

Franz Eckel, Studien zur Form- und Materialtypologie von Spangenbarren und Ösenringbarren.

Zugleich ein Beitrag zur Frage der Relation zwischen Kupferlagerstätten, Halbzeugproduktion und Fertigwarenhandel. Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde, Band 54. Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bonn 1992. ISBN 3-7749-2469-4. 162 Seiten, 69 Abbildungen, 7 Beilagen und 6 Tafeln.

Mindestens seit Franz Göbels wegweisender Schrift „Über den Einfluß der Chemie auf die Ermittlung der Völker der Vorzeit oder Resultate der chemischen Untersuchung metallischer Alterthümer insbesondere der in den Ostseegouvernements vorkommenden, behufs der Ermittlung der Völker, von welchen sie abstammen“ (Erlangen 1842) gibt es eine mehr oder minder kontroverse Diskussion über das Ausmaß der archäologisch relevanten Information, die aus chemischen Analysen von prähistorischen Metallobjekten zu gewinnen ist. Die Meinungen schwankten periodisch zwischen einer sehr optimistischen Haltung, nach der sehr viele Erkenntnisse, vor allem über die Herkunft der Rohstoffe, abgelesen werden können (z.B. R. Pittioni, Ergebnisse und Probleme des urzeitlichen Metallhandels [Wien 1964]), und einer pessimistischen, die den ganzen Ansatz als wertlos oder irreführend verwirft. So wurden Analysen archäologischer Metallobjekte gelegentlich als „Zeitverschwendung“ (E. T. Hall, Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. A269, 1970, 135 ff.) oder als „Katastrophe“ beurteilt („Spectrographic analysis of the metal products of the European Bronze Age is perhaps the most monumental disaster of all the contemporary studies... It has provided a few answers in restricted areas of enquiry, and created mass confusion in others.“ J. M. Coles, The Bronze Age in northwestern Europe: problems and advances. In: F. Wendorf/A. E. Close [Hrsg.], Advances in World Archaeology 1 [New York 1982] 265–321).

Nach dem Abbruch der Analysentätigkeit am Württembergischen Landesmuseum in Stuttgart durch die Arbeitsgemeinschaft für Metallurgie des Altertums herrschte auch im deutschen Sprachraum nach anfänglicher Zustimmung (R. Hachmann, *Bonner Jahrb.* 163, 1963, 576–578) längere Zeit die Meinung vor, daß dieses Unternehmen trotz seiner großen Leistung (mehr als 22000 durchgeführte Analysen) im Hinblick auf kulturhistorische Aussagen im wesentlichen gescheitert wäre (H. Härke, *Prähist. Zeitschr.* 53, 1978, 165–276 hier 211 ff.). Seit einigen Jahren ist aber wieder neues Interesse an Analysen archäologischer Metallobjekte im allgemeinen und an den Stuttgarter Ergebnissen im besonderen festzustellen (z. B. D. Liversage/M. Liversage, *Helinium* 29, 1989, 42–76; H. Vandkilde, *Journal Danish Arch.* 9, 1990, 103–113), und am Ende könnte sich leicht herausstellen, daß ähnlich wie bei der pauschalen Ablehnung der ^{14}C -Datierung eine Fehleinschätzung vorlag, die dem Fortschritt der prähistorischen Forschung nicht gerade förderlich war.

Insofern nimmt man einen „Beitrag zur Frage der Relation zwischen Kupferlagerstätten, Halbzeugproduktion und Fertigwarenhandel“ gerade aus Saarbrücken, wo man der Stuttgarter Studie sehr kritisch gegenüber stand (F. Bertemes, *Das frühbronzezeitliche Gräberfeld von Gemeinlebern. Saarbrücker Beitr. Altde.* 45 [Bonn 1989] 137 ff.), mit großem Interesse zur Hand und findet erfreut, daß von Eckel die alten Fragen praktisch unverändert wieder aufgenommen wurden. Als Ziele der Arbeit werden genannt: 1) Die Aufstellung von Materialklassen anhand der chemischen Zusammensetzung der Objekte, 2) der Vergleich der Materialklassen mit der Form der untersuchten Objekte, 3) Aussagen über die Herkunft der zugehörigen Erze und 4) die Untersuchung der Verbreitung der Materialklassen, um damit auf Kulturbeziehungen zu schließen. Als Quellenmaterial für diese Untersuchung dienten die von H. Otto und W. Witter (*Handbuch der ältesten vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa* [Leipzig 1952]) und der Stuttgarter Gruppe (SAM 1: S. Junghans/E. Sangmeister/M. Schröder, *Metallanalysen kupferzeitlicher und frühbronzezeitlicher Bodenfunde aus Europa* [Berlin 1960]; SAM 2,1 bis SAM 2,4: dies., *Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas*, Band 1–3 [Berlin 1968] Band 4 [Berlin 1974]) veröffentlichten Analysen von frühbronzezeitlichen Ösenring-, Spangen- und Miniaturbarren, d. h. von insgesamt 4107 untersuchten Objekten.

Allgemein werden diese Formen als Halbfertigprodukte angesehen, obwohl Ösenringe auch als Schmuckform dienten und gelegentlich sogar verziert wurden. Die Auswahl erfolgte offensichtlich im Hinblick auf die Ermittlung der Ausgangslagerstätten, die auf der Basis von Rohmetall grundsätzlich aussichtsreicher erscheint als von Fertigprodukten, die möglicherweise weitergehenden Veränderungen, z. B. durch Legierung, unterworfen sein können. Dies alles ist wiederholt auch schon früher festgestellt und diskutiert worden (SAM 1; SAM 2,1; J. J. Butler in: M. Ryan [Hrsg.], *The origins of metallurgy in Atlantic Europe. Proceedings of the fifth Atlantic Colloquium* [Dublin 1978] 345–362; B. Bath-Bílková, *Pam. Arch.* 64, 1973, 38–41). Neu an der vorliegenden Studie ist aber der zahlenmäßige Umfang des untersuchten Fundmaterials, das einen Großteil (ca. 90%) der bisher analysierten Objekte der angesprochenen Typen umfaßt (in der Stuttgarter Datenbank sind derzeit insgesamt 4583 Analysen von Ring-, Rippen- oder Miniaturbarren enthalten).

