

Zur Klassifizierung und Interpretation antiker Kupferlegierungen

Glossar zu Peter Hammer:

„Zur Gruppierung von Kupferlegierungen – Der Terminus „AES“ bei Plinius“

Th. Rehren

Einführung

Der vorstehende Beitrag von P. Hammer berührt ein wichtiges Forschungsproblem in der Archäometallurgie, vor allem bezüglich der relativ späten Kulturen mit ihren oft komplexen Legierungssystemen. Seit der Mitte des 1. Jh. vor Christus kennen wir neben der traditionellen Bronze bzw. verbleiten Bronze (Kupfer-Zinn bzw. Kupfer-Zinn-Blei) als weitere Kupferlegierung das Messing (Kupfer-Zink), das erst zusätzlich zur Bronze auftritt, dann durch Recycling zunehmend mit ihr vermischt wird, bis es schließlich im Mittelalter zur dominierenden Legierung im alltäglichen Gebrauch wird und die Bronze zur Speziallegierung für besondere Anwendungen werden lässt. So haben wir es über einen Zeitraum von grob 1500 Jahren, von der Zeitenwende bis in die Renaissance, mit drei möglichen Legierungspartnern für Kupfer zu tun, die teils einzeln, teils zu zweit und oft auch zu dritt auftreten. Diese gegenüber den Verhältnissen in der Bronzezeit relative Vielfalt bietet zum einen die Möglichkeit, durch chemische Analysen mehrdimensionale und damit theoretisch besser definierte und gegeneinander abgrenzbare Gruppierungen zu bilden. Zum anderen führt diese Komplexität oft auch zu einem weniger klaren Bild, da sich alle möglichen Überlappungen und Überlagerungen ergeben, die oftmals keine klaren Konturen erkennen lassen. So fällt die immer notwendige Interpretation der chemischen Analysen dann vielfach sehr vage aus, wenn sie nicht gänzlich unverbindlich bleiben muss. Die metallographische Untersuchung der Objekte bietet hier offenbar einen Weg, durch Informationen über die Verarbeitungseigenschaften und Verarbeitungsgeschichte der Funde zusätzliche Anhaltspunkte zu bekommen, die für die Interpretation nicht nur des jeweiligen Einzelstückes, sondern ganzer Datensätze insgesamt hilfreich sein können. Mit diesem Beitrag soll – angeregt durch den vorstehenden Artikel – die grundlegende Problematik kurz aufgezeigt und umrissen werden, ohne dass dabei ein erschöpfender Überblick über Literatur und Forschungsstand angestrebt wird.

Was ist eine Legierung, und welche?

Die korrekte Bezeichnung von Kupferbasislegierungen ist heute im technisch-industriellen Bereich durch entsprechende DIN Normen klar geregelt, die jedoch auf die hier relevanten archäologischen Legierungen nicht anwendbar sind. Historisch hat im archäologischen und kunsthistorischen Sprachgebrauch der Begriff Bronze eine dominierende Rolle gespielt, der ganz allgemein und ohne chemisch-analytische Untermauerung für alle Legierungen verwendet wurde, die dem Augenschein nach nicht aus (technisch) reinem Kupfer bestanden, aber vorwiegend Kupfer enthielten. Die Abgrenzung von Bronze im engeren Sinne, d.h. als Kupfer-Zinn-Legierung, von Messing (Kupfer-Zink) und anderen Legierungen ist erst möglich, wenn entsprechende analytische Befunde vorliegen. Dank der Arbeit zahlreicher Kollegen über die letzten zweihundert Jahre liegen inzwischen viele Tausend solcher Analysen von Kupferlegierungen vor, und viele Autoren haben sich an einer analytisch begründeten Nomenklatur für die entsprechend identifizierten bzw. definierten antiken Legierungen versucht.

