

ARCHAEOLOGY  
MUZEUM HUTNICTWA I ODLEWNICTWA  
METALI KOLOROWYCH W GŁOGOWIE

**GŁOGOWSKIE  
ZESZYTY NAUKOWE**



Abb. 27. Fehlerstellen an den Ringen von Kalbe a.d.N. Oben nachgepunste imitierende Gänge; darunter durch starken Abschleiß deutliches Hervortreten der Uneichheiten; unter Windungslockerungen und Bruchstellen. Nach A. Pietzsch.

Rys. 27. Miejsca wadliwe pierścieni z Kalbe an der Mulde. U góry imitujące żyły wykonane puncą, pod spodem wyraźne nierówności na skutek nieudolnego szlifowania, u dołu rozluźnienie zwojów i miejsca pęknięć, wg A. Pietzscha.

Albrecht Jockenhövel, Günter Wolf

PALÄOMETALLURGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM GEBIET  
ZWISCHEN MOSEL UND WERRA

Im Mittelpunkt der Erforschung bronze- und urnenfelderzeitlicher Quellen- und Fundgruppen stehen zumeist ihre metallenen Gegenstände. Ihre Auswertung erfolgt nach langgewachsenen fachspezifischen und fachtraditionellen Methoden. Auch die vielerorts bevorzugte Sammlung und Darstellung grober Ansammlungen von Metallgegenständen, wie Depot- bzw. Hortfunde und sonstige Deponierungen (wie Flufunde), wird z.B. in der süddeutschen Forschung fast ausschließlich vom Vorgehen bestimmt, die Gründe ihrer Verbergung usw. mit ereignisgeschichtlichen oder kultisch-religiösen Motiven zu erklären. Eine Auswertung der Metallfunde unter wirtschaftsgeschichtlichen Aspekten ist bisher nur in Ansätzen erkennbar (Rowlands 1976). Hierbei kommt der Erforschung der Struktur und Organisation des Metallhandwerkes eine besondere Bedeutung zu. Wie andernorts (Jockenhövel 1985) für den Bereich von Siedlungen detaillierter ausgeführt, basiert die Organisation des bronzezeitlichen Metallhandwerks auf einem weitgehend einheitlichen Fertigungsablauf. Dieser kann in fünf Hauptbereiche gegliedert werden:

1. Aufbereitung der Erze und Metalle

- 134 -

2. Gubvorgang und Fertigung
3. Weiterverarbeitung in Form vielfältiger Techniken
4. Gebrauchsdauer mit für den Metallumlauf entscheidendem Endstadium
5. Recycling von Metall

Grundvoraussetzung der Produktion ist die Sicherstellung des Bezuges von Rohstoffen, hier Kupfer und Metalle zur Erzeugung von Legierungen (wie Arsen, Zinn, Blei, Antimon). Da diese nicht überall erreichbar, ja viele Regionen gänzlich auf Importe angewiesen waren, entstand mit Beginn von intentionellen Kupferlegierungen (Arsen-Kupfer, Zinn-Kupfer) ein interregionales Tauschnetz für diese Rohstoffe, in das jede Region Europas einbezogen war. Die tausendjährige Dauer der Bronzezeit legt Zeugnis ab für ein stabiles Netzwerk ("network") lokaler, inter- und supranationaler Beziehungen wirtschaftlicher und kommunikativer Art, das einige Erschütterungen und Engpässe, vor allem gegen Ende der Bronzezeit, zu überwinden vermochte und erst allmählich durch den neuen, überall verfügbaren Rohstoff Eisen abgelöst wurde.

Daher sind besonders zunächst solche Forschungen von Bedeutung, die den Lagerstätten von Kupfer usw. auf die Spur kommen. Hier wurden insbesondere von österreichischer Seite in der alpinen Region (bes. Mitterberg-Revier) erfolgreich montanarchaologische Untersuchungen in die Wege geleitet, die für die Bronze- und Urnenfelderzeit eindeutige, teilweise noch heute sichtbare Spuren eines Altbergbaues nachwiesen (Zachocke) Preuschen 1932).

Dabei konnten überraschende Details und Einblicke in seine Betriebsformen und Organisation gewonnen werden (Eibner 1981). Von der "Wiener Arbeitsgruppe" um R. Pittioni und H. Neuninger wurde zusätzlich ein weiterer Schritt in der Erforschung der Relation Lagerstätte-Fertigprodukt unternommen, in dem man dort mithilfe halbquantitativer Analysen (Spektralanalysen) lagerstättenspezifische "impurities patterns" erstellte und somit mehrere Reviere unterscheiden konnte (u.a. Pittioni 1976). Ihr Vorgehen wurde erleichtert durch die metallurgische Untersuchung bronzzeitlicher Bergbauspuren (wie Schlacken) und Erzproben heutiger ausgebeuteter Lagerstätten. Dies ist in vielen anderen Regionen Europas, wie in so traditionellen Kupferrevieren (wie Slowakei, Mansfelder Revier in Thüringen) nicht bzw. nicht mehr möglich, denn der sehr intensive und extensive spätmittelalterliche und frühneuzeitliche Bergbau auf Kupfer und auf andere Erze, so wie ihn G. Agricola 1556 als Augenzeuge schildert, hat offensichtlich alle Spuren eines prahistorischen Altbergbaues zerstört. Deshalb versuchten in Halle W. Witter und H. Otto in den 30er und 40er Jahren unseres Jahrhunderts, mithilfe der vollquantitativen Spektralanalyse von Fertigprodukten aber auch von Gubkuchen usw. die zugehörigen Erzreviere zu ermitteln. Ihre Untersuchung beschränkte sich hauptsächlich auf das mitteldeutsche Gebiet mit seinen reichen Kupferschiefer-Revieren, für die sie als ihr Hauptergebnis ihrer Leitlegierungsanalysen eine Nutzung als Rohstofflieferanten seit dem Endneolithikum postulieren konnten (Otto/Witter 1952). Von einer anderen Zielrichtung - Erforschung der Ausbreitung und Entwicklung