Bevor der Autor seine eigene Klassifikation des Materials vorstellt, gibt er eine Übersicht über die angewandte Analysetechnik, die im wesentlichen auf der verdienstvollen Zusammenstellung von H. Härke (1978, 165 ff.) beruht. Leider geht er aber über diese Arbeit nicht hinaus und kommt so zwangsläufig kaum zu neuen Erkenntnissen, bzw. übernimmt unkritisch manche Fehler, wie z. B. die Überschätzung der analytischen Möglichkeiten der Röntgenfluoreszenzanalyse oder die Behauptung, daß die Bestimmung von Gold mit der Neutronenaktivierungsanalyse problematisch wäre. Ein Blick in die reichlich vorhandenen Lehrbücher über analytische Methoden wäre hier hilfreich gewesen.

Die Diskussion der analytischen Qualität der Stuttgarter Daten ist offensichtlich nicht ganz frei von Vorurteilen. Es ist gelegentlich übersehen oder ignoriert worden (M. Menke, *Acta Arch.* [København] 59, 1988, 15–66), daß am Württembergischen Landesmuseum die Proben mit den Nummern 1 bis 10040 mit einer nachweisstärkeren Methodik neu analysiert wurden, um auch

niedrige Gehalte an Arsen, Antimon und Bismut unter 0.1% quantitativ zu bestimmen (SAM 2,4, 361 ff.). Selbstverständlich sind dadurch alle früheren Werte dieser Elemente in den nachanalysierten Proben zu ersetzen (die Autoren von SAM 1 und SAM 2,1–3 haben sich ja selbst korrigiert), und es ist müßig, die Richtigkeit der älteren Werte zu diskutieren. Deshalb ist auch der Vergleich E. Černychs (*Gornoe delo i metallurgija v drevnejšej Bolgarii* [Sofija 1978] Abb. 2) zumindest für diese drei Elemente weitgehend irrelevant, weil er die neuen Werte nicht berücksichtigt. Das mag man diesem Autor vielleicht noch nachsehen, nicht aber Menke (1988), der den Band SAM 2,4 auch noch zitiert und trotzdem seine „Grenzwertreihen“ (zu diesem unglücklichen Begriff s. u.) nach den alten Ergebnissen orientiert. Auch Eckel erwähnt die neuen Analysen in SAM 2,4 mehrfach, spricht aber dennoch von einer hundertfach höheren Empfindlichkeit des Verfahrens von Černych, was nur stimmt, wenn man die neuen Analysen außer acht läßt. In Wirklichkeit sind alle Verfahren der Emissionsspektralanalyse mit dem Wechselstromabreißbogen etwa gleich empfindlich. Heute wird diese Methode übrigens zunehmend von der Anregung durch ein Argonplasma verdrängt, auch bei der Analyse von archäologischen Metallobjekten (z. B. V. Rychner, *Jahrb. SGUF* 69, 1986, 121–132; N. Trampuž-Orel u. a., *Archaeometry* 33, 1991, 267–277; A. R. Giunlia-Mair, *Archaeometry* 34, 1992, 107–119). Andere Untersuchungen, die die weitgehende Richtigkeit der Stuttgarter Analysen (B. S. Ottaway, *Schr. Sem. Urgesch. Univ. Bern* 7 [Bern 1982] 93 und Abb. 21; E. Pernicka, *Jahrb. RGZM* 31, 1984, 517–531) bestätigt haben, werden nicht erwähnt. Immerhin schließt sich der Verf. der Meinung Černychs (1978) an, daß die Daten für eine Materialklassifikation brauchbar sind (S. 18), wenn auch – wie der Autor richtig bemerkt – die Bismutwerte von Proben mit Arsen- und Antimongehalten von mehr als 0.1% weniger präzise sind, weil in solchen Fällen in Stuttgart keine Nachanalyse durchgeführt wurde.

Der zentrale Punkt ist bei Eckel – wie bei seinen Vorgängern – die Materialklassifikation aufgrund der chemischen Zusammensetzung. Hier stellt sich zunächst die Frage, welche Elemente man dafür verwenden soll oder kann. Traditionell werden die Elemente Arsen, Antimon, Silber, Nickel und Bismut herangezogen (Otto/Witter 1952, 41 ff.; S. Junghans/H. Klein/E. Scheufele, *Ber. RGK* 34, 1951–53 [1954] 77–114), aber es gibt auch andere Ansätze (L. Biek, *Man* 57, 1957, 72–76; Černych 1978; T. Berthoud, *Étude par l'analyse de traces et la modélisation de la filiation entre minerai de cuivre et objets archéologiques du Moyen-Orient* [IVème et IIIème millénaire avant notre ère]. Thèse Univ. Pierre et Marie Curie, Paris IV [Paris 1979]; Ottaway 1982). Otto und Witter (1952) begründeten diese Auswahl qualitativ mit erzkundlichen und technologischen Argumenten, die man aus heutiger Sicht durchaus geochemisch und metallurgisch untermauern kann (E. Pernicka, *Jahrb. RGZM* 34, 1987, 625 ff.). Es sind Elemente, die bei der Verhüttung das Kupfer begleiten und von denen man annehmen kann, daß sie nicht absichtlich zulegiert wurden. Somit ist zu erwarten, daß ihre Konzentrationen im Kupfer und ihre Verhältnisse untereinander das beste Abbild des Ausgangserzes liefern. Trotz aller sonstigen Vorbehalte schließt sich Eckel hier der Stuttgarter Auswahl ohne weitere Diskussion an, wobei aber anklingt, daß die anderen Elemente meist sowieso unter der Nachweisgrenze lägen, was zumindest für Blei und Zinn nicht richtig ist. Schließlich hat auch M. Menke (Studien zu den frühgeschichtlichen Metalldepots Bayerns. *Jahresber. Bayer. Bodendenkmalpfl.* 19/20, 1978/79 [1982], 5–305) Zinn als Klassifikationsmerkmal verwendet, allerdings ohne sich klarzumachen, daß er dadurch lagerstätten- und werkstattspezifische Merkmale vermischt.

