

UB Heidelberg



03638629

Montanarchäologie
in Europa

Freiburger Forschungen
zum ersten Jahrtausend in Südwestdeutschland

Montanarchäologie
in Europa

Hans Ulrich Nuber, Karl Schmid, Heiko Steuer
und Thomas Zerk

Berichte zum Internationalen Kolloquium
„Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa“
in Freiburg, Baden-Württemberg
vom 4. bis 7. September 1990

Heiko Steuer, Karl Schmid, Hans Ulrich Nuber



JAN THORBECKE VERLAG SIEGEN

1991

ARCHÄOLOGIE UND GESCHICHTE

Freiburger Forschungen
zum ersten Jahrtausend in Südwestdeutschland

Herausgegeben von
Hans Ulrich Nuber, Karl Schmid, Heiko Steuer
und Thomas Zotz

Band 4



JAN THORBECKE VERLAG SIGMARINGEN

1993

Montanarchäologie in Europa

Berichte zum Internationalen Kolloquium
»Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa«
in Freiburg im Breisgau
vom 4. bis 7. Oktober 1990

herausgegeben von
Heiko Steuer und Ulrich Zimmermann



JAN THORBECKE VERLAG SIGMARINGEN

1993

Gedruckt mit Unterstützung

- des Ministeriums für Wissenschaft und Forschung Baden-Württemberg
- der Volkswagen-Stiftung, Hannover

93 B 684

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
HEIDELBERG

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Montanarchäologie in Europa: Berichte zum Internationalen Kolloquium »Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa« in Freiburg im Breisgau vom 4. bis 7. Oktober 1990 / Heiko Steuer und Ulrich Zimmermann (Hrsg.). – Sigmaringen: Thorbecke, 1993
(Archäologie und Geschichte; Bd. 4)

ISBN 3-7995-7354-2

NE: Steuer, Heiko [Hrsg.]; Internationales Kolloquium Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa <1990, Freiburg, Breisgau>; GT

© 1993 by Jan Thorbecke Verlag GmbH & Co., Sigmaringen

Alle Rechte vorbehalten. Ohne schriftliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Werk unter Verwendung mechanischer, elektronischer und anderer Systeme in irgendeiner Weise zu verarbeiten und zu verbreiten. Insbesondere vorbehalten sind die Rechte der Vervielfältigung – auch von Teilen des Werkes – auf photomechanischem oder ähnlichem Wege, der tontechnischen Wiedergabe, des Vortrags, der Funk- und Fernsehsendung, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, der Übersetzung und der literarischen oder anderweitigen Bearbeitung.

Gesamtherstellung: M. Liehners Hofbuchdruckerei GmbH & Co. Verlagsanstalt, Sigmaringen
Printed in Germany · ISBN 3-7995-7354-2

Inhaltsverzeichnis

<i>Heiko Steuer und Ulrich Zimmermann</i>	
Vorwort	9
<i>Heiko Steuer</i>	
Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa. Programm und Perspektiven des Kolloquiums	11
<i>Hans-Gert Bachmann</i>	
Zur frühen Blei- und Silbergewinnung in Europa	29
<i>Paul T. Craddock</i>	
A short review of the evidence for Bronze Age mining in the British Isles	37
<i>Volker Pingel</i>	
Das Goldblech von Gandul und die Anfänge der Goldmetallurgie auf der Iberischen Halbinsel	57
<i>Hans Nothdurfter</i>	
Zur bronzezeitlichen Kupfergewinnung im Trentino und in Südtirol	67
<i>Clemens Eibner</i>	
Urzeitliche Bergbautechnik in den Ostalpen	83
<i>Klaus Simon</i>	
Zum ältesten Erzbergbau in Ostthüringen und Sachsen. Argumente und Hypothesen	89
<i>Ingo Keesmann</i>	
Naturwissenschaftliche Untersuchungen zur antiken Kupfer- und Silberver- hüttung in Südwestspanien	105
<i>Jürgen Wahl</i>	
Três Minas. Vorbericht über die archäologischen Ausgrabungen im Bereich des römischen Goldbergwerks 1986/87	123
<i>Hans-Gert Bachmann</i>	
Zur Metallurgie der römischen Goldgewinnung in Três Minas und Campo de Jales in Nordportugal	153
<i>Michael Gechter</i>	
Römischer Bergbau in der Germania Inferior. Eine Bestandsaufnahme	161

<i>Wolfgang Wegener</i>	
Montanarchäologische Prospektion im Rheinland	167
<i>Wolfgang Brockner und Lothar Klappauf</i>	
Spätantike Metallgewinnung und -verarbeitung im Harzraum	177
<i>Thomas Zotz</i>	
Schriftquellen zum Bergbau im frühen Mittelalter	183
<i>Ulrich Zimmermann</i>	
Untersuchungen zum frühen Bergbau im Südschwarzwald	201
<i>Gert Goldenberg</i>	
Frühe Blei-, Silber- und Kupfergewinnung im Südschwarzwald. Hüttenplätze und Bergschmieden	231
<i>Andreas Hoppe, Ansgar Foellmer und Thomas Noeltner</i>	
Historischer Erzbergbau im Schwarzwald und Schwermetalle in Böden der Staufener Bucht (südliche Oberrheinebene)	249
<i>Ludwig H. Hildebrandt</i>	
Zum mittelalterlichen Blei-Zink-Silber-Bergbau südlich von Heidelberg	255
<i>Pierre Fluck</i>	
Montanarchäologische Forschungen in den Vogesen. Eine Zwischenbilanz	267
<i>Sabine Klein, Hans Urban, Hans-Georg Stephan, Andreas König und Haldis Johanne Bollingberg</i>	
Archäologische und metallurgische Untersuchungen zur mittelalterlichen Bunt- und Edelmetallverarbeitung in Höxter und Corvey	291
<i>Thilo Rehren, Egon Lietz, Andreas Hauptmann und Karl Heinrich Deutmann</i>	
Schlacken und Tiegel aus dem Adlerturm in Dortmund: Zeugen einer mittelalterlichen Messingproduktion	303
<i>Uwe Lobbedey</i>	
Der Altenberg bei Müsen (Siegerland). Eine Bergbauwüstung des 13. Jahrhunderts	315
<i>Wolfgang Schwabenicky</i>	
Archäologische Forschungen in mittelalterlichen Bergbausiedlungen des Erzgebirges	321
<i>Harald Lindner und Rolf Käppler</i>	
Geophysikalische Untersuchungen zur Erkundung einer hochmittelalterlichen Bergbausiedlung am Treppenhauer in Sachsen	331
<i>Wolfgang Dallmann und Arndt Gühne</i>	
Archäologische Belege zur Frühzeit des Bergbaus und des Hüttenwesens im Revier Freiberg/Sachsen	343

<i>Rolf Strienitz und Bernd Ullrich</i>	
Archäometallurgische Untersuchungen zum mittelalterlichen Bergbau und Hüttenwesen im Revier Freiberg/Sachsen	353
<i>Jerzy Szydłowski</i>	
Mittelalterlicher Erzbergbau in Oberschlesien und seine Bedeutung für die örtliche Besiedlung	361
<i>Danuta Molenda</i>	
Historisch-archäologische Untersuchungen zur mittelalterlichen Buntmetallgewinnung in Polen	373
<i>Jozef Labuda</i>	
Montanarchäologische Forschungen im Erzbergbaurevier von Banská Štiavnica (Schemnitz)	385
<i>Jiří Waldhauser, Vladimír Daněček und Karel Nováček</i>	
Eine hochmittelalterliche Aufbereitungsanlage für goldhaltige Erze im Bergbaurevier von Kašperské Hory (Bergreichenstein) in Böhmen	391
<i>Jaroslav Kudrnáč und Jan Michálek</i>	
Urgeschichtliche und mittelalterliche Goldgewinnung in Südböhmen	401
<i>Dragan Bogosavljević und Sofija Vuković</i>	
Archäologische, mineralogische und archäometallurgische Forschungen zur mittelalterlichen Blei- und Silbergewinnung in Serbien	409
<i>Rudolf Tasser</i>	
Zur Gründungsgeschichte des Südtiroler Landesbergbaumuseums	423
<i>Riccardo Francovich</i>	
Mining and metallurgical activity in the Campiglia Marittima region (Tuscany) and the archaeological excavation at Rocca San Silvestro	429
<i>Marie-Christine Bailly-Maître et Alain Ploquin</i>	
Brandes en Oisans. Archéologie et paléometallurgie d'un village de mineurs au Moyen-Age	443
<i>Gerhard Sperl</i>	
Die Entwicklung der Eisenmetallurgie von römischer Zeit bis ins Mittelalter . . .	461
<i>Gert Magnusson</i>	
Early iron manufacturing in Sweden	477
<i>Guntram Gassmann</i>	
Neuere Untersuchungen zur vor- und frühgeschichtlichen Eisengewinnung im südlichen Oberrheingebiet	497
<i>Martin Kempa</i>	
Die Anfänge der Eisenverhüttung auf der Schwäbischen Alb	505

Albrecht Jockenhövel und Christoph Willms

Untersuchungen zur vorneuzeitlichen Eisengewinnung und -verarbeitung im Lahn-Dill-Gebiet: Ausgangslage und Ergebnisse der archäologischen Geländeprospektion 517

Richard Pott und Martin Speier

Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen zur Waldentwicklung und Landnutzung im Siegerland und Lahn-Dill-Gebiet 531

Verzeichnis der Autoren 551

Ortsregister 553

Vorwort

Vom 4. bis 7. Oktober 1990 fand in Freiburg im Breisgau ein internationales Kolloquium zur Montanarchäologie in Europa statt. Angeregt und gefördert von der Volkswagen-Stiftung, Hannover, hatte diese Tagung zwei Ziele; einerseits sollte über die einzelnen Vorhaben im Rahmen des Förderungsschwerpunktes Archäometallurgie berichtet werden, dabei auch über die Forschungsergebnisse aus dem Vorhaben des Instituts für Ur- und Frühgeschichte der Universität Freiburg (H. Steuer) und des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg (H. Maus). Andererseits wurde die Gelegenheit genutzt, über Deutschland hinaus die Träger weiterer Forschungsvorhaben auf dem Gebiet der Montanarchäologie in Europa zum vergleichenden und interdisziplinären Gespräch an einem Ort zu versammeln.

Der an der Universität Freiburg arbeitende Forschungsverbund »Archäologie und Geschichte des ersten Jahrtausends in Südwestdeutschland« hat Montanarchäologie als ein Schwerpunktthema gewählt. Die Geländeforschungen wurden von der Volkswagen-Stiftung finanziert, womit die Verpflichtung verbunden war, über die Ergebnisse im Rahmen eines Kolloquiums zu berichten. Angeschlossen waren Exkursionen zu den Bergbaurevieren im südlichen Schwarzwald. Dem internationalen Kreis der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wurden somit die Ergebnisse des Forschungsverbundes zur Beurteilung vorgetragen, so daß durch die Referate aus den anderen Revieren insgesamt ein überregionaler Vergleich des derzeitigen Forschungsstandes in Europa möglich war.

Vor diesem Hintergrund bot es sich an, die Vorträge der Tagung von 1990 in einem Band der Reihe »Archäologie und Geschichte. Freiburger Forschungen zum ersten Jahrtausend« vorzulegen.

Die Herausgeber danken den Teilnehmerinnen und Teilnehmern des internationalen Kolloquiums für die Überlassung der Manuskripte zum Druck. Sie sind in den meisten Fällen von den Verfassern aktualisiert worden und geben somit den Forschungsstand von 1992 wieder, obwohl die Drucklegung zwei Jahre gebraucht hat.

Einige Autoren konnten zusätzlich gewonnen werden, um das während der Tagung erarbeitete Gesamtbild zu ergänzen und abzurunden. Für die urgeschichtlichen Epochen berichten V. Pingel über die Anfänge der Goldmetallurgie auf der Iberischen Halbinsel und H. Nothdurfter sowie K. Simon über bronzezeitliche Kupfergewinnung im Trentino und in Südtirol bzw. in Ostthüringen und in Sachsen. R. Tasser gibt Erläuterungen zum Erzrevier Schneeberg und zum dortigen Ausbau des Südtiroler Landesbergbaumuseums.

J. Wahl hatte sein Referat 1990 wegen Erkrankung nicht halten können, gestattete uns aber den leicht gekürzten Wiederabdruck eines Aufsatzes über die Ausgrabungen im Bereich des römischen Goldbergwerks Três Minas in Portugal. Zu diesem Thema konnte freundlicherweise H.-G. Bachmann einen Aufsatz aus der Sicht des Naturwissenschaftlers beitragen.

Für die Freiburger Forschungen im Südschwarzwald haben sich die bodenkundlichen und sedimentologischen Untersuchungen des Geologischen Instituts der Universität als

sehr bedeutsam erwiesen, so daß zusätzlich ein Aufsatz von A. Hoppe, A. Foellmer und Th. Noeltner zu diesem Thema aufgenommen werden konnte. Willkommene Ergänzung ist zudem der Bericht von L. H. Hildebrandt über die Silbergewinnung im Raum Wiesloch. Der Beitrag von J. Szydłowski zum Silbererzbergbau in Oberschlesien geht auf ein Referat zurück, das er im Rahmen einer Vortragsreihe des Forschungsverbundes in Freiburg gehalten hat. Über mittelalterliche Messingherstellung in Dortmund können jetzt Th. Rehren, E. Lietz, A. Hauptmann und K. H. Deutmann berichten. Schließlich kann der skandinavische Norden, wo vormittelalterliche Erzgewinnung noch nicht nachgewiesen ist, zur frühen Eisengewinnung Erhebliches beitragen, wie G. Magnusson erläutert.

Diese erste europäische Tagung zur Montanarchäologie von der Urgeschichte bis zum Mittelalter fand in einer Zeit weitgehender politischer Veränderungen vor allem im östlichen Europa statt, was zukünftig sicher auch Rückwirkungen auf die Forschungen haben wird. Es ist deshalb zu wünschen, daß in einigen Jahren wieder zu einem internationalen Kolloquium über weitere, neue Ergebnisse der Montanarchäologie – dann vielleicht in ein anderes altes Erzrevier in Europa – eingeladen werden kann.

Wir danken dem Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes Baden-Württemberg sowie der Volkswagen-Stiftung und dem zuständigen Referenten, Herrn Günter Dege, für die Bereitstellung des namhaften Druckkostenzuschusses, außerdem Herrn Joachim Bensch vom Jan Thorbecke Verlag und seinen Mitarbeitern für die sorgfältige Betreuung und ansprechende Gestaltung des Bandes. Während der Tagung in Freiburg leisteten Herr H. Wagner M.A. und Herr A. Brunn M.A. wertvolle und willkommene Hilfe. Herr A. Brunn M.A. kümmerte sich zusätzlich um das Ortsregister. Unser Dank gilt auch Frau B. Bonhoff für die Schreibearbeiten und für die Erfassung der Texte auf Datenträger sowie Herrn R. Plonner (beide Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Freiburg) für die mühevollen Überarbeitung eines großen Teils der Abbildungsvorlagen.

Freiburg, im Frühjahr 1993

Heiko Steuer, Ulrich Zimmermann

Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa

Programm und Perspektiven des Kolloquiums

VON HEIKO STEUER

1. Einleitung

Für den 4. bis 7. Oktober 1990 hatte das Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Freiburg im Breisgau zu einem internationalen Kolloquium über »Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa« eingeladen. In mehr als dreißig Referaten und Diskussionen wurden die Ergebnisse der Montanarchäologie zwischen Portugal und Polen, Italien und Großbritannien, dem damaligen Jugoslawien und Schweden in Wort und Bild gegenseitig bekannt gemacht (Abb. 1). Einige Beiträge wurden für diesen Band nachträglich hinzugewonnen, um das Gesamtbild abzurunden.

Der geographischen Spannweite Europa entsprach die zeitliche: urgeschichtlicher Bergbau und Bergbau der Antike dienten als Hintergrund für das zentrale Anliegen der Tagung, der mittelalterlichen Bunt- und Edelmetallgewinnung und der mittelalterlichen Eisenerzverhüttung.

Als gastgebende Gruppe haben die Freiburger Forscher mehrere archäologische und naturwissenschaftliche Referate zum Erzbergbau im südlichen Schwarzwald beigetragen. Außerdem veranstalteten sie eine Exkursion in die Erzreviere südlich von Freiburg¹.

Warum gerade die Universität Freiburg ein solches Kolloquium ausgerichtet hat, wird im folgenden begründet.

2. Der Freiburger Forschungsverbund

Im Jahr 1985 hat sich an der Universität Freiburg ein Forschungsverbund »Archäologie und Geschichte des ersten Jahrtausends in Südwestdeutschland« konstituiert². Dieser Forschungsverbund besteht im Kern aus den Fachgebieten – mit eigenen Instituten – Ur- und Frühgeschichtliche sowie Mittelalter-Archäologie, Provinzialrömische Archäologie und Mittelalterliche Landesgeschichte. Darüber hinaus hat er eine prinzipiell interdisziplinäre, die Geisteswissenschaften mit den naturwissenschaftlichen Fächern verbindende Zielsetzung. Einzubeziehende sind Mineralogie und Petrographie, Chemie und Physik – über die Datierungsmethoden –, physische Geographie und historische Siedlungsgeographie, nicht zuletzt auch Namenkunde und Sprachwissenschaft.

1 Ein erster auswertender Bericht wurde vorgelegt (auch zur Information der Teilnehmer am Kolloquium vom 4.–7. Oktober 1990): Erze, Schlacken und Metalle. Früher Bergbau im Südschwarzwald. Freiburger Universitätsblätter 109, 1990, 21–180 (mit Beiträgen von G. Goldenberg, H. Maus, H. Steuer, Chr. Strahm, A. Zettler, U. Zimmermann).

2 K. SCHMID, Fünf Jahre Forschungsverbund »Archäologie und Geschichte des ersten Jahrtausends in Südwestdeutschland« an der Universität Freiburg im Breisgau. Zeitschrift für die Geschichte des Oberrheins 139, 1991, 521–527, Sonderdruck ergänzt durch die Listen von Publikationen und Vorträgen.

Dem Verbund geht es besonders um die Erforschung der entscheidenden Umbrüche im Besiedlungsgefüge, um die wirtschaftliche und soziale Organisation der Bevölkerung im südwestdeutschen Raum sowie um die gegenseitige Beeinflussung von Mensch und Umwelt. Es geht also darum, Epochengrenzen zu erforschen. Das erste Jahrtausend ist dabei etwas weiter gefaßt. Es schließt am Beginn die Überschichtung der keltischen Bevölkerung durch die römische Okkupation im letzten vorchristlichen Jahrhundert ein und am Ende die grundsätzliche Veränderung des Besiedlungsgefüges durch die Entstehung der Städte im frühen 12. Jahrhundert, verbunden mit der Entwicklung eines neuen Wirtschaftszweiges, nämlich des Bergbaus und der Verhüttung von »industriellem« Zugschnitt.

Ein Kolloquium im Jahre 1985 hatte das Spektrum der Themen, denen sich der Forschungsverbund in Zukunft widmen wollte, umrissen. Der aktualisierte Bericht über dieses Kolloquium ist als Band 1 der Reihe »Archäologie und Geschichte. Freiburger Forschungen zum ersten Jahrtausend« 1990 erschienen. Ein Beitrag dieses Bandes umreißt bereits das geplante Programm zur Erforschung des historischen Bergbaus, mit dem dann 1986 bei der Volkswagen-Stiftung die Förderungsmittel für das Prospektionsprojekt »Zur Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald« beantragt worden war. Antragsteller war das Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Freiburg (Prof. Dr. H. Steuer) in Zusammenarbeit mit dem Geologischen Landesamt Baden-Württemberg (Dr. H. Maus) und dem Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie Schwäbisch-Gmünd (Prof. Dr. Ch. Raub)³.

