

Anregungen zur Zusammenarbeit von

Archäologen mit Berg- und Hüttenleuten

Von Dr. Harald v. Petrikovits, Bonn

Archäologie ist eine Methode der Geschichtsforschung. Sie hebt die gegenständlichen Überreste vergangener Menschen und ihres Tuns mit ihrer damaligen Umwelt ans Licht und erarbeitet aus ihren Funden historische Erkenntnisse. Da die Aspekte der Geschichtswissenschaft selbst historischem Wandel unterliegen, wechselten auch die Interessengebiete der Archäologie seit ihrem Entstehen in der Renaissance bis zu unserem Zeitalter beträchtlich. Als die Geschichtsschreibung den großen Persönlichkeiten der Vergangenheit zugewandt war, galt der Archäologie die Wiederentdeckung der großen Kunst des Altertums als alleiniges Forschungsziel. Mit der Verbürgerlichung des Geisteslebens wandten die Historiker breiteren sozialen Schichten ihr Interesse zu, während die Archäologie die ganze Fülle vergangenen Lebens aus den Spuren im Boden abzulesen begann. Die Geschichtsforschung unserer Tage ist in einer weltweiten Wissenschaft vom Menschen — in den westlichen Ländern Anthropologie genannt — aufgegangen. Nun sind auch der Archäologie neue Wege gewiesen. Sie vermag noch mehr als die Erforschung schriftlicher Quellen, wenigstens bis zum Mittelalter, die anonymen Kräfte der Geschichte zu begreifen, also die Dynamik, deren Wirken unser eigenes Geschick so nachdrücklich bestimmt hat.

In der Wirtschaftsgeschichte manifestieren sich manche der anonymen Kräfte der Geschichte sehr deutlich. Die zeitgenössische Wirtschaftsgeschichte wendet darum neben der Erforschung schriftlicher Spezialquellen besonders oft die archäologischen Methoden an. Es bedarf keiner näheren Erläuterung, inwiefern die Geschichte des Bergbaus und Hüttenwesens einen maßgeblichen Teil der Wirtschaftsgeschichte einnimmt. Ebenso versteht es sich von selbst, daß die Archäologie die anschaulichen Quellen der Bergbau- und Hüttengeschichte für diejenige Zeit an den Tag fördern und aufbereiten muß, aus der wir noch keine Fachwerke haben wie Agricolas *„De re metallica“* oder Biringuccios Darstellungen.

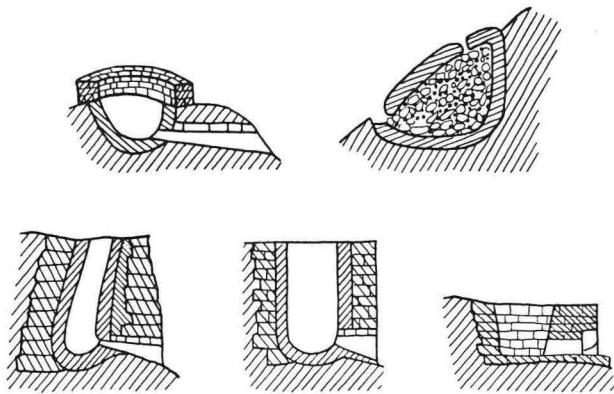
Welcher Art Quellen für das Studium frühzeitlicher Bergbau- und Hüttengeschichte vermag die Archäologie nun aufzudecken? Da sind zuerst alte Bergbaue selbst zu nennen. Wir kennen solche von paläolithischen Feuersteinbergwerken, etwa in Belgien, über neolithische Gesteinsabbau wie den Jaspisbergbau an der Kachelfuh bei Kleinkems (Baden), über Metall-, Erz-, Salz-, Steinkohle- und Edelmetallabbau und -gewinnung aller metallzeitlichen Epochen. Es sei uns erlaubt, vorwiegend Beispiele aus unserem Studiengebiet, der römischen Archäologie, zu nennen. Römischer Bergbau ist am genauesten und umfangreichsten in Britannien studiert worden, aber auch in Spanien, Österreich und auf der Balkanhalbinsel. Den Zugang zu Lager-