Es ist das Ziel jeder Typologie, ähnliche Objekte in Gruppen zusammenzufassen und die Gruppen voneinander zu unterscheiden. Das Problem dabei ist, daß innerhalb der einzelnen Gruppen Varianten auftreten können, die einen fließenden Übergang zu einer anderen Gruppe bilden. Das ist in der Formenkunde nicht anders als bei der Materialtypologie. Die Materialtypologie hat aber einen Vorteil: Wenn die Prozesse, die die chemische Zusammensetzung eines Objektes beeinflussen, vom Zufall bestimmt sind, dann darf man bei einer entsprechend großen Anzahl eine Streuung jeder Elementkonzentration um einen Mittelwert erwarten, die der Gaußschen Normalverteilung ähneln sollte. Dies ist die Grundlage, auf der praktisch alle Versuche zur Materialklassifikation von Metallobjekten beruhen.

Am Anfang stand die graphische Häufigkeitsanalyse, die von H. Klein (Ber. RGK 34, 1951–53 [1954], 103 ff.) in die Urgeschichtsforschung eingeführt wurde. Seine Beschreibung der Methode ist immer noch unübertroffen hinsichtlich ihrer Prägnanz und Genauigkeit. Unter anderem stellte er auch klar und unmißverständlich fest, daß zur Auswertung „... die Analysenwerte in logarithmischem Maßstab einzutragen (sind). Das wird verständlich, wenn man bedenkt, daß nach dem für den Ablauf chemischer Reaktionen geltenden Massenwirkungsgesetz die Einflußgrößen, die die Analysenschwankung bedingen, nicht additiv, sondern multiplikativ miteinander verknüpft sind.“ Man kann gar nicht genug betonen, wie helllichtig diese Feststellung war, denn zu jener Zeit begann sich in der Geochemie die Erkenntnis durchzusetzen, daß Spurenelemente in Erzlagerstätten und in der Natur allgemein einer sogenannten lognormalen Verteilung unterliegen, d. h. daß man Normalverteilungen nur erhält, wenn man die Konzentrationen logarithmisch aufträgt. Zusätzlich wird bei der Kupfergewinnung das Verhalten der Spurenelemente durch Verteilungsgleichgewichte zwischen verschiedenen Phasen (z. B. Metall und Silikatschlacke) bestimmt, die wieder einem multiplikativen Zusammenhang unterliegen. Auch H. T. Waterbolk und J. J. Butler (Helinium 5, 1965, 227–251), deren Artikel merkwürdigerweise gar nicht zitiert wird, haben das erkannt (S. 231): „It is, however, important that the scale be not arithmetic but geometric; for it is only in the latter case, as experience shows, that Gaussian distributions appear at all.“

Fast alle anderen Forschergruppen auf diesem Gebiet gehen ebenfalls mehr oder weniger bewußt von einer logarithmischen Verteilung aus. Die Wiener Gruppe um Pittioni verstand ihre halbquantitativen Analysen als verschiedene Größenordnungen der jeweiligen Elementkonzentration (H. Neuninger/R. Pittioni/E. Preuschen, Arch. Austriaca Beih. 5, 1960, 4f.) und verwendete dadurch implizit eine logarithmische Klassifikation, auch wenn sich ihre ursprüngliche Annahme, daß jede Konzentrationsklasse etwa eine Größenordnung umfaßt, als nicht richtig erwies (H. Neuninger/R. Pittioni, Arch. Austriaca 31, 1962, 96 ff.; A. Christoforidis/E. Pernicka/H. Schickler, Jahrb. RGZM 35, 1988, 533–536). Selbst der von Eckel offenbar als unbestreitbare Autorität anerkannte E. Černych (1978, 20 Abb. 4) verwendet logarithmische Konzentrationsklassen, die jeweils eine Dekade umfassen (z. B. Klasse 4 entspricht 0,01–0,1 %). Das entspricht somit der Vorgehensweise von Waterbolk und Butler, wenn auch mit einem wesentlich größeren Raster. Angesichts dieser Sachlage ist es mehr als verwunderlich, daß Eckel zu diesem Thema nur die Dissertation von G. Sperl zitiert (Die Aussagekraft der chemischen Analyse antiker Kupferlegierungen [Leoben 1970]), der zwar auch von einer lognormalen Verteilung der Konzentrationswerte ausging, aber offenließ, ob vielleicht auch ein linearer Maßstab verwendet werden könnte. Eckels Aussage „Es ist neben Sperls Aufsatz keine Literatur bekannt, die eine log-Verteilung verlangt“ (S. 41) kann daher eigentlich nur auf ihn selbst zutreffen. Dabei ist es fast rührend zu beobachten, wie er sich auf sechs Seiten (S. 37–42) meist vergeblich bemüht, die Elementkonzentrationen in den von ihm gefundenen Gruppen an eine Gaußkurve anzupassen, um schließlich die Schuld bei anderen zu suchen: „Eine systembedingte Meßungenauigkeit bei höheren Prozentzahlen scheint die sonst gute Übereinstimmung mit der Gauß’schen Glockenkurve zu stören“ (S. 42). Er erwähnt zwar kurz, daß er auch versucht habe, mit einer logarithmischen Verteilung zu arbeiten, aber kein befriedigendes Ergebnis erhalten habe. Zum Vergleich sei auf *Abb. 1* hingewiesen, die die Verteilung von Nickel im Konzentrationsbereich von mehr als 0.1% in Barren des Horts von München-Luitpoldpark nach der vorliegenden Arbeit und in logarithmischer Darstellung zeigt.