Das Thema Bergbau ist vom Forschungsverbund nicht nur aufgrund theoretischer Überlegungen heraus aufgegriffen worden, sondern wurde angeregt durch die entscheidenden Arbeiten und Geländeforschungen einer ganzen Reihe von Geologen und Landeskundlern, die sich seit langem intensiv mit dem Schwarzwald beschäftigt hatte. Die Namen Kirchheimer, Metz, Richter, Schürenberg, Maus, Bliedtner, Martin und Schlageter mögen stellvertretend genannt sein, ohne deren Vorarbeiten und Schriften die Wissenschaftler des Instituts für Ur- und Frühgeschichte keine derart fundierte Ausgangslage gehabt hätten⁴.

Doch bilden diese eigenen Forschungen von der Fragestellung und dem methodischen Ansatz her mit weiteren Forschungsvorhaben eine notwendige Einheit:

– Mit dem von der Volkswagen-Stiftung geförderten Forschungsprojekt des Mineralogisch-Petrographischen Instituts (Prof. Dr. J. Otto, Dipl.Min. G. Goldenberg) »Archäo-

3 H. Steuer, Zur Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald. Literaturübersicht und Begründung eines Forschungsvorhabens. In: Archäologie und Geschichte. Freiburger Forschungen zum ersten Jahrtausend in Südwestdeutschland Bd. 1 (Sigmaringen 1990) 387–415 (im ersten Band des Forschungsverbundes veröffentlicht, der über ein Kolloquium während des Jahres 1985 berichtet). H. STEUER, Bergleute. Bergbau auf Silber im südlichen Schwarzwald zur Zeit der Zähringer. In: H. SCHADEK, K. SCHMID (Hrsg.), Die Zähringer. Anstoß und Wirkung. II (Sigmaringen 1986) 43 ff.

4 F. KIRCHHEIMER, Das Alter des Silberbergbaus im südlichen Schwarzwald (Freiburg i.Br. 1971); R. METZ, M. RICHTER, H. SCHÜRENBERG, Die Blei-Zink-Erzgänge des Schwarzwaldes. Beihefte zum geologischen Jahrbuch 29 (Hannover 1957); R. METZ, Mineralogisch-landeskundliche Wanderungen im Nordschwarzwald, besonders in dessen alten Bergbaurevier (Lahr/Schwarzwald, 2. vollständig überarbeitete Auflage 1977); DERS., Geologische Landeskunde des Hotzenwaldes, mit Exkursionen, besonders in dessen alten Bergbaugebieten (Lahr 1980); H. MAUS, Besuchsbergwerk Teufelsgrund (Gem. Münstertal/Schwarzwald 4. Aufl. 1988); DERS., Bergbaugeschichtlicher Wanderweg Sulzburg (Müllheim/Baden 1979); DERS., Führer zum geologisch-bergbaugeschichtlichen Wanderweg der Gemeinde Münstertal/Schwarzwald (Münstertal/Schwarzwald 1983); M. BLIEDTNER, M. MARTIN, Erz- und Minerallagerstätten des mittleren Schwarzwaldes, eine bergbaugeschichtliche und lagerstättenkundliche Darstellung. Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (Freiburg i.Br. 1986); A. SCHLAGETER, Zur Geschichte des Bergbaus im Umkreis des Belchen. In: Der Belchen. Geschichtlich-naturkundliche Monographie des schönsten Schwarzwaldberges (Karlsruhe 1989) 127–309.

metallurgische Untersuchungen an Verhüttungsrückständen der Südschwarzwälder Blei-, Silber- und Kupfergewinnung«, das von 1991 bis 1993 durchgeführt worden ist. Aufgabe des Projektes ist es, die Methoden anzuwenden und weiterzuentwickeln, mit denen aus den verschiedenen Schlackenarten als Abfallprodukte der Verhüttung der jeweilige metallurgische Prozeß wieder erschlossen werden kann.

- Mit dem bei der Volkswagen-Stiftung für 1993–1995 beantragten und inzwischen bewilligten Programm des Lehrstuhls für Geobotanik, Institut für Biologie II der Universität Freiburg (Frau Prof. Dr. O. Wilmanns, Dr. Th. Ludemann) »Zur Holznutzung durch Bergbau, Verhüttung und Köhlerei und ihrem Einfluß auf die Vegetation im Südschwarzwald von der Frühgeschichte bis zur Neuzeit«. Die Einbeziehung der Holzkohleanalysen wird ein unverzichtbarer Teil der interdisziplinären Erforschung der frühgeschichtlichen Erzgewinnung sein, wenn es darum geht, das komplexe Wirtschaftsgefüge zu erschließen. Die Quellenbasis bilden die Holzkohlenfunde aus alten Meilerplätzen sowie aus Werkplätzen der Bergleute, die bei den bisherigen Grabungen und Geländebegehungen geborgen werden konnten.
- Mit der Fortsetzung des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen eines Schwerpunktprogramms geförderten Vorhabens des Instituts für Physische Geographie der Universität Freiburg (Prof. Dr. R. Mäckel) »Fluviale Geomorphodynamik im Quartär, Teilprojekt Schwarzwald« seit 1985⁵.
- Schließlich mit dem vom Ministerium für Wissenschaft und Forschung im Rahmen des Forschungsschwerpunktprogramms des Landes Baden-Württemberg geförderten Forschungsvorhaben »Frühgeschichtliche Besiedlung, Wirtschaft und Umwelt im Raum Heitersheim-Sulzburg« (1991–1993 Geländeforschung, geplant 1994–1995 wissenschaftliche Auswertung) (Prof. Dr. H.U. Nuber, Prof. Dr. H. Steuer). Das ausgewählte Erzrevier ist der Riestergang im Tal von Sulzburg, etwa 30 km südlich von Freiburg, wo in römischer Zeit, in karolingischer Zeit, im 11./12. Jahrhundert und seit dem 13. Jahrhundert Blei-Silber-Erze abgebaut wurden. Ziel ist, ein komplettes Bergbauareal mit allen Zeitphasen und Struktur-Elementen zu erforschen. Im Rahmen des Förderungsschwerpunktes »Archäometallurgie« bei der Volkswagen-Stiftung soll in einer zweiten Phase (nach 1993–1994) die Untersuchung eines weiteren Reviers unter dem Titel »Erforschung des mittelalterlichen Erzreviers bei St. Ulrich im Südschwarzwald« als Vergleich zum seit römischer Zeit genutzten Revier im Sulzbachtal folgen.

3. Das Projekt »Zur Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald« 1987–1989

Das Forschungsvorhaben war gedacht, die Ausgangslage für die längerfristig geplante Untersuchung des frühgeschichtlichen Bergbaus im Schwarzwald zu schaffen, da es außer den genannten geologisch-mineralogischen Unterlagen nur wenige Vorarbeiten gab. Aufgabe war Prospektion, das heißt das Aufspüren und Registrieren von Geländebefunden, deren Untersuchung Erkenntnisse über den frühen Bergbau versprechen. Dabei galt es, die gesamte Produktionskette von der Lagerstätte über die Erzgewinnung bis zur Verhüttung und Weiterverarbeitung zu erfassen. Registriert wurden daher Abbauorte – erkennbar an typischen Abbauspuren wie Tagebaue/Verhaue, Pingen, Schächte, Stollen, Halden – und

5 R. MÄCKEL, A. RÖHRIG, Flußaktivität und Talentwicklung des Mittleren und Südlichen Schwarzwaldes und Oberrheintieflandes. Berichte zur deutschen Landeskunde 65–2, 1991, 287–311 mit Lit.

Verhüttungsplätze – erkennbar an Schlackenfunden etc., wobei die zeitliche Einordnung eine erste wesentliche Zielsetzung ausmachte. Sie gelingt einerseits über die Ansprache der archäologischen Funde, in erster Linie der Keramik, und andererseits über die Gewinnung von Radiocarbon-Daten. Neben der reinen Geländebegehung waren zahlreiche kleinere Sondierungsgrabungen notwendig.

Die gleichzeitige, parallele Einstellung eines Archäologen (Dr. U. Zimmermann) und eines Geologen (Dipl. Min. G. Goldenberg) sicherte von Anfang an den interdisziplinären Forschungsansatz.

Die Resultate, über die U. Zimmermann (S. 201 ff. in diesem Band) und G. Goldenberg (S. 231 ff. in diesem Band) berichten, lassen sich in einigen Punkten zusammenfassen:

1. Die Zahl der Abbaustellen/Erzgewinnungsplätze und der Wohnstellen der Bergleute im südlichen Schwarzwald ist wesentlich größer als bisher angenommen. Sämtliche Erzreviere sind schon in alter Zeit, spätestens im Mittelalter aufgesucht worden.
2. Intensive Begehungen erlauben in der überwiegenden Zahl der Fälle eine zeitliche Einordnung der Plätze in eine oder mehrere Phasen der Urgeschichte, der Römerzeit, des Mittelalters und der Neuzeit.
3. Die Testgrabungen haben gezeigt, daß schon mit kurzfristigen Untersuchungen genügend Grundlagen für spätere umfassendere Untersuchungen gewonnen werden können. Die ehemaligen Tätigkeiten an den einzelnen Bergbauplätzen waren außerordentlich mannigfaltig, sie reichen von der Erzgewinnung bis zur Verhüttung und der Arbeit der Bergschmiede. Die Plätze wurden immer wieder aufgesucht. Die verschiedenen Aktivitäten, Wohnen und Arbeiten, überdecken sich in stratigraphisch dichten Abfolgen und liegen in Gemengelage dicht beieinander in den Revieren⁶.

6 Jährliche Rechenschaftsberichte über die Geländeforschungen seit 1987 erschienen in den »Archäologischen Ausgrabungen in Baden-Württemberg«: H. STEUER, G. GOLDENBERG, U. ZIMMERMANN, Untersuchungen zur Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald. Arch. Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1987 (Stuttgart 1988) 328–336 (erste Ergebnisse zur Prospektion, zur Ausgrabung im Revier St. Ulrich); DIES., Montanarchäologische Untersuchungen im südlichen Schwarzwald. Arch. Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1988 (Stuttgart 1989) 194–202 (Prospektion und erste Ausgrabung im Revier Sulzburg; römischer und mittelalterlicher Silberbergbau, steinzeitlicher Abbau von Hämatit); DIES. und A. BRUNN, Zum Fortgang der montanarchäologischen Untersuchungen im südlichen Schwarzwald. Arch. Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1989 (Stuttgart 1990) 226–241 (urgeschichtlicher Bergbau auf Hämatit im Münstertal, Kupferbergbau des 11. Jh. im Münstertal, Untersuchungen in der Bergbaustadt Prinzbach). Die Arbeiten wurden nach Abschluß des Prospektionsvorhaben (1987–1989) fortgesetzt: A. BRUNN, H. WAGNER, U. ZIMMERMANN, Ein mittelalterliches Bergbaurevier am Birkenberg bei St. Ulrich, Gem. Bollschweil, Kr. Breisgau-Hochschwarzwald. Arch. Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1990 (Stuttgart 1991) 297–303 (Ausgrabungen; Vermessung des gesamten Reviers durch die Fachhochschule Karlsruhe, Fachbereich Vermessungswesen); G. GOLDENBERG, U. VOLLMER, Untersuchungen zum Bergbau auf dem Zähringer Burgberg, Gem. Gundelfingen, Kr. Breisgau-Hochschwarzwald. Arch. Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1990 (Stuttgart 1991) 179–183 (geochemische Prospektion des Erzganges, Freilegung eines Schachtes); A. GUNDELWEIN, U. ZIMMERMANN, Bergbauarchäologische Untersuchungen über und unter Tage im Ehrenstetter Grund, Gem. Ehrenkirchen, Kr. Breisgau-Hochschwarzwald. Arch. Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1991 (Stuttgart 1992) 320–325. Weitere Zwischenberichte: H. STEUER, Erzbergbau im Schwarzwald zur Salierzeit. In: H. W. BÖHME (Hrsg.), Siedlungen und Landesausbau zur Salierzeit Teil 2 (Sigmaringen 1991) 67–96 (2. Aufl. 1992); eine Kurzinformation erschien: Ur- und Frühgeschichtler auf Spurensuche in einem alten Industrierevier. Freiburger UNI-Magazin Heft 6, November 1991, 12–14; U. ZIMMERMANN, G. GOLDENBERG, Urgeschichtlicher Hämatitbergbau im Südschwarzwald. Der Anschnitt 43, Heft 1, 1991, 2–10; G. GOLDENBERG, Medieval mining smithies in the southern Schwarzwald, Germany. Archeologické Rozhledy 44, 1992, 312; G. GOLDENBERG, H. STEUER, U. ZIMMERMANN, L'histoire de l'exploitation minière dans le Sud de la Forêt-Noire. 113e Congr. nat. Soc. savantes, Strasbourg 1988 (1992), 123–130.

4. Die Kenntnisse über die Phasen des ur- und frühgeschichtlichen Bergbaus im südlichen (und mittleren) Schwarzwald sind allein durch das Prospektionsvorhaben einschließlich der Sondagegrabungen erheblich erweitert worden. Zu nennen sind die folgenden Phasen:

- urgeschichtlicher Hämatitabbau (neben dem schon länger bekannten Jaspis- Abbau bei Klein-Kems am Oberrhein)
- Kupfergewinnung und Verhüttung im 11./12. Jahrhundert
- Silber- und Bleigewinnung im Sulzbachrevier in vier Phasen:
 1. in römischer Zeit,
 2. in karolingischer Zeit,
 3. im 11./12. Jahrhundert, parallel zur schriftlichen Nennung in der Urkunde von 1028,
 4. im 13. Jahrhundert
- Silber- und Bleigewinnung im Revier von St. Ulrich im 12./13. Jahrhundert
- Silber- und Bleigewinnung im Areal der alten Bergbaustadt Prinzbach 12./13. Jahrhundert
- Nachweis zahlreicher weiterer Abbauplätze von der römischen Zeit bis ins hohe Mittelalter.

Im Vergleich der frühbronzezeitlichen Kulturen rund um den Schwarzwald mit anderen gleichzeitigen Landschaften, in denen Bergbau nachgewiesen ist, hat Chr. Strahm die Vermutung unterstützt, daß mit bronzezeitlichen Bergbauspuren auch im Schwarzwald zu rechnen sei. Kupfererze stehen jedenfalls an vielen Orten hier an⁷.

Zur Frühgeschichte der Kelten, zur Latènezeit, ist immer wieder die These formuliert worden, daß zwischen den keltischen Großsiedlungen wie Tarodunum/Zarten im Dreisamtal und dem Kegelriß bei Ehrenstetten wenige Kilometer südlich von Freiburg keltischer Bergbau auf Silber stattgefunden haben müßte. Der direkte Nachweis ist bisher nicht gelungen, doch wird diesem Problem besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Schon seit langem ist indirekt römischer Bergbau auf Blei und Silber zwischen Baden-Baden und Badenweiler belegt. Bei den jüngsten archäologischen Untersuchungen ist es gelungen, im Tal von Sulzburg unmittelbar einen römischen Abbau mit zugehörigem »Verwaltungsgebäude« aus dem 2./3. Jahrhundert zu erschließen.

Für die ausgehende Antike und die Völkerwanderungszeit ist mit Bergbau kaum zu rechnen; die an Zahl geringer gewordene Bevölkerung konnte sich vermutlich gut mit allen Rohstoffen aus dem vorhandenen Bestand und aus den römischen Ruinen versorgen.

Aber mit der Einführung der Silberwährung im Karolingerreich und in England kann man erwarten, daß für die Versorgung mit Münzen nicht nur vorhandenes Silber umgeprägt werden konnte, sondern neuer Rohstoff für die Münzstätten hinzu gewonnen werden mußte. Es gibt einige Hinweise auf karolingerzeitlichen Bergbau im Schwarzwald und in den Vogesen⁸. Inzwischen konnte auf dem Riestergang oberhalb des Sulzbachtales karolingerzeitlicher Erzabbau archäologisch nachgewiesen werden⁹.

7 Chr. STRAHM, Die Einführung der Metallurgie in Mitteleuropa – Impulse für lokale Erzgewinnung. In: Erze, Schacken und Metalle (wie Anm. 1) 43–57, hier 56.

8 H. STEUER, Die Entwicklung des Bergbaus in den deutschen Mittelgebirgen seit der Römerzeit und ihr Zusammenhang mit der Besiedlung. In: Siedlungsforschung. Archäologie–Geschichte–Geographie Bd. 10, 1992 (im Druck).

9 Erste Ergebnisse zum Fortsetzungsprojekt (gefördert vom Land Baden-Württemberg): R. MISCHKER, H. STEUER, Karolingerzeitliche Schächte im Bergbaurevier Sulzburg, Kr. Breisgau-Hochschwarzwald. Arch. Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1991 (Stuttgart 1992) 314–320; H. STEUER, Karolingerzeitliche Bergbau-Schächte im Südschwarzwald. In: Archäologie in Deutschland 1992, Heft 3, 40–41.

Die erste historische Nachricht über Bergbau spricht von Silbergewinnung an mehreren Orten im Schwarzwald zum Jahr 1028. A. Zettler hat mit guten Gründen erörtert, daß dies nicht der Beginn des Bergbaus gewesen ist, sondern daß in ottonischer Zeit, spätestens in der zweiten Hälfte des 10. Jahrhunderts, im Schwarzwald, in den Vogesen und im Harz Silberbergbau umging, jetzt in erster Linie, um das Münzwesen zu fördern. Bei den Prospektionsgrabungen seit 1987 ist es gelungen, Bergbau seit dem 11. Jahrhundert auf Silber und Kupfer an mehreren Stellen im Südschwarzwald nachzuweisen¹⁰.

Die Hochblüte des Schwarzwälder Silberbergbaus gehört in das 13. Jahrhundert, und aus dieser Zeit stammen die meisten im Gelände über keramisches Fundmaterial nachgewiesenen Plätze mit Bergbauspuren.

Zur wissenschaftlichen Absicherung und Überprüfung des Projekts wurde eine erste Arbeitstagung im Juli 1988 in Freiburg veranstaltet unter dem Titel: »Zur Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald«. Während der Arbeitstagung nach der ersten Geländekampagne 1987 und zu Beginn der zweiten Phase 1988 berichteten die Freiburger Wissenschaftler über ihre Planungen, stellten sie zur Diskussion und hörten außerdem weitere Referate aus anderen Bergbaurevieren im Harz und im Elsaß, um aus den Parallelbefunden Erkenntnisse für das eigene Vorhaben zu gewinnen¹¹. Eine Exkursion der Teilnehmer in die Bergbaureviere im Tal von St. Ulrich, im Münstertal und im Sulzbachtal diente der Diskussion vor Ort, um das weitere Vorgehen abzusprechen. Die Ergebnisse der Arbeitstagung flossen in die Planung ein, auch in die ersten Veröffentlichungen; die Referate selbst wurden nicht publiziert.