der Metallurgie das bisher größte Analysenunternehmen aus: Die Stuttgarter Arbeitsgruppe "Studien zu den Anfängen der Metallurgie" (SAM) verzichtete von vornherein auf die Untersuchung der Relation Lagerstätte-Fertigprodukt; zudem lag ihr Schwerpunkt in der Kupfer- und frühen Bronzezeit (Junghans/Sangmeister/Schroder 1960, 1968, 1974).

Die vielfach geäußerte Kritik an den statistisch gebildeten Materialgruppen des Stuttgarter Unternehmens darf als bekannt vorausgesetzt werden. Überblickt man die bisherigen Ansätze und die zugehörige Kritik, läßt sich eine gewisse Resignation hinsichtlich der wirtschaftsgeschichtlich bedeutsamen Frage der Rohstoffbeschaffung von Kupfer in der Bronzezeit feststellen. Dementsprechend ist zumindest in Deutschland eine gewisse Skepsis gegenüber dem Aussagewert von Analysen eingetreten (vgl. zusammenfassend H. Harke 1978, 165 ff.). Unabhängig davon sind aber in den Nachbarländern neue Programme aufgelegt und weiterentwickelt worden, die unter dem Oberbegriff "Paläometallurgie" zusammengefaßt werden können. Beispielhaft seien hier französische Arbeiten genannt (Paléometallurgie 1984). Ihr Ziel ist es, durch möglichst viele Analysen von Metallfunden ihre Zusammensetzung festzustellen, um diachron Kontinuität und Wechsel von Elementanteilen, ihren Mischungen usw. metalltechnisch und vor allem wirtschafts-kulturhistorisch auszuwerten.

Untersuchungen zu "Zuordnung von Kupfer-Metall zum Ausgangserz" (H. D. Schulz 1983) und Überlegungen zu "Legierung oder Lagerstätte?" (C. Eibner 1976) berücksichtigend, wurde 1982 in Frankfurt am Main ein interdisziplinäres Forschungsprogramm entwickelt mit der Zielsetzung, raumzeitlich

gebunden an der bisher vernachlässigten "Nahtstelle" von Lagerstätte und Fertigprodukten mit modernsten Analysemethoden anzusetzen. Bei dieser "Nahtstelle" handelt es sich um den Bereich der primären Metallurgie. Darunter verstehe ich den Herstellungs- und Weiterverarbeitungsprozess von Metallgegenständen. Hinweise für die primäre Metallurgie liefern: Schlacke, Gubkuchen, Gubbrocken, Gubabfall, Barren. Von der Analyse dieser Gegenstände ist am ehesten Aufschluss über die Rohstoffzusammensetzung zu erhalten und leichter möglich, von den Elementgruppen ausgehend, gezielt die Lagerstätten (Erzproben) Archäologisch und die lokalspezifischen Fertigprodukte zu untersuchen.

Als Untersuchungsraum und Untersuchungszeitraum wurde die deutsche Mittelgebirgszone zwischen Mosel und Werra und die ausgehende Spätbronzezeit (Stufe Ha B3) gewählt. Hierfür waren mehrere Gründe ausschlaggebend.

Zum Untersuchungsgebiet: Zwischen Mosel/Saar und Werra gibt es zahlreiche Kupferlagerstätten aus zeitlich verschiedenen geologischen Formationen. Sie sind bisher noch nicht zusammenfassend behandelt bzw. kartiert worden. Alle abbaufähigen Lagerstätten wurden teilweise bis in die Neuzeit hinein ausgebeutet. An wichtigen Lagerstätten seien hier genannt: in Mittel- und Niederhessen die Formationen des Zechstein mit dem Kupferschieferfloh (Jockenhovel 1983), in Rheinland-Pfalz das Donnersberg-Massiv (Geis 1955) und das Birkenfelder-Revier (Wild 1984), im Saarland das Revier um Wallerfangen (Schindler 1968). Neben diesen "klassischen" Revieren gibt es noch unzählige kleinere

vorkommen, die sicherlich auch für den urzeitlichen Abbau infragekommen (vgl. z.B. C.Kobrich 1936).

Zum Untersuchungszeitraum: Während der ausgehenden Spätbronzezeit (Stufe Ha B3 nach H.Müller-Karpe 8. Jhd. v.Chr.) konzentrieren sich in diesem Gebiet zahlreiche, z.T. recht umfangreiche Depotfunde (Abb.1), die mit einem hohen Anteil regionalspezifischer Fertigprodukte ausgestattet sind (Jockenhovel 1981). Gubformen und auch Gubformendepots aus dieser Region belegen eine einheimische Metallurgie. In den Depotfunden sind oftmals Reste der primären Metallurgie enthalten, meist Gubkuchen bzw. Teile von Gubkuchen.

