vgl. Pernicka u. a. 1998, 125f. 131f.; Siehe aber auch Bemerkungen; Siehe Kap. II.4.3.1.

<sup>4845</sup> Kohlmeyer 1994, 44.

<sup>4846</sup> Etwas ausführlicher Kohlmeyer 1994, 44. 45 Abb. 1; Pernicka u. a. 1998, 124.

<sup>4847</sup> Strommenger 1980, 81f.

<sup>4848</sup> Kohlmeyer 1994, 44.

<sup>4849</sup> Kohlmeyer 1994, 44; Das befestigte Habuba Kabira-Süd weist eine Bebauung mit Mittelsaalhäusern auf, sowie monumentale Architektur auf dem dazugehörigen Tell Qannas. Die unterste Siedlungsschicht des Tell Habuba Kabira (Qannas) ist zeitgleich mit der Siedlung Habuba Kabira-Süd. Zu weiterführender Literatur siehe Helwing 2002, 140; Zu Radiokarbondatierungen von Tell Habuba Kabira und Habuba Kabira-Süd siehe Wright – Rupley 2001, 102f.

<sup>4850</sup> Kohlmeyer 1994, 44.

<sup>4851</sup> Siehe hierzu Pernicka u. a. 1998, 129-131.

<sup>4852</sup> Pernicka u. a. 1998, 125. 131f.

<sup>4853</sup> Siehe Pernicka u. a. 1998, 126f. 128. 132.

Silbergehaltes an sich nicht für die Kupellation auf Silber in Frage kommt<sup>4854</sup>, wäre danach zu fragen, ob das Blei nicht zur Extraktion von Silber z.B. aus Fahlerzen gedient haben könnte (vgl. dazu die Arsen- und Antimonergehalte). Dagegen sprechen aber die niedrigen Kupfergehalte. Vgl. dazu die Möglichkeit bei der Reinigung von Metall Kupfer aufgrund der Schmelzpunktunterschiede zu entfernen<sup>4855</sup>. In Habuba Kabira-Süd wurde auch Häckselkeramik in der Art von Amuq F gefunden<sup>4856</sup>.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Kohlmeyer 1994, 44-46; Pernicka u. a. 1998.

**Koordinaten:** 36,16666667, 38,06666667

**Datierung Karte:** 2. H. 4. Jt.

**Katalog-Nr.: 35**

**Fundort:** Arslantepe (Malatya/Türkei) in der Südosttürkei

**Art der Objekte:**

Verschiedene Objekte, darunter: Silbernadel und Silberring, drei Arsenkupferschwerter mit Silbereinlagen, zwei silberne Vierfachspiralkopfnadeln, Lanzenspitze mit Silbereinlagen sowie Lanzenspitzen, ein Dolch, Blechstreifen (Diademe) aus einer Kupfer-Silber Legierung, Doppelspiralkopfnadel, Spiralinge und Armringe aus einer Kupfer-Silber Legierung (siehe auch Fundzusammenhang) und evtl. Bleiglätte:

a) Schaft einer Silbernadel<sup>4857</sup> und ein silberner Ring mit überlappenden Enden<sup>4858</sup> aus Schicht VI A.

b) 3 (oder 2?) Schwerter mit Silbereinlagen (aus dem „*Palace Hoard*“)<sup>4859</sup>.

c) Zwei silberne Vierfachspiralkopfnadeln und eine Lanzenspitze mit Silbereinlagen, insgesamt 3 größere und zahlreiche kleine silberne Perlen, zahlreiche Objekte aus Kupfer-Silberlegierung, darunter ein Dolch, Lanzenspitzen, Blechstreifen (Diademe) und Doppelspiralkopfnadel (aus Grab T1 [„*Royal Tomb*“] bzw. assoziiert mit diesem). Siehe Fundzusammenhang.

d) Bleiglätte?

**Material/Analyse:** Silber und Kupfer-Silber-Legierung (mit 23-65 % Silberanteil; im Durchschnitt 47 %); die meisten Metallobjekte aus den hier behandelten Fundzusammenhängen bestehen aus Arsenkupfer und ferner Gold<sup>4860</sup>.

d) Bleiglätte?

Die Silbernadel ist relativ rein und ohne Blei (?), und könnte einem Silbererz entstammen<sup>4861</sup>. Ein Ring enthält 2,76 % Blei und könnte ein Hinweis auf eine Herkunft aus Bleierzen bzw. das Zumischen bleihaltiger Erze zwecks Extraktion und einer anschließenden Kupellation sein<sup>4862</sup>. Kupfergehalte von 3,72-9,35 % werden als Zusatz zum Härten des Silbers gesehen<sup>4863</sup>. Die Verunreinigungen einer Silbereinlage eines der Schwerter von 4,51 % Bi und 1,1 % Sn sollen sich mit den polymetallischen Blei-Zink-Kupfervorkommen des Taurus wie Bolkardağ in Verbindung setzen lassen<sup>4864</sup>. Blei wurde wohl nicht bestimmt. Wegen des Bi-Gehaltes ist eine Kupellation auszuschließen.

Zu den analysierten Objekten siehe Hauptmann u. a. 2002 (mit weiterer Literatur); Palmieri u. a. 1999, 143-147; Caneva – Palmieri 1983, bes. 649f. Table 1 Sample Nr. 30. 33. 129.

**Beschreibung Maße:** Siehe Abbildungen und Fundzusammenhang sowie Katalog Frangipane 2004, 178-201. Die Metallfunde aus dem Grab bestehen aus etwa 7 kg Kupfer und einem 0,5 kg Silber<sup>4865</sup>.

**Fundumstände:**

a) Wohl in derselben Kampagne wie der „*Palace Hoard*“ gefunden (1976?)<sup>4866</sup>.

---

<sup>4854</sup> Pernicka u. a. 1998, 128f. mit Table 2.

<sup>4855</sup> Pernicka u. a. 1998, 128f.

<sup>4856</sup> Helwing 2002, 140.

<sup>4857</sup> Frangipane – Palmieri 1983, 404; Caneva – Palmieri 1983, 650 Table 1 Sample Nr. 33.

<sup>4858</sup> Frangipane – Palmieri 1983, 404.

<sup>4859</sup> Frangipane – Palmieri 1983, 404.

<sup>4860</sup> Hauptmann u. a. 2000, bes. 47. 65.

<sup>4861</sup> Caneva – Palmieri 1983, 650 Table 1 Nr. 33; Yener 2000, 54.

<sup>4862</sup> Caneva – Palmieri 1983, 650 Nr. 129; Yener 2000, 54.

<sup>4863</sup> Yener 2000, 54.

<sup>4864</sup> Yener 2000, 54; Caneva – Palmieri 1983, 649 Table 1 Nr. 30.

<sup>4865</sup> Yakar 2002, 19f.

<sup>4866</sup> Vgl. Frangipane – Palmieri 1983, 300-307. 404; Hauptmann u. a. 2002, 44.

- b) Der sog. „*Palace Hoard*“ wurde 1976 bei Ausgrabungen gefunden<sup>4867</sup>.  
 c) Die Bestattung T1 wurde 1996 bei regulären Grabungen gefunden<sup>4868</sup>.

**Fundzusammenhang:**

a) Der Schaft einer Silbernadel wurde in Raum A113 von Gebäude III der Schicht VI A gefunden, aus dem auch der sog. *Palace Hoard* stammt<sup>4869</sup>. Der silberne Ring mit überlappenden Enden kam aus einer Sammelstelle für Siegelungen (A206 in Gebäude IV)<sup>4870</sup>.

Eine Bleiperle stammt aus Schuttschichten mit Siegelabrollungen (A77 Gebäude I)<sup>4871</sup>.

b) Aus einem dem Gebäude III (Raum A113) der Schicht VI A zugewiesenen Hortfund stammen neun Schwerter und zwölf Lanzenspitzen sowie eine Vierfachspirale aus Arsenkupfer<sup>4872</sup>.

Drei (vgl. oben) der Schwerter tragen dreiecksförmige Silbereinlagen<sup>4873</sup>. Diese Tauschierungen haben ein Pendant in den Silbereinlagen einer der Lanzenspitzen von Grab T1.

Möglicherweise gehören sie zu zwei Sets, die an einer Wand hingen<sup>4874</sup>.

c) Zu Steinkistengrab T1 (*Royal Tomb*) gehörten neben einer Zentralbestattung zwei weitere Bestattungen auf den Decksteinen und zwei Bestattungen an der nordwestlichen Schmalseite des Grabes und damit am Fußende der Hauptbestattung<sup>4875</sup>.

Neben zahlreichen Gefäßen und Beigaben aus verschiedenen Materialien war das Grab der Zentralbestattung reich mit Metall ausgestattet<sup>4876</sup>:

Von den 64 Metallbeigaben der Hauptbestattung bestanden 25 aus Kupfer und Arsenkupfer (9 Lanzenspitzen, 2 Schwerter, 4 Beilklingen, 2 Meißel, 3 Hohlmeißel, 1 Messer, 2 Gefäße); 7 bestanden aus Silber (2 Nadeln, ein Haarring [*hair spiral*], 3 große Perlen einer Kette aus Perlenkette von, Gold, Bergkristall und Karneol, sowie eine Kette aus insgesamt 65 kleinen Silber- und 100 Kalzitperlen); 28 Objekte bestanden aus einer Kupfer-Silberlegierung (1 Dolch, 1 Gürtel [*belt*], 7 Spiralen, 4 Ringe, 15 Armringe); 4 Beigaben waren von Gold. Die meisten Metallbeigaben fanden sich hinter dem Rücken der Hauptbestattung. Ausgenommen davon waren wohl hauptsächlich persönliche Schmuckgegenstände wie die zwei silbernen Vierfachspiralkopfnadeln, die sich im Bereich der Schulter fanden und die beiden Ketten in Kopfnähe. Sieben der neun Lanzenspitzen lagen in der östlichen Grabhälfte entlang der Wände der Grabkammer, darunter auch eine Lanzenspitze mit dreiecksförmigen Silbereinlagen. In der nordöstlichen Ecke lagen noch 5 Armreifen, 6 Spiralen und 2 Ringe, letztere aus einer Kupfer-Silber-Legierung. Aus demselben Material befand sich ein einzelner Ring aus der südöstlichen Ecke des Grabes.

Zu den beiden Bestattungen auf den Deckplatten gehörten je zwei Haarringe (*hair spirals*) aus der Kupfer-Silber-Legierung, je zwei Kupfernadeln sowie jeweils ein Diadem aus der Kupfer-Silber Legierung<sup>4877</sup>.

d) „At Arslantepe, some specimens of litharge and lead slag were found in Late Chalcolithic levels, which indicate silver extraction from lead ores during the 4th millennium (unpublished data Bochum)“<sup>4878</sup>. In späterer Literatur nicht zu finden<sup>4879</sup>.

**Stratigraphische Einbindung:**

a) Der silberne Nadelschaft und der Silberring werden Schicht VI A zugewiesen<sup>4880</sup>.

b) Der Hortfund gehört nach den Ausgräbern der Schicht VI A an<sup>4881</sup> (nach Gebäude IV; vgl. Datierung). Vgl. zur Stratigraphie und damit der Datierung auch die Überlegungen von Yakar (1985, 386f.), der es für möglich hält, dass der Hortfund aus Schicht VI B oder später eingetieft wurde.

<sup>4867</sup> Hauptmann u. a. 2002, 44.

<sup>4868</sup> Frangipane u. a. 2001, 106f.; Frangipane 1998.

<sup>4869</sup> Frangipane – Palmieri 1983, 404.

<sup>4870</sup> Frangipane – Palmieri 1983, 404.

<sup>4871</sup> Frangipane – Palmieri 1983, 404.

<sup>4872</sup> Palmieri 1981, 104. 107 Fig. 3. 108 Fig. 4; Frangipane 2004, 186 Kat. 59-66.

<sup>4873</sup> Vgl. Palmieri 1981, 107 Fig. 3,2-3.

<sup>4874</sup> Palmieri 1981, 104. Frangipane – Palmieri 1983, 307.

<sup>4875</sup> Zu den Bestatteten, deren Lage, Geschlecht und zu Hinweisen auf Gewalt kurz vor ihrem Tod, den Beigaben und dem Grabbau usw. – kurzum zur Deutung des Befundes, siehe Frangipane u. a. 2001; Frangipane 1998, 294-298.

<sup>4876</sup> Frangipane u. a. 2001, 108f.; Frangipane 2004, 189-198 Kat. 85-158.

<sup>4877</sup> Frangipane u. a. 2001, 109. 111; Frangipane 2004, 188f. Kat. 75-84.

<sup>4878</sup> Hess u. a. 1998, 57.

<sup>4879</sup> Vgl. Pernicka u. a. 2011, 662f.

<sup>4880</sup> Frangipane – Palmieri 1983, 404.

<sup>4881</sup> Zur stratigraphischen Einordnung siehe etwa Frangipane – Palmieri 1983, 307.

c) Die Bestattung T1 wird von den Ausgräbern der Schicht VI B1 zugewiesen<sup>4882</sup>, aber auch eine Zugehörigkeit zu Schicht VI A scheint nicht völlig unmöglich<sup>4883</sup>.

**Begleitfunde:** Siehe Fundzusammenhang und Bemerkungen (im Zusammenhang mit der Datierung)

**Datierung:**

Für Arslantepe VII, das durch lokale spätchalkolithische Keramikinventare gekennzeichnet ist<sup>4884</sup>, geben <sup>14</sup>C-Datierungen einen Altersbereich von 3800-3350 B.C. (summed) (3690-3520 B.C., combined)<sup>4885</sup>.

Schicht VI A ist weiterhin durch lokale spätchalkolithische Keramik dominiert, hinzu kommen u. a. wenige konische Becher und Glockentöpfe und weitere Formen, die aus südmesopotamischen Späturukinventaren bekannt sind<sup>4886</sup>. Nach Helwing lässt sich die Keramik am besten mit solcher anderer Siedlungen des Habuba-Horizontes korrelieren<sup>4887</sup>.

Für Arslantepe VI A gibt es verschiedene Datengruppen von Radiokarbonaten aus verschiedenen Raumeinheiten. Diese geben ein Alter von 3400-2600 v. Chr. (summed) (3040-2910 v. Chr., combined)<sup>4888</sup>. Aus Tempel B gibt es sogar ein dendrochronologisches Alter für einen Balken: 3374 v. Chr. ±30 Jahre<sup>4889</sup>.

Radiokarbonatierungen aus den Perioden VII und VIB bieten weitere Möglichkeiten zur Eingrenzung der Periode VI A. So kommen Wright und Rupley<sup>4890</sup> zu dem Schluss, dass die Radiokarbonaten für Schicht VII zwischen 3860-3400 v. Chr. liegen (Mitte bei 3630 v. Chr.) und für Schicht VIA zwischen 3380-2900 v. Chr. (Mitte bei 3130 v. Chr.) und, dass Periode VI A in Arslantepe mit ihrem stark lokalen Gepräge später endete als die späturukzeitliche Besiedlung andernorts. Wright und Rupley diskutieren dabei einen Hiatus zwischen Schicht VII und VI A<sup>4891</sup>.

Die Ausgräber geben für Arslantepe VI A einen Zeitraum von 3350-3000 v. Chr. an und für Arslantepe VI B1/VI B2 wird ein Zeitraum von 3000-2750 v. Chr. angegeben<sup>4892</sup>.

Für Schicht VI A geben <sup>14</sup>C-Daten also einen Zeitansatz von etwa 3400-3000/2900 v. Chr. Die Schichten VI B1/VI B2 liegen je nach Auslegung der Daten mehr oder weniger deutlich im 3. Jt. Schicht VI B1, vor allem wenn man die Stratigraphie zur Interpretation hinzuzieht aber früher in diesem Zeitraum.

Aufgrund der Bezüge der Keramik zu VI A und dem möglicherweise aus Schicht VI A stammenden Hortfund mit seinen Parallelen zu Grab T1 aus Arslantepe VI B1 und zuletzt der Möglichkeit, dass dem Bestatteten Waffen mitgegeben wurde, die er zu Lebzeiten „trug“ sollte auch die Möglichkeit ins Spiel gebracht werden, dass die Entstehungszeit des Silbers in Schicht VI A liegen könnte.

Je nach Zuweisung der Funde zu Schichten und Interpretation der <sup>14</sup>C-Daten(serien) ergibt sich so ein unterschiedlicher Zeitansatz für die Datierung. Aufgrund der (keramischen) Parallelen des Grabes zu Späturukinventaren ist eine Datierung ans Ende des 4. Jt. möglich, wobei sich Arslantepe VI A mit seinem späturukzeitlichen Elementen möglicherweise bis ins dritte Jahrtausend erstreckt. Ist die Zuweisung von Grab T1 zu Schicht VI B1 jedoch korrekt, ist eine Zuweisung zum frühen 3. Jt. v. Chr. aber wahrscheinlicher.

Für den Metallhort ist – auch wenn er Schicht VI A angehören sollte – eine völlig sichere Zuweisung ins späte 4. Jt. nicht möglich, v. a. wenn man den Ausführungen von Wright und Rupley folgt<sup>4893</sup>. Eine Datierung vom späten 4. bis frühen 3. Jt. v. Chr. der Funde scheint angezeigt. Siehe auch Bemerkungen.

**Bemerkungen:**

Die Schwerter aus dem Hortfund von Arslantepe VI A stellen die ältesten bislang bekannten altweltlichen Exemplare ihrer Art dar<sup>4894</sup>.

Die Objekte aus der Kupfer-Silber Legierung haben Silberanteile von 23-65 % (im Durchschnitt 47 %)<sup>4895</sup>. Es soll insgesamt nur wenige Belege für die Verwendung dieser Legierungsart, und als einziger bis dato bekannter, etwa zeitgleicher Beleg gilt eine Pfeilspitze aus dem sog. Riemchengebäude von Uruk-Warka mit einem Silbergehalt

---

<sup>4882</sup> Frangipane u. a. 2001, 120.

<sup>4883</sup> Frangipane u. a. 2001, 120.

<sup>4884</sup> Helwing 2002, 171.

<sup>4885</sup> Wright – Rupley 2001, 114.

<sup>4886</sup> Helwing 2002, 172.

<sup>4887</sup> Helwing 2002, 170.

<sup>4888</sup> Wright – Rupley 2001, 116.

<sup>4889</sup> Nach Wright – Rupley 2001, 117.

<sup>4890</sup> Wright – Rupley 2001, 119.

<sup>4891</sup> Wright – Rupley 2001, 119.

<sup>4892</sup> Frangipane 2004, 18.

<sup>4893</sup> Siehe oben.

<sup>4894</sup> Vgl. Müller-Karpe 1994, 431; Yener 2000, 50.

<sup>4895</sup> Hauptmann u. a. 2002, 47. 65.

von 26 %<sup>4896</sup>, andere Belege sollen meist jünger sein<sup>4897</sup>. Jedoch gibt es weitere frühe Funde aus Kupfer-Silberlegierungen (siehe etwa Kap. IV.1.1).

Die Deutung und Datierung der Befunde wird mit einem Einwanderungsereignis in Verbindung gesetzt, und die mögliche Herkunft der Metallfunde aus den hier angesprochenen Fundzusammenhänge wird im Transkaukasischen Gebiet vermutet<sup>4898</sup>. Auf diesen Raum weisen u. a. Keramik sowie Form und Zusammensetzung der Metallfunde.

Den hier unter Datierung gemachten Ausführungen ist zu entnehmen, dass zumindest bei der zeitlichen Trennung der Grabfunde aus T1 und dem(/den) Hortfund(en) aus Gebäude III Schicht VI A Diskussionsbedarf besteht.

Aus Schicht VII von Arslantepe gibt es eine Reihe von Hinweisen auf eine lokale Metallurgietradition<sup>4899</sup>, und aus den Schichten VI A und VI B2 gibt es zahlreiche Metallurgiebelege<sup>4900</sup>. Die Bleierze der Schichten VII sind isotopisch nicht von denen von VI A zu unterscheiden<sup>4901</sup>. Aus Schicht VII stammen bleireiche Erze und Schlacken, die sich hinsichtlich der Isotopie nicht unterscheiden lassen, was auf eine Verhüttung vor Ort hinweist<sup>4902</sup>. Mit Bleiverhüttung in Arslantepe ist also nach Lage der Funde ab Mitte des 4. Jt. v. Chr. zu rechnen<sup>4903</sup>. Aus Schicht VI A wiederum stammen Bleifunde, die sich isotopisch nicht von den Erzen und Schlacken aus Schicht VII scheiden lassen<sup>4904</sup>.

In Arslantepe wurden in Schicht VII polymetallische Erze verwendet, ab/vor Schicht VI B2 fand vermutlich ein Wechsel in der Erzquelle statt<sup>4905</sup>.

Die Arsenkupferfunde aus dem *Royal Tomb* und dem *Palace Hoard* weichen von den in Arslantepe gefundenen und untersuchten Erzen ab, insofern als dass das As/Sb Verhältnis viel höher ist, wobei das Verhältnis des Hortes noch einmal über dem der Grabfunde liegt<sup>4906</sup>.

Die Arsenkupferartefakte aus dem Grab können anhand der Spurenelemente weiter in zwei Gruppen geschieden werden<sup>4907</sup>: Sollte sich auch die Erzquelle mancher Artefakte unterscheiden, wie sich das durch die unterschiedlichen As/Ni Verhältnisse andeutet<sup>4908</sup>, so sind sie doch hinsichtlich ihrer Form (Lanzenspitzen) wie aus einem „Guss“, das soll heißen vielleicht in einer Werkstatt – möglicherweise von der gleichen Person – hergestellt.

Auch liegen manche Metallfunde von Hort und Grab, zusammen mit den Objekten aus der Kupfer-Silber Legierung des Grabes, sowohl was das As/Sb Verhältnis angeht, als auch bei der Bleisotopie so nahe zusammen<sup>4909</sup>, dass sie nicht zu trennen sind.

Neben den oben aufgeführten Indizien (Keramik, Stratigraphie, Herstellungszeitpunkt, allgemeine Überlegungen) dafür, dass Grab und Hort, besser gesagt ihre Metallfunde, vielleicht chronologisch nicht zu trennen sind, ist dies ein weiterer Punkt dafür, dass man diese Metallfunde zumindest in ihrer Entstehungszeit nicht trennen kann. Auch beim Bestehen einer Werkstatttradition sind die Ähnlichkeiten zu groß, als dass man sie in dieser Art diskussionslos trennen kann. Somit könnte der ältere Fundzusammenhang zumindest die Entstehungszeit bzw. den Zeitpunkt des Einsetzens der Technologie anzeigen. Soviel zum Versuch der Frühdatierung. Es gibt aber auch Stimmen, die eine spätere Datierung des *Palace Hoard* mit dem Argument in Betracht ziehen, dass dieser lediglich in Schicht VI A eingetieft sei und nicht aus dem Wandversturz stamme<sup>4910</sup>. Mithin bedeutete dies eine deutlichere Datierung ins 3. Jt. v. Chr.

#### **Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Frangipane u. a. 2001; Zimmermann 2005a, 192f. 196; Müller-Karpe 1994, 431; Palmieri 1981, 104. 107 Fig. 3. 108 Fig. 4.; Hauptmann u. a. 2002; Frangipane – Palmieri 1983, 307; Pernicka 1993, 313-316 mit Abb.

<sup>4896</sup> Pernicka 1993, 313-316 mit Abb. 17.

<sup>4897</sup> Siehe etwa Hauptmann u. a. 2002, 57f. Hauptmann – Palmieri 2000, 77f.

<sup>4898</sup> Frangipane u. a. 2001; Frangipane 2001, 4-9; Zimmermann 2005a, 193.

<sup>4899</sup> Hauptmann u. a. 2002, 64.

<sup>4900</sup> Palmieri u. a. 1999, 142-147.

<sup>4901</sup> Hauptmann u. a. 2002, 53.

<sup>4902</sup> Hauptmann u. a. 2002, 53.

<sup>4903</sup> Hauptmann u. a. 2002, 64.

<sup>4904</sup> Hauptmann u. a. 2002, 53. 65.

<sup>4905</sup> Hauptmann u. a. 2002, 44.

<sup>4906</sup> Hauptmann u. a. 2002, 57 Fig. 6.

<sup>4907</sup> Hauptmann u. a. 2002, 65.

<sup>4908</sup> Siehe Hauptmann u. a. 2002, 47-53. 50 Fig. 3.

<sup>4909</sup> Siehe Hauptmann u. a. 2002, 49 Table 6. 50 Fig. 4; 52f. 57.65.

<sup>4910</sup> Siehe etwa Kohlmann 1994, 47 Anm. 51; Yakar 1985, 386; Siehe jedoch Yakar 2002, 19.

17; Frangipane 2001; Hauptmann – Palmieri 2000; Yakar 2002, 19f.; Frangipane 2004, 186 Kat. 59-66. 188-198 Kat. 75-158; Kohlmeyer 1994, 47 Anm. 51.; Yakar 1985, 386.

**Koordinaten:** 38,38333333, 38,35

**Datierung Karte:** 4./3. Jt.

## Iran

### Katalog-Nr.: 36

**Fundort:** Tepe Sialk (Isfahan/Iran)

**Art der Objekte:** zwei kleine Silberkappen mit Ösen<sup>4911</sup>

**Material:** Silber

**Analyse:**

**Beschreibung:** Zwei konvexe Silberblechscheiben mit Ösen auf der konkaven Seite. Beide weisen Beschädigungen an den Rändern auf.

**Maße:** Dm ca. 2 cm.

**Fundumstände:** Grabungsfund

**Fundzusammenhang:**

**Begleitfunde:**

**Stratigraphische Einbindung/Datierung:** Schicht/Periode Sialk III. Leider geht aus dem Text von Ghirshman nicht sicher hervor, wo die Silberkappen genau herkommen<sup>4912</sup>. Im Tafelverzeichnis erfolgt die Angabe *Période III,5*<sup>4913</sup>. Damit läge der Fund möglicherweise in der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. und wahrscheinlich spätestens etwa um die Mitte des 4. Jt. v. Chr.<sup>4914</sup>, „eine korrekte Stratifizierung unterstellt“<sup>4915</sup>.

**Bemerkungen:** Kohlmeyer zieht die stratigraphische Einbindung in Zweifel<sup>4916</sup>; Nezafati – Pernicka 2012, 39: „[...] earliest silver artefacts presently known [...]“.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Ghirshman 1938, 53f.; Planche 85, S.1740; Kohlmeyer 1994, 42; Voigt 1987, 628f. 636f. Fig. 2; Muhly 1996, 79; Nezafati – Pernicka 2012, 39.

**Koordinaten:** 33,96666667, 51,46666667

**Datierung Karte:** 1. H. 4. Jt.

### Katalog-Nr.: 37

**Fundort:** Tepe Sialk (Isfahan/Iran)

**Art der Objekte:**

Aus *Tombe 1*<sup>4917</sup>:

a) ein hufeisenförmiger Anhänger.

Hortfund in einem Keramikgefäß aus einem Gebäude<sup>4918</sup>:

b) zwei scheibenförmige Anhänger mit Einlagen

c) Perlen aus Blech über Kern aus Bitumen (Anzahl unbekannt)

d) ‚Locken‘ringe

e) drei Armreifen

f) Terrakottaanhänger mit Silberblech

g) sechs schieberartige Stücke mit Karneolperlen.

Fundort nicht angegeben:

h) Bleiglatte (s. u. Kat. 38)

**Material:** Silber, die Kompositschmuckstücke dazu noch aus weiteren Materialien

<sup>4911</sup> Ghirshman 1938, 53f.; Planche 85, S.1740; Kohlmeyer 1994, 42.

<sup>4912</sup> Ghirshman 1938, 53f.

<sup>4913</sup> Ghirshman 1938, 142.

<sup>4914</sup> Siehe Voigt 1987, 628f. 636f. Fig. 2.; Vgl. auch Dyson 1987, 667.

<sup>4915</sup> Kohlmeyer 1994, 42 (siehe Bemerkungen).

<sup>4916</sup> Kohlmeyer 1994, 42.

<sup>4917</sup> Ghirshman 1938, 58-60 mit Fig. 9; 69; Planche 30,2.

<sup>4918</sup> Ghirshman 1938, 58. 61. 69-71; Planche 30,1.

**Analyse:** keine bekannt

**Beschreibung:**

Aus *Tombe* 1:

- a) Hufeisenförmiger Anhänger mit Perlen an der Aufhängevorrichtung. Vgl. den Anhänger mit Lapislazuli und Gold auf Bitumenkern<sup>4919</sup>? Ohrring<sup>4920</sup>?

Hortfund in einem Keramikgefäß aus einem Gebäude:

- b) Runde Anhänger, mit sich rechtwinklig kreuzenden Stegen, die vier Zellen bilden, darinnen Einlagen aus Knochen und Lapislazuli. Evtl. mit Kette aus Perlen verschiedener Materialien, darunter Silberblechperlen über Bitumenkern (siehe c)<sup>4921</sup>?
- c) Silberne Blechperlen mit Bitumenkern.
- d) Lockenringe
- e) Armreifen
- f) dreieckiger Terrakottaanhänger, der mit Silberblech belegt ist.
- g) Schieberartige Gegenstände bestehend aus 2 silbernen Stegen zwischen denen und an denen sich außen je 4 Ringperlen aus Karneol befinden.

**Maße:**

b) Dm des Anhängers 2 cm, L der Kette 8,3 cm<sup>4922</sup>.

g) L 2,65 cm, H? 0,85 cm<sup>4923</sup>.

**Fundumstände:** Grabungsfunde

**Fundzusammenhang:** Der hufeisenförmige Anhänger (a) stammt aus einem Grab (*Tombe* 1). Der Hortfund stammt aus einem Keramikgefäß, welches sich auf dem Boden eines Hauses fand.

**Begleitfunde:**

a) Aus dem Grab stammen neben der Bestattung ein Kupferspiegel, ein Flakon aus Alabaster, Keramik und weitere Schmuckgegenstände aus Gold und Lapislazuli.

b)-g) In dem Gefäß befand sich noch zahlreiche Perlen von Ketten und Anhängerschmuck, u. a. aus Gold.

**Stratigraphische Einbindung/Datierung:** Grab und Hortfund: Vom südlichen Hügel, Schicht/Periode IV,1<sup>4924</sup>. Die Gräber lagen unter dem Fußboden von Periode Sialk IV,1, könnten jedoch aus IV,2 eingetieft sein<sup>4925</sup>. Datierungen ins späte 4. bis frühe 3. Jt. v. Chr. werden genannt<sup>4926</sup>. Sialk IV,1 wird dem Übergangshorizont zu Proto-Elamisch I zugeschlagen und liegt im letzten Drittel des 4. Jt. v. Chr. oder kurz vor 3000 v. Chr.<sup>4927</sup>. Das Gefäß des Hortes ist in einem Gefäß in Proto-Elamischen Stil und legt eine Datierung in Sialk IV,2 nahe; ein Gefäß aus dem Grab datiert Sialk III: Helwing schlägt deshalb eine Datierung in die Übergangsphase von Sialk III zu frühem Sialk IV vor, der mit dem Beginn der Proto-Elamischen Zeit zusammenfällt<sup>4928</sup>. Über den Vergleich mit dem Gräberhorizont von Arisman könnte man das Fundensemble mit den Scheibenanhängern wohl Sialk IV,2 und damit frühes 3. Jt. v. Chr. datieren<sup>4929</sup>.

**Bemerkungen:** Aus Tepe Sialk IV,1 stammen Doppelspiralkopfnadeln<sup>4930</sup>. Vgl. mit Hissar IIB bis IIIA (siehe Kat. 37).

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Ghirshman 1938, 58-61 mit Fig. 9; 69-71; Planche 30,1-2; Kohlmeyer 1994, 42; Stöllner u. a. 2004, 619 Kat. 134; 620 Kat. 135; Dyson 1987, bes. 650. 655. 660-664. 667; Keel-Leu – Teissier 2004, 3; Voigt 1987, 636f. Fig. 2; Helwing 2011c, 272.

**Koordinaten:** 33,96666667, 51,46666667

**Datierung Karte:** 2. H. 4. Jt.

---

<sup>4919</sup> Ghirshman 1938, 69.

<sup>4920</sup> Vgl. Ghirshman 1938, 60 Fig. 9.

<sup>4921</sup> Vgl. Stöllner u. a. 2004, 619 Kat. 134.

<sup>4922</sup> Stöllner u. a. 2004, 619 Kat. 134.

<sup>4923</sup> Stöllner u. a. 2004, 620 135.

<sup>4924</sup> Ghirshman 1938, 58-61.

<sup>4925</sup> Dyson 1987, 656.

<sup>4926</sup> Stöllner u. a. 2004, 619f. Kat. 134-135.

<sup>4927</sup> Vgl. Dyson 1987, bes. 650. 655. 660-664. 667; Keel-Leu – Teissier 2004, 3; Kohlmeyer 1994, 42; Tallon 1987a, 50; Voigt 1987, 636f. Fig. 2.

<sup>4928</sup> Helwing 2011c, 272.

<sup>4929</sup> Vgl. Helwing 2011e, 530 (Zitat nicht ideal).

<sup>4930</sup> Dyson 1987, 656.



**Katalog-Nr.: 38****Fundort:** Tepe Sialk (Isfahan/Iran)**Art der Objekte/Material:** Bleiglätte**Analyse:** „under investigation at Freiberg“<sup>4931</sup> (2003/2011?); zu Bleiisotopie siehe Nezafati – Pernicka 2012.**Beschreibung/Fundumstände/Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/Datierung/ Begleitfunde:**

„In Iran, recent archaeological investigations on the ancient sites of Tappah Sialk [...], Arisman [...], and Tappah Hissar have unearthed numerous fragments of litharge which mainly belong to Sialk III-IV and Hissar II-III periods [...]. At Tappah Sialk the litharge fragments and cakes [...] have been found on the southern mound (Section A trenches M30-M31 and N31) and Trench B (along with slag pieces). Pieces of charcoal in which litharge fragments were found provided a radiocarbon date of 3660-3520 B.C. which introduces them as the oldest so far known fragments of such process in the ancient world“ (Nezafati – Pernicka 2012, 39).

**Maße:****Bemerkungen:****Tafel/Abb./Karte:** Nezafati – Pernicka 2012, 40 Figure 2a.**Literaturauswahl:** Pernicka u. a. 2011, 663 mit Anm. 26; Nezafati – Pernicka 2012, 38f. mit weiterer Literatur.**Koordinaten:** 33,96666667, 51,46666667**Datierung Karte:** 4. Jt.**Katalog-Nr.: 39****Fundort:** Arisman (Isfahan/Iran)**Art des Objektes:** Anhänger mit Einlagen<sup>4932</sup> und Funde von Bleiglätte (siehe Bemerkungen).**Material:** a) Silber; ferner Hämatit, Gold, weißer Marmor und Alabaster, Keramik;

b) Bleiglätte (siehe Bemerkungen).

**Analyse:** b) Zur Litharge siehe Pernicka u. a. 2011, 664-674; zu Bleiisotopie von Litharge siehe Nezafati – Pernicka 2012.**Beschreibung:** a) Auf einer silbernen Grundplatte bilden etwa 2 mm hohe Stege Zellen zur Aufnahme von Einlagen. Das Hauptfeld ist kreuzförmig mit je zwei tropfenförmigen Zellen in den vier Ecken und einer weiteren Zelle am oberen Ende (vgl. Anhänger aus Susa; Kat. 33). Die Einlagen bestehen aus gepunztem Goldblech, Hämatit, Marmor und Keramik. Auf der Rückseite ist eine Öse mit horizontaler Durchlochung.**Maße:** a) L 3,25 cm, B 3,3 cm, D 0,3 cm.**Fundumstände:** a) Bei Grabungen gefunden.**Fundzusammenhang**<sup>4933</sup>: a) Aus einem kleinen Raum zusammen mit zwei Siegeln. Der Raum gehört zu einem Wohn- und Werkstattviertel in Untersuchungsareal C mit mehrräumigen Hofhäusern. In dem Areal fanden sich Hinweise auf metallurgische Arbeiten in Form von Kupferschlacken, Klopff- und Ambossteinen. Öfen nicht genau benannter Funktion fanden sich in den offenen Bereichen.**Stratigraphische Einbindung:** a) Aus dem Bereich des Wohn- und Werkstattviertels in Fläche C<sup>4934</sup>.**Begleitfunde:** Zwei Rollsiegel die sich ans Ende des vierten Jahrtausends datieren lassen, eines in lokalem Stil und eines im „Piedmont Jemdet Nasr Stil“<sup>4935</sup>.**Datierung:** a) Das Wohn- und Werkstattviertel in Fläche C wird der Sialk IV Periode (spätes 4./frühes 3. Jt. v. Chr.) zugerechnet und um 3000 v. Chr. datiert<sup>4936</sup>. Vgl. auch die Begleitfunde. Dieselbe Datierung wird auch dem Anhänger zugewiesen<sup>4937</sup>. Vergleichbare Funde aus Sialk können an der Übergang von Sialk III zu frühem Sialk IV datiert werden/Beginn der protoelamischen Zeit (vgl. Tepe Sialk Kat.)<sup>4938</sup>.**Bemerkungen:** zu b) Arisman wird als metallurgisches Zentrum angesprochen. Mehrere kleine Hügel und drei Schlackenhalde werden von etwa der Mitte des 4. Jt. bis frühes 3. Jt. v. Chr. datiert (entspricht Sialk III<sub>6-7</sub> bis Sialk IV<sub>1/2</sub>). Die dazugehörige Besiedlung hat eine Belegungszeit von der Mitte des 4. Jt. – frühes 3. Jt. v. Chr.<sup>4939</sup>.

---

<sup>4931</sup> Pernicka u. a. 2011, 663.

<sup>4932</sup> Stöllner u. a. 2004, 656 Kat. 244; Helwing 2011c, 272.

<sup>4933</sup> Chegini u. a. 2004, 213.

<sup>4934</sup> Chegini u. a. 2004, 213.

<sup>4935</sup> Nach Chegini u. a. 2004, 213. 215.

<sup>4936</sup> Chegini u. a. 2004, 210. 213. 215.

<sup>4937</sup> Stöllner u. a. 2004, 656.

<sup>4938</sup> Helwing 2011c, 272.

<sup>4939</sup> Stöllner 2004, 646; Chegini u. a. 2000, 282-301.

Aus Arisman B Zusammenhängen stammen Funde von Bleiglätte<sup>4940</sup> (Litharge) bzw. teilweise Kupellen (längliche Schüsseln/Tiegel von etwa 22cm L) die von Bleiglätte imprägniert sind oder deren Abdruck, welche ab Sialk III<sub>6-7</sub> datiert werden<sup>4941</sup> – damit verbindet sich ein Zeitansatz um die Mitte des 4. Jt. v. Chr.<sup>4942</sup> bzw. 3700-3400 v. Chr.<sup>4943</sup>. Die Bleiglätte in Form von Tiegeln bzw. Gruben weist teilweise konzentrische Rippel auf, die Hinweis auf eine Unterbrechung des Prozesses sein könnten oder Wechsel der belüfteten Stelle anzeigen (usw.), und teilweise sind diese tiegelförmigen Bleiglättestücke miteinander verbacken, was als Indiz für eine Serienproduktion gesehen wird<sup>4944</sup>. Litharge wurde teilweise durch Schleifen weiterverarbeitet, und zu Blöcken geformt<sup>4945</sup>. Weiter liegen an Überresten metallurgischer Aktivitäten aus Arisman Area B größere Mengen an Schlacken, Erz, Hammersteine und Reste einer möglichen Tuyère vor<sup>4946</sup>. Aus Arisman C vorliegende Bleiglättefunde sind etwa 16 cm lang, was einen Trend zu kleineren Reaktionsgefäßen während Sialk IV anzeigen soll<sup>4947</sup>. Ebenso Bleiglätte aus Area D<sup>4948</sup>. Einfache Gruben könnten als Reaktionsgefäße gedient haben<sup>4949</sup>. Ein Fund von Werkblei wird Sialk IV (spätes 4./frühes 3. Jt. v. Chr.) datiert (siehe auch Helwing 2011b, 272)<sup>4950</sup>. Silber von Arisman soll sich hinsichtlich seiner Bleiisotopie mit einer Herkunft aus der Region Talmessi-Anarak verbinden lassen<sup>4951</sup>. Teilweise lassen sich auf der Litharge Abdrücke des Blasrohres erkennen<sup>4952</sup>. Weitere Litharge stammt aus Area E (möglicherweise Sialk III-zeitlich)<sup>4953</sup>.

Zu Bleiartefakten von Arisman und allgemein der Verwendung von Blei zu dieser Zeit siehe Helwing 2011c, 271f. mit weiterer Literatur.

**Tafel/Abb./Karte:** Helwing 2011c, 324 Fig. 96,421; Taf. 7, 5-7; Taf. 25, 1. Siehe für die Litharge etwa Helwing 2011c, 265 Fig. 35-36.

**Literatur:** a) Stöllner u. a. 2004, 651 Kat. 227-220; 656 Kat. 244; Stöllner 2004; Chegini u. a. 2000, 282-301; vor allem zu b) Helwing 2011c, 265; Nezafati – Pernicka 2012, 39 mit weiterer Literatur.

**Koordinaten/Lokalisierung:** Der Fundort liegt etwa 1,5km südwestlich des gleichnamigen modernen Dorfes in der Provinz Isfahan. Dieses wiederum liegt etwa 60km südöstlich von Kāšān und 20km nordwärts von Natanz<sup>4954</sup>. 33,65, 51,98333333

**Datierung Karte:** 1. H. 4. Jt. und 2. H. 4. Jt.

## Katalog-Nr.: 40

**Fundort:** Tepe Hissar (Semnan/Iran)

**Art der Objekte:**

Aus Hissar Periode II<sup>4955</sup>:

- a) ‚Anhänger‘ mit Doppelspiralen (H 2659)<sup>4956</sup>

Aus Grab 31 Hissar Periode II(A?):

- b) ‚Anhänger‘ mit zwei kreisförmigen Enden (H 2982)<sup>4957</sup>
- c) zwei Ohrringe (H 2983)<sup>4958</sup>
- d) Ohrring (H 2981)<sup>4959</sup>

<sup>4940</sup> Helwing 2011c, 265; Pernicka u. a. 2011, 672.

<sup>4941</sup> Stöllner u. a. 2004, 651 Kat. 227-229.

<sup>4942</sup> Barbara Helwing (Weeks 2008, 337); Vgl. Voigt 1987, 636f. mit Fig. 2.

<sup>4943</sup> Thornton 2009, 313.

<sup>4944</sup> Helwing 2011c, 265.

<sup>4945</sup> Helwing 2011c, 265.

<sup>4946</sup> Thornton 2009, 313; Barbara Helwing (Weeks 2008, 337).

<sup>4947</sup> Helwing 2011c, 265.

<sup>4948</sup> Steiniger 2011, 89f. 91.

<sup>4949</sup> Steiniger 2011, 90f. 92.

<sup>4950</sup> Stöllner u. a. 2004, 651 Kat. 230.

<sup>4951</sup> Barbara Helwing (Weeks 2008, 337).

<sup>4952</sup> Pernicka 2011, 673.

<sup>4953</sup> Steiniger 2011, 98.

<sup>4954</sup> Helwing 2011, 11f.

<sup>4955</sup> Schmidt 1937, 121. 136; Jedoch werden nicht alle Silberobjekte der Periode II im Text aufgeführt, die sich im Katalog finden lassen. Siehe beispielsweise das Grab 8 mit seinen (Silber-)Objekten (im Folgenden).

<sup>4956</sup> Schmidt 1937, 121. 414 Kat. H. 2659; Plate 30,A.

<sup>4957</sup> Schmidt 1937, 121. 128f. mit Fig. 75; 420 Kat. H 2982; Plate 30,A.

<sup>4958</sup> Schmidt 1937, 121. 128f. mit Fig. 75; 420 Kat. H 2983; Plate 30,A.

<sup>4959</sup> Schmidt 1937, 128f. mit Fig. 75; 420 Kat. H 2981.

Aus Grab 34 Hissar Periode II:

- e) Anhänger („ladle-shaped“) (H 2879)<sup>4960</sup>

Aus Grab 35 Hissar Periode II:

- f) Perle (H 2994)<sup>4961</sup>

Aus Grab 8 Hissar Periode IIB:

- g) gebogenes Silberband (H 2178)<sup>4962</sup>
- h) Fragment eines Diadems (H 2175)<sup>4963</sup>
- i) Diadem? aus länglichen Silberperlen und Kalksteinscheiben (H 2176)<sup>4964</sup>
- j) bikonische Perlen zu Kette (H 2179) gehörig<sup>4965</sup>

Aus Hissar IIIB:

- k) Armband aus einer Kupfersilberlegierung<sup>4966</sup>

Aus Hissar 2. H. 4. Jt./2. und 3. Viertel des 4. Jt. v. Chr.:

- l) Bleiglätte/Bleischlacke? – „in the second half of the fourth millennium B.C., there are also Pb slags which may signify the first stage in the production of silver“ (Christopher Thornton [Weeks 2008, 338]). – Bleiglätte (Nezafati – Pernicka 2012, 39): „In Iran, recent archaeological investigations on the ancient sites of Tappah Sialk [...], Arisman [...], and Tappah Hissar have unearthed numerous fragments of litharge which mainly belong to Sialk III-IV and Hissar II-III periods [...]. [...] At Tappah Hissar the rescue excavation of the site (by E. Yaghmaii 1998, due to railroad constructions) have revealed several litharge fragments in Hissar II and III periods [...]. The analysis results and discussion about the mentioned finds is discussed in the following“ (Nezafati – Pernicka 2012, 39).

**Material:** Silber; außer k) das Armband enthält um 12 % Silber und l) Bleiglätte/Bleischlacke.

**Analyse:** k) Hessel 1982, 149f.; l) siehe weiter bei Nezafati – Pernicka 2012.

**Beschreibung:**

- a) ‚Anhänger‘ aus Doppelspiralen, gleicht einer abgeschnittenen Doppelspiralkopfnadel welche auf dem Kopf steht. Ähnlichkeit zu Brillenspiralen.

Aus Grab 31:

- b) ‚Anhänger‘ mit zwei kreisförmigen Enden ähnlich Brillenspiralen („loop and double scroll“<sup>4967</sup>). Die Enden werden aus drei konzentrischen Kreisen gebildet mit einem Loch in der Mitte. Kein Drahtschmuck? Die Form scheint gegossen.
- c) Zwei Ohrringe mit offenen Enden.
- d) Ohrring mit offenen Enden.

Aus Grab 34:

- e) konischer Anhänger? mit Öse? („ladle-shaped pendant“<sup>4968</sup>)

Aus Grab 35:

- f) längliche, leicht konische Perle

Aus Grab 8:

- g) Silberband, gebogen. Fingerring?
- h) Fragment eines bandförmigen Diadems
- i) Diadem? oder Haarschmuck aus länglichen Silberperlen und Röhrchen die mit einer Masse gefüllt sind und Kalksteinscheiben und -perlen.
- j) bikonische Perlen.

**Maße:**

- a) H 2,3 cm, B 1,8 cm, D 0,1 cm
- b) H 3,1 cm, B 2,4 cm, D 0,4 cm?
- c) max. Dm 1,7 cm, max. D 0,3 cm
- d) Dm 1,7 cm, D 0,2 cm
- e) L 3,1 cm, B 1,8 cm, D 1,3 cm?
- f) L 2,6 cm, max. Dm 1 cm

<sup>4960</sup> Schmidt 1937, 121. 418 Kat. H 2879; Plate 30,A.

<sup>4961</sup> Schmidt 1937, 121. 420 Kat. H 2994; Plate 30,A.

<sup>4962</sup> Schmidt 1937, 121. 136 Fig. 80; 137. 406 Kat. H 2178; Plate 30,A.

<sup>4963</sup> Schmidt 1937, 136 mit Fig. 80; 406 Kat. H 2175.

<sup>4964</sup> Schmidt 1937, 123. 136 mit Fig. 80; 406 Kat. H 2176; Plate 32.

<sup>4965</sup> Schmidt 1937, 123. 136 Fig. 80; 406 Kat. H 2179; Plate 32.

<sup>4966</sup> Hessel 1982, 149f. 157.

<sup>4967</sup> Schmidt 1937, 129.

<sup>4968</sup> Schmidt 1937, 121.

- g) Dm etwa 2,5 cm, B 1,4 cm
- h) D 0,5 mm
- i) Gesamt-L 68 cm?, L des Teils mit den Silberperlen 15 cm, Einzelperlen? max. L 2,4 cm, max. Dm 0,4 cm
- j) Dm 6 mm

**Fundumstände:** Grabung

**Fundzusammenhang:**

- a) *plot* DF 09
- b)-d) Grab 31 in *plot* DG 96
- e) Grab 34 in *plot* DG 96
- c) Grab 35 in *plot* DG 95
- g)-j) Grab 8 in *plot* DG 53

**Begleitfunde:**

- a) Nicht genauer nachgeprüft.
- b)-d) Neben den Silberobjekten verschiedene Keramik und ein Stempelsiegel aus Kupfer<sup>4969</sup>.
- e) Nicht genauer nachgeprüft.
- f) Nicht genauer nachgeprüft.
- g)-j) Die silbernen bikonischen Perlen (H 2179) gehören zu einer Kette aus verschiedenen Materialien. Zu einem Diadem oder Haarschmuck gehören neben den länglichen Silberperlen verschiedenförmige Kalksteinperlen. Weiter stammen aus dem Grab zwei Armbänder aus Kupfer, insgesamt 6 kupferne Ohringe, sechs kupferne Knöchelringe, ein spindelartiges Objekt, ein Stempelsiegel aus Kupfer und insgesamt vier kupferne Nadeln bzw. Teile davon, davon drei Doppelspiralkopfnadeln, sowie ein Kupferband und weitere Objekte.

**Stratigraphische Einbindung/Datierung:**

- a) Hissar II
- b)-d) Hissar II, möglicherweise Hissar IIA<sup>4970</sup>.
- e) Hissar II
- f) Hissar II
- g)-j) Hissar IIB
- k) Hissar IIIB

Die kulturelle Abfolge von Hissar, die anhand der drei von Schmidt ermittelten Hauptschichten bzw. Perioden unterteilt wird (Hissar I-III), ist durch Nachuntersuchungen modifiziert worden<sup>4971</sup>. Radiokarbonaten und typologische Vergleiche legen vielleicht nahe, dass Periode Hissar II dem letzten Drittel des 4. Jt. v. Chr. zuzurechnen ist<sup>4972</sup>.

Das späte Hissar II ist wohl an die Wende vom 4. zum 3. Jt. v. Chr. zu setzen und damit in die Zeit von Proto-Elamisch I<sup>4973</sup>.

Ein Teil der Silberfunde wird von Schmidt möglicherweise noch der Periode Hissar IIA zugeordnet<sup>4974</sup>, die Schmidts Definition nach wohl eine Übergangsphase von Periode I zu II darstellt<sup>4975</sup>. Dies würde möglicherweise eine Datierung über die Schichtzuweisung und Radiokarbonaten noch in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. bedeuten<sup>4976</sup>. Diese Zuweisung scheint aber nicht stratigraphisch bedingt zu sein, sondern scheint in dem Versuch begründet zu sein, Gräber mit unterschiedlicher Keramik chronologisch zu trennen<sup>4977</sup>. Eine neuere Terminologie für Schmidts Hissar Ic/IIA ist Terminal Hissar I, jedoch kann eine inhaltliche Deckungsgleichheit dieser Stufenbezeichnungen nicht gewährleistet werden<sup>4978</sup>. Helwing gibt eine Parallelisierung von Hissar IC/IIA mit Tepe Sialk III<sub>6-7</sub>, Tepe Ghabristan (Periode IV), Iblis IV, Godin VI und Namazga II<sup>4979</sup>. Sie gibt für mit Tepe Sialk III und Tepe Sialk III<sub>6-7</sub> parallelierte Fundkomplexe Datierungen um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. an<sup>4980</sup>. Thornton datiert Komplexe mit einer Parallelisierung Sialk III<sub>6-7</sub> um 3700-3400 v. Chr.<sup>4981</sup>.

<sup>4969</sup> Siehe Schmidt 1937, 128f. mit Fig. 75.

<sup>4970</sup> Siehe Schmidt 1937, 420 Kat. H 2981 und andere, kupferne Objekte aus dem Grab.

<sup>4971</sup> Siehe hierzu Roustaei 2004, 225; Dyson 1987, 651-654.