Nach Abschluß des von der Volkswagen-Stiftung geförderten Prospektionsprojekts und parallel zum Beginn des archäometallurgischen Projekts »Archäometallurgische Untersuchungen an Verhüttungsrückständen der Südschwarzwälder Blei-, Silber- und Kupfergewinnung von der Frühgeschichte bis zur Neuzeit« regte die Volkswagen-Stiftung das internationale Kolloquium an, dessen Beiträge im vorliegenden Band der Reihe »Archäologie und Geschichte« zusammengefaßt werden.

Als ein weiteres Ergebnis des archäometallurgischen Projekts an der Freiburger Universität wurde die Jahrestagung des Siedlungsgenetischen Arbeitskreises in Freiburg im Breisgau veranstaltet (18. bis 21. September 1991) zu dem Rahmenthema »Die Besiedlung der höheren Mittelgebirge« (örtliche Organisation Prof. Dr. W.-D. Sick, Prof. Dr. H. Steuer), mit Exkursion zu den Erzgewinnungsrevieren im südlichen Schwarzwald (St. Ulrich, Münstertal)¹².

10 A. ZETTLER, Die historischen Quellen zum mittelalterlichen Bergbaugeschehen. In: Erze, Schlacken und Metalle (wie Anm. 1) 59–78, bes. 69ff.; Th. ZOTZ in diesem Band S. 185ff.; U. ZIMMERMANN in diesem Band S. 201ff.

11 Referate der Tagung »Zur Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald«, 14. und 15. Juli 1988 in Freiburg: H. STEUER (Freiburg), Zielsetzung des Projektes »Zur Frühgeschichte ...«; H. MAUS (Freiburg), Die Blei-Silber-Lagerstätten im südlichen Schwarzwald; M. BLIEDTNER (Freiburg), Zum Stand der geologisch-lagerstättenkundlichen Aufnahme der Erzgänge und der Bergbauspuren im Gelände; S. KALTWASSER (Freiburg), Zum Stand der historisch-archäologischen Kenntnisse über den Bergbau im südlichen Schwarzwald; G. GOLDENBERG (Freiburg), Die Ergebnisse der lagerstättenkundlichen und archäologischen Geländeprospektion 1987/88; U. ZIMMERMANN (Freiburg), Die Ergebnisse der Ausgrabungen 1987/88 zu Bergbau und Verhüttung – Datierung und technische Verfahren; Ch. J. RAUB, D. OTT (Schwäbisch Gmünd), Methodik und Ergebnisse der Schlackenanalyse; M. L. HILLEBRECHT (Göttingen), Analyse der Holzkohlen von Bergbaurelikten – Aussagemöglichkeiten zu Umwelt und Bergbaugeschichte; L. KLAPPAUF (Hannover), W. BROCKNER (Clausthal-Zellerfeld), Archäologische und archäometrische Forschungen zum frühen Bergbau im Harz; H. SCHOEN (Strasbourg), Bergbau-Archäologie in den Vogesen.

12 H. STEUER (wie Anm. 8).

4. Ziele des Kolloquiums

Das Institut für Ur- und Frühgeschichte wurde mit der Ausrichtung der Arbeitstagung beauftragt; die finanzielle Förderung übernahm die Volkswagen-Stiftung, während die Universität die Räumlichkeiten zur Verfügung stellte, das Institut eine Poster-Ausstellung über die eigenen Ausgrabungen und die Schlacken-Analysen zeigte und die Exkursion in drei Reviere südlich von Freiburg, St. Ulrich, den Ehrenstetter Grund und Kropach organisierte.

Im Jahr 1988 hatte – wie oben berichtet – die Volkswagen-Stiftung den Schwerpunkt »Archäometallurgie« eingerichtet¹³. Eine größere Anzahl von Projekten wurde begonnen, über die berichtet werden sollte. Dazu wurde das Kolloquium in Freiburg vorgeschlagen, um diese verschiedenen Projekte den jeweils anderen Arbeitsgruppen vorzustellen und zu diskutieren, mit dem Ziel, Anregungen zu gewinnen.

Den allgemeinen archäometallurgischen Hintergrund beleuchten für Blei und Silber H.-G. Bachmann und für Eisen G. Sperl.

Zu den von der Volkswagen-Stiftung geförderten Vorhaben zählen die Unternehmen zur Buntmetallgewinnung und -verarbeitung im Harz (W. Brockner, L. Klappauf), im Raum Hörter/Corvey und Obermarsberg (S. Klein, H. Urban, H.-G. Stephan, A. König, H. Bollingberg), im Schwarzwald (G. Goldenberg, H. Maus, H. Steuer, U. Zimmermann), inzwischen auch im Erzgebirge (W. Schwabenicky, H. Lindner, R. Käßler, W. Dallmann, A. Gühne, R. Strienitz, B. Ullrich) und zur Eisengewinnung im Lahn-Dill-Gebiet (A. Jockenhövel, Chr. Willms, R. Pott, M. Speier) sowie auf der Schwäbischen Alb (M. Kempa).

Es bot sich außerdem an, die Forschungsprojekte in Deutschland mit ähnlichen Unternehmen in den Nachbarländern zu vergleichen. Dazu gehören im Bereich der mittelalterlichen Erzgewinnung die französischen Vorhaben im Elsaß (P. Fluck) und in den Rhône-Alpen (M.-Chr. Bailly-Maître), das italienische Forschungsprojekt in der Toskana (R. Francovich), ein Projekt in Serbien (D. Bogosavljević, S. Vuković), eines in der Slowakei (G. Labuda), mehrere Vorhaben speziell zur Goldgewinnung in Böhmen (J. Waldhauser, V. Daněček, K. Nováček) und die Untersuchungen in Polen (J. Szydlowski bzw. D. Molenda).

Die antiken Wurzeln der Erzgewinnung wurden für die Bronzezeit durch Beispiele aus Spanien (V. Pingel), Südtirol (H. Nothdurfter), die Ostalpen (C. Eibner), das Erzge-

13 Schwerpunktprogramm »Archäometallurgie« bei der Volkswagen-Stiftung, einige Projekte im Zusammenhang mit dem Kolloquium 1990 in Freiburg: Volkswagen-Stiftung Hannover: Bericht 1987/88 (Göttingen 1988) 99–100 (H. STEUER, Zur Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald); Bericht 1988/89 (Göttingen 1989) 87–89 (I. KEESMANN, Abschluß der archäometallurgischen und kulturgeschichtlichen Untersuchungen der iberischen Kupfer- und Silberverhüttung; D. PLANCK, Die vor- und frühgeschichtliche Eisengewinnung auf der östlichen Schwäbischen Alb); Bericht 1990 (Göttingen 1990) 75–78 (Projekt J. OTTO, Archäometallurgische Untersuchungen an Verhüttungsrückständen der Südschwarzwälder Blei-, Silber- und Kupfergewinnung von der Frühgeschichte bis zur Neuzeit); Bericht 1991 (Göttingen 1992) 62–64 (Projekt H. URBAN, H.-G. STEPHAN, A. KÖNIG, Archäometallurgische und montanhistorische Untersuchungen an mittelalterlichen Bunt- und Edelmetallfunden aus dem Raum Hörter/Corvey; W. SCHWABENICKY, U. THIEL, H. LINDNER, Archäometallurgische Erkundungen zum mittelalterlichen Montanwesen im sächsischen Erzgebirge und Erzgebirgsvorland; H. MÖLLER, L. KLAPPAUF, W. BROCKNER, Vorprojekt »Der Harz als frühmittelalterliche Industrielandschaft«; A. HAFFNER, A. HAUPTMANN, J. REICHSTEIN, Abschluß des Vorhabens »Frühe Eisengewinnung in Joldelund, Kr. Nordfriesland«; H. DANNHEIMER, J. WALDHAUSER, CHR. RAUB, Das prähistorische und keltische Gold im bayerisch-böhmischen Raum: Metallurgie und Herkunft).

birge (K. Simon) und für die Britischen Inseln (P. T. Craddock) beleuchtet. Die römische Silbergewinnung wird durch die umfangreichen archäologischen und naturwissenschaftlichen Forschungen auf der iberischen Halbinsel (J. Wahl, H.-G. Bachmann und I. Keesmann) und für das Rheinland (M. Gechter, W. Wegener) dargestellt.

Über die Tagung in Freiburg wurde bereits mehrfach berichtet¹⁴.

5. Ergebnisse

Eine Zwischenbilanz aus den vorläufigen Ergebnissen der zahlreichen europäischen Projekte im Bereich Montanarchäologie zu ziehen, ist noch kaum möglich. Einige Bemerkungen müssen daher genügen.

Entscheidend ist nicht nur der allgemein interdisziplinäre Forschungsansatz, sondern auch die Frage nach der Rekonstruktion der gesamten Produktionskette vom Aufspüren der Erzlagerstätten über den Abbau und die Verhüttung des Erzes bis zu den Endprodukten und das eingebunden in die allgemeinen Lebensverhältnisse der Bergleute. Dabei ist es Archäologen und Naturwissenschaftlern nur möglich, Zustandsbeschreibungen zu geben, das heißt sie können beschreiben, wie die Erzgewinnung und die anschließende Verhüttung technisch durchgeführt worden sind. Aber sie können weder die rechtlichen Verhältnisse, noch die Motivationen und die mit den Prozessen verbundenen religiös-mythischen Handlungen und Vorstellungen erschließen. Das gelänge in Annäherung nur über Analogien aus antiken und vorderasiatischen Texten oder über ethnographische Parallelen, wie das zum Beispiel M. Eliade vielfach versucht hat¹⁵. So werden Analysen von Mineralogen und Chemikern auf der Basis unseres gegenwärtigen naturwissenschaftlichen Denkens nicht alle archäologischen und über Analysen gewonnenen Beobachtungen erklären können, und die rein naturwissenschaftlich begründete Beschreibung erschließt nur die halbe Wirklichkeit. Das Denken in Kategorien der Alchimie ist anders als das Denken im modernen Methodensystem der Chemie, und Alchimie hat bis weit in die Neuzeit eine entscheidende Rolle gespielt.

Aber es ist uns möglich, einiges über das Alter und die Formen des Erzabbaus zu sagen, natürlich auch über die abgebauten Erze und die angestrebten Metalle, sogar über die Organisation der Bergleute eines Reviers gibt es Kenntnisse. Weiterhin ist einiges über Schmelz- und Verhüttungsöfen bekannt, was ihre Lage und Konstruktion betrifft, schließlich interessieren die Endprodukte vom Arming als Schmuck bis zu den Münzen des Währungssystems. Über die Wohnweise der Bergleute und ihre soziale Position geben archäologische Befunde ebenfalls Auskunft.

Die Durchsicht der im vorliegenden Band zusammengefaßten Referate erlaubt es, zu einigen der genannten Punkte aus verschiedenen Epochen und Räumen Fakten beizubringen. Noch reicht der Kenntnisstand aber nicht aus, etwa anhand der mehr als dreißig

14 Über die Arbeitstagung wurde verschiedentlich berichtet, und zwar (so weit bekannt geworden): UNI Pressekonferenz am 5. 10. 1990; J. LABUDA, Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa. In: Slovenská Arch. 39,1-2, 1991, 372-374; J. MICHÁLEK, Kolokvium »Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa«. In: Archeologické Rozhledy (Prag) 43-4, 1991, 599; Bericht über das Kolloquium auch in: Fünf Jahre Forschungsverbund (wie Anm. 2) 15 ff.; D. MOLENDÁ, »Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa« – międzynarodowe kolokwium we Fryburgu Bryzgowijskim, 4-7 października 199 r. In: Kwartalnik Historii Kultury Materialnej Nr. 3, 1992, 444-445.

15 M. ELIADE, Schmiede und Alchemisten. Mythos und Magie der Machbarkeit (Freiburg/Basel/Wien 1992) = Forgerons et Alchimistes, 1956.

Beiträge eine Geschichte der europäischen Metallgewinnung zu skizzieren. Deshalb möchte ich keine Zusammenfassung bringen, nicht einmal den Inhalt aufführen, sondern einige Schlaglichter auf wesentliche Probleme müssen genügen. Parallelen und Analogien über die verschiedenen Epochen hinweg werden genannt. Die Vielzahl der Fakten ist über den Index zu erschließen.

5.1 Unterschiedliche Forschungsansätze

Bemerkenswert sind die unterschiedlichen Forschungsansätze zu einer Montanarchäologie, die sich nicht nur aus der jeweiligen Quellenlage, sondern durchaus auch aufgrund unterschiedlicher Fragestellungen ergeben. Die einen erforschen die Grubengebäude unter Tage (P. T. Craddock, C. Eibner, U. Zimmermann, P. Fluck, W. Schwabenicky, D. Bogosavljević und andere), die anderen Tagebauten (P. T. Craddock, J. Wahl, U. Zimmermann); die einen gehen von Schlackenplätzen aus (I. Keesmann, H.-G. Bachmann, G. Goldenberg, L. H. Hildebrandt sowie W. Brockner/L. Klappauf und für Eisen G. Magnusson, G. Gassmann, M. Kempa und A. Jockenhövel), die anderen von Seifen und Waschanlagen (J. Waldhauser und andere, J. Michálek und andere) oder von den Schmelztiegeln und Ofenanlagen (Th. Rehren und andere, S. Klein und andere) bzw. den Endprodukten (V. Pingel). Auch die Umweltveränderungen sind ein Ansatz, vor allem im Waldbereich (R. Pott und andere), oder die Folgen von Erosion und Schwermetallbelastung der Böden (A. Hoppe und andere). Von entscheidender Bedeutung ist selbstverständlich der ganzheitliche Ansatz bei der Erschließung von Bergbausiedlungen bzw. mit dem Bergbau verbundenen Siedlungen (U. Zimmermann, U. Lobbedey, W. Schwabenicky, R. Francovich, J. Szydłowski, J. Labuda, M.-Chr. Bailly-Maitre). Auch die Befragung der schriftlichen Überlieferung kann am Anfang stehen (Th. Zotz, D. Molenda) oder die flächendeckende Registrierung der Relikte in Art einer Landesaufnahme (H. Nothdurfter, M. Gechter und W. Wegener, G. Goldenberg, D. Bogosavljević, A. Jockenhövel, G. Magnusson).

5.2 Bergbau und Besiedlung

Auch über die topographische Verbreitung der Besiedlungsspuren ist ein Zugang zur frühen Metallgewinnung zu erschließen, wie es über die reicheren Bestattungsplätze in Relation zu den Erzlagerstätten im Erzgebirge und Vogtland versucht worden ist (K. Simon). Es wird diskutiert, ob die Zunahme der Besiedlungsdichte im Raum Schemnitz/Banská Štiavnica in der Slowakei während der jüngeren Bronzezeit mit dem Bergbau zusammenhängt (J. Labuda). Ebenso wird ein Zusammenhang zwischen spätlatènezeitlichen Befestigungen und der Eisengewinnung im rechtsrheinischen Mittelgebirge vermutet; der Rückschluß erfolgt auch über Eisenschlacken in Siedlungen der Römischen Kaiserzeit auf Abbau im unmittelbar benachbarten Gebiet (A. Jockenhövel). Die Schenkung der Eresburg an Corvey im Jahr 826 könnte ein Beweis für Bergbau schon zu karolingischer Zeit im Gebiet von Marsberg sein (S. Klein und andere).

5.3 Datierung mit naturwissenschaftlichen Methoden

Mit größerer Sicherheit erlauben pollenanalytische Untersuchungen – datiert über C-14-Proben – und die Rekonstruktion der Waldgeschichte für das Siegerland und Lahn-Dill-Gebiet (R. Pott und andere) oder die Erforschung der Erosionsvorgänge im südlichen Schwarzwald (U. Zimmermann nach R. Mäckel) den Nachweis von Perioden intensiver

Bergbautätigkeit. Sind es im Siegerland die Hallstattzeit, die Latènezeit, die spätkarolingisch-ottonische Rodungsphase und das Mittelalter vom 9.–13. Jahrhundert, so konnten im Schwarzwald die römische Zeit und das hohe Mittelalter als ausgedehnte Erzgewinnungsphasen nachgewiesen werden.

5.4 Das Spektrum der Metallerze

Jedes Erz bzw. Metall kann Ziel des montanarchäologischen Forschungsansatzes sein, so Hämatit (U. Zimmermann), Kupfer (P. T. Craddock, H. Nothdurfter, C. Eibner, K. Simon, I. Keesmann, S. Klein und andere, W. Brockner und andere, auch J. Labuda), Gold (V. Pingel, H.-G. Bachmann, J. Wahl, J. Waldhauser und andere, J. Kudrnáč und andere), Blei und Silber (H.-G. Bachmann, I. Keesmann, W. Brockner und andere, L. H. Hildebrandt, U. Zimmermann, G. Goldenberg, P. Fluck, U. Lobbedey, W. Schwabenicky, J. Szydłowski, J. Labuda, R. Francovich, M.-Chr. Bailly-Maître) sowie Eisen (G. Sperl, G. Magnusson, G. Gassmann, M. Kempa, A. Jockenhövel und andere). Daß damit im Kern eine chronologische Reihenfolge verbunden ist, ergibt sich aus der grundsätzlichen Geschichte der Metallgewinnung. Doch darf nicht übersehen werden, daß sich bei Gold,

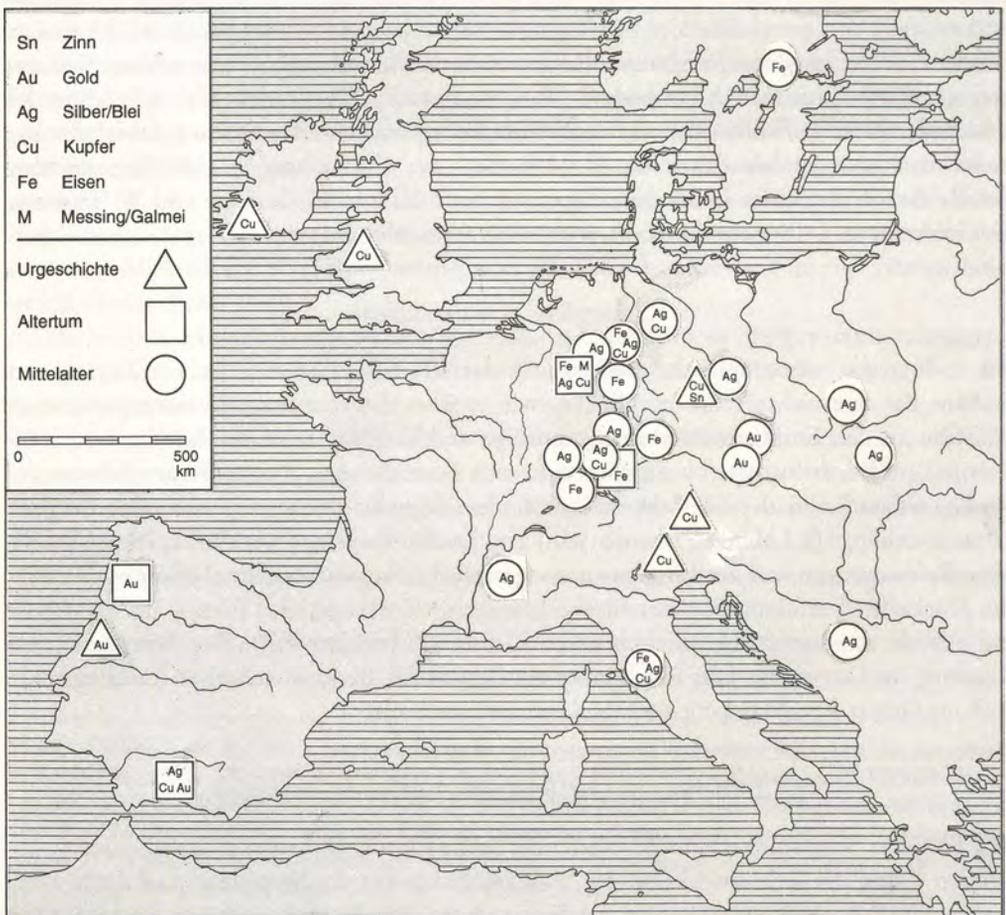


Abb. 1 Montanarchäologie in Europa. Berichte zum Kolloquium in Freiburg, Oktober 1990.

