

Anfänge der Kupfermetallurgie

Wie Gold und Silber kommt auch Kupfer in der Natur nicht selten als gediegenes Metall vor. Schon vor 10000 Jahren hat man es in Vorderasien gelegentlich zu Werkzeugen verarbeitet. In Europa jedoch wurden Kupfererze bergmännisch abgebaut und verhüttet, auch im Alpenraum.

von **Ernst Pernicka**

In den Alpen ist gediegenes Kupfer selten. Die ersten Funde tauchen zwar bereits gegen Ende des 5. Jt. v. Chr. auf, doch hat man das Metall, aus demen sie angefertigt wurden, nicht in gediege-

senen Gefäß, in dem ein Überschuss an Holzkohle vorhanden ist. Das Gefäß kann ein einfacher Tiegel sein, der mit Holzkohle bedeckt ist; aber wesentlich effizienter ist eine Ofenkonstruktion.



Bronze lässt sich gießen und somit leicht zu den verschiedensten Geräten und Schmuckstücken verarbeiten. Experimenteller Bronze-guss an der Universität Frankfurt 2007 durch Frank Trommer, Blaubeuren.

In Öfen konnte man am einfachsten die notwendigen reduzierenden Bedingungen und hohen Temperaturen erzielen, um metallisches Kupfer aus dem Erz zu gewinnen. Reste von Kupferverhüttungs-öfen aus Jochberg bei Kitzbühel, mittlere Bronzezeit.

ner Form vorgefunden, sondern mühevoll aus Erzen gewonnen. Da Kupfer ein relativ edles Metall ist, kann es relativ leicht aus seinen Oxiden und Karbonaten mit Holzkohle reduziert werden. Dafür sind hohe Temperaturen nötig, denn nur im flüssigen Zustand verlaufen die chemischen Reaktionen schnell genug, dass sich das Metall vom Nebengestein trennen lässt.

Kupferschmelze, ein komplexer Prozess

Kupfer schmilzt bei 1084 °C, die sich aus dem Nebengestein bildende Schlacke bei etwa 1200 °C. Damit die Umwandlung in reines Metall gelingt, muss die Sauerstoffzufuhr unterbunden und gasförmiges Kohlenmonoxid erzeugt werden. Solche so genannten reduzierenden Bedingungen herrschen in einem geschlos-

Schmelzöfen mit einem Durchmesser von 50 bis 70 cm wurden im Alpenraum an mehreren Stellen gefunden. Sie stammen wohl mehrheitlich aus der späten Bronzezeit, aber auch frühere Datierungen sind möglich.

In den Alpen kommt Kupfer vorwiegend in Form von Kupfer-Eisen-Sulfiden vor. Das wichtigste Mineral ist der Chalkopyrit oder Kupferkies (CuFeS_2). Dementsprechend enthalten die Schlacken, die wir an den Verhüttungsplätzen finden, in der Regel eine große Zahl von Sulfideinschlüssen. Aus diesem alpenländischen Erz kann nicht auf direktem Weg durch einfache Reduktion wie oben beschrieben Kupfermetall gewonnen werden. Hier muss zuerst der störende Schwefel durch einen oxidierenden Prozess, das so genannte Rosten, entfernt werden. Das geschah in der Bronzezeit

auf Holzscheitern, die von einer niedrigen Steinlage umgeben waren, wie bei archäologischen Ausgrabungen nachgewiesen werden konnte. Diese Röststadel wurden einfach angezündet, und das Erz »verbrannte« bei einer Temperatur, die unterhalb vom Schmelzpunkt des Kupfers lag. Erst anschließend konnte das so aufbereitete Erz im Schmelzofen reduziert werden, wobei die verbliebenen Schwefelreste einen Teil des Kupferbanden und den so genannten Kupferstein bildeten, der sich weder mit der silikatischen Schlacke noch mit dem Metall mischte. Kupferstein kann entweder weiter geröstet (in der Sprache der Hüttentechnologie »verblasen«) oder zusammen mit frisch geröstetem Erz neuerlich in den Schmelzöfen geschickt werden.