stätten, die man nicht im Tagebau ausbeuten konnte, suchte man gern vom Talabhang her durch einen Stollen. Von hier aus teufte man Schächte ab, die aber auch manchmal unmittelbar unter Tage führten. Hier können natürlich nicht Einzelheiten des antiken Bergbaus dargelegt werden. Es wäre viel über die Ausrichtung, Vorrichtung und den Abbau selbst zu berichten. Auch Zimmerung der Stollen war bekannt. Sie ist für die spanischen Goldgruben durch Plinius (n. h. 33,70) bezeugt und war in Alburnus maior (Verespatak, Rosia Romana) sogar noch erhalten. Die Form erhaltener Schächte — wie z. B. bei Hüttenberg in Kärnten — läßt manchmal Schlüsse auf die Ausbauarten zu. Das Erz wurde in Ledertragen, in Körben oder anderen Gefäßen von Hand oder auch durch Wasserräder — wie in Spanien und in den Donauländern — gefördert. In den römischen Gruben war für Wasserhaltung, Wetterführung und Beleuchtung Vorsorge getroffen. Grubenwasser versuchte man auf allerlei Weise zu beseitigen; häufig benutzte man die Schneckenpumpe, lat. cochlea, selten die von Ktesibios um 150 n. Chr. erfundene Druck- und Saugpumpe.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß der Mensch abbauwertes Gestein oder Erz zuerst auf der Erdoberfläche, sei es in einzelnen abgesprengten Stücken sekundärer Lagerung oder in Ausbissen, kennengelernt und abgebaut hat. Strossen- und Tagebaue waren zu allen Zeiten eine einfache Abbauart. Römische Tagebaue sind, wie wir noch sehen werden, häufige archäologische Bodendenkmale.

Da der Transport von Erz auf weitere Strecken in der Frühzeit sehr mühselig und kostspielig war, wurde es möglichst in der Nähe der Gruben aufbereitet. Sowohl bei trockener wie bei nasser Aufbereitung mußte das Erz gewöhnlich zerkleinert werden. Es wird daher öfters in der Nähe frühgeschichtlicher Gruben und Tagebaue Haufwerk gefunden, ferner Mörser und Mühlen zur Zerkleinerung des Erzes. Auch Wäschereien wurden, z. B. in Laurion, aufgedeckt.

Vor dem Schmelzprozeß wurde manches Erz erst geröstet. Man glaubt, bei Hüttenberg (Kärnten) römische Röstgruben für Eisenerz ausgegraben zu haben. Beträchtlich ist aber die Zahl von Schmelzherden und Schmelzöfen für verschiedene Erze, die bisher durch archäologische Untersuchungen bekannt wurden. Die Schmelzherde und -öfen waren entweder so eingerichtet, daß sie durch einen Windkanal oder Tondüsen Luft und damit Sauerstoff erhielten oder daß sie durch Blasebälge mit Luft versorgt wurden. Nach Bauart und Einrichtung können mehrere Arten von Schmelzöfen unterschieden werden. Manchmal sind sie in den Hang eingebaute Zug- oder Windöfen, manchmal in den Boden

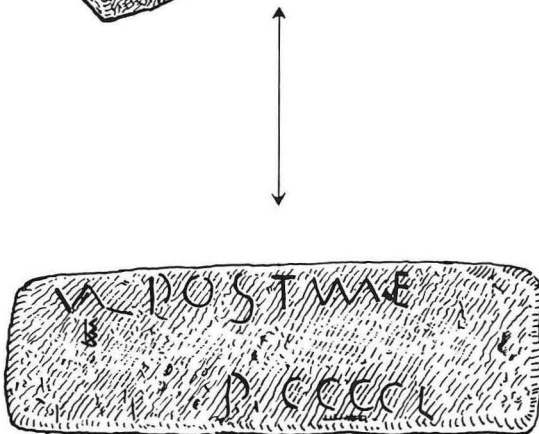
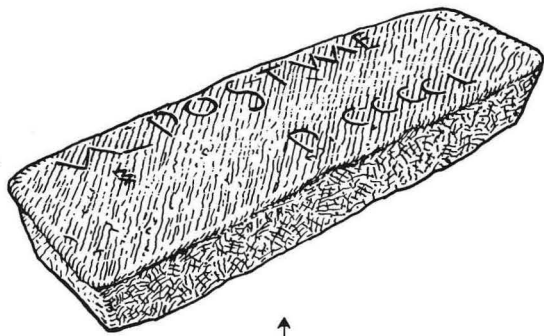


Römische Metallschmelzöfen. Nach F. Freise, *Geschichte der Bergbau- und Hütten technik. Verschiedene Maßstäbe.*

eingebaute oder frei hochgebaute Schacht- und Kuppelöfen, die mit Steinen gemauert oder nur mit Lehm gesetzt sein können. Vielfach ist ein Stichloch für flüssiges Metall oder eine Öffnung in der Ofenbrust zur Entnahme von Eisenluppe je nach Art des erschmolzenen Metalls angebracht worden.

Stollen und Schächte, Tagebaue, Schlackenhalde und Haufwerk und schließlich Schmelzöfen sind die häufigsten archäologischen Überreste frühgeschichtlichen Bergbaus und Hüttenwesens. Die zugehörigen Siedlungen wie Berg-

Römischer Bleibarren aus Arbon (Schweiz). Die Inschrift nennt den Gruben- oder Hüttenbesitzer Valerius Postumus und gibt das Gewicht des Barrens an. Umgezeichnet nach O. Meyer-Boulenar.