Weiter sind in einigen Depotfunden wiedereingeschmolzene Stücke erkennbar, so daß diese Funde auch im Hinblick auf den lokalen Metallumlauf ausgewertet werden können.

Dieses Gebiet gehört zum Kreis der "Pfahlbaubronzen", einer fachkonventionellen Bezeichnung für den spätbronzezeitlichen schweizerischen-südwestdeutschen-ostfranzösischen Formenkreis bronzener Gegenstände. Unabhängig der Möglichkeiten seiner regionalen Differenzierung (z.B. "groupe lorrain" an Saar und Mosel) kommt diesem Gebiet besondere Bedeutung zu, denn seine kraftvollen Ausstrahlungen nach Norden (während der Periode V nach O.Montelius) belegen den reichlichen Metallfluß vom Oberrhein über die hessischen Senken nach Thüringen und/oder in das Norddeutsche Tiefland mit Südkandinavien (Spöckhoff 1956; Thrane 1975). Insofern ist sehr wahrscheinlich, daß auch das Kupfer, sei es in Form von Fertigprodukten sei es als Rohkupfer (Gubkuchen), aus unserem Untersuchungsgebiet nach

Norden gelangte (Hundt 1978).

Von dieser Deckung - Kupferlagerstätten in einer raumzeitlich, formenkundlich erschlossenen "Provinz" - ausgehend, liegt die Vermutung nahe, daß einheimische Erze genutzt sein konnten. Deshalb verfolgt unser Programm zwei Hauptziele:

1. Erforschung der spätbronzezeitlichen Rohstoffversorgung mit Kupfer und des Metallumlaufs.
2. Auswertung der Analysen hinsichtlich der Relation Lagerstätte-Fertigprodukt.

Eine vergleichbare raumzeitlich gebundene und zunächst nur metalltechnisch aufschlußreiche Gegenstände umfassende Untersuchung ist bisher nicht vorhanden. Insbesondere wird die Analyse der Gubkuchen Aufschluß geben zu der in der Bronzezeitforschung noch weitgehend ungelösten Frage, in welchem Umfang vor allem gegen Ende der Bronzezeit noch immer Rohkupfer dem Metallumlauf zugeführt wurde, und in welchen Mengen Altmetall (Bronzeschrott) weiter- bzw. wiederverwendet wurde. Es wird ja oft die Meinung vertreten, daß der Metallumlauf während der Bronzezeit zunehmend aus dem Umlauf heraus gedeckt wurde und gerade gegen Ende der Bronzezeit nur noch wenig frisches, unlegiertes Kupfer hinzukam.

Dabei darf aber nicht übersehen werden, daß u.a. durch kultischreligiöse Vorstellungen grobe Metallmengen dem Umlauf entzogen wurden (Grabbeigaben, Deponierungen usw.) und ersetzt werden mußten.

Ein erstes Ergebnis unserer Untersuchungen ist, daß im Endabschnitt der Bronzezeit noch in erheblichen Mengen

Rohkupfer in Form von Gubkuchen erstmals in Umlauf kam. Sie sind zerstückelt in den Depotfunden enthalten. Die legierten Gubkuchen sind dagegen vollständig und von rundlicher bis ovaler, kleiner fladenförmiger Gestalt; manche zeigen einen mehrfachen Aufbau, sind also aus mehreren Übergießungen entstanden. Ein Stück aus dem spätbronzezeitlichen Depotfund von Bad Homburg (F.-R. Herrmann 1966, Taf. 186, 16) läßt als Bestandteil sogar noch ein verschmolzenes Blech erkennen (vgl. zu diesem "vorgeschmolzenen" Bronze-Altmaterial die Bemerkungen von A. Mozsolics 1981).

Ein frühzeitlicher Bergbau auf Kupfer ist im Untersuchungsgebiet und seinen engsten benachbarten Regionen (wie Harz) urkundlich und/ oder montanarchaologisch erst ab 1000, verstärkt aber erst im 15./16. Jahrhundert n.Chr. nachgewiesen. Dies gilt besonders für das hessisch-thüringische Gebiet. Ein eigentlicher prähistorischer Bergbau ist noch nicht an Spuren seines Betriebes (Abbauförmungen, Arbeitsgerät, Scheideplätze, Verhüttung mit Schlackenplätzen usw.) erkannt worden. Hier mußte man sich bisher mit Mutmaßungen beschränken, deren Wahrscheinlichkeitsgrad mit der jeweiligen archaologischen Besiedlungsgeschichte, der Intensität, Konzentration und dem Fundbildcharakter verbunden wurde. Teilweise werden hierzu wiederum Metallanalysen herangezogen. Solche Beobachtungen führten zur gut begründeten Annahme, daß z.B. in Ostthüringen seit Ende der mittleren Bronzezeit kleinere Bergbau- und zugehörige Metallverarbeitungswerkstätten von teilweise weiterreichender Bedeutung existierten (K.Simon 1982). Aufgrund von Hortfundkonzentrationen um

bronzezeitliche Befestigungen in Bergbauregionen wurde von O.Kytlicova (1982) für das Gebiet um Pribram ebenfalls spätbronzezeitlicher Bergbau angenommen.