Kupfer, Zinn und Blei/Silber durchaus der Bogen vom Äneolithikum bis ins Mittelalter spannt. Außerdem kommen die Metallerze selten in reiner Form vor; vielmehr waren es polymetallische Erze, die abgebaut werden konnten. Dazu zählt zum Beispiel die Metallgruppe der Jarosite (H.-G. Bachmann, I. Keesmann). Im Revier rund um Burg und Siedlung San Silvestro in der Toskana wurden Silber, Kupfer und Zinn, auch Eisen gewonnen. Das Silber in silberhaltigem Rohkupfer mit Bleianteilen war wesentlich schwieriger zu nutzen als der Bleiglanz mit seinem Silbergehalt; und der sogenannte Seigerprozess ist daher auch erst in der frühen Neuzeit entwickelt worden, während das Abtreiben des Silbers aus dem Blei schon zu Beginn der Metallverwendung im Orient bekannt war. Kuppelationsverfahren zur Gewinnung von Silber aus Blei wurden aber erst spät, wohl während der Latènezeit im Europa nördlich der Alpen aufgenommen.

5.5 Messingherstellung

Galmei für die Messingherstellung wurde im Aachener Gebiet abgebaut (M. Gechter, W. Wegener); auch in Polen hat es Abbauplätze für Galmei gegeben (D. Molenda), ebenso in Österreich. Die Messinggießerei, die bei Ausgrabungen unter der späteren Befestigungsmauer von Dortmund gefunden worden ist, also am Rande der Stadt, wird ausführlich behandelt (Th. Rehren und andere). Messingherstellung ist archäologisch auch auf dem Treppenhauer im Erzgebirge nachgewiesen (W. Schwabenicky).

5.6 Siedlungsstrukturen

Vielfältig nach Alter und Struktur sind die Siedlungen der ur- und frühgeschichtlichen Bergleute, die durch Ausgrabungen erschlossen werden konnten: die Siedlung zum römischen Goldbergwerk von Três Minas (J. Wahl), die Siedlungen zur mittelalterlichen Silbergewinnung Altenberg im Siegerland (U. Lobbedey), der Treppenhauer am Erzgebirge und die zeitgleichen Bergstädte (W. Schwabenicky), Schemnitz in der Slowakei (J. Labuda), die Siedlungsplätze in Serbien (D. Bogosavljević), Brandes (M.-Chr. Bailly-Maître) und die Siedlungen im Schwarzwald von St. Ulrich oder Prinzbach (U. Zimmermann).

Während die Siedlung zum römischen Goldbergwerk von Três Minas in einiger Entfernung von den Abbauplätzen liegt (J. Wahl), ist für die mittelalterliche Erzgewinnung die Gemengelage von Abbau, Verhüttung und Wohnen charakteristisch, so bei der Siedlung Altenberg im Siegerland (U. Lobbedey), bei den Revieren im Schwarzwald (U. Zimmermann) und im Erzgebirge (W. Schwabenicky). Wir können eine Vorstellung von den Häusern gewinnen, wobei die Interpretation der einzelnen Gebäude nicht immer eindeutig sein kann. Kachelöfen in Steinbauten beschreiben einen gewissen Wohlstand. Doch kann es sich bei den Häusern um Zechengebäude zum Aufenthalt der Bergleute (P. Fluck), um Wohnbauten wie in St. Ulrich (U. Zimmermann) oder um ein zentrales Verwaltungsgebäude wie in Altenberg/Siegerland (U. Lobbedey) handeln.

5.7 Infrastruktur

Von den Infrastruktureinrichtungen der Bergbaureviere sind nicht nur die Gruben selbst oder die Wohnplätze der Bergleute durch Ausgrabungen erfaßt worden, sondern hinzu kommen aus der Produktionskette vom Erz zum Endprodukt weitere Anlagen, so die Pochwerke mit den zugehörigen Mahlsteinen (J. Wahl), Waschanlagen, Gerinne und

Absetzbecken bzw. teichartige Mulden (U. Lobbedey, D. Molenda, P. Fluck), die bei der Goldwäscherei besondere Ausmaße angenommen haben (J. Waldhauser, J. Michálek und andere), und wozu auch die vermessungstechnisch exakt geratenen Hangkanäle gehören (M.-Chr. Bailly-Maître). Somit müssen folgerichtig Stauseen, Wehre und auch Wasserräder für die Pochwerke, in den Radstuben etc. (G. Sperl) vorhanden gewesen sein. Zur Gesamtanlage gehören weiterhin noch der Kultplatz, in christlicher Zeit die Kirche oder Kapelle – wenn sonst der Weg zum Gottesdienst zu weit gewesen wäre – und das Verwaltungsgebäude des Reviers, ein festes Haus wie in Altenberg im Siegerland (U. Lobbedey) oder auf dem Treppenhauer (W. Schwabenicky), eine Burganlage wie in St. Ulrich im Schwarzwald (U. Zimmermann) oder in Brandes en Oisans (M.-Chr. Bailly-Maître).

Die Grubengebäude können schon in urgeschichtlicher Zeit komplizierte Ausmaße erreicht haben wie zur Bronzezeit auf den Britischen Inseln (P. T. Craddock) oder in den Alpen (C. Eibner), sie können aus Tagebauen und Untertagebauten bestehen wie in Três Minas (J. Wahl).

5.8 Grubenausbau

Sorgfältiger Ausbau der Schächte ist immer wieder archäologisch erschlossen worden, so in Altenberg (U. Lobbedey) und in Beuthen (J. Szydłowski, D. Molenda), auch in Kopaonik in Serbien (D. Bogosavljević) oder in San Silvestro/Toskana (R. Francovich). Indirekt spricht der Ausbau von Brunnen in Freiberg im Erzgebirge (W. Dallmann und andere), der in gleicher Weise erfolgt ist wie sonst bei Schächten, dafür, daß Bergleute vor Ort waren, auch wenn die Schächte selbst in der Stadt bisher nicht erfaßt werden konnten. In anderen Revieren steht das Gebirge fest, so daß ein Ausbau der Grubengebäude kaum notwendig war, so im Schwarzwald oder auch im Erzgebirge, jedenfalls auf dem Treppenhauer, und in den Alpen.

5.9 Hausstrukturen

Für das frühe Mittelalter ist den Schriftquellen zu entnehmen, daß Abbau und Verhüttung, Erzgrube und Schmelzhütte eine räumliche Einheit bildeten (Th. Zotz).

In den Siedlungen mit dicht gedrängter, sich auch rasch ändernder Lage von Schächten und Häusern können Häuser auf verfüllten Schächten stehen wie in Altenberg im Siegerland (U. Lobbedey) oder auf dem Treppenhauer am Erzgebirge (W. Schwabenicky), die Schächte können aber auch innerhalb eines Hauses niedergebracht worden sein wie in Beuthen/Bythom (J. Szydłowski).

Der Annaberger Altar zeigt nachdrücklich, daß über den Schächten Häuser errichtet worden sind.

Häuser sind in unterschiedlicher Form aus dem Mittelalter in Altenberg (U. Lobbedey), auf dem Treppenhauer (W. Schwabenicky) und in St. Ulrich im Schwarzwald (U. Zimmermann) sowie in Brandes en Oisans (M.-Chr. Bailly-Maître) freigelegt worden, Grubenhäuser, Häuser mit Keller und Fachwerkaufbau, Häuser mit ebenerdigen Steinfundament.

5.10 Erzanalysen

Die Erzgewinnung im Tage- oder Untertagebau richtete sich entscheidend nach der Zusammensetzung der Erzgänge. Die Oxidationszonen mit ihren Erzanreicherungen waren zumeist erstes Ziel des Abbaus, und sie sind deshalb weitgehend verschwunden. Es

ist nun eine vordringliche Aufgabe der Mineralogie, methodische Zugänge zu finden, um diese Ausgangslage zu rekonstruieren, von der die Organisation des ersten Bergbaus jeweils abhing. Wie Archäologen über die äußerst seltenen Keramikscherbenfunde bei Abbauplätzen oder auf Schlackenhalde und Verhüttungsplätzen ihre Datierungen gewinnen können, müßten Mineralogen die sicherlich seltenen Überreste an Gangmaterial, Erzstufen von der ursprünglichen Lagerstätte aufzuspüren versuchen (W. Dallmann und andere). »Eiserner Hut« und »Jarositzone« sollten sich nachweisen lassen (H.-G. Bachmann, I. Keesmann).

5.11 Werkzeug und Gerät

Relativ selten sind aus allen Bergwerken Werkzeug und Gerät des Bergmannes auf uns gekommen. Aber immerhin spannt sich der Bogen von den Rillenschlägeln des urzeitlichen Hämatitbergbaus (U. Zimmermann) oder Kupferbergbaus (P. T. Craddock, K. Simon) über Gezähfunde, Schlägel, Eisen, Fimmel bis zum neuzeitlichen Abbau (J. Szydlowski, J. Labuda, D. Bogosavljević, P. Fluck), und Geleucht (J. Waldhauser und andere, W. Dallmann und andere) kann in einer Bergstadt wie Freiberg (A. Gühne) sehr viel häufiger entdeckt werden als in den Bergwerken selbst. Außerdem gehören Tiegel zum Probieren der Erze zu den häufigeren Funden (J. Labuda).

5.12 Bergschmieden

Als wichtiges Element aller Erzreviere haben sich die Bergschmiede erwiesen, deren Schlackenhalde das eisenverarbeitende Gewerbe und nicht die Erzgewinnung markieren, so im Schwarzwald (U. Zimmermann, G. Goldenberg), aber auch im Lahn-Dill-Gebiet (A. Jockenhövel und andere) oder im Rheinland nördlich der Eifel (M. Gechter). Auf den gleichen Arbeitsplätzen sind, so im Schwarzwald (U. Zimmermann, G. Goldenberg), neben den Schmiedeöfen auch Öfen zum Probieren der Erze gefunden worden.

5.13 Metallwerkstätten

Wesentlich schwieriger ist es, aus den Metallwerkstätten in mittelalterlichen Siedlungen auf die Erzreviere zurückzuschließen. Die Analyse der Messingherstellung in Dortmund (Th. Rehren, A. Hauptmann und andere) hatte dies auch nicht als Ziel, während hinter den Untersuchungen der Buntmetallverarbeitung in den konzentrierten Werkplätzen von Corvey/Höxter (S. Klein und andere) die These steht, die Beziehung zu den Lagerstätten am Obermarsberg nachweisen zu können.

5.14 Verhüttungsplätze

Oftmals bereitet es Schwierigkeiten, die Verhüttungsplätze zu den Erzbergwerken zu lokalisieren. Vielleicht wurde tatsächlich ein Teil des Erzes aus Altenberg (U. Lobbedey) im nicht sehr fern liegenden Bachtal verhüttet, auch wenn die Relikte spärlich sind. Vielleicht hat spätere Wiederaufbereitung alter Schlackenhalde zur Beseitigung dieser Spuren geführt. Auch Erosion könnte die Ursache gewesen sein, wie sich das für die zum Breisgau hin entwässernden Schwarzwaldtäler andeutet. Hier enthalten alle Schwemmfächer der Bäche sehr klein zerteilte Schlackenreste, die hochgerechnet beachtliche Mengen darstellen (A. Hoppe).

5.15 Regionale Wirtschaftseinheiten

Es scheint aber auch mancherorts üblich zu gewesen sein, Erze zu Verhüttungsplätzen über größere Entfernungen zu transportieren. Im Kraichgau bei Wiesloch (L. Hildebrandt) sind Erze über 10 km Entfernung zur Verhüttung und die Produkte weiter zur Raffination gebracht worden; zumindest sind große Schlackenhalde in derartigem Abstand von den bekannten Lagerstätten entdeckt worden. Erz aus dem Oberharz und vielleicht auch vom Rammelsberg bei Goslar sind im Bereich des Herrensitzes von Düna südwestlich des Harzes gefunden worden, wo die Verhüttung stattgefunden hat (W. Brockner, L. Klappauf). Immerhin beträgt die Entfernung zwischen Eisenerzlager im Schwarzwald und einer frühalamannischen Siedlung im Breisgau mehr als 6 km, in der man frisch gebrochene Erzstücke entdeckt hat¹⁶. Auch die Verhüttungsöfen innerhalb von Burg und befestigter Siedlung San Silvestro (R. Francovich) liegen ebenfalls in größerer Entfernung von den Lagerstätten. Wenn das in den Metallwerkstätten von Corvey und Höxter (S. Klein und andere) verarbeitete Erz oder Metall aus Bergwerken im Raum Marsberg stammt, dann waren Transportwege von 40 bis 80 km in Kauf zu nehmen.

Ein Transport von Erz über weitere Strecken ist auch für die römische Messingherstellung zu vermuten. Zu den Galmeilagerstätten bei Stolberg wurde anscheinend Kupfer aus dem rechtsrheinischen Gebiet herangeholt, das bei Virneberg im Kr. Neuwied gewonnen worden ist (W. Wegener).

5.16 Metallhandel

Man muß überhaupt mit umfangreichem Metallhandel und weiten Transportstrecken rechnen; denn ohne derartigen Handel mit Metallbarren hätten Städte wie Lübeck oder Braunschweig, Köln oder Nürnberg nicht zu Zentren der Metallverarbeitung im Mittelalter werden können.

So ist zwar für viele Siedlungen Eisen- oder Buntmetallverarbeitung nachweisbar, doch handelt es sich dabei zumeist um Weiterverarbeitung von Rohmaterial, oder Metallgerät wurde umgeschmolzen. Selten jedoch ist aus den Resten der metallurgischen Prozesse in einer Siedlung auf die Herkunft des Metalls und weiter dann auf die Lagerstätten zurückzuschließen.

5.17 Schlackenanalysen

Auch bei den eigentlichen metallurgischen Problemen steht die Forschung oftmals noch am Anfang. Man kann heute die Reste von Schmelzöfen beschreiben, ihren Aufbau rekonstruieren, übersieht aber längst noch nicht alle Prozesse, die bei der Verhüttung, bei der Kupfer- und Silbermetallurgie anfallen (I. Keesmann, V. Pingel). Die Zusammenhänge von Kupfer- und von Silbergewinnung in den Revieren auf der iberischen Halbinsel werden diskutiert (I. Keesmann); die frühe Eisentechnologie während der späten Bronzezeit zu erschließen, ist eine reizvolle Aufgabe (G. Sperl). Wie schwierig es ist, anhand der Schlackenzusammensetzungen die Produktion von Blei, Silber und Kupfer auseinanderzuhalten bzw. eindeutige Aussagen machen zu können, haben nicht nur die Analysenreihen für

16 Chr. BÜCKER, Eine Sondierungsgrabung in der neu entdeckten frühalamannischen Siedlung von Vörstetten, Kreis Emmendingen. Arch. Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1991 (Stuttgart 1992) 196–198.

den Schwarzwald gezeigt (G. Goldenberg). Für die Frühzeit der Metallurgie scheinen sich, vielleicht in Abhängigkeit vom Klima, Zonen unterschiedlichen technischen Zuschnitts herausgebildet zu haben (P. T. Craddock).

Ist von den frühgeschichtlichen Handwerkern also ein gewisses Maß an Kenntnissen – vielleicht nur als Erfahrungswerte durch Wiederholung – vorauszusetzen, wenn es um Kupfer-, Galmei-, Eisen- und Silber- sowie Bleigewinnung geht, so beruht die Goldgewinnung in erster Linie auf rein mechanischen Prozessen: Funde von Mahlsteinen kennzeichnen jedes Goldrevier (J. Wahl, J. Waldhauser und andere, J. Michálek und andere).

5.18 Silberbergbau

Die Frage, wann welche Metalle wo gewonnen worden sind, ist schwieriger zu beantworten, als auf den ersten Blick zu vermuten. Denn Metallverwendung sagt noch nichts über die Metallgewinnung aus. Die Einführung der Kupferverwendung für Schmuck und Geräte, zum Beispiel Beile, fällt im Raum nördlich der Alpen noch in die Zeit vor und um 3500 v. Chr. Damit beginnt aber keineswegs eine kontinuierliche Nutzung dieses Metalls, sondern es gibt eine Unterbrechung von mehr als tausend Jahren, bis später, zur Zeit des Endneolithikums bzw. der frühen Bronzezeit, Kupfer und dann Bronze einen merkbaren Anteil am Kulturinventar ausmachen. Silbergegenstände, wohl aus gediegenem Silber hergestellt, gibt es ebenfalls schon am Übergang vom späten Neolithikum zur frühen Bronzezeit. Dann aber haben die Kulturen nördlich der Alpen bis zur Mittel- oder gar Spätlatènezeit keine Verwendungsmöglichkeit für Silber, obwohl dieses Metall im Vorderen Orient seit dem 3. Jahrtausend immer eine gewichtige Rolle gespielt und im Perserreich unter Dareios oder in Griechenland in großen Quantitäten gewonnen wurde. Erst mit der Entwicklung des griechischen Münzwesens nach Philipp von Makedonien und Alexander d. Gr., später mit der Ausdehnung des Römischen Reichs und seinem Währungssystem findet Silber Anklang nördlich der Alpen, über die importierten griechischen bzw. römischen oder die selbst geprägten keltischen Münzen hinaus auch für Schmuck. So ist erst zu dieser Zeit, den letzten beiden Jahrhunderten v. Chr. mit einem Silberbergbau nördlich der Alpen zu rechnen, wofür es aber bisher kaum direkte Nachweise gibt¹⁷.

Im vorliegenden Band machen die Berichte über Silberbergbau einen beachtlichen Anteil aus, die sich aber alle auf das Mittelalter beziehen. Seit den karolingischen Münzreformen, die für das Abendland den Übergang von der Gold- zur Silberwährung durchsetzen, ist mit Silberbergbau zu rechnen, um dadurch über das im Wirtschaftskreislauf vorhandene Metall hinaus neue Mengen zu gewinnen. Zeitansätze für das frühe Mittelalter werden für den Harz (W. Brockner, L. Klappauf), für den Kraichgau (L. H. Hildebrandt) und für den Schwarzwald vorgeschlagen. Die Eisengewinnung beginnt noch während der späten Bronzezeit, aber es dauert, bis sich der Gebrauch von Eisen für Waffen und Gerät durchsetzt (G. Sperl).

17 U. ZWICKER, N. H. GALE, Z. STOS-GALE, Keltisches Münzsilber aus dem Blei-Silber-Erz von Wiesloch? *Lapis* 12, 1985, 45–46.

5.19 Produktionsmengen

Um über Produktionsmengen etwas aussagen zu können, braucht man jeweils die Kenntnis des ganzen Reviers, was die Dichte der Grubenfelder und die zeitliche Erstreckung einschließt.