Tastende Versuche der Schmelzer im Neolithikum

Das Erz der meisten alpinen Kupferlagerstätten enthält erhebliche Anteile an unerwünschten Elementen, die bei der Verhüttung in das Metall gelangen und zusätzliche Komplikationen verursachen. Es sind dies neben Nickel vor allem Arsen und Antimon, die in den so genannten Fahlerzen vorkommen. In der modernen Hüttentechnologie gelten beide Begleitelemente als ausgesprochen unangenehm, weil sie die Eigenschaften des Kupfers für die modernen Anwendungen verschlechtern, und weil sie bei der





Verhüttung zusätzliche Mineralphasen bilden, die die Ausbeute verringern und schwer weiterzuverarbeiten sind.

Dennoch scheinen gerade diese Erze in den Alpen zuerst das Interesse der Menschen geweckt zu haben. Denn der früheste Nachweis für Kupfergewinnung stammt dort aus der neolithischen Münchshöfener Kultur. Auf dem Mariahilfberg in Brixlegg in Tirol wurden geringe Mengen von Kupferschlacke gefunden, die erhebliche Mengen an Antimon enthalten. Sie zeigen, dass die Fahlerzlagerstätten zwischen Brixlegg und Schwaz zumindest bekannt waren. Die wenigen Kupferfunde aus dieser Periode enthalten aber nur sehr wenig Antimon, und es konnte gezeigt werden, dass sie mehrheitlich aus Südosteuropa stammen. Vielleicht handelt es sich daher beim Mariahilfberg um das Dokument eines frühen Versuchs der Fahlerzverhüttung, der möglicherweise nicht die gewünschten Ergebnisse erbrachte. Zweitausend Jahre später, in der frühen Bronzezeit, wurden diese Lagerstätten aber bereits im großen Stil genutzt, wie Ösenhalsringe mit typischer Fahlerzzusammensetzung

(2 bis 4% Antimon und 1 bis 2% Arsen) zeigen. Funde aus dem bayrischen Voralpengebiet konnten mittels der Bleiisotopenmethode den Lagerstätten im Inntal zugewiesen werden.

Legierungen für den praktischen Gebrauch

Eine andere Kupfersorte dominiert im 4. Jt. v. Chr., nämlich arsenreiches Kupfer. Ein Beispiel dafür ist das Kupferbeil der Eismumie vom Hauslabjoch (»Ötzi«), aber solches Arsenkupfer ist auch typisch für die Kuperzeit wie Mondsee, Altheim und Baden. Es handelt sich um eine »natürliche« Legierung, die nicht durch das Zusammenschmelzen von zwei oder mehr Metallen hergestellt wurde, um die Werkstoffeigenschaften gezielt zu verändern.



Archäologische Ausgrabungen am Mariahilfberg bei Brixlegg. Dort wurde im Neolithikum an der Wende vom 5. zum 4. Jt. v. Chr. erstmals Kupfer verarbeitet.

Fahlerz aus den Lagerstätten im Montafon. Das unscheinbare, anthrazitfarbene Erz ist aus heutiger Sicht wegen Spurenelementen wie Silber, Nickel, Arsen und Antimon schwer zu verhütten. Die bronzezeitlichen Metallurgen verstanden dies jedoch meisterhaft.

Dennoch wusste man offenbar, dass Arsenkupfer härter ist, und nutzte diese Tatsache bewusst aus.

Die erste intentionelle Legierung war Bronze, eine Mischung von Kupfer und Zinn. Bronzelegierungen kommen im 2. Jt. v. Chr. allmählich auf, werden aber erst gegen 1600 v. Chr. regelhaft eingesetzt. Eine der großen ungelösten Fragen der Archäologie ist die nach der Herkunft des notwendigen Zinns und der Entstehung der Bronzezeit. Kupfer und Zinn kommen in Lagerstätten nur selten gemeinsam vor, und es ist unklar, ob die einzige wirklich große Region mit Zinnlagerstätten in Mitteleuropa, das Erzgebirge, bereits in der Bronzezeit ausgebeutet wurde. Trotz intensiver Suche sind die archäologischen Spuren im Erzgebirge – anders als in den Alpen – sehr dürftig. **Ψ**

Literatur

E. Pernicka, Gewinnung und Verbreitung der Metalle in prähistorischer Zeit. *Jahrb. Röm.-Germ. Zentralmus.* 37, 1990, 21–129.