Bevor eine Nomenklatur aufgestellt werden kann, ist es jedoch als erstes wichtig zu definieren, welche Elemente als Legierungsbestandteile betrachtet werden, und welche als Verunreinigungen oder unbeabsichtigte Begleitelemente anzusehen sind. Theoretisch sollten, unabhängig von ihrer Konzentration, nur die bewusst bzw. absichtlich zugesetzten Metalle als Legierungsbestandteile angesehen werden. Der Begriff der Legierung definiert sich ja aus der Absichtlichkeit der Anwesenheit eines bestimmten Elementes, und nicht aus dessen Konzentration. Eine wichtige Abgrenzung ist hier nötig gegenüber den sogenannten natürlichen Legierungen, die durch die Verhüttung komplexer bzw. polymetallischer Erze erzeugt wurden, ohne dass den Hüttenleuten bewusst gewesen wäre, dass sie mehrere Metalle zusammen gewonnen haben. Eine vertiefte Betrachtung dieses Aspektes führt unmittelbar zu der Frage nach dem antiken Verständnis von Metallen und „Elementen“; so wäre am Beispiel des im 1. Jahrtausend v.Chr. „zu-

fällig“ aus gemischten Erzen gewonnenen Messings zu fragen, ob es damals als eigenständiges Metall oder aber als Mischung bzw. Legierung verstanden wurde. Metallisches Zink war schließlich erst später bekannt, und wurde erst in der Neuzeit als bewusst zugegebener Legierungspartner zur Herstellung von Messing genutzt. Zwar wurden die verschiedenen Kupferlegierungen zu römischer Zeit durchaus als Familie gesehen, wie P. Hammer ausführt, aber wie verhielt es sich mit der stringenten Unterscheidung von Zinn, Blei und evtl. Antimon? Lassen sie sich eindeutig den verschiedenen Unterbegriffen von *plumbum* zuweisen? Doch dies führt vom Thema ab.

Für die Entscheidung, ob ein gegebenes Objekt als Legierung anzusprechen ist und wenn ja, als welche, ist somit zwischen zwei grundsätzlich unterschiedlichen Sichtweisen zu differenzieren. Betrachtet man das Objekt von seiner chemischen Zusammensetzung her, oder von der Vorstellung, die der antike Metallurge von ihm hatte? Obwohl wir wissen, dass der römische Handwerker durchaus verschiedene Kupfersorten mit unterschiedlichen Qualitäten und Besonderheiten kannte, Plinius z.B. nennt ja etliche beim Namen, wird dieser Aspekt in der modernen archäometallurgischen Literatur überraschend selten realisiert.

Die Beurteilungskriterien und Unterscheidungsmerkmale, die damals eine Rolle spielten, lassen sich auf Kriterien zum Gebrauchswert und Merkmale zur Verarbeitbarkeit eingrenzen; chemische Analysen gehörten nicht dazu. Der Gebrauchswert mag sich anhand von Farbe, Politur und Klang, aber auch Härte, Zähigkeit und Gewicht gezeigt haben; die Verarbeitbarkeit spiegelte sich unter anderem in Schmelzpunkten, Erstarrungsintervallen und der kalten und heißen Verformbarkeit wieder. Wenn diese Kriterien und Merkmale uns heutzutage nicht mehr zugänglich sind, so liegt dies zum einen natürlich an den tiefgreifenden Veränderungen, die das Material in seiner Erscheinung durch die Bodenlagerung etc. erlitten hat, und zum anderen an den Beschränkungen, die der direkten Ermittlung von Verarbeitungsmerkmalen von konservatorischer Seite her auferlegt sind. Doch sind wir deswegen gezwungen, uns bei der Interpretation antiker Metallobjekte ausschließlich auf die chemische Analyse zu verlassen? Hier scheint es mir sehr viel sinnvoller zu sein, Kriterien zu entwickeln, die der antiken Sichtweise näher kommen, wenn wir sie schon nicht nachvollziehen können.

Vor diesem Hintergrund ist der Ansatz von Herrn Hammer hervorzuheben, die von ihm metallographisch untersuchten Objekte anhand ihrer Materialeigenschaften zu interpretieren. Die metallurgisch ermittelten Daten, wenn sie auch manchmal schlechter quantifizierbar sind als chemische Analysewerte, erlauben sehr viel verlässlichere Aussagen über das, was der antike Handwerker als Verarbeitbarkeits-

merkmale empfunden hat. In die gleiche Richtung gehen auch die aktuellen Arbeiten von Barbara Ottaway in Sheffield, die die Mikrogefüge und Gebrauchsspuren von Metallobjekten miteinander in Beziehung setzen (Ottaway 1999), d.h. die Gebrauchseigenschaften eines antiken Objektes gleichberechtigt mit seiner chemischen Zusammensetzung in dessen Interpretation und Klassifizierung einbezieht.