So erstaunlich die bisher offenbaren Lücken in der relevanten – wohlgermerkt, archäologischen – Literatur sein mögen, sie werden noch übertroffen im Bereich der Gruppenbildung. Der Verf. sucht nach Materialklassen, indem er die Konzentrationen von jeweils zwei Elementen in Diagrammen (von ihm unnötigerweise „Varianzdiagramme“ genannt; F. Bertemes [1989] nennt sie sogar „Differenzialdiagramme“) aufträgt und optisch entscheidet, ob eine oder mehrere Gruppen vorliegen. Diese Vorgangsweise ist im Prinzip akzeptabel, aber weder neu noch die beste. Sie wurde bereits von H. Klein (1954, 109 ff.) angewandt, worauf vor kurzem M. Schröder (Fundber. Baden-Württemberg 16, 1991, 1–26) wieder aufmerksam gemacht hat. Implizit

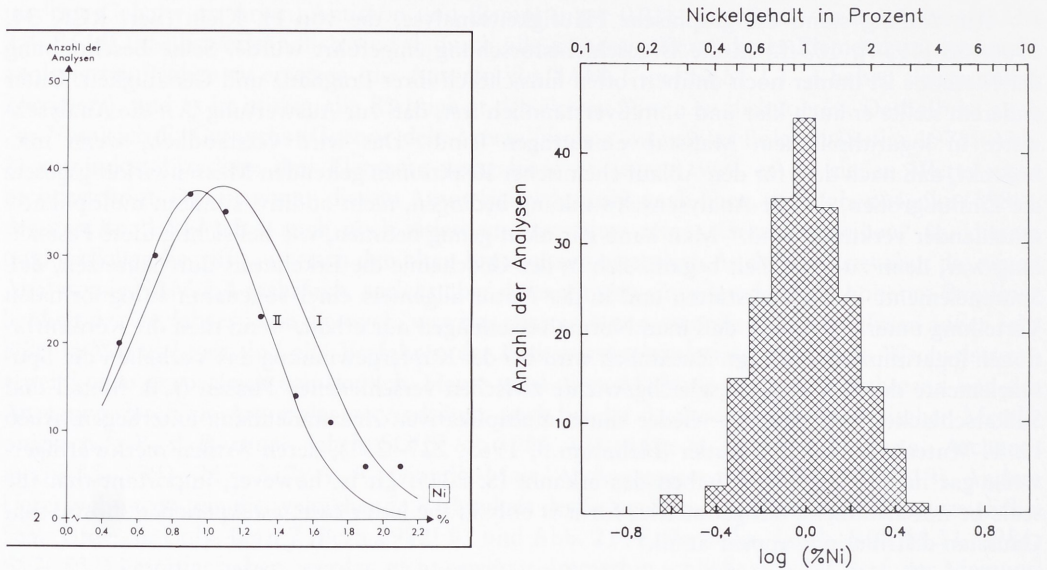


Abb. 1. Vergleich der Nickelverteilung in Barren aus dem Hortfund von München-Luitpoldpark (Materialklasse II nach Eckel) in linearer (links, aus Eckel 1992, Abb. 12,2) und logarithmischer (rechts) Darstellung. In der linearen Darstellung ist eine deutliche Abweichung von der Normalverteilung, v. a. bei höheren Gehalten, festzustellen (die Kurven I und II sind zwei verschiedene Anpassungsversuche durch den Verf.), während sich in der logarithmischen Darstellung eine fast symmetrische Verteilung ergibt.

ist sie auch im „Stammbaum“ von SAM 2 enthalten, denn dieser beginnt ja mit einer Kombination der Arsen- und Antimonkonzentrationen zur Klassifikation von Metallanalysen. Diese Primärklassifikation hätte man ebensogut in einem Diagramm darstellen können (E. Pernicka, *Jahrb. RGZM* 37, 1990, Abb. 37). Ähnliche Diagramme verwendete R. Krause (*Die endneolithischen und frühbronzezeitlichen Grabfunde auf der Nordstadterrasse von Singen am Hohentwiel. Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg* 32 [Stuttgart 1988] 181 ff.) auf Anregung des Rez., allerdings nur, um die Ergebnisse der Clusteranalyse anschaulich darzustellen. Durch die Anwendung dieser Methode kam er nämlich zu einer anderen und weitergehenden Gliederung der Analysen, die sich im Rahmen einer Horizontalstratigraphie des Gräberfeldes archäologisch gut interpretieren ließ. Eckel scheint diese Arbeit zu kennen, denn sie wird im Fundkatalog zitiert. Allerdings werden die dort vorgebrachten Argumente und Methoden zur Klassifikation von Metallanalysen schlicht ignoriert.

Der entscheidende Nachteil der Klassifikation aufgrund von Diagrammen ist nämlich, daß immer nur zwei Elemente gleichzeitig betrachtet werden können, während die Clusteranalyse dieser Beschränkung nicht unterliegt. Bei dieser Methode wird ein eindeutig definierter Abstand von jeder Probe zu jeder anderen berechnet und die Proben anschließend anhand dieser Abstände gruppiert. Im Grunde genommen ist es derselbe Prozeß, der im menschlichen Gehirn bei Betrachtung eines Diagramms abläuft. Aus diesem Grund wird die Clusteranalyse auch von Mathematikern als heuristisch, d. h. nicht streng logisch begründet, bezeichnet. Die Abstandsrechnung im Gehirn, vermittelt über das Sehvermögen, ist aber dreidimensional begrenzt. Dagegen können mit Hilfe der Clusteranalyse beliebig viele Variable gleichzeitig betrachtet werden. Sie wurde entwickelt aus dem Bedürfnis, viele Objekte anhand mehrerer qualitativer oder quantitativer Eigenschaften zu klassifizieren (R. R. Sokal/P. Sneath, *Principles of Numerical Taxonomy* [San Francisco 1953]). Sie stand in den sechziger Jahren noch am Anfang ihrer Entwicklung – vor allem in der Biologie – und kam erst zur vollen Entfaltung durch die Fortschritte auf dem Gebiet der Computertechnologie. Mit der Entwicklung immer schnellerer Analysemethoden, die immer größere Datenmengen produzieren, hat die Clusteranalyse auch Eingang in die

analytische Chemie gefunden und ist dort Bestandteil eines neuen, „Chemometrie“ genannten, interdisziplinären Forschungszweiges. Man kann deshalb den Autoren der SAM-Studie keinen Vorwurf machen, daß sie diese Methode nicht angewandt haben. Vermutlich hätte H. Klein sogar damit Versuche unternommen, wenn er dem Projekt verbunden geblieben wäre. So blieb es F. R. Hodson (World Arch. 1, 1969, 90–105) vorbehalten, diese Klassifikationsmethode erstmals auf Metallanalysen modellhaft anzuwenden. Ein gewisses Problem der Clusteranalyse besteht darin, die Ergebnisse der vieldimensionalen Klassifikation in zwei Dimensionen anschaulich darzustellen. Meist werden dazu sogenannte Dendrogramme verwendet. Man kann auch aus den verwendeten Variablen neue (sogenannte „kanonische“) berechnen, die die Struktur des Datensatzes optimal wiedergeben. In vielen Fällen ist aber auch die Darstellung in Histogrammen oder Diagrammen der ursprünglichen Variablen hilfreich.