0 ~ 65 cm

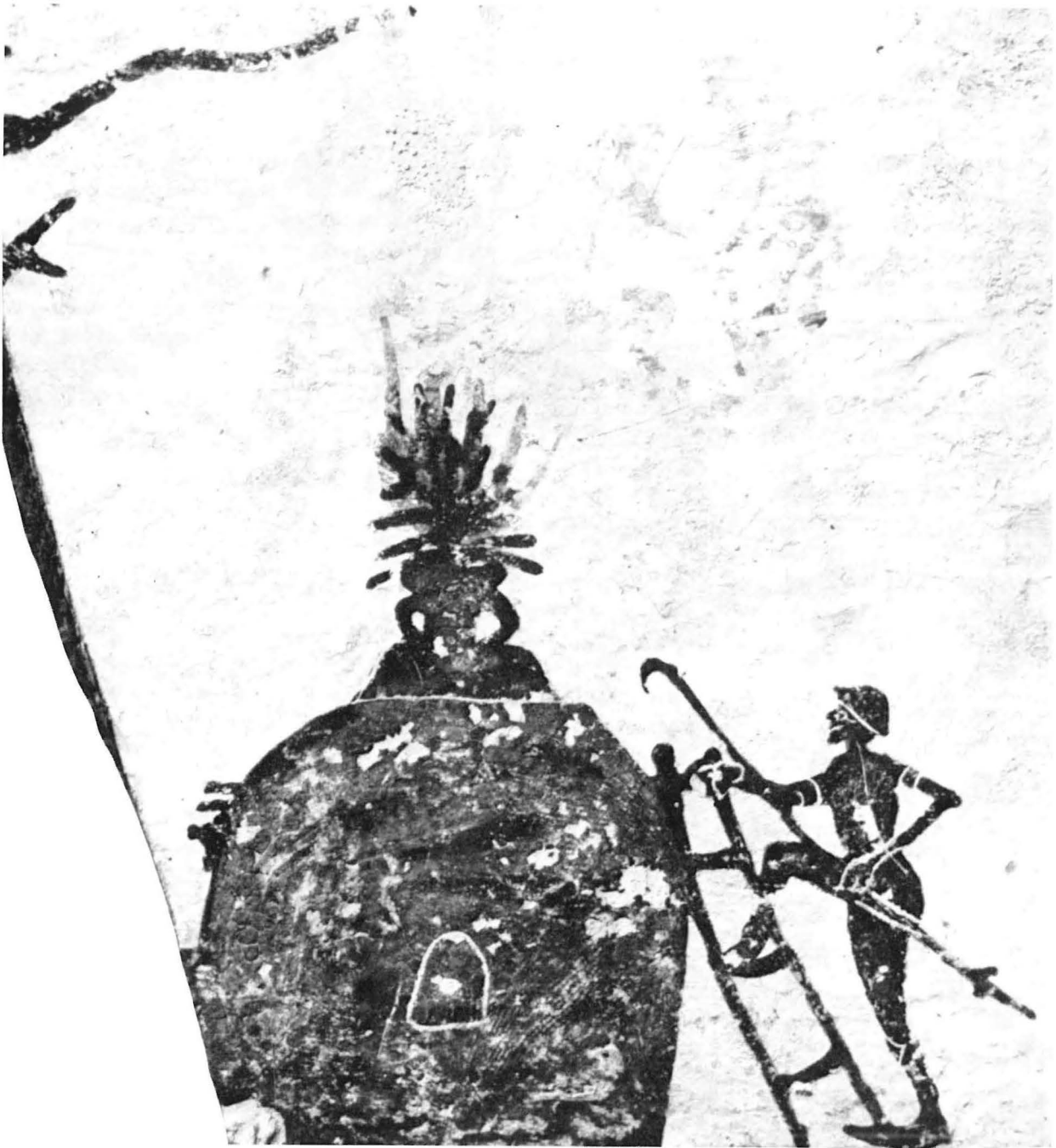
bausiedlungen oder römische Einzelhöfe (*Villae rusticae*), die Bergbau und Verhüttung betrieben, sowie ihre technischen Nebenanlagen werden meistens erst durch den Spaten des Archäologen bekannt.

Aus all diesen beschriebenen Anlagen sind zahlreiche Fundstücke in die archäologischen und heimatkundlichen Museen oder in Privatsammlungen gelangt. Das sind einmal Bekleidung, Ausrüstung und Werkzeug des Bergmanns und Hüttenarbeiters. Gezähe der römischen Bergleute wurde z. B. in den spanischen Gruben von Rio Tinto (nordostwärts Porto, Portugal) und in Alsó Telek gefunden. Grubenlampen waren teils die auch im Hausgebrauch üblichen Öllampen aus Ton oder Metall, teils waren es besondere Hängelampen. Vorrömische und römische Ledertragen und Förderkörbe sind aus den Salzbergwerken des Salzkammergutes und aus römischen Bergwerken in Spanien erhalten. Durch die konservierende Wirkung des Salzes sind uns sogar Kleidung und ganze Mumien bis in unsere Zeit erhalten geblieben.