Die in der Literatur vielfach überwiegende Herangehensweise jedoch ist es, ein Objekt ausschließlich anhand seiner chemischen Zusammensetzung zu interpretieren, wobei vernachlässigt wird, dass chemisch identische Legierungen je nach ihrer Behandlung sehr unterschiedliche Eigenschaften zeigen können, und andererseits auch unterschiedlich zusammengesetzte Legierungen sehr ähnliche Eigenschaften haben können. Die Beschränkung auf chemische Daten, auch wenn sie weit mehr Elemente als nur die eigentlichen Legierungspartner erfassen, schließt damit effektiv die eigentlich relevanten, nämlich die antiken, Kriterien zur Beurteilung eines antiken Metallobjektes aus. Dieser genuin metallurgische Aspekt spielt zwar historisch begründet in der englischsprachigen archäometallurgischen Literatur eine deutlich stärkere Rolle als in der deutschsprachigen, doch durch die zunehmende Verfügbarkeit chemischer Analytik nimmt die Anzahl rein chemischer Metalluntersuchungen auch in England schnell zu. Die Trennung ist jedoch natürlich nicht ursächlich in der Sprachheimat der jeweiligen Forscher zu sehen, sondern in ihrer akademischen Herkunft: Traditionell wird Archäometallurgie entweder von Chemikern, oder von Metallurgen, oder von Geowissenschaftlern, oder (seltener) von Archäologen und (fast nie) von Historikern betrieben; entsprechend unterschiedlich und einseitig sind vielfach die Ansätze. Hinzu kommt, dass sich chemische Analytik leichter automatisieren oder delegieren lässt als eine metallographische Untersuchung. Solche Einseitigkeit im analytischen Ansatz sollte eine professionell betriebene Archäometallurgie heutzutage jedoch überwinden.

Die Klassifizierung von Legierungen

Für die römischen Kupferlegierungen lassen sich die chemischen Analysen im Wesentlichen auf die Hauptkomponente Kupfer und die drei Legierungsbestandteile Zinn, Zink und Blei reduzieren; alle anderen vorkommenden Elemente sind in der Regel als Verunreinigungen zu betrachten. Dementsprechend sind Dreiecksdiagramme eine verbreitete Methode der graphischen Darstellung, bei denen die Gehalte an diesen drei Metallen addiert, auf 100 % normiert und dann gegeneinander aufgetragen werden. Auf diese Weise lassen sich auch große Datenmengen recht anschaulich präsentieren, und der Blick wird