<sup>4972</sup> Siehe Roustaei 2004, 225-228; Vgl. Voigt 1987, 636f. Fig. 2; Dyson 1987, 656.

<sup>4973</sup> Siehe hierzu Dyson 1987, 648. 655-660.

<sup>4974</sup> Siehe etwa Schmidt 1937, 420 Kat. H 2981 und vgl. weitere Funde aus Grab 31.

<sup>4975</sup> Siehe Roustaei 2004, 226; Dyson 1987, 652.

<sup>4976</sup> Vgl. Voigt 1987, 636f. Fig. 2; Roustaei 2004, 225f.

<sup>4977</sup> Siehe hierzu Dyson 1987, 652.

<sup>4978</sup> Siehe hierzu Dyson 1987, 652f.

<sup>4979</sup> Helwing 2011e, 526.

<sup>4980</sup> Vgl. etwa Helwing 2011e, 524f. und vgl. weitere Beiträge im selben Band.

<sup>4981</sup> Vgl. etwa Thornton 2009, 313f. 319.

Je nach Periodenzuweisung der Fundzusammenhänge der Silberfunde und der Parallelisierungen und Datierung dieser Perioden ergeben sich bei der Datierung der Silberfunde erhebliche Spielräume. Kurz gesagt: die letzten drei Viertel des 4. Jt. v. Chr.

**Bemerkungen:** Aus Periode Hissar III stammen zahlreiche Silberobjekte. Diese dürften jedoch ins 3. Jt. v. Chr. zu datieren sein<sup>4982</sup>. Die frühesten aus dieser Periode könnten hier jedoch vielleicht noch von Belang sein<sup>4983</sup>.

Aus Hissar IIB-III A sind Doppelspiralkopfnadeln aus Kupfer<sup>4984</sup> ebenso wie aus Sialk IV,1 belegt<sup>4985</sup>.

Die Periodisierung und Datierung von Tepe Hissar ist schwer nachvollziehbar.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturauswahl:** Roustaei 2004, 222-230; Schmidt 1937, 121; Plate 30; Dyson 1987; Voigt 1987, 636f. Fig. 2; Nezafati – Pernicka 2012, 39 mit weiterer Literatur.

**Koordinaten:** 36,15, 54,35

**Datierung Karte:** Mitte 4. Jt.

## Katalog-Nr.: 41

**Fundort:** Sé Girdan (West-Aserbaidschan/Iran) nahe dem südwestlichen Ufer des Urmia Sees

**Art der Objekte:** Silbergefäß und zwei Silberstangen<sup>4986</sup>

**Material:** Angabe Silber

**Analyse:**

**Beschreibung:** fragmentiertes silbernes Trinkgefäß; zwei lange fragmentierte Silberstangen „made by rolling silver plate in the manner of a scroll“<sup>4987</sup>, Trinkhalme?

**Maße:**

**Fundumstände:** 1968 bei Grabungen gefunden<sup>4988</sup>.

**Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde:** Gräberfeld mit 11 Tumuli<sup>4989</sup>. (In beraubten Tumuli fanden sich Silbergefäße zusammen mit Flachbeilen und Schaftlochäxten sowie zahlreiche Gold-, Stein- und Glaspasteperven<sup>4990</sup>. Muscarella 2003, 117: „a fragmented silver vessel, [...] and two fragmented silver rods“). In Tumulus III<sup>4991</sup> fanden sich in einer in den Boden eingetieften Grabkammer mit lehmverputzter Wand (Die Grabkammer von Tumulus II etwa ist aus Steinplatten gesetzt) und Abdeckung aus Holzbalken eine seitliche Hockerbestattung mit Rotfärbung. Ein Stabförmiges Tierkopfepter mit Katzenkopf (als Wetzstein gedeutet), ein fragmentiertes silbernes Trinkgefäß, „a bronze knife with remains of plaited material adhering to one side“<sup>4992</sup>, eine sehr flache Beilklinge, zwei lange fragmentierte Silberstangen<sup>4993</sup> und zahlreiche Gold-, Stein- und Pasteperven in der Nähe des rechten Handgelenkes. Die Aufschüttung über der Grabkammer bestand aus Stein und darüber Lehm. Die Aufschüttung des Hügels aus Lehm bedeckte (zum Zeitpunkt der Grabung<sup>4994</sup>) auch eine Steinschüttung (*revetment*), die das Grab umgrenzte.

**Kulturelle Zuordnung und Datierung:** Ursprünglich in das 7./6. Jh. v. Chr. datiert<sup>4995</sup> sieht Muscarella (2003, 125) Sé Girdan jetzt als „a northwestern Iranian manifestation of the North Caucasian, Maikop, Early Bronze Age culture“. Gräber des Majkop-Typus<sup>4996</sup>. Datierung in die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. (vgl. dazu Muscarella 2003, 128-130).

**Bemerkungen:**

**Tafel/Abb./Karte:** Silbergefäße: Muscarella 1969, 21 Fig. 28.

---

<sup>4982</sup> Vgl. Voigt 1987, 636f. Fig. 2.

<sup>4983</sup> Siehe zu den Silberfunden Schmidt 1937, 208-210; Zur Datierung siehe etwa Roustaei 2004, 225; Vgl. auch Dyson 1987, 658-660.

<sup>4984</sup> Schmidt 1937, 119; Siehe etwa Schmidt 1937, Plate 30, H 4856.

<sup>4985</sup> Dyson 1987, 656.

<sup>4986</sup> Muscarella 2003, 117.

<sup>4987</sup> Muscarella 1969, 20.

<sup>4988</sup> Muscarella 1969, 6.

<sup>4989</sup> Muscarella 1969; Muscarella 1971.

<sup>4990</sup> Nach Hansen 2011a, 296. 298.

<sup>4991</sup> Muscarella 1969, 16-24.

<sup>4992</sup> Muscarella 1969, 20.

<sup>4993</sup> Muscarella 1969, 20.

<sup>4994</sup> Vgl. Muscarella 1971, 14 mit Anm. 7.

<sup>4995</sup> Muscarella 1969, 24; Muscarella 1971, 28.

<sup>4996</sup> Hansen 2011a, 296. 298.

**Literaturauswahl:** Muscarella 1969; Muscarella 1971; Muscarella 2003; Hansen 2011a, 296. 298; Hansen 2009, 37; Lyonnet u. a. 2008, 39 mit Anm. 21.

**Koordinaten:** cave: ungefähre Lokalisierung über Google Earth nach Muscarella 2003, 116f. mit Fig. 1 (vgl. „about 15 miles southwest of Hasanlu and Lake Urmia in northwestern Iran“ mit Fig. 1), die Tells wurden optisch aber nicht lokalisiert und bei der Peilung wurde als Ausgangspunkt Hasanlu (37° 0'16.00"N, 45°27'31.28"E) genommen und die Karte bei Muscarella 2003, 118 Fig. 1 zugrunde gelegt (vgl. mit anderen Ortsangaben in der Literatur): 36°59'31.65"N, 45°11'15.06"E

**Datierung Karte:** 2. H. 4. Jt.

## Katalog-Nr.: 42

**Fundort:** Susa (Huzistan/Iran) beim heutigen Ort Shush

**Art der Objekte:** Verschiedene Anhänger aus zwei Kindergräbern (a und b zum selben Grab gehörig) und eine silberne Hundfigur:

- a) ein mehrteiliger, schieberartiger Kompositanhänger mit Perlen<sup>4997</sup>.
- b) sieben Anhänger mit Einlagen<sup>4998</sup>.
- c) fünf<sup>4999</sup> (oder sieben?<sup>5000</sup>) kreuzförmige Anhänger<sup>5001</sup>.

(Unstratifizierte) Fund(e) von Hundefiguren aus Silber und Gold mit Silber:

- d) Silberfigürchen eines Hundes<sup>5002</sup>.
- e) Figur eines Hundes aus Gold mit ca. 10 % Silber<sup>5003</sup>.

### Material<sup>5004</sup>:

Das Silber ist zum Teil möglicherweise kupelliert<sup>5005</sup> (siehe Analyse).

a)-c) Die Objekte bestehen zum Teil aus Silber, die Einlagen aus unterschiedlichen Materialien sind mit Bitumen eingesetzt:

- a) Silber, Perlen aus grünlichem Bergkristall/Quarz.
- b) Silber mit Einlagen aus Gold und Hämatit.
- c) Silber (siehe Analyse) mit Einlagen aus schwarzem Hämatit oder glasiger Schlacke und Goldblech.
- d) Silber
- e) Gold mit 9,3 % (etwa 10 %) Silber und um 1 % Kupfer<sup>5006</sup>.

### Analyse:

zu c): Das Silber von drei der fünf/sieben kreuzförmigen Anhänger (c) wurden analysiert<sup>5007</sup>:

Nach Tallon handelt es sich um unlegiertes Silber<sup>5008</sup>. Zwei der analysierten Stücke enthalten kein Gold, aber Anteile von Kupfer, Blei und Calcium. Das dritte Stück enthält 0,125 % Gold und erhöhte Anteile von Kupfer und Blei und geringere Gehalte von Calcium.

Tallon schließt aus den Ergebnissen, dass für die untersuchten Objekte unterschiedliche Erze das Silber lieferten<sup>5009</sup>.

---

<sup>4997</sup> Mecquenem 1943, 15f. mit Abb. 12,5; Le Breton 1957, 109 mit Fig. 27,6; Amiet 1966, 87 Fig. 46; Tallon 1987a, 263. 319; Tallon 1987b, 113 Kat. 1159; 314 Kat. 1159; Kohlmeyer 1994, 42; Stöllner u. a. 2004, 656f. Kat. 245.

<sup>4998</sup> Stöllner u. a. 2004, 656 Kat. 245 mit Literatur; Mecquenem 1943, 15 mit Abb. 12,4-5; Le Breton 1957, 109 mit Fig. 27,6; Amiet 1966, 87 Fig. 46; Tallon 1987a, 263. 319; Tallon 1987b, 113 Kat. 1159-1160; 314 Kat. 1159-1160; Kohlmeyer 1994, 42; Benoit 2004, 186 Abb. 10.

<sup>4999</sup> Mecquenem 1943, 15.

<sup>5000</sup> Vgl. Tallon 1987a, 263; Tallon 1987b, 113 Kat. 1160.

<sup>5001</sup> Mecquenem 1943, 15 mit Fig. 12,4; Le Breton 1957, 109 Fig. 27,6; Tallon 1987a, 263. 319; Tallon 1987b, 113 Kat. 1160; 314 Kat. 1160.

<sup>5002</sup> Tallon 1987a, 265; Tallon 1987b, 113 Kat. 1162; 315 Kat. 1162.

<sup>5003</sup> Tallon 1987a, 265; Tallon 1987b, 113 Kat. 1161; 315 Kat. 1161.

<sup>5004</sup> Stöllner u. a. 2004, 656f. Kat. 245-246; Tallon 1987a, 263.

<sup>5005</sup> Siehe Kohlmeyer 1994, 42.

<sup>5006</sup> Tallon 1987a, 265 Anm. 291; Tallon 1987b, 113 Kat. 1161.

<sup>5007</sup> Tallon 1987a, 319; Tallon 1987b, Kat. 1160; Siehe auch Kohlmeyer für eine weitere Diskussion der Ergebnisse (Kohlmeyer 1994, 42).

<sup>5008</sup> Tallon 1987a, 319.

<sup>5009</sup> Tallon 1987a, 319.

Kohlmeyer glaubt in der einen Probe einen Hinweis auf Kupellation sehen zu können<sup>5010</sup>. Er verweist dabei auf die von Gale und Stos-Gale<sup>5011</sup> mit Einschränkung gegebene Bestimmung, dass Silber aus silberhaltigem Galenit meist Goldgehalte von 0 % bis etwa 0,5 % und Bleigehalte von 0,05 % bis 2,5 % aufweist und gediegenes Silber generell weniger als 0,01 % Gold bzw. Blei. Jedoch ist gediegenes Silber häufig mit Cerargyrit (Silberhornerz) vergesellschaftet, welches bis 2,5 % Blei enthalten kann.

Dazu bleibt festzuhalten, dass um gediegenes Silber zu schmelzen meist auch Blei eingesetzt werden muss und je nach Grad der Kupellation auch die anderen unedlen Metalle, wie etwa Kupfer, mit der Bleiglätte abgehen. Aber der Bleigehalt könnte auch über die Vergesellschaftung mit Cerargyrit zu erklären sein (vgl. Kap. II.4.3.3).

zu e): siehe Material.

#### **Beschreibung:**

Anhänger von Ketten aus Kindergräbern:

- a) Zwei Stege bilden einen Rahmen zwischen dem wohl zwei oder drei Silberwalzen und zwei kupferne Stäbe sitzen (siehe Bemerkungen). Auf die Stäbe sind je fünf Perlen aus Quarz aufgereiht. Die Walzen bestehen vermutlich aus Stäben mit darüber geschobenen Hülsen<sup>5012</sup>. Oben auf dem Rahmen sind zwei Vogelfiguren aus Silber antithetisch angeordnet. Zwischen ihnen befindet sich ein Aufsatz mit Öse zum Aufhängen.
- b) Sieben Anhänger die aus jeweils fünf tropfenförmigen Zellen bestehen. In den Zellen befinden sich Einlagen aus punziertem Goldblech und Hämatitblättchen.
- c) Kreuzförmige Anhänger mit Einlagen aus schwarzem Hämatit oder glasiger Schlacke. In der Mitte liegt eine Rosette aus gepunztem Goldblech.
- d) Kleine Hundefigur aus Silber mit Durchlochung.
- e) Kleine Figur eines Hundes mit angelöteter Öse, innen hohl.

#### **Maße:**

- a) H 3,5 cm?, B 3 cm (siehe dazu auch Bemerkungen)<sup>5013</sup>.
- b) H 2-2,2 cm, B 1,85 cm, D 0,4 cm<sup>5014</sup>.
- c) H 2,4 cm, B 2,15 cm, D 0,18 cm<sup>5015</sup>.
- d) L 0,8 cm, G 0,4 g<sup>5016</sup>.
- e) L 1,4 cm, G 2,3 g<sup>5017</sup>.

#### **Fundumstände:**

a)-c) Die Gräber wurden bei Ausgrabungen in Sondage 2 Susa *acropole* entdeckt<sup>5018</sup>.

d) unbekannt

e) Es ließ sich rekonstruieren, dass die goldene Hundefigur 1939 gefunden wurde. Weitere Aussagen sind unsicher<sup>5019</sup>.

#### **Fundzusammenhang:**

a)-b) Die Funde stammen einem Kindergrab<sup>5020</sup>.

c) Aus einem weiteren Kindergrab<sup>5021</sup>.

d) Die Hundefigur ist ein wohl unstratifizierter Fund, eine goldene Parallele soll aus Susa *acropole cote* 16,5-17 stammen<sup>5022</sup>.

#### **Stratigraphische Einbindung:**

a)-c) Aus zwei Kindergräbern in Sondage 2 Susa *acropole cote* 17?<sup>5023</sup>.

d) unbekannt

e) Möglicherweise aus Sondage 2 Susa *acropole cote* 16,5-17<sup>5024</sup>.

---

<sup>5010</sup> Kohlmeyer 1994, 42.

<sup>5011</sup> Gale – Stos-Gale 1981a, 107; Gale – Stos-Gale 1981c, 175.

<sup>5012</sup> Stöllner u. a. 2004, 656 Kat. 245.

<sup>5013</sup> Stöllner u. a. 2004, 656 Kat. 245.

<sup>5014</sup> Stöllner u. a. 2004, 656 Kat. 245.

<sup>5015</sup> Stöllner u. a. 2004, 657 Kat. 246.

<sup>5016</sup> Kohlmeyer 1994, 42; Tallon 1987a, 1 265; Tallon 1987b, 113 Kat. 1162.

<sup>5017</sup> Tallon 1987a, 265; Tallon 1987b, 113 Kat. 1161.

<sup>5018</sup> Siehe Mecquenem 1943, 15; Vgl. Mecquenem 1934, 188-192.

<sup>5019</sup> Siehe Tallon 1987a, 265.

<sup>5020</sup> Mecquenem 1943, 15f.; Mecquenem 1934, 191; Tallon 1987a, 263.

<sup>5021</sup> Mecquenem 1943, 15f.; Mecquenem 1934, 191; Tallon 1987a, 263.

<sup>5022</sup> Siehe Tallon 1987b, 113 Kat. 1161.

<sup>5023</sup> Mecquenem 1943, 15; Mecquenem 1934, 188-192; Tallon 1987a, 263.

<sup>5024</sup> Siehe Tallon 1987b, 113 Kat. 1161; Einschränkung dazu jedoch Tallon 1987a, 265.

**Begleitfunde**<sup>5025</sup>:

- a)-b) In dem Grab mit dem Kompositanhänger und den sieben Anhängern (a und b) wurden Perlen aus Lapislazuli, Karneol, Bergkristall, Quarz und Muscheln gefunden.  
c) Aus dem anderen Grab mit den kreuzförmigen Anhängern stammen Perlen.  
d) unbekannt  
e) unbekannt

**Datierung:** Die Datierung und Benennung der Schichten und Perioden von Susa stellt ein Problem dar<sup>5026</sup>. Aufgrund von Bezügen in der Sachkultur zur Uruk Kultur von Periode Susa II (*acropole* 1 23/22-17 und 2 6-1), und in den hier zur Diskussion stehenden Zusammenhängen<sup>5027</sup> zur Späten Uruk Periode ergibt sich eine Datierung des silbernen Anhängerschmucks (a-c) ins letzte Drittel des 4. Jt. v. Chr.<sup>5028</sup>. Auch im Zusammenhang mit der Blei- und Silbermetallurgie, und besonders den hier behandelten Silberfunden, wird eine solche Datierung erwogen<sup>5029</sup>.

Unter der Prämisse, dass der rekonstruierte Fundort des goldenen Hundefigürchens stimmt und er den silbernen aufgrund seiner Morphologie datiert, ergäbe sich für beide Stücke eine Datierung die der des Anhängerschmucks entspricht.

**Bemerkungen:**

zu a): In den älteren Publikationen ist das Stück a) meist wie in der Beschreibung oben dargestellt beschrieben und/oder abgebildet, teilweise mit Fotografien<sup>5030</sup>. Die Beschreibung bei Mecquenem spricht jedoch von zwei Silberwalzen<sup>5031</sup> (entgegen der Abb.) wie in der jüngsten Publikation, wo das wohl gleiche Stück, jedoch mit nur zwei Silberwalzen in anderer Anordnung, abgebildet und beschrieben wird (die mittlere Walze ist vermutlich um 180° zur Längsachse gedreht eingebaut). Zitiert wird zu diesem Stück aber die älteren Publikationen mit dem Stück mit symmetrischem Aufbau und einer Silberwalze mehr<sup>5032</sup>.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturauswahl:** Mecquenem 1943, 15f. mit Abb. 12,4-5; Le Breton 1957, 109 mit Fig. 27,6; Amiet 1966, 87 Fig. 46; Tallon 1987a, 263. 319; Tallon 1987b, 113 Kat. 1159-1160; 314 Kat. 1159-1160; Kohlmeyer 1994, 42; Benoit 2004, 186 Abb. 10; Stöllner u. a. 2004, 656f. Kat. 245-246 mit Literatur.

**Koordinaten:** 32,18922, 48,257785

**Datierung Karte:** 2. H. 4. Jt.

**Katalog-Nr.: 43**

**Fundort:** nordwestlicher Iran<sup>5033</sup>

**Art des Objektes:** knieende Rinderfigur, einen Becher haltend<sup>5034</sup>

**Material:** Silber (die unterschiedlichen Teile der Figur weisen Silbergehalte von 96,8 % bis 99,4 %, Kupfergehalte von 0,6-3,2 % und Gold von 0,006-0,04 % auf; Angaben in Gew.-%).

**Analyse:** Siehe Lefferts 1971, 15. bes. 22-24.

**Beschreibung:** In menschlicher Haltung kniend dargestellte Figur eines Rindes, welche ein gemustertes Gewand trägt. Mit den ausgestreckt dargestellten Vorderbeinen hält sie einen Becher mit Ausguss. Die Figur ist aus verschiedenen Einzelteilen zusammengesetzt die miteinander verlötet sind<sup>5035</sup>.

**Maße:** H der Figur ohne Becher 15,9 cm (16,4 cm mit Becher), B 6,3 cm auf 10,8 cm<sup>5036</sup>

**Fundumstände:** Ankauf durch Joseph Pulitzer Bequest im Jahre 1966.

**Fundzusammenhang:** nicht bekannt

**Stratigraphische Einbindung:** nicht bekannt

<sup>5025</sup> Mecquenem 1943, 15f.; Amiet 1966, 87 Fig. 46; Tallon 1987a, 263.

<sup>5026</sup> Siehe etwa Amiet 1977, 568.

<sup>5027</sup> Tallon 1987a, 45.

<sup>5028</sup> Siehe etwa Tallon 1987a, 40-47. 50; Stöllner u. a. 2004, 656f. Kat. 245-246; Rothman 2001, 7 Table 1.1;

Collins 2000, 28; Dyson 1987, 648; Amiet 1977, 568; Keel-Leu – Teissier 2004, 3 mit Abb.

<sup>5029</sup> Vgl. Benoit 2004, 185f.; Stöllner u. a. 2004, 656f. Kat. 245-246.

<sup>5030</sup> Mecquenem 1943, 15 mit Abb. 12,5; Le Breton 1957, 109 mit Fig. 27,6; Amiet 1966, 87 Fig. 46; Tallon 1987a, 263; Tallon 1987b, 113 Kat. 1159; 314 Kat. 1159; Kohlmeyer 1994, 42.

<sup>5031</sup> Mecquenem 1943, 15.

<sup>5032</sup> Stöllner u. a. 2004, 656 Kat. 245 mit Literatur; Benoit 186 Abb. 10.

<sup>5033</sup> Hansen 1971, 5. 14.

<sup>5034</sup> Pittman 2003, 43 Kat. 13; Kohlmeyer 1994, 42; Hansen 1971.

<sup>5035</sup> Lefferts 1971, 15-22.

<sup>5036</sup> Vgl. Pittman 2003, 43 Kat. 13; Lefferts 1971, 15.



**Begleitfunde:** nicht bekannt

**Datierung:** Die Figur wird in die Proto-Elamische Zeit (etwa 3000-2800 v. Chr.) datiert<sup>5037</sup>.

**Bemerkungen:** Im Inneren befinden sich kleine Kalksteine. Eine Funktion als Rassel wird vermutet<sup>5038</sup>. Vielleicht handelt es sich um die Reste einer Hinterfütterung zur Stabilisierung der Figur (auch bei der Herstellung: unsauberer Tonkern?), die sich später gelöst hat<sup>5039</sup>.

Plastische Darstellungen dieser Art sind selten<sup>5040</sup>. Beim Ankauf war die Oberfläche der Figur von Korrosionsprodukten mit Spuren von Gewebe bedeckt<sup>5041</sup>.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Kohlmeyer 1994, 42; Pittman 2003, 43 Kat. 13; Hansen 1971; Lefferts 1971, 15-24; Alexander 1971.

## Mesopotamien

**Katalog-Nr.:** 44

**Fundort:** Uruk-Warka „vermutlich Steinstiftgebäude“ (al-Muthanna/Irak)

**Art des Objektes:** zusammengerolltes Silberblech (W 17105/IM 45624)<sup>5042</sup>

**Material:** Silber

**Analyse:** keine bekannt

**Beschreibung:** zusammengerolltes Silberblech

**Maße:** L 5,5 cm, B 1 cm<sup>5043</sup>.

**Fundumstände:**

**Fundzusammenhang:** Aus der Eintragung im Inventarbuch: „Zimmer mit Gipsfußboden im Quergraben zum Seleukidenschutt.“<sup>5044</sup>. Pedde zufolge handelt es sich wahrscheinlich um das Zimmer in Planquadrat Na 16-1 und ordnet es deshalb dem Steinstiftgebäude zu<sup>5045</sup>.

**„Stratigraphische Einbindung“:** Eine Zuweisung des Steinstiftgebäudes zu Uruk-Eanna VI-IVa wird seit langem diskutiert<sup>5046</sup>. Das Riemchengebäude, dessen Errichtung<sup>5047</sup> und Nutzung in Uruk Eanna VI-IV gesucht wurde<sup>5048</sup>, schneidet das Steinstiftgebäude. Vieles spricht dafür, dass das Steinstiftgebäude spätestens in Uruk Eanna VI(c) mit oder vor der Errichtung des Riemchengebäudes aufgelassen wurde<sup>5049</sup>.

**Begleitfunde:** Siehe zum Befund des Steinstiftgebäudes Heinrich 1982, 70-72.

**Datierung:** Uruk Eanna VI ist etwa am Ende der Mittleren Uruk Periode um 3500-3400 v. Chr. zu datieren<sup>5050</sup>.

**Bemerkungen:** Die Zuweisung des Silberbleches zu dem Steinstiftgebäude erfolgt nach Pedde<sup>5051</sup>.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturauswahl:** Pedde 1992, 87, Kat. 949; Taf. 81,949.

**Koordinaten:** 31,324078, 45,638101

**Datierung Karte:** Mitte 4. Jt.

---

<sup>5037</sup> Hansen 1971, bes. 7-11 mit Anm. 3; Pittman 2003, 43 Kat. 13.

<sup>5038</sup> Pittman 2003, 43 Kat. 13.

<sup>5039</sup> Siehe Lefferts 1971, 22.

<sup>5040</sup> Hansen 1971, bes. 7-9.

<sup>5041</sup> Hansen 1971, 7.

<sup>5042</sup> Pedde 1992, 87, Kat. 949; Taf. 81,949.

<sup>5043</sup> Pedde 1992, 87, Kat. 949.

<sup>5044</sup> Nach Pedde 1992, 87 Anm. 468.

<sup>5045</sup> Pedde 1992, 87 mit Anm. 468.

<sup>5046</sup> Vgl. etwa Heinrich 1982, 70-73; Abb.106; 110-111. 112; Nissen 1999, 195 mit Abb. 9; 195f.

<sup>5047</sup> Sürenhagen 1999, 143-170. bes. 143-150. 156 Tab. 17; 160-162. 166. 168 Tab. 18; 172 Tabelle 21; 173.

<sup>5048</sup> Siehe etwa Lenzen 1959, 18.

<sup>5049</sup> Siehe Sürenhagen 1999, 143-170. bes. 156 Tab. 17.

<sup>5050</sup> Vgl. Sürenhagen 1999, 156 Tab. 17; 172 Tab. 21; Rothman 2001, 7 Table 1.1; Vielleicht etwas früher, wenn man Sürenhagen in Zuweisung der Zerstörung des Steinstifttempels zu Uruk Eanna VI b folgt (siehe Sürenhagen 1999, 156 Tab. 17).

<sup>5051</sup> Pedde 1992, 87 Kat. 949 mit Anm. 468.

**Katalog-Nr.: 45****Fundort:** Riemchengebäude in Uruk-Warka (al-Muthanna/Irak)**Art der Objekte:**zwei Speer(?)spitzen bzw. Pfeilspitzen (*harpoon-head* oder *arrow-head*)<sup>5052</sup>:

- a) W 18700,24/IM 60478 b<sup>5053</sup>
- b) W 18725 m<sup>5054</sup>

hornförmige Gegenstände, aus Silberblech gedreht<sup>5055</sup>:

- c) W 17693 e/IM 45625?<sup>5056</sup>
- d) W 17693 f/IM 45625?
- e) W 17693 g/IM 45625?

**Material:**

- a) Materialart nicht sicher bekannt (siehe Analyse); Pedde gibt an, dass diese Speerspitze aus dem gleichen Material wie Speerspitze b) besteht<sup>5057</sup>.
- b) Kupfer-Silber Legierung mit 26 % Silber<sup>5058</sup>.
- c) Silber
- d) Silber
- e) Silber

**Analyse:**

- a) Lenzen gibt die Möglichkeit an, „daß auch die in der vorigen Kampagne [dieses Exemplar: W 18700,24] gefundene Speerspitze aus Silber besteht“<sup>5059</sup>. Dabei bezieht er sich auf die Speerspitze W 18725 m, die – wie sich mittlerweile herausgestellt hat – aus einer Kupfer-Silber-Legierung besteht. Vgl. b).
- b) Cu    Sn    Pb    As    Sb    Ag  
35-60    –    1,0    –    –    40-65

(–) bedeutet unter der Nachweisgrenze von etwa 0,1 %

Analysemethode: energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse. Alle Angaben in Prozent unter der Annahme, dass die analysierten Bestandteile zusammen 100 % ergeben

Cu	Sn	As	Sb	Ni	Ag	Fe	//	Co	Au	Zn	Se	Ir
69,5	<0,28	1,06	0,0117	1,09	26,0	<1,9	//	32,2	2920	<1100	<120	<0,4

Labornummer: HDM 1285

Analysemethode: instrumentelle Neutronenaktivierungsanalyse an einer Bohrprobe. Angaben in Prozent für Kupfer, Zinn, Arsen, Antimon, Nickel, Silber und Eisen und in ppm (= 0,0001%) für Kobalt, Gold, Zink, Selen und Iridium

Nach Pernicka 1993, 313-316 mit Abb. 16-17. Siehe die Diskussion der Analyse und der Ergebnisse bei Pernicka (1993).

- c) keine bekannt
- d) keine bekannt
- e) keine bekannt

**Beschreibung:**

- a) „Speer(?)spitze mit zwei Widerhaken an der Spitze und einem langen, runden, am hinteren Ende abgeplatteten Schaft“<sup>5060</sup>.
- b) „Im Nordwestkorridor lag etwa in der Mitte, hart an der Wand des Hauptraumes gerückt, eine grün oxidierte Speerspitze ... Die Spitze ist 9,3 cm lang. Die Spannweite der Widerhaken muß ursprünglich etwa 1,4 cm betragen haben. Einer der Widerhaken ist abgebrochen. Während die Spitze mit ihrem Widerhaken aus einem runden Schaft hervorwächst, ist das rückwärtige Ende, anscheinend soweit es in

<sup>5052</sup> Zur Benennung vgl. Lenzen 1959, 10; Pedde 1992, 90; Pernicka 1993, 313; Kohlmeyer 1994, 42; Moorey 1994, 236.<sup>5053</sup> Pedde 1992, 90 Kat. 973. Taf. 83,973 (mit weiterer Literatur).<sup>5054</sup> Pedde 1992, 90 Kat. 974. Taf. 83,974 (mit weiterer Literatur).<sup>5055</sup> Pedde 1992, 86 Kat. 956. Taf. 81,956.<sup>5056</sup> Siehe auch Pedde 2000, 80 Kat. 1328; Taf. 66,1328.<sup>5057</sup> Siehe Pedde 1992, 90 unter Kat. 974.<sup>5058</sup> Pernicka 1993, 316 Abb. 17 W. 18725m.<sup>5059</sup> Lenzen 1959, 10.<sup>5060</sup> Pedde 1992, 90 Kat. 973.

den Speerschaft eingelassen war (3 cm), abgeplattet<sup>5061</sup>.

- c) „Kleines Horn, in viele 2-3 mm breite Streifen unterteilt (tatsächlich wohl ein einziger, spiraling gewickelter Blechstreifen, Br. 0,75 cm). Die Spitze ist auf der unteren Seite beschädigt, der Hornansatz ist zusammengedrückt<sup>5062</sup>.
- d) ähnlich zu c).
- e) ähnlich zu c) bzw. kleines gedrehtes Silberstück<sup>5063</sup>.

**Maße:**

- a) L 9 cm, Dm (Schaft?) 0,6 cm<sup>5064</sup>.
- b) Länge 9,3 cm, Spitze: erh. B 1,1 cm, ursprünglich wohl etwa 1,4 cm, Dm Schaft 0,5-0,7 cm<sup>5065</sup>.
- c) L 4,8 (4,6) cm, B 1,6 (1,5) cm, D? 1 cm<sup>5066</sup>.
- d) L 5,4 cm, B 1,5 cm<sup>5067</sup>.
- e) L 1,7 cm, B 1 cm<sup>5068</sup>.

**Fundumstände:** Bei Ausgrabungen in Uruk-Warka während der Kampagnen 1955/56 und 1956/57 gefunden<sup>5069</sup>.

**Fundzusammenhang**<sup>5070</sup>: Aus dem „Riemchengebäude“ in Uruk in der Westecke des sog. Eanna Bezirkes. In dem Riemchengebäude wurden zahlreiche weitere Gegenstände gefunden, die als bestattetes Tempelinventar gedeutet werden<sup>5071</sup>. Interessant sind in diesem Zusammenhang die sich aus dem Befund ablesbaren Handlungen<sup>5072</sup>. Die Funde müssten demnach älter sein als die Schichtzuweisung des Riemchengebäudes.

**Stratigraphische Einbindung:** Das Riemchengebäude wurde „stratigraphisch“ (teils unter Vorbehalt) meist dem Ende der Periode/Stufe/Schicht Uruk Eanna IV zugewiesen, da er den Steinstifttempel schneidet, welcher von Uruk Eanna VI bis IVa in angesetzt wurde<sup>5073</sup>, aber es wurde nicht ausgeschlossen, dass es irgendwann innerhalb von Uruk Eanna VI-IV errichtet wurde<sup>5074</sup>. Aufgrund einer Aufarbeitung der Stratigraphie und der Keramik von Uruk sieht Sürenhagen starke Hinweise, dass die Errichtung des Riemchengebäudes mit Uruk Eanna VI in Verbindung zu setzen ist<sup>5075</sup>.

**Begleitfunde:** Siehe etwa Lenzen 1959, 8-11: Zu den Funden gehören Keramik, Steingefäße, Abschlaggeräte und Kerne aus Flint und Obsidian, Intarsien, Kupfer- und Silbergegenstände und Goldblech.

**Datierung:** Folgt man einer Zuweisung des Riemchengebäudes an das Ende Uruk Eanna IV<sup>5076</sup> so liegt man in am Ende der Späten Uruk Periode und damit ganz am Ende des 4. Jt. v. Chr.<sup>5077</sup>.

Eine Zuweisung zu Schicht zu Uruk Eanna VI – auch aufgrund der aufgefundenen Keramik<sup>5078</sup> – bringt eine Zuweisung ans Ende der Mittleren Uruk Periode respektive den Beginn der Späten Uruk Periode<sup>5079</sup> und damit noch vor dem letzten Drittel des 4. Jt. v. Chr.<sup>5080</sup> (siehe zur Datierung der Späten Uruk Periode aber auch Kat. 30 Kulturelle Zuordnung und Datierung).

In Betracht zu ziehen ist dabei jedoch die Möglichkeit, dass es sich um Altmaterial handelt, das im Riemchengebäude eingelagert wurde (siehe Fundzusammenhang). Dieses kann älter sein als der Niederlegungszeitpunkt. Die Vorratsgefäße, so nimmt Sürenhagen an, waren vor ihrer Niederlegung nicht lange

---

<sup>5061</sup> Lenzen 1959, 10.

<sup>5062</sup> Pedde 2000, 80 Kat. 1328.

<sup>5063</sup> Vgl. Pedde 1992, 86 Kat. 956g.

<sup>5064</sup> Pedde 1992, 90 Kat. 973.

<sup>5065</sup> Lenzen 1959, 10; Kohlmeyer 1994, 42; Pedde 1992, 90 Kat. 974.

<sup>5066</sup> Pedde 1992, 86 Kat. 956 e; Pedde 2000, 80 Kat. 1328.

<sup>5067</sup> Pedde 1992, 86 Kat. 956 f.

<sup>5068</sup> Pedde 1992, 86 Kat. 956 g.

<sup>5069</sup> Lenzen 1959, bes. 10.

<sup>5070</sup> Lenzen 1959, bes. 10f.; Jedoch mit der Inventarnummer W 18725 (m) und nicht wie fälschlich angegeben W 18725 (i) (Lenzen 1959, 10, Taf. 18b).

<sup>5071</sup> Lenzen 1959, 18; Siehe auch Sürenhagen 1999, 146.

<sup>5072</sup> Lenzen 1959.

<sup>5073</sup> Vgl. etwa Heinrich 1982, 70-73; Abb.106. 110-111. 112; Nissen 1999, 195 mit Abb. 9; 195f.

<sup>5074</sup> Lenzen 1959, 18.

<sup>5075</sup> Sürenhagen 1999, 143-170. bes. 143-150. 156 Tab. 17; 160-162. 166. 168 Tab. 18; 172 Tabelle 21; 173.

<sup>5076</sup> Argumente etwa bei Lenzen 1959, 18; Siehe Nissen 1999, 195f.; Heinrich 1982, 72.

<sup>5077</sup> Siehe Nissen 1999, 192 Abb. 4; Rothman 2001, 7 Table 1.1.

<sup>5078</sup> Sürenhagen 1999, 162. 173.

<sup>5079</sup> Sürenhagen 1999, 172 Tabelle 21. 173.

<sup>5080</sup> Siehe Rothman 2001, 7 Table 1.1.

in Gebrauch<sup>5081</sup>. In diesem Punkt möchte ich ihm folgen. Jedoch kommt Sürenhagen über die Keramik zu dem Ergebnis, dass das Riemchengebäude noch vor Schicht V erbaut und wieder zugeschüttet worden sein müsste<sup>5082</sup>. Abweichend davon weist die Keramik m. E. möglicherweise auf das späte 4. Jt. v. Chr. als Verschleißzeitpunkt des Riemchengebäudes hin<sup>5083</sup>.

Solange die Silberstücke anhand von Parallelen nicht zu datieren sind bleibt nur der Verschleißzeitpunkt als datierender Moment.

**Bemerkungen:**

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:**

Zu den Speerspitzen und der Einordnung des Riemchengebäudes:

Pedde 1992, 90 Kat. 973-974; Taf. 83,973-974; Frangipane u. a. 2001, 131f.; Pernicka 1993, 313-316 mit Abb. 16-17; Kohlmeyer 1994, 42; Müller-Karpe 1991, 109 mit Fig. 3; Lenzen 1959, bes. 10. Taf. 18b.; Moorey 1994, 235f.; Nissen 1999, 192 Abb. 3.;195f.; Heinrich 1982, 1982, 70-73; Abb.106. 110-111. 112; Sürenhagen 1999, 1-174. bes. 171-174 mit Tabelle. 21.

Zu c-d: Pedde 1992, 86 Kat. 956; Taf. 81,956; Pedde 2000, 80 Kat. 1328; Taf. 66,1328.

**Koordinaten:** 31,324078, 45,638101

**Datierung Karte:** 2. H. 4. Jt.

**Katalog-Nr.: 46**

**Fundort:** Uruk-Warka ‚Kleinfundschicht‘ bzw. ‚Scherbensschicht‘ (al-Muthanna/Irak) nahe dem *Sammelfund* (Kat. 47)<sup>5084</sup>

**Art der Objekte:**

Silberbleche

- a) W 16723 Bruchstück eines Silberbleches<sup>5085</sup>.
- b) W 16673 Viele Fragmente von Silberblech<sup>5086</sup>.
- c) W 16857 vier Silberblechstreifen zu abgeflachten Rollen zusammengefaltet<sup>5087</sup>.
- d) W 16626 Aufsatz aus Silberblech auf steinernem ‚Keulenkopf‘<sup>5088</sup>.

**Material:** Silber

**Analyse:** keine bekannt

**Beschreibung:**

- a) Bruchstück eines Silberbleches
- b) Fragmente von Silberblech. Das größte ist mehrfach gefaltet.
- c) Silberblechstreifen verschiedener Breite und Länge, die zu abgeflachten Rollen zusammengefaltet wurde. Zwei der Rollen haften aneinander.
- d) Aufsatz aus Silberblech auf einem Keulenkopf aus weißem Stein. Heinrich beschreibt das Stück als eiförmig<sup>5089</sup>. Er spricht auch von einem Keulenknauf.

**Maße:**

- a) k. A.
- b) erhaltene L ca. 18 cm, B 8 cm, D 0,1 cm (des größten Stückes?)<sup>5090</sup>.
- c) aneinander haftende Rollen: B der Streifen 1,6 cm, L der Rollen 9,5 cm, Gesamtbreite der aneinanderhaftenden Rollen 3,1 cm, H 2,2 cm;

einzelne Rollen: L 6 cm, B 1,1 cm, H 1,4 cm; L 5 cm, B 1,1 cm, H 0,9 cm; L 4,1 cm, B 1,1 cm, H 0,8 cm<sup>5091</sup>.

- d) k. A.; vgl. Heinrich 1937, 53 Abb. 7 (ohne Maßstab).

**Fundumstände:** Siehe etwa Heinrich 1937, bes. 28f.; Heinrich 1938, 25.

---

<sup>5081</sup> Sürenhagen 1999, 162.

<sup>5082</sup> Sürenhagen 1999, 162.

<sup>5083</sup> Siehe die Keramikbeispiele bei Sürenhagen 1999, 162 und vergleiche mit Helwing 2002, bes. 189 Abb. 79 und Rothman 2001, 7 Table 1.1.

<sup>5084</sup> Vgl. Behm-Blancke 1975, 53. 54f.

<sup>5085</sup> Pedde 1992, 87 Kat. Nr. 948.

<sup>5086</sup> Pedde 2000, 79 Kat. Nr. 1316.

<sup>5087</sup> Pedde 2000, 80 Kat. Nr. 1327. Taf. 67,1327.

<sup>5088</sup> Kohlmeyer 1994, 42; Heinrich 1937, 51. 53 mit Abb. 7.

<sup>5089</sup> Heinrich 1937, 53.

<sup>5090</sup> Pedde 2000, 79 Kat. Nr. 1316.

<sup>5091</sup> Pedde 2000, 79 Kat. Nr. 1327.

### **Fundzusammenhang:**

Für beide Silber(ensembles) a) und b) wird „aus der Scherbenschicht unter der breiten Rinne im Schnitt durch die Zikkurat-Plattform“<sup>5092</sup> angegeben. Nur einmal verweist Pedde dabei auf die Möglichkeit, dass es sich bei der ‚Scherbenschicht‘ um die ‚Kleinfundschiicht‘ handeln könnte<sup>5093</sup>. Jedoch identifiziert auch Sürenhagen die Inventarbuch Fundstellenangabe „aus Scherbenschicht unter breiter Rinne im Schnitt durch Zikk(urrat-) Plattform“ mit der Kleinfundschiicht<sup>5094</sup>.

**„Stratigraphische Einbindung“/Begleitfunde/Datierung:** Die Kleinfundschiicht liegt stratigraphisch zwischen den Zuständen D und C der Anu-Zikkurat in Planquadrat K 17<sup>5095</sup>. Eine früh geäußerte Datierung der Zikkurat Zustände F bis D als Jemdet Nasr ist heute nicht mehr haltbar<sup>5096</sup>.

Heinrich<sup>5097</sup>, Behm-Blancke<sup>5098</sup> und Hrouda<sup>5099</sup> gaben, aufgrund ikonographischer und stratigraphischer Überlegungen, Anhaltspunkte für eine Einordnung der Kleinfundschiicht in die Uruk Stufen VI-IV, wobei der Zustand A Behm-Blancke zufolge ungefähr mit Periode IV gleichzeitig ist<sup>5100</sup>.

Aufgrund der stratigraphischen Lage der Zikkurat-Zustände F bis A und besonders der Zustände D/C mit der Kleinfundschiicht und einer Neubewertung der Funde der Zustände D/C bis A<sub>1</sub> im Vergleich mit solchen aus Schichten der Periode VI bis Schicht IVc südöstlich und südwestlich der Urnammu-Zikkurat kommt Sürenhagen zu einer vorläufigen Datierung, nach der die Kleinfundschiicht mit späten Schichten der Periode VI des Eanna-Bezirktes zu parallelisieren ist<sup>5101</sup>.

Damit ergibt sich eine Datierung in die spätere Mittlere Uruk Periode<sup>5102</sup>. Der Beginn der Mittleren Uruk Periode wird um 3800 v. Chr. in Südmesopotamien respektive 3600 v. Chr. in den nördlichen Gebieten angesetzt<sup>5103</sup> und deren Ende wird durch den Beginn der Späten Uruk Periode markiert, für den Wright und Rupley für Südmesopotamien um 3400 B.C. angeben, wofür sie Godin Tepe heranziehen, und für das nördliche Mesopotamien um 3350 B.C. mit Verweis auf Jebel Aruda, Hasek Höyük 5B, Habuba Kabira und Arslantepe VIA, ferner Tell Brak TW 16 und Sheikh Hassan 6-7<sup>5104</sup>. Anhaltspunkte für einen früheren Beginn wurden bereits oben dargelegt (siehe Kat. 30 Kulturelle Zuordnung und Datierung).

Nach dem Gesagten halte ich eine Datierung der Kleinfundschiicht und der in ihr enthaltenen Silberfunde um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. oder früher für nicht ausgeschlossen. Jedoch weisen viele der bei Sürenhagen gegebenen Vergleiche der Kleinfunde<sup>5105</sup> auch auf die Späte Uruk Periode, so dass hier vorläufig eine Datierung früh im letzten Drittel des 4. Jt. v. Chr. oder um das dritte Viertel des 4. Jt. Chr. für die Diskussion der Funde in dieser Arbeit erwogen wird.

**Bemerkungen:** Bei den Angaben zu den Stücken bei Pedde fehlen die Fundtiefen, so dass eine Überprüfung der positiven Zugehörigkeit zur Kleinfundschiicht auf diesem Wege nicht erfolgen kann<sup>5106</sup>.

In der Kleinfundschiicht fand sich „eine erstaunliche Menge von Klumpen ungeformten Kupfers“<sup>5107</sup>.

d) Warum W 16626 bei Pedde nicht aufgeführt wird, ist nicht klar<sup>5108</sup>.

### **Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Pedde 1992, 87 Kat. 948; Pedde 2000, 79 Kat. 1316; Pedde 2000, 80 Kat. 1327; Taf. 67,1327; Eichmann 1989, 157 mit Tab. 44 und Profil 57; Sürenhagen 1999, 130-143 mit Tab. 16; 172 mit Tab. 21; bes. 137; Behm-Blancke 1979, 54f.; Hrouda 1970, 39; Heinrich 1982, 38; Kohlmeyer 1994, 2; Heinrich 1937, 53 mit Abb. 7.

**Koordinaten:** 31,324078, 45,638101

<sup>5092</sup> Pedde 1992, 87 Kat. Nr. 948; Pedde 2000, 79 Kat. Nr. 1316.

<sup>5093</sup> Pedde 1992, 75 Anm. 371.

<sup>5094</sup> Sürenhagen 1999, 137 Anm. 119.

<sup>5095</sup> Siehe Eichmann 1989, 157 mit Tab. 44 und Profil 57; Sürenhagen 1999, 130-143 mit Tab. 16; 172 Tab. 21. bes. 137.

<sup>5096</sup> Siehe Sürenhagen 1999, 136f. 142; Behm-Blancke 1979, 54.

<sup>5097</sup> Heinrich 1982, 38.

<sup>5098</sup> Behm-Blancke 1979, 54f.

<sup>5099</sup> Hrouda 1970, 39.

<sup>5100</sup> Genauer Behm-Blancke 1979, 55.

<sup>5101</sup> Sürenhagen 1999, 137-142.

<sup>5102</sup> Vgl. Sürenhagen 1999, 143 Tab. 16; 172 Tab. 21; Rothman 2001, 7 Table 1.1.

<sup>5103</sup> Wright – Rupley 2001, 120.

<sup>5104</sup> Wright – Rupley 2001, 121; Wright nennt an anderer Stelle 3350 B.C. für den Beginn von Late Uruk (Wright 2001, 125); Siehe auch Rothman 2001, 7 Table 1.1.

<sup>5105</sup> Sürenhagen 1999, 137-140.

<sup>5106</sup> Siehe Pedde 1992, 87 Kat. 948; Pedde 2000, 79 Kat. 1316.

<sup>5107</sup> Heinrich 1938, 25.

<sup>5108</sup> Pedde 1992; Pedde 2000.

**Datierung Karte:** 2. H. 4. Jt.

**Katalog-Nr.: 47**

**Fundort:** Uruk-Warka ‚Sammelfund‘<sup>5109</sup> bzw. aus dem Bereich des ‚Sammelfundes‘ (al-Muthanna/Irak); nahe der Kleinfundstelle (Kat. 46)

**Objekt/Fundstelle bzw. Planquadrat/Art der Objekte und Beschreibung/Maße:**

a) zum Sammelfund gehörig<sup>5110</sup>:

- 1) W 14573 d – Pa 16-2 – zusammengerolltes Silberblech – L 3,3 cm, B 1,8 cm<sup>5111</sup>.
- 2) W 14640 b/IM 19369 – Oe 16-3? – Stück Silberblech – k. A.<sup>5112</sup>.
- 3) W 14819 b/IM 19363 – Oe 16-3? – zwei kleine, dünne zusammenhängende Stücke Silberblech – L 2,25 cm, B 0,7 cm<sup>5113</sup>.
- 4) W 15988 d/IM 22492? – Pa 16-1, aus Gefäß W 15983 – Silberblech, Umhüllung eines Holzstabes – L 7,8 cm, max. Dm 1,3 cm<sup>5114</sup>.
- 5) W 14636 b – Oe 16-3? – ein großes und fünf kleinere Silberstücke, Sinterreste – großes Stück: L 9,7 cm, B 7,5 cm, D ca. 0,03 cm<sup>5115</sup>.
- 6) W 15068 b – Pa 16-2 – sieben größere und mehrere sehr kleine Silberblechstücke – durchschnittliche D der Bleche: ca. 0,02 cm; größtes Stück: L 3,6 cm, B 2,4 cm<sup>5116</sup>.
- 7) W 14766 b/VA 11034 – Oe 16-3? – Tierfigürchen (eines Leoparden?) aus dünnem Blech, mutmaßlich Silber. Auf der Innenseite (angelötete?) Spitzen zur Befestigung auf einem Kern. Einlagen aus (bituminösem?) Kalkstein. – L 5,5 cm<sup>5117</sup>.
- 8) W 14766 t/IM 19341 – Oe 16-3? – Silberhorn, zusammen mit Kupferstück – k. A.<sup>5118</sup>.
- 9) W 15263/IM 19293 – Pa 16-2 – kugeliges Gefäß mit langem Ausguss, mit (eingepunztem?) Zeichen auf der Außenseite – H 9,5 cm, Dm 12,4 cm, L des Ausgusses 6 cm, Dm der Öffnung 4,5 cm, D der Wandung 0,05 (oben) bis 0,31 cm (Boden)<sup>5119</sup>.
- 10) W 14766 l/IM ? – Oe 16-3? – gabelförmiger Gegenstand mit verlöteten Enden, Hörner? – L 6,1 cm<sup>5120</sup>.
- 11) W 14722 i/IM 19368 – Oe 16-3? – Zwei „Teile von einem Bügel, aus einem dicken Silberdraht zusammengebogen, die Enden miteinander verlötet“<sup>5121</sup>. – L 4,2 cm und 5 cm<sup>5122</sup>.

<sup>5109</sup> Pedde 1992, 87f. 90; Pedde 2000, 79f. – Zum *Sammelfund* mit weiterer Literatur Pedde 2000, 6 Anm. 27; 7 mit Anm. 28.

<sup>5110</sup> Zugang zu den folgenden Stücken findet sich über Pedde 1992, 87f. 90; Pedde 2000, 6 Anm. 27; 7 Anm. 28. 79f.; Heinrich 136, 28f.; Braun-Holzinger 1984, 4f.; Kohlmeyer 1994, 43.

Angegeben sind hier die Inventarnummern der Stücke (W = Warka, IM = Iraq Museum, VM = Pergamon Museum, Berlin) – soweit bekannt – sowie die Katalognummern von Pedde in den Anmerkungen. Auf die Höhenangaben und die genauen Fundlagen wird hier der Übersichtlichkeit halber verzichtet, auch weil diese nicht im Einzelnen überprüft wurden. Die Objekte mit der Planquadratangabe Oe 16-3 stammen vermutlich aus dem *Sammelfund* und damit aus Planquadrat Pa 16-3 (Pedde 1992, 8 Anm. 24; Pedde 2000, 6 Anm. 27; 7 Anm. 28; 79 Anm. 382). Zu dem *Sammelfund* und der Zuordnung einzelner Objekte zu diesem siehe die Anmerkungen zu den einzelnen Stücken und Fundzusammenhang/„Stratigraphische Einbindung“/Begleitfunde/Datierung und Pedde 1992, 87 Kat. 950-953. 957; 88 Kat. 960; 90 Kat. 975-976; Pedde 2000, 79 Kat. 1313-1314; 80 Kat. 1329-1330.