Neben solchen bergbau-archäologischen Resten haben die Magazine der Museen oft noch Schlacken, Luppen, Ofensäue, Masseln und Barren erhalten, die ein wertvolles Studienmaterial darstellen. Und schließlich sei die unübersehbare Fülle von Fertigwaren aus urgeschichtlicher, römischer und frühmittelalterlicher Zeit erwähnt, aus der manche Rückschlüsse auf unsere Fragestellungen möglich sind.

Bei diesem knappen Überblick habe ich absichtlich die archäologischen Quellen vorangestellt, weil diese noch erweitert werden können und weil sie den unmittelbaren Zugang zur Arbeit der Vergangenheit ermöglichen. Die Schriftquellen zum altorientalischen, griechischen und römischen Bergbau eröffnen uns meistens Kenntnisse aus solchen Sparten antiken Bergbaus und Hüttenwesens, die wir mit archäologischer Methode nicht erhellen könnten. Außer verschiedenen Schriftstellern des Altertums, wie z. B. dem älteren Plinius und Strabon, geben uns Inschriften und Papyri manche Aufschlüsse. Zum Beispiel ist die *lex metalli Vipascensis* von großer Bedeutung für unser Wissen über das römische Bergbaurecht. Aufschlußreich sind auch die Stempel auf Masseln und Barren, die die Auftraggeber und Bergwerkseigentümer oder deren Pächter nennen. Es gibt sogar römische Bergwerksmünzen. Zu diesen Quellen treten noch bildliche Darstellungen wie die bekannten altägyptischen Wandmalereien, die den Betrieb von Rennöfen mit Blasebalg zeigen, oder griechische Darstellungen aus einem Bergwerk oder von der Verarbeitung des Eisens.

Was ist nun über römischen Bergbau und römisches Hüttenwesen bisher erarbeitet worden? Die von den Römern ausgebeuteten Lagerstätten in Britannien sind schon recht gut bekannt. Silberführende Bleimineralien waren in den Mendips schon unter Augustus abgebaut, andere waren in Shropshire, Derbyshire, Flintshire, Yorkshire und Northumberland. Gold wurde in South Wales gewonnen, Kupfer in



Schmelzofen aus Penteskuphia bei Korinth (um 600 v. Chr.). Tontafelbild (10,4 × 13,2 cm), Staatliche Museen Berlin.

North Wales und Anglesey. Eisen ist im Weald, im Forest of Dean und an anderen Plätzen gewonnen und verhüttet worden. Kohle wurde in den wichtigsten Kohlefeldern Englands, in South Wales und im südlichen Schottland abgebaut. Die Zinnminen von Cornwall gewannen im 3. Jahrhundert Bedeutung.

Vergleichen wir mit diesem Überblick unsere Kenntnisse der von den Römern abgebauten Lagerstätten in der Rheinzone und an der oberen Donau! Die letzte Karte solcher Lagerstätten hat, soviel mir bekannt ist, O. Davies im Jahre 1935 veröffentlicht. Er führt dort 27 Punkte auf, von denen 17 ausscheiden, weil dort nur Schmelz- oder Schmiedeöfen

nachgewiesen sind, aber keine sicheren Spuren von römischem Bergbau bekannt wurden. Sieht man von diesen Fundpunkten ab, dann bleiben nur die Blei-Silbererzvorkommen an der unteren Lahn, die Brauneisensteingewinnung im Hagenschieß bei Pforzheim und das Bergbauggebiet von Wiesloch nahe bei Heidelberg übrig. So enthält also die Karte von O. Davies wenig Brauchbares. K. Schumacher hat 12 Jahre vorher (1923) im zweiten Band seiner Siedlungs- und Kulturgeschichte der Rheinlande eine vollständigere Liste des bis damals bekannten römischen Bergbaus am Rhein gegeben (S. 253 ff.). Aber auch hier ist vieles unkritisch übernommen.

Faßt man zusammen, was wir mit Wahrscheinlichkeit über römische Bergbauggebiete in den römischen Provinzen Ober- und Niedergermanien wissen, so ist es folgendes:

Gold: Vielleicht, aber noch keineswegs sicher, im Hohen-Venn-Gebiet.