auf das (scheinbar) Wesentliche gerichtet. Ein systemimmanentes Problem dabei ist jedoch, dass durch das notwendige Normieren der drei Bestandteile auf 100 % das Maß für die Absolutgehalte dieser Komponenten verloren geht, die zumindest ebensoviel Einfluss auf Gebrauch und Verarbeitung des Materials haben wie die relativen Verhältnisse der drei Komponenten untereinander. Es ist also nach wie vor notwendig, binäre Darstellungen zu wählen bzw. die Originaldaten zu betrachten, vor allem wenn es um die Frage „Legierung oder nicht?“ geht. Für diese Frage wird vielfach, aber nicht einheitlich, eine Grenze bei 1, 2 oder auch 5 Gew.% Zinn bzw. Zink gewählt, ab der dann von Bronze bzw. Messing gesprochen wird; Gehalte darunter sind „Verunreinigungen“. Objekte mit Zinn und Zink gemeinsam werden als Mischlegierung bezeichnet, wobei hier die numerischen Grenzen meist weniger scharf gezogen werden, wie auch die Grenze, ab der von „verbleiten“ Legierungen gesprochen wird, nicht einheitlich definiert ist. Wenn man sich die Datensätze in der Literatur ansieht, wird die Unhaltbarkeit einer Verallgemeinerung dieser Definition offenkundig, ebenso wie die damit verbundenen Gefahren. Ein aktuelles Beispiel bietet die ansonsten sehr positive Untersuchung islamischer Metallfunde aus Bet She’an in Israel (Ponting 1999). Dort findet sich in der Zusammenfassung die lapidare Feststellung, dass die Funde der ersten arabischen Dynastie, der Ummayyaden, vorwiegend verbleite Bronzen sind bei völligem Fehlen von Messing (“a majority of leaded bronzes and a total absence of brass”, Ponting 1999: 1319), während die früheren und späteren Funde auch mehr oder weniger Messingobjekte umfassen. Schaut man sich die Tabellen an, so finden sich dort unter den insgesamt 14 ummayyadischen Objekten immerhin vier, die zwischen 5,2 und 8,4 Gew.% Zink aufweisen. Da sie aber zudem auch zwischen 2 und 3,6 Gew.% Zinn aufweisen, sind sie vom Autor offenbar als Mischlegierung erfasst (“„gunmetal“, an alloy containing several per cent of both tin and zinc.“, Ponting 1999: 1312), die jedoch in der Zusammenfassung nicht weiter auftaucht. Formal ist diese Interpretation richtig; dennoch vermittelt sie ein irreführendes Bild. Natürlich ist jeder Einzelfall einzeln zu diskutieren, und für die Fragestellung des hier nur als Beispiel herangezogenen Artikels mag die Zuweisung unerheblich sein; aber sie zeigt die Gefährlichkeit einer Reduktion auf zu wenige formale Parameter (ebenso wie die Notwendigkeit, Artikel vollständig und einschließlich ihrer Datensätze zu lesen).

Die Anwendung numerischer Kriterien zur Zuweisung von Objekten zu Legierungstypen ist besonders gefährlich, wenn die zu untersuchenden Objektgruppen eine weite Streuung in ihrer chemischen Zusammensetzung aufweisen. Wenn die chemische Zusammensetzung überhaupt zur formalen Klassifizierung herangezogen wird, so ist es sicherlich sehr

viel sinnvoller, die Grenzen zwischen die jeweils gefundenen Verteilungsmaxima zu legen und nicht willkürlich runden Zahlen („5 %“) oder Grenzen zu folgen, die an anderen Datensätzen ermittelt worden sind. Schließlich schwankt in aller Regel bei größeren Objektgruppen die chemische Zusammensetzung meist ganz erheblich, da eben in der Antike Legierungen nicht anhand ihrer chemischen Zusammensetzung definiert und Altmetall nicht anhand chemischer Analysen sortiert wurde, ehe es dem Recycling zugeführt wurde. Entsprechend bedecken größere Datensätze vielfach ein Kontinuum in der graphischen Präsentation chemischer Daten, bestenfalls mit Häufungsschwerpunkten, bilden aber nur sehr selten diskrete, anhand der Legierungselemente definierbare Gruppen.

Schlussfolgerung

Eine einheitliche Regelung, nach der römische oder mittelalterliche Kupferlegierungen anhand ihrer Gehalte an Zinn, Zink und Blei in unterschiedliche Legierungstypen gruppiert werden können, ist in der Literatur momentan nicht zu erkennen. Trotz genereller Übereinstimmung im Ansatz sind die von verschiedenen Autoren gemachten Vorschläge im Detail widersprüchlich. Dies begründet sich zum einen aus der unterschiedlichen geographischen, chronologischen und kulturellen Herkunft der untersuchten Proben, was notwendigerweise zu unterschiedlichen Gruppengrenzen führen muss. Andererseits lassen die immer wieder gefundenen Korrelationen von bevorzugten Zusammensetzungen für bestimmte Objektarten aber durchaus erkennen, dass bereits in der Antike ein Verständnis für unterschiedliche Legierungen existierte, das also eine Gruppierung der heute analysierten Objekte durchaus sinnvoll ist. Ausgehend von dem grundsätzlich unterschiedlichen Verständnis von Legierungen und den diese definierenden Parametern in Antike und Mittelalter einerseits und der Jetztzeit andererseits erscheint es daher geboten, nicht länger ausschließlich mit modernen Kriterien antike Materialien zu klassifizieren und zu interpretieren, sondern sehr viel mehr Gewicht auf die Sichtweise derjenigen zu legen, die diese Objekte einstmals herstellten und benutzten. Nur deren Kriterien und Merkmale sind für eine kulturell signifikante Interpretation von Metallobjekten, ihrer Zusammensetzung und Klassifizierung relevant. Die Kombination von quantitativer chemischer Analytik mit nur teilweise quantitativen metallographischen Beobachtungen und gänzlich qualitativen Einschätzungen zu Brauchbarkeit und Verarbeitbarkeit erfordert andere Herangehensweisen, als sie sich für die Behandlung rein numerischer Datensätze eingebürgert haben; vor allem wird die Verarbeitung und Gegenüberstellung wirklich großer Datenmengen sehr