<sup>5111</sup> Pedde 1992, 87 Kat. 950.

<sup>5112</sup> Pedde 1992, 87 Kat. 951 mit Anm. 24.

<sup>5113</sup> Pedde 1992, 87 Kat. 952 mit Anm. 24 und Tafel 81.

<sup>5114</sup> Pedde 1992, 87 Kat. 953; Lenzen 1936, 15: Hier jedoch Pb 16-1?

<sup>5115</sup> Pedde 2000, 79 Kat. 1313 mit Anm. 382.

<sup>5116</sup> Pedde 2000, 79 Kat. 1314.

<sup>5117</sup> Pedde 1992, 87 Kat. 957; Heinrich 1936, 25.

<sup>5118</sup> Pedde 1992, 88 Kat. 958 mit Anm. 24.

<sup>5119</sup> Pedde 1992, 88 Kat. 960. Taf. 81,960 (mit weiterer Literatur); Heinrich 1936, 40. Taf. 29 (bei Heinrich fälschlich als Inventarnummer W 15260; Siehe Pedde 1992, 88 Anm. 477); Müller-Karpe 1993, 25f. Kat. 36. Taf. B, 36.

<sup>5120</sup> Pedde 1992, 90 Kat. 975; Taf. 83,975 mit Anm. 24; Heinrich 1936, 47. Taf. 35,f (bei Heinrich irrtümlich mit Inventarnummer W 14766 (c) bezeichnet; nach Pedde 1992, 90 Anm. 489).

<sup>5121</sup> Heinrich 1936, 47.

<sup>5122</sup> Pedde 1992, 90 Kat. 976; Taf. 83,976 mit Anm. 24; Heinrich 1936, 47; Taf. 35,h – Vgl. mit Pedde 1992, 62 Kat. 643. Taf. 62,643 (auch zum *Sammelfund* gehörig).

12) W 14759 n – Pa 16-2 – verformt: achtblättriger Blütenkelch mit Stengelansatz; ein leicht ge- oder verbogener Streifen Silber mit einem Breiten und einem schmalen Ende, beide Enden haben Bruchkanten – Blüte: Dm des Kelches 3,2 cm, Dm des Stängels 0,7 cm; Streifen: L 5 cm, B 0,5-0,8 cm, D 0,3 cm<sup>5123</sup>.

13) W 14819 e/VA 11025 – Oe 16-3? – steinerne Widderfigur mit senkrecht aus dem Rücken ragenden Silberstift – k. A.; Maßangaben zur Figur siehe Becker 1993, 101 Kat. 1178<sup>5124</sup>.

14) W 14819 c? – Pa 16-? – längliches Stück Silber mit zwei an einem Ende senkrecht abzweigenden Stützen (zur Befestigung?) – L etwa 6,5-6,9 cm<sup>5125</sup>.

15) 14585 k – Pa 16-? – Blüte aus Karneol, deren silberner Stempel nach unten als Stiel weitergeführt wird – k. A.: Dm der Karneolblüte 3,4 cm<sup>5126</sup>.

16) W 14819 c 1. 2?/VA 11037 – Oe 16-3? – kleines (Rinder)Ohr aus Kupfer mit hohem Silberanteil. Mit Loch am Befestigungsstutzen; (zwei?) Rinderbein(e) aus Kupfer mit hohem Silberanteil mit Einlaßzapfen – Ohr: L 2,8 cm, B 1,8 cm, D 0,4 cm, D am Ohransatz 1,2 cm; Bein: L 3,6 cm<sup>5127</sup>.

17) W 14772 c 1/VA 11040 – Pa 16-2? (Sammelfund) – Liegendes Rind auf einem Lapislazulirollsiegel – L 3 cm, H 2 cm<sup>5128</sup>.

18) W 14766 f/IM ? – Pa 16-2? (Sammelfund) – Liegendes Rind als Aufsatz eines Rollsiegels aus Lapislazuli. Guss in verlorener Form – L. 2,6 cm, H 2 cm<sup>5129</sup>.

b) aus dem gleichen Bereich wie der Sammelfund bzw. aus dem Sammelfund:

1) ein oder mehrere silberne Rinderbeine (und andere Teile?)<sup>5130</sup>

W 15379 c – Pa 16-2, „aus dem späten Riemchenbau der Schicht III unter der späten plankonvexen Zikkurat, 13 m hoch, + 19,00 m“<sup>5131</sup> – silberner Hinterfuß eines Rindes – H 3,6 cm.

W 15378 c und W 15379 c – Pa 16-3? – Beine von Stieren aus Gold und/oder Silber oder Bronze – (k. A.)<sup>5132</sup>.

2) zwei/drei silberne Beine und silberne Geschlechtsteile einer stehenden steinernen Stierfigur:

W 16000 – Pb 16-1? – Die Beine beginnen Mitte des Oberschenkels und sind naturalistisch durchmodelliert. Sie sind mit dem Körper verzapft und durch Metallnieten gesichert. Sie enden an den Hufen ebenfalls in Zapfen. Silberne Geschlechtsteile. Die restlichen Teile der ehemals mit Einlagearbeiten verzierten Figur sind verloren. – k. A.; Stier: 8 cm lang und 8,3 cm hoch (mit Beinen)<sup>5133</sup>.

**Material:** Silber: Kat. 47,a1-15 und Kat. 47,b1, siehe Bemerkungen; Kupfer mit hohem Silberanteil: Kat. 47,a16?; siehe Bemerkungen.

**Analyse:** keine bekannt

**Fundumstände:** Vgl. Heinrich 1936, 2f.; Lenzen 1936, 13f.

**Fundzusammenhang/„Stratigraphische Einbindung“/Begleitfunde/Datierung:**

<sup>5123</sup> Pedde 2000, 80 Kat. 1329. Taf. 67,1329. – Pedde gibt als Vergleich Kat. 1097 (Siehe dazu Pedde 2000, 63 Kat. 1097 mit weiteren Vergleichen?).

<sup>5124</sup> Pedde 2000, 80 Kat. 1330 mit Anm. 28; Zur Widderfigur mit Abb. und weiterer Literatur siehe Becker 1993, 101 Kat. 1178; Taf. 111,1178a-d.

<sup>5125</sup> Heinrich 1936, 47. Taf. 35,g; Kohlmeyer 1994, 43; Zur Inventarnummer vgl. Anmerkungen zu a10 (W 14766).

<sup>5126</sup> Heinrich 1936, 41; Taf. 30,c; Kohlmeyer 1994, 43.

<sup>5127</sup> Pedde 2000, 14 Kat. 143 mit weiterer Literatur; Siehe Pedde 2000, 7 Anm. 28.

<sup>5128</sup> Braun-Holzinger 1984, 4 Kat. 3; Heinrich 1936, 28f. Taf. 17,a; Behm-Blancke 1979, 74 Kat. 49.

<sup>5129</sup> Braun-Holzinger 1984, 4 Kat. 2; Behm-Blancke 1979, 74 Kat. 48; Taf. 8,45.

<sup>5130</sup> Siehe zu Anzahl und Art der Funde auch Braun-Holzinger 1984, 5 Kat.8-9.

<sup>5131</sup> Pedde 2000, 80.

<sup>5132</sup> Pedde 2000, 80 Kat. 1331; Taf. 67,1331. – Pedde nennt als Parallelen W 1021 (Pedde 2000, 14 Kat. 140; Taf. 8,140) und W 14819 c und W 15378 a-c (Pedde 1992, 13 Kat. 72. 75); die letztgenannten Beiden stammen (wahrscheinlich) aus dem *Sammelfund* und sollen nach Pedde aus Bronze sein. Möglicherweise handelt es sich um die gleichen Stücke wie bei Lenzen (Lenzen 1936, 13f. Taf. 23,q-s) abgebildeten Stücke, von denen eines aus Silber sein soll (und deren Inventarnummern mit W 15378 c und W 15379 c auf Taf. 23 [Lenzen 1936] angegeben wird). Es ist nicht zu entscheiden, welches der abgebildeten Stücke aus Silber sein könnte (vgl. auch Moorey 1994, 235). Alle abgebildeten Stücke entsprechen jedoch nicht dem silbernen Rinderfuß gleicher Inventarnummer bei Pedde (Pedde 2000, 80 Kat. 1331) (hier b1/W 15397 c).

<sup>5133</sup> Lenzen 1936, 15f.; Taf. 24,b; Kohlmeyer 1994, 43; Hansen 1975, 162 Kat. 14b; Taf. 14,b; Hansen 2003, 27 Fig. 13.

Ein großer Teil der in Endberichten zu den Ausgrabungen in Uruk-Warka der unter Jemdet Nasr eingeordneten Silberfunde werden dem sog. *Sammelfund*<sup>5134</sup> zugerechnet (siehe unten). Dabei handelt es sich häufig um Bleche. Die Datierung der Fundgattung der Bleche in Uruk ist mit Problemen behaftet<sup>5135</sup>, da diese oft unklare Fundangaben haben und sie oft so kleinteilig sind, dass man sie nicht mit Stücken aus anderen Fundorten vergleichen kann.

Der sog. *Sammelfund* selbst entzieht sich einer genauen Datierung bisweilen. Ihm werden mehr als zweihundert Fundstücke zugerechnet<sup>5136</sup>, die sich in der Füllung zweier Räume eines Riemchengebäudes und in einiger Entfernung dazu auf gleicher Höhe gefunden wurden (Pa 16-2 Gebäude M Schicht IIIa und Pb 16-1; ebenso die Fundstellenangabe Oe 16-3)<sup>5137</sup>.

Um einen geschlossenen Fund im engeren Sinne handelt es sich also nicht. Zu beachten ist, dass in diesem Gebiet nur enge Bereiche freigelegt wurden<sup>5138</sup>. Die Funde sind stilistisch wohl eher als heterogen zu betrachten<sup>5139</sup>. Die Angaben zu den Datierungen reichen von „vor der frühdynastischen Zeit“<sup>5140</sup> über Uruk III<sup>5141</sup> im Sinne von Jemdet Nasr (siehe unten) und älter<sup>5142</sup>, also Uruk-zeitlich. Bei der Datierung spielen immer auch Überlegungen zur Deutung des Befundes und dem Niederlegungszeitpunkt eine Rolle. Immer wieder wird – ähnlich wie im Falle des Riemchengebäudes – eine Bestattung obsolet gewordenen Tempelinventars oder die Verschließung eines solchem bei bzw. nach einem Unglücksfalle diskutiert<sup>5143</sup>, auf jeden Fall sollen die Objekte teilweise deutlich älter sein als der Einbringungszeitpunkt<sup>5144</sup>. Leider lässt sich letzterer auch nicht genau bestimmen und datieren. Müller-Karpe gibt als Niederlegungszeitraum die (späte) Jemdet Nasr-Zeit an<sup>5145</sup>.

Von Lenzen wird der *Sammelfund* nach Schicht I<sub>5</sub> und von Heinrich der Schicht I<sub>1</sub> zugerechnet und Behm-Blancke datiert die Verschließung des *Sammelfundes* an die Nahtstelle IIIa/I<sub>7</sub><sup>5146</sup>. Behm-Blancke macht auf Parallelen der Funde zu Frühdynastischen aufmerksam<sup>5147</sup> (erwägt aber eine Datierung in Jemdet Nasr; siehe oben).

Die Datierung über die Schichtzugehörigkeit hilft auch aus anderen Gründen nicht weiter: Die ‚Schichten‘-abfolge der Ausgräber lässt sich nach Eichmann aufgrund neuerer stratigraphischer Untersuchungen nicht vollständig aufrechterhalten<sup>5148</sup> und die kulturelle Zuordnung der Schichten wie sie damals angenommen wurde, wird heute in Frage gestellt (siehe unten). Außerdem stellt sich das Problem dar, einzelne Schichten aus Grabungsabschnitten miteinander zu korrelieren. Angesichts der stratigraphischen Lage und Fundtiefe können vielleicht andere Befunde, wenn sie einmal aufgearbeitet sind, bei der Datierung helfen<sup>5149</sup>.

So bleibt es also unsicher, ob die von Pedde<sup>5150</sup> angegebene Datierung Jemdet Nasr korrekt ist oder die Silberfunde, besonders die aus dem *Sammelfund* vielleicht doch jünger zu datieren sind.

Ähnliches gilt für die nur 30 m entfernte sog. Kleinfundstelle<sup>5151</sup>.

#### **Kulturelle Zuordnung und Datierung:**

Zur Einordnung von Jemdet Nasr<sup>5152</sup>: Die „Leitstratigraphie“ der Uruk-Zeit stammt aus Uruk. Hier werden im sog. Eanna-Bezirk die ‚Schichten‘ abfolgen<sup>5153</sup> XIV bis IV (oder III) dem vierten Jahrtausend zugerechnet. Diese wurden

---

<sup>5134</sup> Pedde 1992, 87f. 90; Pedde 2000, 79f. – Zum *Sammelfund* mit weiterer Literatur Pedde 2000, 6 Anm. 27; 7 mit Anm. 28.

<sup>5135</sup> Dazu Pedde 1992, 7.

<sup>5136</sup> Müller-Karpe 1993, 25f.

<sup>5137</sup> Behm-Blancke 1979, 53; Müller-Karpe 1993, 26; Pedde 2000, 6 Anm. 27; 7 Anm. 28.

<sup>5138</sup> Siehe etwa Heinrich 1982, 90f.

<sup>5139</sup> Hrouda 1970, 34.

<sup>5140</sup> Braun-Holzinger 1984, 3.

<sup>5141</sup> Behm-Blancke 1979, 52f.

<sup>5142</sup> Hrouda 1970, bes. 34.

<sup>5143</sup> Behm-Blancke 1979, 52f.

<sup>5144</sup> Müller-Karpe 1993, 26; Behm-Blancke 1973, 53; Hrouda 1970, bes. 34.

<sup>5145</sup> Müller-Karpe 1993, 26.

<sup>5146</sup> Zitiert nach Pedde 2000, 6 Anm. 27; Heinrich 1982, 90f.; Behm-Blancke 1979, 53.

<sup>5147</sup> Behm-Blancke 1979, 53.

<sup>5148</sup> Eichmann 1989, 60. Tabelle 10.

<sup>5149</sup> Siehe hierzu – v. a. in Bezug zum Stampflehmgebäude, das einen *terminus ante quem* liefern könnte, dessen Datierung leider aber auch ungeklärt ist – Eichmann 1989, 59-62; Tabelle 10; Möglicherweise können seine Fundamente mit frühdynastischen Scherben in Verbindung gebracht werden (siehe Heinrich 1982, 91).

<sup>5150</sup> Pedde 1992, 87f. 90; Pedde 2000, 79f.

<sup>5151</sup> Siehe Behm-Blancke 1979, 53. 54f.

<sup>5152</sup> Siehe auch Sürenhagen 1999, 1 mit Anm. 1; 3f.

<sup>5153</sup> Siehe hierzu Sürenhagen 1999, 2f. 7f.: Hier wird eine Nomenklatur verwendet, die sich im Falle der Schichten auf die alte Terminologie aber mit neuen Inhalten bezieht.



anhand architektonischer Reste und v. a. der Entwicklung und Laufzeiten keramischer, glyptischer und textlicher Funde verschieden eingeteilt und benannt<sup>5154</sup>.

Aus Uruk selbst gibt es drei Radiokarbonalter. Diese stammen von Holzkohleproben, die 1962-63 vom Boden des Mittelraumes von Kultgebäude C im Eanna-Bezirk in Uruk ausgegraben wurden<sup>5155</sup>. Kultgebäude C wird in Schicht IVa<sup>5156</sup>, und damit ans Ende der lokalen Spät Uruk Stufe und somit auch der Späten Uruk Periode, datiert.

Die Ausgräber identifizierten die Holzkohle als verbrannte Dachbalken aus Zedernholz. Das schränkt den Aussagegehalt aus zwei Gründen ein: Zum einen stellt der Altholzeffekt gerade bei der langsam wachsenden Zeder ein Problem dar, zum anderen können Dachbalken wieder verwendet worden sein.

Die <sup>14</sup>C-Bestimmungen ergeben ein Alter von 3510-3370 v. Chr. (mit einer Wahrscheinlichkeit von 95,4 %).

Letztlich können die Balken bedingt eine Aussage über den *terminus post quem* von etwa 3510-3370 v. Chr. (Mittelwert bei 3440 v. Chr.) für das Bauprogramm dieser Schicht liefern<sup>5157</sup>. Noch davor müssen die Schichten VI und V datieren, die auch der Späten Uruk Periode zugerechnet werden. So ergibt sich möglicherweise ein früheres Datum für den Beginn der Späten Uruk Periode als bislang angenommen.

Ein Datum aus Godin V<sup>5158</sup> etwa legt nach Wright und Rupley dagegen einen Beginn der späten Uruk-Zeit um 3400 v. Chr. nahe, wobei ich aufgrund von nicht zu Ende geführten Überlegungen (Vergleich der Inventare, v. a. der numerischen Tafel) das als spätestes Datum für Uruk Schicht IVc sehen möchte (da es der späteste Zeitpunkt für die Entwicklung der numerischen Tafeln ist; siehe unten). Auch der Befund von Tepecik<sup>5159</sup> legt m. E. nach einen früheren Beginn der Späten Uruk-Periode als den von Wright und Rupley vorgeschlagenen von 3400 B.C. nahe, nämlich vielleicht 3450 B.C.

Den Beginn der späten Uruk-Periode am mittleren und oberen Euphrat legen chronologische Korrelationen anhand von Radiokarbondatierungen und Vergleiche des Formenspektrums von Habuba Kabira Süd, Jebel Aruda, Hasek Höyük und Arslantepe VI A um 3350 B.C. nahe<sup>5160</sup>.

Ein Schema zur Unterteilung der Uruk-Stufen in Uruk stammt von Sürenhagen<sup>5161</sup>. Eine neue Untersuchung der Stratigraphie und der Keramik sowie weiterer Fundgattungen wie glyptischer und textlicher Funde erlauben möglicherweise eine genauere chronostratigraphische Einordnung als dies bisher möglich war<sup>5162</sup>:

Die Spät-Uruk-Stufe steht in einem entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang mit der Mittel-Uruk-Stufe und die Veränderungen stellen keinen Bruch dar, weshalb Sürenhagen die Kulturbezeichnung „jüngerfrühsumerisch“ wählt, die diesem Umstand Rechnung trägt.

Die Veränderungen nach der späturnzeitlichen Schicht IV am Beginn der Schicht III unterscheiden sich hiervon und könnten als Kulturbruch gewertet werden. Zwar werden Formen wie der Blumentopf, Stiftmosaiken, die semipiktographische Schrift (siehe unten) und der Riemchenziegel teilweise weiterverwendet, aber in nahezu allen anderen Bereichen kommt es zu Neuerungen.

Mit Schicht III geht ein Bruch in der Bebauung einher: Anstelle großer Mittelsaalhäuser kommt unregelmäßige und kleinteilige Bebauung auf. Damit einher geht auch eine neue Bautechnik: der hochkantverlegte Flachziegel, der am Ende der Schicht vom plankonvexen Ziegel abgelöst wird. Als keramische Massenware tauchen Fußschalen auf. Neu sind außerdem Terrakottareliefs mit Tierdarstellungen. Mit Ausnahme der Architektur finden diese Neuerungen ihre besten Entsprechungen in der älterfrühdynastischen Zeit. Diese Gründe veranlassten Sürenhagen die Schicht III mit FD I gleichzusetzen, die normalerweise mit der Jemdet Nasr-Zeit

---

<sup>5154</sup> Zu einem kurzen Abriss der Entwicklung verschiedener Chronologieschemata siehe Helwing 2002, 4-6; Sürenhagen 1999, 3 – Die hier meist synonym verwendeten Termini Periode und Stufe umfassen in etwa die von Sürenhagen umschriebenen bau- und chronostratigraphischen Einheiten, verknüpft mit den mir plausibel erscheinenden Datierungsansätzen und kulturellen Inhalten verschiedener Fundorte und Autoren (siehe unten). Einschränkend dazu Sürenhagen 1999, 3.

<sup>5155</sup> Vgl. dazu auch Boehmer u. a. 1993, 67-68.

<sup>5156</sup> Siehe Sürenhagen 1999, 78 Tabelle 10.

<sup>5157</sup> Nach Wright und Rupley 2001, 92 von 3500 B.C., jedoch ohne in der Diskussion um den Beginn der späten Uruk-Zeit näher darauf einzugehen, zumal die Proben auch noch aus Schicht IVa stammen, dem vermuteten Ende der Späten Uruk-Periode.

<sup>5158</sup> Zu Godin V siehe Wright – Rupley 2001, 94-96.

<sup>5159</sup> Zu den Datierungen aus Tepecik siehe Behm-Blancke 1992, 15 mit Anm. 55: Aus dem späturnzeitlichen Baukomplex Tepecik stammen <sup>14</sup>C-Datierungen, diese streuen jedoch stark. Alter von 3785-3370 v. Chr. sind plausibel, welche aus einer Uruk VI-IV (Behm-Blancke 1992, 15 mit Anm. 55) oder VI-V (Helwing ordnet das keramische Inventar von Tepecik dem Habuba-Horizont zu [Helwing 2002, 180]) entsprechenden Sequenz stammen.

<sup>5160</sup> Wright – Rupley 2001, bes. 35-38. 102-104. 110-122; Helwing 2002, bes. 187-189 mit Abb. 79.

<sup>5161</sup> Sürenhagen 1999, 1-174, bes. 113-119. 171-174 mit Tabelle 21.

<sup>5162</sup> Einschränkend dazu Nissen 2001, 149-153; Jedoch auch Sürenhagen 1999, 115.

gleichgesetzt wird<sup>5163</sup>. Mit Schicht I<sub>5</sub> ist möglicherweise schon der Beginn der FD III Zeit erreicht, worauf der Fund eines Gründungsbügels hinweist<sup>5164</sup>.

Der Begriff „jüngerfrühsumerisch“ ersetzt gewissermaßen den Terminus Jemdet Nasr-Zeit, der sich stratigraphisch nicht näher einordnen lässt<sup>5165</sup>. So ist im Bereich der Ur-Nammu-Ziqqurat die nach dem Ende der Schicht IVc einsetzende Entwicklung des semipiktographischen Duktus der früheste Hinweis auf den Übergang zu Jemdet-Nasr<sup>5166</sup>. Nach Sürenhagen ist mit einem Abschluss dieser Entwicklungen möglicherweise bereits vor der Errichtung der Terrasse in Schicht IIIc zu rechnen. Da sich Jemdet Nasr-zeitliche cut-rim bowls und tall flower pots in den jüngsten Schichten der Periode IV finden, müsste in Uruk die bemalte Keramik vom Typ Jemdet Nasr und die Rollsiegelglyptik in diesem Zeitrahmen zwischen Periode IV und IIIc in Gebrauch gewesen sein.

Für das Ende der späten Uruk Periode geben die vorliegenden <sup>14</sup>C-Daten je nach Region verschiedene Anhaltspunkte<sup>5167</sup>:

So könnte die Späte Uruk Periode am oberen Euphrat (Hasek Höyük und Arslantepe VIA) bis 2900 v. Chr. gedauert haben. Für den mittleren Euphrat (mit den Fundorten Jebel Aruda, den jüngsten späturukzeitlichen Schichten von Sheikh Hassan (Schicht 4) und Habuba Kabira Süd) ergibt sich ein mögliches Ende der Späten Uruk Periode kurz vor 3000 v. Chr.<sup>5168</sup>.

In Mesopotamien wurde der Übergang von der Jemdet Nasr (-Zeit) zu Frühdynastisch I in Übereinstimmung mit der ägyptischen Radiokarbonchronologie bei ca. 3000 v. Chr. angesetzt (*cave*: alte Kalibrierungen und teils überholte Schicht- bzw. Periodenzuweisungen)<sup>5169</sup>. Dieses Datum erscheint aber nur dann plausibel, wenn der letzte Abschnitt des Spät-Uruk-Horizontes am oberen und mittleren Euphrat<sup>5170</sup> als gleichzeitig mit Jemdet Nasr in Südmesopotamien angenommen wird. Funde und Befunde am mittleren und oberen Euphrat zeigen lediglich eine Verbindung zur späten Uruk-Periode im Süden<sup>5171</sup>, aber keine Affinität zu Jemdet Nasr. Diese ist vielleicht als Regionalphänomen anzusehen, das im Norden nicht oder kaum in Erscheinung getreten ist<sup>5172</sup>. Am ehesten handelt es sich um einen Kunststil, der an Siegeldarstellungen, Schriftstufe und ferner Keramik festzumachen ist<sup>5173</sup>. Nach der Neubewertung der Sequenz in Uruk-Eanna und der Keramik durch Sürenhagen fällt die Nutzung Jemdet Nasr-zeitlicher Formen in Uruk in den Zeitrahmen von Periode IV(a) und IIIc<sup>5174</sup>. Aufgrund der wahrscheinlichen Gleichsetzung der Schicht III mit FD I nach Sürenhagen fällt eine ausgesprochenen Jemdet-Nasr-Zeit in Uruk deshalb weg<sup>5175</sup>.

Nach Nissen setzt eine Jemdet Nasr Periode mit Schicht/Stufe IIIc in Uruk ein, dabei favorisiert er ein Ende der Uruk-Periode um 3200/3150 v. Chr.<sup>5176</sup>.

Da sich für den Süden ein Ende der späten Uruk-Periode um 3000 v. Chr. ergibt, und ein Beginn für die FD-Zeit um 2960 B.C. möglich scheint, ist die Dauer von Jemdet Nasr relativ eng umrissen und möglicherweise also gleichzeitig mit der Späturuk-Periode anzusetzen.

In welcher Schicht/Stufe von Uruk-Eanna Jemdet Nasr letztlich zu suchen ist und wo (und wann) der Beginn des Frühdynastikums – auch in Abhängigkeit von den verschiedenen chronologischen Systemen die auf Mesopotamien angewendet werden, bleibt Gegenstand von Diskussionen<sup>5177</sup>.

Aufgrund der Daten von Godin (späturukzeitliches Inventar) und den <sup>14</sup>C-Datierungen der nachurukzeitlichen Schichten aus Malyan könnte sich ein Ende der Uruk-Periode im südwestlichen Iran um 3100 B.C. abzeichnen<sup>5178</sup>.

---

<sup>5163</sup> Vgl. Helwing 2002, 5; Siehe unten.

<sup>5164</sup> Sürenhagen 1999, 114f.

<sup>5165</sup> Sürenhagen 1999, 3f. 119.

<sup>5166</sup> Sürenhagen 1999, 117.

<sup>5167</sup> Wright – Rupley 2001, bes. 121.

<sup>5168</sup> Vgl. mit Helwing 2002, 196.

<sup>5169</sup> Nissen 1987, 613; „In Mesopotamia, the terminal date on Jemdet Nasr is 3063 ± 132 Cal BC, and the initial date for Early Dynastic I is 2854 ± 102 Cal BC, suggesting a transition at c. 2960 BC.“ (Hassan und Robinson 1987, 125); Boehmer u. a. 1993; Siehe auch Sürenhagen 1999, 3f.

<sup>5170</sup> Siehe die Radiokarbonaten und die Dauer der einzelnen Urukphasen in den verschiedenen Regionen Mesopotamiens bei Wright – Rupley 2001.

<sup>5171</sup> Siehe etwa Helwing 2002, bes. 187-198 mit Abb. 79.

<sup>5172</sup> Zu Jemdet Nasr siehe Finkbeiner – Röllig 1986.

<sup>5173</sup> Sürenhagen 1999, 3f.; Keel-Leu – Teissier 2004, 2-4.

<sup>5174</sup> Sürenhagen 1999, 5. 114-119. 171.

<sup>5175</sup> Sürenhagen 1999, 3f. 114-116. 173.

<sup>5176</sup> Siehe etwa Nissen 2001, 152; Nissen 1999, 192 Abb. 4; Nissen 1987, 612f.

<sup>5177</sup> Siehe beispielsweise Bollweg 1999, 14-16: Mit erheblich von den hier vertretenen Einordnungen und Datierungen abweichenden Ansätzen.

<sup>5178</sup> Vgl. Wright – Rupley 2001, 94-97.

Fazit: Vieles spricht dafür, dass der Beginn Späte Uruk Periode früher anzusetzen ist als meist angenommen wird. Hier von Bedeutung ist aber, dass die Späte Uruk Stufe in Uruk um 3000 v. Chr. geendet zu haben scheint und vor allem die ‚Jemdet Nasr Zeit‘ oder vielleicht besser Fazies mitumfasst hat, die an anderen Fundorten, besonders im Norden nicht mehr in Erscheinung tritt. In manchen Regionen endete die Späte Uruk Periode kurz vor 3000 v. Chr. und selbst die spätesten der nördlichen Fundorte der Urukkultur wie etwa Habuba Kabira Süd oder Hassek Höyük zeigen, dass im Norden die Siedlungen der Urukkultur bereits vor dem Höhepunkt der Späten Uruk Periode im Süden aufgegeben wurden, und das mag ein Grund sein, warum dort Jemdet Nasr nicht mehr in Erscheinung trat. Zusammen mit der Zuweisung Jemdet Nasr Funden zu den Uruk Schichten/Stufen liefert das vielleicht einen Hinweis auf die zeitliche Stellung.

Arslantepe VI A dagegen mit seinem stark lokalen Gepräge aber auch seinen Uruk-Affinitäten lief möglicherweise bis ins 1. Jh. des 3. Jt. v. Chr. Wie dies miteinander in Verbindung zu setzen wäre, bleibt offen. Die Chronologie ist nicht statisch.

Ein Problem der momentanen <sup>14</sup>C-Sequenzen liegt in der bislang zu kleinen Anzahl von kohärenten <sup>14</sup>C-Datengruppen ein und desselben Fundortes, die zu Regional- bzw. Gebietssequenzen zusammengeschlossen werden können. Weiter fehlt für viele Fundorte mit Späturukbesiedlung eine frühbronzezeitliche Folgebesiedlung (FBZ I), um das Ende der Späten Uruk-Zeit genauer einzugrenzen. Ausnahmen dabei sind etwa Hassek und Arslantepe.

**Bemerkungen:** Die Fundstellenangaben einiger (Silber-)Objekte sind nicht völlig eindeutig aber eine Zuordnung zum *Sammelfund* scheint stimmig<sup>5179</sup>.

Warum einige mutmaßliche Silberobjekte aus dem *Sammelfund* (Kat. 47,a14-15) in verschiedenen Kompilationen zu Silberfunden aufgeführt sind<sup>5180</sup>, und bei Pedde<sup>5181</sup> weder bei den Silberfunden noch den Metallfunden an sich, bleibt offen. Zur Ansprache dieser Stücke als Silber siehe bei Heinrich<sup>5182</sup>. Ob die Auflistung vollständig ist bleibt hier auch offen<sup>5183</sup>. Die unter Kat. 47,a14 und Kat. 47,a16 (ferner Kat. 47,a3 und Kat. 47,a13) aufgeführten Stücke mit der Inventarbuchnummer W 14819 lassen sich nicht ganz sicher identifizieren und zwischen den einzelnen Angaben in der Literatur gibt es Inkonsistenzen<sup>5184</sup>.

Teile von Kompositfiguren, die den oben beim *Sammelfund* besprochenen anzuschließen sind: Wie Braun-Holzinger erwähnt, dass „Weitere recht große Rinderbeine dieser Art unbekannter Herkunft sind ausgestellt in Baghdad, Iraq-Mus.“<sup>5185</sup>.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturauswahl:**

Zu den Silberfunden: Pedde 1992, 87f. 90; Pedde 2000, 6 Anm. 27; 7 Anm. 28; 79f.; Müller-Karpe 1993, 25f.; Behm-Blancke 1979, 52f. 54f.; Hroudá 1970, bes. 34; Kohlmeyer 1994, 43; Heinrich 1936, 41. 47; Taf. 30,c; 35,g.; Pedde 2000, 14 Kat. Nr. 143 mit weiterer Literatur; Lenzen 1936, 15f.; Taf. 24,b; Hansen 1975, 162 Kat. 14b; Taf. 14,b; Braun-Holzinger 1984, 4 Kat. 2; Behm-Blancke 1979, 74 Kat. 48; Taf. 8,45; Braun-Holzinger 1984, 4 Kat. 3; Heinrich 1936, 28f.; Taf. 17,a; Behm-Blancke 1979, 74 Kat. 49.

**Koordinaten:** 31,324078, 45,638101

**Datierung Karte:** 2. H. 4. Jt. (da die Funde mit anderen aus Uruk aufgetragen werden)

**Katalog-Nr.:** 48

**Fundort:** Uruk-Warka Planquadrat Pd 16-3 (al-Muthanna/Irak)

**Art des Objektes:** silberglänzendes Rohmetall (W 6965)<sup>5186</sup>

**Material:** Nicht bestimmt.

**Analyse:** keine

**Beschreibung:**

**Maße:** k. A.

**Fundumstände:**

<sup>5179</sup> Vor allem solche mit der Fundstellenangabe Oe 16-3 (siehe oben).

<sup>5180</sup> Kohlmeyer 1994, 43; Heinrich 1936, 47.

<sup>5181</sup> Pedde 1992; Pedde 2000.

<sup>5182</sup> Heinrich 1936, 47.

<sup>5183</sup> Siehe etwa Heinrich 1936, 47.

<sup>5184</sup> Vgl. Pedde 2000, 14 Kat. 143 mit weiterer Literatur; Heinrich 1936, 47; Taf. 35,g; Kohlmeyer 1994, 43; Zur Inventarnummer vgl. Anmerkungen zu Kat. 47,a10 (W 14766).

<sup>5185</sup> Braun-Holzinger 1984, 5 Anm. 8.

<sup>5186</sup> Pedde 1992, 95 Kat. 988.

**Fundzusammenhang/„Stratigraphische Einbindung“:** Planquadrat Pd 16-3, „70 cm unter Oberkante Asphaltsschicht Nr. 3, Schicht IV“<sup>5187</sup>

**Begleitfunde:**

**Datierung:** „Uruk-Zeit“: Die Datierung des Stückes vom Bearbeiter wird übernommen<sup>5188</sup>.

**Bemerkungen:** Die genaue Anzahl der Silberobjekte aus Uruk lässt sich nicht sicher ermitteln.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Pedde 1992, 95 Kat. 988.

**Koordinaten:** 31,324078, 45,638101

**Datierung Karte:** 2. H. 4. Jt. (da die Funde mit anderen aus Uruk aufgetragen werden)

#### **Katalog-Nr.: 49**

**Fundort:** „Kunsthandel“, angeblich aus Uruk-Warka

**Art des Objektes:** Silbernes Widderfigürchen auf einem Rollsiegel

**Material:** Silber; (Kalk-)Stein

**Analyse:** keine bekannt

**Beschreibung:** Figur eines liegenden Widders. Kopf und Körper sind plastisch dargestellt. Hörner schneckenartig gedreht.

**Maße:** H 3,2 cm, L 3,4 cm<sup>5189</sup>.

**Fundumstände:** 1964 vom Ashmolean Museum bei Sotheby's gekauft und soll aus Uruk-Warka stammen<sup>5190</sup>.

**Fundzusammenhang:**

**Stratigraphische Einbindung:**

**Begleitfunde:**

**Datierung:** Das Siegel mit seinem Knauf wird mit Uruk-Eanna III und damit letztlich Jemdet Nasr nach herkömmlicher Definition in Verbindung gesetzt<sup>5191</sup>. Aber auch eine Datierung in die Späte Uruk Periode wird erwogen<sup>5192</sup>.

**Bemerkungen:** Seine Echtheit ist verschiedentlich angezweifelt worden, aber die jüngere Biographie des Siegels und seines Aufsatzes sprechen für seine Authentizität<sup>5193</sup>.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Braun-Holzinger 1984, 4f. Kat. 5; Taf. 1,5; Behm-Blancke 1979, 90 Kat. K29; Hamilton 1967, 34-41; Moorey – Gurney 1978, 43f.

**Koordinaten:** 31,324078, 45,638101

**Datierung Karte:** 2. H. 4. Jt. (da die Funde mit anderen aus Uruk aufgetragen werden)

---

<sup>5187</sup> Pedde 1992, 95 Kat. 988.

<sup>5188</sup> Pedde 1992, 95 Kat. 988

<sup>5189</sup> Behm-Blancke 1979, 90 Kat. K29; Braun-Holzinger 1984, 4 Kat. 5.

<sup>5190</sup> Hamilton 1967, 34. 41.

<sup>5191</sup> Hamilton 1967, 34. 41; Vgl. Kat. 47 Kulturelle Zuordnung und Datierung.

<sup>5192</sup> Moorey – Gurney 1978, 43.

<sup>5193</sup> Siehe Moorey – Gurney 1978, 43f.; Kohlmeyer 1994, 43 Anm. 47; Behm-Blancke 1979, 90 Kat. K29; Braun-Holzinger 1984, 4f. Kat. 5.

## Levante

### Katalog-Nr.: 50

**Fundort:** Byblos (Libanonberg/Libanon)

**Art der Objekte**<sup>5194</sup>:

- a) Perlen (mehr als 95 Stück)
- b) Ringe (Haar-, Ohr- und Fingerringe; Armringe (>33 Stücke werden von Prag unter „rings“ gelistet, darunter evtl. Haarringe und ein Fingerring; >53 werden als Ohrringe geführt; 11 als Armringe)
- c) „Diademe“ (mehr als 22 Stück)
- d) Verzierungen für Zeremonialkeulen oder Zepter (aus drei Gräbern)
- e) Verzierungen einer Dolchscheide?<sup>5195</sup>
- f) „Prisma“ (*prisme*)<sup>5196</sup> (3 Exemplare?)
- g) „Klinge?“ (*lame*)<sup>5197</sup> (3 Exemplare?)
- h) „Becher/Napf“ (*godet*)<sup>5198</sup> (1 Exemplar)

**Material:** Silber (nach Prag und Kohlmeyer)<sup>5199</sup>, goldhaltiges Silber (Elektron?) nach Courcier u. a. 2008a (vgl. Fundzusammenhang)<sup>5200</sup>

**Analyse:** Siehe Prag 1978, 37 mit Anm. 24 mit weiterer Literatur.

**Beschreibung/Maße**<sup>5201</sup>:

- a) Perlen verschiedener Gestalt aus Blech, darunter bikonische, längliche und kugelförmige Formen.
- b) gebogene Silberdrähte, mit verschiedenen Durchmesser von etwa 1,6 cm bis 12,4 cm, darunter ein tordierter Reif (Dm 6,6 cm) mit quadratischem Querschnitt. Die Enden der Ringe sind oft quadratisch im Qs.
- c) Bänder aus Silberblech mit Lochungen an den Schmalseiten, selten mit punktförmigen Punzierungen verziert. L bis etwa 34 cm. Oft nur fragmentarisch erhalten.
- d) Kappen, Röhren und Silberbänder aus Blech, teilweise verziert. Sie dienten (wohl!?) als Verzierung von Zeptern bzw. Keulen.
- e) Verzierungen einer Dolchscheide?
- f) ohne Beschreibung.
- g) ohne Beschreibung.
- h) Höhe 0,03 m, max. Dm 0,024 m<sup>5202</sup>.

**Fundumstände:** Bei Grabungen des ‚*cimetière énéolithique*‘ zwischen den Jahren 1922 und 1962 gefunden<sup>5203</sup>. Grabungen fanden in der *nécropole* und Siedlung Byblos von 1925-1973/1926-1975 statt<sup>5204</sup>.

**Fundzusammenhang**<sup>5205</sup>: Prag: „233+ silver objects have been found at Byblos in the ‘énéolithique’ graves“<sup>5206</sup>. Kohlmeyer: „Es handelt sich primär um Grabbeigaben aus dem ‘cimetière énéolithique’ von Byblos“<sup>5207</sup> (vgl. unten Artin bei „Fundzusammenhang und Stratigraphische Einbindung /Begleitfunde/Datierung“). Nach einer Zählung der bei Artin (2009, 105 Tabl. 41; 113 Tabl. 45) als Silber geführten Objekte könnten insgesamt um 260 Silberfunde vorliegen (cave: unterschiedliche Angaben etwa bei den Dolchen).

Courcier u. a. 2008a, 31: „in Byblos the graves where the auriferous silver artefacts coming from are: 4bis, 14, 19, 23, 29, 30, 35, 42, 77, 97, 115, 117, 119, 145, 147, 153, 163, 174, 196, 203, 210, 216, 222, 230, 236, 240, 247,

---

<sup>5194</sup> Prag 1978, 36f.; Bei den Funden von Byblos beziehe ich mich fast ausschließlich auf die Arbeit Prags (Prag 1978 mit weiterer Literatur) und ferner auf Kohlmeyer (1994, 41. 43 mit weiterer Literatur), sofern nicht anders zitiert.

<sup>5195</sup> Kohlmeyer 1994, 43.

<sup>5196</sup> Artin 2009, 105 mit Tabl. 41.

<sup>5197</sup> Artin 2009, 105 mit Tabl. 41.

<sup>5198</sup> Artin 2009, 105 mit Tabl. 41.

<sup>5199</sup> Prag 1978, 36f.; Kohlmeyer 1994, 41. 43.

<sup>5200</sup> Courcier u. a. 2008a, 31.

<sup>5201</sup> Siehe Prag 1978, 36f; Kohlmeyer 1994, 43.

<sup>5202</sup> Artin 2009, 105 Anm. 64.

<sup>5203</sup> Prag 1978, 36.

<sup>5204</sup> Vgl. Artin 2009, 213.

<sup>5205</sup> Prag gibt den Fundzusammenhang bei den Anmerkungen zu den einzelnen Formen und sie erwähnt, dass 28 der ersten 273 veröffentlichten Gräber ein oder mehrere Silberobjekte enthielten (Prag 1978, 36f.).

<sup>5206</sup> Prag 1978, 36.

<sup>5207</sup> Kohlmeyer 1994, 43.

249, 272, 630, 631, 689, 889, 1020, 1081, 1106, 1191, 1266, 1314, 1424, 1546, 1546bis, 1555, 1563, 1566, 1567, 1580, 1608, 1668, 1670, 1671, 1674, 1675)“.

zu g) ein „lame“ stammt aus Grab 1673<sup>5208</sup>

zu h) Grab 1558<sup>5209</sup>

#### **Fundzusammenhang und Stratigraphische Einbindung<sup>5210</sup>/Begleitfunde/Datierung:**

Die Funde stammen aus dem ‚cimetière/nécropole énéolithique‘ in Byblos. Die Anzahl der Gräber vom ‚cimetière énéolithique‘ bzw. dieser Zeitstellung wird unterschiedlich angegeben. Prag<sup>5211</sup> nennt unter Bezug auf Dunand<sup>5212</sup> 2101 Gräber, „mostly jar burials though there are about 14 cave tombs“<sup>5213</sup>. Joukowsky dazu: „The site’s Chalcolithic levels (3500-3000 BCE) are known for their numerous (1,207) jar burials (with the deceased in a flexed position accompanied by ceramic offerings) and large monocellular houses with beaten-earth or pebble floors, some having interior partitions“<sup>5214</sup>.

Garfinkel zum ‚Énéolithique Ancien‘: „This phase is characterised by 1,675 jar burials. I personally believe that the few jar burials related in Byblos to "Néolithique Ancien," "Néolithique Moyen" and "Néolithique Récent" were actually dug down from this phase. It seems that "Énéolithique Ancien" Byblos was not a settlement but only a cemetery“<sup>5215</sup>.

Zu den Angaben über die Anzahl der Gräber vgl. Artin 2009, 59f. 215. und s. u.

Dunand nennt eine Datierung von 3800-3200 v. Chr.<sup>5216</sup>. Prag folgt ihm darin zunächst, gibt aber zu bedenken, dass die die Silberobjekte ihrer Einschätzung nach aus einer späteren Gruppe von Gräbern stammen und nennt dafür die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr.<sup>5217</sup>. Kohlmeyer führt weitere Datierungen verschiedener Autoren ins Feld, die vom späten 4. und beginnenden 3. Jt. v. Chr. bis ins späte 3. Jt. v. Chr. reichen und gibt einer Datierung ins frühe 3. Jt. v. Chr. den Vorzug<sup>5218</sup>. Silex, Keramik und Figurinen haben Parallelen in Fundorten der südlichen Levante des Spätchalkolithikums und deuten somit auf eine Datierung in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. oder spätestens um die Mitte des 4. Jt. v. Chr. hin<sup>5219</sup>

Ferner erwähnt Kohlmeyer eine Ähnlichkeit zwischen Metallarbeiten von Byblos und Südanatolien und Nordmesopotamien mit einem Stirnband aus Tepe Gaura X<sup>5220</sup>. Ein Vergleich der nach heutigem Stand der Dinge in die erste Hälfte des 4. Jt. v. Chr. führen würde<sup>5221</sup>.

Courcier und Kollegen nennen als Datierung 3800-3200 v. Chr.<sup>5222</sup>; vgl. oben die Grabnummern.

Artin 2009, 59: „Le site de Byblos a livré un ensemble funéraire dense et riche qui comprend 2 097 tombes, dont 2 059 sont des inhumations en jarres. M. Dunand considère que l’espace occupé par ces tombes une “nécropole”, dont les différentes phases sont datées de la période “énéolithique” (Dunand, 1973). Malgré le caractère remarquable de cet ensemble funéraire, la richesse de son mobilier d’accompagnement (3 652 objets) et l’abondance des données recueillies pendant la fouille (archives du “Fonds Dunand”), le “domaine de la mort” à Byblos demeure très mal connu. Ainsi, sur un total de 2 097 tombes, seules 506 ont été publiées (soit 24 %) et le reste, soit 1 591 tombes, demeurerait inconnu“<sup>5223</sup>. Artin konnte 2019 Gräber lokalisieren. In 1088 (51,8 %) der Gräber fanden sich insgesamt 3652 Objekte (Beigaben/Trachtbestandteile)<sup>5224</sup>. Dabei liegen zu 863 Gräbern keine Informationen vor. Ohne Beigaben waren 146 Gräber (7 %)<sup>5225</sup>. 24 Gräber der Periode énéolithique (nach

---

<sup>5208</sup> Artin 2009, 158 Anm. 79 und 81.

<sup>5209</sup> Artin 2009, 105 Anm. 64.

<sup>5210</sup> Siehe hierzu Ben-Tor 1989, 44f.

<sup>5211</sup> Prag 1978, 36.

<sup>5212</sup> Dunand 1973, 214.

<sup>5213</sup> Prag 1978, 36.

<sup>5214</sup> Oxford Encyclopedia of Archaeology in the Near East 1 (1997) 390-394 s. v. Byblos (M. S. Joukowsky).

<sup>5215</sup> Garfinkel 2004, 185.

<sup>5216</sup> Etwa Dunand 1973, 216.

<sup>5217</sup> Prag 1978, 36.

<sup>5218</sup> Kohlmeyer 1994, 43 mit weiterer Literatur; Siehe dazu auch seine Ausführungen zur Zeitstellung von Byblos vor dem Hintergrund des seiner Meinung nach späturuk-zeitlichen Milieus als Entstehungszentrum und -zeitpunkt der Silbermetallurgie (Kohlmeyer 1994, 41. 44).

<sup>5219</sup> Siehe Garfinkel 2004, 185f.; Kerner 2001, 37-64. bes. 57-63; Siehe auch Ben-Tor 1989, bes. 44-50.

<sup>5220</sup> Nach Kohlmeyer 1994, 43; Tobler 1950, 199; Siehe auch Yakar 1985, 403.

<sup>5221</sup> Siehe Rothman 2002, 3 Table 1.1.

<sup>5222</sup> Courcier u. a. 2008a, 31.

<sup>5223</sup> Zum Forschungsstand siehe auch Artin 2009, 14.

<sup>5224</sup> Artin 2009, 59f.

<sup>5225</sup> Artin 2009, 86.

Artin) enthielten insgesamt 44 Metallobjekte aus Kupfer und Silber (ohne „Schmuck“!)<sup>5226</sup>. Dabei werden von Artin als Schmuck gedeutete Objekte wie etwa Ringe, Armreifen, Bänder (Diadem?) etc. gesondert behandelt und nicht unter den Metallobjekten geführt<sup>5227</sup>. Häufig sind Dolchklingen aus Kupfer (ca. 67 % der Metallobjekte [ausgehend von 44]) (aus 16 „Gräbern“, 31 Exemplare, 29 waren mit menschlichen Resten vergesellschaftet [?], vgl. Artin 2009, 105 Tabl. 41; 29 Exemplare nach Artin 2009, 105; 30 Exemplare nach Artin 2009, 137. 146 Tabl. 66; vgl. zusätzlich hier g) „Klinge“ [lame]; bei Artin zu Dolch[kling]en: Artin 2009, 91 Fig. 54B; 105. 106 Fig. 69; 137. 142. 196f.). Das erste Auftreten von Metall im *énéolithique* von Byblos wäre nach Artin durch „Angelhaken“ aus Kupfer charakterisiert<sup>5228</sup>. Aus Silber bestehen nach Artin ein *godet*, 3 *prisme*, 3 *lames*<sup>5229</sup>. Das stellte nach Artin einen Anteil von 11 % der Metallartefakte dar (ohne Schmuck)<sup>5230</sup>. Die bei den Metallobjekten bei Artin nicht subsumierten Schmuckformen (wie Ringe und Armreifen und insbesondere Perlen) aus Silber werden von Artin (2009, 112-116. bes. 112. 113 Tabl. 45) gesondert aufgeführt. Unter den Schmuckformen wie Perlen aus verschiedenen Gesteinen und Knochen, sind als Material Fayance und Gold hervorzuheben. Teilweise wurden die Funde in „Gräbern“ ohne menschliche Reste gefunden<sup>5231</sup>. Insgesamt werden bei Artin (2009, 105 Tabl. 41; 113 Tabl. 45) um 260 Objekte als Silber geführt. Zur räumlichen und zeitlichen Entwicklung und der Verteilung von (metallführenden) Gräbern vgl. Artin 2009, 171 Fig. 86; 172 Fig. 87. 88; 194f. 216f. Mit einer Abnahme bei der Gesteinsverwendung soll mit einer Entwicklung der Metallurgie einhergehen<sup>5232</sup>. Da der Schmuck (Perlen, etc.) und damit der überwiegende Teil des Silbers von der Betrachtung der Metallurgie abgekoppelt sind, lassen sich schwer Aussagen treffen, könnten aber vielleicht herausgearbeitet werden.

Die Metallfunde (Kupfer und Silber) stammen aus Zusammenhängen von Byblos, die von Dunand (zitiert nach Artin) ursprünglich als *énéolithique* definiert und später nochmals unterteilt hat: *énéolithique ancien* (4500-3700 cal BC, *levées* XXXIX-XXXVIII) und *énéolithique récent* (3700-3000 cal BC, *levées* XXXVIII-XXXIII)<sup>5233</sup>.

Nach Artin 2009, 13 Tabl. 1 (dort ausführlicher und mit weiterer Literatur); in dieser Arbeit werden bezüglich Obermesopotamiens/der Nordlevante und der Südlevante teilweise andere chronologische Standpunkte vertreten):

Stufe	Datierung v. Chr.	Byblos	Kulturen Nordlevante	Kulturen Südlevante
PPNB	6900-6400	Néolithique ancien	Amuq A	Jericho PPNB
PNA	6400-5800	Néolithique ancien final	Amuq B Halaf	Yarmoukian PNA (Jericho IX)
Early Chalcolithic	5800-5400	Néolithique moyen	Amuq C Halaf final	Wadi Rabah PNB (Jericho VIII)
Middle Chalcolithic	5400-4500	Néolithique récent	Amuq D Obeid 3	Beth Shean
Late Chalcolithic	4500-3700	Énéolithique ancien	Amuq E Obeid 4	Ghassoul- Beersheba Qatifan Kultur
Early Bronze I	3700-3000	Énéolithique récent	Amuq F Uruk	Proto-urban (Phase 1-2)

**Bemerkungen:** Prag (1978) war die exakte Anzahl der Objekte aufgrund des Publikationsstandes nicht bekannt<sup>5234</sup>. Durch die Terminologie und die Ausgrabungsmethoden bestehen große Probleme bei diesem nur ungenügend aufgearbeiteten Fundort.

Es werden ‚coppelles‘ erwähnt<sup>5235</sup>. Worum es sich dabei handelt und ob sich um Kupellen zur Kupellation handelt ist weiter zu überprüfen.

<sup>5226</sup> Artin 2009, 86 Tabl. 39; 105.