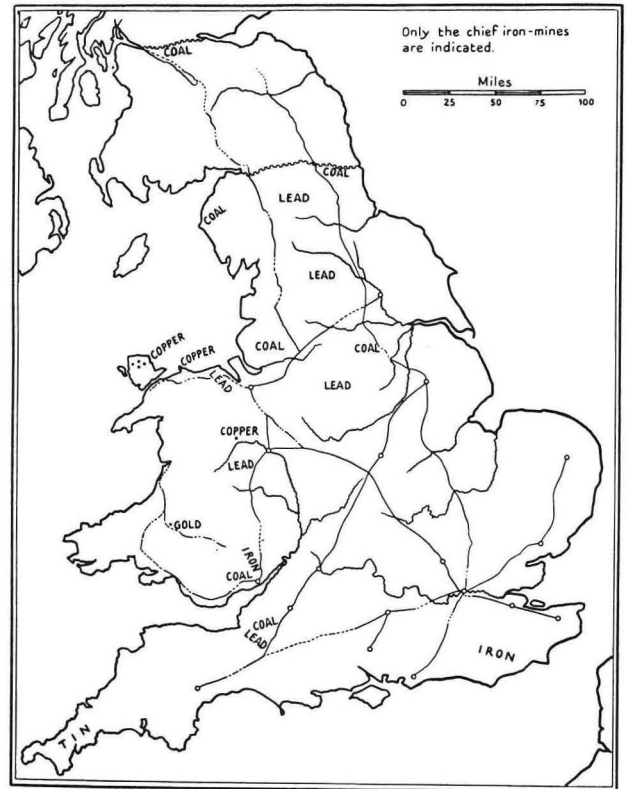
Blei-Silber: Nordeifel, Lahn-mündung und Wiesloch (Landkreis Heidelberg). Silber wurde im Jahre 47 n. Chr. in geringen Mengen auch im Mattiakergebiet an noch unbekanntem Ort, vielleicht unweit der Lahn-mündung, gewonnen.

Kupfer: Göllheim in der bayerischen Pfalz, Wallerfangen im Saargebiet, Kordel (Kr. Trier), vielleicht, aber noch nicht bestätigt, bei Gressenich ostwärts Aachen.

Galmei: Gressenich und Wiesloch. Eines der beiden Vorkommen erwähnt auch der ältere Plinius.

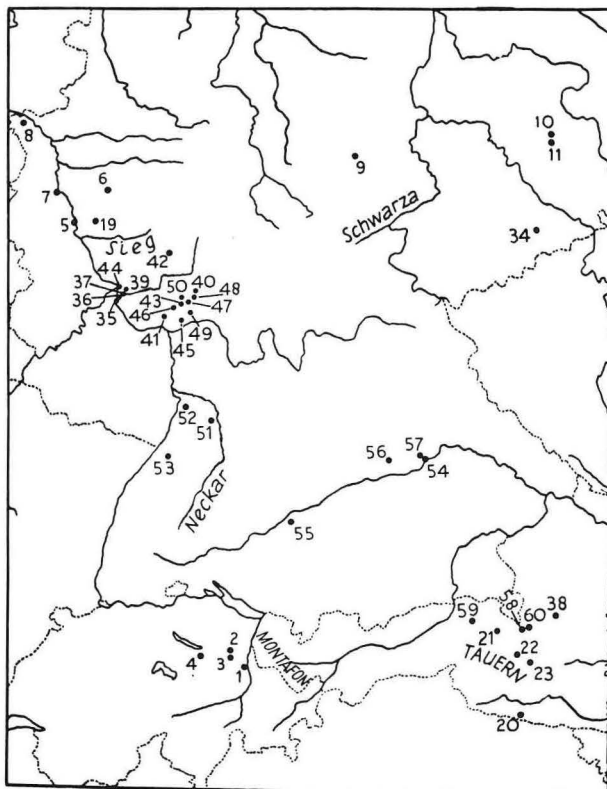
Eisen: Rasen- oder Sumpferz mag am Niederrhein gewonnen und verhüttet worden sein, ohne daß bisher ausreichende Nachweise dafür aufgefunden wurden. Sicher wurden folgende Eisenerz-lagerstätten in römischer Zeit abgebaut: Nordeifel, Hagenschießwald (südostwärts Pforzheim), Eisbachtal (Pfalz), Pfünz (Kr. Eichstätt) und im Schweizer Jura. Die Eisenerz-lager an der Maas hatten auch für die Rheinzone Bedeutung.

Es ist also offenkundig, daß die englische Archäologie die römischen Bergbauggebiete in Britannien viel vollständiger, aber auch eingehender studiert hat, als es die deutsche Archäologie in ihrem Land getan hat. Es genügt ja nicht, daß wir Bergbau und Verhüttung nur irgendwo feststellen, sondern wir wollen doch die geschichtliche Entwicklung



In römischer Zeit abgebaute Lagerstätten in Britannien.
Nach R. G. Collingwood.