Alle Erzreviere wurden immer wieder nach Zeiten unterschiedlich langer Unterbrechung erneut aufgesucht und ausgebeutet. Für die Eisengewinnung in Schweden ist über mehr als 400 C-14-Datierungen eine dichte Kontinuität von der Merowingerzeit bis ins 13. Jahrhundert nachgewiesen (G. Magnusson). Ähnlich wird es in Südwestdeutschland auf der Schwäbischen Alb gewesen sein, wo von keltischer und römischer Eisengewinnung auszugehen ist und neue Nachweise von der Merowingerzeit bis zum Hochmittelalter vorliegen (M. Kempa). In der oberrheinischen Tiefebene (G. Gassmann) kann ebenfalls nach keltischer und römischer Eisenproduktion Eisengewinnung jetzt bis ins 9. Jahrhundert und darüber hinaus nachgewiesen werden.

Die gewaltigen Tagebauten des römischen Goldbergwerks von Três Minas lassen die beachtlichen Goldmengen erahnen, die gewonnen worden sind, auch wenn Halden zu fehlen scheinen (J. Wahl). J. Michálek nennt für die Goldwäscherei in Südböhmen 700 Fundstellen, A. Jockenhövel und andere haben in einem begrenzten Prospektionsareal im Eisenerzrevier des Lahn-Dill-Gebietes 250 Plätze registriert (1991).

Für eine Goldwäscherei in Böhmen nennt J. Waldhauser die Zahl von 600 Bergleuten. Die bis zu 200000 t umfassenden Halden der mittelalterlichen Silbergewinnung im Kraichgau geben hier erste Größenordnungen zu erkennen, wenn auch nur Jahresproduktionsmengen von 250 kg errechnet werden, ein Viertel der im 13. und 14. Jahrhundert für den Schwarzwald erschlossenen Gesamtproduktion (L. H. Hildebrandt). Phantastisch muten demgegenüber die Zahlen über die Silbergewinnung in den serbischen Revieren an (D. Bogosavljević und andere), die für die Antike bei 15800 kg gelegen haben sollen, und für das Mittelalter nur bei 1000 oder 700 kg. Beachtliches Produktionsvolumen an Eisen ist für Schweden nachweisbar, nicht nur über Barrenfunde, die einen weitreichenden Handel belegen.

Schlackenhaldegröße und Umfang des Waldverbrauchs können neben dem Volumen der Tage- und Grubenbauten helfen, näherungsweise die gewonnenen Metallmengen zu errechnen. Oftmals fehlen aber gerade die Schlackenhalde, weil sie u.U. erneut ausgebeutet worden sind. Die Berechnung der tatsächlichen Produktionsmengen bleibt eine zentrale Aufgabe, wenn man die jeweilige wirtschaftsgeschichtliche Bedeutung des Bergbaus bewerten will.

5.20 Innere Organisation

Alle Fragen der Verwaltung und Organisation des Erzbergbaus, was die rechtliche Lage der Bergleute, die Zuordnung der Reviere zu Staatsbetrieben während der Antike oder zu mittelalterlichen Grundherrschaften anbetrifft, allgemein Fragen zum Bergrecht sind über die archäologischen Quellen meist nicht zu beantworten. Die sorgfältige Analyse der schriftlichen Überlieferung, von Plinius bis zu den hochmittelalterlichen Rechtsquellen, die eigentlich nicht in erster Linie den Nachfahren derartige Verhältnisse mitteilen wollten, kann hier entscheidend weiterführen (Th. Zotz). Bergwerk, Markt und Münze, die Namen der Münzstätten hängen miteinander zusammen und werden so zu einem Netz von Quellen, deren Erschließung die Hinzuziehung von Historikern und Sprachgeschichtlern erforderlich macht.

6. Schlußbemerkung

Wie bei jeder Wissenschaft erleben wir auch bei der Archäologie im allgemeinen – bei der Montanarchäologie und der zugehörigen naturwissenschaftlichen Analytik im besonderen – Erkenntniszuwachs nur, wenn sich Forscherinnen und Forscher über alle politischen Grenzen hinweg begegnen können. Die Wissenschaft hat immer Wege gefunden, unsinnige politische Barrieren zu überwinden. Die notwendige Finanzierung von Forschungsvorhaben über die öffentliche Hand fordert vom Wissenschaftler die Begegnung mit staatlichen Organisationen. Erkenntnisse nehmen zu, wenn die Wissenschaft frei in ihrem »Elfenbeinturm« arbeiten kann, die Brücke nach außen schlägt und wenn der Staat die Mittel ohne Bedingungen zur Verfügung stellt.

Während unserer Tagung in Freiburg und auch im Laufe der zwei Jahre, während der die Manuskripte eingeworben und redigiert worden sind, haben wir grundsätzliche politische Veränderungen erlebt, die der Wissenschaft in den ostmitteleuropäischen Ländern ein neues Maß an Bewegungs- und Meinungsfreiheit eröffneten.

Bei den Begrüßungsworten zur Eröffnung unserer Tagung am 4. Oktober 1990 konnte ich formulieren: »Die Kollegen aus den neuen Bundesländern darf ich heute aus gegebenen Anlaß vielleicht besonders herzlich begrüßen; sie sind gewissermaßen noch als DDR-Bürger losgefahren und dann als Bürger der Bundesrepublik Deutschland bei uns hier angekommen. Es ist doch eine große Freude, daß auch für uns Archäologen, Historiker und Naturwissenschaftler die gemeinsame Arbeit leichter geworden ist, seit sich die Verhältnisse im ehemaligen Ostblock so grundlegend gewandelt haben. Möge die positive Entwicklung von Dauer sein.« Jetzt, im Frühjahr 1993, können wir registrieren, daß die Entwicklung einerseits positiv weitergegangen ist, daß aber die staatliche Vielfalt zugenommen und teilweise zu schwierigen, ernsten Problemen geführt hat. Die CSFR und das Jugoslawien von 1990 haben sich bis heute sehr unterschiedlich verändert.

Die Montanarchäologen können, wie jede Wissenschaftlergruppe, in ihrem besonderen wissenschaftlichen Feld helfen, dem Entstehen neuer Begrenzungen entgegenzuwirken. Unter diesem allgemeinen Aspekt und aus der wissenschaftlichen Notwendigkeit heraus wird es sinnvoll sein, daß sich die Montanarchäologen etwa alle drei bis vier Jahre erneut zu einem europaweiten Kolloquium treffen, jeweils in einem anderen Revier. Während der Tagung 1990 in Freiburg wurde vorgeschlagen, daß aus der Gruppe, die damals zusammengekommen war, eine Arbeitsgemeinschaft wird, die sich bereit erklärt, in regelmäßigen Abständen eine derartige Tagung zu veranstalten, die dann von Revier zu Revier wandert, damit die Teilnehmer im Laufe der Zeit alle Bergbauforschungen vor Ort in Europa kennenlernen können.

Zur frühen Blei- und Silbergewinnung in Europa

VON HANS-GERT BACHMANN

1. Zusammenfassung

Außer aus seltenen Silberreicherzen wurde Silber früher vorwiegend aus Blei- und Kupfermineralen von oft polymetallischer Zusammensetzung (u. a. aus Fahlerzen und Jarositen) gewonnen. Blei als wichtigster Sammler für Edelmetalle wurde hierbei den Erzen beim »verbleienden Schmelzen« stets dann zugesetzt, wenn der Bleigehalt der Primärerze hierfür nicht ausreichte.

Unter den Überresten auf archäologisch bekannten Silberproduktionsstätten überwiegen in der Regel Schlacken. Antike Blei-Silber-Schlacken zeichnen sich häufig durch hohe Bleigehalte aus. Die Beurteilung und Prozeßrekonstruktion erfordern bei der Schlackencharakterisierung die getrennte Bestimmung von Blei als Silikat und als Metall. Die Effizienz des praktizierten Verfahrens hing entscheidend davon ab, ob durch geeignete Chargenzusammensetzung und Prozeßführung die Bleisilikatbildung unterbunden oder rückgängig gemacht werden konnte.

An das verbleiende, reduzierende Schmelzen schloß sich der Treibprozeß an. Dabei wurde das silberhaltige Werkblei zu Bleiglätte oxidiert, die abgossen oder auf andere Weise entfernt wurde. Edelmetalle verblieben als Rückstand. Obwohl Funde von Bleiglätte recht häufig sind, mangelt es an dokumentierten Überresten von Treibherden. Auch bei diesen Installationen sind wegen der Reaktion von Blei und Bleioxiden mit kieselsäurehaltigem Ofenfutter bleiresistente Materialien (Knochenasche, Kalkmergel, Pottasche) erforderlich.

2. Erze

Die Archäometallurgie der Metalle Blei und Silber verlangt – zumindest in Europa – eine gemeinsame Betrachtung dieser Elemente. Zum einen ist dies bedingt durch das oft gemeinsame Auftreten der Metalle in ihren Lagerstätten, zum anderen durch die Fähigkeit des flüssigen Bleis als Sammler für Silber (und andere Edelmetalle) während der metallurgischen Metallgewinnungs-Prozesse zu dienen.

Die Zahl der Silberminerale ist groß, weil die Neigung dieses Elements zur Verbindungsbildung mit Schwefel, Antimon, Arsen, Tellur, Selen und Halogeniden ausgeprägt ist. Über sechzig natürliche Silber-Verbindungen sind bekannt, von denen jedoch nur einige technisch-wirtschaftliche Bedeutung hatten oder haben. Silberhaltige Bleierze – vor allem Bleiglanz, Cerussit (= Bleikarbonat) und Anglesit (= Bleisulfat) sind und waren die Hauptminerale für die Silbergewinnung. Außer den im Mittelalter für viele europäische Lagerstätten bedeutenden Silberreicherzen (Rotgültig-Erze usw.) und den genannten, fast stets silberhaltigen Bleimineralen dürfen zwei weitere Erztypen nicht außer acht gelassen

werden, weil sie in der Antike eine wichtige, vielleicht sogar entscheidende Rolle gespielt haben.

Zum einen sind dies die komplexen, polymetallischen Erze, in denen Buntmetalle und Silber mit Nicht- und Halbmetallen vergesellschaftet sind. Diese Erztypen sind charakteristisch für die Oxidations- und Zementationszonen von Lagerstätten. Diese Zonen finden sich vornehmlich in den Teufen, die unter den Beschränkungen des frühen Bergbaus (Bewetterung, Wasserhaltung und Schachtausbau) noch erschlossen werden konnten. Unter variierenden Redoxbedingungen, schwankendem Grundwasserspiegel sowie aszendenten und deszendenten Lösungen mit unterschiedlichen Temperaturgradienten bildeten sich Erze und Erzgemenge, die trotz meist hoher Gehalte an Wertmetallen die Hüttenleute der Vor- und Frühzeit vor schwierige Aufgaben stellten. Erst die systematischen Arbeiten während der letzten Jahre auf diesem Gebiet der Archäometrie haben die Bedeutung polymetallischer Komplexerz-Vorkommen in den Blickpunkt gerückt. Schon Anfang der fünfziger Jahre haben H. Otto und W. Witter¹ die Bedeutung arsen- und antimonhaltiger Fahlerze für die frühe Metallurgie Mitteleuropas herausgestellt. Die Autoren wollten diese Mineralklasse zwar vor allem für die Kupfererzeugung in Betracht gezogen wissen, aber auch hier wurde bereits die polymetallische Vielfalt hervorgehoben, welche die Darstellung auch anderer Metalle aus diesen Ausgangsstoffen zuließ.

Forschungen im ägäischen Raum (Laurion², Siphnos³, Thasos⁴) sowie in Südspanien (Rio Tinto⁵) haben nicht nur die Fahlerze, sondern auch die unter der Sammelbezeichnung »Jarosite« eingeführte Mineralgruppe als wichtige Rohstoffe für die frühe Silbergewinnung herausgestellt. Während unter »Fahlerzen« Minerale zusammengefaßt werden, die mit Kupfer als Leitelement Reihen von S-, As- und Sb-Verbindungen umfassen, die zusätzlich unterschiedliche Anteile von Fe, V, Zn, Ag, Hg, Bi und Te enthalten können, sind »Jarosite« dagegen Eisenhydroxysulfate mit Na, K, NH₄, Ag und Pb als Zusatzkationen. Fahlerze – meist in Gesellschaft von Sulfiden und Sulfosalzen – sind eher in den Zementationszonen von Lagerstätten zu finden, während die Jarosite im Übergangsbereich vom »Eisernen Hut« zur Oxidations-/Zementationszone vorkommen. Auf die Bedeutung der Jarosite als wichtigstem Silbererz des südspanischen Rio Tinto-Reviers von den phönizischen Anfängen bis in die Zeit des Imperium Romanum hat erstmalig D. Williams⁶ hingewiesen. Von L. U. Salkield⁷ wurden diese Angaben ergänzt. Alle diese Verbindungen haben in ihren Kristallgittern Raum für Austausch- und Vertretungselemente. Wo sich Sulfate der Jarositgruppe finden, sind auch ähnlich gebaute und zusammengesetzte Arsenate und Antimonate häufig. Wie üblich, werden auch diese Erze in der Regel von

1 H. OTTO, W. WITTER, Handbuch der ältesten vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa (Leipzig 1952).

2 C. E. CONOPHAGOS, Le Laurium Antique et la Technique Grecque de la Production de l'Argent (Athen 1980).

3 E. PERNICKA, Chr. LUTZ, H.-G. BACHMANN, G. A. WAGNER, Chr. ELITZSCH, E. KLEIN, Alte Blei-Silber-Verhüttung auf Sifnos. In: Silber, Blei und Gold auf Sifnos. Der Anschnitt, Beiheft 3 (Bochum 1985) 185–199.

4 A. HAUPTMANN, E. PERNICKA, G. A. WAGNER, Untersuchungen zur Prozeßtechnik und zum Alter der frühen Blei-Silbergewinnung auf Thasos. In: Antike Edel- und Buntmetallgewinnung auf Thasos. Der Anschnitt, Beiheft 6 (Bochum 1988) 88–112.

5 B. ROTHENBERG, F. GARCÍA PALOMERO, H.-G. BACHMANN, The Rio Tinto Enigma. In: Minera y Metalurgia en las Antiguas Civilizaciones Mediterraneas y Europeas, Tomo I (Madrid 1989) 57–70.

6 D. WILLIAMS, Gossanized Breccia-ores, Jarosites, and Jaspers at Rio Tinto, Spain. Bulletin of the Institute of Mining and Metallurgy 526, 1950, 1–12.

7 L. U. SALKIELD, A technical history of the Rio Tinto mines: Some notes on exploitation from pre-Phoenician times to the 1950s. The Institution of Mining and Metallurgy (London 1987) 5–17.

Ganggesteinen und -mineralen begleitet, z. B. Quarz, Baryt, Eisenoxiden, Calcit, Dolomit, Tongesteinen. Wie immer auch die Fördererze aufbereitet wurden, die Elementvielfalt muß in die für eine Verhüttung vorgesehene Chargenzusammensetzung eingegangen und durch Zuschläge (Flußmittel) evtl. noch ergänzt worden sein.

3. Verbleiendes Schmelzen (Abb. 1)

Ob dem eigentlichen Schmelzprozeß ein Rösten der eingesetzten Erze zur vollständigen oder teilweisen Schwefelentfernung vorausging, war nicht ausschlaggebend. Die gesamte, auf die vollständige oder teilweise Reduktion zum Metall abzielende Reaktionsabfolge konnte auch zonenweise in einem Schachtofen als alleinigem »Reaktionsgefäß« ablaufen. Die Arbeit von W. Gowland⁸ über die frühen Verfahren der Bleigewinnung wurde vor 90 Jahren veröffentlicht; sie ist noch heute schlüssig und aktuell. Durch die experimentellen Untersuchungen von R. Hetherington⁹ konnten die frühen Verhüttungsverfahren für dieses Metall nachvollzogen und verständlich gemacht werden.

In Bleierzen mit gewinnungswürdigen Silbergehalten (von über 0,5 bis ca. 0,05 Prozent) wird beim reduzierenden Schmelzen das Silber im flüssigen Blei gesammelt. Aus den silberhaltigen Bleibarren, dem Endprodukt dieses ersten Prozeßschrittes, kann das Silber durch das im folgenden Kapitel beschriebene Verfahren vom Sammlermetall getrennt werden. Werden jedoch Erze verhüttet, deren Bleigehalt nicht ausreicht, um alles darin enthaltene Silber zu sammeln, muß Blei der Schmelzcharge in ausreichender Menge zugesetzt werden. Dies gilt erst recht für bleifreie Ausgangserze.

Der in der Metallurgie als »verbleiendes Schmelzen« bekannte Prozeß wurde und wird in einer nach Epoche und Region breit gefächerten Vielfalt von Öfen und Herden mit natürlicher und künstlicher Luftzufuhr durchgeführt. Im Werkblei sind alle Edelmetalle gesammelt, die in die Stoffbilanz beim Beschicken eingebracht wurden. Das auch heute noch in pyrometallurgisch arbeitenden Edelmetall-Hüttenbetrieben praktizierte Verfahren macht sich gerade diese Eigenschaft des Bleis zunutze. Durch Zuschläge (Sand, Eisenoxide, Kalk usw.) muß allerdings dafür gesorgt werden, daß sich eine niedrigviskose, alle Verunreinigungen aufnehmende Schlacke bei den vorherrschenden Betriebstemperaturen, Reduktionsbedingungen und Verweilzeiten bildet, von der sich das schwere Werkblei gut absetzt und somit trennen läßt. Sog. »selbstfließende« Erze bedürfen keines Zuschlags; sie liefern beim Schmelzen aufgrund idealer Ausgangszusammensetzung die richtige Schlacke. Silberhaltigen Fahlerzen und Jarositen muß Blei zugesetzt werden. Dies kann in Form von Bleibarren oder Bleiglätte (= Bleioxid) geschehen. Bleiglätte ist der beim Treibprozeß (vgl. folgendes Kapitel) entstehende »Abfall«. Blei wird somit beim »verbleienden Schmelzen« im Kreis geführt; es sei denn, Bleimetall findet nach der Entsilberung Verwendung als Material für Wasserleitungen, Dachbedeckungen, Legierungen usw., wie es bereits in der Antike üblich war. Weil die südspanischen, jarositischen Silbererze nur durch verbleiendes Schmelzen zu verhütten waren, dazu jedoch Blei zugesetzt werden mußte, sollen die Phönizier auf ihren Handelsschiffen dieses Metall auch in Form von Ankern importiert haben. Sie fuhren – so berichtet die Fama – mit silbernen Ankern zurück in ihre Heimathäfen.

8 W. GOWLAND, The Early Metallurgy of Silver and Lead, Part I: Lead. *Archaeologica* 57(2), 1901, 359–422.

9 R. HETHERINGTON, Investigations into Primitive Lead Smelting and its Products. In: W. A. ODDY [Ed.], *Aspects of Early Metallurgy*. British Museum Occasional Papers No. 17 (London 1980) 27–40.