<sup>5227</sup> Artin 2009, 105; vgl. Artin 2009, 112f. mit Tabl. 45.

<sup>5228</sup> Artin 2009, 12. 105.

<sup>5229</sup> Artin 2009, 105 Tabl. 41.

<sup>5230</sup> Artin 2009, 216.

<sup>5231</sup> Vgl. etwa „Perles“ aus Silber bei Artin 2009, 113 Tabl. 45; Artin 2009, 144 Tabl. 63.

<sup>5232</sup> Artin 2009, 195. 219.

<sup>5233</sup> Artin 2009, 12f. 213.

<sup>5234</sup> Siehe Prag 1978, 36.

<sup>5235</sup> Prag 1978, 37; Vgl. Kohlmeyer 1994, 43.

U. a. Straußeneier und Obsidian sollen die Einbindung in Handelsnetzwerke anzeigen<sup>5236</sup>. Die Metallfunde (Kupfer, Silber, Gold) sollen ob fehlender Hinweise auf Metallurgie vor Ort durch einen Handel mit Palästina, Ägypten oder Anatolien eingehandelt worden sein<sup>5237</sup>.

Lagerstätten: Silber soll im Libanongebirge und Lagerstätten mit Kupfer und Zinn im Hinterland von Byblos zu finden sein, aber auch ein Import etwa des Kupfers aus dem Süden wird angenommen (siehe dazu Artin 2009, 18 mit weiterer Literatur).

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturauswahl:** Dunand 1973; Prag 1978; Kohlmeyer 1994, 41. 43f.; Garfinkel 2004, bes. 185f.; Courcier u. a. 2008a, 31; Artin 2009.

Koordinaten: 34,11666667, 35,65

Datierung Karte: 1. und 2. H. 4. Jt.

**Katalog-Nr.: 51**

**Fundort:** Tell esh-Shuna Nord (Irbid/Jordanien) im nördlichen Jordantal, südöstlich des Sees Genezareth<sup>5238</sup>

**Art der Objekte:**

- a) korrodiertes Silberblechfragment<sup>5239</sup>
- b) Silberring<sup>5240</sup>

**Material:**

- a) Silber (ursprünglich möglicherweise 90 % Ag, 5 % Au und 5 % Cu; Angaben in Gewichts-%<sup>5241</sup>). Die Abwesenheit von Blei, Bismuth und Antimon „might be interpreted as arguing against smelted silver as the main constituent“<sup>5242</sup> nach Philip und Rehren und gemeint ist damit durch Kupellation gewonnenes Silber (als Hauptbestandteil).
- b) Silbergoldlegierung mit ursprünglich um möglicherweise 25 Gew.% Au, 2-4 Gew.% Cu und Spuren von Bismut<sup>5243</sup>.

**Analyse:**

- a) Siehe Philip – Rehren 1996, 132-135; Rehren u. a. 1996, 1-5.
- b) Siehe Rehren u. a. 1996, 1-5.

**Beschreibung:**

- a) Stück eines Silberbleches. Philip und Rehren spekulieren, ob es sich um den Teil eines Gefäßes oder um die Verkleidung eines Kernes gehandelt haben könnte<sup>5244</sup>.
- b) kleiner Silberring

**Maße:**

- a) 2,4 auf 2,7 auf 0,1 cm (inkl. Patina)<sup>5245</sup>; eine ursprüngliche D des Stückes von 0,4 mm ist zu vermuten<sup>5246</sup>.
- b) max. Dm des Rings 1,1 cm, Dm des Drahtes inkl. Korrosionsschicht 1,5 mm<sup>5247</sup>.

**Fundumstände:**

- a) Während Grabungen im Jahr 1993 beim Sieben von Material aus *context* 334 gefunden.
- b) Vgl. Fundzusammenhang.

**Fundzusammenhang:**

- a) Aus Aushub einer Abfallablagerung<sup>5248</sup>.
- b) Aus einer EB I Verfüllung<sup>5249</sup>; Siehe Rehren u. a. 1996, 1.

**Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde/Datierung:**

---

<sup>5236</sup> Artin 2009, 197f.

<sup>5237</sup> Artin 2009, 198.

<sup>5238</sup> Philip – Rehren 1996, 129f. mit Fig. 1.

<sup>5239</sup> Philip – Rehren 1996, bes. 129-137.

<sup>5240</sup> Philip – Rehren 1996, 137; Rehren u. a. 1996.

<sup>5241</sup> Philip – Rehren 1996, 135.

<sup>5242</sup> Philip – Rehren 1996, 137.

<sup>5243</sup> Rehren u. a. 1996, 4.

<sup>5244</sup> Philip – Rehren 1996, 137.

<sup>5245</sup> Philip – Rehren 1996, 132.

<sup>5246</sup> Philip – Rehren 1996, 133.

<sup>5247</sup> Rehren u. a. 1996, 1.

<sup>5248</sup> Philip – Rehren 1996, 129-131.

<sup>5249</sup> Philip – Rehren 1996, 137.



- a) Die Abfallablagerung<sup>5250</sup> besteht aus Materialkomplexen, die zu verschiedenen Zeitpunkten innerhalb kurzer Zeiträume eingebracht wurden. Aus einem zum Hangenden liegenden *context* der Abfallablagerung stammen Tiegel und mögliche Gussformen sowie vier Radiokarbondatierungen, die Alter zwischen 3400 und 2900 cal BC aufweisen.

Der Befund wird dem Early Bronze Age I (etwa 3500-3100 v. Chr.<sup>5251</sup>) der (südlichen) Levante zugerechnet<sup>5252</sup>. Dabei eher spät innerhalb der EBA I<sup>5253</sup>. Zu einem früheren Beginn der Frühbronzezeit I siehe Klimscha 2012a, bes. 192. 194. 205; Klimscha 2010, 103; vgl. Pfeiffer 2013, 12f. Das Chalkolithikum und der Beginn des EBA der Levante jüngst Umdatierungen erfahren (s. Kap. IV.6. Levante).

- b) Aus einer EB I Verfüllung<sup>5254</sup> (zur Datierung siehe oben).

**Bemerkungen:**

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literatur:** Philip – Rehren 1996; Kerner 2001, 27f. 131; Rehren u. a. 1996.

**Koordinaten:** 32,61666667, 35,58333333

**Datierung Karte:** 2. H. 4. Jt.

**Katalog-Nr.: 52**

**Fundort:** Farah/Tell el Farah Nord (Westjordanland, Palästina)

**Art des Objektes:** Schale<sup>5255</sup>

**Material:** Silber

**Analyse:**

**Beschreibung:** Getriebene Schale mit abgeknickter Wandung.

**Maße:** H 5 cm, Dm 12 cm<sup>5256</sup>.

**Fundumstände:** 1950 bei Ausgrabungen entdeckt<sup>5257</sup>.

**Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde/Datierung:**

Die Schale stammt aus der Schicht *énéolithique* des Grabes 12 von el Farah<sup>5258</sup>. Das Grab wurde in der Mittelbronzezeit II und der Spätbronzezeit weiterbelegt<sup>5259</sup>. Kohlmeyer sieht die Schale deshalb in diesem späteren zeitlichen Umfeld<sup>5260</sup>. Aufgrund von möglichen Parallelen der Silberschale mit Keramik in Palästina und der Nekropole von Byblos u. a. Überlegungen datiert Prag die Schale in die Stufe Proto-Urban von Palästina und damit implizit gleichzeitig mit den Silberfunden von Byblos, die ihrer Meinung etwa in die zweite Hälfte des 4. Jt. v. Chr. zu datieren sind (vgl. auch Datierung Byblos; Kat. 50)<sup>5261</sup>. Die Stufe Proto-Urban bzw. de Vauxs *énéolithique* entspricht (nach heutigem Verständnis) etwa dem Early Bronze Age IA(-B) der Levante (EBA IA: etwa drittes Viertel 4. Jt. v. Chr.; EBA IA-B etwa 3500-3100 v. Chr.)<sup>5262</sup>, dabei war sie ursprünglich teilweise als eine Art Übergang von Late Chalcolithic zu EBA I (in el Farah gedacht)<sup>5263</sup>.

Rehren und Philip diskutieren das Stück nicht<sup>5264</sup>.

Die *énéolithiqu* Gräber von el Farah werden meist in das EBA I (etwa 3500-3100 v. Chr.)<sup>5265</sup>, möglicherweise EBA IA (etwa drittes Viertel 4. Jt. v. Chr.) datiert<sup>5266</sup>.

Die Datierung kann kaum nachvollzogen werden, auch weil die Terminologie nicht erklärt wird. Da die Stufenbezeichnungen und ihre Inhalte sich nicht deutlich gefüllt sind, und aufgrund der eben gemachten

---

<sup>5250</sup> Philip – Rehren 1996, 129-131.

<sup>5251</sup> Siehe Kerner 2001, 63; Genz – Hauptmann 2002, 149 Table 1.

<sup>5252</sup> Philip – Rehren 1996, 129-131; Kerner 2001, 27f. 131.

<sup>5253</sup> Philip – Rehren 1996, 131.

<sup>5254</sup> Philip – Rehren 1996, 137.

<sup>5255</sup> De Vaux 1951, 587 mit Fig. 13,1; Planche 27,a; Mellaart 1966, 50 Fig. 20; Prag 1978, 37f.; Kohlmeyer 1994, 44.

<sup>5256</sup> Prag 1978, 37.

<sup>5257</sup> Prag 1978, 37.

<sup>5258</sup> Nach Prag 1978, 37; Vgl. de Vaux 1951, 581-587 mit de Vaux 1951, 587-589.

<sup>5259</sup> Prag 1978, 37; Kohlmeyer 1994, 44; De Vaux 1951, 587-589.

<sup>5260</sup> Kohlmeyer 1994, 44.

<sup>5261</sup> Prag 1978, 36. 37; Mellaart 1966, 50 Fig. 20; Vgl. auch Hanbury-Tenison 1986, 154.

<sup>5262</sup> Siehe Dever 1988, 25-29 mit Fig. 8. bes. 25f.; Genz – Hauptmann 2002, 149 Table 1.

<sup>5263</sup> Siehe Dever 1988, 25.

<sup>5264</sup> Philip – Rehren 1996.

<sup>5265</sup> Dever 1988, 26 mit Anm. 137; 27 Fig. 8; Genz – Hauptmann 2002, 149 Table 1.

<sup>5266</sup> Siehe Dever 1988, 25-29. bes. 27 mit Fig. 8; Genz – Hauptmann 2002, 149 Table 1.

Ausführungen, will ich hier nicht weiter versuchen de Vauxs oder Prags Stufen genau innerhalb des EBA I zu suchen, sondern es bei einer Zuweisung in die EBA I (3500-3100 v. Chr.) belassen<sup>5267</sup>. Zumal das die Zuweisung der Silberschale zum Early Bronze Age nicht unumstritten ist. Zudem haben das Chalkolithikum und der Beginn des EBA der Levante noch weitere, neuere Umdatierungen erfahren (s. Kap. IV.6. Levante).

**Bemerkungen:**

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturauswahl:** De Vaux 1951, 587 mit Fig. 13,1; Planche 27,a; Mellaart 1966, 50 Fig. 20; Prag 1978, 37f.; Kohlmeier 1994, 44.

**Koordinaten:** 32,31666667, 35,26666667

**Datierung Karte:** 2. H. 4. Jt.

**Katalog-Nr.: 53**

**Fundort:** Kfar Monash (Hamerkaz/Israel) in der südlichen Levante; nördlich Tel Aviv

**Art der Objekte:** mehrere Stücke Silberblech<sup>5268</sup>

**Material:** Silber

**Analyse:**

**Beschreibung**<sup>5269</sup>: Das größte Fragment ist rund und weist zwei Lochungen in Randnähe auf. Eine Seite dieses Stückes ist poliert. Unter Vorbehalt wird eine Deutung als Spiegel in Betracht gezogen.

Ein anderes Fragment soll als Verkleidung einer Handhabe gedient haben. Manche Bleche weisen Verzierungen auf.

**Maße:**

**Fundumstände:** 1962 beim Pflügen gefunden<sup>5270</sup>.

**Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde**<sup>5271</sup>: Der Hortfund wurde beim Pflügen eines niedrigen Hügels direkt unter der Erdoberfläche gemacht. Er besteht aus 35 Kupferwerkzeugen und -waffen (Beilklingen, Meißel, ein Keulenkopf, Lanzen spitzen mit eingerolltem Angeldorn), Dolchklingen usw.), einigen Perlen aus Karneol, Stücken von Silberblech und hunderten kleiner geriffelter Kupferbleche, einem halbmond-/hornförmigen Objekt etc.

**Datierung:** Hestrin und Tadmor nennen Vergleiche für die Funde aus Kfar Monash welche u. a. in das Early Bronze Age I (EBA I) führen<sup>5272</sup> und halten eine Datierung in das EBA I oder das beginnende EBA II (3200-2750 v. Chr.) für wahrscheinlich<sup>5273</sup>. Die Datierung ist jedoch nicht unumstritten und Datierungen von EBA I-III wurden genannt<sup>5274</sup>. Sollte sich eine Datierung in EBA I bestätigen lassen<sup>5275</sup> läge der Hort zeitlich wohl zumindest in der zweiten Hälfte des 4. Jt. v. Chr.<sup>5276</sup>. Jedoch haben das Chalkolithikum und der Beginn des EBA der Levante noch weitere, neuere Umdatierungen erfahren (s. Kap. IV.6. Levante).

**Bemerkungen:**

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturauswahl:** Hestrin – Tadmor 1963, 285; Philip – Rehren 1996, 137.

**Koordinaten:** 32,35, 34,9

**Datierung Karte:** 2. H. 4. Jt.

---

<sup>5267</sup> Vgl. auch Dever 1988, 26-28.

<sup>5268</sup> Hestrin – Tadmor 1963, 285; Philip – Rehren 1996, 137.

<sup>5269</sup> Hestrin – Tadmor 1963, 285.

<sup>5270</sup> Hestrin – Tadmor 1963, 265.

<sup>5271</sup> Hestrin – Tadmor 1963, bes. 265.

<sup>5272</sup> Hestrin – Tadmor 1963, 283. 284. bes. 286.

<sup>5273</sup> Hestrin – Tadmor 1963, 286.

<sup>5274</sup> Etwa Ben-Tor 1975, 26f. Zu einer Spätdatierung siehe auch Genz – Hauptmann 2002, 153.

<sup>5275</sup> Philip 1989, 111; Philip – Rehren 1996, 137.

<sup>5276</sup> Vgl. Genz – Hauptmann, 149 Table 1.

**Katalog-Nr.: 54****Fundort:** Azor (Tel Aviv/Israel)**Art der Objekte:** zwei Spiralringe („Lockenringe“), ein Ring sowie drei Ringfragmente<sup>5277</sup>**Material:** Silber**Analyse:**

Eine Untersuchung stammt von einem der drei Ringfragmente:

Ag	Cu	As, Pb, Sn	Sb	Ni	Zn	Fe	I. R.
92,57	1,72	<0,02	<0,03	0,0043	0,0028	0,012	4,60

Nach Ben-Tor 1975, 24 Anm. 26: Angaben in Prozent.

Rehren und Philip bemerken dazu, dass dabei unklar ist, ob Gold nicht untersucht wurde oder ob dessen Gehalt unter der Nachweisgrenze lag<sup>5278</sup>.Eine weitere Analyse stammt von einem „piece of coiled silver wire“<sup>5279</sup>: Es weist niedrige Gold- und Kupfergehalte auf.**Beschreibung**<sup>5280</sup>: Zwei der Ringe sind spiralförmig (Spiralringe/Lockenringe) und einer der Ringe ist ein einfacher offener Ring. Einer der Spiralringe und der offene Ring haben abgeflachte Enden. Evtl. war das auch beim dritten Ring der Fall und die Enden sind abgebrochen. Der Qs der Ringe ist rund.**Maße:** Dm der „vollständigen Ringe“ etwa 1,2-1,5 cm<sup>5281</sup>**Fundumstände:** Bei Grabungen 1971 gefunden<sup>5282</sup>.**Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde/Datierung:**Aus zwei Gräbern in Azor. Die drei intakten Ringe stammen evtl. Grab 1<sup>5283</sup>. Datierungen ans Ende des 4. Jt. v. Chr. werden bei der Besprechung des Silbers als für gegeben erachtet<sup>5284</sup>. Ben-Tor datiert die Gräber über die Keramik ans Ende der Stufe Proto-Urban<sup>5285</sup>. Somit ergibt sich eine Datierung in das EBA I nach heutiger Terminologie<sup>5286</sup> und damit wohl (die zweite Hälfte des) 4. Jt. v. Chr. Jedoch haben das Chalkolithikum und der Beginn des EBA der Levante noch weitere, neuere Umdatierungen erfahren (s. Kap. IV.6. Levante).Neben den zahlreichen Bestattungen und der Keramik stammen aus den Gräbern u. a. zwei Dolche, eine Lanzenspitze, ein Keulenkopf aus Kalkstein, zwei Perlen aus Goldfolie, fünf Kupfernadeln, Flintgeräte sowie um die 1200 Perlen aus Kalkstein, Quarz, Bergkristall, Malachit, Karneol, Achat, Chalcedon und Jaspis<sup>5287</sup>.**Bemerkungen:****Tafel/Abb./Karte:****Literaturauswahl:** Ben-Tor 1972; Ben-Tor 1975, 24; Plate 22,6; 45 Fig. 12,10-12; Prag 1978, 38; Philip – Rehren 1996, 137; Kohlmeyer 1994, 44.**Koordinaten:** 32,01666667, 34,8**Datierung Karte:** 2. H. 4. Jt.

<sup>5277</sup> Ben-Tor 1972; Ben-Tor 1975, 24; Plate 22,6; 45 Fig. 12,10-12; Prag 1978, 38; Philip – Rehren 1996, 137; Kohlmeyer 1994, 44.

<sup>5278</sup> Philip – Rehren 1996, 137.

<sup>5279</sup> Philip – Rehren 1996, 137; Untersuchung durch Shalev (siehe Shalev 1995, Table 1 [S. Shalev, Metals in Ancient Israel: Archaeological Interpretation of Chemical Analysis, Israel Journal of Chemistry 35, 1995, 109-116] zitiert nach Philip – Rehren 1996, 137).

<sup>5280</sup> Ben-Tor 1975, 24.

<sup>5281</sup> Aus der Umzeichnung abgenommen (vgl. Ben-Tor 1975, 45 Fig. 12,10-12).

<sup>5282</sup> Ben-Tor 1975.

<sup>5283</sup> Vgl. Ben-Tor 1975, 44f. Fig. 12.

<sup>5284</sup> Siehe Kohlmeyer 1994, 44; Prag 1978, 38.

<sup>5285</sup> Ben-Tor 1972; Ben-Tor 1975, 25-30. bes. 25. 30.

<sup>5286</sup> Siehe Hanbury-Tenison 1986, 153f.; Dever 1988, 25-29 mit Fig. 8; bes. 25f.; Genz – Hauptmann 2002, 149 Table 1.

<sup>5287</sup> Zur Verteilung der Funde auf die Gräber und die stratigraphische Fundlage siehe Ben-Tor 1975, 1-24. bes. 1. 7f. 22-24.

**Katalog-Nr.: 55****Fundort:** Qiriyah/Tel Aviv-Qiriyah (Tel Aviv/Israel)**Art der Objekte:** mehrere Silberringe<sup>5288</sup>**Material:** Silber**Analyse:****Beschreibung:** möglicherweise Ohrringe<sup>5289</sup>**Maße:****Fundumstände:** 1979 bei Bauarbeiten entdeckt und dann ausgegraben<sup>5290</sup>.**Fundzusammenhang:** Aus einer Grabkammer (*burial cave*) mit mehreren Belegungsphasen<sup>5291</sup>.**Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde/Datierung:**Aus den tieferen Schichten?<sup>5292</sup> einer länger belegten Grabkammer. Das Gros der Keramik soll EBA IA datieren<sup>5293</sup>.In den oberen Schichten evtl. noch Bestattungen der EBA II<sup>5294</sup>. Funde umfassen neben der Keramik Perlen aus Karneol, Quarz und einem grünlichen Halbedelstein, eine Fayenceperle und ein Anhänger aus Quarz mit zwei Bohrungen<sup>5295</sup>. Das Chalkolithikum und der Beginn des EBA der Levante noch weitere, neuere Umdatierungen erfahren (s. Kap. IV.6. Levante).**Bemerkungen:****Tafel/Abb./Karte:****Literatur:** Genz 2000, 58; Kaplan 1979; Hanbury-Tenison 1986, 155.**Koordinaten:** 32,03333333, 34,81666667**Datierung Karte:** 2. H. 4. Jt.**Katalog-Nr.: 56****Fundort:** Bab edh-Dhra (al-Karak/Jordanien) südöstlich des Toten Meeres**Art des Objektes:** Silbernadel<sup>5296</sup>**Material:** Silber (siehe Analyse)**Analyse:** Analyse (Lab No. 7340/N, Tel Aviv)

Ag	Pb	Zn	Au	Cu	Fe
–	0,32	0,02	0,06	0,11	0,55

Die Angaben sind in Prozent. Nach Schaub – Rast 1989, 313.

**Beschreibung:** Der „Kopf“ ist abgeflacht und in der Mitte durchlocht, der Schaft hat einen quadratischen Querschnitt.**Maße:** L 6,1 cm, Dm des Kopfes ca. 0,9 cm, D des Schaftes 0,1 cm.**Fundumstände:** Bei Grabungen 1967 gefunden<sup>5297</sup> (siehe jedoch Schaub – Rast 1989, 313).**Fundzusammenhang:** Aus Grab *Charnell House A 53*<sup>5298</sup>.**Stratigraphische Einbindung:** Cemetery A, Early Bronze IB. Siehe hierzu Schaub – Rast 1989, 5. 22-32. bes. 29f. 204.**Begleitfunde:** Mindestens 15 Individuen wurden im *Charnell House A 53* gefunden<sup>5299</sup>. Die Beigaben bestanden hauptsächlich aus Keramik<sup>5300</sup>, aber auch andere Dinge wurden gefunden<sup>5301</sup>. Darunter die Silbernadel, Korbabdrücke, Perlen und Schneckengehäuse<sup>5302</sup>.<sup>5288</sup> Kaplan 1979; Hanbury-Tenison 1986, 155; Genz 2000, 58.<sup>5289</sup> Kaplan 1979.<sup>5290</sup> Kaplan 1979.<sup>5291</sup> Kaplan 1979; Hanbury-Tenison 1986, 155.<sup>5292</sup> Vgl. Hanbury-Tenison 1986, 155.<sup>5293</sup> Kaplan 1979; Hanbury-Tenison 1986, 155.<sup>5294</sup> Kaplan 1979.<sup>5295</sup> Kaplan 1979.<sup>5296</sup> Schaub – Rast 1989, 313 mit Fig. 185.<sup>5297</sup> Schaub – Rast 1989, 578.<sup>5298</sup> Siehe hierzu Schaub – Rast 1989, 209-233. 313.<sup>5299</sup> Schaub – Rast 1989, 222.<sup>5300</sup> Schaub – Rast 1989, 227. 228-231.<sup>5301</sup> Schaub – Rast 1989, 227. 232.<sup>5302</sup> Schaub – Rast 1989, 232.

**Datierung:** Das Grab *Charnell House A 53* wird von Rast und Schaub der Phase Early Bronze IB zugerechnet (ursprünglich um die Wende des 4. zum 3. Jt. v. Chr. datiert)<sup>5303</sup>. Möglicherweise entspricht das dem Early Bronze Age IB der südlichen Levante nach heutigem Verständnis und damit wohl dem Ende des 4. Jt. v. Chr.<sup>5304</sup>. Rehren und Philip geben als Zeitraum das späte 4. Jt. v. Chr. an<sup>5305</sup>. Jedoch haben das Chalkolithikum und der Beginn des EBA der Levante noch weitere, neuere Umdatierungen erfahren (s. Kap. IV.6. Levante).

**Bemerkungen:** Ein Dolch aus Bronze (Sn 13,66%) soll – ausgenommen die Ahle aus Teleilat Ghassul – das älteste gesicherte Bronzeobjekt (EBA III) der Levante sein<sup>5306</sup>.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturauswahl:** Schaub – Rast 1989, 313 mit Fig. 185; Philip – Rehren 1996, 137.

**Koordinaten:** 31,25, 35,55

**Datierung Karte:** 2. H. 4. Jt.

## Ägypten

### Katalog-Nr.: 57

**Fundregion:** Ägypten: verschiedene Fundorte

Die Arbeiten Prags (1978) stellten lange die Vorlage des Korpus der Silberartefakte des prädynastischen Ägypten dar, und deshalb folgt diese Aufstellung – auch in der Form – mit wenigen Änderungen der Prags<sup>5307</sup> in ungefähre chronologischer Reihenfolge. Neue Stücke werden in jüngerer Literatur zum (ägyptischen) Silber genannt<sup>5308</sup>. Die ausführlichste neue Vorlage und Besprechung von Silberfunden nach Fundorten gliedert und „in ihren Datierungen überprüft und um einige Beispiele ergänzt“<sup>5309</sup> des prädynastischen Ägyptens stammt von Hartung (2001, 307-313 mit Abb. 56) und ist für die Begleitfunde sowie eine detailliertere Besprechung zu konsultieren. Hartung bespricht auch die Kupfermetallurgie und -funde (Hartung 2001, 298-307. 311-313). Aus Unterägypten (Buto-Maadi Kultur) liegen keine Silberartefakte vor<sup>5310</sup>.

**Sequence Dating nach Petrie<sup>5311</sup>/Stufe Naqada nach Hartung bzw. sonstige Datierung/Art der Objekte/Material/Fundort/-zusammenhang:**

- a) S.D. 36-38/vor 56 – Stufe Ic – >11 silberne Blechperlen, darunter längliche, ringförmige und konische Formen – Silber – Mahasna – Grab H 41<sup>5312</sup>.
- b) ? – Amratian – 7 Perlen aus Metallfolie (in einer Armbkette) – möglicherweise Silber – Mostagedda – Grab 1826<sup>5313</sup>.
- c) ? – Stufe IIa (?) – Silbernadel mit umgebogener Öse – Silber – Abydos – Grab U-141<sup>5314</sup>.
- d) S.D. 38 – wohl Stufe IIb – Fragmente einer „thin hollow silver bead“<sup>5315</sup> – Silber – Naqada – Grab 1547<sup>5316</sup>.
- e) S.D. 32-48 – Stufe IIab? – „an armllet of a hard white metal“<sup>5317</sup> – Silber?/Silberkupferlegierung? – Naqada – Grab 1635<sup>5318</sup>.
- f) S.D. 38-57 – wohl Stufe IIc – vier Zylinderperlen – Silber – Mostagedda – Grab 1630<sup>5319</sup>.

<sup>5303</sup> Vgl. Schaub – Rast 1989, 22-32. bes. 29. 204; Dever 1988, 25. 27 Fig. 8.

<sup>5304</sup> Vgl. Schaub – Rast 1989, 552-554. bes. 554; Dever 1988, 25-29. bes. 25. 27 Fig. 8; Genz – Hauptmann 2002, 149 Table 1.

<sup>5305</sup> Philip – Rehren 1996, 137.

<sup>5306</sup> Hauptmann 2007b, 283.

<sup>5307</sup> Siehe Prag 1978, 38f.

<sup>5308</sup> Gale – Stos-Gale 1981a, 111. 114f.; Hartung 2001, 308-310.

<sup>5309</sup> Hartung 2001, 308.

<sup>5310</sup> Hartung 2001, 308.

<sup>5311</sup> Siehe hierzu etwa Hendrickx 1996, 36-38; Siehe Kat. 57 Datierung.

<sup>5312</sup> Baumgartel 1960, 7f.; Prag 1978, 39; Hartung 2001, 308.

<sup>5313</sup> Hartung 2001, 308.

<sup>5314</sup> Hartung 2001, 308.

<sup>5315</sup> Prag 1978, 38.

<sup>5316</sup> Prag 1978, 38; Baumgartel 1960, 7; Hartung 2001, 309.

<sup>5317</sup> Prag 1978, 38.

<sup>5318</sup> (Verbleib unbekannt) Prag 1978, 38; Hartung 2001, 309.

<sup>5319</sup> Hartung 2001, 308.

- g) ? – Stufe IIc/d (?) – Bodenfragment einer kleinen Silberschale – Silber/Elektron?<sup>5320</sup> – Abydos – Grab U-150<sup>5321</sup>.
- h) ? – Stufe IIc/d (?) – gedrehter Draht (Fragment eines Anhängers?) – Silber – Abydos – Grab U-175<sup>5322</sup>
- i) später als S.D. 40 – Stufe II d1 (?) – Silbernadel – Silber – Naqada – Grab 63<sup>5323</sup>.
- j) S.D. 42 – Stufe II d1 nach Payne<sup>5324</sup> – „thin hammered silver lid“<sup>5325</sup> und zwei? „thin globular silver beads“<sup>5326</sup> – Silber – Naqada – Grab 1257<sup>5327</sup>.
- k) S.D. 46-52 (35-46<sup>5328</sup>) – „silver in fused buttons“<sup>5329</sup> – Silber – Naqada – Grab 1760<sup>5330</sup>.
- l) S.D. 50 (S.D. 40-64); S.D. 48-54<sup>5331</sup> – Stufe IIc – silberne Dolchklinge mit Elfenbeingriff – Silber, vor einer Reinigung als Kupfer angesprochen – Amrah Grab b.230<sup>5332</sup>.
- m) S.D. 55-56? (40-64/50)<sup>5333</sup> – Stufe IIc oder d – Anhänger (?) aus Goldfolie mit (Resten von) Silberfolie umwickelt, zwei Durchlochungen sowie zwei? Silberdrähte, welche durch die goldbelegten Henkel eines Steingefäßes gesteckt sind<sup>5334</sup>; Fragment eines „silver knife“<sup>5335</sup>; silberne Dolchklinge<sup>5336</sup> – u. a. Silber – aus einem Grab in Hamra Dum (bzw. *treasure-trove*)<sup>5337</sup>.
- n) S.D. 57-64 – Stufe II d – „spoon with silver bowl and a “twisted” handle“<sup>5338</sup> – Silber – Naqada – aus einem Grab? (ohne Grabangabe)<sup>5339</sup>.
- o) S.D. 60 – Typologisch der zweiten Hälfte der prädynastischen Zeit zugeordnet – „adze“<sup>5340</sup> bzw. „eine komplette und eine zerbrochene Beilklinge aus Kupfer ohne Grabnummer erwähnt, bei der späteren Reinigung zeigte sich jedoch, daß eines der Objekte aus Silber besteht.“<sup>5341</sup> – ursprünglich für Kupfer gehalten, nach einer Reinigung als Silber angesprochen – Ballas – aus einem Grab? (ohne Grabnummer erwähnt)<sup>5342</sup>.
- p) S.D.60-66 (S.D. 60-70; S.D. 60?<sup>5343</sup>) – Stufe II d1 – „spoon with silver bowl and copper stem“<sup>5344</sup> – u. a. Silber – Amrah Grab b.233<sup>5345</sup>.
- q) S.D. 61 – „wohl Stufe II d1“ – dünner Silberring – Silber – Naqada Grab 1770<sup>5346</sup>.
- r) S.D. 36-64 – Stufe II d? – „Silberfolie“, „mount of rim of stone vase“<sup>5347</sup> – Elektron – (?) ohne Herkunftsangabe; im Ashmolean Museum<sup>5348</sup>.
- s) ? – prä- oder fröhdynastisch – drei Silberperlen in einer Halskette – Silber – Matmar – Grab 5201<sup>5349</sup>.

<sup>5320</sup> Vgl. Hartung 2001, 308 A.4.2 (Abydos Grab U-150) mit Hartung 2001, 311.

<sup>5321</sup> Hartung 2001, 308.

<sup>5322</sup> Hartung 2001, 308.

<sup>5323</sup> Hartung 2001, 302. 309.

<sup>5324</sup> Nach Hartung 2001, 309.

<sup>5325</sup> Prag 1978, 38.

<sup>5326</sup> Prag 1978, 38.

<sup>5327</sup> Prag 1978, 38; Baumgartel 1960, 7; Hartung 2001, 309.

<sup>5328</sup> Hierzu Hartung 2001, 309.

<sup>5329</sup> Prag 1978, 38.

<sup>5330</sup> (Verbleib unbekannt) Prag 1978, 38; Hartung 2001, 309.

<sup>5331</sup> Vgl. Hartung 2001, 308.

<sup>5332</sup> Prag 1978, 38; Baumgartel 1969, 9f. Plate II,1-2; Hartung 2001, 308.

<sup>5333</sup> Vgl. Baumgartel 1960, 9 mit Prag 1978, 38f.

<sup>5334</sup> Baumgartel 1960, 8f.; Plate I,4; II,8; Prag 1978, 38f.

<sup>5335</sup> Baumgartel 1960, 9. Plate II,3; Prag 1978, 39.

<sup>5336</sup> Baumgartel 1960, 9. Plate II,4; Prag 1978, 39.

<sup>5337</sup> Baumgartel 1960, 8f.; Prag 1978, 38f.; Hartung 2001, 309.

<sup>5338</sup> Baumgartel 1960, 7.

<sup>5339</sup> (Verbleib unbekannt) Baumgartel 1960, 7; Prag 1978, 39; Hartung 2001, 309.

<sup>5340</sup> Baumgartel 1960, 8.

<sup>5341</sup> Hartung 2009, 309.

<sup>5342</sup> Die Materialbestimmung, Herkunft und Datierung des Stückes ist unsicher (Baumgartel 1960, 8; Prag 1978, 39; Hartung 2001, 309).

<sup>5343</sup> Hartung 2001, 309.

<sup>5344</sup> Prag 1978, 39.

<sup>5345</sup> Baumgartel 1960, 7; Prag 1978, 39; Hartung 2001, 302. 309.

<sup>5346</sup> (Verbleib des Objektes?) Baumgartel 1960, 7; Prag 1978, 39; Hartung 2001, 309.

<sup>5347</sup> Gale – Stos-Gale 1981a, 111.

<sup>5348</sup> Gale – Stos-Gale 1981a, 111. 115; Hartung 2009, 310f.

<sup>5349</sup> Hartung 2001, 308.

- t) ? – späte Stufe IIIa2 oder frühe Stufe IIIb – Fragmente von Silberperlen – Silber – Hierakonpolis – Locality 6, Grab 11<sup>5350</sup>.
- u) ? Unter Silber besprochen: „Bereits aus dem vierten Jahrtausend v. Chr. stammen große Artefakte wie eine schwere Speerspitze aus Ägypten“<sup>5351</sup>.

**Material/Analysen:**

zu a) Die Untersuchung wird als zu ungenau abgelehnt<sup>5352</sup>.

zu g) Besitzt nach Hartung „einen hohen Goldgehalt“<sup>5353</sup>.

Analysemethode: energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse, Angaben in Prozent (Gale – Stos-Gale 1981a, 110).

zu j) Gale – Stos-Gale 1981a, 111 Table 1 No. 1895.987

j) Deckel:	Bi	Ag	Au	Cu	Pb
		83,5	1,0	15,0	0,4

Zu dem Deckel gibt es eine weitere Analyse, welche 98 % Silber als Hauptbestandteil nennt. Dazu jedoch die Diskussion bei Gale und Stos-Gale<sup>5354</sup>. Siehe auch Bemerkungen.

zu r) Gale – Stos-Gale 1981a, 111 Table 2 No. QC1123

r)	Ag	Au	Cu	Pb
	61,35	33,74	4,90	0,14

Bei Prag ist eine Reihe weiterer Objekte als analysiert bezeichnet<sup>5355</sup>. Diese sind jedoch zum Teil wohl nur gereinigt und dann als Silber angesprochen worden (vgl. o. l)).

**Maße:**

j) Deckel: Dm 6,3 cm

l) L mit Griff etwa 16,6 cm, B 4,1 cm

m) Goldfolie umwickelt von Silberfolie: L 6,7 cm, B 3,5 cm; Dolchklinge L 17,9 cm, max. B 5,1 cm

o) L 17,1 cm, max. B 3,7 cm.

**Datierung:** Wie viele andere übernahmen Prag<sup>5356</sup> und Baumgartel<sup>5357</sup> Petries System des *Sequence Dating*/Staffeldatierung<sup>5358</sup>. Dabei entspricht S.D. 30-37 der Periode bzw. Kultur Amratian nach Petrie, analog dazu S.D. 38-60 der Periode Gerzean und S.D. 60-75 der Periode Semainean<sup>5359</sup>. Dieses frühe System der Einteilung des Prädynastischen Zeiten Ägyptens scheint grundsätzlich richtig zu sein<sup>5360</sup> und liegt vielen neueren Chronologieschemata zum Vor- bis Frühdynastischen Ägypten zugrunde<sup>5361</sup> und kann bis heute wegen mangelnden neueren Materials und dem Umstand, dass das Material, welches Petrie für seine Gliederung nutzte, teilweise nicht mehr herangezogen werden kann, auch kaum überkommen werden<sup>5362</sup>.

Grundlegend für eine Unterteilung der vordynastischen Naqada-Kultur sind immer noch die Arbeiten Kaisers, deren Stufen jedoch von verschiedener Seite Modifikationen erfuhren<sup>5363</sup>.

In Anlehnung an Kaisers Stufen und den von Hendrickx gegebenen Modifikationen und Synchronismen wird hier folgende (vereinfachte) synchronistische Tabelle gegeben<sup>5364</sup>:

Petrie S.D.	Petrie Periode	Naqada Stufe	Datum v. Chr
31-37	Amratian	I	3900-3650
38-62	Gerzean	II	3650-3300
63-76	Semainean	III	3300-3050?

<sup>5350</sup> Hartung 2001, 309f.

<sup>5351</sup> Moesta – Franke 1995, 59.

<sup>5352</sup> Hartung 2001, 311.

<sup>5353</sup> Hartung 2001, 311.

<sup>5354</sup> Gale – Stos-Gale 1981a, 115.

<sup>5355</sup> Prag 1978, 38f.

<sup>5356</sup> Prag 1978, 38f.

<sup>5357</sup> Baumgartel 1960, 7-10.

<sup>5358</sup> Siehe hierzu etwa Hendrickx 1996, 36-38.

<sup>5359</sup> Siehe hierzu Hendrickx 1996, 36.

<sup>5360</sup> Vgl. Wilkinson 1995, 7. 9; Hendrickx 1996, 38.

<sup>5361</sup> Hierzu Wilkinson 1995; Hendrickx 1996.

<sup>5362</sup> Siehe Hendrickx 1996, 49.

<sup>5363</sup> Siehe hierzu etwa Wilkinson 1995, bes. 14. 16. 21f.; Hendrickx 1996, bes. 38f. 41. 44. 52. 63f.

<sup>5364</sup> Siehe Hendrickx, bes. 37 Tab. 1 und 64 Tab. 9 – Cave: Abweichungen zwischen den im Text und in der Tabelle wiedergegebenen S.D. und Zuordnungen (vgl. Hendrickx 1996, 36. 37 Tab. 1; Siehe oben).

Zeitliche Einordnung der Fundorte auf der Karte unter Zuhilfenahme von E. Hornung – R. Krauss – D. Warburton, *Ancient Egyptian Chronology, Handbook of Oriental Studies. Section 1. The Near and Middle East 83* (Brill 2006) S. 56 Table II.1.1. 65 Table II.1.3. 92 Table II.1.8.

Mangels hinreichend konkreter Synchronismen und Daten und unterschiedlicher Terminologien variieren die Unterteilungen von Autor zu Autor teils stark<sup>5365</sup>.

Spätes Naqada III ist zum Teil zeitgleich mit der frühdynastischen Zeit<sup>5366</sup>.

Chronologie nach Kaiser, modifiziert	Kulturen	Absolute Datierung
Spätneolithikum	Fayum A (Unterägypten) Merimde (Unterägypten) el-Omari (Unterägypten) Badari (Mittelägypten)	ca. 4500 – 3900/3500 v. Chr. ca. 6. – 4. Jt. v. Chr. ca. 4600 – 4400 v. Chr. ca. 4500/4300 – 4000/3900 v. Chr.
Naqada I (SD 30-38) Naqada II a/b (SD 38-45/50)	Frühe Buto-Maadi Kultur (Unterägypten) und frühe Naqada Kultur (Oberägypten)	ca. 3900 – 3650 v. Chr.
Naqada II c/d (SD 45/50-63)	Spätere Buto-Maadi Kultur (Unterägypten) und mittlere Naqada Kultur (Oberägypten)	ca. 3650 – 3300 v. Chr.
Naqada III (SD 63-80)/Dynastie 0	Naqada Kultur (Ober- und Unterägypten)/Dynastie 0	ca. 3300 – 3050 v. Chr.
Frühdynastisch	Dynastie I-II	ca. 3032 – 2707 v. Chr.
Altes Reich	Dynastie III-IV	ca. 2707 – 2216 v. Chr.

Modifizierte Chronologietabelle Ägyptens nach Kaiser (nach Pfeiffer 2013, 12 Tab. 2).

**Bemerkungen:** Die Figur eines Falken, welche bei Prag als aus Silber bestehend geführt wird<sup>5367</sup>, besteht wohl aus Blei<sup>5368</sup>.

Das Material des Deckels aus Naqada Grab 1257 (hier Kat. 57j) wird wegen seines Bleigehaltes als Hinweis auf Kupellation gesehen<sup>5369</sup>. Hartung folgt aufgrund der Analysedaten einer Interpretation des Stückes als Import<sup>5370</sup>. Aus Naqada Grab 1257 stammen Stücke von Malachit und anderer Mineralien<sup>5371</sup>.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturauswahl:** Baumgartel 1960, 7-10; Prag 1978, 38f.; Gale – Stos-Gale 1981a, 111 Table 1-2. 114f.; Primas 1995, 78f. mit Table 1; Kohlmeyer 1994, 43; Hartung 2001, 307-313 mit Abb. 56.

**Datierung Karte und Koordinaten:**

- a) Mahsana 1. H. 4. Jt. ca. 8 Meilen nördlich Abydos (E. R. Ayrton – W. L. S. Loat, *Pre-dynastic Cemetery at El Mahasna, Egypt Exploration Fund 31* [London 1911], Seite 1): 26,3, 31,91666667
- b. f) Mostagedda 1. H. 4. Jt. und Mitte 4. Jt. 27°05' N 31°23'E  
(<http://www.digitalegypt.ucl.ac.uk/mostagedda/index.html>)
- c. g-h) Abydos Mitte 4. Jt. 26,185, 31,918889 (Abydos, nicht Umm el-Qaab/Umm el-Qa`āb) 26°11' N 31°53'E (<http://www.digitalegypt.ucl.ac.uk/abydos/index.html>)
- d-e. i-k. n. q) Naqada 1. H. 4. Jt. und Mitte 4. Jt. 25,915709, 32,708994;  
25°54' N 32°43'E (<http://www.digitalegypt.ucl.ac.uk/naqada/index.html>)
- l. p) Amrah Mitte 4. Jt. 26,13333333, 31,96666667
- m) Hamra Dum (Homra, Hamrah Dawm, Hamra Dom, Hamrat Dūm) Mitte 4. Jt. 26,1, 32,31666667 (oder 26,1, 32,33333333)

<sup>5365</sup> Siehe hierzu etwa Hendrickx 1996, bes. 36.

<sup>5366</sup> Hierzu bei Hendrickx 1996, 36. 42. 44. 59. 63f.; Wilkinson 1995, 7. 20. 22. 23 Fig. 7; 24.

<sup>5367</sup> Prag 1978, 38.

<sup>5368</sup> Siehe mit Diskussion bei Gale – Stos-Gale 1981a, 115.

<sup>5369</sup> Gale – Stos-Gale 1981a, 115; Gale – Stos-Gale 1981c, 180; Kohlmeyer 1994, 43.

<sup>5370</sup> Hartung 2001, 311.

<sup>5371</sup> Baumgartel 1960, 7.



o) Ballas                                      Mitte 4. Jt.                                      26,01666667, 32,75  
s) Matmar                                      möglicherweise 4. Jt.                                      27,1,                                      31,33333333;                                      27°06'                                      N                                      31°20'E;  
<http://www.digitalegypt.ucl.ac.uk/matmar/index.html>  
t) Hierakonpolis (Kom el-Ahmar, Nekhen)                                      2. H. 4. Jt.                                      25,097222, 32,779444  
25°05' N 32°47'E (<http://www.digitalegypt.ucl.ac.uk/hierakonpolis/index.html>)

## Sardinien

### Katalog-Nr.: 58

**Fundregion:** Sardinien: verschiedene Fundorte

#### Fundorte:

- a) Su Coddu und Su Coddu-Canelles (Selargius, Cagliari)<sup>5372</sup>
- b) Monte Majore (Thiesi, Sassari)<sup>5373</sup>
- c) Pranu Muttetdu (Goni, Cagliari)<sup>5374</sup>
- d) Montessu (Villaperuciu, Cagliari)<sup>5375</sup>
- e) Anghelu Ruju (Alghero, Sassari)<sup>5376</sup>

#### Art der Objekte:

- a) „artefacts of silver and copper and their slags“<sup>5377</sup>: i. e auch Bleiglätte (?) (s. u.); ein Silberblechfragment, ein Drahtstück aus Silber
- b) Artefakte/Schlacke von Silber?<sup>5378</sup>
- c) zwei kleine, bandförmige Ringe aus Silber, möglicherweise als Perlen einer Halskette genutzt
- d) ein rundes Stück Silberdraht bzw. Ring
- e) Draht und schmale verzierte Bleche von Silber

**Material:** u. a. Silber

#### Analyse:

**Beschreibung:** Siehe soweit vorhanden die Abbildungen in den Literaturzitate; vgl. auch hier Kat. 58 Art der Objekte.

#### Maße:

**Fundumstände:** Siehe Usai 2005, 258-260.

#### Fundzusammenhang/Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde:

- a) „artefacts of silver and copper and their slags found in the Ozieri-phase «hut bottoms» (huts 21, 36, 67, 65, 37).“<sup>5379</sup>. Aus Sub-Ozieri Zusammenhängen sollen wiederum wiederum Kupfer- und Silberartefakte und Schlacken aus verschiedenen Strukturen/*capanne* (42, 65, 51, 17) sowie aus *struttura* 51 *strato* II ein Stück Silberblech stammen<sup>5380</sup> (vgl. Ugas u. a. 1989b, 13. 19f. 22). Ugas u. a. 1989b, 22: *struttura* 51: „scorie di fusione d'argento e un frammento di lamina in argento“, ersteres könnte Bleiglätte bedeuten (!) oder verschlacktes Material aus einem Prozess, der zu Kupfer und Silber führen kann (?), bezeichnen; für einen Teil der anderen Schlacken ist dies jedoch noch weniger deutlich ausgedrückt (vgl. Ugas u. a. 1989b, 13. 19) – Zum Fundbestand ist zu bemerken, dass Lo Schiavo (1989) für Su Coddu (und andere Fundorte [?]), teilweise auf mündliche Mitteilungen zurückgriff<sup>5381</sup> vgl. Lo Schiavo 1989, 283 documento 5: „Scorie di fusione die rame e di argento sono state rinvenute nelle capanne 21, 36, 67 attribuite alla fase Ozieri [...] e nelle strutture 42, 65, 17 della fase Sub-Ozieri [...], nonché scorie di fusione d'argento e un frammento di lamina d'argento nello strato II Sub-Ozieri della struttura 51; e ancora uno spillone a sezione romboidale di rame dalla cappana 31 ed un frammento di ascia piatta

<sup>5372</sup> Usai 2005, 258; Lo Schiavo 1989, 283 *documento* 5; Melis 2005, 558; Ugas u. a. 1989a.

<sup>5373</sup> Lo Schiavo 1988a, 92; Lo Schiavo 1989, 282 *documento* 1.

<sup>5374</sup> Usai 2005, 258. 259 Fig. 2,2; 3,3-5; 4; Lo Schiavo 1989, 282 *documento* 3.

<sup>5375</sup> Usai 2005, 259f.; Lo Schiavo 1989, 283 *documento* 4.

<sup>5376</sup> Usai 2005, 270; Lo Schiavo 1988a, 93; Lo Schiavo 1989, 283 *documento* 6.

<sup>5377</sup> Usai 2005, 258.

<sup>5378</sup> Bei Usai sind keine Silberfunde erwähnt (Usai 2005, 260). Vgl. dazu Lo Schiavo 1988a, 92f. und Lo Schiavo 1989, 282 *documento* 1.

<sup>5379</sup> Usai 2005, 258; Ugas 1997, 53. 54 Abb. 42.

<sup>5380</sup> Usai 2005, 258; Ugas u. a. 1989b, 13. 19f. 22; Lo Schiavo 1989, 283.

<sup>5381</sup> Nach Usai 2005, 258.

dalla capanna 4.”<sup>5382</sup>; der Unterschied zum Fundbestand bzw. den Fundstellen bei Usai (2005, 258), der eingangs zitiert und erwähnt wurde, dürfte so zu erklären sein.

- Su Coddu-Canelles<sup>5383</sup>: „Schlacken“/verschlacktes Material aus Struktur (*struttura*) 39 Fundstelle Badas<sup>5384</sup> (Sub-Ozieri <sup>5385</sup>) (zu den „Schlacken“ s. Bemerkungen) und ein Stück Silberdraht mit rundem Querschnitt (Fragment eines Ringes [?]) aus *struttura* 43<sup>5386</sup>.
  - Manunza 2005, 35: „elemento tubolare di collana in metallo (inv. 181836 - argento?)“.
  - Manunza 2005, 35: „un crogiolo con tracce di materiali sottoposti ad alte temperature“.
- b) „Copper and silver slags and artefacts are reported to have been found on the Ozieri level of Monte Majore Cave (Thiesi, Sassari)“<sup>5387</sup>; Grotta Sa Korona di Monte Majore<sup>5388</sup>.
- c) Zusammen mit Keramik sowie einem *stiletto* und einem Dolch aus Flint/Obsidian (?!) aus Grab V (oder B<sup>5389</sup>) „Su Nuraxeddu“ (siehe Bemerkung), das Teil einer größeren Nekropole ist.
- d) Aus einem megalithischen Grab zusammen mit einem Ring aus Kupferband und „Sub-Ozieri clay fragments, but the *necropolis* must have produced other metal artefacts, which are still wholly unpublished“<sup>5390</sup>.
- e) Aus den Gräbern XXX und XVII.

#### Kulturelle Zuordnung und Datierung:

- a) Ozieri und Sub-Ozieri (siehe oben) und siehe Lo Schiavo 2000, 27 zur Terminologie von Ugas.
- b) Ozieri
- c) Ozieri (vermutlich später Abschnitt<sup>5391</sup>)
- d) Sub-Ozieri?
- e) Zuweisung unsicher, vermutlich aber 3. Jt. v. Chr.: Die Nekropole datiert von *Neolitico Recente* bis *Bronzo Antico*<sup>5392</sup>. Die o. g. Gräber sollen Glockenbecher oder Bonnanaro datieren<sup>5393</sup>. Eine *Tuyère* aus Grab XIV wird der Glockenbecher, 'kultur' zugerechnet, obwohl in diesem Grab nur Material von Ozieri, Filigosa und Abealzu gefunden wurde und eine Zuordnung der *Tuyère* zu diesen kulturellen Zusammenhängen wahrscheinlicher ist<sup>5394</sup>. Zu den Funden der Nekropole allgemein bemerkt Lo Schiavo, dass diese sich nicht mit Sicherheit der früheren Periode zurechnen lassen<sup>5395</sup>.

Älteren Ansichten zufolge und Radiokarbondatierungen ließen auf einen Beginn von Ozieri noch in der ersten Hälfte des 4. Jt. v. Chr. schließen<sup>5396</sup>. Tykot nannte als *terminus ante quem* für Ozieri etwa 2900 v. Chr.<sup>5397</sup>. Jedoch wurde die Daten noch Mitte der 1990er Jahre teilweise mit ca. 3200-2850 B. C. angegeben<sup>5398</sup>. Heutige chronologische Vorstellungen auf Grundlage von Radiokarbondatierungen legen eine Laufzeit von Ozieri etwa vom späten 5. Jt. v. Chr. bis etwa Mitte des 4. Jt. v. Chr. nahe<sup>5399</sup>. Die Datierung von Sub-Ozieri, Filigosa und Abealzu war lange unklar und ist auch heute noch problematisch, wurde aber um 3000 oder in der ersten Hälfte des 3. Jt. v. Chr. angesetzt<sup>5400</sup>. Heutigen chronologischem Verständnis und Radiokarbondaten nach datiert Sub-Ozieri ca. 3600-2900 v. Chr., Filigosa und Abealzu 3100-2400 v. Chr.<sup>5401</sup>. Die Kulturen bzw. Phasen (oder Fazies?) überlappen sich dabei zeitlich und verlaufen je nach Region unterschiedlich, Filigosa und Abealzu wurden und

<sup>5382</sup> Lo Schiavo 1989, 283.