Römischer Bergbau in der Rheinzone. Nach O. Davies.



und die Verflechtung von Bergbau und Hüttenwesen mit der übrigen Wirtschaft des römischen Reiches erarbeiten. Zur Lösung gerade solcher übergeordneter Fragestellungen hat die englische Forschung besonders viel beigetragen. Die Gründe, weshalb die englische Archäologie und Wirtschaftsgeschichte der Antike diesen Vorsprung hat, sind mannig-facher Art. Nur einige seien erwähnt. Das Interesse der Gebildeten in England für die Antike ist größer als in Deutschland. Darum bemühen sich die sehr zahlreichen antiquarischen Gesellschaften viel mehr um die örtliche Archäologie als im allgemeinen ihre deutschen Schwester-gesellschaften. Außerdem ist der englische Archäologe mehr um Synthese bemüht als viele deutsche, deren Stärke die Einzelforschung ist. Hinzu kommt der Umstand, daß die deutsche Altertumswissenschaft an den Universitäten die römische Reichsarchäologie vernachlässigt, gelegentlich sogar gering schätzt. Während in England drei Ordinarien dieses Fach betreiben, fehlt in Deutschland ein derartiger Lehrstuhl bisher völlig.

Man wird wohl nach dem Gesagten der Meinung sein müssen, daß wir die Erforschung frühzeitlichen Bergbaus und Hüttenwesens intensivieren sollten. Dazu ist es nötig, alles bisher Bekannte, was zu dem Thema gehört, zu sammeln und kritisch zu sichten. Wir müssen das Quellen-material aus antiker und neuer Literatur, im Gelände und in den Museen sammeln. Die literarische Dokumentation erfordert einige Zeit, läßt sich aber, wenn sie einmal in Gang käme, verhältnismäßig einfach bewältigen. Da einschlägige Nachrichten nicht nur in archäologischer und

heimatkundlicher Literatur, sondern auch in bergbau-, hüttenkundlicher und allgemein metallkundlicher Literatur zu finden sind, wäre die Mitarbeit von seiten der GDMB und des VDEh hierbei sehr zu begrüßen. Schwieriger wird es sein, die eingangs geschilderten bergbauarchäologischen Bodendenkmäler im Gelände zu erfassen. Das ist eine Aufgabe der archäologischen Landesaufnahme, die in den einzelnen Bundesländern aus personellen und finanziellen Gründen sehr verschieden weit fortgeschritten ist. Aber auch diese Aufgabe werden wir mit Unterstützung der Römisch-Germanischen Kommission und interessierter Kollegen schaffen. Hierbei müssen wir aber die tätige, nicht nur tolerierende Hilfe des Bergbaus erbitten. In manchen noch heute betriebenen Gruben werden ständig „Alte Männer“ und andere Spuren frühzeitlichen Bergbaus von modernen Fördermaschinen oder Baggern beseitigt. Es wäre schon wertvoll für uns, wenn wir wüßten, wo das der Fall ist, und wenn wir bei der markscheiderischen Aufnahme solcher Befunde unterstützt würden, wie das in Mechernich schon geschehen ist. Ich denke dabei besonders an Wiesloch, wo die Spuren römischen Bergbaus endlich untersucht werden sollten, wenn solche noch vorhanden sind.

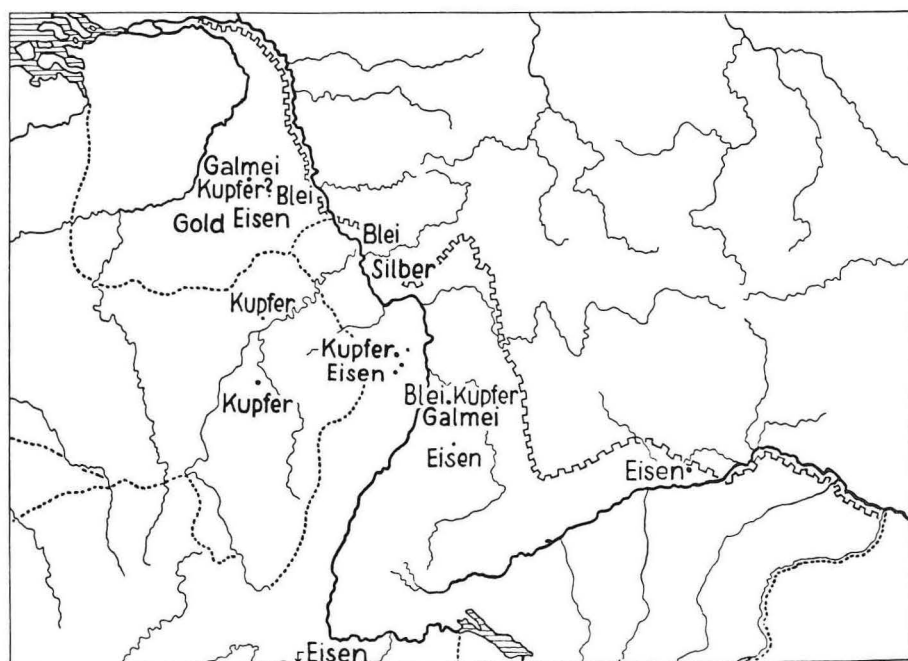
Ein bescheidenes Beispiel solcher bergbauarchäologischen Landesaufnahme habe ich südlich Berg vor Nideggen (Kreis Düren) in der Nordeifel durchgeführt. Wir haben dort eine Fläche von 16 qkm planmäßig abgesucht und mindestens 12 römische Gutshöfe entdeckt. Einen derselben haben wir zu einem beträchtlichen Teil ausgegraben. Diese Villae rusticae betrieben außer Landwirtschaft auch Bergbau und Verhüttung. Wir fanden in der Untersuchungsfläche von 16 qkm bisher rund 100 römische Tagebaue und bei einem der Höfe zwei Schmelz- oder Röstöfen. Das Untersuchungsfeld liegt beiderseits der geologischen Grenze von Buntsandstein und Muschelsandstein. Die Beziehung der