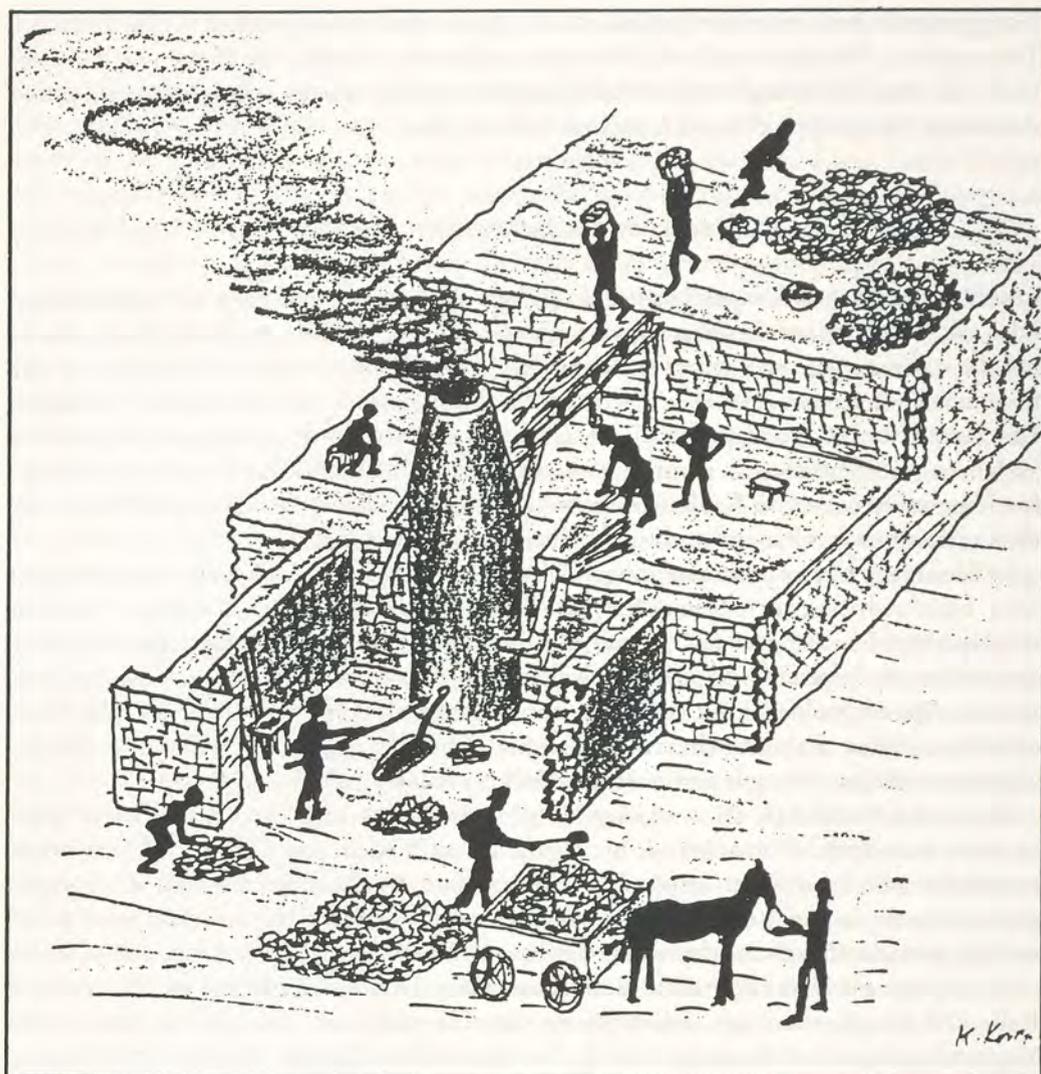


Abb. 1 Rekonstruktion des »verbleienden Schmelzens« im Schachtofen; nach Funden in Panormos, südl. Laurion; 5./4. Jahrhundert v. Chr.; nach CONOPHAGOS (wie Anm. 2).

Das verbleiende Schmelzen polymetallischer Erze mit Buntmetallsulfiden und anderen Begleitern, wie Arsen und Antimon, liefert als Endprodukt der Reduktion nicht nur Werkblei und Schlacke, sondern auch weitere Phasen. Enthält die Charge zusätzlich nur Kupfersulfide, so bildet sich Kupferstein oder Matte, ein Gemisch aus Kupfer- und Eisensulfiden mit unterschiedlichen Schwefelgehalten, das spezifisch schwerer als Schlacke und leichter als Werkblei ist. Der Ofenabstich wird um ein weiteres schmelzflüssiges Produkt vermehrt, wenn auch noch Verbindungen des Arsens und/oder Antimons in den Prozeß eingebracht werden. Dann entsteht die sog. Speise; das sind As-Sb-Verbindungen des Eisens, Kupfers usw. Der Ofenabstich wird dadurch vierphasig und besteht – mit abnehmender Dichte – aus: 1. Werkblei, 2. Speise, 3. Matte und 4. Schlacke. Fehlen Sulfide, entfällt die Stein- oder Mattepphase. Diese Abfolge der Schmelzprodukte konnte an manchen antiken Schmelzplätzen durch Funde belegt werden; ein indirekter Beweis für die Zusammensetzung der eingesetzten Primärerze. Edelmetalle, vornehmlich das Silber,

werden in beschränktem Umfang auch in den Matte- und Speisephasen gesammelt. Diese Edelmetallverluste können bei hohen Ag-Ausgangsgelalten beträchtlich sein.

Matte oder Kupferstein ist das Erzeugnis, welches beim Verhütten sulfidischer Kupfererze anfällt, somit auch den Schmelzern der Vor- und Frühzeit geläufig gewesen sein mußte. Es ließ sich weiterverarbeiten, vorausgesetzt, es fiel in ausreichenden Mengen an und wurde als kupferreiches Zwischenprodukt erkannt und auf Kupfer weiterverarbeitet. Die bei entsprechenden Ausgangserzen in der Matte zurückbleibenden Ag-Gehalte dürften jedoch in der Regel verloren gegangen sein, es sei denn, die Matte wurde – wie Primärerze – einem verbleienden Schmelzen unterworfen; ein Vorgang, der seine prozeßtechnische Weiterentwicklung während des Mittelalters im Saiger(oder Seiger)-Prozeß fand. Bei diesem Verfahren, das erst die Gewinnung der Silbergehalte aus den Kupfererzen vieler europäischer Lagerstätten ermöglichte und einen ungeahnten wirtschaftlichen Aufschwung zur Folge hatte (Fugger!), wird silberhaltiges Rohkupfer mit Blei verschmolzen. Das auch hier als Silbersammler fungierende Blei kann aufgrund seines niedrigen Schmelzpunktes (328° C) auf besonders konstruierten Saigerherden aus den Kupferkuchen heraustropfen und weiterverarbeitet werden. L. Suhling¹⁰ machte jedoch deutlich, daß aus dem seit Vor- und Frühzeit bekannten verbleienden Schmelzen nicht auf ein bereits in der Antike praktiziertes Saigerverfahren geschlossen werden darf.

Speise, oft silberglänzend vielversprechend aussehend, ließen sich mit den im Altertum beherrschten Methoden nicht weiterverarbeiten. Die in ihnen enthaltenen Edelmetallgehalte gingen verloren. Weil ohne Wert, verblieben Speise häufig am Schmelzplatz; ein für die Archäometallurgie günstiger Umstand.

Die wichtigsten Prozeßindikatoren sind Schlacken. Die Analysen der Bleischlacken von zahlreichen Schmelzplätzen aus der Vor- und Frühzeit, aber auch aus der Antike, weisen oft erstaunlich hohe Bleigehalte (bis zu 30 Prozent) auf¹¹. Dafür gibt es mehrere Gründe. Bleischlacken aus Laurion enthalten z. B. im Durchschnitt ca. 10 Prozent Blei¹², während römische Rio Tinto-Schlacken selten höhere Bleigehalte als 2 Prozent aufweisen⁵. In Laurion-Schlacken liegt das Blei vorwiegend als Metall vor. Nach C.E. Conophagos² wurden bewußt hohe Bleiverluste in den Schlacken in Kauf genommen, um den Verbrauch an Holzkohle bei der Verhüttung niedrig zu halten. Bei dem von Conophagos experimentell nachvollzogenen Laurion-Prozeß, den er »partielle Reduktion« nennt, wurde mit Gewichtsverhältnissen zwischen Erz und Kohle von 1:0,17 bis 0,13 gearbeitet. Den für damalige Verhältnisse (5./4. Jahrhundert v. Chr.) unbeschränkten Erzvorkommen standen begrenzte Ressourcen an Holzkohle gegenüber.

Blei ist ein Metall, das eine erstaunliche Affinität zu Kieselsäure hat. Der einfallsreiche englische Hüttenmann J. Percy¹³ hat vor über hundert Jahren seinen deutschen Schüler L. Beck das System Blei/Bleioxid-Kieselsäure untersuchen lassen. Er stellte nicht nur die Reaktionsfreudigkeit der Komponenten selbst bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen fest, sondern auch die Beständigkeit der Bleisilikate unter reduzierten Bedingungen. Wenn folglich beim verbleienden Schmelzen nicht für die Anwesenheit von kieselsäurebindenden Oxiden der Elemente Fe, Mg, Ba, Zn, Mn und Ca gesorgt wird, geht Blei als Silikat in die Schlacken.

10 L. SUHLING, Der Seigerhüttenprozeß. Die Technologie des Kupferseigers nach dem frühen metallurgischen Schrifttum (Stuttgart 1976) 37.

11 R.F. TYLECOTE, The Prehistory of Metallurgy in the British Isles (London 1986) 56 und 60.

12 H.-G. BACHMANN, Archäometallurgische Untersuchung zur antiken Silbergewinnung in Laurion. II. Charakterisierung von Bleiverhüttungsschlacken aus Laurion. Erzmetall 35, 1982, 246–251.

13 J. PERCY, Metallurgy: Lead, including Extraction of Silver from Lead (London 1870) 27–36.

Im Bleisilikat steht das Element nicht mehr als Sammler für Edelmetalle zur Verfügung. Die Edelmetalle im Primärerz – in Konzentrationen von meist deutlich unter einem Prozent – »verzetteln« sich in der Schlacke oder anderen Phasen bzw. Metallen, aus denen sie nicht isoliert werden können. Für den heutigen Hüttenmann eine Binsenweisheit, mußte diese Erkenntnis von den noch nach »trial-and-error« arbeitenden Vorfahren erst zum Erfahrungsschatz werden. Für die Archäometallurgie ergibt sich daraus die notwendige Untersuchungsregel: Bei Bleischlacken ist die bloße Bestimmung des Bleigehaltes nicht aussagekräftig genug. Es muß das Verhältnis von Bleimetall zu Bleisilikat ermittelt werden. Ferner schließen die oft inhomogenen frühen Schlacken manchmal nichtaufgeschmolzene Primärerz- oder Ganggesteinsrelikte sowie metallische Tröpfchen ein, die wegen hoher Viskosität und/oder niedriger Ofentemperatur nicht absinken konnten. Diese Einschlüsse sind in vielen Fällen interessante Agglomerate u. a. aus Metallen, Sulfiden, intermetallischen Verbindungen und festen Lösungen. Licht- und elektronenoptische Untersuchungen erschließen die mannigfaltigsten Verwachsungen und verraten auch häufig, wo und wie die Edelmetalle verteilt werden¹⁴. Für die pauschale Beurteilung der Prozeßführung dürfen solche isolierten Mikro-Relikte jedoch nicht überbewertet werden.

4. Treibprozeß (Abb. 2)

Jeder Einzelschritt im Ablauf der Gewinnung von Metallen ist ein fortschreitender Vorgang der Anreicherung. Das Aufbereiten trennt Erze von Gangmitteln und erhöht den Gehalt an Metallverbindungen, der Schmelzprozeß »befreit« durch Reaktionen (in der Regel Reduktionen) die Wertmetalle von den Verbindungspartnern, von denen die meisten verschlackt werden. Auch der Treibprozeß ist ein Konzentrationsvorgang, und zwar einer, der über mehrere Zehnerpotenzen hinweg anreichert.

Das Werkblei aus dem verbleienden Schmelzen hat die Edelmetalle aus dem Primärerz etc. gesammelt und von den »unedlen« Begleitern isoliert. Die Trennung vom Sammlermetall Blei wird in einem Prozeß vollzogen, den die Hüttenleute »Treiben« oder »Kupellieren« nennen. Es ist nichts anderes als das Aufschmelzen des Werkbleis und dessen Oxidation zu Bleioxid (Bleiglätte). Zusammen mit Blei werden auch alle Beimengen – mit Ausnahme der Edelmetalle – durch diesen Vorgang beseitigt, teils durch Verdampfen, teils durch gemeinsame Oxidation mit der Bleiglätte. Der Treibprozeß als läuterndes Schmelzen war den Menschen früherer Zeiten ein so geläufiger Vorgang, daß ihn schon die Propheten des Alten Testaments allegorisch verwendeten. So predigte Jeremia um 600 v. Chr. (Jer. 6,29–30): »Der Blasebalg schnaubte, das Blei wurde flüssig vom Feuer; aber das Schmelzen war umsonst, denn die Bösen sind nicht ausgeschieden. Darum heißen sie »verworfenes Silber«; denn der Herr hat sie verworfen.«

Wann der Treibprozeß entwickelt wurde, muß Vermutung bleiben. Wahrscheinlich wurde er schon im 4. vorchristlichen Jahrtausend beherrscht. Trotz zahlreicher Beschreibungen – von Plinius bis zu G. Agricola – harren für Archäometallurgen noch manche Fragen der Antwort. Überreste von Treibherden sind selten und oft nicht eindeutig als solche zu identifizieren. Bleiglättebrocken sind dagegen häufiger zu finden¹⁵. Frühe Treib- oder Kuppelationsherde sind aus bestimmten Gründen von besonderem Interesse. Wegen

14 Chr. LUTZ, Chemisch-mineralogische Untersuchungen an Schachtofenschlacke einer Edelmetall-Recyclinghütte. Diss. Mainz 1988, 99ff.

15 H.-G. BACHMANN, Bleiglättefund aus der Eifel. – Ein Hinweis auf Silbergewinnung in der römischen Rheinzone. Bonner Jahrbücher 177, 1977, 617–622.



Abb.2 Rekonstruktion des »Treibprozesses mit Abstich der Bleiglätte« nach den Befunden in Laurion; 5./4. Jahrhundert v. Chr.; nach CONOPHAGOS (wie Anm. 2).

der Reaktion zwischen Blei/Bleioxid und Kieselsäure können für die Auskleidung von Treibherden oder die Herstellung von Treibschalen keine stark kieselsäurehaltigen Massen verwendet werden. Gebräuchlich waren deshalb gestampfte Knochenaschen (= Calciumphosphat) und kalkhaltige Mergel, gelegentlich mit Pottaschezusätzen. Dieser wichtigen Voraussetzung für das Funktionieren des Treibvorgangs wurde bereits in antiken Texten Rechnung getragen. Plinius spricht beim Erwähnen der Auskleidung von Treibherden von »tasconium«, worunter vielleicht eine kalkmergelhaltige Erde zu verstehen ist. Die uns von diesem Schriftsteller überlieferte Beschreibung der Kuppelation (Hist. Nat. XXXIII, 31) lautet in der Interpretation von H. C. Hoover (1874–1964; Bergbauingenieur, Agricola-Übersetzer, Technikgeschichtler, Altphilologe, 31. Präsident der USA und großer Philantrop): »Das Erz ist manchmal rot, manchmal aschfarben (Anmerkung des Verf.: Evtl. sind Jarosite gemeint). Es ist unmöglich, diese zu schmelzen, es sei denn mit Blei oder Bleierz »galena« genannt (Anmerkung des Verf.: Reduzierendes Schmelzen unter Bleizusatz, weil das Ausgangserz bleifrei oder -arm ist); letzteres findet sich häufig nahe bei den Siberadern. Die weitere Einwirkung des Feuers (Anmerkung des Verf.: Treibprozeß) trennt einen Teil des Bleis ab (Anmerkung des Verf.: Bleiglätte), das auf dem Silber wie Öl auf Wasser schwimmt (Anmerkung des Verf.: Dichte von Bleiglätte $9,53 \text{ gcm}^{-3}$, Dichte des Silbers $10,5 \text{ gcm}^{-3}$)«¹⁶.

16 H. C. HOOVER, L. H. HOOVER, Georgius Agricola »De Re Metallica«. Translated from the First Latin Edition of 1556 with Biographical Introduction, Annotations and Appendices upon the Development of Mining Methods, Metallurgical Processes, Geology, Mineralogy & Mining Law from the Earliest Times to the 16th Century (New York 1950) 464ff.

Über einen interessanten Fund berichtete kürzlich P. Craddock¹⁷. Napfförmige Kupellationsstiegel mit angesetztem Düsenrohr aus Agucha in Indien stammen aus dem 3. Jahrhundert v. Chr. Genau um diese Zeit wurde in dieser Region die Silberwährung eingeführt. Noch steht nicht fest, ob die Tiegel nur zur Analyse des Münzmetalls gedient haben oder ob in ihnen technische Treibarbeit im Werkstattmaßstab vorgenommen wurde. Wünschenswert wäre auch hier eine Untersuchung des keramischen Materials der Schmelznäpfe. Die immer noch beste Beschreibung und Rekonstruktion von Treibherden – allerdings erst aus römischer Zeit – verdanken wir J.P. Bushe-Fox, W. Gowland und R.F. Tylecote¹¹. Bei diesen Funden aus Silchester, Wroxeter und Hengistbury Head in England ist durch Analysen belegt, daß die Böden der Treibherde aus gestampfter Knochenasche bestanden.

Die Treibarbeit wurde bis in die Neuzeit hinein verfahrenstechnisch weiterentwickelt. Das Pattinson-Verfahren macht sich die Eigenschaft des Blei-Silber-Systems zunutze, daß beim langsamen Abkühlen des silberhaltigen Werkbleis im Treibherd bei Temperaturen von 327 bis 304° C zunächst reines Blei auskristallisiert und bei 304° C ein Eutektikum mit 2,5 Prozent Ag erstarrt. Durch Abschöpfen des Bleikristallisats läßt sich folglich die Schmelze an Silber anreichern. R.J. Forbes¹⁸ glaubt Plinius dahingehend interpretieren zu können, daß die Grundlagen des Pattinson-Prozesses bereits den Römern bekannt gewesen seien. Ein Beweis für diese These steht jedoch noch aus.

17 P.T. CRADDOCK, I.C. FREESTONE, L.K. GURJAR, A. MIDDLETON, L. WILLIES, The Production of Lead, Silver and Zinc in Ancient India. In: Archäometallurgie der Alten Welt. Der Anschnitt, Beiheft 7 (Bochum 1989) 51–69.

18 R.J. FORBES, Studies in Ancient Technology, Vol. VIII (Leiden 1971) 238.

A short review of the evidence for Bronze Age mining in the British Isles

BY PAUL T. CRADDOCK

1. Introduction

The recognition that remains of prehistoric metalliferous mining activity survive at many sites in the British Isles has only been realised during the last ten years. From the 18th century on miners and antiquarians had speculated on the age of some of the old mines which bore evidence of firesetting and were littered with stone tools. These were discovered when mining began again in earnest during the Industrial Revolution (Fig. 1). Some realised they were potentially of great age, thus Lewis Morris could write in the 1740's that the use of stone tools at Twll y Mwyn and other copper mines in central Wales surely meant they were worked before men had the knowledge of iron (Morris 1747), itself an interesting and unconscious anticipation of the three age system of classifying prehistory, almost one hundred years before Thomsen.