<sup>5383</sup> Melis 2005. – Zur Lokalisation Melis 2005, 554.

<sup>5384</sup> Melis 2009, 87; Melis 2005, 558.

<sup>5385</sup> Vgl. Melis 2005, bes. 558 mit Anm. 21. – <sup>14</sup>C- Datierungen sind vorhanden: Melis 2009, 85 Tab. I.

<sup>5386</sup> Melis 2005, 558 mit Fig. 4,1-2.

<sup>5387</sup> Lo Schiavo 1988a, 92.

<sup>5388</sup> Lo Schiavo 1988a, 92; Lo Schivo 1989, 282 documento 1; Vgl. dagegen Usai 2005, 260.

<sup>5389</sup> Vgl. Usai 2005, 258 mit Lo Schiavo 1989, 282 *documento* 3; Lo Schiavo 1989, 282.

<sup>5390</sup> Usai 2005, 259f.

<sup>5391</sup> Usai 2005, 272.

<sup>5392</sup> Usai 2005, 270.

<sup>5393</sup> Usai 2005, 270.

<sup>5394</sup> Siehe hierzu Usai 2005, 270.

<sup>5395</sup> Lo Schiavo 1988a, 93.

<sup>5396</sup> Tykot 1994, 121-125. bes. 123f. 128f. mit Abb. 10; 138 Note 2.

<sup>5397</sup> Tykot 1994, 123; Siehe auch Tykot 1994, 138 Note 2.

<sup>5398</sup> Ugas 1998, 253 Tabella 25.1. Absolut Chronology in Sardinia.

<sup>5399</sup> Tanda 2009, 60 Fig. 11; Melis 2009, 83. 84 Fig. 1, 1; 85 Tab. 1.

<sup>5400</sup> Tykot 1994, 124f. 129 Abb. 10; Siehe auch Tykot 1994, 138 Note 2.

<sup>5401</sup> Melis 2009, 82-83. 84 Fig. 1,1. 85 Tab. 1.

werden dabei als eine gemeinsame Phase oder als zwei getrennte Phasen angesehen<sup>5402</sup> und zeigen in vielen Bereichen eine kontinuierliche kulturelle Entwicklung<sup>5403</sup>.

Zu verschiedenen inneren Gliederungen von Ozieri und damit der möglichen zeitlichen Einordnung einzelner Fundorte innerhalb der Entwicklung von Ozieri siehe Tanda 2009, bes. 64-66 und vgl. Melis 2009, 83; Melis 1998; Usai 1998.

Übersicht zur Datierung anhand von Chronologietabelle und <sup>14</sup>C-Daten bieten Tanda 2009, 60-64 mit Fig. 11; Melis 2009, 83. 84 Fig. 1,1; 85 Tab. 1.

#### **Bemerkungen:**

Die Auflistung der Objekte kann keine Vollständigkeit beanspruchen<sup>5404</sup>! Zugang zu den Funden und Fundorten bieten etwa Lo Schiavo 1989 (282f.) und Usai 2005 (258-260) sowie auch Melis (2009).

- a) Die Schlacken von Su Coddu sollen nach Ugas aus der Kupfer-/Silbermetallurgie (*fusionne*) stammen und Ozieri und Sub-Ozieri zugehören<sup>5405</sup>. Analysen von Schlacke aus *struttura* 39 liefern aber keinen Hinweis auf Metallurgie (Cr, Cu, As, Sn, Pb im Bereich von ppm), wurden mit Knochenmaterial zusammen gefunden und werden vorläufig am ehesten mit Keramikproduktion in Verbindung gesetzt<sup>5406</sup>.
- c) Aus Pranu Muteddu Tomb V „Su Nuraxeddu“ stammen Funde die als außergewöhnlich bezeichnet werden, darunter verzierte Keramik (?!), und „a stiletto and a small dagger, which are finely worked and have for the moment no analogies from other Sardinian contexts.“

Sardinien – als Insel – stellt gleich in mehrfacher Hinsicht einen Sonderfall dar. So stellt es sich bis heute als ungemein schwer dar, die Chronologie, trotz intensiver Erforschung der kulturellen Hinterlassenschaften, zu klären. Auch ist in Sardinien – nach Atzeni, Massidda und Sanna<sup>5407</sup> – festzustellen, dass Silber ab der späteren nuraghischen Vorgeschichte Sardinien seltener ist als in der vorangegangenen Zeit. Die reichen Silberfunde aus Filigosa und Abealzu Zusammenhängen<sup>5408</sup>, die nach den augenblicklich angesetzten Datierungen nicht in das 4. Jt. v. Chr. fallen, sind hier trotzdem interessant: Sie könnten, aufgrund der oben erwähnten Feststellung von Atzeni u. a., eine Werkstatttradition in der Silbermetallurgie aus der Zeit von Ozieri weiterführen.

Auch ist nicht auszuschließen, dass einzelne Funde aus Filigosa und Abealzu Schichten in Gräbern aus früheren Ozieri Zusammenhängen stammen könnten<sup>5409</sup>. Auch die weitere, „spätere“ (Silber-)Metallurgie Sardinien ist vor diesem Hintergrund interessant<sup>5410</sup>.

**Tafel/Abb./Karte: Abb.:** Für die Schlacken Ugas 1997, 54 Abb. 42.

**Literatur:** Usai 2005, 258-260. ferner 260-262; Lo Schiavo 1988a, 92f.; Lo Schiavo 1989, 282f.; Ugas 1997, 53. 54 Abb. 42. 55 Abbildungsbeschriftung; Melis 2009, bes. 84 Fig. 1,1-2. 85-89.

#### **Datierung Karte und Koordinaten:**

- |                                  |                         |
|----------------------------------|-------------------------|
| a) 1. H. 4. Jt. und 2. H. 4. Jt. | 39,26666667, 9,15       |
| b) 1. H. 4. Jt.                  | 40,51666667, 8,71666667 |
| c) Mitte 4. Jt.                  | 39,56666667, 9,26666667 |
| d) 2. H. 4. Jt.                  | 39,1, 8,66666667        |
| e) 4. Jt. möglich                | 40,56666667, 8,31666667 |

<sup>5402</sup> Usai 2005, 257; Melis 2009, 82f. 84 Fig. 1,1. 91.

<sup>5403</sup> Tanda 2009, 68; Melis 2009, 81f. 89 Tab. II. 93.

<sup>5404</sup> Vgl. Usai 2005, 257-277; Lo Schiavo 1988a, 92-95; Lo Schiavo 1989, 281-287; Melis 2009, 85. 87.

<sup>5405</sup> Ugas nach Melis 2009, 87; Melis 2005, 558; Siehe hierzu Melis 2005, 558 mit Anm. 22.

<sup>5406</sup> Melis 2005, 557 Fig. 3,2. 558 mit Anm. 20. 21. 22; Melis 2009, 87.

<sup>5407</sup> Atzeni u. a. 2005, 173.

<sup>5408</sup> Siehe hierzu etwa Usai 2005, 260-262; Lo Schiavo 1988a, 92f.

<sup>5409</sup> Siehe etwa Scaba'e Arriu (Siddi, Cagliari) (Usai 2005, 261). Jedoch müssten die genauen Fundzusammenhänge überprüft werden.

<sup>5410</sup> Siehe die Aufstellung der vornuraghischen Metallurgiebelege bei Usai 2005. – Die nuraghenzeitlichen Metallurgiebelege Lo Schiavo 2005a.

## Weitere Fundorte (teils Bronze)

### Katalog-Nr.: 59

**Fundort:** Sarazm/Sarasm (Sughd Tadschikistan)

**Art der Objekte/Material/Fundzusammenhang/Begleitfunde:** Aus einem Kurgan stammen zahlreiche Perlen aus Lapislazuli, Gold, Silber, Karneol und erhitztem Steatit, ein Silbergefäß, Rasierklinge aus „Bronze“ und Armringe aus Muschel. Wohl 22 Silberperlen aus Grab 1, Silbertasse aus Grab 4, 24 Silberperlen aus Grab 5.

**Datierung und „kulturelle Zuordnung“:** „period I“, um 3500 v. Chr., „attributed to the Afanasevo culture“<sup>5411</sup>.

**Bemerkungen/Literaturauswahl:** Alle Angaben nach Lyonnet u. a. 2008, 39 Anm. 20 (mit weiterer Literatur); Ivanova 2012, 13.

**Tafel/Abb./Karte:**

**Koordinaten:** 39°30'28"N, 67°27'37"E; 39.507778, 67.460278 (<http://en.wikipedia.org/wiki/Sarazm>)

**Datierung Karte:** Mitte 4. Jt.

### Katalog-Nr.: 60

**Fundort:** Ilgynly-Depe (Chaacha-Meana, Turkmenistan) am Fuß des Kopet-Dag Gebirges (Koppe Dag, Koppeh Dag, Köpet Dag)

**Art der Objekte:** a) Silberring und b) Bleiglätte

**Material /Analyse:** Silberring: Silber mit Spuren von Brom und Mangan (s. Bemerkungen)<sup>5412</sup> und b) Bleiglätte teilweise mit Arsen- und Kupfergehalten und hohen Bleigehalten (s. Bemerkungen)<sup>5413</sup>

**Beschreibung:** a) siehe Salvatori u. a. 2009, 56f. b) siehe Salvatori u. a. 2009, 59f.

**Maße:** siehe Maßstäbe von Abbildungen bei Salvatori u. a. 2009.

**Fundumstände /Fundzusammenhang /Stratigraphische Einbindung/Begleitfunde/Datierung**<sup>5414</sup>:

Zwischen 1998-1999 kurze Feldkampagnen. An der Oberfläche des Tells in metallurgischen „activity areas“ gefunden. Schlacken der Kupferproduktion, Kupfertropfen und zahlreiche Kupferfunde liegen vor. „As the site was suddenly abandoned during the Namazga III period we interpreted this outcrop as the localized erosion of an archaeological context datable to a middle-late Namazga II context due to the lack of Late Chalcolithic pottery in this area“ (Salvatori u. a. 2009, 50). Namazga III ca 3300-2700 BC (Salvatori u. a. 2009, 50 Anm. 16). „Early to Early Late Chalcolithic or Namazga I to early Namazga III Period (3800-3000 BC)“ (Salvatori u. a. 2009, 47). Ivanova bespricht die Funde unter solchen der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. und gibt an, dass Bleiglätte aus „Ingynly-depe [sic] [...] einer Siedlung der Namazga II-Periode“<sup>5415</sup> stammt.

**Bemerkungen:** a) Allgemein wird eine Gewinnung aus Silbererzen wie Chlorargyrit oder Bromargyrit für den Iran, Zentralasien und Anatolien angesprochen, aber kritisch gesehen könnte auch eine nachträgliche Umwandlung in Betracht zu ziehen sein (Salvatori u. a. 2009, 53-55). b) Eine Verwendung von Blei zur Desoxidation von Kupfer (und dabei als Beiprodukt Bleiglätte) wird in Erwägung gezogen, eine Silbergewinnung kritisch gesehen (Salvatori u. a. 2009, 63f.). Indes weisen nur zwei der analysierten Bleiglättetefunde As und Cu auf.

**Abb.:** a) Salvatori u. a. 2009, 55 Fig. 10, IS 1519; 56 Fig. 14; b) Salvatori u. a. 2009, 60 Fig. 26-27.

**Karte:** Salvatori u. a. 2009, 47 Fig. 1.

**Literaturauswahl:** Salvatori u. a. 2009; Ivanova 2012, 13.

**Koordinaten:** vgl. Salvatori u. a. 2009, 47 Fig. 1.

**Datierung Karte:** Mitte 4. Jt. (1. H. 4. Jt.)

### Katalog-Nr.: 61

**Fundort:** Kara-Depe 3 (Südturkmenistan)

**Art der Objekte:** Silberperlen

**Material:**

**Analyse:**

**Beschreibung:**

---

<sup>5411</sup> Lyonnet u. a. 2008, 39 Anm. 20.

<sup>5412</sup> Salvatori u. a. 2009, 53.

<sup>5413</sup> Salvatori u. a. 2009, 61 mit Table 4; 63.

<sup>5414</sup> Salvatori u. a. 2009.

<sup>5415</sup> Ivanova 2012, 13.

**Maße:**

**Fundumstände:**

**Fundzusammenhang:** Grab/Gräber

**Stratigraphische Einbindung:**

**Begleitfunde:** unklarer Bezug zu Goldperlen bzw. ebenfalls aus Gräbern

**Datierung:** Periode Namazga II, zweites Viertel 4. Jt. v. Chr.

**Bemerkungen:**

**Tafel/Abb./Karte:**

**Literaturauswahl:** Ivanova 2012, 13.

**Koordinaten:**

**Datierung Karte:**

## **Katalog-Nr.: 62**

**Fundort:** Verbicioara (Județ [Kreis] Dolj/Rumänien)<sup>5416</sup>

**Art des Objekte:** Dolchklinge (cave: Bronze!)

**Material:** Bronze

**Analyse:** Cu 87,9 (89) %, Sn 8,9 (9,9) %, As 0,3 (0,2) %, Pb 0,3 (0,8) %, Ni 0,3 (0,4) %, Sb 0,4 (1,6)%, Fe 0,02 (0,5) %. XRF-Analysen, erster Wert mit Spectro Midex, zweiter Wert in () mit X-Met 3000 TX. Siehe Băjenaru 2010, 151 Anm. 8.

**Beschreibung:** Im Querschnitt schwach bikonvexes Dolchblatt mit einer Durchlochung.

**Maße**<sup>5417</sup>: L 12 cm, max. B 3 cm, Gew. 16,35 g, Lochung Dm ca. 4 mm.

**Fundumstände/„Fundzusammenhang“/„Stratigraphische Einbindung“**<sup>5418</sup>: 1949 bei Grabungen entdeckt. Zum Dolch sind folgende Angaben bekannt: „Verbicioara, Sondaj E“<sup>5419</sup>. Der Dolch wurde im Institutul de Arheologie „Vasile Pârvan“ al Academiei Române, București aufbewahrt. 1949 wurde in Quadrant E des Schnittes I/1949 am Vorhügel (*promontoriu*) A von Verbicioara gegraben. Von dort sind mehrere Sălcuța Schichten bekannt, die von der Verbicioara-Gruppe überlagert werden.

**Datierung/Bemerkungen:**

Typologisch, noch ohne Kenntnis der Materialzusammensetzung, wurde ein Vergleich mit Dolchen des Typs Bodrogkeresztúr und solchen aus Sălcuța-Zusammenhängen erwogen<sup>5420</sup>. Spätere Überlegungen führten dazu, obwohl es keine befriedigenden bronzezeitlichen Vergleichsstücke gibt<sup>5421</sup>, die Klinge (anhand der Zinnkonzentration) in die mittlere bis späte Bronzezeit (grob das 2. Jt. v. Chr.) zu datieren. Der Fundort ist eponym für die Verbicioara-Gruppe. Inwieweit sich Kontext und damit Datierungsansatz aus den Grabungsunterlagen rekonstruieren lassen, wäre interessant.

Bei den Datierungen bzw. Angaben zu den „Kulturstufen“ wurde soweit wie möglich Bezeichnungen der Autoren übernommen bzw. äquivalent ins Deutsche übersetzt (z. B. Early Bronze Age = Frühbronzezeit), soweit keine allgemeinen Termini gefunden werden konnten. Diese stehen aber in unterschiedlichen Traditionen und werden mit unterschiedlichen Inhalten gefüllt, was an dieser Stelle nicht weiter berücksichtigt wurde.

Auch vor der „Bronzezeit“ tauchen immer wieder mit Zinn legierte Kupfer aus. Diese haben allerdings in der Regel niedrigere Sn-Gehalte. Inwieweit eine intentionelle Herstellung zu rekonstruieren ist, bleibt derzeit zweifelhaft, eine intentionelle Verwendung von Bronze für (besondere) Objekte darf aber angenommen werden.

**Tafel/Abb./Karte:** Abb. bei Băjenaru 2010, 150 Fig. 1.

**Literaturauswahl:** Băjenaru 2010.

**Koordinaten:**

**Datierung Karte:**

---

<sup>5416</sup> Alle Angaben nach Băjenaru 2010.

<sup>5417</sup> Băjenaru 2010, 149.

<sup>5418</sup> Băjenaru 2010.

<sup>5419</sup> Zitiert nach Băjenaru 2010, 149.

<sup>5420</sup> Băjenaru 2010, 150.

<sup>5421</sup> Băjenaru 2010, 151.

## X. Tafelverzeichnis

### Tafel 1

Abb. 1: a) Verhältnis Sb/As und b) Spurenelementmuster von Artefakten des Balkans. Besonders die Arsenwerte der sich ähnlichen Cluster 2 und 3 variieren. *early*=Vinča-Pločnik IIA oder früher, *intermediate*=Bodrogkeresztúr/Bubanj Hum Ia, *late*=Baden-Kostolac oder später. Cluster 2 und 3 enthalten mehrheitlich Artefakte Zuweisung Bodrogkeresztúr und Bubanj Hum Ia (Pernicka u. a. 1993, 13 Fig. 3; 14 Fig. 4; 15 Table 4; 16f.); Quelle: a) Pernicka u. a. 1993, 13 Fig. 3; b) Pernicka u. a. 1993, 14 Fig. 4.

### Tafel 2

Abb. 1: Beispiel einer Mineralassoziation am Beispiel des Mitterberger Hauptganges (Pernicka 1990); Quellen: Pernicka 1990, 75 Abb. 24; Bernhard 1965, 70 Abb. 5 in: J. Bernhard, Die Mitterberger Kupferkieslagerstätte. Einführung und Tektonik, Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 109, 1965, 3-90; D. Clasen 1978, Nebengestein und Erzführung der Cu-Lagerstätte Mitterberg (Salzburg) (Dissertation Heidelberg 1978).

Abb. 2: Schema der sekundären Zonierung sulfidischer Erzlagerstätten (Strahm – Hauptmann 2009); Quelle: Strahm – Hauptmann 2009, 123 Figure 5.

Abb. 3: Freie Enthalpie (Gibbs-Energie;  $\Delta G^\circ$ ) von Oxiden in Abhängigkeit der Temperatur. Durch die in der Urgeschichte maximal erreichbaren Temperaturen von etwa 1200°C und dem Schnittpunkt der Reaktion  $2C + O_2 > 2CO$  ergibt sich der Bereich (dunkel schraffiert), in dem Oxide zu Metall reduziert werden konnten. Darunter wirken die Oxide ggfs. als Schlackenbildner (Hauptmann 2007b, 23 Fig. 2.4; Hauptmann 2000, 22 Abb. 5 mit Bildunterschrift) nach Daten von O. Kubaschewski – C. B. Alcock, Metallurgical Thermochemistry, Materials Science & Technology Monographs 24 5(Oxford 1979); vgl. auch Pernicka 1987, 631 Abb. 9); Quelle: Hauptmann 2007b, 23 Fig. 2.4.

### Tafel 3

Abb. 1: Kupfererze (von links nach rechts): Chrysokoll, Azurit (mit Malachit) und Chalkopyrit; Quelle: eigenes Bild.

Abb. 2: Bleiglanz; Quelle: eigenes Bild.

Abb. 3: Schmelzperle von Silber („*argentum pustulatum*“); Quelle: Moesta – Franke 1995, 66 Abb. 33.

Abb. 4: Flaches Probiertiegelchen (Kupelle) aus dem späten 16. Jh. n. Chr. (Österreich). Zum Testen des Silbergehaltes. Man beachte die flache Form (Dm knapp 7 cm); Quelle: Rehren 2003, 208 Fig. 14,2 (© The Trustees of the British Museum).

Abb. 5: Experimentelle Verhüttung (Zinn) im Tiegel mittels Belüftung durch Blasrohr; Quelle: Yener u. a. 2003, 146 Fig. 12,15 (© The Trustees of the British Museum).

### Tafel 4

Abb. 1: Neolithische Schlacken aus Brixlegg – Mariahilfberggl. Mehrzahl der Schlacken zerschlagen (links), zwei größere stark metallhaltige Schlacken (vgl. Schlacke BRX 1 rechts). Maßstab = 5cm (Bartelheim u. a. 2002); Quelle: Bartelheim u. a. 2002, 43 Abb. 11.

Abb. 2: Brixlegg: Schnitt durch Schlacke BRX 1 mit blasiger Struktur ehemals flüssiger Matrix mit Blasen Hohlräumen, zahlreichen Quarzrelikten und Metalleinschlüssen unterschiedlicher Zusammensetzung. Abbildungsausschnitt von 35 mm Breite (Höppner u. a. 2005; Bartelheim u. a. 2002); Quelle: Höppner u. a. 2005, 299 Figure 2; Bartelheim u. a. 2002, 44 Abb. 12.

Abb. 3: Schlacke mit *prills* aus einem 10 minütigen Verhüttungsversuch (Palmieri u. a. 1993); Quelle: Palmieri u. a. 1993, 593 Fig. 11.

Abb. 4: *Prills* und ungeschmolzene Gangart aus einem Verhüttungsversuch bei 1050 °C (Lorenzen 1965); Quelle: Lorenzen 1965, Bildtafel V.

### Tafel 5

Abb. 1: Schematisches Phasendiagramm des Systems Cu – S – As,Sb. Zu sehen sind die Fahlerzmetalle (Arsen-/Antimonmangellegierungen), die Mischungslücke, Speisen und auf der rechten Seite die Sulfidphasen. E = Enargit ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ; ca. 48 Gew.% Cu; 32 Gew.% S; ca. 20 Gew.% As), E + M = verwittertes Enargit mit einem Anteil Malachit (Moesta 2004, 270f. Abb. 1 [mit Abbildungsunterschrift] nach Lesniak 1991; vgl. Lesniak 1991, Kap. 5-6); Quelle: Moesta 2004, 270 Abb. 1.

Abb. 2: „Maximales“ Schema zur Verhüttung von Kupfersulfiden in einem Schachtofen am Beispiel von Chalkopyrit (Kupferkies) (Eibner 1993); Quelle: Eibner 1993, 24.

### Tafel 6

Abb. 1: Bildung von Fayalit im System Fe-Oxid –  $\text{SiO}_2$ : Im schraffierten Bereich kann eine eisenreiche Charge bei 1200 °C verflüssigt werden (Hauptmann 2007b); Quelle: Hauptmann 2007b, 25 Fig. 2.5.

Abb. 2: Fähigkeit zur Schmelzbildung von Schlacken in Abhängigkeit von Temperatur, Zusammensetzung und Sauerstoffpartialdruck. Bereits geringe Gehalte an PbO erlauben im System  $\text{SiO}_2$ –PbO eine Schmelzbildung. Im System  $\text{SiO}_2$ –FeO sind besonders bei oxidierenden Bedingungen höhere Eisengehalte notwendig (Hauptmann 2007b, 168 Fig. 6.6 [mit Abbildungsunterschrift]); Quelle: Hauptmann 2007b, 168 Fig. 6.6.

### Tafel 7

Abb. 1: Chemische Pauschalzusammensetzung von Schlacken zahlreicher chalkolithischer Fundorte in Gew.% im Stoffsystem  $\text{CuO}$ –( $\text{SiO}_2$ + $\text{Al}_2\text{O}_3$ )–( $\text{FeO}$ + $\text{CaO}$ + $\text{MgO}$ ). Auffallend sind die hohen Kupferrestgehalte. Während das Kupfer in verschiedener Form vorliegen kann, sind die Gehalte als CuO berechnet (Bourgarit 2007, 6 Figure 2); Quelle: Bourgarit 2007, 6 Figure 2.

Abb. 2: Chemische Pauschalzusammensetzung von Schlacken zahlreicher chalkolithischer Fundorte in Gew.% im Stoffsystem  $\text{CaO}$ – $\text{SiO}_2$ –( $\text{FeO}$ + $\text{MgO}$ ). Eingezeichnet sind das Diopsid-Feld (Klinopyroxene) des Systems  $\text{CaO}$ – $\text{SiO}_2$ – $\text{MgO}$  und das Olivin-Feld des Systems  $\text{CaO}$ – $\text{SiO}_2$ – $\text{FeO}$ , die die niedrigschmelzenden Bereiche angeben. Die meisten Schlacken befinden sich weit von diesen Feldern entfernt und zeigen hohe  $\text{SiO}_2$ -Gehalte. Die zur Schlackenbildung tatsächlich verfügbare Menge an zweiwertigem Eisen ist geringer als ausgegeben, da (sie teilweise als) Magnetit vorliegt (Bourgarit 2007, 6 Figure 3); Quelle: Bourgarit 2007, 6 Figure 3.

### Tafel 8

Abb. 1: Chemische Zusammensetzung von chalkolithischen Schlacken (Wadi Fidan/Jordanien, Abu Matar/Israel, Norşuntepe/Türkei) und frühbronzezeitlichen Schlacken (Shahr-I Sokhta/Iran) im Stoffsystem  $\text{Cu}^+$ -Oxid–(f, C)–(S, A). Die Kupfergehalte der Schlacken nehmen vom Chalkolithikum zur Frühbronzezeit hin ab, die Eisengehalte dagegen zu. Das Kupfer liegt als Metall,  $\text{Cu}_2\text{O}$  und Cu-Sulfid vor. f=Fe-Oxid (als FeO)+MnO+MgO, C=CaO, S= $\text{SiO}_2$ , A= $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Original in Farbe, Hauptmann 2007b, 160 Fig. 6.1; Vgl. Hauptmann 2000, 103 Abb. 73; Hauptmann 2007a, 124 Abb. 5); Quelle: Hauptmann 2007b, 160 Figure 6.1.

Abb. 2: Verbreitung von Schlacken sowie deren Zusammensetzung und Erzbasis (der Studie von Bourgarit 2007); Quelle: Bourgarit 2007, 9 Figure 6.

### Tafel 9

Abb. 1: Tabelle früher Schlacken von Bourgarit (2007, 4 Table 1 [mit Bildunterschrift]). Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass es sich in allen Fällen um sog. *furnace slag* (im Gegensatz zu Fließschlacke) handele. Dies steht in Einklang mit den Charakteristika früher Schlacken (Heterogenität, Relikte usw.); Quelle: Bourgarit 2007, 4 Table 1.

## Tafel 10

Abb. 1:  $p_{O_2}/T$ -Diagramm des Systems Cu–Fe–O. Die Temperaturen sind in isothermen Schnitten bei 1200 °C und 1000 °C aufgetragen. Die Bereiche geben die geschätzten Bildungsbereiche, abgeleitet aus der Abschätzung der Liquidustemperaturen und aus dem Gefügebestand, an: Chalkolithische Schlacken: F=Wadi Fidan 4, N=Norşuntepe, M=Murgul. Bronzezeitliche Schlacken: C=Nevalı Çori. Zum Vergleich Schlacken späterer Zeitstellung des 1. Jt. v. Chr.: schraffiertes Feld; S=Schlacke, Mt=Magnetit, Hm=Hämatit, Del=Delafossit (Hauptmann 2007b, 226 Fig. 7.8); Quelle: Hauptmann 2007b, 226 Fig. 7.8.

Abb. 2: Schema der Temperaturverteilung in einem Schachtofen. Laufsclacken können sich nur im Bereich der Tuyères bilden (Hauptmann 2007b); Quelle: Hauptmann 2007b, 252 Fig. 7.21.

## Tafel 11

Abb. 1: Verteilungskoeffizienten  $D_{Cu/S}$  von Spurenelementen zwischen Kupfer und Schlacke von Proben des Fenangebiets im diachronen Vergleich (Hauptmann 2007b); Quelle: Hauptmann 2007b, 205 Fig. 6.37.

Abb. 2: Freie Enthalpie (Gibbs-Energie;  $\Delta G^\circ$ ) von Oxiden in Abhängigkeit von der Temperatur (Pernicka 1987) (nach Daten von O. Kubaschewski – C. B. Alcock, Metallurgical Thermochemistry, Materials Science & Technology Monographs 24<sup>5</sup>(Oxford 1979); vgl. auch Hauptmann 2000, 22 Abb. 5); Abbildung in Skalierung abgeändert; Quelle: Pernicka 1987, 631 Abb. 9.

## Tafel 12

Abb. 1: Blei-Silberschlacke aus Fatmalı Kalecik (Kat. 28); Quelle: Hess u. a. 1998, 59 Fig. 2.

Abb. 2: Blei-Silberschlacke aus Fatmalı Kalecik (Kat. 28); Quelle: Hess u. a. 1998, 60 Fig. 3.

Abb. 3a: Fatmalı Kalecik (Kat. 28): Bleiglätte (Oberseite); Quelle: Hess u. a. 1998, 60 Fig. 4.

Abb. 3b: Fatmalı Kalecik (Kat. 28): Bleiglätte (Unterseite); Quelle: Hess u. a. 1998, 60 Fig. 4.

Abb. 4: Habuba Kabira-Süd (Kat. 34): Bleiglätte oder damit imprägniertes Tiegel- bzw. Herdauskleidungsfragment; Quelle: Kohlmeyer 1994, 45 Abb. 1,10.

Abb. 5: Arisman (Kat. 39): Bleiglätte bzw. damit imprägnierte Kupelle; Quelle: Stöllner u. a. 2004, 651 Kat. 228 (= Research base Arisman AR01/0323).

Abb. 6: Arisman (Kat. 39): Bleiglätte bzw. damit imprägnierte Kupelle; Quelle: Stöllner u. a. 2004, 651 Kat. 227 (= Research base Arisman AR01/6).

Abb. 7: Arisman (Kat. 39): Bleiglätte bzw. damit imprägnierte Kupelle; Quelle: Stöllner u. a. 2004, 651 Kat. 229 (= Research base Arisman AR01/0092).

## Tafel 13

Abb. 1: Sog. Kamin bzw. bodenloses Gefäß mit Handhabe aus Belovode; Quelle: Šljivar 2006, 97 Fig. 6 (<http://pubweb.carnet.hr/metalurg/journal-metalurgija-2>).

Abb. 2: Rekonstruktionsvorschlag einer Verhüttung mit sog. Kamin (Šljivar 2006); Quelle: Šljivar 2006, 98 Fig. 9 (<http://pubweb.carnet.hr/metalurg/journal-metalurgija-2>).

Abb. 3: Tiegel von Dolnoslav mit Schlackenanhäufungen. Ein Deckel wird erschlossen (Ryndina u. a. 1999); Quelle: Ryndina u. a. 1999, 1064 Fig. 4.

Abb. 4: Funde von Tiszalúc-Sarkad (Kat. 7): 1 Grab B2; 2a silberne Blechanhänger (Umzeichnung); 2b silberne Blechanhänger; 1-2a unmaßstäblich; 2b vgl. Maßstab; Quelle: 1 Patay – Szathmári 2001, 6 Abb. 1; 2a Patay – Szathmári 2001, 6 Abb. 2, 1-2; 2b Patay – Szathmári 2001, 7 Abb. 3, 1-2.

Abb. 5: Vorschlag von Routen zur Kupferversorgung des Balkans in chalkolithischer und protobronzezeitlicher Zeit (Pernicka u. a. 1997); Quelle: Pernicka u. a. 1997, 145 Fig. 30.

Abb. 6: Karpato-Balkanische Metallurgische Provinz (KBMP) von Chernykh (1992) mit Foci: I nördlicher Balkan, II Transsilvanien, III Nördliche Karpaten (hypothetisch), IV Westliche Schwarzmeerregion, V Steppe (hypothetisch); Quelle: Chernykh 1992, 49 Fig. 15 (Reproduced with permission of the Licensor through PLSclear. Courtesy of Cambridge University Press).



## Tafel 14

- Abb. 1: Silberfunde der Nordpontischen Steppen aus dem Bereich von Usatovo (Kat. 15): 1 Parcani I: Silberring(fragment) mit „weißer“ Perle aus Kurgan 147 (Kat. 15,a); 2 Sucleia (Kat. 15,b): silberner Lockenring aus Kurgan 3; 3 Usatovo (Kat. 15,c): silbernes Ringfragment aus Kurgangrabfeld 1 Kurgan 6 Zentralgrab; 4 Usatovo (Kat. 15,c): silberner Ring aus Kurgangrabfeld 1 Kurgan 11 Grab 2; 5 Usatovo (Kat. 15,c): silberne Spiralsringe und silberne Perlen aus Kurgangrabfeld 1 Kurgan 13 Zentralgrab; 1-5 unmaßstäblich; Quelle: 1 Dergačev 2002, Tafel 16 Abb. P1; 2 Dergačev 1991, Tafel 55 Abb. 11 (nach V. J. Goškevič); 3 Dergačev 1991, Tafel 67 Abb. 9 (nach E. F. Patokova, Usatovskoe poselenie i mogil'niki [Kiev 1979]); 4 Dergačev 1991, Tafel 70 Abb. 3 (nach V. G. Zbenovič, Pozdnetripol'skie plemena Severnogo Pričernomor'ja [Kiev 1974]); 5 Dergačev 1991, Tafel 75 Abb. 6-9 (nach E. F. Patokova, Usatovskoe poselenie i mogil'niki [Kiev 1979]).
- Abb. 2: Trušești (Kat. 12): Anhänger/Idol (möglicherweise Silber); unmaßstäblich; Quelle: Dergačev 2002, Tafel 65,A 306 (nach Dumitrescu 1961, 77 Fig. 6,10 in: H. Dumitrescu, Connections between the Cucuteni-Tripolie Cultural Complex and the neighbouring eneolithic cultures in the light of the utilization of golden pendants, Dacia 5, 1961, 69-93).
- Abb. 3: Silberfunde aus den Nordpontischen Steppen (Kat. 14, 15,d): 1 Silberring aus Trapovka (vgl. Kat. 14,c; Kat. 15,d); 2 Schläfenanhänger aus Kovalevka (Kat. 14,d); 1-2 unmaßstäblich; Quelle: 1 Rassamakin 2004a, 124 Abb. 100,7; 2 Rassamakin 2004a, 124 Abb. 100,6.
- Abb. 4: Majkop (Kat. 17): 1 Rinderfigur aus Gold; 2 Rinderfigur aus Silber; 1-2 unmaßstäblich; Quelle: 1 Umzeichnung nach Piotrovsky 2003a, 291 Kat. 191a (Foto: J. J. Piotrovsky, Russische Föderation, Staatl. Ermitage, St. Petersburg); 2 Umzeichnung nach Piotrovsky 2003a, 292 Kat. 191b (Foto: J. J. Piotrovsky, Russische Föderation, Staatl. Ermitage, St. Petersburg).

## Tafel 15

- Abb. 1: Silberfunde der Alepotrypa-Höhle (Kat. 8): 1 Ringanhänger; 2 zylindrische Perle; 3 eine ringförmige und 168 kleinere scheibenförmige Perlen einer Kette; 4. 7 ein Paar größere Ringe (mit stempelförmigen Enden); 5-6 ein Paar kleine Ringe (mit stempelförmigen Enden); 1-7 vgl. Maßstab; Quelle: 1 Maran 2000, 193 Abb. 1,1; 2 Maran 2000 Abb. 1,5; 3 Maran 2000 Abb. 1,6; 4 Maran 2000 Abb. 1,9; 5 Maran 2000 Abb. 1,7; 6 Maran 2000 Abb. 1,8; 7 Maran 2000 Abb. 1,10.
- Abb. 2: Silberfunde aus der „Höhle des Euripides“ (Kat. 9): Ringanhänger und Drahring; unmaßstäblich; Quelle: nach Λώλος 1998, 64 Kat. 62.
- Abb. 3: Sog. Ringanhänger aus Emporio auf Chios aus SbAs-Kupfer; Quelle: Hood 1982, 661 Fig. 295, 17 (Reproduced with the permission of the British School at Athens).
- Abb. 4: Silberfunde vom Felsspalt vor der Eileithyia-Höhle (Kat. 10): 1 Ringanhänger; 2 spulenförmiges Objekt („Röhrenperle“); 3 Drahring; 1-3 unmaßstäblich; Quelle: 1 Maran 2000 Abb. 1, 1; 2 Maran 2000 Abb. 1, 2; 3 Maran 2000 Abb. 1, 3.

## Tafel 16

- Abb. 1: Äxte und Beile aus dem Grab 5 Kurgan 31 von Klady. Stück Nr. 5 enthält 30% Blei und trägt Silberauflagen; Quelle: Hansen 2011a, 299 Abb. 21.

## Tafel 17

- Abb. 1: Schema zur Ausbreitung der Metallurgie (nach Strahm, Klassen und Matuschik 1997); Quelle: Matuschik 1997b, 18 Abb. 6 (nach einem Entwurf von Strahm, Klassen und Matuschik 1997), Landesamt für Denkmalpflege im RP Stuttgart, Kartengrundlage © Heinz Fleischmann GmbH & Co Geographischer Verlag/MairDumont GmbH & Co. KG.
- Abb. 2: Schema zur Ausbreitung der Metallurgie (Strahm – Hauptmann 2009); Quelle: Strahm – Hauptmann 2009, 126 Fig. 8.
- Abb. 3: Verbreitung von Jadeitbeilen vor allem in Westeuropa sowie Kupfer- und Goldartefakten hauptsächlich in Osteuropa (2. H. 5. Jt und frühes 4. Jt. v. Chr., Pétrequin u. a. 2010); Quelle: Pétrequin u. a. 2010, 193 Abb.

Abb. 4: Verbreitung kreuzschneideriger Äxte des Typs Jászladány und Flachbeile des Typs Kaka (rote Punkte), teils aus Nógrádmárcal-Kupfer (Strahm 2010). Meist Einzelfunde unklarer Datierung, wohl aber 2. H. 5. Jt. v. Chr.; Quelle: Strahm 2010, 185 Abb.

Abb. 5: Axt aus Reiffenhausen; unmaßstäblich; Quelle: Hansen 2011a, 281 Abb. 5, 11.

### **Tafel 18**

Abb. 1: Funde aus Stollhof mit eberzahnförmigem Zierblech und goldenen Buckelscheiben; unmaßstäblich; Quelle: Mayer 1977, Tafel 117, 1-11.

Abb. 2: Verbreitung von Buckelscheiben des Typs Stollhof-Csáford (offene Symbole: Kreis=Gold, Quadrat=Kupfer, Dreieck=Silber) und Ringanhängern (Geschlossene Symbole: Kreis=Gold, Dreieck=Silber) (Virág 2010); Quelle Virág 2010, 217 Abb.

Abb. 3: Funde aus Štramberk (Kat. 6): 3a Umzeichnung der Buckelscheibe (in unrestauriertem Zustand?) (Silber); 3b Umzeichnung der Buckelscheibe; 3c Brillenspirale (Kupfer); 3a-c unmaßstäblich; Quellen: 3a Umzeichnung nach Makkay 1976, 285 Fig. 33; 3b Maran 2000, 193 Abb. 1, 11; 3c Matuschik 1996, 5 Abb. 1, 3.

Abb. 4: Buckelscheibe aus Hornstaad; unmaßstäblich; Quelle: Dieckmann 1987, 34 Abb. 7.

### **Tafel 19**

Abb. 1: Verbreitung Arsenkupfer in jungneolithischen Artefakten (Krause 2003); Quelle: Krause 2003, 151 Abb. 116.

Abb. 2: Verbreitung Mondseekupfer (Strahm 2010), Quelle: Strahm 2010, 186 Abb.

Abb. 3: Verbreitung Nógrádmárcal-Kupfer/Antimonkupfer in jung- und spätneolithischen Artefakten (Krause 2003); Quelle: Krause 2003, 149 Abb. 113.

Abb. 4: Verbreitung Fahlerzkupfer in jung- und spätneolithischen Artefakten (Cluster 2 mit Sb-Vormacht und Cluster 3 Klassisches Ösenringkupfer Regionalstudie Aunjetitz, Krause 2003); Quelle: Krause 2003, 154 Abb. 119.

### **Tafel 20**

Abb. 1: Waterbolldiagramm mit logarithmischer Verteilung der Arsenwerte in % von nordalpinen Funden der Mondsee Gruppe (N 73) und nach Typen: D=Dolche, F=Flachbeile, K=Klingen, P=Pfrieme, A=Angelhaken, S=Spiralen, G=Gussreste; Quelle: Obereder u.a. 1993, 8 Abb. 4.

Abb. 2: Waterbolldiagramm mit logarithmischer Verteilung der Elemente des Kupfers vom Typ Mondsee von Matuschik (1998). Hervorhebung der Dolche in schwarz; Quelle: Matuschik 1998, 240 Abb. 236.

Abb. 3: Silber- und Antimonwerte der Cluster 19-3 und 19-6 von Klassen 2000 – Kreis: südschandinavischer Fund, Quadrat: nordalpiner Fund, Dreieck: Fund aus Böhmen/Mähren. Schandinavishe Funde liegen bis auf einen Überschneidungsbereich und wenige Ausnahmen getrennt. Zeilenartige Anordnung durch Transformation halbquantitativer Angaben „Spur“ und „<0,01 %“ in 20 bzw. 50 ppm; Quelle: Klassen 2000, 179 Abb. 80.

### **Tafel 21**

Abb. 1: Ein Teil der Funde aus dem Grab von Pauilhac: Goldblechdiadem, Eberhauer, Silexklingen, eines von zwei großen Jadeitbeilen; Quelle: Hansen 2011a, 290 Abb. 11.

Abb. 2: Goldblechdiadem von Pauilhac (links) und Vergleich aus Moigrad in Rumänien (rechts); Quelle: Klassen 2004, 266 Abb. 142.

Abb. 3: Hämatitanhänger von Renongar (links) und vergleichbarer Goldanhänger aus Hotnica in Bulgarien (rechts); Quelle: Klassen 2004, 267 Abb. 143.

Abb. 4: Pranu Mutteddu (Kat. 58,c): Funde aus Grab V (rechts unterhalb der Mitte die silbernen Ringe); vgl. Maßstab; Quelle: Usai 2005, 259 Fig. 3.

## **Tafel 22**

Abb. 1: Tönerne Gussform für Ringidole aus Çamlıbel Tarlası III; Quelle: Schoop 2009, 65 Abb. 62.

Abb. 2: Tiegelfragmente mit durchlochtem Standfuß aus Çamlıbel Tarlası IV; Quelle: Schoop 2011a, 63 Abb. 17.

## **Tafel 23**

Abb. 1: Metallobjekte aus einem Hortfund von Beycesultan (Kat. 24): links oben der Silberring; vgl. Maßstab; Quelle: Stronach 1962, 281 Fig. F8,1-15.

## **Tafel 24**

Abb. 1: Grab e X19 von Alişar Höyük (Kat. 23): 1 Bestattung; 2 Bruchstück eines Serpentinkeulenkopfes; 3 Flintklinge; 4a Bruchstücke eines Silberringes und Silberring; 4b Umzeichnung der Silberringe (vgl. 4a); 5-6 kupferne Armringe; 1-4a. 5-6 unmaßstäblich. 4b M 1:1; Quellen: 1 Osten 1937, Fig. 43; 2 Osten 1937, Fig. 43,e2241; 3 Osten 1937, Fig. 43,e2240; 4a Osten 1937, Fig. 43,e2238. e2239; 5 Osten 1937, Fig. 43,e2236; 6 Osten 1937, Fig. 43,e2237 (1-4a. 5-6 Courtesy of the Institute for the Study of Ancient Cultures of the University of Chicago); 4b Zimmermann 2005a, 196 Abb. 6.

Abb. 2: Alişar Höyük (Kat. 23): 1 Kopffragment einer Figurine aus Schicht Alişar 12M; 2 Kopffragment einer Figurine aus Schicht Alişar 14M; 1-2 unmaßstäblich; Quelle: 1 Osten 1937, Fig. 85,c506; 2 Osten 1937, Fig. 85,e1940; 1-2 (Courtesy of the Institute for the Study of Ancient Cultures of the University of Chicago).

Abb. 3: „Ringanhängerartiges“ Objekt aus Blei aus „Copper Age Zusammenhängen“ von Alişar Höyük (Kat. 23); unmaßstäblich; Quelle: Osten 1937, Fig. 197,c753 (Courtesy of the Institute for the Study of Ancient Cultures of the University of Chicago).

## **Tafel 25**

Abb. 1: Ringanhänger „von Göller“ (Kat. 25; Silber); Quelle: Umzeichnung nach Kulaçoğlu 1992, 188 Kat. 95.

Abb. 2: Funde vom İkiştepe (Kat. 26): 1-6 Ohrringe aus Bestattung Sk. 572 (1-2. 5-6 Silber; 3-4 Kupfer; Kat. 26,a); 7 silberner Ohrring Bestattung Sk. 519 (Kat. 26,b); 8 silbernes Drahtstück („bobby pin“; Kat. 26,c); 9 Ringanhänger aus Bestattung Sk. 192 (Blei; Kat. 26,e); 10 Ringanhänger aus Bestattung Sk. 569 (Blei; Kat. 26,e); 11 Ringanhänger aus „Siedlungsschichten“ (Gold; Kat. 26,e); 12 Schmuckscheibe aus Bestattung Sk. 246 (Blei; Kat. 26,e); 13 anthropomorpher Anhänger aus Bestattung Sk. 41 (Kupfer; Kat. 26,e); 1-13 unmaßstäblich; Quellen: 1 Bilgi 1990, 216 Fig. 17,316; 2 Bilgi 1990, 216 Fig. 17,317; 3 Bilgi 1990, 216 Fig. 17,280a; 4 Bilgi 1990, 216 Fig. 17,280b; 5 Bilgi 1990, 216 Fig. 17,280c; 6 Bilgi 1990, 216 Fig. 17,280d; 7 Bilgi 1990, 216 Fig. 17,308; 8 Bilgi 2001, 85 Abb. 25,a; 9 Bilgi 1984, 95 Fig. 18,266; 10 Bilgi 1990, 218 Fig. 19,427; 11 Bilgi 1984, 95 Fig. 18,265; 12 Bilgi 1984, 95 Fig. 18,267; 13 Bilgi 1984, 95 Fig. 18,270.

## **Tafel 26**

Abb. 1: Hoher zylindrischer Tiegel aus İkiştepe; Quelle: Bilgi 1999b, 157 Resim 20.

Abb. 2: Gräberfeld von Ilıpınar: Dolche und Ahlen; Quelle: Zimmermann 2011, 303 Abb. 3.

Abb. 3: Elementgehalte von Metallobjekten aus Ilıpınar (nach Begemann u.a. 1994, 213 Table 2); Quelle: Begemann u.a. 1994, 213 Table 2.

## **Tafel 27**

Abb. 1: Kupfer vom Norşuntepe: Ergebnisse der Neutronenaktivierungsanalyse; Ergebnisse bis auf Kupfer auf 100% korrigiert (nach Pernicka u. a. 2002, 117 Tabelle); Quelle: Pernicka u. a. 2002, 117 Tabelle.

### **Tafel 28**

Abb. 1: Verbreitung spätchalkolithischer Keramik bzw. Einflusszonen/Kulturen in Obermesopotamien (4000-3500 v. Chr.) (Marro 2008); Quelle: Marro 2008, 26 Map.

Abb. 1: Verbreitung von häckselgemagerten keramischen Waren (*chaff faced*) in Nordmesopotamien und Südostanatolien (Lupton 1996); Quelle: Lupton 1996, 19 Fig. 2, 4 (Reproduced with permission of BAR Publishing, www.barpublishing.com).

Abb. 3: Wichtige Fundorte und Interaktionsräume Mitte des 4. Jt. v. Chr. in Anatolien und Transkaukasien (Palumbi 2008); Quelle: Palumbi 2008, 55 Fig. 1, 1.

Abb. 4: Verbreitung von Khirbet Kerak Keramik im weiteren Vorderen Orient (Miroschedji 2000); Quelle: Miroschedji 2000, 272 Fig. 1.

### **Tafel 29**

Abb. 1: Ergebnisse chemischer Analysen von Material aus Hacinebi (nach Özbal u. a. 1999); Quelle: nach Özbal u. a. 1999, 61 Table 1.

Abb. 2: As/Sb-Diagramm von Arsenkupferartefakten aus Arslantepe und (allen bisher analysierten) Anatolischen Erzen. Für die Erze wurden die Gehalte von As und Sb auf Kupfer normalisiert. Die Verhältnisse der Artefakte und der Erze lassen sich unter der Annahme, dass keine Verschiebung stattfindet, nicht vereinbaren. Ähnliches trifft auf die Erze aus archäologischen Zusammenhängen des Arslantepe zu (hier nicht abgebildet: Hauptmann u. a. 2002, 57 Fig. 6) (Hauptmann u. a. 2002, 63 Fig. 9 [hier auch zu den Datenquellen]); Quelle: Hauptmann u. a. 2002, 63 Fig. 9.

### **Tafel 30**

Abb. 1: Korucutepe (Kat. 30): 1 Doppelgrab L und Grab J; 2 Silberarmreif mit spiraligen Enden (links) und Siegelreif (rechts) aus Doppelgrab L; 1 vgl. Maßstab; 2 unmaßstäblich; Quellen: 1 Yakar 2002, 18 Fig. 3; 2 Zimmermann 2005a, 196 Abb. 8.

Abb. 2: Elektronwolfskopf aus Tepe Gaura (Kat. 32); unmaßstäblich; Quelle: Tobler 1950, Table 59, b (Foto: E. B. B. Bache/W. A. Taylor, Jr/A. J. Tobler).

Abb. 3: Mutmaßlicher Ringanhänger aus Stein aus Ğudeide Phase F; unmaßstäblich; Quelle: Braidwood – Braidwood 1960, 253 Fig. 190, 9 (Courtesy of the Institute for the Study of Ancient Cultures of the University of Chicago).

Abb. 4: Nevalı Çori: Runder Schlacken Kuchen mit Abdruck eines vermutlich zweiphasigen Sulfid-Kupferregulus; unmaßstäblich; Quelle: Hauptmann u. a. 1993, 547 Abb. 2, 3.

### **Tafel 31**

Abb. 1: Bleiisotopenverhältnisse von Erzen, Schlacken und Metall von Arslantepe VII bis V A2 aus der Siedlung sowie Funde des Hortes und des Fürstengrabes. Daten: Hauptmann u. a. 2002, 49 Table 6; 56 Table 9; Vgl. Hauptmann u. a. 2002, 50 Fig. 3–4; 55 Fig. 5; Quelle: eigene Darstellung.

Abb. 2: Verbreitung von Kupfer mit hohen Arsen- und Nickelgehalten (As>1 %, Ni>1 %) und von Ophiolithen (schraffiert) (Hauptmann 2007b); Quelle: Hauptmann 2007b, 298 Fig. 8.19.

### **Tafel 32**

Abb. 1: Karte mit Fundorten des Iran; Quelle: Thornton 2009, 307 Fig. 1.

Abb. 2: Rekonstruktion Tiegel Typ Iblis; Quelle: Zeichnung nach Rekonstruktionsvorschlag Caldwell 1967, 185 Cat. No. 277 (vgl. Thornton 2009, 310 Fig. 2).

Abb. 3: Tiegel Typ Ghabristan aus Arisman; Quelle: Helwing 2011c, 304 Fig. 76, 173.

Abb. 4: Deckel mit Loch aus Arisman; Quelle: Helwing 2011c, 311 Fig. 83, 232.

Abb. 5: Deckel mit Griffknubbe aus Arisman; Quelle: Helwing 2011c, 311 Fig. 83, 224.

### **Tafel 33**

Abb. 1: Uruk-Warka ‚Riemchengebäude‘ (Kat. 45): 1 ‚Speerspitze‘ (möglicherweise Silber bzw. Kupfersilberlegierung; Kat. 45,a); 2 ‚Speerspitze‘ (Kupfer-Silberlegierung mit 26% Silber; Kat. 45,b); 1-2 unmaßstäblich; Quelle: 1 Pedde 1992, Tafel 83,973 (W 18700,24 – IM 60478 b, Umzeichnung in Tusche durch Helga Kosak/Friedhelm Pedde, Deutsches Archäologisches Institut); 2 Pedde 1992, Tafel 83,974 (W 18725 m, Fotografie Hans Joachim Ihle und Umzeichnung in Tusche durch Helga Kosak/Friedhelm Pedde, Deutsches Archäologisches Institut).