Tagebaue zu den Höfen steht durch verschiedene Funde, aber auch durch einen Bohlenweg fest, der von einem der Tagebaue zu einem Hof führte. Ein sehr ähnlicher Befund scheint im Hagenschief bei Pforzheim vorzuliegen.

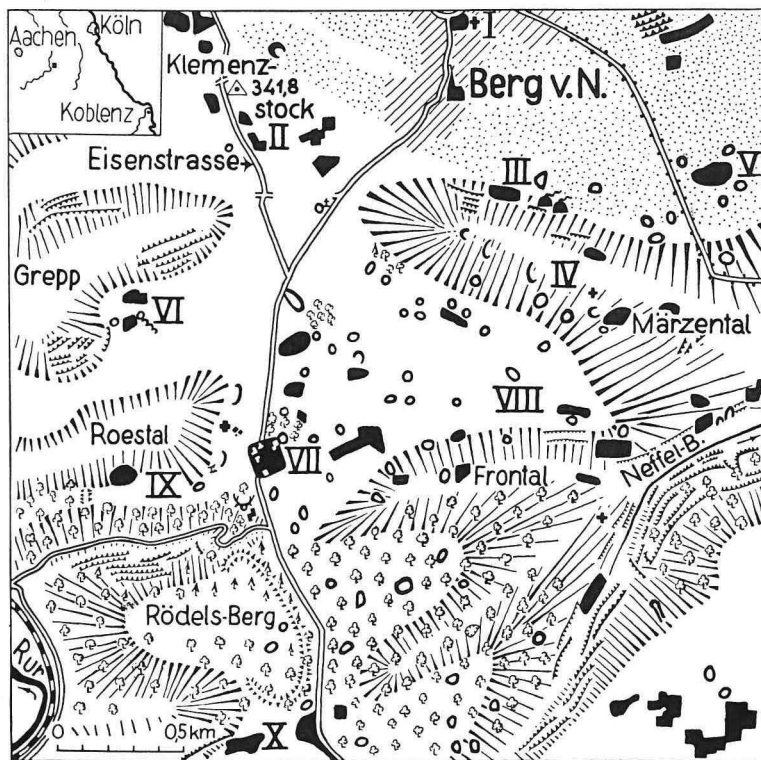
Die bergbauarchäologische Landesaufnahme könnte aber durch die Lagerstättenkunde sehr erleichtert werden. Wenn man z. B. auf einer von R. J. Forbes gezeichneten Karte das Verhältnis frühzeitlicher Goldgewinnung im Vorderen Orient mit den dort noch heute betriebenen Goldgruben oder -wäschereien vergleicht, sieht man, daß die meisten heute bekannten Goldlagerstätten mit Ausnahme einiger nordirakischer und nordiranischer schon im Altertum bekannt waren. So wäre auch für uns eine Karte aller bekannten Lagerstätten der Bundesrepublik, soweit sie für frühzeitlichen Abbau in Frage kommen, und der dort noch heute betriebenen Gruben von großem Wert.

Zur Bestandsaufnahme dessen, was bisher über frühzeitlichen Bergbau und das Hüttenwesen bekannt geworden ist, gehört auch das Sammeln einschlägigen Materials in den Museen. Was in deren Sammlungen sowie bei Privatsammlern für uns von Interesse ist, wurde schon erwähnt. Bei der Auswertung dieses Materials ist wieder die Hilfe von bergbau- und hüttentechnischer Seite vonnöten. Sowohl in den Magazinen der Museen als auch im Gelände und bei archäologischen Grabungen werden Schlacken, Erze, Rohmaterial, Masseln, Barren und Fertigwaren gefunden. Der Hüttenfachmann und Chemiker allein kann dem Archäologen nähere Aufschlüsse über die Vorgänge im Renn- oder Schmelzofen, bei Scheideprozessen oder der heißen Weiterverarbeitung des Materials geben.