So gesehen ist die von Waterbolk und Butler (1965) vorgeschlagene Methode der Darstellung in der Form mehrerer übereinandergestellter Histogramme verschiedener Elemente besser geeignet, um die Zusammensetzung einer Materialgruppe auf einen Blick zu erfassen, als die Darstellung in mehreren Diagrammen. Waterbolk und Butler verwendeten allerdings ihre Darstellung auch zur Gruppenfindung, ohne zu erkennen, daß es sich um exakt dieselbe Methode der Häufigkeitsanalyse wie die von H. Klein (1954) vorgeschlagene handelt, garniert mit einem Schuß Subjektivität, was die Definition und Klassifikation von Grenzfällen betrifft. Dies hat auch Härke (1978, 235) schon erkannt, dessen Übersicht über die verschiedenen Versuche zur Gruppierung von Kupferanalysen zur archäologischen Auswertung wesentlich vollständiger und treffender ist als die vorliegende. Vor allem wies er u. a. schon auf die Möglichkeit der Anwendung der Clusteranalyse hin und auf die wichtige Rolle des Bearbeiters bei der Interpretation, der entscheiden muß, in wie viele Gruppen der Datensatz sinnvollerweise aufgeteilt werden kann. Deshalb gehen alle anklagenden Bemerkungen ins Leere, die sich durch die Literatur zur Gruppierung von Metallanalysen ziehen und von Eckel im Jahre 1992 (S. 93) wiederholt werden, nämlich daß der Rechner „mechanisch über Grenzen zwischen einzelnen Materialgruppen“ entscheide. Anklänge an die Maschinenstürmer aus dem vorigen Jahrhundert sind hier unverkennbar. Es geht aus dem Text nicht eindeutig hervor, ob Eckel selbst einen Rechner verwendete. Einerseits vermerkt er auf S. 28 etwas spitz, daß die erste Gruppierung von 400 Analysen durch H. Klein (1954) ohne Benutzung eines Rechners erstellt wurde (die ersten Großrechner, die weit weniger leisteten als heute ein gewöhnlicher PC, kamen erst in den sechziger Jahren auf den Markt), und andererseits beklagt er auf S. 77, daß die Suche nach Vergleichsanalysen ohne Rechner mühsam wäre. Jedenfalls bleiben die Entscheidung und auch die Verantwortung über die Art und Weise, wie und wieviele Gruppen gebildet werden – unabhängig davon, ob er einen Rechner benutzt oder nicht – immer beim Bearbeiter. Ein Rechnerprogramm zwingt aber zu einer Formalisierung der Prozedur, die damit im Gegensatz zu Eckels Methode nachvollziehbar und überprüfbar wird.

In Stuttgart begann man 1960, die Analysenwerte auf Lochkarten zu übertragen. 1962 konnte man bereits Materialgruppen auf der Basis von 12000 Analysen aufstellen (Schröder 1991, 16). Diese Pionierleistung wurde aber keineswegs anerkannt, sondern sogar noch kritisiert. So bemängelte Menke (1982, 153), daß die höhere Zahl von Analysen zu einer Umgruppierung des Analysenmaterials führte, weil dann wohl jedem Interpretationsversuch der Charakter des Unverbindlichen anhafte. Läßt man einmal die hier sich abzeichnenden wissenschaftstheoretischen Untiefen außer acht, dann ist dazu nur zu bemerken, daß jede Klassifikation von der betrachteten Grundgesamtheit abhängt. So gesehen hängt der ganzen Vorgeschichtsforschung „der Charakter des Unverbindlichen“ an. Man bedenke nur, welche Veränderungen ein einziger neuer Fundkomplex wie Varna oder der Königsfriedhof von Ur mit sich brachten. Wenn es in Stuttgart möglich gewesen wäre, hätte man den gesamten Datensatz von annähernd 22000 Analysen ebenfalls neu klassifiziert, und zum Entsetzen mancher Kritiker hätten sich ganz sicher wieder Änderungen ergeben. Vieles hätte aber auch Bestand gehabt wie etwa das für die Frühbronzezeit so typische Fahlerzmetall. Vielleicht hätte man auch die „Stammbaum“-Gruppen C2, C2A/B, C2C und C2D ganz oder teilweise wieder zusammengeführt, wie es aus heutiger Sicht

angebracht erscheint (s. u.). Die meisten Kritiker betrachteten offensichtlich den „Stammbaum“ nicht als Interpretation der Daten, sondern als Naturgesetz. Eine Interpretation kann bekanntlich verbessert oder durch eine andere ersetzt werden, wenn man dafür gute Gründe hat. Statt dessen blieb die Kritik oft in kleinlichen Details stecken, wie ebenfalls schon Härke (1978, 216) erkannt hatte. 1990 wurde die abgebrochene Auswertung der Stuttgarter Daten in einem neuen Projekt am Landesdenkmalamt Baden-Württemberg wieder aufgenommen, um eine neue Klassifikation mit multivariaten Methoden zu erstellen. Zusätzlich wird die archäologische Information über die beprobten Objekte ergänzt und eine Möglichkeit für eine rechnergestützte Kartierung entwickelt (P. Rau/B. Willing, Arch. Korrb. 21, 1991, 357–367; E. Pernicka, Jahrb. RGZM 37, 1990, 21–129, hier 89 ff.).