Abb. 2: Uruk-Warka Sammelfund (Kat. 47): 1 Kugeliges Gefäß mit langem Ausguss aus Silber (Rinnenkanne) (Kat. 47,a9); 2 Steinerner Stierfigur mit silbernen Beinen (Kat. 47,b2); 3 Rollsiegelaufsatz in Form eines Rindes (Silber; Kat. 47,a18); 4 Rollsiegelaufsatz in Form eines Rindes (Silber; Kat. 47,a17); 1-4 unmaßstäblich; Quellen: 1 Müller-Karpe 1993, Tafel 7,36; 2 Umzeichnung nach Hansen 2003, 27 Fig. 13 (Fotografie Bernard von Bothmer); 3 Braun-Holzinger 1984, Tafel 1,2; 4 Braun-Holzinger 1984, Tafel 1,3.

Abb. 3: 1a-b Rollsiegelaufsatz in Form eines Widders (Silber; Kat. 49); 1a-b unmaßstäblich; Quellen: 1a Braun-Holzinger 1984, Tafel 1,5; 1b Hamilton 1967, Plate 11,d.

### **Tafel 34**

Abb. 1: Verbreitungskarte ausgewählter Fundorte des Chalkolithikums und der Frühbronzezeit I der südlichen Levante mit Metall und Metallurgiebelegen; Quelle: Hauptmann 2007b, 262 Fig. 8.6.

Abb. 2: Rekonstruktion eines „proto-furnace“ von Shiqmim und wahrscheinlich anderen Fundorten der Levante des frühen 4. Jt. v. Chr. durch Golden; Quelle: Golden u. a. 2001, 958 Fig. 8.

Abb. 3: Hortfund von Naḥal Mišmar mit Cu-As-Sb-Legierungen und Flusspferdelfenbein in Schilfmatte; Quelle: Bar-Adon 1980, 15 Abb. (Courtesy of the Israel Exploration Society, Jerusalem).

Abb. 4: Chemische Zusammensetzung von Erzen aus Shiqmim und Mezad Aluf; Quelle: Golden u. a. 2001, 953 Table 1.

### **Tafel 35**

Abb. 1: Elementgehalte Prädynastischer Kupferfunde (nach Payne 1993, 256 Appendix 2); Quelle: Payne 1993, 256 Appendix 2.

### **Tafel 36**

Abb. 1: Verbreitung verschiedener Formen kreuzschneidiger Äxte in verschiedenen Materialien, ihrer Miniaturmodelle und Gussformen (Boroffka 2009); Quelle: Boroffka 2009, 249 Fig. 3.

Abb. 2: Hypothetische chronologische Stellung und Verbreitung kreuzschneidiger Äxte und ihrer Gussformen (Sterne) (Boroffka 2009); Quelle: Boroffka 2009, 250 Fig. 4.

### **Tafel 37**

Abb. 1: Chronologietabelle des Neolithikums und des Chalkolithikums des Karpatenbeckens (Lichter 2001); Quelle: Lichter 2001, 157 Abb. 72.

Abb. 2: Chronologietabelle des Neolithikums und des Chalkolithikums des Balkans (Lichter 2001); Quelle: Lichter 2001, 30 Abb. 2.

### **Tafel 38**

Abb. 1: Chronologieschemata Mitteleuropas nach Schier (2010); Quelle: Schier 2010, 33 Abb.

Abb. 2: Absolute Daten des Chalkolithikums und der Frühen Bronzezeit der südlichen Levante (Genz – Hauptmann 2002); Quelle: nach Genz – Hauptmann 2002, 149 Table 1.

### **Tafel 39**

Abb. 1: Chronologische Gliederung des Äneolithikums des nordpontischen Steppengebietes und des Vorkaukasus nach Govedarica (2004); Quelle: Govedarica 2004, 227 Abb. 56.

**Tafel 40**

Abb. 1: Chronologietabelle von ‚Greater Mesopotamia‘ (Rothman 2001); Quelle Rothman 2001, 7  
Table 1.1.

## **XI. Tafeln**

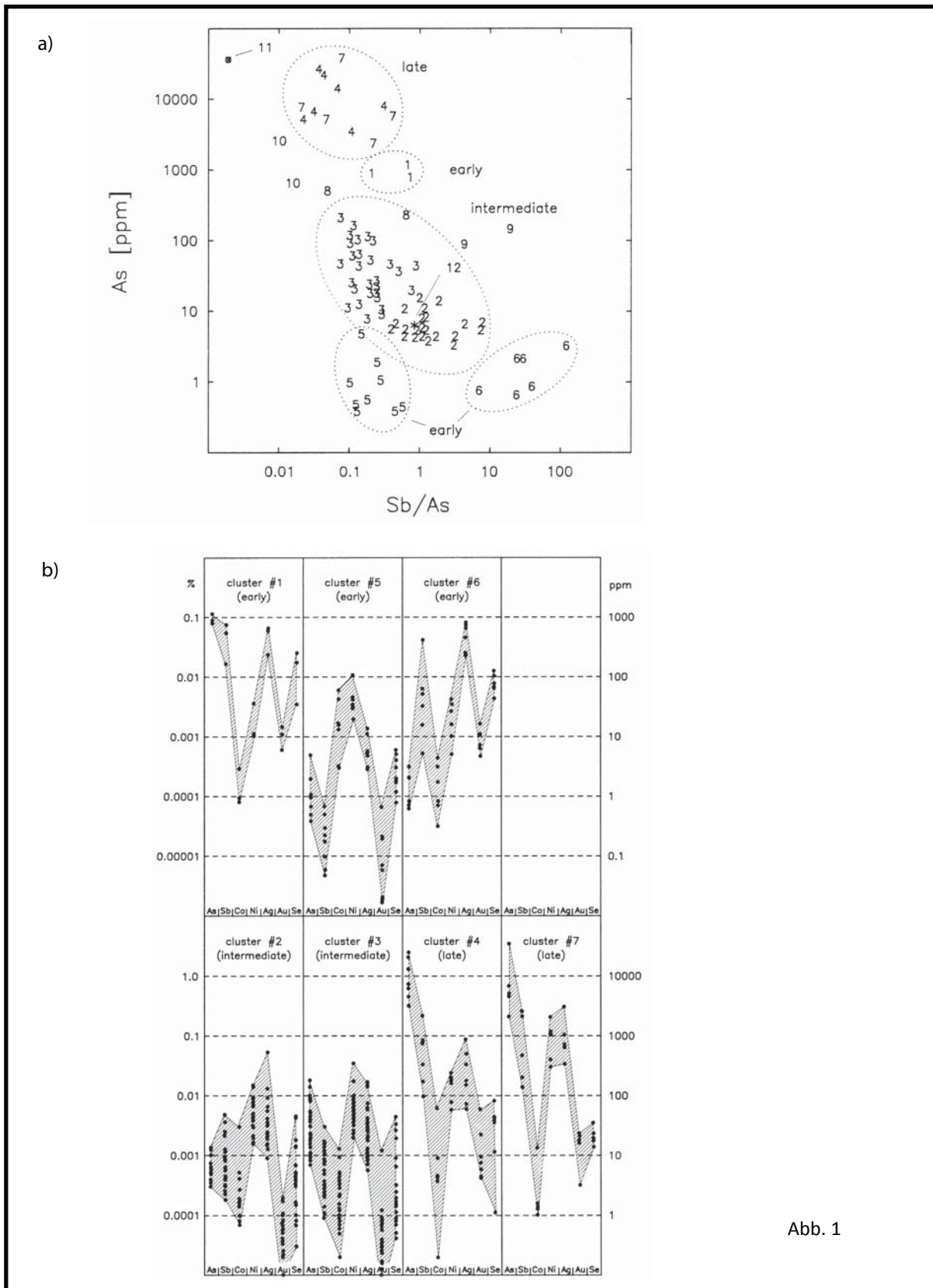


Abb. 1

Abb. 1 a) Verhältnis Sb/As und b) Spurenelementmuster von Artefakten des Balkans. Besonders die Arsenwerte der sich ähnlichen Cluster 2 und 3 variieren.

*early*=Vinča-Pločnik IIA oder früher, *intermediate*=Bodrogkeresztúr/Bubanj Hum Ia, *late*=Baden-Kostolac oder später. Cluster 2 und 3 enthalten mehrheitlich Artefakte Zuweisung Bodrogkeresztúr und Bubanj Hum Ia (Pernicka u. a. 1993, 13 Fig. 3; 14 Fig. 4; 15 Table 4; 16f.).



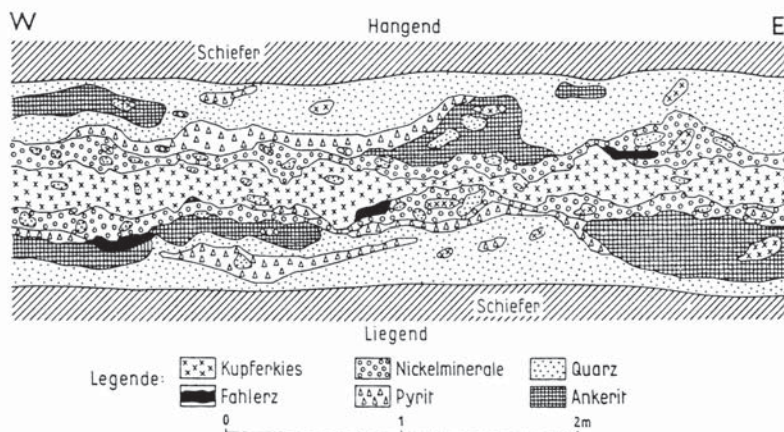


Abb. 1

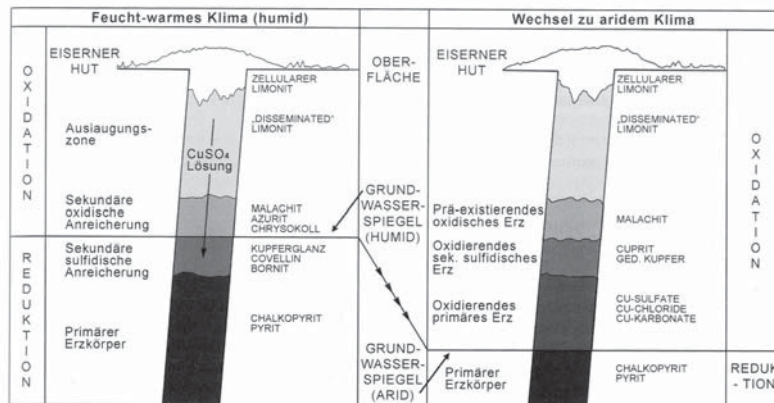


Abb. 2

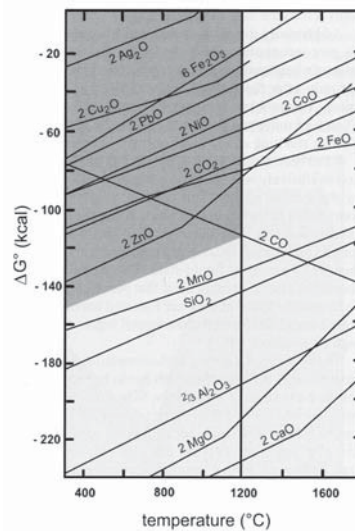


Abb. 3

Abb. 1 Beispiel einer Mineralassoziation am Beispiel des Mitterberger Hauptganges (Pernicka 1990).  
 Abb. 2 Schema der sekundären Zonierung sulfidischer Erzlagerstätten (Strahm – Hauptmann 2009).  
 Abb. 3 Freie Enthalpie (Gibbs-Energie;  $\Delta G^\circ$ ) von Oxiden in Abhängigkeit der Temperatur. Durch die in der Urgeschichte maximal erreichbaren Temperaturen von etwa  $1200^\circ\text{C}$  und dem Schnittpunkt der Reaktion  $2\text{C} + \text{O}_2 > 2\text{CO}$  ergibt sich der Bereich (dunkel schraffiert), in dem Oxide zu Metall reduziert werden konnten. Darunter wirken die Oxide ggfs. als Schlackenbildner (Hauptmann 2007b, 23 Fig. 2.4; Hauptmann 2000, 22 Abb. 5 mit Bildunterschrift).

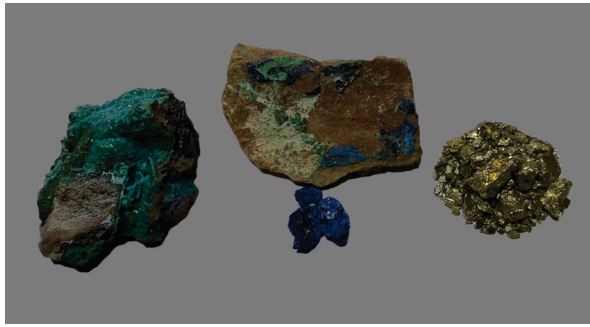


Abb. 1

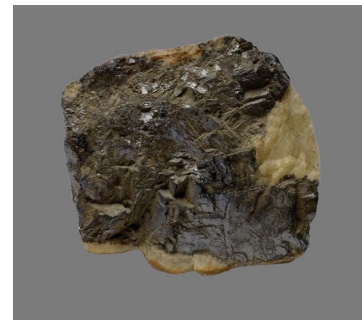


Abb. 2

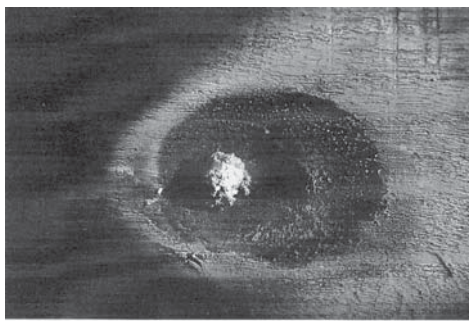


Abb. 3

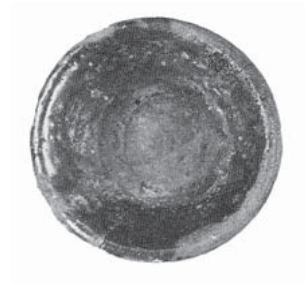


Abb. 4



Abb. 5

Abb. 1 Kupfererze (von links nach rechts): Chrysokoll, Azurit (mit Malachit) und Chalkopyrit. - Abb. 2 Bleiglanz. - Abb. 3 Schmelzperle von Silber („argentum pustulatum“). - Abb. 4 Flaches Probiertiegelchen (Kupelle) aus dem späten 16. Jh. n. Chr. (Österreich). Zum Testen des Silbergehaltes. Man beachte die flache Form (Dm knapp 7 cm). - Abb. 5 Experimentelle Verhüttung (Zinn) im Tiegel mittels Belüftung durch Blasrohr.

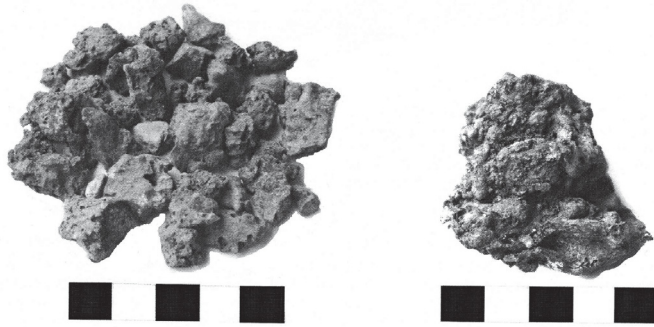


Abb. 1

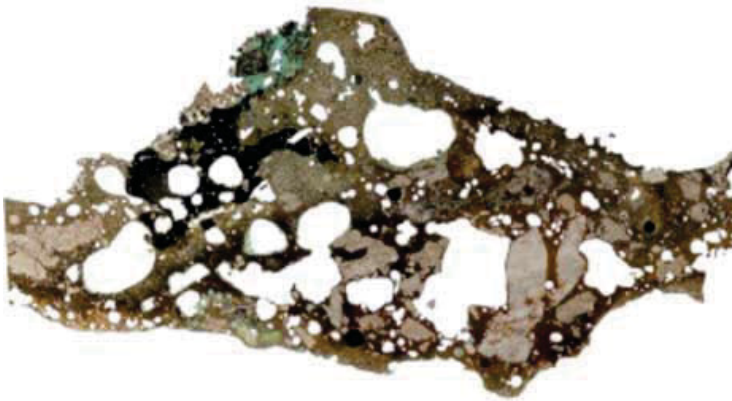


Abb. 2

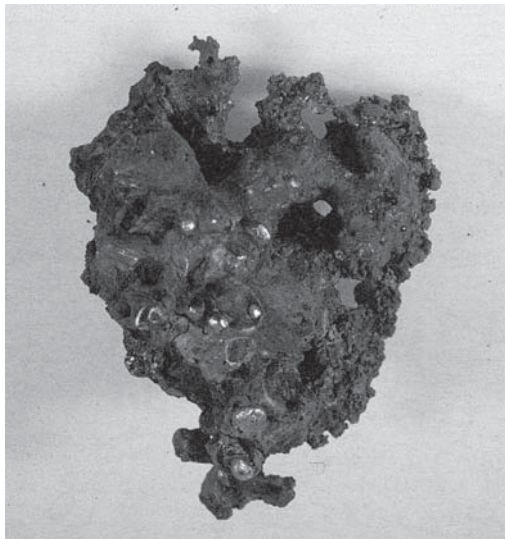


Abb. 3



Abb. 4

Abb. 1 Neolithische Schlacken aus Brixlegg – Mariahilfberggl. Mehrzahl der Schlacken zerschlagen (links), zwei größere stark metallhaltige Schlacken (vgl. Schlacke BRX 1 rechts). Maßstab = 5 cm (Bartelheim u. a. 2002).

Abb. 2 Brixlegg: Schnitt durch Schlacke BRX 1 mit blasiger Struktur ehemals flüssiger Matrix mit Blasen-  
hohlräumen, zahlreichen Quarzrelikten und Metalleinschlüssen unterschiedlicher Zusammensetzung.  
Abbildungsausschnitt von 35 mm Breite (Höppner u. a. 2005; Bartelheim u. a. 2002).

Abb. 3 Schlacke mit *prills* aus einem 10 minütigen Verhüttungsversuch (Palmieri u. a. 1993).

Abb. 4 *Prills* und ungeschmolzene Gangart aus einem Verhüttungsversuch bei 1050 °C (Lorenzen 1965).

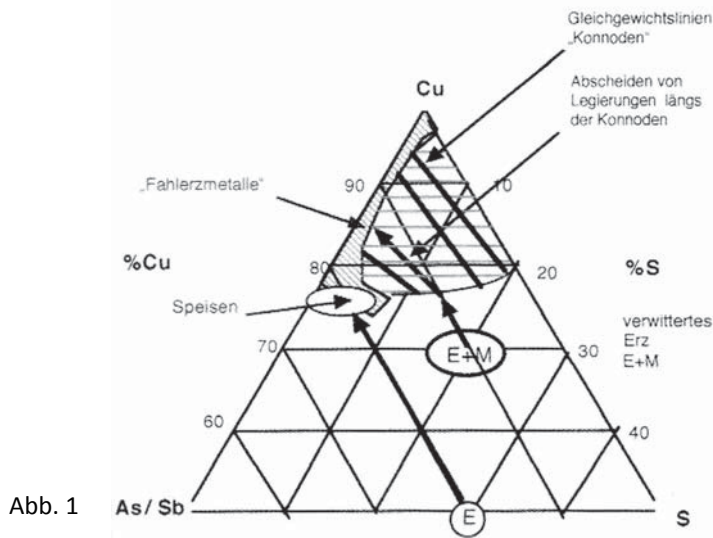


Abb. 1

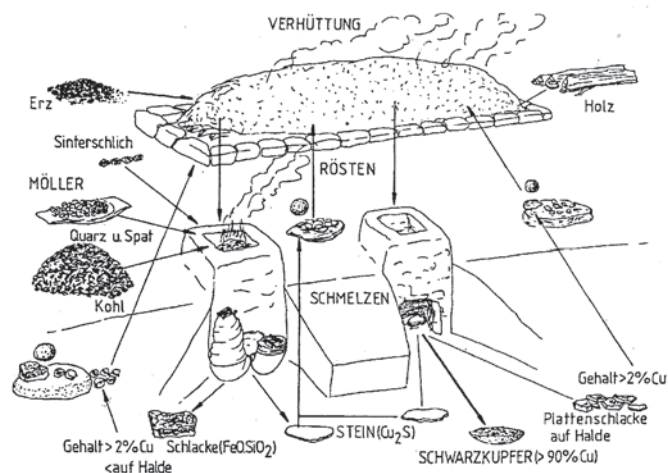


Abb. 2

Abb. 1 Schematisches Phasendiagramm des Systems Cu – S – As,Sb. Zu sehen sind die Fahlerzmetalle (Arsen-/Antimonmangellegierungen), die Mischungslücke, Speisen und auf der rechten Seite die Sulfidphasen. E = Enargit ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ; ca. 48 Gew.% Cu; 32 Gew.% S; ca. 20 Gew.% As), E + M = verwittertes Enargit mit einem Anteil Malachit (Moesta 2004, 270f. Abb. 1 [mit Abbildungsunterschrift] nach Lesniak 1991; vgl. Lesniak 1991, Kap. 5-6).

Abb. 2 „Maximales“ Schema zur Verhüttung von Kupfersulfiden in einem Schachtofen am Beispiel von Chalkopyrit (Kupferkies) (Eibner 1993).

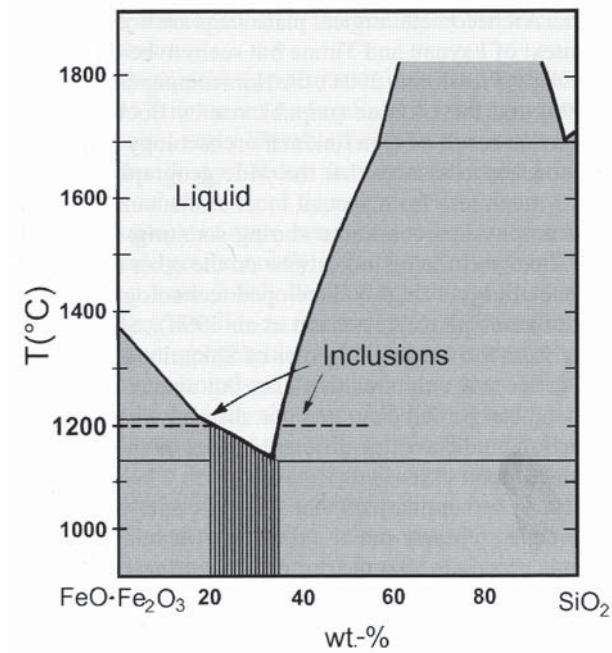


Abb. 1

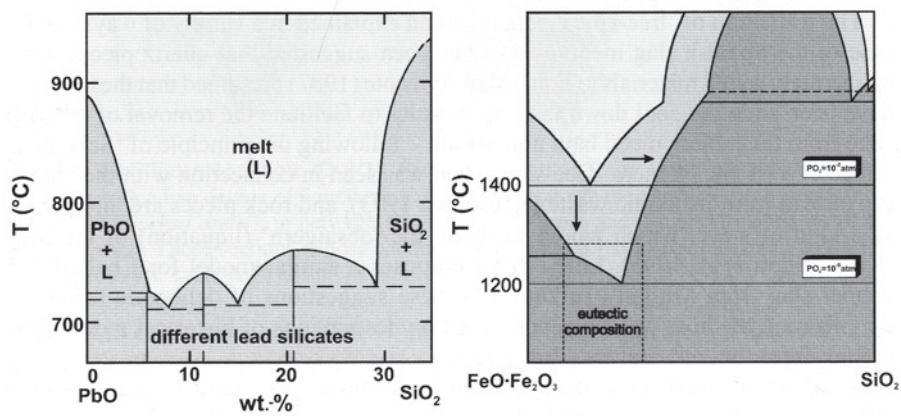


Abb. 2

Abb. 1 Bildung von Fayalit im System Fe-Oxid – SiO<sub>2</sub>: Im schraffierten Bereich kann eine eisenreiche Charge bei 1200 °C verflüssigt werden (Hauptmann 2007b).

Abb. 2 Fähigkeit zur Schmelzbildung von Schlacken in Abhängigkeit von Temperatur, Zusammensetzung und Sauerstoffpartialdruck. Bereits geringe Gehalte an PbO erlauben im System SiO<sub>2</sub>–PbO eine Schmelzbildung. Im System SiO<sub>2</sub>–FeO sind besonders bei oxidierenden Bedingungen höhere Eisengehalte notwendig (Hauptmann 2007b, 168 Fig. 6.6 [mit Abbildungsunterschrift]).

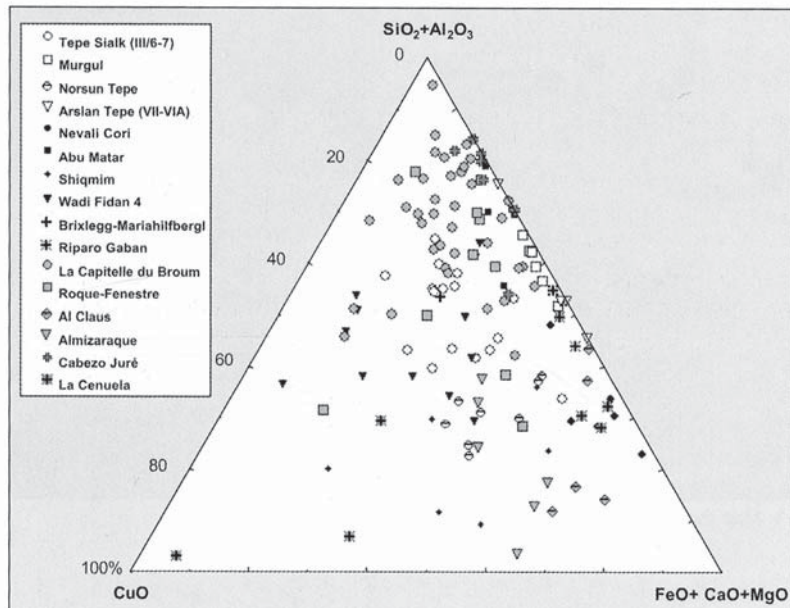


Abb. 1

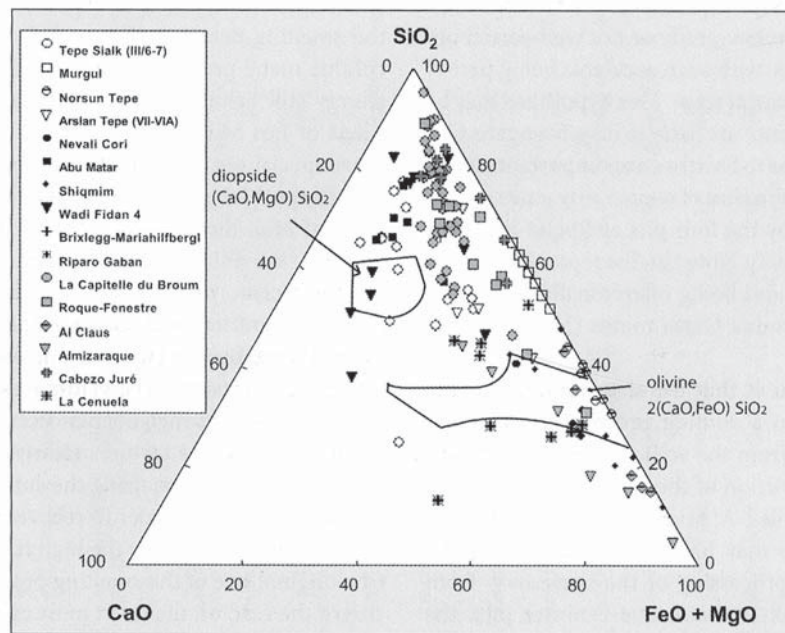


Abb. 2

Abb. 1 Chemische Pauschalzusammensetzung von Schlacken zahlreicher chalkolithischer Fundorte in Gew.% im Stoffsystem  $\text{CuO}-(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)-(\text{FeO}+\text{CaO}+\text{MgO})$ . Auffallend sind die hohen Kupferrestgehalte. Während das Kupfer in verschiedener Form vorliegen kann, sind die Gehalte als  $\text{CuO}$  berechnet (Bourgarit 2007, 6 Figure 2).

Abb. 2 Chemische Pauschalzusammensetzung von Schlacken zahlreicher chalkolithischer Fundorte in Gew.% im Stoffsystem  $\text{CaO}-\text{SiO}_2-(\text{FeO}+\text{MgO})$ . Eingezeichnet sind das Diopsid-Feld (Klinopyroxene) des Systems  $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{MgO}$  und das Olivin-Feld des Systems  $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{FeO}$ , die die niedrigschmelzenden Bereiche angeben. Die meisten Schlacken befinden sich weit von diesen Feldern entfernt und zeigen hohe  $\text{SiO}_2$ -Gehalte. Die zur Schlackenbildung tatsächlich verfügbare Menge an zweiwertigem Eisen ist geringer als ausgegeben, da (sie teilweise als) Magnetit vorliegt (Bourgarit 2007, 6 Figure 3).

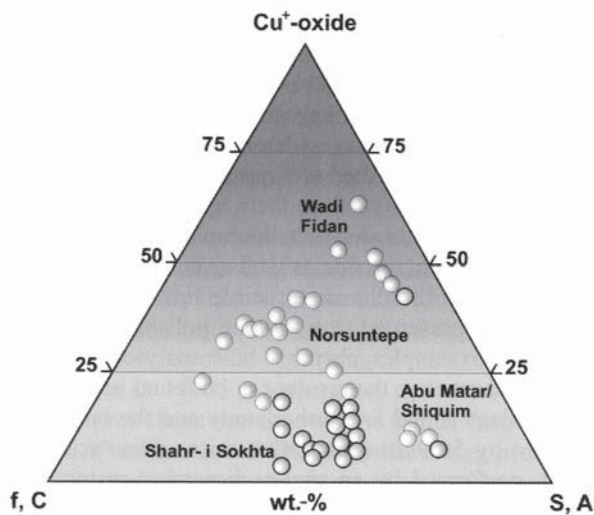


Abb. 1



Abb. 2

Abb. 1 Chemische Zusammensetzung von chalkolithischen Schlacken (Wadi Fidan/Jordanien, Abu Matar/Israel, Norsuntepe/Türkei) und frühbronzezeitlichen Schlacken (Shahr-i Sokhta/Iran) im Stoffsystem Cu+-Oxid-(f, C)-(S, A). Die Kupfergehalte der Schlacken nehmen vom Chalkolithikum zur Frühbronzezeit hin ab, die Eisengehalte dagegen zu. Das Kupfer liegt als Metall, Cu<sub>2</sub>O und Cu-Sulfid vor. f=Fe-Oxid (als FeO)+MnO+MgO, C=CaO, S=SiO<sub>2</sub>, A=Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Original in Farbe, Hauptmann 2007b, 160 Fig. 6.1; Vgl. Hauptmann 2000, 103 Abb. 73; Hauptmann 2007a, 124 Abb. 5).

Abb. 2 Verbreitung von Schlacken sowie deren Zusammensetzung und Erzbasis (der Studie von Bourgarit 2007).

Site	Region/ district	Site status Phase (1)	Date (BC)	Smelted ore (2)	Slag type (3)	Recovered state of slag (4)	Total weight (number) of slags recovered (5)	Slag size or layer thickness (cm)	Slag weight (g)	Number of slags investigated	Slag mineralogy (6)	Major elements in the slags	CuO in slag (wt%)	Smelting reactor	Tuyere/ blowpipe nozzle	Reference
Tepe Saik (III/6-7)	Iran	U	3700- 3500	M?	S	F	×00 g	nut	?	16	PMS	AlSiCaFe	6-30	?	-	Schreiner <i>et al.</i> 2003
Murgul mining district (5 sites)	Eastern Anatolia	W	Late Chalcolithic/ EBA-IA	M?	S	C	10-50 t	15-20	1500- 3000	7	FS	SiFe	1-3	?	-	Lutz 1990; Lutz <i>et al.</i> 1994; Hauptmann <i>et al.</i> 1993
Norsun Tepe (level?)	Eastern Anatolia	U	Late Chalcolithic	M?	L+S	F	1.5 kg (50)	nut to 8	?	8	MCD	SiFe	12-33	crucible	-	Hauptmann <i>et al.</i> 1993
Arslan Tepe (VII-VIA)	Eastern Anatolia	U	Late Chalcolithic/ EBA-IA	O	S	F	?	1-8	5-150	3+1	PMFeSp	AlSiCaFePb	0.8	crucible?	?	Palmeri <i>et al.</i> 1999; Hess 1998
Nevali Cori	Eastern Anatolia	U	EBA-1	M?	S	E	10 kg	10	150-250		FPMS	AlSiCaFe	1-3	crucible	?	Hauptmann <i>et al.</i> 1993
Abu Matar	Beersheva valley	U	Late Chalcolithic	M	L+S	F	2 kg	1-4	1	24+23	FMCDs	AlSiCaFe	1-10	furnace	T?	Shugar 2000, 2003
Shiqmin	Beersheva valley	U	Late Chalcolithic	M?	S+L	F	(28)	1-3	?	8	FMCDs	SiCaFe	13-40	furnace	-	Shaiev and Northover 1987; Golden <i>et al.</i> 2001
Timna sites 39 a + b	Western Arabab	W	Late Chalcolithic / EBA?	O	S	F	×0 kg	1-5	?	21+2+1	EM	SiFe	16	furnace	-	Lupu 1970; Bachmann 1978, 1980; Rothenberg 1990; Merkel and Rothenberg 1999
Feinan, Wadi Fidan 4	Eastern Arabab	PS	EBA-1	M?	S	F	(1 hand)	nut	×0	33	PMCDs	SiFe+MgSiCa	13-60	crucible	-	Hauptmann <i>et al.</i> 1996; Hauptmann 2000
Dolnoslav	Bulgaria	PS	Late Eneolithic	M	L	F	(1)	1	-	1	MFCOS	AlSiCaFe	?	crucible	-	Ryndina <i>et al.</i> 1999
Brixlegg- Mariabühlberg	Northern Tiro	PS	Late Neolithic	M	S	F	250 g	1-6	?	6	PCS	MgSiCaFe	?	?	B	Bartelheim <i>et al.</i> 2002; Huijsman <i>et al.</i> 2004
Milland	Trentino/ Alto Adige	?	Late Eneolithic	S	S	C+F	×0 kg	5-15	?	20	FMS	?	few	?	B	Dal Ri <i>et al.</i> 2005; Artoli <i>et al.</i> 2005; Colpani <i>et al.</i> in prep.
Riparo Gaban	Trentino	PS?	Late Eneolithic	S	S	C+F	(few)	4-20	?	12+	FOIMS	MgSiCaFeZn	2-3	?	-	Pecini 1992; D'Amico <i>et al.</i> 1997; Anguilano <i>et al.</i> 2002; Colpani <i>et al.</i> in prep.
La Capitelle du Broum	Cabrières, Heraut	SS	Late Neolithic	M	S	F	644 g (51.4)	1-5	1	77	P(O)MCS	AlMgSiCaFe	2-30	furnace	--	Ambert <i>et al.</i> 2002, 2005; Bourgarit and Mille 2005; Bourgarit <i>et al.</i> 2003
Roque-Festres	Cabrières, Heraut	W	Late Neolithic	M	S	F	50 g	1-5	1	8	PMCS	AlMgSiCaFe	6-30	?	-	Esperou 1993; Bourgarit and Mille 1997
Al Claus	Tarn et Garonne	PS	Late Neolithic	S	L	F	30 g	2	1	5	FMS	SiFe	1-23	vase	T?	Carozza <i>et al.</i> 1997
Los Millares	Almeria	PS	Chalcolithic	O	L	F	(hundreds)	0.1-0.3	?	25	MCDSSp	SiCaFe	?	vase	-	Hook <i>et al.</i> 1991; Keesmann and Onorato 1999
Almizaraque	Almeria	PS	Chalcolithic	O	L+S	F	10 kg	1-2	?	10	PMCDSp	MgSiCaFe	20-50	vase	-	Schubart 1988-90; Delibes <i>et al.</i> 1996; Rovira Llorens 2002; Müller 2002; Müller <i>et al.</i> 2004a, 2004b
Cabezo Juré	Huelva	SS	Chalcolithic	O	L+S	C+F	10 kg	?	10-1000	?	PP(F)MCDs	AlSiCaFe	0.1-10	furnace	T	Saez <i>et al.</i> 2003; Nocete <i>et al.</i> 2005; Nocete 2006
La Ceñuela	Murcia	PS	Chalcolithic	S	L	F	?	?	?	10	SF?	AlSiCaFe	5-85	vase	-	Rovira Llorens 2002

Abb. 1

Abb. 1 Tabelle früher Schlacken von Bourgarit (2007, 4 Table 1 [mit Bildunterschrift]). Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass es sich in allen Fällen um sog. *furnace slag* (im Gegensatz zu Fließschlacke) handelt. Dies steht in Einklang mit den Charakteristika früher Schlacken (Heterogenität, Relikte usw.).



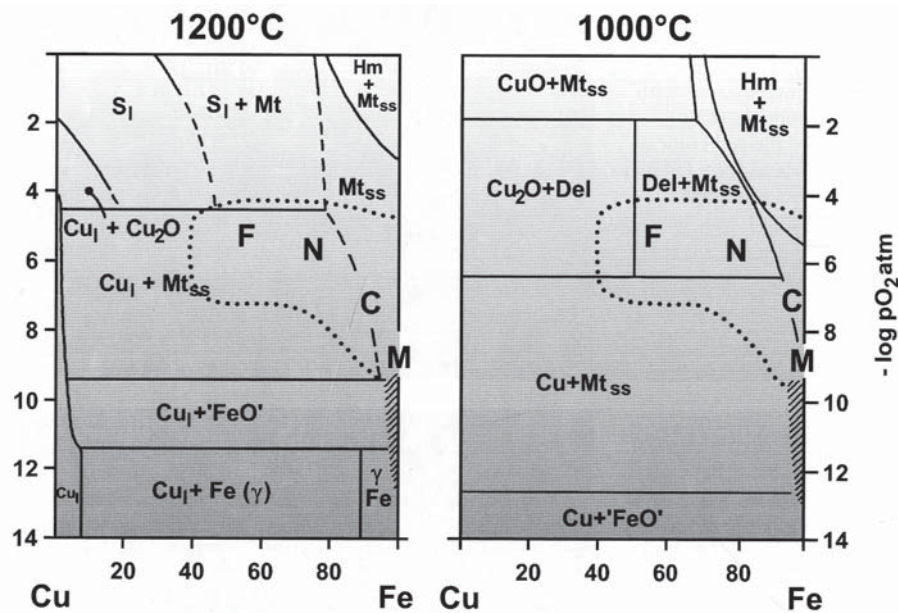


Abb. 1

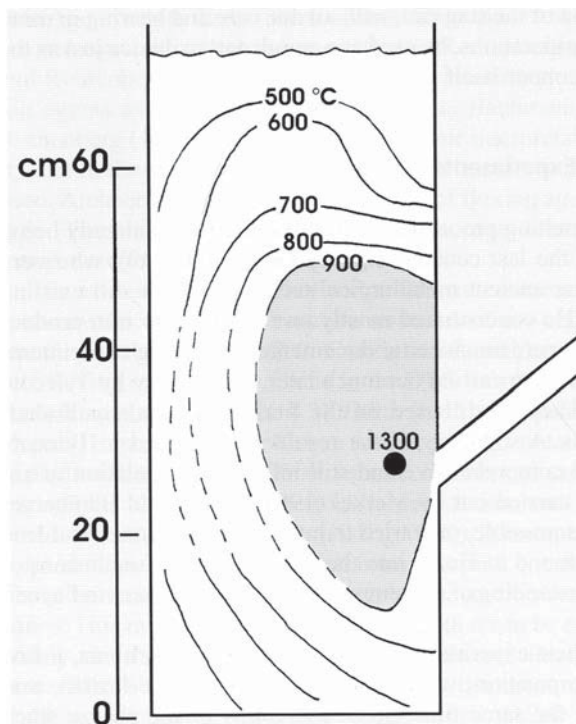


Abb. 2

Abb. 1  $p_{O_2}/T$ -Diagramm des Systems Cu–Fe–O. Die Temperaturen sind in isothermen Schnitten bei 1200 °C und 1000 °C aufgetragen. Die Bereiche geben die geschätzten Bildungsbereiche, abgeleitet aus der Abschätzung der Liquidustemperaturen und aus dem Gefügebestand, an: Chalkolithische Schlacken: F=Wadi Fidan 4, N=Norşuntepe, M=Murgul. Bronzezeitliche Schlacken: C=Nevalı Çori. Zum Vergleich Schlacken späterer Zeitstellung des 1. Jt. v. Chr.: schraffiertes Feld; S=Schlacke, Mt=Magnetit, Hm=Hämatit, Del=Delafossit (Hauptmann 2007b, 226 Fig. 7.8).

Abb. 2 Schema der Temperaturverteilung in einem Schachtofen. Laufschlacken können sich nur im Bereich der Tuyères bilden (Hauptmann 2007b).

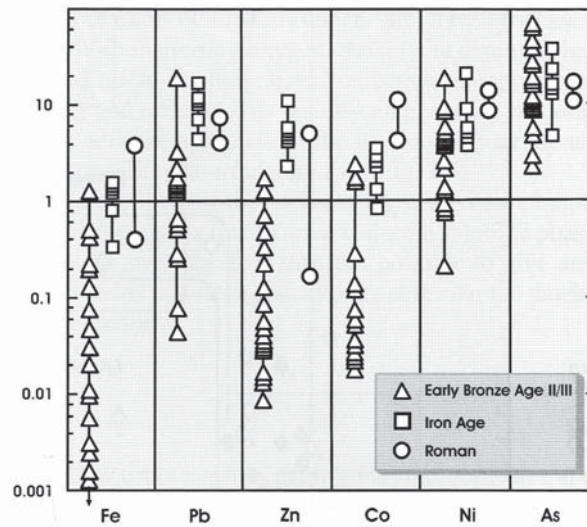


Abb. 1

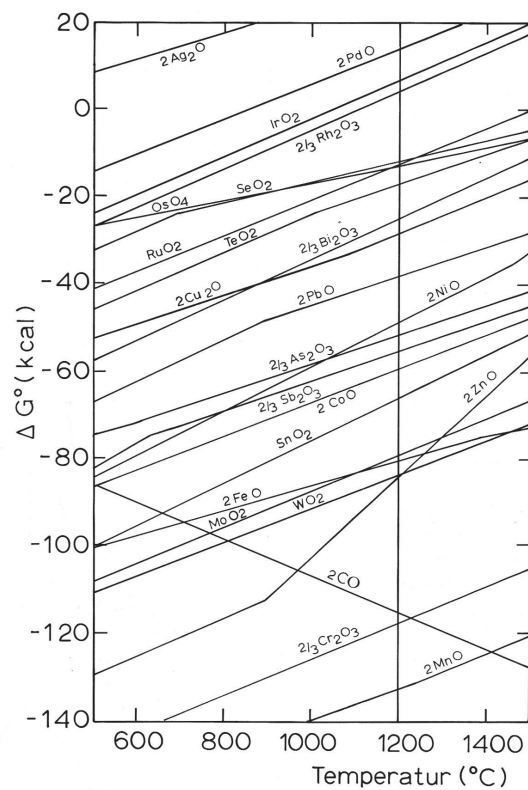


Abb. 2

Abb. 1 Verteilungskoeffizienten  $D_{Cu/S}$  von Spurenelementen zwischen Kupfer und Schlacke von Proben des Fenangebiets im diachronen Vergleich (Hauptmann 2007b).

Abb. 2 Freie Enthalpie (Gibbs-Energie;  $\Delta G^\circ$ ) von Oxiden in Abhängigkeit von der Temperatur (Pernicka 1987) (nach Daten von O. Kubaschewski – C. B. Alcock, Metallurgical Thermochemistry, Materials Science & Technology Monographs 24 5(Oxford 1979); vgl. auch Hauptmann 2000, 22 Abb. 5); Abbildung in Skalierung abgeändert.

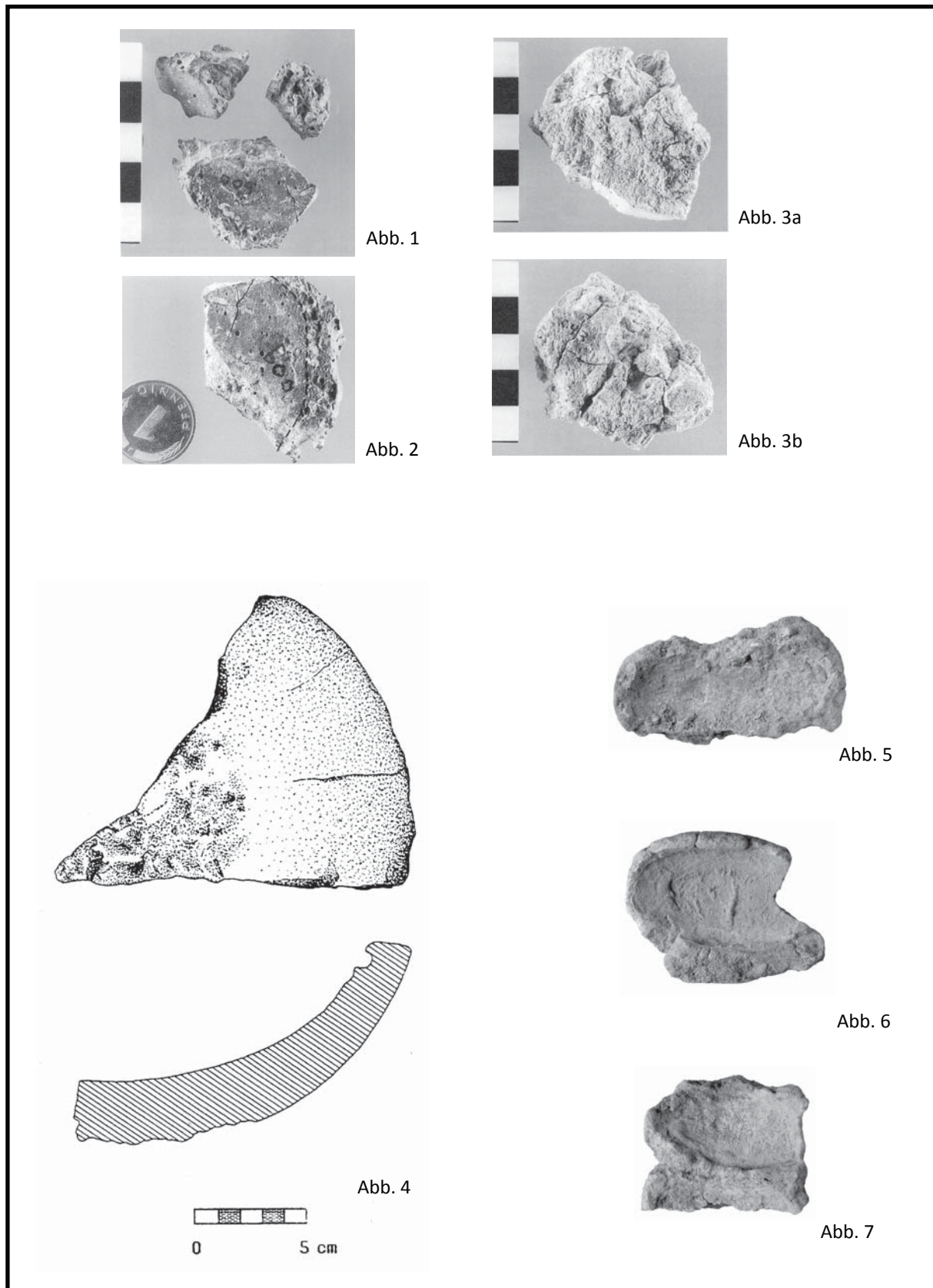


Abb. 1. Blei-Silberschlacke aus Fatmalı Kalecik (Kat. 28). - Abb. 2 Blei-Silberschlacke aus Fatmalı Kalecik (Kat. 28).  
 - Abb. 3a Fatmalı Kalecik (Kat. 28): Bleiglätte (Oberseite). - Abb. 3b Fatmalı Kalecik (Kat. 28): Bleiglätte  
 (Unterseite). - Abb. 4 Habuba Kabira-Süd (Kat. 34): Bleiglätte oder damit imprägniertes Tiegel- bzw. Herdausklei-  
 dungsfragment. - Abb. 5 Arisman (Kat. 39): Bleiglätte bzw. damit imprägnierte Kupelle. - Abb. 6 Arisman (Kat.  
 39): Bleiglätte bzw. damit imprägnierte Kupelle. - Abb. 7 Arisman (Kat. 39): Bleiglätte bzw. damit imprägnierte  
 Kupelle. - Abb. 1-4 vgl. Maßstab; 5-7 unmaßstäblich.



Abb. 1



Abb. 2

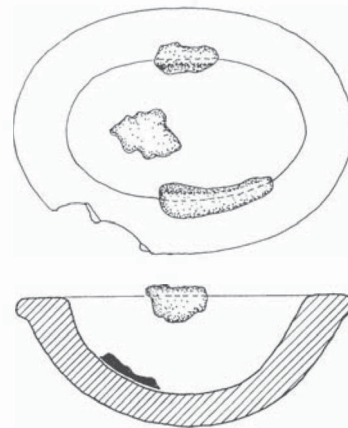


Abb. 3



Abb. 4

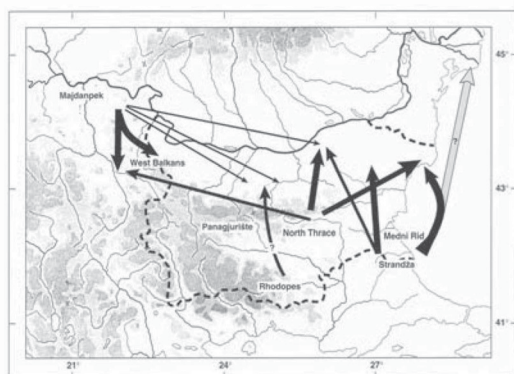
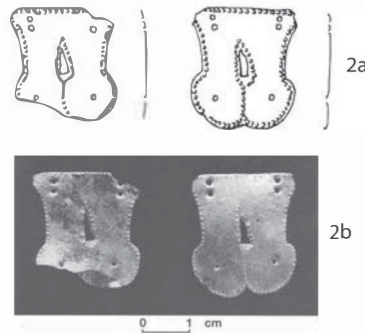


Abb. 5

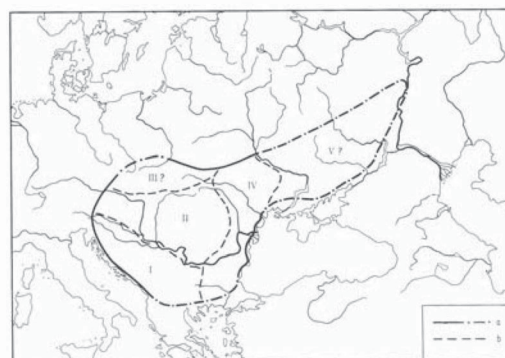


Abb. 6

Abb. 1 Sog. Kamin bzw. bodenloses Gefäß mit Handhabe aus Belovode. – Abb. 2 Rekonstruktionsvorschlag einer Verhüttung mit sog. Kamin (Šljivar 2006). – Abb. 3 Tiegel von Dolnoslav mit Schlackenanhäufungen. Ein Deckel wird erschlossen (Ryndina u. a. 1999). – Abb. 4 Funde von Tiszalúc-Sarkad (Kat. 7): 1 Grab B2; 2a silberne Blechanhänger (Umzeichnung); 2b silberne Blechanhänger; 1-2a unmaßstäblich; 2b vgl. Maßstab. – Vorschlag von Routen zur Kupferversorgung des Balkans in chalkolithischer und protobronzezeitlicher Zeit (Pernicka u. a. 1997). – Karpato-Balkanische Metallurgische Provinz (KBMP) von Chernyk (1992) mit Foci: I nördlicher Balkan, II Transilvanien, III Nördliche Karpaten (hypothetisch), IV Westliche Schwarzmeerregion, V Steppe (hypothetisch).