Im westlichen Teil unseres Untersuchungsgebietes ist es bisher an zwei, bzw. drei Stellen gelungen, einen römischen Stollenbergbau nachzuweisen. Durch Inschriften eindeutig belegt sind der MARCUS-Stollen bei Kordel-Butzweiler, Südwesteifel, und der EMILIANUS-Stollen bei Wallerfangen (Schindler 1968), Saarland. An beiden Stellen ist man in römischer Zeit offenbar beim Brechen von Buntsandstein (Steinbrüche) auf Kupferadern gestoben. Die "Putzlocher" bei Kordel-Butzweiler (Abb.2) sind nur in ihrem vorderen Teil antik. Neben dem Stollenmundloch befanden sich zwei Inschriften mit dem Namen MARCI (heute ist nur noch eine erhalten). Dieser Name taucht mehrmals auf Steinquadern der Porta Nigra in Trier auf. Der römische Stollen ist etwa 15 m lang und verzweigt sich. Von ihm gehen senkrecht nach unten und nach oben zur Oberfläche sechs Schächte ab. Neben der Inschrift datieren noch römische Scherben und Dachziegelfragmente. In jüngerer Zeit (18. Jahrhundert) wurde der antike Stollen erweitert. Eine römische Inschrift (CIL XIII, 4238: INCEPTA OFFICINA EMILIA III X NONIS MART) führte zur Erforschung des Emilianus-Stollen von St. Barbara bei Wallerfangen, Saarland (Abb.3) durch R.Schindler 1964-1965. Es handelt sich um eine zweietagige Stollenanlage. Der untere Stollen, mit einem Schacht zum oberen verbunden, ist als Suchstollen anzusprechen. Auf kupferführende Schichten im Voltzien-Sandstein stieß man im oberen Stollen, dessen Ende jedoch noch nicht erreicht wurde. Seitentrieb, zutageführender Schacht, eine Wasserrinne zur

Wasserlösung sind bemerkenswert. Zahlreiche römische Kleinfunde und auch Reste des Arbeitsgerätes (Fördertrog, Holzzeimer) lassen keinen Zweifel an einem römischen Ursprung dieses aufwendig ausgeführten Bergwerkes.

Das dritte Fundgebiet römischen Kupferbergbaues befindet sich in der östlichen Rheinpfalz, in der näheren Umgebung des Donnersbergmassivs, einer porphyren Bergregion, gekrönt von dem keltischen oppidum. Bei Dannenfels, am Südwestabhang des "Gebrannten Berges", bei Gollheim, im "Bangert" und in Imbach, "Aia"-Schächte wird römischer Pingenabbau mit guten Gründen vermutet, bzw. ist nachgewiesen (Walling 1977).

Sicherlich gehört der römische Bergbau mit seinen ausgefeilten Ingenieurleistungen einem anderen technischen Stand an, so daß er nicht vergleichbar sein kann mit den frühzeitlichen, einheimischen Methoden. Wichtig ist aber, daß er an solchen Stellen ansetzte, wo Oberflächen - bzw. oberflächennahe Lagerstätten zu finden sind. Sie zu erkennen, war auch der prähistorische Prospektor in der Lage. Austretende Erzführung, Farbveränderungen an der Oberfläche, eigenartiger Bewuchs (Zeigerpflanzen), natürliche Veränderungen (z.B. frühere Schneeschmelze auf den erzführenden Schichten), alle diese Anzeichen befähigten ihn, Lagerstätten zu finden und mit seinen Methoden auszunutzen. Wenn auch bisher noch kein vorgeschichtlicher Bergbau in seinen Abbauspuren nachgewiesen werden konnte, so wurde gerade durch die Untersuchungen von R.Schindler (1968) und H.Conrad (1968) im Wallerfanger Gebiet wahrscheinlich gemacht, daß bereits gegen Ende der Bronzezeit Wallerfanger

Kupferlasur (Azurit) gewonnen und geschmolzen wurde. R.Schindler ging vor allem von einer wirtschafts- und sozialgeschichtlichen Interpretation spätbronzezeitlicher Depotfunde, hallstattzeitlicher Grabfunde und einer gleichzeitigen Abschnittsbefestigung, "Fliehbürg" auf dem Limberg (Abb.4), deren Nutzung die Herausbildung eines "Wallerfänger" Dynastengeschlechtes ermöglichte, aus. Er brachte diese ungewöhnliche Konzentration am Ort und seine innere Struktur mit den Lagerstätten ursächlich in Verbindung. H.Conrad nutzte Analysen von Wallerfänger-Erzbrocken und von einem Ha B3-zeitlichen Tintinnabulum, um den lokalen Weg Lagerstätte-Fertigprodukt nachzuweisen. Als eine Art Leitelement gilt für die durchgeführten Analysen ihr Kobalt-Nickel-Gehalt, der in vergleichbaren Anteilen sowohl im Erz als auch im daraus gefertigten Fertigprodukt enthalten ist. Unweit des römischen Stollens bei Kordel-Butzweiler wurde unlängst in 6 km Entfernung, westlich bei Welschbillig- "Kunkelborn", eine mittelurnenfelderzeitliche Siedlung (Abb.5) angeschnitten (Grabung Dr. H.Lohr, pers. Mitt.), die auch Reste des örtlichen Metallgewerbes erbrachte. Wichtig ist vor allem der Rest eines Rohkupfer-Gubkuchens. Auch hier bedarf es jetzt vergleichbarer Analysen von Lagerstätte und Gubkuchen.