Es ist nicht nur äußerst verwunderlich, sondern gibt auch Anlaß zum Nachdenken, daß Eckel im Kapitel über die Analysetechnik Härke (1978) so ausgiebig zitiert, und im Kapitel über die Materialklassifikation überhaupt nicht. Geradezu merkwürdig ist ein Hinweis auf A. Boomert (*Helinium* 15, 1975, 134–161) in einem Zusammenhang mit der Zunahme spektralanalytischer Untersuchungen im Gefolge von W. Witters Forschungen (S. 8). Wie schon der Titel von Boomerts Artikel deutlich ausdrückte, wurde ein Beitrag zur Klassifikation von Metallanalysen – und zwar mit Hilfe der Clusteranalyse – vorgestellt, aber keine einzige neue Analyse. Man gewinnt den Eindruck, daß Eckel eine Diskussion oder auch nur eine Erwähnung der Clusteranalyse oder irgend einer anderen Form der multivariaten Datenanalyse fast zwanghaft meidet, und kann über die Gründe dafür nur spekulieren. Das unter Archäologen verbreitete diffuse Unbehagen über die Anwendung mathematischer Methoden (Boomert 1975, 136; Härke 1978, 234; 239) scheint bei ihm keine Rolle zu spielen, denn er gibt gleich zweimal die mathematische Formulierung der Normalverteilung an (S. 29; 37) und diskutiert diese auch ausgiebig. Damit ist er immerhin schon einen Schritt weiter als Menke (1982, 168), der noch ausdrücklich versuchte, „Gruppierungen ohne mathematisch-statistische Klassifizierung“ zu erkennen und dann eine ganz gewöhnliche (statistische) Häufigkeitsanalyse durchführte, allerdings ohne graphische Darstellung und formale Festlegungen, sozusagen „über den Daumen gepeilt“. Außerdem verwendete er für die Spannweite (Differenz zwischen den Extremwerten eines Datensatzes) den aus mehreren Gründen irreführenden Begriff „Grenzwert“ (Eckel nennt dagegen – ebenso unrichtig – die Extremwerte eines Datensatzes „Grenzwerte“), der fälschlicherweise an den zentralen Grenzwertsatz der Wahrscheinlichkeitstheorie erinnert. Dieser Satz besagt, daß für eine große Anzahl von Beobachtungen die Verteilungsfunktion einer Summe unabhängiger Zufallsvariablen als Normalverteilung betrachtet werden kann, auch wenn die Verteilungsfunktion der einzelnen Zufallsvariablen nicht bekannt ist. Deshalb spielt die Normalverteilung in der Praxis eine solch wichtige Rolle. Zusätzlich hat die Normalverteilung prinzipiell keine „Grenzwerte“. Signifikant ist nur die Standardabweichung einer Verteilung, deren Quadrat als Varianz bezeichnet wird.

Obwohl Menkes Studie über die frühgeschichtlichen Metalldepots Bayerns erst 1982 erschien, kann man ihm vielleicht nicht vorwerfen, daß er die Arbeit von J. J. Butler (1978) mit dem bezeichnenden Titel „Rings and Ribs: The Copper Types of the „Ingot Hoards“ of the Central European Early Bronze Age“ nicht kannte, die seiner Klassifikationsmethode wesentlich voraus war. Zur Klassifikation verwendete Butler nämlich ein multivariates Verfahren – die Average-Link-Clusteranalyse – und zur Darstellung der chemischen Zusammensetzung der so identifizierten Gruppen die Methode von Waterbolk und Butler (1965) mit Histogrammen. Aber Eckel muß man diesen Vorwurf machen, denn von Butler wurden z. T. die gleichen Hortfunde als Ausgangspunkte einer Materialklassifikation herangezogen. Dieser Artikel ist daher nicht nur methodisch, sondern auch bezüglich des untersuchten Fundmaterials höchst relevant. Er hätte deshalb zumindest im Kapitel 3 (Ältere Versuche zur Gruppenfindung) diskutiert werden müssen. Dies hätte vielleicht auch zu Reflektionen über die eigene Vorgehensweise Anlaß gegeben. Statt dessen werden Vergleiche nur mit den Gruppierungen der drei „klassischen“ Studien (Otto/Witter; Pittioni; SAM) und mit Menkes (1982) Versuch zur Neuklassifikation angestellt. Neuere Versuche mit modernen Methoden der Datenanalyse werden nicht erwähnt.

Unter den Kritikern der Ergebnisse des SAM-Projektes steht Eckel mit solch selektiver Literaturauswahl offensichtlich nicht alleine. Sein Kollege Bertemes (1989) vom selben Institut beschäftigte sich sehr kritisch und z.T. unsachlich damit (so nennt er z.B. SAM das „Stuttgarter Millionenprojekt“) und zitiert im Gegensatz zu Eckel Waterbolk und Butler (1965) als Beleg für seine Kritik, geht aber ebenfalls nicht auf deren methodischen Inhalt ein. Danach gruppierte er, ähnlich wie Eckel, die Analysen der Metallfunde von Gemeinlebern anhand von Diagrammen mit linearem Maßstab, ohne aber A. Boomert (1975) zu zitieren, der fast denselben Datensatz (Boomert verwendete 163 Analysen aus SAM 2,3, Bertemes rund [sic!] 171) schon einmal mittels Clusteranalyse untersuchte und eingehend diskutierte. Interessanterweise trennen sowohl Bertemes als auch Boomert das Fundmaterial vor der Klassifikation zuerst in zinnfreie und zinnhaltige Proben; durchaus legitim, aber eine erstaunliche Koinzidenz, wenn man unterstellt, daß Bertemes Boomerts Artikel nicht kennt.

Im Grunde genommen wird jetzt offenbar eine Variante der Kritik an der SAM-Studie wiederholt, die in Amsterdam bereits in den siebziger Jahren abgeschlossen war, nämlich, daß man nicht wie in Stuttgart „alles in einen Topf“ (Waterbolk/Butler 1965, 230) werfen dürfe, sondern die Materialtypologie nur an archäologisch definierten Einheiten durchführen sollte. Diese Forderung ist verständlich, wenn man berücksichtigt, daß alle Vertreter dieses Argumentes ein gewisses Unbehagen gegenüber statistischen Methoden empfanden und dazu neigten, der typologischen Klassifikation grundsätzlich eine Vorrangstellung einzuräumen.