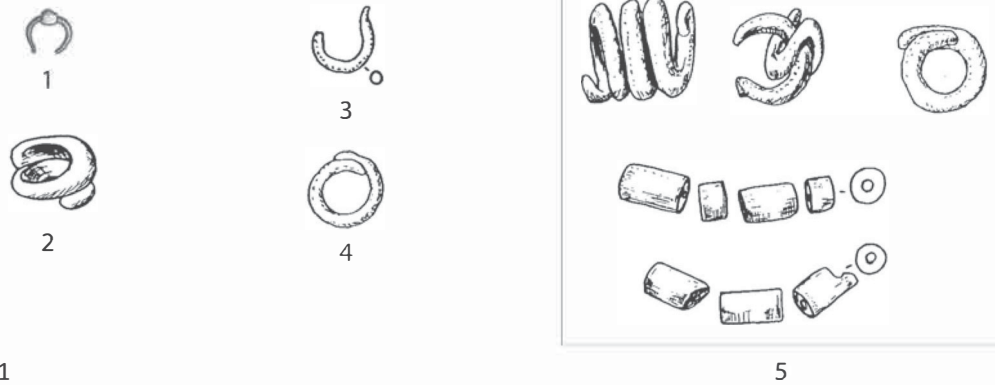
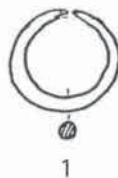
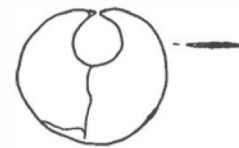


Abb. 1

Abb. 2

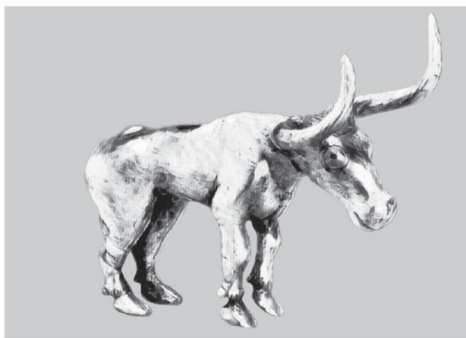


1



2

Abb. 3



1



2

Abb. 4

Abb.1 Silberfunde der Nordpontischen Steppen aus dem Bereich von Usatovo (Kat. 15): 1 Parcani 1: Silberring(fragment) mit „weißer“ Perle aus Kurgan 147 (Kat. 15,a); 2 Sucleia (Kat.15,b): silberner Lockenring aus Kurgan 3; 3 Usatovo (Kat. 15,c): silbernes Ringfragment aus Kurgangräberfeld 1 Kurgan 6 Zentralgrab; 4 Usatovo (Kat.15,c): silberner Ring aus Kurgangräberfeld 1 Kurgan 11 Grab 2; 5 Usatovo (Kat. 15,c): silberne Spiralringe und silberne Perlen aus Kurgangräberfeld 1 Kurgan 13 Zentralgrab; 1-5 unmaßstäblich. - Abb. 2 Truşeşti (Kat.12): Anhänger/Idol (möglicherweise Silber); unmaßstäblich. - Abb. 3 Silberfunde aus den Nordpontischen Steppen (Kat.14.15,d): 1 Silberring aus Trapovka (vgl. Kat.14,c; Kat.15,d); 2 Schläfenanhänger aus Kovalevka (Kat. 14,d); 1-2 unmaßstäblich.- Abb.4 Majkop (Kat.17): 1 Rinderfigur aus Gold; 2 Rinderfigur aus Silber; 1-2 unmaßstäblich.

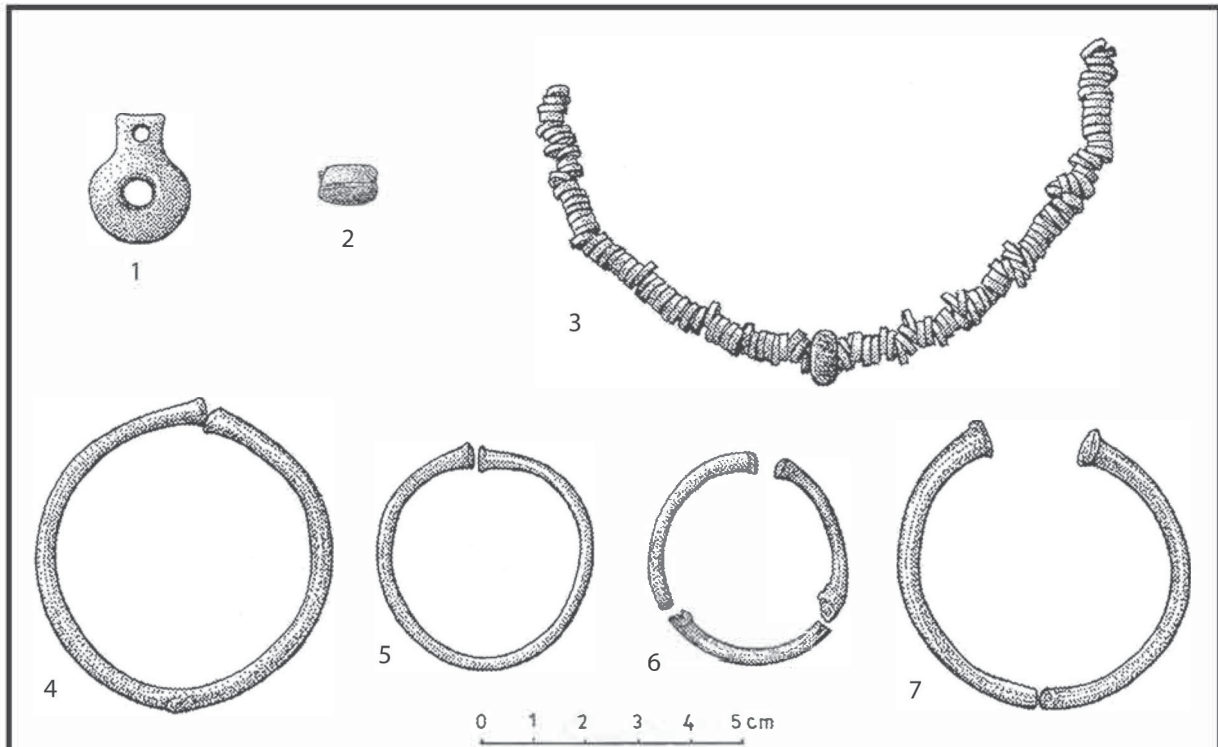


Abb. 1

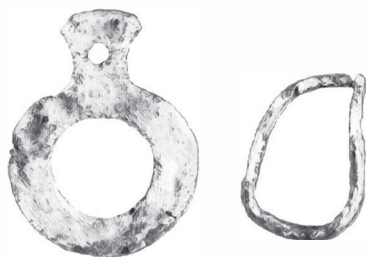


Abb. 2

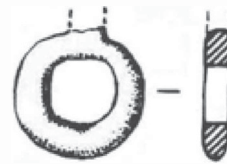


Abb. 3

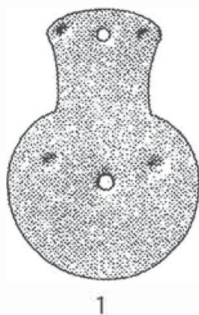
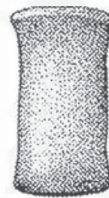
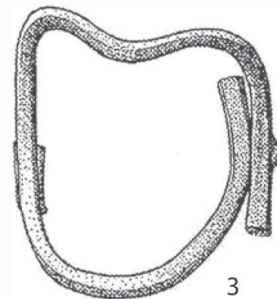


Abb. 4



2



3

Abb. 1 Silberfunde der Alepotrypa-Höhle (Kat. 8): 1 Ringanhänger; 2 zylindrische Perle; 3 eine ringförmige und 168 kleinere scheibenförmige Perlen einer Kette; 4, 7 ein Paar größere Ringe (mit stempelförmigen Enden); 5-6 ein Paar kleine Ringe (mit stempelförmigen Enden); 1-7 vgl. Maßstab.

Abb. 2 Silberfunde aus der „Höhle des Euripides“ (Kat. 9): Ringanhänger und Drahring; unmaßstäblich.

Abb. 3 Sog. Ringanhänger aus Emporio auf Chios aus SbAs-Kupfer.

Abb. 4 Silberfunde vom Felsspalt vor der Eileithya-Höhle (Kat. 10): 1 Ringanhänger; 2 spulenförmiges Objekt („Röhrenperle“); 3 Drahring; 1-3 unmaßstäblich.

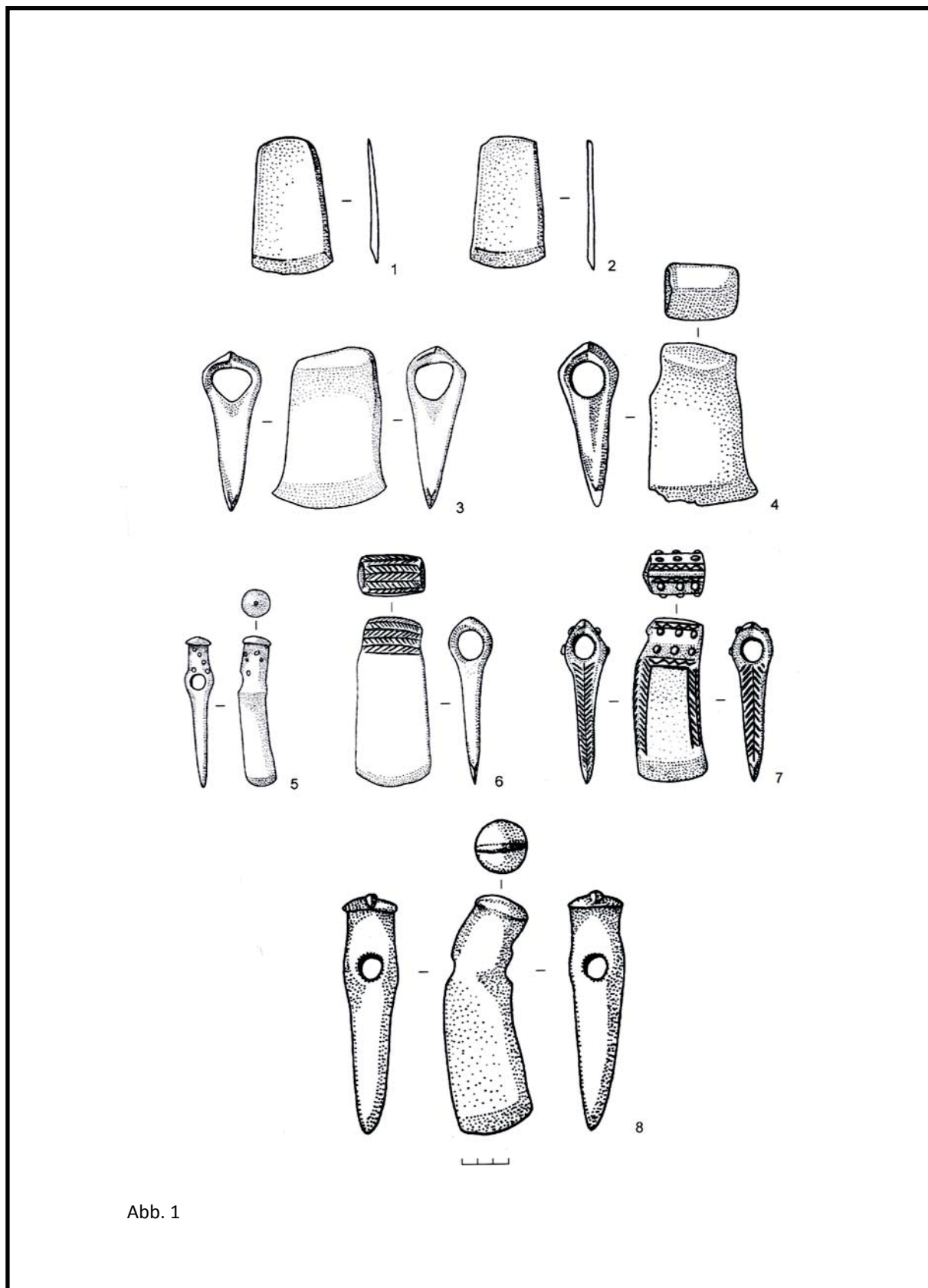


Abb. 1

Abb. 1 Äxte und Beile aus dem Grab 5 Kurgan 31 von Klady. Stück Nr. 5 enthält 30 % Blei und trägt Silberauflagen.



Abb. 1

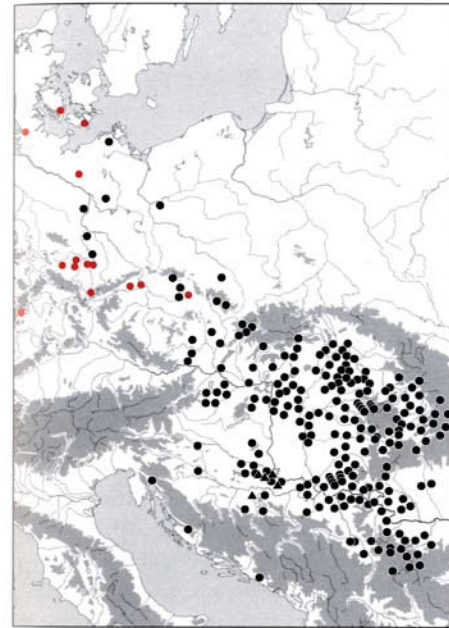


Abb. 4

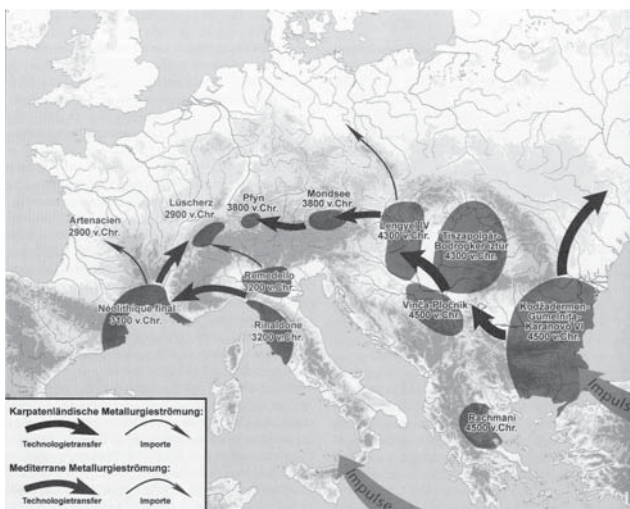


Abb. 2

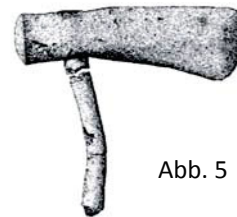


Abb. 5

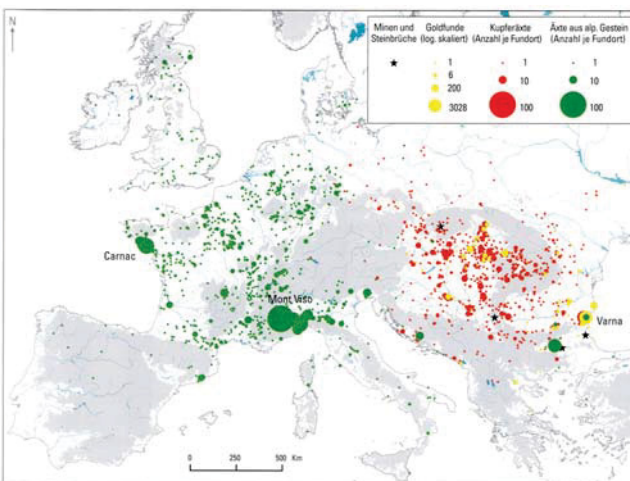


Abb. 3

Abb. 1 Schema zur Ausbreitung der Metallurgie (nach Strahm, Klassen und Matuschik 1997).

Abb. 2 Schema zur Ausbreitung der Metallurgie (Strahm – Hauptmann 2009).

Abb. 3 Verbreitung von Jadeitbeilen vor allem in Westeuropa sowie Kupfer- und Goldartefakten hauptsächlich in Osteuropa (2. H. 5. Jt und frühes 4. Jt. v. Chr., Pétrequin u. a. 2010).

Abb. 4 Verbreitung kreuzschneiderer Äxte des Typs Jászladany und Flachbeile des Typs Kaka (rote Punkte), teils aus Nógrádmarcfal-Kupfer (Strahm 2010). Meist Einzelfunde unklarer Datierung, wohl aber 2. H. 5. Jt. v. Chr.

Abb. 5 Axt aus Reiffenhausen; unmaßstäblich.



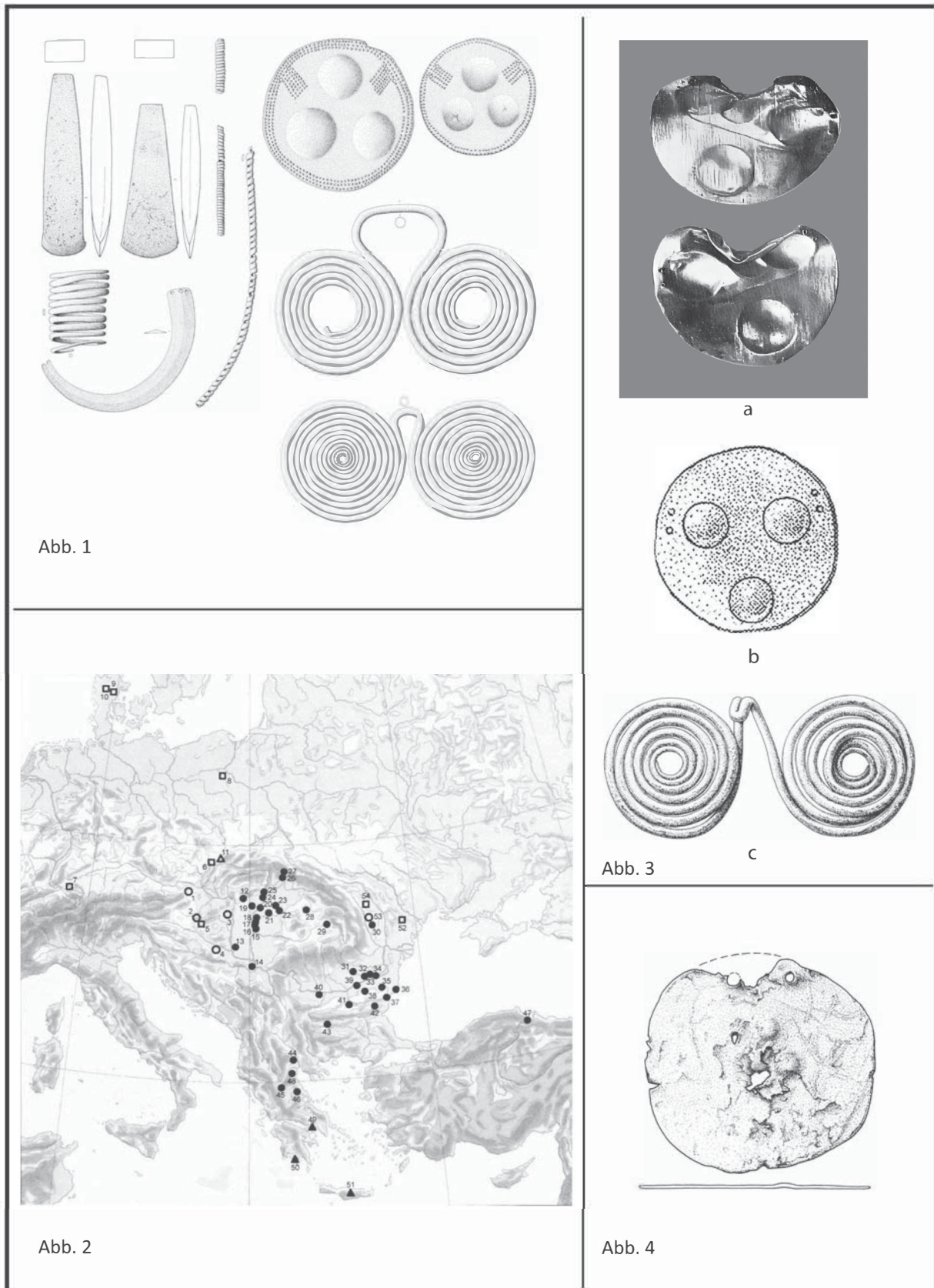


Abb. 1 Funde aus Stollhof mit eberzahnförmigem Zierblech und goldenen Buckelscheiben; unmaßstäblich. Abb. 2 Verbreitung von Buckelscheiben des Typs Stollhof-Csaford (offene Symbole: Kreis=Gold, Quadrat=Kupfer, Dreieck=Silber) und Ringanhängern (geschlossene Symbole: Kreis=Gold, Dreieck=Silber) (Virag 2010). Abb. 3 Funde aus Stramberk (Kat. 6): 3a Umzeichnung der Buckelscheibe (in unrestauriertem Zustand) (Silber); 3b Umzeichnung der Buckelscheibe; 3c Brillenspirale (Kupfer); 3a-c unmaßstäblich. Abb. 4 Buckelscheibe aus Hornstaad; unmaßstäblich.



Abb. 1

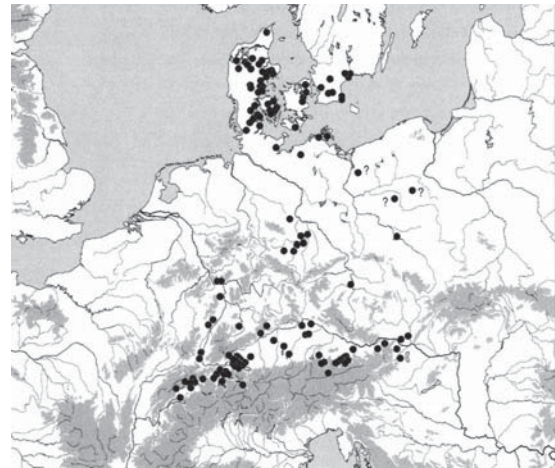


Abb. 2



Abb. 3

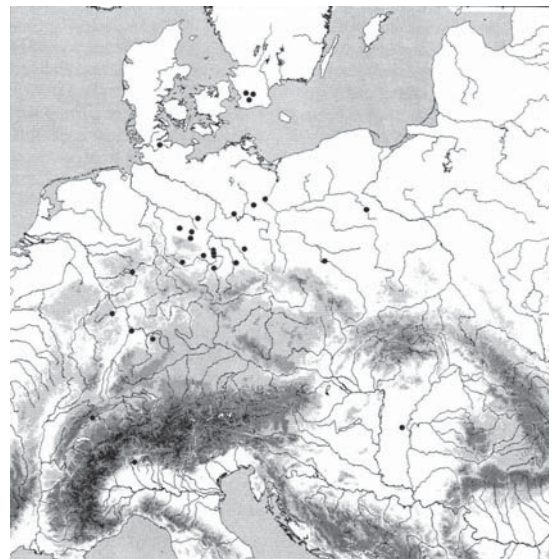


Abb. 4

Abb. 1 Verbreitung Arsenkupfer in jungneolithischen Artefakten (Krause 2003).

Abb. 2 Verbreitung Mondseckopper (Strahm 2010).

Abb. 3 Verbreitung Nogradmarcalkopper/Antimonkopper in jung- und spätneolithischen Artefakten (Krause 2003).

Abb. 4 Verbreitung Fahlerzkopper in jung- und spätneolithischen Artefakten (Cluster 2 mit Sb-Vormacht und Cluster 3 Klassisches Ösenringkopper Regionalstudie Aunjetitz, Krause 2003).

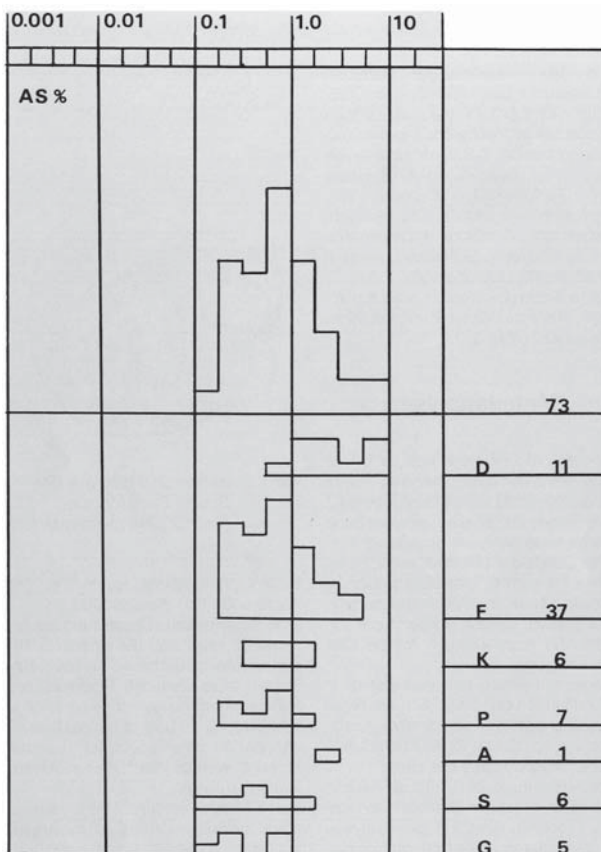


Abb. 1

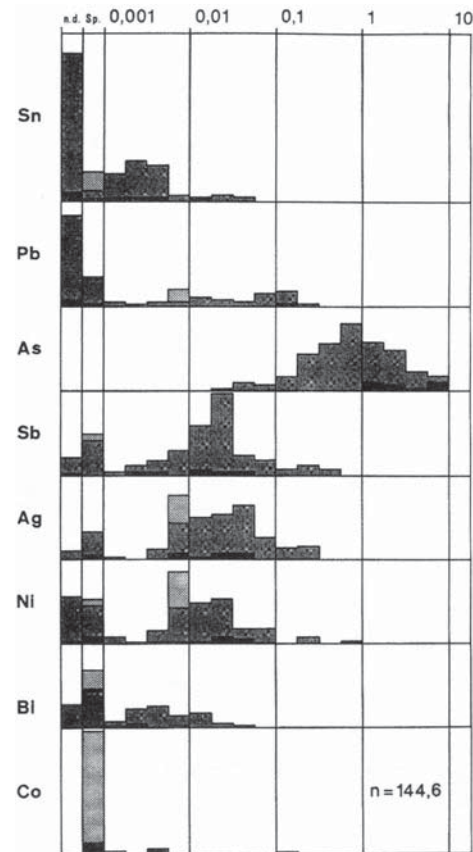


Abb. 2

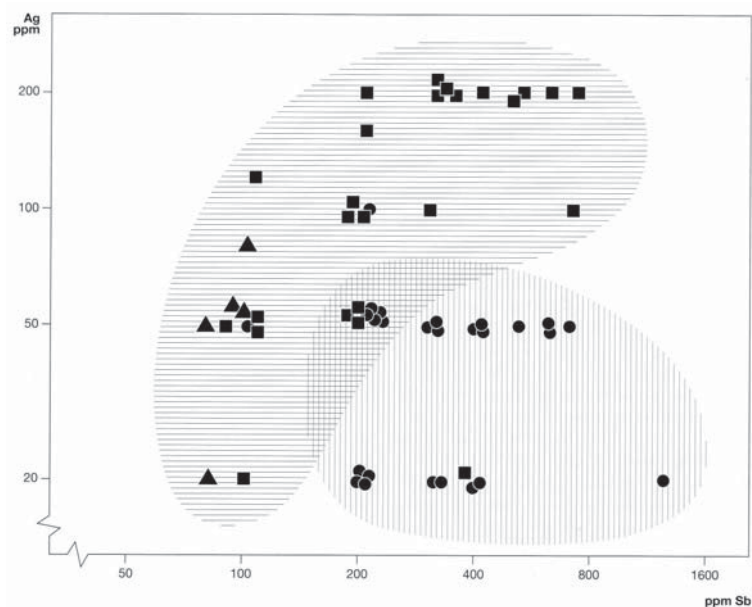


Abb. 3

Abb. 1 Waterbolckdiagramm mit logarithmischer Verteilung der Arsenwerte in % von nordalpinen Funden der Mondseegruppe (N 73) und nach Typen: D=Dolche, F=Flachbeile, K=Klingen, P=Pfrieme, A=Angelhaken, S=Spiralen, G=Gussreste.

Abb. 2 Waterbolckdiagramm mit logarithmischer Verteilung der Elemente des Kupfers vom Typ Mondsee nach Matuschik (1998). Hervorhebung der Dolche in schwarz.

Abb. 3 Silber- und Antimonwerte der Cluster 19-3 und 19-6 von Klassen 2000 – Kreis: südskandinavischer Fund, Quadrat: nordalpiner Fund, Dreieck: Fund aus Böhmen/Mähren. Skandinavische Funde liegen bis auf einen Überschneidungsbereich und wenige Ausnahmen getrennt. Zeilenartige Anordnung durch Transformation halbquantitativer Angaben „Spur“ und „<0,01 %“ in 20 bzw. 50 ppm.



Abb. 1

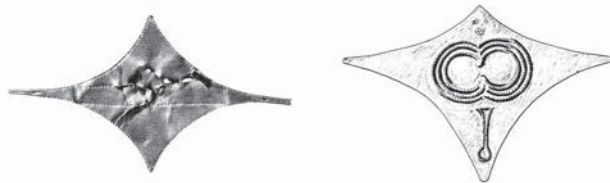


Abb. 2

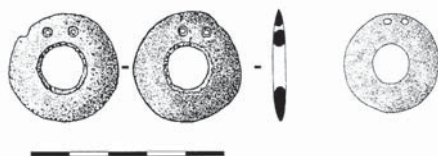


Abb. 3

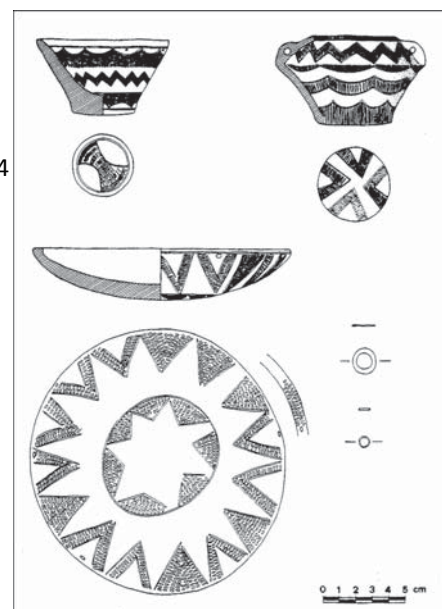


Abb. 4

Abb. 1 Ein Teil der Funde aus dem Grab von Pauilhac: Goldblechdiadem, Eberhauer, Silexklingen, eines von zwei großen Jadeitbeilen.

Abb. 2 Goldblechdiadem von Pauilhac (links) und Vergleich aus Moigrad in Rumänien (rechts).

Abb. 3 Hämatitanhänger von Renongar (links) und vergleichbarer Goldanhänger aus Hotnica in Bulgarien (rechts).

Abb. 4 Pranu Mutteddu (Kat. 58,c): Funde aus Grab V (rechts unterhalb der Mitte die silbernen Ringe); vgl. Maßstab.



Abb. 1



Abb. 2

Abb. 1 Tönerne Gussform für Ringidole aus Çamlıbel Tarlası III.

Abb. 2 Tiegelfragmente mit durchlochtem Standfuß aus Çamlıbel Tarlası IV.

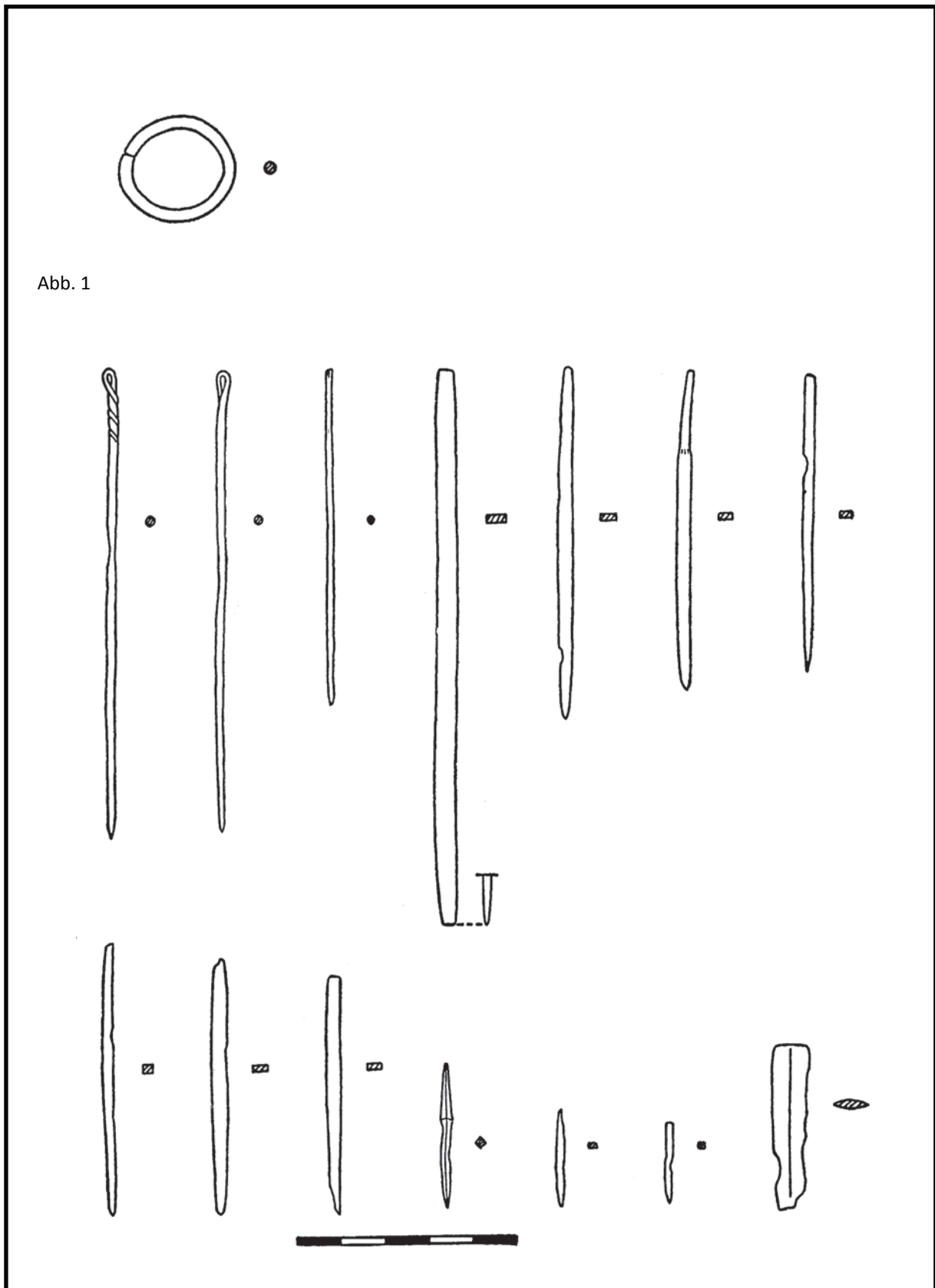


Abb. 1 Metallobjekte aus einem Hortfund von Beycesultan (Kat. 24): links oben der Silberring; vgl. Maßstab.

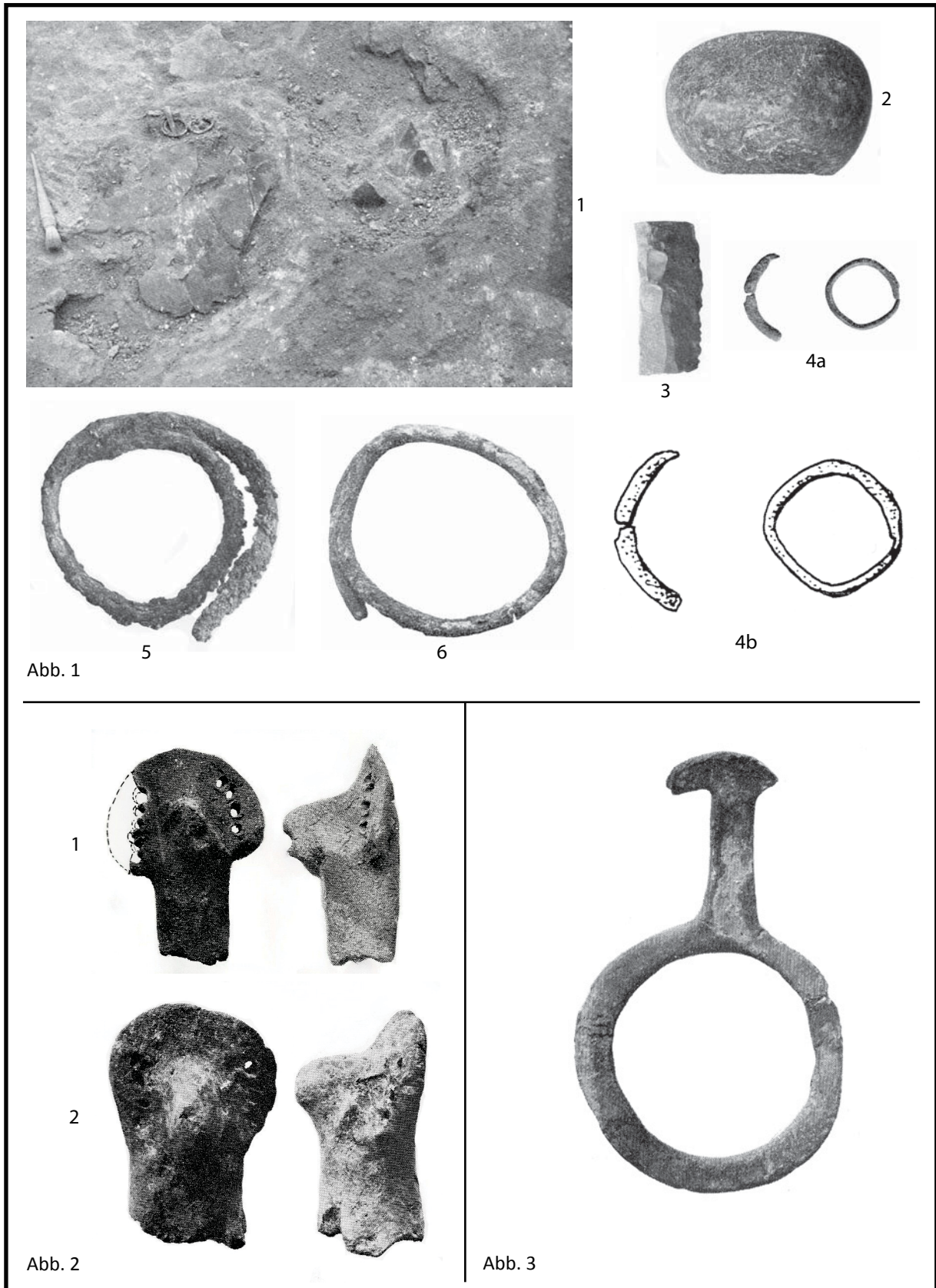


Abb. 1 Grab e X19 von Alişar Höyük (Kat. 23): 1 Bestattung; 2 Bruchstück eines Serpentinkeulenkopfes; 3 Flintklinge; 4a Bruchstücke eines Silberringes und Silberring; 4b Umzeichnung der Silberringe (vgl. 4a); 5-6 kupferne Armringe; 1-4a. 6 unmaßstäblich; 4b M 1:1.

Abb. 2 Alişar Höyük (Kat. 23): 1 Kopffragment einer Figurine aus Schicht Alişar 12M; 2 Kopffragment einer Figurine aus Schicht Alişar 14M; 1-2 unmaßstäblich.

Abb. 3 „Ringanhängerartiges“ Objekt aus Blei aus „Copper Age Zusammenhängen“ von Alişar Höyük (Kat 23); unmaßstäblich.

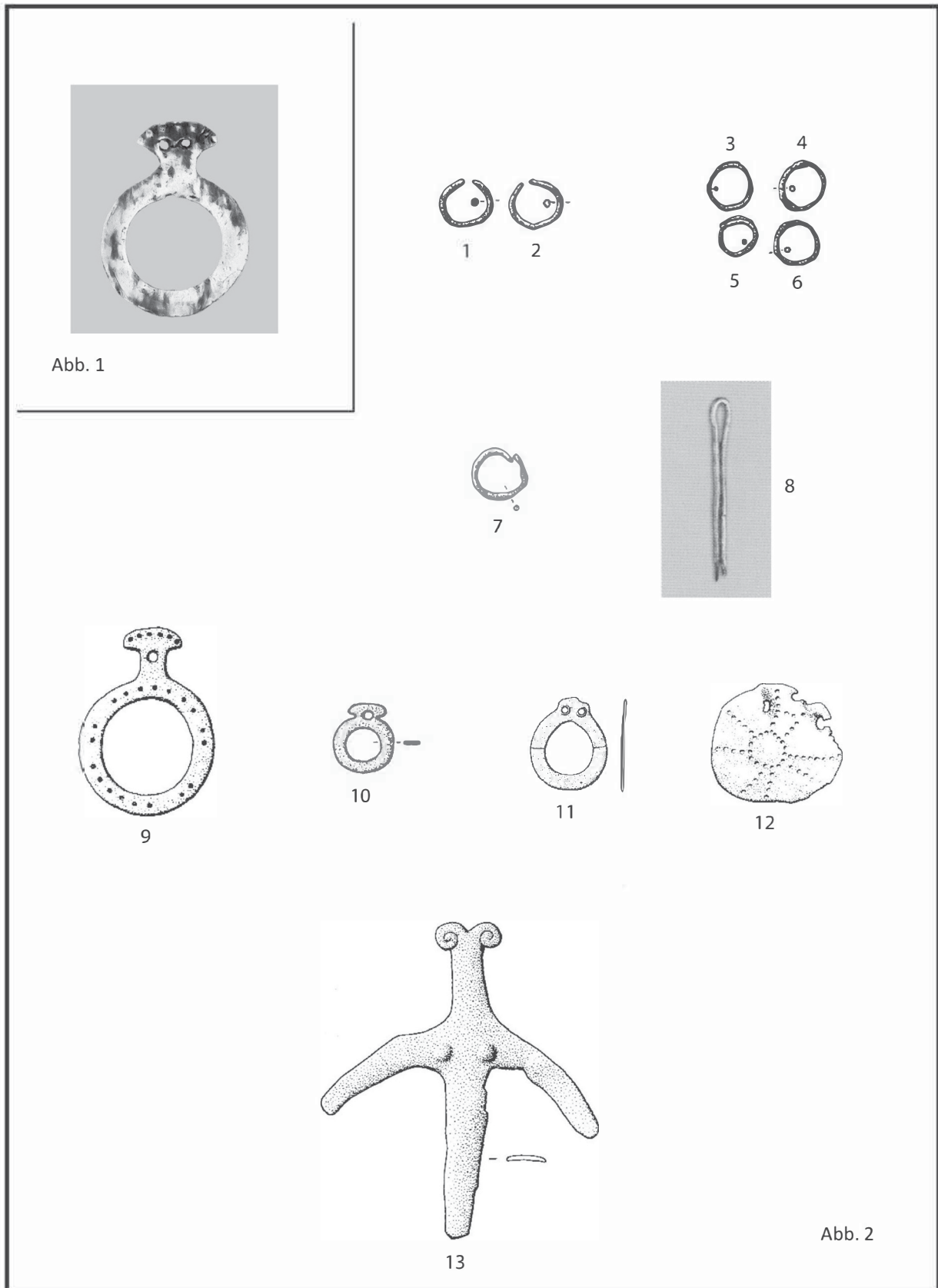


Abb. 1

Abb. 2

Abb. 1 Ringanhänger „von Göller“ (Kat. 25; Silber).

Abb. 2 Funde vom ikiztepe (Kat. 26): 1-6 Ohrringe aus Bestattung Sk. 572 (1-2. 5-6 Silber; 3-4 Kupfer; Kat. 26,a); 7 silberner Ohrring Bestattung Sk. 519 (Kat. 26,b); 8 silbernes Drahtstück („bobby pin“; Kat. 26,c); 9 Ringanhänger aus Bestattung Sk. 192 (Blei; Kat. 26,e); 10 Ringanhänger aus Bestattung Sk. 569 (Blei; Kat. 26,e); 11 Ringanhänger aus „Siedlungsschichten“ (Gold; Kat. 26,e); 12 Schmuckscheibe aus Bestattung Sk. 246 (Blei; Kat. 26,e); 13 anthropomorpher Anhänger aus Bestattung Sk. 41 (Kupfer; Kat. 26,e); 1-13 unmaßstäblich.





Abb. 1

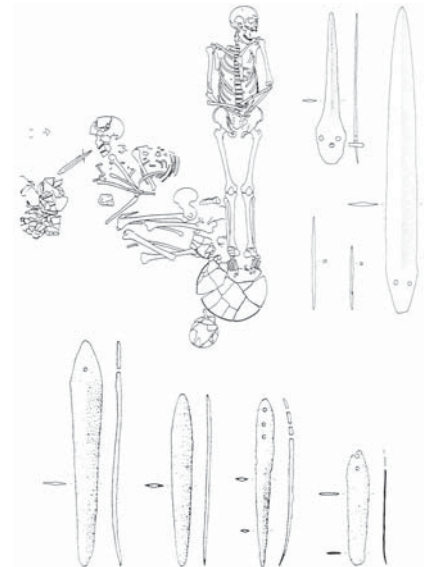


Abb. 2

	Cu	Sn	As	Sb	Co	Ni	Ag	Au	Fe	Zn	Se	Ir
Late Chalcolithic												
HDM 1382	100	<0.0040	2.17	0.0042	<0.0005	0.060	0.066	0.00239	<0.020	<0.00100	0.0049	<0.004
HDM 1386	95	<0.0085	7.42	0.0032	<0.0005	0.049	0.092	0.00343	<0.036	<0.00200	0.0044	<0.007
HDM 1387	99	<0.0110	2.50	0.0019	0.0023	0.018	0.060	0.00179	0.067	0.0063	0.00099	<0.011
HDM 1388	95	0.0063	6.20	0.0001	<0.0005	0.188	0.041	0.00058	<0.031	<0.00160	0.0030	0.020
HDM 1389	96	<0.0060	1.41	0.0053	<0.0005	0.030	0.106	0.00219	<0.027	<0.00150	0.0044	<0.006
HDM 1390	99	<0.0070	2.87	0.0171	<0.0005	0.045	0.071	0.00322	<0.030	<0.00160	0.0096	<0.006
HDM 1392	94	<0.0070	7.96	0.0012	0.0003	0.046	0.037	0.00184	0.132	<0.00200	0.00125	<0.006
HDM 1393	97	<0.0035	4.30	0.0011	<0.0005	0.0098	0.108	<0.000008	0.037	<0.00160	0.00051	0.004
Late Chalcolithic?												
HDM 1391	99	<0.0050	2.42	0.0050	0.0005	0.036	0.059	0.00031	<0.025	<0.00150	0.0085	<0.005
HDM 1394	96	<0.0090	1.68	0.105	0.0052	0.278	0.0029	0.000253	0.570	0.00290	0.0031	0.045
HDM 1375	100	<0.0045	6.10	0.0023	0.0052	0.071	0.00017	0.000015	0.021	0.00172	0.00031	<0.004
HDM 1378	100	<0.0110	2.96	0.178	<0.0005	0.051	0.132	0.000141	<0.050	<0.00300	0.00138	<0.033
HDM 1379	99	<0.0130	2.81	0.180	<0.0005	0.050	0.135	0.000125	<0.051	<0.00300	0.00164	<0.015
Middle Bronze Age												
HDM 1380	95	<0.0050	4.22	0.0018	<0.0005	0.094	0.064	0.00230	0.096	0.00111	0.00076	0.004
HDM 1381	97	<0.0050	3.45	0.0042	<0.0005	0.191	0.191	0.000072	<0.025	<0.00150	0.0022	0.009
HDM 1383	97	<0.0025	3.01	0.0020	0.0053	0.021	0.021	0.00344	<0.012	0.00047	0.0021	0.002
HDM 1384	98	<0.0010	4.47	0.0002	<0.0005	0.0019	0.0019	0.000025	0.006	0.00016	0.0028	0.001
HDM 1385	95	<0.0040	5.12	0.0019	<0.0005	0.0066	0.092	0.000053	<0.020	<0.00100	0.00048	0.011
Middle Bronze Age?												
HDM 1376	97	<0.0040	5.75	0.0008	<0.0005	0.058	0.072	0.000087	<0.031	0.00290	0.00082	0.011
HDM 1377	100	<0.0075	3.74	0.0295	<0.0005	0.135	0.053	0.00464	0.039	<0.00200	0.00155	<0.007

Chemische Zusammensetzung von Metallobjekten aus Ilipinar. Die Werte für Co wurden um einen (n,  $\alpha$ )-Beitrag von Cu korrigiert. Alle Werte sind in Prozent angegeben, mit Ausnahme von Ir, welches in ppm (1 ppm = 0,0001%) angegeben ist (s. Tabellenunterschrift; nach Begemann u. a. 1994, 213 Table 2).

Abb. 3

Abb. 1 Hoher zylindrischer Tiegel aus İkitztepe.

Abb. 2 Gräberfeld von Ilipinar: Dolche und Ahlen.

Abb. 3 Elementgehalte von Metallobjekten aus Ilipinar (nach Begemann u. a. 1994, 213 Table 2).

Nr./Art	Proben-Nr.	Cu	Sn	As	Sb	Co	Ni	Ag	Au	Fe	Zn	Se
Chalkolithikum (Schicht 40-31)												
651.4	HDM244	78	0.004	0.51	0.0013	0.0036	0.22	0.0007	0.00018	0.051	0.042	0.006
651.15	HDM247	71	0.013	9.5	0.0171	0.0038	2.71	0.027	0.0093	<0.04	0.004	0.018
Rohkupfer	HDM378	100	0.016	0.13	0.046	0.0026	0.0058	0.099	0.0030	0.020	<0.001	0.046
Rohkupfer	HDM379	100	0.003	0.011	0.0008	0.0035	1.0030	0.0010	0.00005	0.25	0.005	0.0027
Cu-Kugel	HDM380	100	<0.002	0.53	0.033	0.0036	0.033	0.0040	0.00003	0.083	0.017	0.01
Cu-Kugel	HDM381	100	<0.001	0.12	0.0101	0.0011	0.011	0.0005	0.00001	0.013	0.003	0.0006
Cu-Kugel	HDM382	100	<0.002	0.42	0.021	0.0013	0.020	0.025	0.00025	0.087	0.004	0.047
650	HDM383	86	<0.002	1.02	0.062	0.0016	0.083	0.0009	0.00002	0.062	0.010	0.0001
FB IB/IIA (Schicht 30-21)												
941	HDM230	59	<0.009	2.81	0.041	0.037	0.74	0.021	0.00089	0.12	<0.005	0.0044
608.1	HDM234	66	0.004	0.0056	<0.0003	0.0047	0.013	0.0003	0.00014	0.068	0.009	0.0046
FB IIB/IIIA (Schicht 20-9)												
651.53	HDM238	90	<0.04	1.64	0.73	<0.0006	0.076	0.052	0.0021	<0.23	0.80	0.0050
677.14	HDM239	68	0.014	0.016	0.051	0.0005	0.0046	0.49	0.031	<0.067	<0.003	0.020
FB III/B/C (Schicht 8-6)												
695	HDM214	56	4.8	0.18	0.23	0.0027	0.053	0.17	0.013	0.61	<0.005	0.002
651.105	HDM216	93	0.086	2.46	0.27	0.17	0.078	0.049	0.00063	1.6	<0.008	0.0024
945	HDM217	82	9.1	2.27	0.20	0.015	0.21	0.066	0.0026	0.43	<0.006	<0.0006
1003	HDM218	60	24.9	0.17	0.13	0.0048	0.034	0.011	0.0058	0.30	<0.004	0.01
693	HDM220	95	0.0076	1.02	0.018	0.067	0.12	0.036	0.0013	0.64	<0.006	0.0045
694	HDM221	90	0.47	2.21	0.084	0.029	0.16	0.074	0.009	1.6	0.026	<0.0006
1025.1	HDM243	72	0.013	0.016	0.0087	0.0013	0.0092	0.0025	0.00028	<0.014	0.010	0.0033
651.60	HDM245	92	0.41	1.87	0.083	0.013	0.16	0.050	0.012	0.65	<0.002	0.0006
651.66	HDM246	65	15.2	0.39	0.066	0.047	0.052	0.016	0.0014	0.14	<0.003	0.0078
MB (Schicht 5-4)												
903	HDM223	93	0.18	2.47	0.18	0.0027	0.04	0.056	0.010	0.43	<0.005	0.0017
909	HDM226	65	9.3	0.63	0.049	0.0069	0.040	0.00042	0.0012	0.35	<0.003	0.0080
SB (Schicht 3)												
614	HDM215	58	0.032	0.52	0.023	0.0021	0.0059	0.0059	0.00071	0.42	<0.002	0.0038
666	HDM222	77	0.029	0.47	0.013	0.0005	0.0018	0.025	0.00026	0.16	0.013	0.0062
923	HDM224	92	0.51	2.34	0.092	0.0076	0.81	0.055	0.0041	1.2	<0.004	0.0027
926	HDM227	96	0.0087	2.42	0.050	0.0027	0.12	0.063	0.00076	0.23	<0.003	0.0013
611	HDM229	97	0.038	0.47	0.034	0.0049	0.016	0.011	0.00095	0.13	<0.002	0.011
FE (Schicht 2)												
687.1	HDM233	59	3.3	0.66	0.041	0.0027	0.051	0.12	0.0023	0.46	0.003	0.0005
985.6	HDM240	66	10.4	0.54	0.039	0.033	0.053	0.013	0.0023	0.083	<0.002	0.0055
651.75	HDM241	69	10.3	0.80	0.054	0.0046	0.0093	0.0026	0.0011	0.74	0.002	0.012
651.74	HDM242	63	15.2	0.68	0.044	0.056	0.050	0.017	0.0019	0.24	0.008	0.0035
ME (Schicht 1)												
626	HDM219	99	0.0087	0.25	0.0096	0.14	0.10	0.014	0.00074	0.49	0.051	0.0012
1060	HDM225	59	10.3	0.71	0.033	0.058	0.020	0.0020	0.0013	0.44	0.007	0.0044
651.98	HDM237	50	5.3	0.82	0.12	0.0084	0.054	0.0038	0.0017	0.54	<0.003	0.0026
651.99	HDM236	55	10.0	0.33	0.15	0.0019	0.0097	0.090	0.0026	0.95	0.018	0.0012
unbestimmt (Schicht 0)												
942.1	HDM228	45	13.6	0.78	0.034	0.0033	0.0069	0.0040	0.00073	0.42	0.004	0.0078
627	HDM231	95	0.63	1.18	0.042	0.016	0.058	0.058	0.0024	0.39	<0.004	0.0027
672	HDM232	74	20.4	0.42	0.029	0.010	0.030	0.012	0.0021	0.42	0.39	0.013
651.101	HDM235	69	2.52	0.30	0.018	0.017	0.074	0.011	0.00086	0.15	<0.002	0.0054

Abb. 1

Abb. 1 Kupfer vom Norşuntepe: Ergebnisse der Neutronenaktivierungsanalyse; Ergebnisse bis auf Kupfer auf 100 % korrigiert (nach Pernicka u. a. 2002, 117 Tabelle).