Dürftig sind noch die archaologischen Befunde auf dem Donnersberg-Massiv und aus seiner Umgebung. Immerhin wird auch hier auf dem Berg selbst eine urnenfelderzeitliche Anlage (Schlackenwall) vermutet, die in ihrem Charakter dem übrigen süddeutschen Befestigungen gleichen kann (zuletzt Jockenhovel 1982), die durch örtlich ansässiges Metallhandwerk

geprägt sind.

Ausgehend von den bisher erzielten Ergebnissen kann eine örtliche Nutzung von Kupferlagerstätten im Untersuchungsgebiet während der Bronzezeit postuliert werden. Wo aber innerhalb des Untersuchungsgebietes montanarchaologisch erfolgversprechend anzusetzen ist, kann nach unserer Auffassung erst nach einer sorgfältigen Analyse der Rohmetallfunde (insbesondere Grubkuchen) von Kupfer erfolgen. Erst wenn man festgestellt hat, wieviel Kupfersorten im Umlauf waren, können wir versuchen, aufgrund von kennzeichnenden Elementmischungen ("Fingerabdruck" einer Lagerstätte) in den jeweiligen Lagerstättenregionen Reste von Pingen, alte Scheideplätze oder Schlackenhalde auszugraben. Auf der anderen Seite hin ist es dann möglich, den Weg des Rohkupfers in seine legierten Fertigprodukte zu verfolgen. Daß das möglich ist, und nicht verhindert wird durch die beim Schmelzprozeß variablen Faktoren, hat die Untersuchung des Helgolander Kupfers gezeigt (H.D.Schulz 1983). Der Erfolg hängt von den gewählten Analysemethoden ab. Deshalb haben wir als Hauptanalyse die Neutronenaktivierungsanalyse (im Folgenden INNA abgekürzt) gewählt.

Die instrumentelle Neutronenaktivierungsanalyse (INNA)-Analyse ohne chemische Trennung nach der Aktivierung - ist für die Untersuchung von Kupfer und Bronze gut geeignet. Die meisten zu bestimmenden Bestandteile haben eine längere Halbwertszeit als die Aktivierungsprodukte der Matrix. Man kann letztere daher vor der Ausmessung der Spektren abklingen lassen und so eine erheblich störende Untergrundaktivität vermeiden. Die Isotope des Zinns weisen nur kleine

Wirkungsquerschnitte auf, bzw. ihre Aktivierungsprodukte emittieren mit nur geringer Wahrscheinlichkeit - Quanten, so daß auch ein hoher Zinngehalt die Messung nicht beeinträchtigt.

Entgegen einer weit verbreiteten Meinung ist die INNA jedoch kein zerstörungsfreies Verfahren. Jedoch werden für die Analyse eines Objekts max. 10 mg benötigt. Die bestrahlte Probe ist meist so stark radioaktiv, daß sie für andere Meßzwecke nicht mehr zu verwenden ist, auch wenn keine chemische Weiterverarbeitung erfolgt ist.

Bisher wurden etwa 60 Objekte untersucht: in der Hauptsache Gubkuchen und andere Halbfertigprodukte.

Von jeder Probe wurden zwei Analysen gemacht. Bei der ersten werden nach 2 Stunden Bestrahlungszeit die aktiven Isotope von kurzer Lebensdauer der Elemente Indium (In), Mangan (Mn), Arsen (As) ausgemessen. Diese Analyse gibt auch einen ersten Anhaltspunkt über den Gehalt der Probe an Antimon (Sb), dessen Kenntnis für die Wahl der Bestrahlungszeit der zweiten Analyse von Wichtigkeit ist. Diese Zeit beträgt derzeit drei Tage, bei Antimongehalten, von mehr als ein Prozent muß die Bestrahlungszeit verkürzt werden, da die Probe sonst zu stark radioaktiv wird und nicht mehr gefahrlos manipuliert werden kann. Eine Verminderung der Bestrahlungszeit kann z.T. durch eine verlängerte Meßzeit kompensiert werden. Die Ausmessung kann erst etwa sieben Tage nach Bestrahlungsende erfolgen, da die hohe Matrixaktivität der Probe, die von einem Kupferisotop (Cu-64) herrührt, erst zerfallen muß. In dieser zweiten Analyse werden die langlebigen radioaktiven Isotope der Elemente