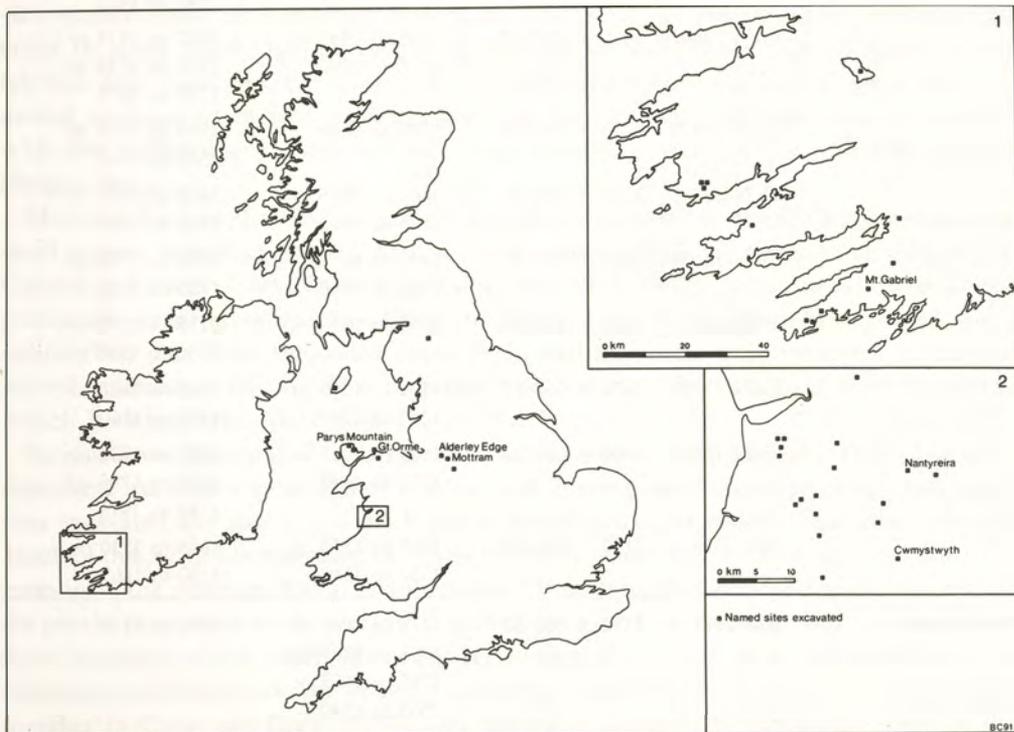


Fig. 1 Mine sites in the British Isles from which stone hammers have been reported, taken from PICKIN 1990 and JACKSON 1980 with emendations.

			Possible calibrated age range(s) from Pearson and Stuiver, 1986, by probability method* rounded outwards to 5 years Calender BC	
			1 σ error term 68% confidence	2 σ error term 95% confidence
Cwmystwyth	Q-3078	3210 \pm 050 BP	1525 to 1430	1620 to 1410
	Q-3076	3220 \pm 070 BP	1605 to 1555 or 1535 to 1425	1680 to 1385 or 1335 to 1325
	Q-3077	2990 \pm 190 BP	1440 to 990 or 955 to 945	1675 to 810
	BM-2732	3500 \pm 050 BP	1890 to 1755	1965 to 1690
	BM-2733	3070 \pm 050 BP	1415 to 1300 or 1275 to 1270	1450 to 1210 or 1180 to 1165
Great Ormes's Head	CAR-1184	3370 \pm 080 BP	1760 to 1590 or 1570 to 1525	1890 to 1505 or 1475 to 1465
	Har-4845	2940 \pm 080 BP	1295 to 1285 or 1270 to 1030	1395 to 975 or 965 to 935
	BM-2641	3000 \pm 050 BP	1380 to 1340 or 1230 to 1200 or 1185 to 1160	1405 to 1095
	BM 2645	3290 \pm 060 BP	1675 to 1660 or 1630 to 1515	1735 to 1715 or 1700 to 1440
Mt. Gabriel	BM-2271R	3410 \pm 140 BP	1890 to 1570	2130 to 2075 or 2040 to 1420
	GrN-13667	3430 \pm 030 BP	1865 to 1845 or 1770 to 1690	1880 to 1835 or 1825 to 1795 or 1785 to 1675
	GrN-13979	3375 \pm 030 BP	1740 to 1645	1750 to 1605 or 1555 to 1540
	GrN-13980	3260 \pm 030 BP	1600 to 1555 or 1545 to 1510	1630 to 1490 or 1490 to 1455
	GrN-13981	3340 \pm 035 BP	1690 to to 1605 or 1560 to 1540	1735 to 1715 or 1705 to 1525
	VRI-66	3450 \pm 120 BP	1930 to 1630	2135 to 2070 or 2050 to 1510
	GrN-13741	3070 \pm 060 BP	1420 to 1295 or 1285 to 1265	1505 to 1480 or 1460 to 1160
	GrN-13668	3430 \pm 030 BP	1865 to 1845 or 1770 to 1690	1880 to 1835 or 1825 to 1795 or 1785 to 1675
	BM-2336	3130 \pm 080 BP	1515 to 1370 or 1350 to 1310	1615 to 1210 or 1180 to 1165
Nantyreira	BM-2581	3390 \pm 080 BP	1875 to 1840 or 1815 to 1805 or 1780 to 1605 or 1555 to 1540	1900 to 1515

			Possible calibrated age range(s) from Pearson and Stuiver, 1986, by probability method* rounded outwards to 5 years Calender BC	
			1 σ error term 68 % confidence	2 σ error term 95 % confidence
	BM-2583	3410 \pm 050 BP	1875 to 1840 or 1815 to 1805 or 1775 to 1670 or 1655 to 1650	1885 to 1610 or 1555 to 1545
Pary's Mountain	BM-2584	3550 \pm 050 BP	2015 to 2005 or 1975 to 1870 or 1840 to 1815 or 1805 to 1780	2035 to 1750
	BM-2585	3490 \pm 050 BP	1885 to 1755	1945 to 1685
	BM-2586	3500 \pm 050 BP	1890 to 1755	1965 to 1690

* Calibrated ranges previously published for these results were generated using an intercept method of calibration. We now consider this preferable.

Fig. 2 Radiocarbon dates obtained from mining sites in the British Isles (updated from AMBERS 1990).

Other investigations were made by antiquarians in the late 19th century notably at Alderley Edge (Fig. 1) (Carlton 1979) and in central and North Wales in the 1930's and 40's (summarized in Craddock and Gale 1987), but in general these investigations failed to rouse much interest or gain acceptance amongst other archaeologists. It was felt that later workings, particularly in the Industrial Revolution would surely have removed evidence of ancient workings and that the stone mining tools were undateable, with one archaeologist even seriously suggesting they were of the mid-19th century (Briggs 1983).

However back in the 1960's one field worker, John Jackson, decided to investigate the small copper workings littered with stone hammers which lay on the hill side of Mt. Gabriel in County Cork, Ireland (Jackson 1968, 1979, 1980). As is the case with all the prehistoric mines investigated so far in the British Isles, no pottery was recovered, but a radiocarbon date from associated charcoal showed the mines were operating in the mid second millennium BC, the first time that a prehistoric date for copper workings in the British Isles had been established (Fig. 2).

Serious investigation in Britain itself did not commence until the early 1980's but since then there has been a great deal of activity, with many potential sites recorded, four more sites excavated and dated, and work due to begin shortly at Alderley Edge in Cheshire. Much of this work has been carried out by the Early Mines Research Group, constituted to investigate the mines in Wales, and the Great Orme Mine Exploration Society. As well as the purely excavation work, research is going forward on the typology and function of the stone hammers which are the principal surviving tools, as well as experimental work on firesetting and research on the smelting technology used. This has all recently been brought together in Crew and Crew (1990), and this paper attempts to summarize some of the work, and provide an update in what is now a very fast moving area of research in British prehistory.

2. The Mines

About thirty sites are currently known from which stone mining hammers have been reported (Pickin 1990). Some areas of Britain are notably blank, such as Scotland and the southwest of England, and doubtless other sites will be located; equally the reports of hammerstones from some of the sites on Fig. 1 are uncertain and may prove mistaken.

As Fig. 1 demonstrates there are concentrations of sites in the south-west of Ireland and in central Wales. All of the mines so far reported are on a small scale with the exception of Great Orme's Head, Llandudno, and possibly also of Pary's Mountain on Anglesey.

Britain, in common with much of temperate Europe, was extensively glaciated in the Pleistocene and thus the distinctive weathered horizons of the ore bodies, notably the red gossans are largely missing. However research on the mines now suggests that oxidised secondary ores especially malachite, and to a lesser extent azurite were the principal ores sought. This is the conclusion at Mt. Gabriel (O'Brien et al. 1990), Gt. Orme's Head (Lewis 1990), and Alderley Edge (Carlson 1979), although the primary sulphidic ores, chalcocite and chalcopyrite still seem the most likely ores to have been used at other mines such as Cwmystwyth. The early miners cleared the mined areas very thoroughly of all copper ores. Thus the ancient workings and mine tips contain virtually no copper mineral at all, although lead mineral was discarded as useless.

The mines follow the ore from where it outcropped at the surface. In most cases the workings are little better than small pits, as at Mt. Gabriel (Fig. 8) or Alderley Edge or open quarries as at Cwmystwyth (Timberlake 1990a), (Fig. 9 and 10). Usually the workings stopped after a few metres depth when drainage or ventilation became a problem, if the vein had not already been lost. The exception to this are the mines on Great Orme's Head (Fig. 3 and 11) (James 1990, Lewis 1990), where it seems that mining through the second half of the 2nd millennium BC created a complex series of galleries penetrating the hillside for over one hundred metres, following the ore into the hillside from where it outcropped at surface, reaching a depth of over forty metres. The mineralisation is in a very weathered dolomitized limestone that contains many natural fissures and caves and thus much of the mining activity may simply have been enlarging and emptying existing natural cavities and mining the soft malachite ore infilling them. A natural system of passages, some of which may well have penetrated through to the surface would have very much helped ventilate the workings, and the soft rock would not have required firesetting. Even so the mines represent one of the major surviving mine systems from prehistoric Europe.

3. Dating

The prehistoric mines characterised by firesetting and stone hammers investigated so far fall into the second millennium BC (Fig. 2).

In south west Ireland O'Brien (1987, 1990, Brindley and Lanting 1990) believes that the first miners and metalsmiths in the late third millennium BC utilised the primary quartz-pyrites vein deposits containing the sulphide and fahl ores which are the source of the trace elements that characterise the first copper artifacts. However, so far no evidence has been found of the ancient exploitation of the vein deposits. By contrast Mt. Gabriel and the other ancient mines of that type are in primary bedded sedimentary deposits which contain relatively pure oxide and hydrated carbonate ores. These ores produce copper which is typical of that found in the later Early Bronze Age of Ireland.

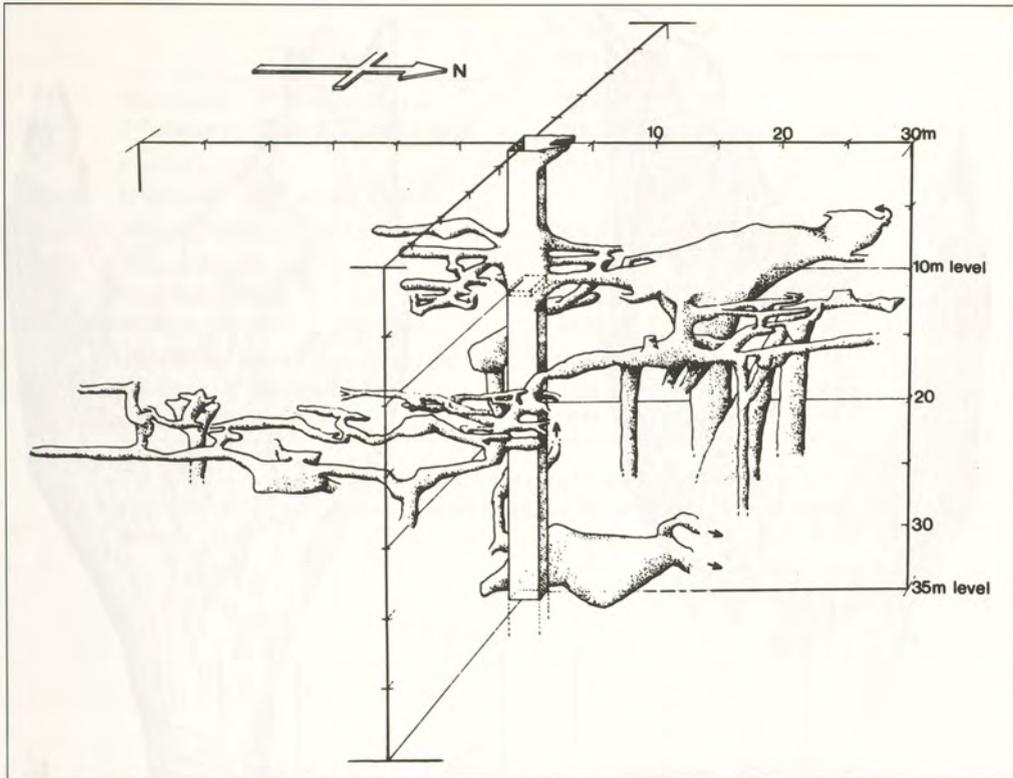


Fig. 3 Small part of extensive Bronze Age gallery system, cut by 19th century shafts at Gt. Orme's Head mine (from LEWIS 1990).

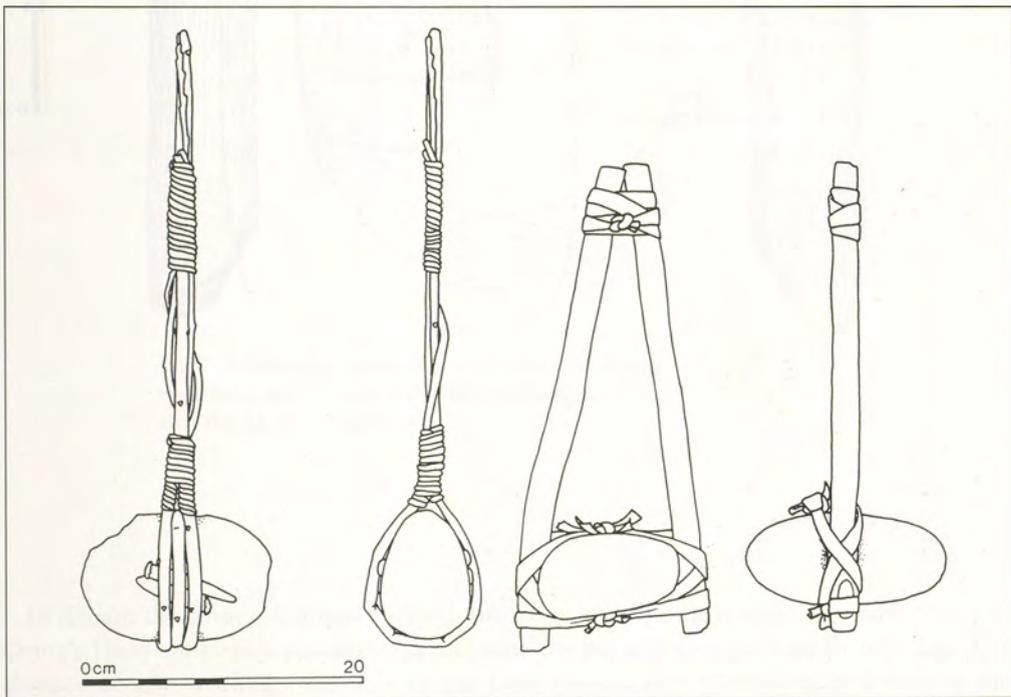


Fig. 4 Stone mining hammers with handles of hazel held with twisted withies (left) or strips of rawhide (right), made for mining experiments by B.R. CRADDOCK.

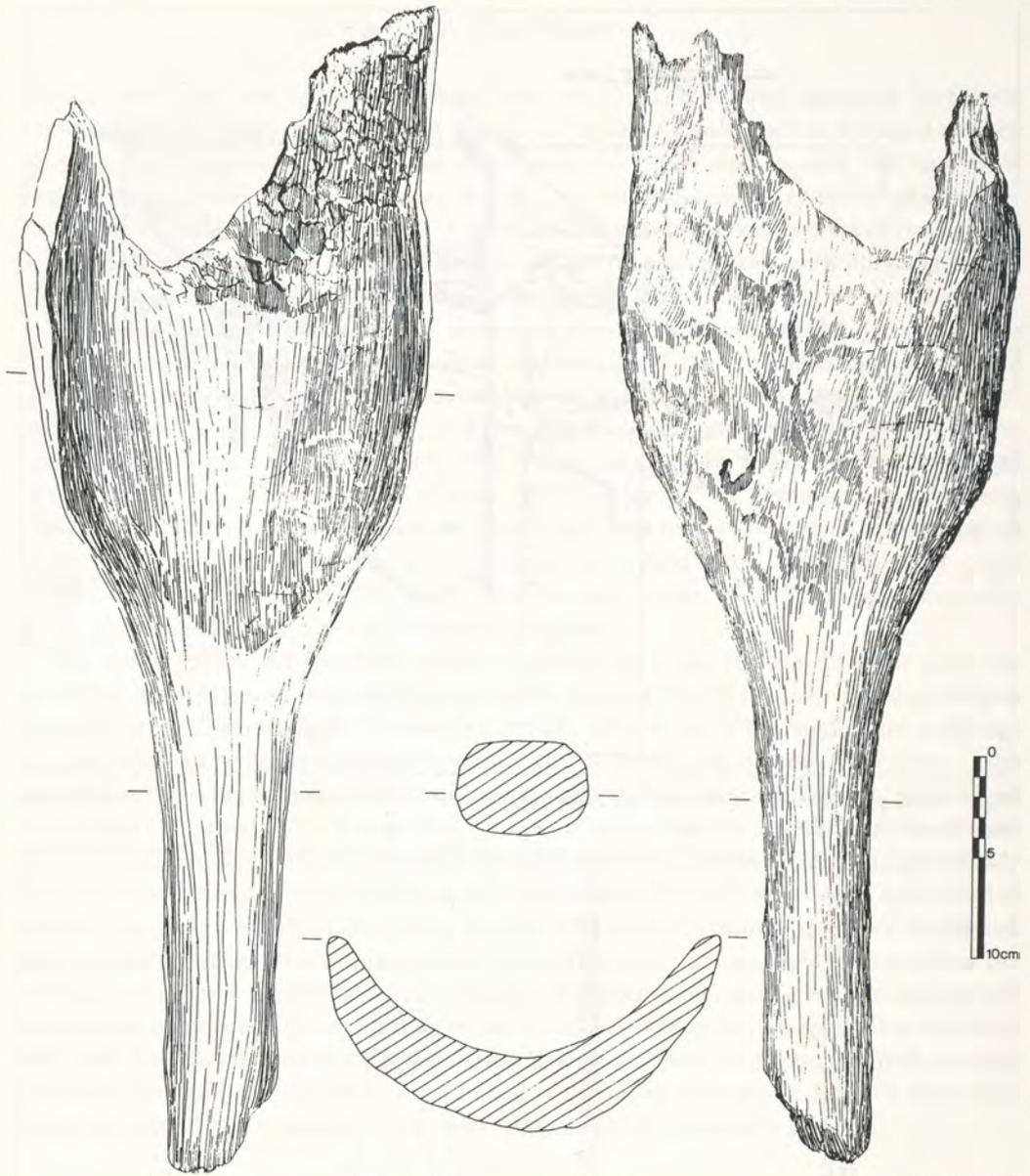


Fig. 5 Short-handled shovel of alder wood, Mt. Gabriel (from O'BRIEN 1990).