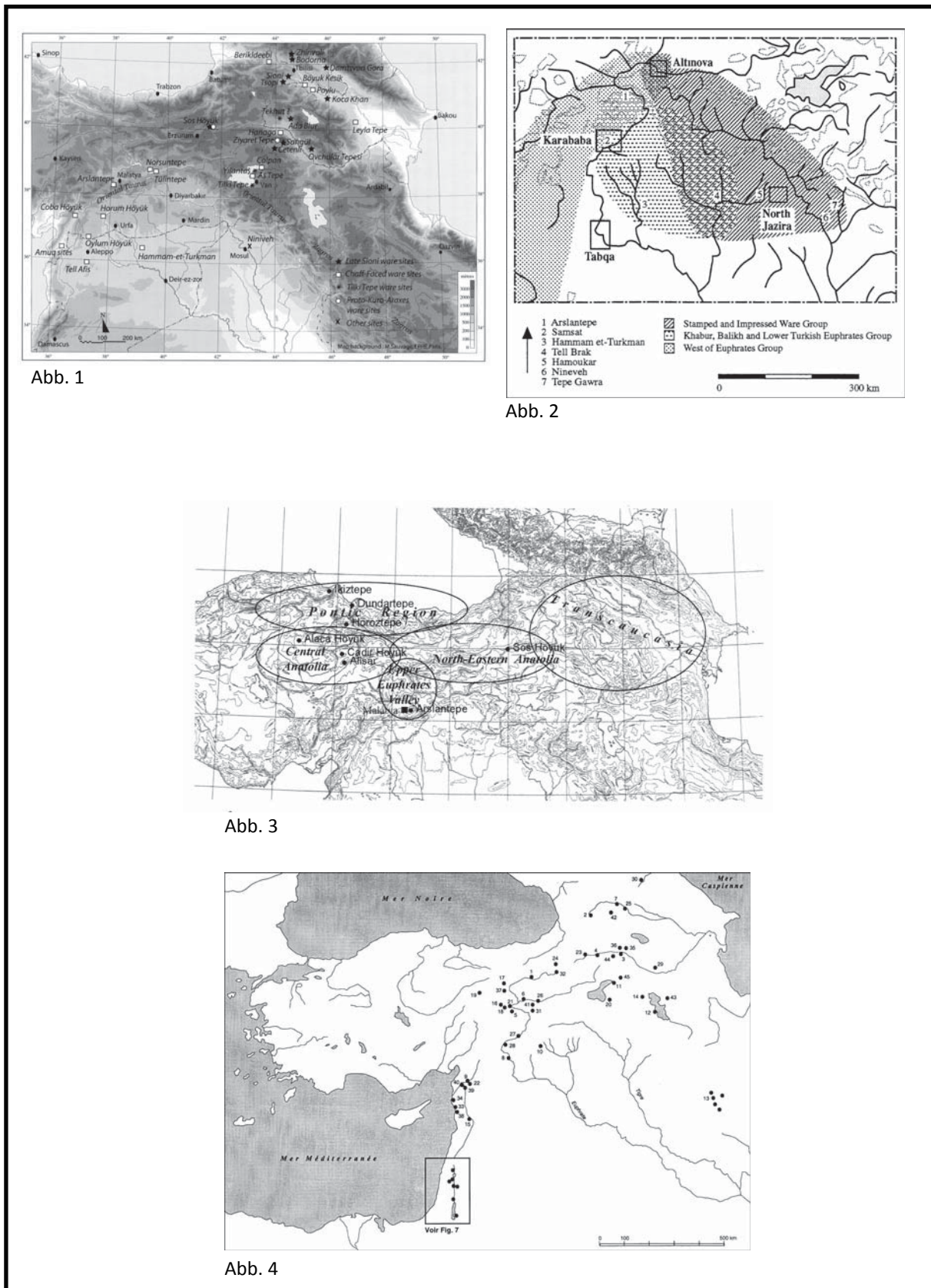


Abb. 1 Verbreitung spätchalkolithischer Keramik bzw. Einflusszonen/Kulturen in Obermesopotamien (4000-3500 v. Chr.) (Marro 2008).  
 Abb. 2 Verbreitung von häckselgemagerten keramischen Waren (*chaff faced*) in Nordmesopotamien und Südostanatolien (Lupton 1996).  
 Abb. 3 Wichtige Fundorte und Interaktionsräume Mitte des 4. Jt. v. Chr. in Anatolien und Transkaukasien (Palumbi 2008).  
 Abb. 4 Verbreitung von Khirbet Kerak Keramik im weiteren Vorderen Orient (Miroschedji 2000).

Probe	Art	Ag	Sn	Pb	As	Sb	Ni	Zn	Co	Fe	Cu	Bi
HN-6561.1	Kupfermeißel	0.02	n.n.	0.03	0.06	0.08	0.17	0.14	n.n.	0.6	58.1	0.07
HN-6561.2	Kupfermeißel	0.03	n.n.	0.05	0.14	0.28	1.24	0.09	n.n.	0.56	90.5	0.18
HN-13211	Kupfernadel	0.06	-	0.15	n.n.	n.n.	0.12	n.n.	-	0.16	93.9	n.n.
HN-15415	Kupferstück	0.03	n.n.	n.n.	0.47	n.n.	n.n.	0.01	n.n.	0.11	79.6	n.n.
HN-17153.1	Nadelfragment	0.06	n.n.	n.n.	0.34	0.04	0.49	n.n.	n.n.	0.03	98	n.n.
HN-1 5882.1	Nadelfragment	0.36	n.n.	n.n.	1.37	0.26	1.32	n.n.	n.n.	0.04	94.5	n.n.
HN-14762	Kupferstück, ox.	0.02	n.n.	n.n.	0.36	n.n.	1.46	n.n.	n.n.	0.01	83.5	0.01
HN-14145	Nadelfragment	0.04	n.n.	n.n.	0.61	n.n.	0.39	n.n.	n.n.	0.27	52	n.n.
HN-15533	Kupferstück, oxidiert	0.04	n.n.	n.n.	1.01	0.13	0.46	0.01	n.n.	0.06	81.4	n.n.
HN-12939	Polymetallisches Erz	n.n.	-	43.1	n.n.	n.n.	0.02	4.27	-	2.3	30.2	n.n.
HN-12285	Malachit in BRB	n.n.	-	0.04	0.29	n.n.	2.98	0.01	-	2.98	22.1	n.n.
HN-8051	Tiegeifragment	n.n.	-	n.n.	0.04	n.n.	0.14	0.06	0.02	6.2	2.86	n.n.
HN-16012	Tiegeifragment	n.n.	-	n.n.	0.01	n.n.	0.01	0.01	n.n.	4.94	0.11	n.n.
HN-16002	Tiegeifragment	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0.01	0.01	n.n.	4.24	0.03	n.n.
HN-16013.1	Tiegeifragment	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0.01	0.01	n.n.	2.75	0.1	n.n.
HN-16013.2	Tiegeifragment	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0.01	0.01	n.n.	2.94	0.05	n.n.
HN-16013.3	Tiegeifragment	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0.01	0.01	n.n.	0.7	0.03	n.n.
HN-12097	Schlacke	n.n.	n.n.	0.06	0.32	n.n.	0.18	0.02	-	9.51	0.05	n.n.
HN-8061	Tiegeifragment	n.n.	-	0.06	0.33	n.n.	0.2	0.01	-	4.71	8.29	n.n.
HN-12264	Tiegeifragment	n.n.	-	0.08	0.37	n.n.	0.09	0.02	-	3.62	14.1	n.n.
HN-16017.1	Tiegeifragment	0.01	n.n.	n.n.	0.14	n.n.	0.21	0.02	n.n.	4.53	18.6	n.n.
HN-16017.2	Tiegeifragment	0.01	n.n.	n.n.	0.13	n.n.	0.2	0.01	n.n.	6.19	19.1	n.n.
HN-16912.1	Tiegeifragment	n.n.	n.n.	n.n.	0.07	n.n.	0.46	0.01	0.02	3.73	29.5	n.n.
HN-16911	Schlacke	0.01	n.n.	n.n.	0.19	n.n.	0.27	0.02	n.n.	2.99	12.6	n.n.
HN-16010	Schlacke	n.n.	n.n.	n.n.	0.07	0.08	0.25	0.01	n.n.	0.23	20.2	n.n.
HN-15533	Schlacke	0.01	n.n.	n.n.	0.14	0.05	0.15	0.01	n.n.	1.07	21.2	n.n.
HN-15534	Schlacke	0.01	n.n.	n.n.	0.59	0.14	0.5	0.02	n.n.	5.47	12.3	n.n.
HN-16010.1	Prill aus Schlacke	0.03	n.n.	n.n.	0.75	2.89	0.59	n.n.	n.n.	0.99	88.4	n.n.
HN-16010.2	Prill aus Schlacke	-	n.n.	n.n.	0.05	n.n.	0.16	n.n.	-	0.12	90.8	-
HN-16010.3	Prill aus Schlacke	-	n.n.	n.n.	0.62	0.24	0.76	n.n.	-	0.23	84.6	-
HN-15533	Prill aus Schlacke	0.12	n.n.	n.n.	1.88	0.12	0.69	0.09	n.n.	0.37	91.5	n.n.
HN-16017	Prill aus Tiegel	0.11	n.n.	n.n.	0.25	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0.83	86.1	n.n.
HN-16911.1	Prill aus Schlacke	-	n.n.	n.n.	0.1	n.n.	0.12	0.12	-	0.37	90.9	-
HN-16911.2	Prill aus Schlacke	-	n.n.	n.n.	0.94	n.n.	0.23	0.06	-	0.12	94.6	-
HN-16911.3	Prill aus Schlacke	0.05	-	n.n.	0.42	0.09	0.09	0.04	n.n.	0.1	91.2	n.n.
HN-6549	Gussformfragment	n.n.	-	n.n.	0.16	n.n.	0.09	0.01	-	4.49	0.03	n.n.

Alle Angaben in Gew.%, n.n. = nicht nachgewiesen, (-) nicht bestimmt (nach Özbal u. a. 1999, 61 Table 1).

Abb. 1

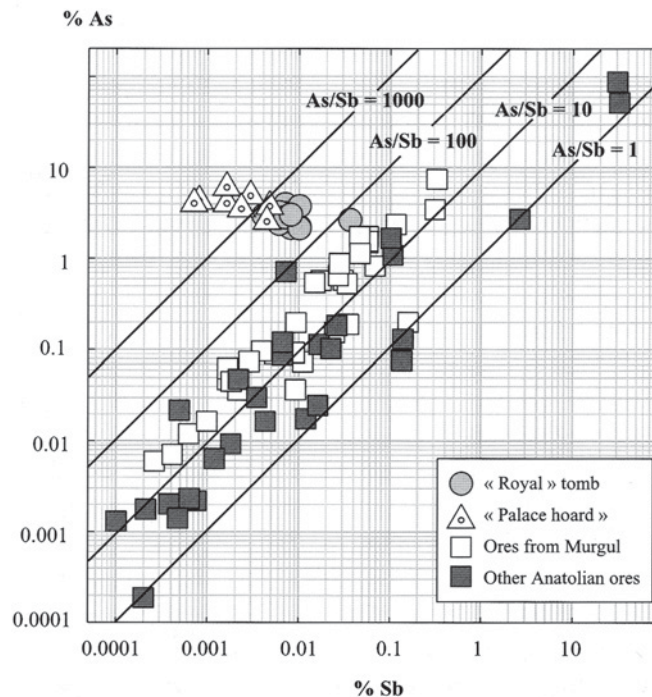


Abb. 2

Abb. 1 Ergebnisse chemischer Analysen von Material aus Hacinebi (nach Özbal u. a. 1999).  
 Abb. 2 As/Sb-Diagramm von Arsenkupferartefakten aus Arslantepe und (allen bisher analysierten) Anatolischen Erzen. Für die Erze wurden die Gehalte von As und Sb auf Kupfer normalisiert. Die Verhältnisse der Artefakte und der Erze lassen sich unter der Annahme, dass keine Verschiebung stattfindet, nicht vereinbaren. Ähnliches trifft auf die Erze aus archäologischen Zusammenhängen des Arslantepe zu (hier nicht abgebildet: Hauptmann u. a. 2002, 57 Fig. 6) (Hauptmann u. a. 2002, 63 Fig. 9 [hier auch zu den Datenquellen]).

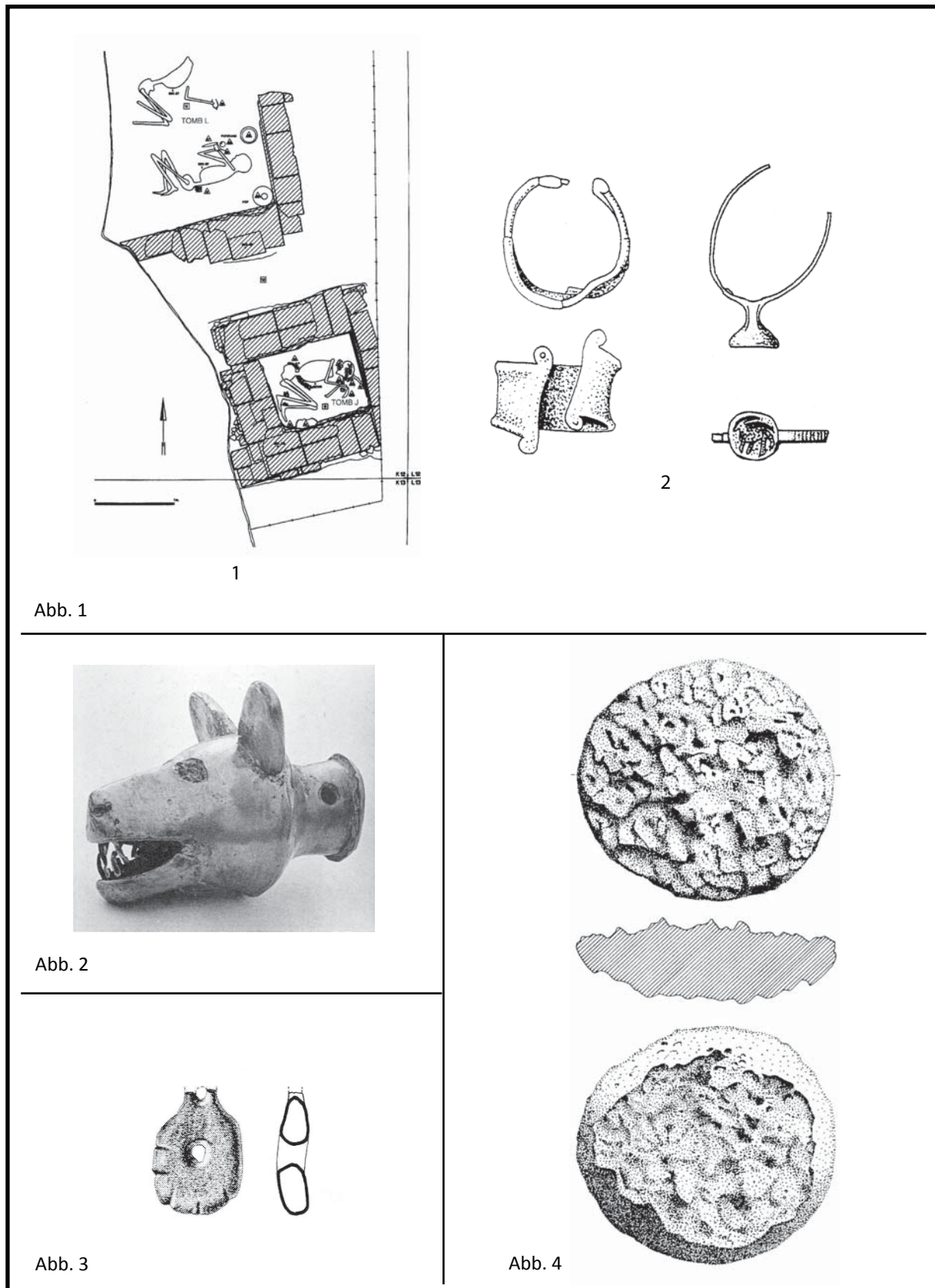


Abb. 1

Abb. 2

Abb. 3

Abb. 4

Abb. 1 Korucutepe (Kat. 30): 1 Doppelgrab L und Grab J; 2 Silberarmreif mit spiraligen Enden (links) und Siegelreif (rechts) aus Doppelgrab L; 1 vgl. Maßstab; 2 unmaßstäblich.

Abb. 2 Elektronwolfskopf aus Tepe Gaura (Kat. 32); unmaßstäblich.

Abb. 3 Mutmaßlicher Ringanhänger aus Stein aus Ğudeide Phase F; unmaßstäblich.

Abb. 4 Nevalı Çori: Runder Schlackenkuhen mit Abdruck eines vermutlich zweiphasigen Sulfid-Kupferregulus; unmaßstäblich.

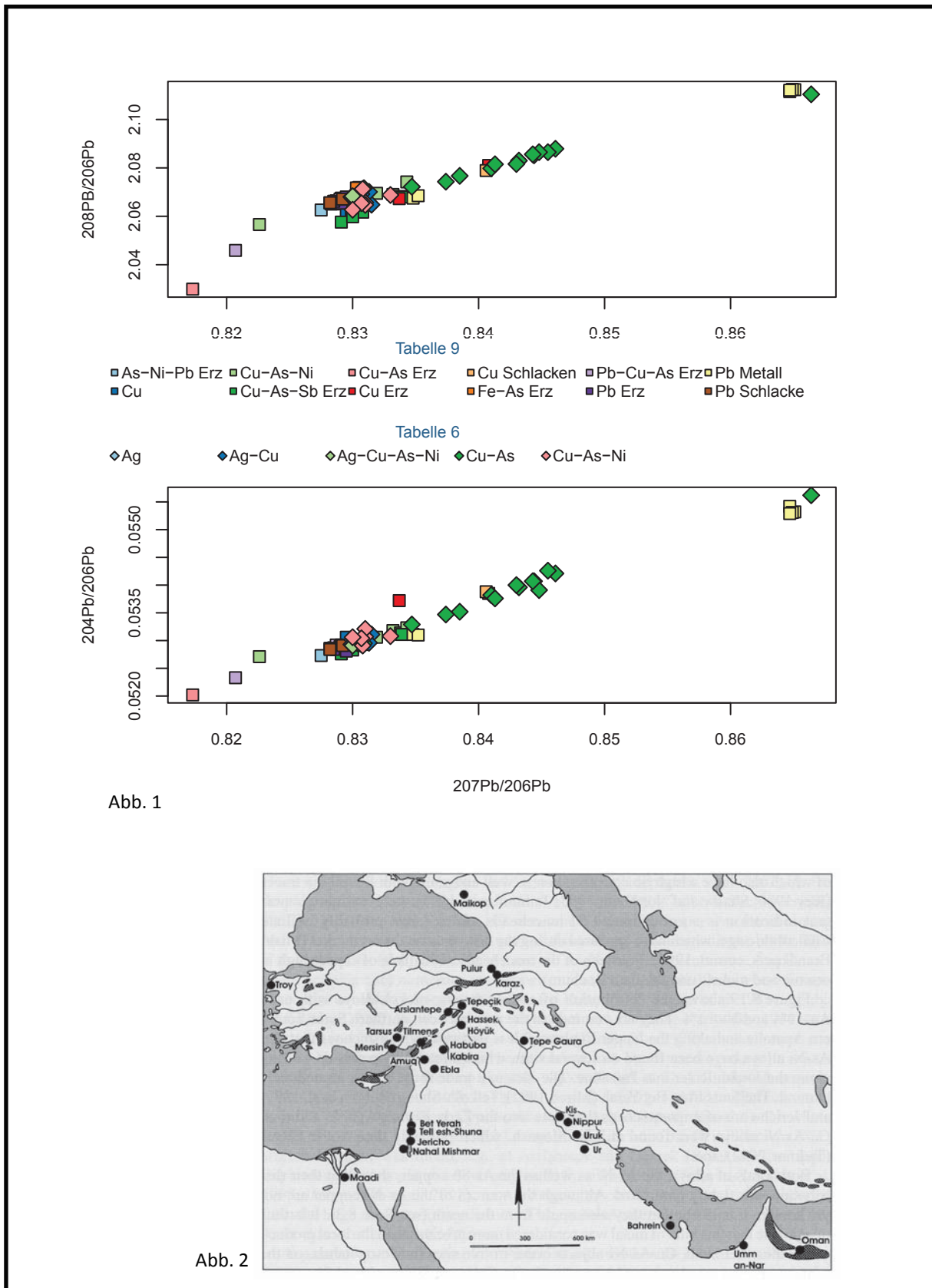


Abb. 1

Abb. 2

Abb. 1 Bleiisotopenverhältnisse von Erzen, Schlacken und Metall von Arslantepe VII bis V A2 aus der Siedlung sowie Funde des Hortes und des Fürstengrabes. Daten: Hauptmann u. a. 2002, 49 Table 6; 56 Table 9; Vgl. Hauptmann u. a. 2002, 50 Fig. 3-4; 55 Fig. 5.

Abb. 2 Verbreitung von Kupfer mit hohen Arsen- und Nickelgehalten (As>1 %, Ni>1 %) und von Ophiolithen (schraffiert) (Hauptmann 2007b).

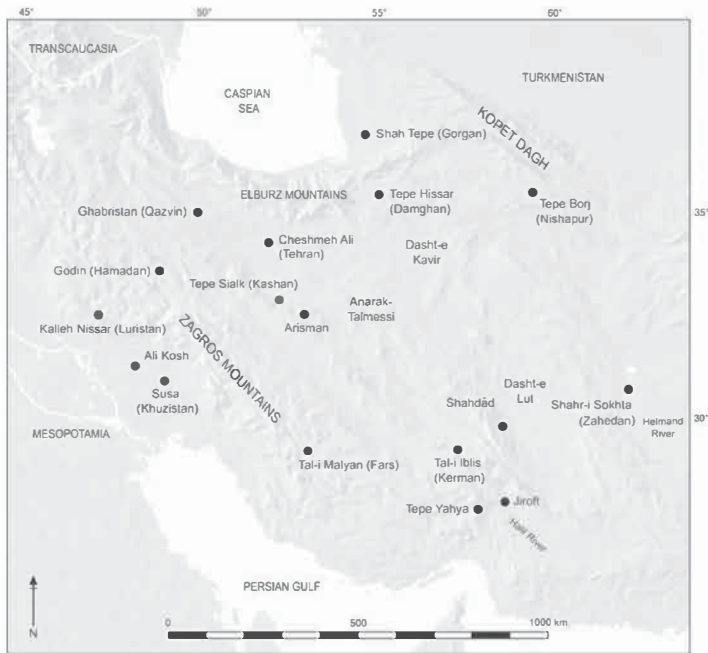


Abb. 1

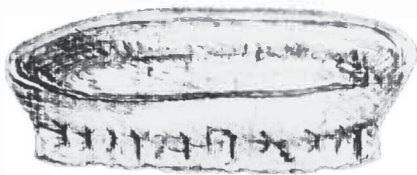


Abb. 2

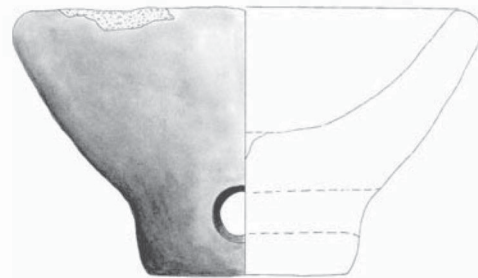


Abb. 3

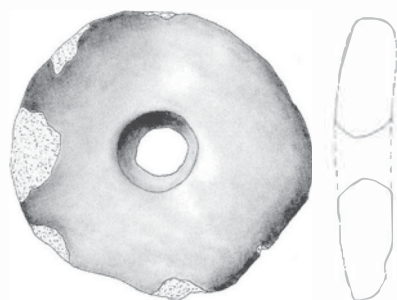


Abb. 4

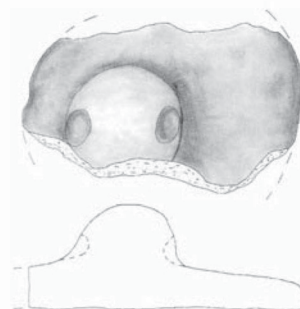


Abb. 5

Abb. 1 Karte mit Fundorten des Iran.

Abb. 2 Rekonstruktion Tiegel Typ Iblis.

Abb. 3 Tiegel Typ Ghabristan aus Arisman.

Abb. 4 Deckel mit Loch aus Arisman.

Abb. 5 Deckel mit Griffknubbe aus Arisman.

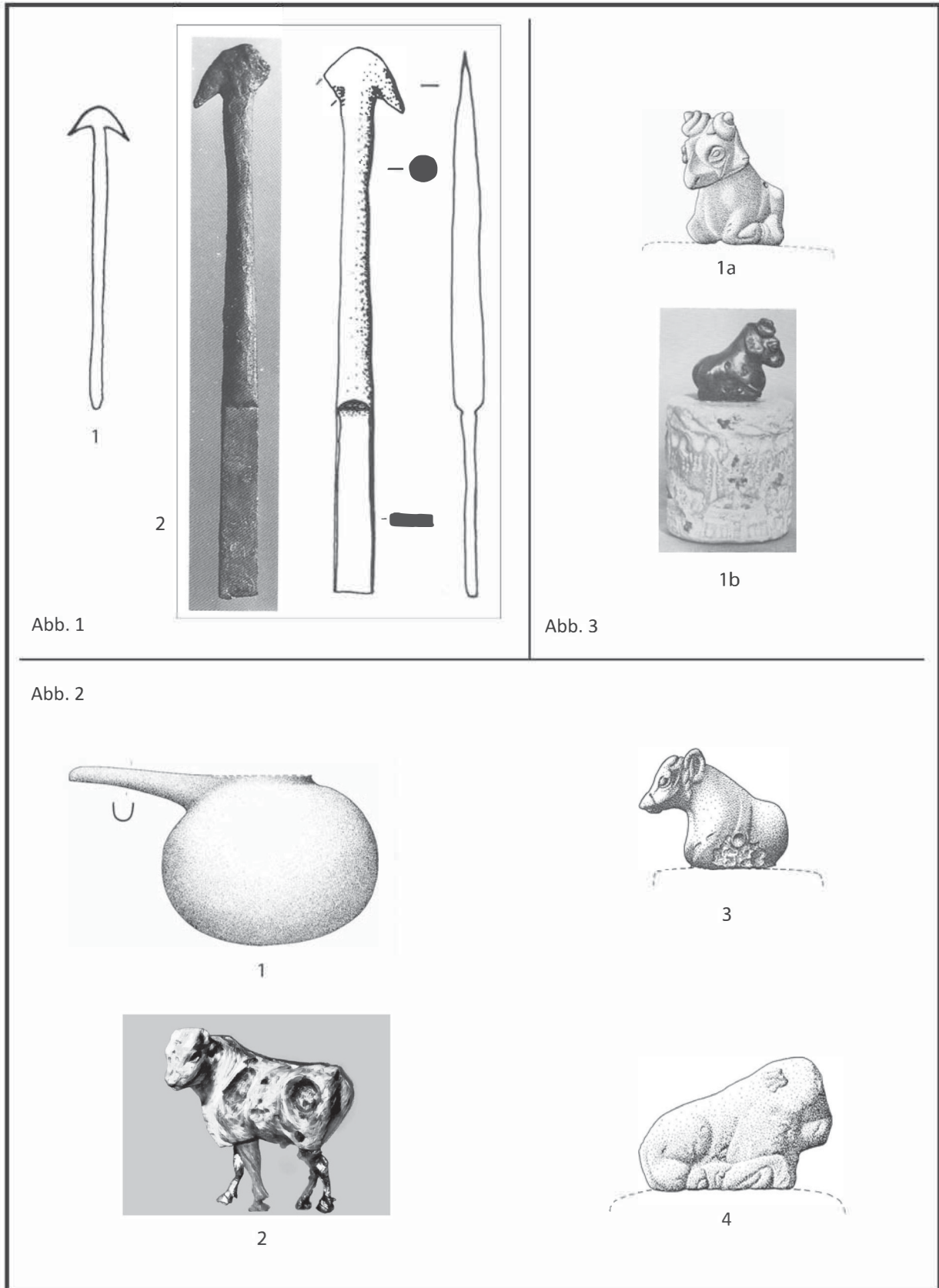


Abb. 1 Uruk-Warka ‚Riemchengebäude‘ (Kat. 45): 1 ‚Speerspitze‘ (möglicherweise Silber bzw. Kupfersilberlegierung; Kat. 45,a); 2 ‚Speerspitze‘ (Kupfer-Silberlegierung mit 26% Silber; Kat. 45,b); 1-2 unmaßstäblich. - Abb. 2 Uruk-Warka Sammelfund (Kat. 47): 1 Kugeliges Gefäß mit langem Ausguss aus Silber (Rinnenkanne) (Kat. 47,a9); 2 Steinerner Stierfigur mit silbernen Beinen (Kat. 47,b2); 3 Rollsiegelaufsatz in Form eines Rindes (Silber; Kat. 47,a18); 4 Rollsiegelaufsatz in Form eines Rindes (Silber; Kat. 47,a17); 1-4 unmaßstäblich. - Abb. 3 1a-b Rollsiegelaufsatz in Form eines Widders (Silber; Kat. 49); 1a-b unmaßstäblich.



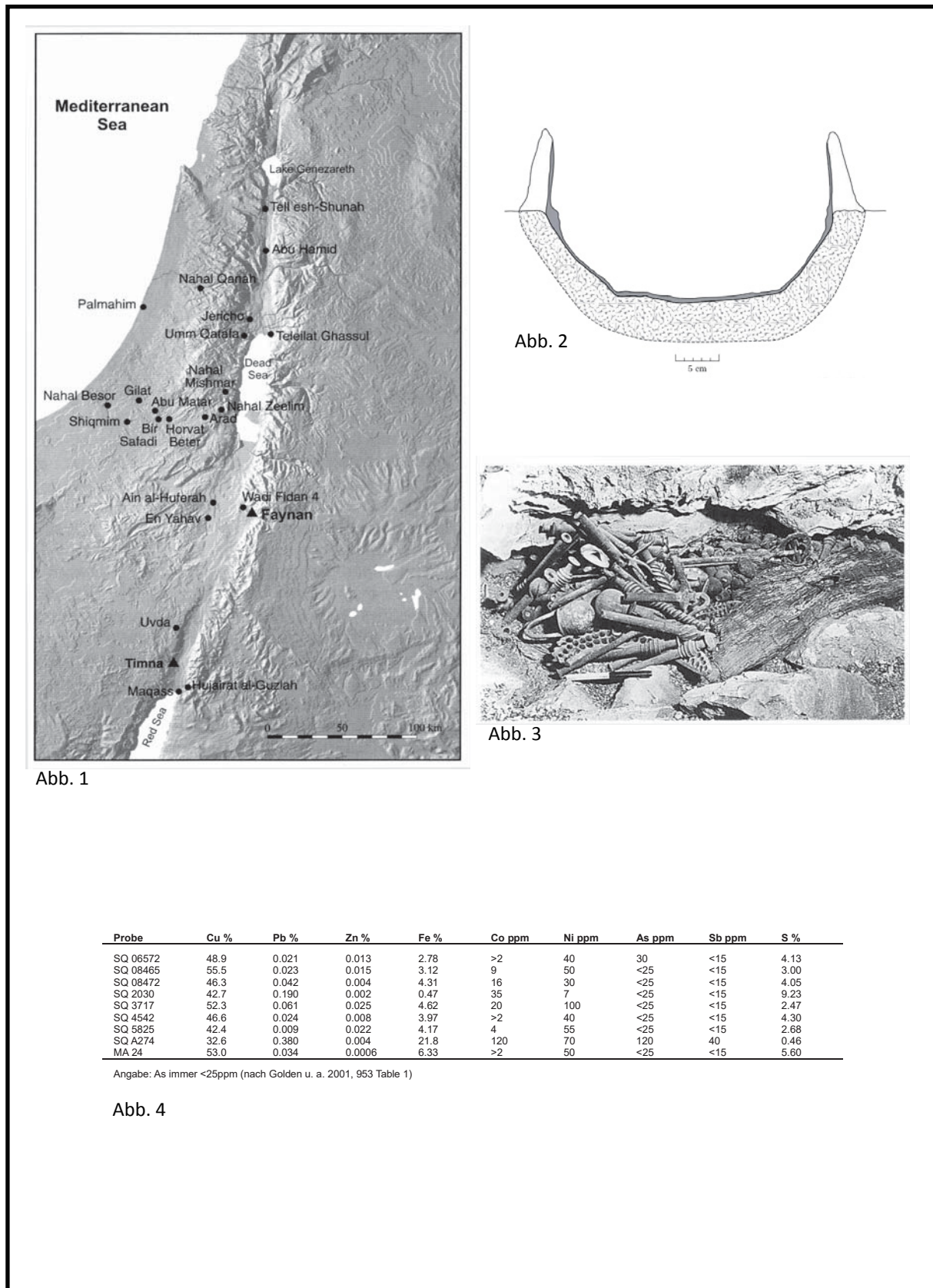


Abb. 1

Abb. 2

Abb. 3

Abb. 4

Abb. 1 Verbreitungskarte ausgewählter Fundorte des Chalkolithikums und der Frühbronzezeit I der südlichen Levante mit Metall und Metallurgiebelegen.

Abb. 2 Rekonstruktion eines „proto-furnace“ von Shiqmim und wahrscheinlich anderen Fundorten der Levante des frühen 4. Jt. v. Chr. durch Golden.

Abb. 3 Hortfund von Nahal Mišmar mit Cu-As-Sb-Legierungen und Flusspferdelfenbein in Schilfmatte.

Abb. 4 Chemische Zusammensetzung von Erzen aus Shiqmim und Me'ad Aluf (nach Golden u. a. 2001, 953 Table 1).

Nummer	Art	Sn %	As %	Pb %	Weitere
1215	Dolchklinge	-	1-5	-	-
1216	Dolchklinge	<1	1-5	-	-
1217	Dechseklinge	-	1-5	-	Ag <1
1219	Messerklinge	-	<1	<1	Ag <1
1220	Messerklinge	-	-	-	-
1221	Meißelklinge	-	-	<1	-
1222	Ahle	-	1-5	-	-
1223	Ahle	-	-	-	-
1224/5	Nadel	-	-	-	-
1230	Harpune	<1	<1	<1	Ag <1
1232	Angelhaken	-	-	<1	-
1233	Angelhaken	-	-	-	-
1763	Anhänger	-	1-5	-	-
2057	Deckel Steingefäß	-	-	<1	-
2058/61	Streifen, (?) Ringe	-	-	-	-
2062	Streifen	-	<1	-	-

H. McKerrell, Ergebnisse im Archiv des Department of Antiquities, Ashmolean Museum (1971) (Tabellenunterschrift; nach Payne 1993, 256 Appendix 2).

Abb. 1

Abb. 1 Elementgehalte Prädynastischer Kupferfunde (nach Payne 1993, 256 Appendix 2).

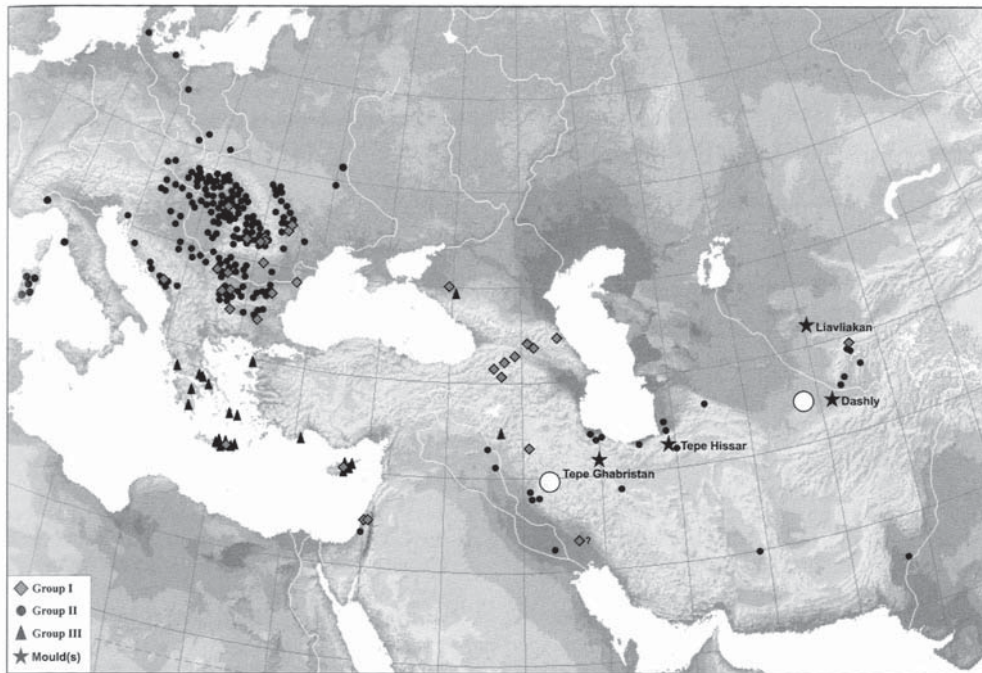


Abb. 1

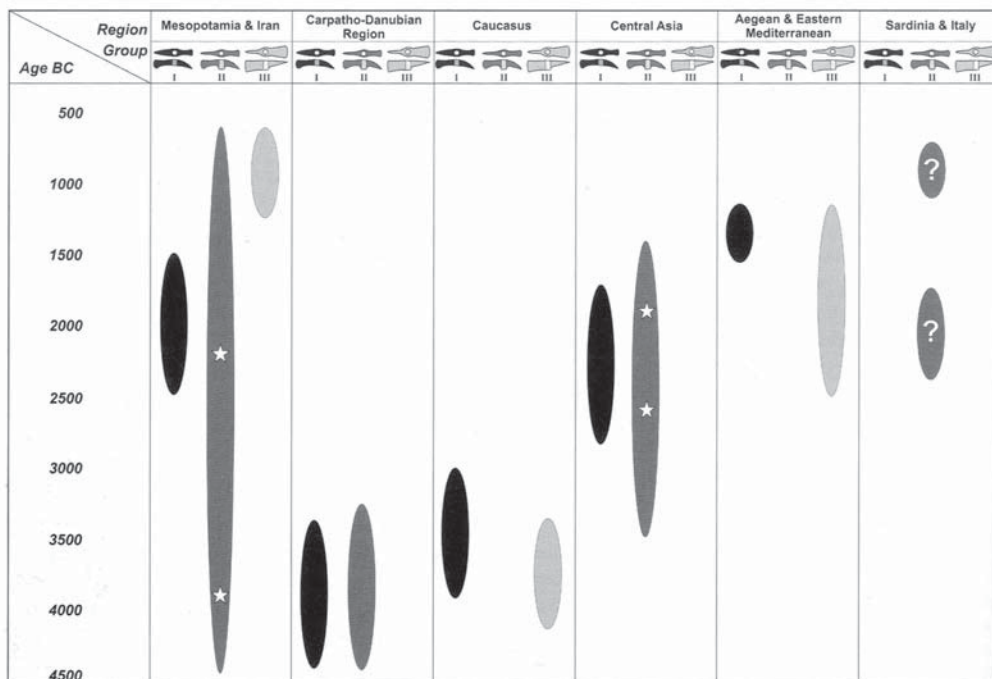


Abb. 2

Abb. 1 Verbreitung verschiedener Formen kreuzschneider Äxte in verschiedenen Materialien, ihrer Miniaturmodelle und Gussformen (Boroffka 2009).

Abb. 2 Hypothetische chronologische Stellung und Verbreitung kreuzschneider Äxte und ihrer Gussformen (Sterne) (Boroffka 2009).



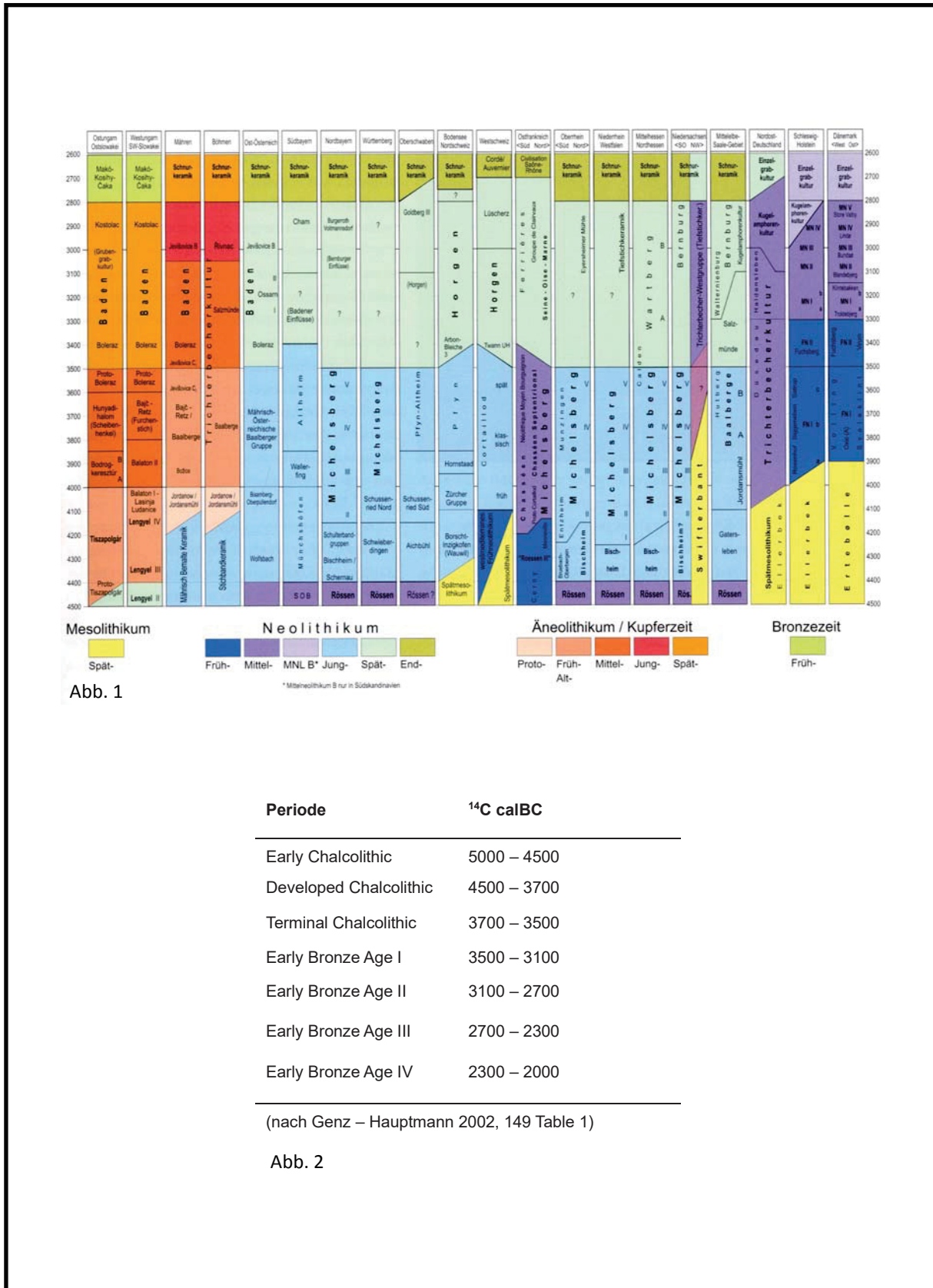


Abb. 1

Periode	<sup>14</sup> C calBC
Early Chalcolithic	5000 – 4500
Developed Chalcolithic	4500 – 3700
Terminal Chalcolithic	3700 – 3500
Early Bronze Age I	3500 – 3100
Early Bronze Age II	3100 – 2700
Early Bronze Age III	2700 – 2300
Early Bronze Age IV	2300 – 2000

(nach Genz – Hauptmann 2002, 149 Table 1)

Abb. 2

Abb. 1 Chronologieschemata Mitteleuropas nach Schier (2010).  
 Abb. 2 Absolute Daten des Chalkolithikums und der Frühen Bronzezeit der südlichen Levante (Genz – Hauptmann 2002).

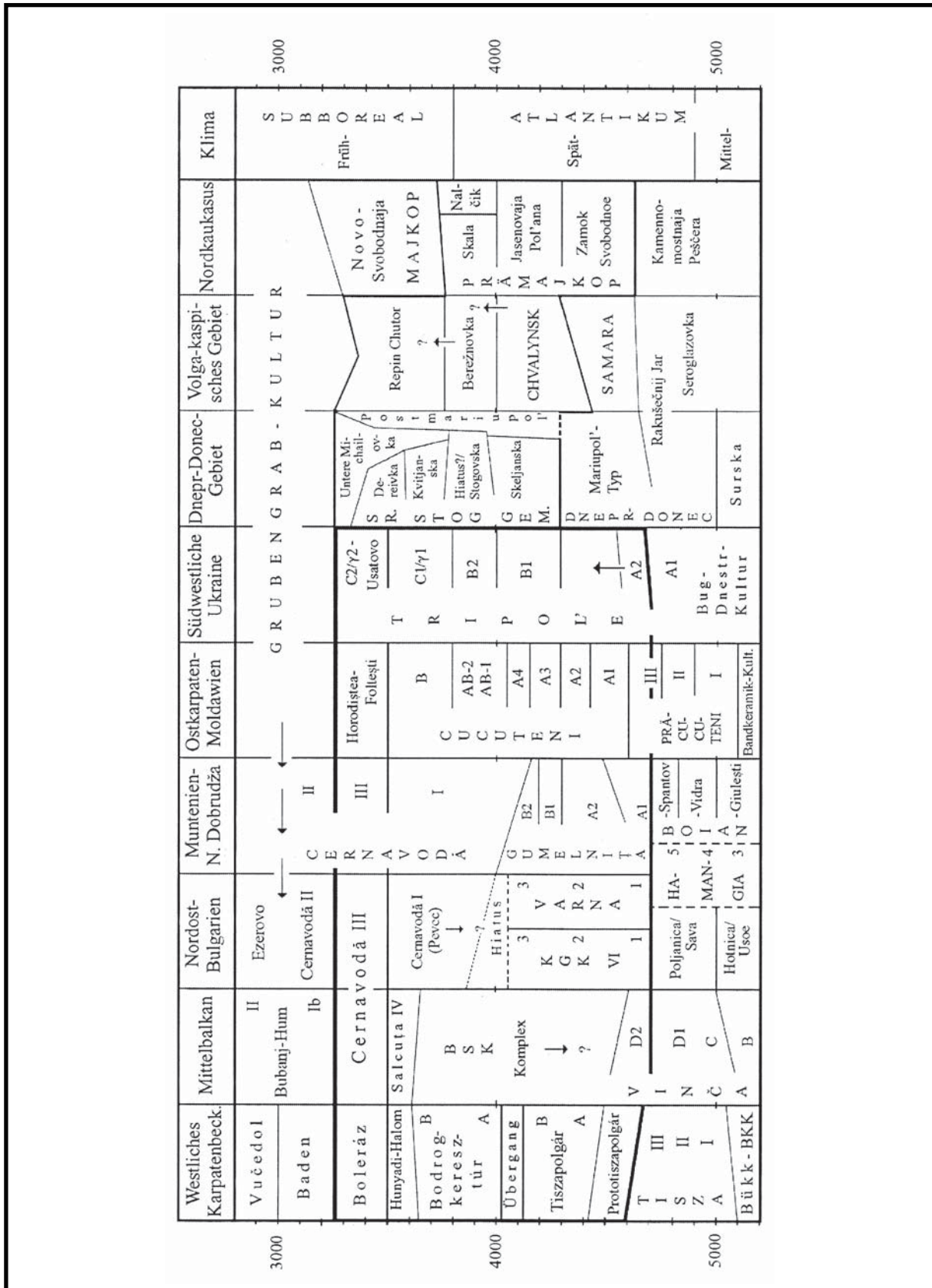


Abb. 1 Chronologische Gliederung des Äneolithikums des nordpontischen Steppengebietes und des Vorkaukasus nach Govedarica (2004).

Date B.C.	LC	South	Iran	Syria	Upper Euphrates	Tigris	Southern Mesopotamia
3000	LC 5	IV A Eanna IV B V Eanna VI Eanna VII	Godin V Early 17 Susa Acropole Late 18 Susa Early 18 Sharafabad Susa 19-22	Habuba Kabira Jebel Aruda Sheikh Hassan 4 Brak TW 12	Hassek Höyük Hacinebi B2 Hacinebi B1	Mohammad Arab Late Uruk Nineveh (Gut) Späturuk Ninevite 4 L: 31-20 Norduruk B L: 37-31	Late Uruk
3400	LC 4	Abu Salabikh Uruk Mound Nippur XV-XVII Nippur XVIII hiatus?	Qraya	Sheikh Hassan 5-7 Brak TW 13 Leilan IV	Arsilantepe VII	Tepe Gawra VIII Tepe Gawra IX-X Gawra B	Late Middle Uruk
3600	LC 3	Eanna IX-VIII Eanna XI-X Eanna XII	Geoy Tepe M	Sheikh Hassan 8-10/13 Brak TW 14-17 Leilan V	Arsilantepe VIII	Tepe Gawra XI/XA Tepe Gawra XII Gawra A	Early Middle Uruk
3800	Late	Eanna XVI-XIV	hiatus?	Brak TW 18-19 Leilan hiatus?	Hacinebi A	Tepe Gawra XIII-XIII	Early Uruk
4000	LC 2						
4200	LC 1						
Term. Ubaid							Ubaid transitional Ubaid 4?

Abb. 1 Chronologietabelle von 'Greater Mesopotamia' (Rothman 2001).