As, Sb, Zinn (Sn), Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), Silber (Ag), Gold (Au), gegebenenfalls auch weitere wie Rhenium (Re), Chrom (Cr) und Selen (Se) ausgemessen, und die Konzentration der Elemente wird bestimmt. Die erreichbare Nachweisempfindlichkeit und die Meßgenauigkeit sind stark vom Gehalt der Metallproben an Antimon abhängig, da dieser nicht nur die Bestrahlungszeit limitiert, sondern auch aus meßtechnischen Gründen die Bestimmung von As, Sn, Au und Re erschwert. Die grobste Nachweisempfindlichkeit ist derzeit für Au mit  $10^{-6}$  % gegeben. Bei den gegebenen Konzentrationsverhältnissen ist die grobste Genauigkeit gewöhnlich bei Co mit  $\pm 3\%$  zu erzielen, die größten Fehler treten bei der Eisenbestimmung bei Konzentrationen unter 0.05% mit etwa  $\pm 30\%$  auf. Dieser Fehler ließe sich durch längere Meßzeiten erheblich verringern. Ein solcher Aufwand lohnt derzeit nicht, da der Gehalt an Fe offenbar für eine Cu- bzw. Bronzeprobe, für ihre Charakterisierung wenig relevant ist. Ein erhebliches Manko ist das Fehlen von Angaben über den Gehalt an Pb. Dieser wird daher später - soweit die Menge der jeweils entnommenen Probe hierfür ausreicht - mit der Methode der Atomabsorption ermittelt werden.

Die Probeentnahme erfolgte nach Säubern der Oberfläche mit einem Lösungsmittel durch Anbohren der Oberfläche an einer geeigneten Stelle mit einem 3 mm Bohrer. Diese wurde beendet, sobald im gesamten Bohrbereich das blanke Metall sichtbar wurde. Nunmehr wurde die entstandene flache Mulde von etwa 1 mm Tiefe erneut gründlich gereinigt. Erst daran schloß sich die eigentliche Probeentnahme mit einem Bohrer von 1 mm  $\varnothing$  von dieser Vorbohrung aus an. Entnommen wurden,

falls möglich, 30-50 mg pro Untersuchungsobjekt.

Die Ausmessung der  $\gamma$ -Spektren erfolgte mit einem Ge (Li) - Detektor (Auflösung 2.2 keV für Co-60) in Verbindung mit einem 4096 Kanal-Impulshohenanalysator, der bereits eine Vorauswertung der Spektren durchführt.

Abb.6 zeigt eine graphische Übersicht über die gemessenen Konzentrationen von verschiedenen Elementen in den einzelnen Objekten, mit Ausnahme des Hauptbestandteils Cu. Die Mittelwerte für As und Sb liegen mit etwa 0,3% relativ hoch. Zu beachten ist, daß bei Antimon Extremwerte von bis zu 14% auftreten, was auf eine Verhüttung von Antimonfahlerzen ( $Cu_3SbAsS_4$ ) schließen läßt. Verhältnismäßig hoch liegen auch die häufigsten Werte für Co und Ni (0,1 bzw. 0,3%). Dieses Ergebnis kann in sofern nicht überraschen, da dies bei überwiegender Verhüttung von Cu-Erzen dieser Region zu erwarten war. Auch der mittlere Gehalt an Silber ist im Vergleich zur Masse der bekannten Analysen prahistorischer Metallfunde (Cu oder Cu-Legierungen) mit 0,1% hoch.

Die analysierten Objekte lassen sich mit einer gewissen Willkür in folgende Kategorien einteilen:

1. Rohkupfer: Kein Sn; As, Sb weniger als 1% : 19 Objekte
2. Zinnbronzen: 0,25 - 13% Sn; As, Sb weniger als 1% : 11 Objekte
3. Antimonbronzen: Kein Sn; Sb zwischen 1 und 5% : 12 Objekte
4. Verhüttungsprodukte von Antimonfahlerzen: Kein Sn; Sb mehr als 5% : 3 Objekte. Die Fundstücke dieser Kategorie sind in ihrer Beschaffenheit so sprode, daß nicht anzunehmen ist, daß aus diesem Material ohne weitere Zusätze Gebrauchsgegenstände gefertigt werden sollten.

5. Zinn-Antimonbronzen: 1,0 - 10,8% Sn; 1,0 - 2,6% Sb: 9 Objekte.

Die Objekte der einzelnen Kategorien treten meist an verschiedenen Fundorten gehäuft auf, jedoch oft nicht in dem betreffenden Fund als einzige Kategorie.

Als besonders informativer Fundort ist in Tabelle (Abb.7) der Fundort Unadingen (Kr. Breisgau-Hochschwarzwald, Südbaden: Stein 1979, S.121, Nr 293) zusammengestellt.

Neben einem Verhüttungsprodukt eines Antimonfahlerzes sind vier Rohkupferproben (52, 53, 54 und 56) sowie eine Zinnbronze aufgeführt. Bei den Rohkupferproben sind die Gehalte an Co, Ni, Au und Zn völlig gleich, die an Ag fast gleich. In allen vier Proben ist kein In nachzuweisen. Die Gehalte an Fe, As und Sb liegen für alle in derselben Größenordnung, sind aber deutlich verschieden. Die Übereinstimmung ist besser als bei solchen Funden, wo zwei Proben vom gleichen Stück genommen wurden. Dieser Sachverhalt legt die Vermutung nahe, daß die vier Proben, bzw. die Gubkuchenfragmente aus dem gleichen Erz nach dem gleichen Verfahren gewonnen wurden. Hierbei bleibt offenbar der Gehalt an Co, Ni, Zn, Ag und Au weitgehend konstant, während schon geringfügige Änderung der Herstellungsbedingungen, z.B. der Temperatur genügen, um den Gehalt des Endproduktes an Sb und As zu verändern, wenn man keine absichtliche unterschiedliche Zulegierung dieser Elemente in solch geringen Mengen annehmen will.