Wieder hat schon Härke (1978, 238) erkannt, daß bei der „...Beschränkung auf archäologische Gruppen *a priori* eine Entscheidung fällt, die aus der Schlußfolgerung schnell einen Zirkelschluß werden läßt.“ Wenn zahlenmäßig signifikante Gruppen überhaupt vorhanden sind, dann müssen sie auch in einer Häufigkeitsanalyse identifizierbar sein (auch in einem „großen Topf“), wobei die größte Treffsicherheit die multivariate Datenanalyse bietet. Es gibt allerdings praktische Gründe, die Zahl der zu klassifizierenden Objekte zu begrenzen: Einerseits ist der Rechenaufwand bei größeren Datenmengen erheblich (er wächst etwa mit dem Quadrat der Probenzahl bei den sogenannten hierarchischen Methoden), und andererseits ist die Identifizierung der Gruppen umso schwieriger – und damit der gegebenenfalls notwendige Rechenaufwand umso größer –, je mehr „Streudaten“ oder Gruppenüberlagerungen auftreten. Es kann deshalb durchaus sinnvoll sein, das Fundmaterial vor der Materialklassifikation z.B. nach geographischen Gesichtspunkten aufzuteilen, wobei aber die Einheiten nicht zu klein gewählt werden sollten. Denn wenn man z.B. ein Gräberfeld als Einheit wählt, dann stellt sich am Ende immer die Frage, wie sich dieses Material nun mit einem anderen Gräberfeld derselben Region vergleichen läßt und welche Unterschiede etwa zwischen verschiedenen Regionen bestehen. Dann betrachtet man immer neue Grundgesamtheiten und müßte genau genommen immer neue gemeinsame Klassifikationen durchführen. Das bedeutet nicht, daß sich im Mikrobereich (Gräberfeld, Siedlung oder gar Grabkontext) nicht kulturhistorisch interessante Erkenntnisse gewinnen ließen (siehe etwa Krause 1988 oder Bertemes 1989), aber da man in der Regel davon ausgehen kann, daß Metall oft über weite Strecken transportiert (verhandelt?) wurde, kommt der überregionale Aspekt fast zwangsläufig zum Tragen. Dann erweist sich oft die Materialtypologie eines kleinen Datensatzes als unzureichend. Genau das geschah z.B. beim Übergang von SAM 1 zu SAM 2, so daß man folgerichtig eine neue Klassifikation einführte. Diese wurde am damaligen Gesamtdatensatz durchgeführt, während die Diskussion der Ergebnisse zeitlich und räumlich gegliedert war (SAM 2,1). Diese methodisch völlig korrekte, deduktive Vorgehensweise führt bei klar erkennbaren Strukturen im wesentlichen zum gleichen Ergebnis wie die etwas umständlichere induktive, die von kleineren Einheiten ausgeht (s. o).

Eckel hat vor der Materialtypologie ein formtypologisches Auswahlkriterium gewählt und zwar von einer Form, die einer herkömmlichen weiteren typologischen Gliederung vollkommen abhold ist. Demnach stellt er auch lapidar fest (S. 115): „Für die Ösenringbarren ist eine Formtypologie kaum zu erstellen.“ Bei den Rippen- oder Spangenbarren lehnt er sich an die Zweiteilung von L. Hájek (Pam. Arch. 45, 1954, 115–192 hier 144) und von F. Stein (Katalog der vorgeschichtlichen Hortfunde in Süddeutschland. Saarbrücker Beitr. Altde. 24 [Bonn 1979])

an. F. Moosleitner, H. Neuninger und R. Pittioni (Arch. Austriaca 53, 1973, 30–46) kamen etwas weiter, werden aber vom Verf. nicht zitiert. Dennoch liegt offenbar ein formenkundlich weitgehend einheitliches Material vor, das nun in seiner Gesamtheit einer Materialtypologie zugeführt werden könnte und auch bereits wurde (Christoforidis/Pernicka/Schickler, Jahrb. RGZM 35, 1988, 533–536). Statt dessen führt Eckel noch ein weiteres Vorauswahlkriterium ein, nämlich den Fundort. Er versucht, die Spangenbarren anhand von sechs einzelnen Hortfunden zu klassifizieren, wobei jeder Hortfund gesondert behandelt wird. Ebenso wurde bei den Ösenringbarren verfahren. Hier wurden 13 Horte mit 1438 Analysen (S. 62; auf S. 31 werden allerdings 15 Horte mit 1492 Analysen genannt), also nur etwa die Hälfte aller analysierten Ösenringbarren zur Klassifikation herangezogen. Ein Grund dafür wird nicht genannt und ist auch nicht zu erschließen, denn nach dieser getrennten Klassifikation führt Eckel alle Ergebnisse doch wieder zusammen und versucht eine gemeinsame Materialtypologie der Spangen- und Ösenringbarren aufzustellen. Es ist zu vermuten, daß seine graphische Häufigkeitsanalyse „nach Gefühl“, d. h. ohne formalisierte Prozedur, nur bei kleinen Einheiten praktisch durchführbar ist und daß der Verfasser sich nur so dem doch recht umfangreichen Material nähern konnte. Daß er dabei nur das Offensichtliche erkannte, was schon lange bekannt ist, liegt auf der Hand.

So „identifiziert“ er neuerlich das Fahlerzmetall (Materialklasse A/I), das schon Otto und Witter (1952) besonders häufig in Ösenhalsringen gefunden hatten und das in SAM 2 vor allem in den Gruppen C2 und C2C zu finden ist. Daß diese Materialsorte nach dem Stuttgarter „Stammbaum“ – verglichen mit den anderen Materialgruppen – wahrscheinlich zu stark aufgefächert wird, ist schon mehreren Autoren aufgefallen (Boomert 1975; Butler 1978; Vandkilde 1990). Aber selbst in SAM 2 werden die Gruppen C2, C2A/B, C2C und C2D immer gemeinsam diskutiert, und es ist offensichtlich, daß sie als eng verwandt angesehen werden.