Das schwierigste Problem, das hier berührt wird, ist die Untersuchung von Fertigprodukten auf die Frage hin, aus welchen Erzen die verwendeten Metalle ausgeschmolzen sind und von welcher Lagerstätte diese Erze stammen. Für



Metallerzbergbau in der römischen Rheinzone



Römische Landhäuser mit Schürfgruben und Schmelzöfen bei Berg vor Nideggen
(Kr. Düren, Rheinland)

die Geschichte der Metallentdeckungen ist diese Frage von grundlegender Bedeutung, ebenso für die frühzeitliche Handelsgeschichte. Für solche Arbeiten bevorzugt man neuerdings die spektralanalytische Untersuchung vor der chemischen Analyse, weil sie die Spurenelemente besser erkennen und genauer messen läßt. Auf früheren Arbeiten von W. Witter und anderen fußend, führen S. Junghans und E. Sangmeister mit Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft spektralanalytische Untersuchungen an kupferzeitlichen und frühbronzezeitlichen Bodenfunden Europas durch. Durch diese Forschung ist es gelungen, bestimmte Analysengruppen zu unterscheiden und sie räumlich, teilweise auch zeitlich, festzulegen. Dadurch werden manche Fragen der genannten vorgeschichtlichen Epochen geklärt, vor allem Fragen nach Herstellungsgebieten und Handelswegen. Die Kupferzeit und die frühe Bronzezeit sind für solche Untersuchungen besonders geeignet, weil damals die Kupfer- oder Bronzeverarbeitung erst in den Anfängen stand. In späteren metallzeitlichen Epochen wurde nicht nur aus Erzen Metall erschmolzen, sondern es wurde auch Metallschrott verwendet, wofür es viele Beispiele seit der Bronzezeit gibt. Derartige Untersuchungen auf breiter, statistisch auswertbarer Basis, wie sie Junghans und Sangmeister durchführen, sind für die römische Epoche noch nicht erprobt. Es läßt sich aber voraussehen, daß sie hier nicht zu so klaren Ergebnissen führen würden.

Die Sammlung aller Quellen für die frühzeitliche Bergbau- und Hüttengeschichte aus Literatur, im Gelände und in den Museen wird aber noch nicht genügen. Die archäologischen Grabungsmethoden werden ständig verbessert, neues Wis-

sen führt den Archäologen zu immer verfeinerter Beobachtung. Wir werden also durch planmäßige Grabungen unsere Kenntnisse erweitern müssen. Mit Bedauern sieht der zeitgenössische Archäologe, wie unzureichend wichtige Befunde früher in Wort und Bild festgehalten wurden, wieviel vor allem durch unsachgemäßes Buddeln von Dilettanten zerstört wurde.

Aufgabe der Bergbau-Archäologie in der Bundesrepublik wird es also sein, mit Hilfe der Bibliotheken und Dokumentationen der GDMB und des VDEh alle literarischen Nachrichten über frühzeitlichen Bergbau zu sammeln, ferner im Gelände und in den Museen die einschlägigen archäologischen

Quellen zu ermitteln. Neue Ausgrabungen werden das Bild vervollständigen müssen.

Die Hilfe der Berg- und Hüttenleute wird vor allem für folgende Punkte erbeten:

- a) Ausarbeitung einer Lagerstättenkarte, die auf archäologische Bedürfnisse abgestimmt ist;
- b) Feststellung und Vermessung frühzeitlicher Pingen in heutigen Bergbauen;
- c) Untersuchungen von frühzeitlichen Schlacken, Barren, Fertigprodukten;
- d) bergbau- und hüttentechnische Beratung bei archäologischen Grabungen und bei deren Bearbeitung.

Anmerkung:

Dieser Aufsatz ist ein Auszug aus einem Vortrag, der bei der Gründung des Geschichtsausschusses der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute in Frankfurt am Main am 18. März 1958 gehalten wurde. Aus der verstreut veröffentlichten Literatur zu diesem Thema sei folgende Auswahl angeführt:

- Freise, F., Geschichte der Bergbau- und Hüttentechnik 1 (Das Altertum), Berlin 1908.
- Davies, O., Roman Mines in Europe, Oxford 1935.
- Orth, Artikel „Bergbau“ in: Realencyclopädie der classischen Altertumswissenschaft, Hrsg. Pauly-Wissowa-Kroll-Ziegler.
- Collingwood, R. G., und J. N. Myres, Roman Britain and the English Settlements, Oxford 1936, S. 226ff.
- Weiershausen, P., Vorgeschichtliche Eisenhütten Deutschlands, Leipzig 1939.
- Forbes, R. J., Metallurgy in Antiquity, Leiden 1950.
- Neumann, B., Die ältesten Verfahren der Erzeugung technischen Eisens, Berlin 1954.
- Petrikovits v., H., Was erwartet der Archäologe von der Metallkunde?, Stahl und Eisen 77, 1957, S. 429f.
- Ders., Bergbau und Hüttenwesen in der römischen Rheinzone, Erzmetall 11, 1958, S. 594ff.