Probe 55 ist eine Zinnbronze, die offensichtlich aus dem vorher gezeigten Kupfer gewonnen wurde. Co- und Ni-Gehalt sind durch die Verdünnung leicht vermindert (Zn infolge des

groberen Fehlers dieser Bestimmung unverändert). Der Gehalt an Ag und Au ist erheblich erhöht. In tritt in relativ hoher Konzentration (42 ppm) auf, während As, Sb, Fe und Mn nicht signifikant verändert sind. Dies beweist, daß Ag, Au und In in diesem Fall als Begleiter des zulegierten Zinn aufgetreten sind. In kann aber ebenfalls als Begleiter des Cu in anderen Fällen auftreten, besonders wenn dieses merkliche Mengen von Pb enthält. Co und Ni hingegen scheinen nur als Begleiter des Cu in Erscheinung zu treten, nicht hingegen beim Zinn, was aus der Geochemie bekannt ist. Auf die gleiche Weise läßt sich bei zwei Zinnbronzen aus dem Depotfund von Weinheim-Nachstenbach (Rhein-Neckar-Kreis, Nordbaden: Stemmermann 1933-36) zeigen, daß sie aus gleichem Rohkupfer unter Zugabe verschiedener Mengen von zumindestens untereinander ähnlichem Zinn hergestellt wurde (Proben 59 u. 60). Der Gehalt an Nickel und Kobalt scheint nach dem Gesagten geeignet, sowohl Rohkupfer als auch das Kupfer in Bronzen zu "charakterisieren". Bei der Betrachtung der Meßergebnisse zeigt es sich, daß die Kobaltwerte eine wesentlich grobere Variationsbreite als die des Nickels aufweisen. Da darüber die Messung der Kobaltgehalte auch erheblich genauer ist als die des Nickels, haben wir den Kobaltgehalt der Proben als Maßstab für eine Gruppeneinteilung genommen. Wir unterscheiden dabei, wiederum mit einer gewissen Willkür:

|            |      |              |                  |
|------------|------|--------------|------------------|
| Gruppe I   | : Co | 0.001 %      | = 2 Fundobjekte  |
| Gruppe II  | : Co | 0.001-0.01 % | = 2 Fundobjekte  |
| Gruppe III | : Co | 0.01-0.1 %   | = 22 Fundobjekte |
| Gruppe IV  | : Co | 0.1-0.3 %    | = 24 Fundobjekte |

Gruppe V : Co 0.3 % = 4 Fundobjekte.

Es fällt auf, daß in Gruppe III überwiegend Zinn und Zinn-Antimonbronzen zu finden sind, während in Gruppe IV Rohkupfer- und Antimonbronzen dominieren. Es zeigt sich weiter, daß das Rohkupfer vom Typus "Unadungen" auch noch an Proben von drei weiteren Fundstellen (Niederrad, Bad Homburg und Gudensberg) auftritt. Da die Untersuchungen noch andauern, sollen an dieser Stelle keine weiteren Rückschlüsse gezogen oder Vergleiche mit ähnlichen Analysen angestellt werden.

Die Verfasser danken dem Institut für Kernchemie der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, sowie der Kernforschungsanlage Jülich für die Grobzügige Ausführung der Neutronenaktivierungen.

LITERATURVERZEICHNIS

- Conrad, H.-G.: Römischer Bergbau. Ber. Denkmalpfl. Saarland 15, 1968, 113-131.
- Eibner, C. : Legierung oder Lagerstätte? Festschrift für Richard Pittioni zum siebzigsten Geburtstag. Arch. Austriaca Beiheft 14 (1976) 43-57.
- Eibner, C. : Kupfererzbergbau in Österreichs Alpen. In: Prahist. Arch. Südosteuropa 1 (1982) 399-408.
- Geis, H.-P. : Die Kupferlagerstätten von Imbach/Rheinpfalz. Erzmetall, Zeitschrift für Erzbergbau u. Metallhüttenwesen 8, 1955, 267-275.
- Harke, H. : Probleme der optischen Emissionspektalanalyse in der Urgeschichtsforschung. Technische Möglichkeiten und methodische Fragestellungen. Prahistorische Zeitschrift 53, 1978, 165-276.
- Herrmann, F.-R.: Die Funde der Urnenfelderkultur in Mittel- und Südhessen (Berlin 1966).
- Hundt, H.-J.: Die Rohstoffquellen des europäischen Nordens und ihr Einfluß auf die Entwicklung des nordischen Stils. Bonner Jahrbücher 178, 1978, 125-162.
- Jockenhovel, A.: Zu befestigten Siedlungen der Urnenfelderzeit aus Süddeutschland. Fundber. Hessen 14, 1974 (1975) 19-62.
- Jockenhovel, A.: Zu einigen späturnenfelderzeitlichen Bronzen aus dem Rhein-Main-Gebiet. Studien zur Bronzezeit. Festschrift für W.A.v. Brunn (1981) 131-149.
- " - : Kupferlagerstätten und prahistorische Metallverarbeitung in Nordhessen: Zum Stand der Forschung. Archäologisches Korrespondenzblatt 13, 1983, 65-73.
- Junghans, S., Sangmeister, E. u. Schröder: Metallanalysen kupferzeitlicher und frühbronzezeitlicher Bodenfunde aus Europa. Studien Anfänge Metallurgie 1 (Berlin 1960).
- " - : Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas. Studien Anfänge Metallurgie 2, 1-3 (Berlin 1968).
- " - : Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas. Studien Anfänge Metallurgie 2, 4 (Berlin 1974).
- Kobrich, C. : Hessische Erzvorkommen: Die Nichteisenerze. Handbuch hess. Bodenschätze 3 (1936).
- Kytlicova, O. : Bronzemetallurgie in Böhmen in der Jung- und Spätbronzezeit. Arch. Polski 27, 1982, 383-394.
- Mozsolics, A. : Gubkuchen aus wieder eingeschmolzenem Altmetall. In: Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte I (Festschrift W. Coblentz). Arbeits- und Forschungsberichte Sachsischer Bodendenkmalpflege Beiheft 16, 1981, 403-417.