Zum Problem der Herkunft dieser Materialsorte vermag Eckel auch keine neuen Erkenntnisse beizusteuern. Das ist zugegebenermaßen schwierig, weil ihr Hauptverbreitungsgebiet in Niederösterreich und Südmähren liegt, und die großen Kupfervorkommen in Mitteleuropa (Ostalpen, Slowakisches Erzgebirge, Thüringen/Sachsen, Harz, Hessen) davon etwa gleich weit entfernt sind. Dementsprechend wurden zumindest die ersten drei schon wiederholt jeweils als Herkunftsgebiete vorgeschlagen bzw. „eindeutig identifiziert“. Es wäre aber schon möglich gewesen, zumindest über die Feststellung von Otto und Witter (1952) hinauszugehen, daß in den Tiroler und Schweizer Fahlerzlagerstätten keine silberreichen Fahlerze gefunden worden seien. Das war schon damals nicht richtig, weil nämlich die technische Entwicklung der Silbergewinnung aus Fahlerzen des Unterinntals – vor allem rund um Schwaz (A. Nöh, 525 Jahre Schwazer Bergbau [Schwaz 1948]) – den Aufstieg Tirols im ausgehenden Mittelalter begründete und in der Folge die wirtschaftliche Basis für Macht und Reichtum der Fugger war (L. Suhling, Der Seigerhüttenprozeß [Stuttgart 1976] 16 ff.; E. Egg, Das Wirtschaftswunder im silbernen Schwaz. Leobener Grüne Hefte 31 [Wien 1958]). Das ist einfach allgemeines Wissensgut (z. B. Brockhaus Enzyklopädie [Mannheim 1989] Bd. 8 s. v. Fugger; Bd. 22 s. v. Tirol). Selbstverständlich gibt es auch in der Slowakei (M. Koděra [Hrsg.], Topografická Mineralógia Slovenska [Bratislava 1990]) und anderswo silberreiche Fahlerze, denn Fahlerze gelten in Kupferlagerstätten generell als die wichtigsten Silberträger. Für Eckel dagegen sind „Nachweise außermitteldeutscher Erzvorkommen (dieser Art; Einfügung vom Rez.) ausgeblieben“ (S. 116).

Insgesamt findet Eckel vier zahlenmäßig größere Gruppen in allen 4107 von ihm untersuchten Analysen und vier kleinere. Es lohnt sich nicht, sie im Detail zu diskutieren oder mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen zu vergleichen. Eckel geht bei der Zuordnung von einer Normalverteilung aus und leitet davon „innere Grenzwerte“ ab, d. h. Streubereiche, die 80 % der Fläche unter der angenommenen Normalverteilung umfassen. Die Idee ist im Prinzip richtig, daß bei Verwendung der Extremwerte der einzelnen Materialgruppen eine Einordnung von neuen Analysen erschwert wird, weil es dadurch zu vielen Überlappungen kommt. Da aber die Grundannahme einer Normalverteilung falsch ist, sind es eben auch seine „inneren Grenzwerte“. Vernünftiger wäre es gewesen, sogenannte nichtparametrische Größen wie den Median und Interperzentilbereiche zu verwenden, bei denen man keinerlei Annahmen über die Vertei-

lung der Analysenwerte zu machen braucht. Bei sehr gut erkennbaren Materialgruppen wie etwa dem Ösenringmetall macht das kaum etwas aus. Zu deren Erkennung reichten sogar die halbquantitativen Analysen der Wiener Gruppe um R. Pittioni und H. Neuninger aus. Bei weniger gut abtrennbaren Gruppen fällt der Unterschied aber mit Sicherheit ins Gewicht.

Das wird offensichtlich, wenn Eckel sogenannte Mischklassen definiert, die er einerseits als besser raffiniertes, wiederverwendetes Metall erklärt (seine Klasse III soll so aus Klasse II hervorgegangen sein) oder als Mischung von Altmaterial (von seinen Klassen I und III). Viel eher hat man es hier mit überlagerten Materialgruppen zu tun, die auch auf verschiedenen Ausgangserzen beruhen können. Die Hypothese der Reinigung von Material der Klasse II durch Raffination ist unwahrscheinlich, weil es sehr schwierig ist, Nickel oder gar Silber von Kupfer auf diesem Weg zu trennen. Die Hypothese einer Vermischung von Altmetall ist aufgrund der Analysen nicht von der Alternativinterpretation verschiedener Mineralmischungen (i. e. Erzen) zu unterscheiden. Ein Nachweis für die Wiederverwendung von Altmetall ist entgegen Eckels Behauptung damit nicht erbracht.

Abschließend sei noch auf die relativ hohe Zahl von Druckfehlern hingewiesen, die dem Verfasser zumindest die moralische Grundlage entziehen, mehrmals und eindringlich auf die Möglichkeit des Auftretens von Druckfehlern in den SAM-Bänden hinzuweisen. Niemand ist bekanntlich vor dem Druckfehlerteufel gefeit, aber vermutlich sind in dem vorliegenden Werk von 162 Seiten mehr Druckfehler enthalten (darunter auch ergötzliche, wie z.B. „Supenelemente“ statt „Spurenelemente“, S. 75) als in allen SAM-Bänden zusammen. Es ist im Grunde genommen sogar erstaunlich, daß bei den vielen Zahlen der SAM-Studie bisher so wenige Druckfehler gefunden wurden, selbst wenn man die gedruckte Information mit den handschriebenen Originaldaten vergleicht, wie es etwa in dem oben angesprochenen Projekt geschah (Rau/Willing 1991). Jedenfalls sollten die dunklen Andeutungen Eckels niemanden dazu verleiten, die SAM-Daten etwa als unzuverlässig zu betrachten, oder gar davon abzuhalten, sie für eigene Interpretationen zu verwenden. Insgesamt läßt sich die vorliegende Arbeit wohl am besten als ein individueller, aktiver Lernprozeß beschreiben, der die Diskussion der letzten Jahrzehnte über Analysen archäologischer Metallobjekte teilweise nachholt, aber den derzeitigen Stand bei weitem nicht erreicht. Das Werk war bereits bei Erscheinen überholt und wird deshalb auch die gegenwärtigen Diskussionen und neuen Ansätze kaum beeinflussen.

D-69029 Heidelberg
Postfach 103980

Ernst Pernicka
Max-Planck-Institut für Kernphysik