viel problematischer. Das eigentliche Problem dürfte jedoch sein, die antiken Parameter überhaupt wirklich zu definieren, geschweige denn heutzutage am Objekt noch zu erfassen, und die kulturimmanenten Sichtweisen nachzuvollziehen, die den antiken bzw. mittelalterlichen metallurgischen Entscheidungsprozessen zugrunde lagen. Jedoch sollte es zumindest versucht werden, und die Interpretation analytischer Daten sollte sich der – grob formuliert – kulturellen Inkompatibilität von moderner Analytik und antikem Materialverständnis zumindest bewusst sein. Diesem vielschichtigen Problem hat sich der Beitrag von Dr. Hammer praktisch gestellt; viel theoretische Arbeit bleibt noch zu tun.

Anschrift des Verfassers

Prof. Dr. Thilo Rehren, Chair of Archaeological Materials and Technologies, Institute of Archaeology, University College London, 31-34 Gordon Square, UK London WC1H 0P

Literatur

- Ottaway, B. (1999): Towards an interpretative archaeometallurgy. Vortrag während des Euroseminars. *The Beginnings of Metallurgy in the Old World*, Freiberg, Nov. 1999.
- Ponting, M. (1999): East meets West in post-classical Bet She'an: The archaeometallurgy of cultural change. *Journal of Archaeological Science* **26**, 1311-1321.