- Otto, H., Witter, W.: Handbuch der ältesten vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa. Leipzig 1952.
- Paleometallurgie de la France atlantique, Age du Bronze (1). Rennes 1984.
- Pittioni, R. : Bergbau und Spektralanalyse. Mitt. Osterr. Arbeitsgemeinschaft f. Ur- und Frühgeschichte 26, 1976.
- Rowlands, M. J. : The Organisation of Middle Bronze Age Metalworking. British Arch. Reports 31 (1976).
- Schindler, R. : Studien zum vorgeschichtlichen Siedlungs- und Befestigungswesen des Saarlandes (Trier 1968).
- " - : Das römische Kupferbergwerk von Wallerfangen (St. Barbara), in: Führer zu vor- und frühgeschichtlichen Denkmälern 5 (1966) 160-164.
- " - : Die römischen Kupferstollen von Wallerfangen und Kordel-Butzweiler. Zeitschrift für Erzbergbau und Metallhüttenwesen 21, 1968, 126-131.
- Schulz, H. D. : Zuordnung von Kupfer-Metall zum Ausgangserz-Möglichkeiten und Grenzen der Methode. Prähistorische Zeitschrift 58, 1983, 1-14.
- Simon, K. : Erzgewinnung und Metallgewerbe während der späten Bronze- und frühen Eisenzeit in Ostthüringen. Arch. Polski 27, 1983, 343-358.

- Sprockhoff, E. : Jungbronzezeitliche Hortfunde der Sudzone des Nordischen Kreises (Periode V). (Mainz 1956).
- Thrane, H. : Europäisches forbindelser (1975).
- Walling, H. : Der frühe Bergbau in der Pfalz. Mitt. Hist. Ver. Pfalz 75, 1977, 15-46.
- Wild, H. W. : Bodenschatze und Bergbau im Landesteil Birkenfeld. Der Anschnitt, Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau 36, 1984, 23-37.
- Zschocke, K., Preuschen, E.: Das urzeitliche Bergbauggebiet von Muhlbach-Bischofshofen. Materialh. Prähist. Komm. 6 (1932).
- Stein, F. : Katalog der vorgeschichtlichen Hortfunde in Süddeutschland. Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde 24 (Bonn 1979).
- Stemmermann, H.-P.: Das Bronzedepot von Weinheim-Nachstenbach. Bad. Fundber. 3, 1933-1936, 1-13.

Albrecht Jockenhövel, Günter Wolf

BADANIA PALEOMETALURGICZNE NA OBSZARZE POMIĘDZY  
MOZELĄ I WERRĄ

W centrum badania grup znalezisk i źródeł z epoki brązu i pól urnowych znajdują się najczęściej przedmioty metalowe. Przedmioty te oceniane są w oparciu o wypróbowane metody tradycyjne i specjalne. W odniesieniu do preferowanych w wielu miejscach dużych zbiorów przedmiotów metalowych, jak np. skarby i inne znaleziska (np. znaleziska rzeczne) badacze szkoły południowoniemieckiej stosowali prawie wyłącznie postępowanie zmierzające do wyjaśnienia przyczyn ich ukrycia itd. motywami historycznymi lub też kulturowo-religijnymi. Ocena znaleziska metalowego w aspekcie historyczno-ekonomicznym znajduje się jak do tej pory we wstępnej fazie rozwoju (Rowlands 1976). Szczególne znaczenie przypisuje się przy tym badaniu struktury i organizacji rzemiosła metalowego. Organizacja rzemiosła metalowego z epoki brązu bazuje na procesie wytwórczym w dużym stopniu jednolitym, jak już powiedziano w innym miejscu (Jockenhövel 1985) przy okazji omawiania zasięgu osad. Proces ten można podzielić na pięć zasadniczych etapów:

1. Przeróbka rud i metali.
2. Odlewanie i wytwarzanie.
3. Dalsza obróbka przy użyciu wielorakich technik.

ARCHAEOLOGIA INTERREGIONALIS

FRÜHBRONZEZEITLICHE  
BEFESTIGTE SIEDLUNGEN  
IN MITTELEUROPA

Materialien der Internationalen Arbeitstagung  
vom 20. bis zum 22. September 1983 in Kraków



Warsaw University



Jagiellonian University Cracow



Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego

(1985)