metallum, i, n:
Grube, Bergwerk (oft pl.);
Metall, auch Gestein, Mineral

μεταλλον, το:
Grube, Stollen;
bsd. a) Bergwerk (meist pl.)
b) Steinbruch



DBM

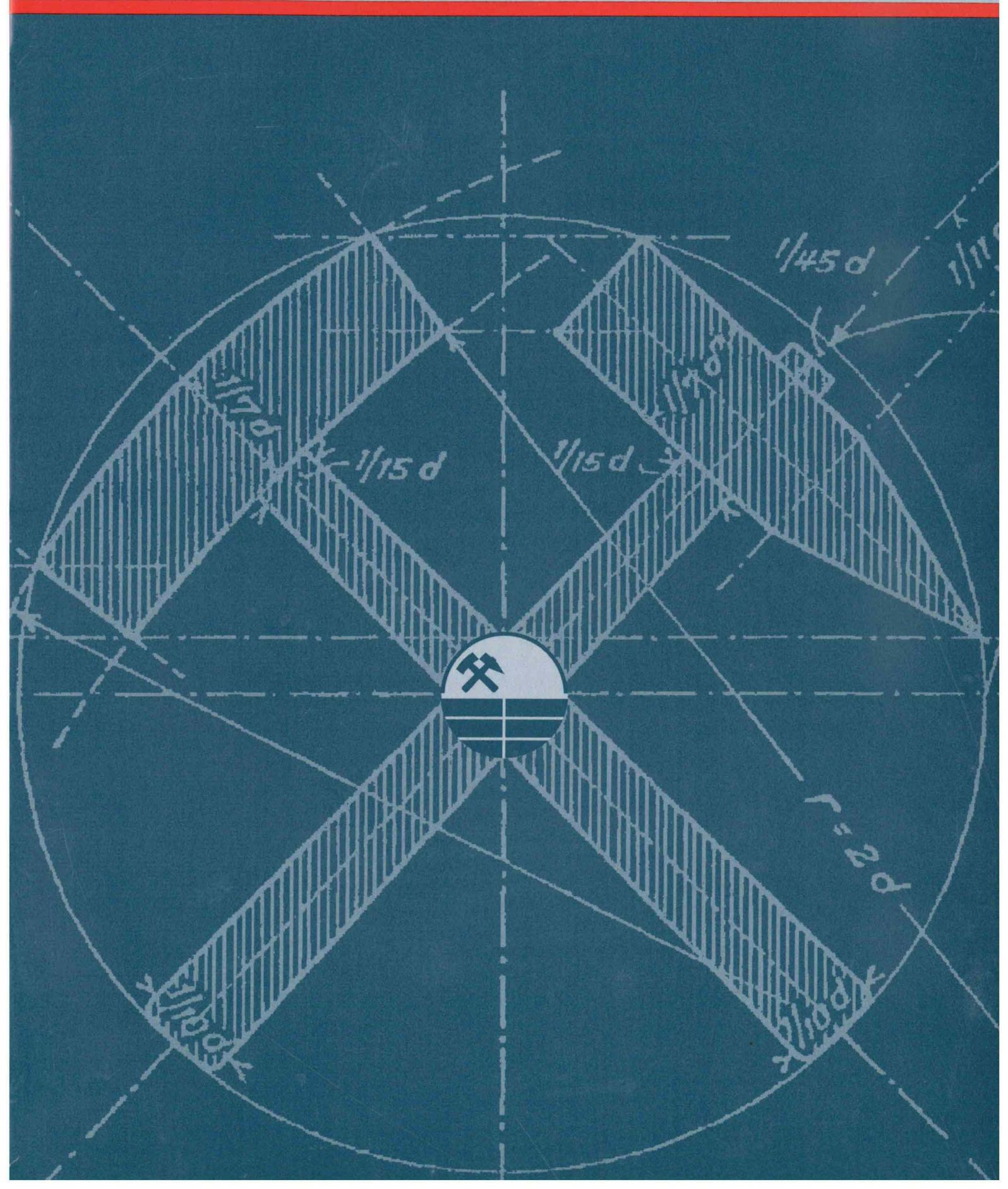
Deutsches Bergbau-Museum
Bochum

Inhalt

Seite

St. Kölschbach, G. Woelk, A. Hauptmann & W.G.J. Bunk <i>Experimente zur Simulation prähistorischer Kupfergewinnung: Zur Verfahrenstechnik von Windöfen</i>	5
P. Hammer <i>Zur Gruppierung von Kupferlegierungen – Der Terminus „Aes“ bei Plinius</i>	23
Th. Rehren <i>Zur Klassifizierung und Interpretation antiker Kupferlegierungen</i>	33

METALLA



METALLA (Bochum)

Forschungsberichte des Deutschen Bergbau-Museums erscheint in zwei Heften jährlich.

Bezugspreis DM 50,- pro Jahr incl. Porto und Verpackung, Bestellungen formlos an das Deutsche Bergbau-Museum Bochum
Am Bergbaumuseum 28
D-44791 Bochum

Wissenschaftliche Beratung:

Prof. Dr. G. Eggert, Stuttgart
Dr. St. Fritz, Berlin
PD Dr. A. Hauptmann, Bochum
Dr. L. Klappauf, Goslar
Prof. Dr. H. Leisen, Köln
Dr. B. Ottaway, Sheffield
PD Dr. G. Schneider, Berlin
PD. Dr. Ü. Yalçin, Bochum

Impressum*Herausgeber:*

Deutsches Bergbau-Museum Bochum
Museumsdirektor: Prof. Dr. Rainer Slotta

Schriftleiter:

Dr. rer. nat. Michael Prange

Layout: Dipl.-Ing. Angelika Friedrich

Titelgestaltung: Dipl.-Des. Karina Schwunk

Druck und Verarbeitung:

DMT-LB, Bochum

ISSN 0947-6229