	Sample Size	Average % Fe content	% artefacts < 0.05 % Fe
Predynastic – 1 st dynasty/Egypt	0014	0.03	82
2 nd dynasty – New Kingdom/Egypt	0250	0.33	06
Cycladic EBII (principally the Kythnos Hoard)	0016	0.04	55
Minoan, Greek, Etruscan and Roman	3062	0.23	26
Bronze Age Britain	0773	0.05	79
Iron Age Britain	0056	0.18	29
Romano-British	0129	0.27	11
Phoenician-Iberian from SE Spain	0104	0.27	14
Chalcolithic – MBA, SE Spain	0195	0.05	73
Late Bronze Age Spain	0049	0.04	95

Fig. 6 Iron content of copper and bronze metalwork from various cultures. Note the early or primitive technologies seem to be associated with a lower iron content.

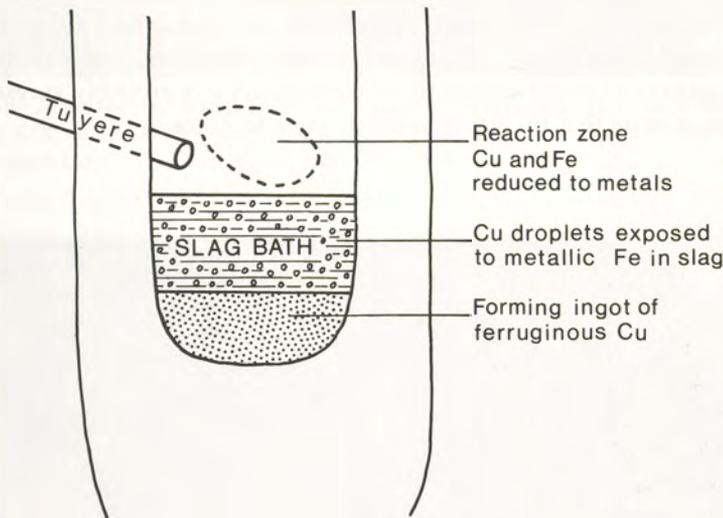


Fig. 7 Schematic representation of copper smelting, showing copper droplets draining through the iron-rich slag (B. R. CRADDOCK).

In Britain the dates are spread through the Early and Middle Bronze Age with only Gt. Orme's Head apparently continuing in use until the beginning of the Late Bronze Age. The absence of any workings dateable to the Late Bronze Age is striking, and reflects the dependence of Britain on continental metal in the 1st millennium BC, as evidenced by the high proportion of imported scrap in bronze hoards of the Late Bronze Age.

4. Mining technology

When the country rock and vein material was very hard it was invariably weakened by firesetting (Craddock 1992). This leaves very distinctive evidence. Fireset walls have smooth continuous contours with no sharp angles. Fireset rock tends to peel away in plates giving smooth surfaces with little evidence of tool marks (Fig. 12). Little is recorded of firesetting as a mining technique although its use was universal until the introduction of gunpowder in the 16th and 17th centuries, and it continued in use in Europe until the 19th century, being especially effective against very hard rocks. From the few old accounts that were written (Agricola 1912, p. 118–120, Timberlake 1990b) and experiments that have been carried out by Holman (1927) and recently by the Early Mines Research Group (Timberlake 1990c) it seems that the most satisfactory arrangement is to establish a good well-stocked fire burning against the rock face and then leave it to burn out, preferably overnight. The heat is able to slowly penetrate deep and weaken the rock for up to 50 cm behind the face; dousing the fire and hot rock with water would have little further weakening effect as the exposed face in front already is weak. In practice fires burning deep underground would be completely unapproachable along confined galleries. Dousing the hot rock after the fire had gone out could have been necessary simply to cool it sufficiently to be able to commence mining. In a recent experiment about 0,75 tonnes of wood were burnt, and next day about 0,3 tonnes of rock had collapsed, and more, assessed at 1,4 tonnes was brought down easily by one person using stone and antler tools (Timberlake 1990b). The quantity of wood used in these experiments was probably excessive, but even so it does demonstrate that firesetting is an effective technique.



Fig. 8 Small workings on the side of Mt. Gabriel, County Cork, Ireland.



Fig. 9 Copa Hill, Cwmystwyth, central Wales. The hillside is covered with the remains of mining activity spanning almost 4000 years. The Bronze Age workings are at the top of the worked lode running almost vertically down the hillside.



Fig. 10 Bronze Age open cast mine on top of copper lode, at Copp Hill, Cwmystwyth, central Wales.



Fig.11 Bronze Age mine workings buried under 19th century mine waste at Gt. Orme's Head, Llandudno. These workings penetrate into the hillside for over 100 metres.



Fig.12 Bronze Age fire trial on Mt. Gabriel, Ireland, showing smooth sinuous outline typical of firesetting.



Fig. 13 Massive stone hammer from the mines at Great Orme's Head. Such stones have battered ends showing they were used as hammers but are far too heavy to have been hafted in the conventional way. They must have been held in a sling, and swung against the rock face.

The stone hammers litter all the mine sites in profusion. They are river or beach cobbles of whatever hard rock was locally available. Their weights typically lie between about one and five kilograms, but there are smaller pebbles, and reused flakes of rock weighing only a few hundred grams, which could have been useful in the very confined spaces of natural cavities. There are also much larger stones, especially from Gt. Orme weighing up to 30 kilograms which must have been suspended in a sling and swung against the rock face as a battering ram (Fig. 13). Such arrangements are known from later mines but this is the first Bronze Age evidence.

It seems that originally the hammers would have been hafted in some manner and experiments have shown it is difficult and very tiring to use them just held in the hand. Few hammers have ever been found still with their hafts attached. The best example must be those found with the 'copper man' from Chuquicamata, northern Chile (Bird 1979). He was the victim of a mining accident in the 6th century AD and was crushed and mummified together with baskets of cuprite copper ore and interestingly, not one, but a selection of mining hammers of different sizes still hafted in wooden handles (Fig. 14). The Early Mines Research Group took these as models in making reconstructions for the mining experiments (Fig. 4). The handles of hazel (*corylus avellana*) sticks were lashed to the stone with raw hide (Fig. 15). The surviving stones often have niches pecked onto the edges of the midribs of the cobbles to hold the handles and small roughened areas on the adjacent flat surfaces which acted as friction pads to hold the wooden wedge used to adjust and tension the raw hide (B.R. Craddock 1990). This is the usual hafting arrangement for hammer stones from the British Isles, however, hammers from Alderley Edge have a pronounced continuous groove pecked all around the middle. This feature is of course common on many of the hammers from mining sites outside Britain, but why it should be prevalent at

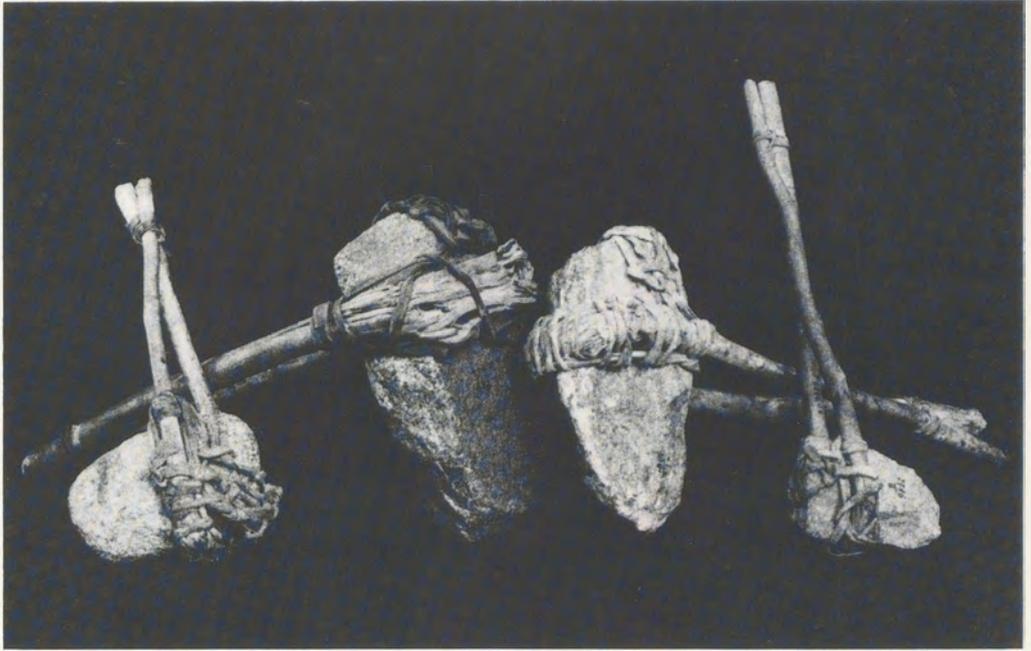


Fig. 14 Selection of stone mining hammers still with their wooden handles, found with the 'copper man' from Chuquicamata, Chile (from BIRD 1979).

only this one site in the British Isles is a mystery that hopefully the forthcoming excavations will solve. These continuous grooves would seem more suited to a more flexible hafting material such as rope or twisted withey and just such a handle of twisted willow withey has been found at Mt. Gabriel, although unfortunately without its hammer stone and in fact grooved hammer stones are almost unknown in southwest Ireland.

As noted above the hammer stones are very common on the mine sites in the ancient workings, and on the tips, and clearly they had only a short life. Most of them are badly split, but many others were discarded apparently whilst still whole. This is extremely puzzling as at Cwmystwyth, for example, many of the hundreds of discarded hammers are beach pebbles and must have been brought at least 20 km. to the site only to be discarded after minimal use. Possibly blunting of the ends was also a factor in their use.

Against soft or fire weakened rocks the stone hammers proved extremely effective mining tools (Fig. 16). They worked loose in their hafts quite quickly, and it was found most convenient to have someone with the miners just repairing the hammers. Although this was in part no doubt due to our inexperience in hafting them, it does recall the mines at Rudna Glava (Jovanovic 1980) where unused hammerstones found on platforms within the mines suggested repair depots were maintained underground. Antler tools have been found at Cwmystwyth and in quantity from Great Orme's Head. Experiments using antler picks showed they were surprisingly effective to pick and lever out the cracked and weakened rock (Fig. 17). Antler is dense but has considerable strength and spring which adsorbed shock and made the picks easy to use. During a day's work in which over a tonne of material was mined the one antler pick used in conjunction with stone hammers showed little damage, and clearly had several days more use left in it.

These tools have been found elsewhere in Europe, notably at Rudna Glava, where the



Fig. 15 Mining hammer after several hours use in mining experiments against fireset rock. The notched hammerstone is lashed to the handle with rawhide.



Fig. 16 Distinctive marks made by battering with stone hammers. Bronze Age work at Cwmystwyth.



Fig. 17 Antler pick in use on fireset rock, Cwmystwyth 1989.



Fig. 18 Long bone fragment used as a scoop, one of many bone tools recovered from the Great Orme's Head mines.



Fig. 19 Crushing and hand-sorting galena and sphalerite at Ishiagu, Nigeria, December 1989.

alkaline conditions favoured their preservation. Most of the mines in the British Isles are in very wet acidic conditions where antler or bone could not really be expected to survive. The one exception investigated so far are the mines of Gt. Orme's Head set in a country rock of limestone and here antler and bone tools survive in quantity. Indeed the ancient galleries are littered with enormous numbers of bone, all stained with copper. Many of these bones, fragments of skull or vertebrae, including a human mandible cannot have been mining tools, but other pieces of long bone or rib were clearly shaped to scoop out the soft clayey copper ore which had collected in the natural fissures (Fig. 18).

Wood survives quite well and in quantity from some of the waterlogged mines, and was clearly extensively used. Mt. Gabriel has produced the most interesting finds so far including 'pry sticks' to prise out the split rock, and a complete hand shovel of alder wood (Fig. 5) in addition to the handle of twisted hazel mentioned above (O'Brien 1990).

5. Beneficiation

Much of the ore would have been processed on site by crushing and hand-picking the richest mineral as was the common practice over much of the world until recently (Fig. 19). Marks on some of the larger hammer stones show they were reused as anvils. Washing the ores in the fast flowing mountain streams that are so abundant in the west of Britain would surely have suggested itself.

6. Smelting

To anyone with experience of early mines and production sites the most noticeable feature of the mines in the British Isles is the total absence of slag. So far not a single piece of prehistoric copper smelting slag is known from the British Isles, although here is a minute amount of tin slag from some sites in Cornwall. The consequences of this absence are far reaching, and thus all possible explanations for the absence must be carefully considered.

These are:

- (1) Originally there was slag in the immediate vicinity of the mines but it has now gone.
- (2) The ore was smelted away from the mines at sites still to be located.
- (3) The smelting process was essentially non-slagging.

The first of these scenarios is most easily dealt with. The British mines tend to be in remote areas, and thus the tips are largely undisturbed by later settlement or agriculture. Later mining was very destructive but the debris that it generated is very distinctive and can be easily recognised from the earlier debris. As the ores from the later operations were taken away for processing there is generally no later slag to contaminate the site, beyond the small amount produced by the mine forges and clinker from the engine house boilers which can sometimes bear a striking resemblance to metallurgical slag.

True fayalitic smelting slag is almost indestructible, especially in the wet acidic environments found in the west of Britain, thus for example identical iron smelting slags survive in pristine conditions from Iron Age sites in the same environments. The slags are worthless and thus there would be no point in removing them, and anyway the total absence of even small fragments from the undisturbed ancient mine tips does suggest slag was never present.

The second possibility is more difficult to answer as there is a general absence of excavated Bronze Age settlements in western Britain, and of course smelting might have taken place on sites isolated from both mines and known settlements. It must be admitted that some of the mines located in the mountains have very inhospitable micro-climates, and some must have been so regularly wet as to make smelting noticeably more difficult than down in more sheltered areas. However it was the general prehistoric practice to smelt at least some of the ore near to the mine, as evidenced by the Mitterberg production sites etc. There was little point in moving heavy ore when only the metal was required, thus smelting took place at the mine providing that fuel was available. At the sites investigated so far there is abundant evidence of woodland in the immediate vicinity, as indicated by leaves preserved in the contemporary peats. Thus at least some evidence of smelting should be expected at the mines themselves.

This leaves the third possibility, namely that the smelting did take place near the mines but the process was non-slagging, and it is now necessary to consider the evidence for the possible smelting process.

It is of course rather difficult to reconstruct processes based largely on negative evidence, but the principal arguments have been sent out detail in Craddock and Meeks (1987), Craddock (1990) and Craddock (1991).

A number of projects have shown that it is possible to reduce both oxidised and sulphidic copper ores to metal in very simple furnaces, and producing little or no slag, or in fact any permanent trace of the smelting operation at all (Craddock 1990; Rostoker et al. 1989; Pollard et al. 1990) managed to smelt arsenic-rich fahl copper ores with no slag at temperatures as low as 700°C, although there is no suggestion that prehistoric smiths used temperatures as low as this. It is quite easy to attain temperatures in excess of 1000°C in a charcoal fire; the problem is maintaining strongly reducing conditions. However, the vitrified surfaces of the furnace and crucible linings from other primitive smelting operations in Europe (Hook et al. 1991) and elsewhere (Hauptmann 1989) have the mineral delafosite (CuFeO_2) which forms under relatively mild reducing conditions. It is perhaps significant that Moesta et al. (1984) has estimated that the $p\text{O}_2$ of the Bronze Age smelting process at the Mitterberg was in the range of 10^{-6} to 10^{-9} (based on analysis of the slags by Mossbauer spectroscopy) that is once again rather poor reducing conditions. However in the British Isles, there is a total dearth not only of slag, but also of fragments of furnaces, or of any other smelting refractories. This is not too surprising as early furnaces generally were very slight ephemeral structures and the poorly fired refractories would be most unlikely to survive in the wet acid peats.

However some evidence for the smelting process does survive in the metalwork itself. Early copper and bronze tends to be rich in most trace elements such as arsenic and antimony, but have very little iron, typically of the order of 0,03% (Fig. 6). Later copper alloys tend to have much lower trace element contents but much more iron, typically 0,3% i.e. approximately an order of magnitude higher. The mechanism by which iron enters the copper has been explored in depth by Craddock and Meeks (1987) but may be summarised here. In the more advanced furnaces, typified by those studied in great detail from Timna (Rothenberg 1990) iron minerals were an integral part of the furnace charge. They were added to promote slag formation and the conditions were much more reducing typically with a $p\text{O}_2$ between 10^{-10} to 10^{-14} , such that some of the iron minerals present were reduced to metallic iron. This was held within the molten slag through which the forming droplets of molten copper drained, and could dissolve into the copper (Fig. 7). Thus the copper tapped from the furnace regularly contained several percent of iron, enough in fact to

seriously weaken the metal (Craddock 1980). Fortunately the iron content could easily be reduced down to about 0,3% by remelting in an open crucible and skimming off the light, oxidised iron fraction from the surface.

Iron is an excellent deoxidant, and it is noticeable that the swarms of various oxide inclusions regularly found in European Bronze Age metalwork are almost entirely absent in later bronzes where metallic iron was present during the smelting.

Thus the low iron, but high inclusion content of most British Bronze Age metalwork is strongly indicative of a simple non-slagging process for indigenous copper production.

7. Conclusion

At a superficial level the general similarity of composition of the metalwork across Bronze Age Europe suggests a similar process was in use, but this is not supported by evidence from the production sites themselves which are now at last being investigated all over Europe (Crew and Crew 1990, Eluère 1991). Just the three areas with which the author of this paper is familiar, the British Isles, south east Spain, and central Europe show great variation in process. To some degree this was dictated by the very different environments. As noted in the beginning of this paper much of the gossans and secondary deposits favoured by early man in southern Europe would have been removed by glacial action from temperate Europe. Also the very different climate conditions in the various areas may have influenced smelting practise to some extent. The recent experiments of Merkel and also of Bamberger reported in Rothenberg (1990) demonstrated the enormous volumes of air drawn through the furnace during the smelting and the great quantity of water vapour contained within it. They also recorded the very considerable quantities of energy this abstracted from a smelting system that operated only on the edge of viability. In practical terms it was much more difficult to get the furnace up to heat on a cold damp morning in London than in the south of Israel. How much more difficult would it have been the very wet conditions prevalent in the west of Britain. However the variations observed across Europe seem to go beyond those dictated by environment. In the south east of Spain a non-slagging process of smelting in durable crucibles is attested at a number of sites of the Chalcolithic period (Hook et al. 1991, Fernandez-Miranda et al. 1991), whilst in central Europe a variety of processes have been postulated for the smelting of the Mitterberg ore (Eibner 1982, Moesta 1990) but all are agreed the smelting was carried out in a furnace and produced slag. The evidence from Atlantic or western Europe, especially the British Isles is for processes even more simple.

Thus by the late third millennium BC when metallurgy was firmly established in the eastern Mediterranean-Middle East and copper was already smelted in slagging furnaces under highly reducing conditions, a variety of much simpler but very different processes were commencing in temperate-western Europe suggesting indigenous development at a number of centres. To some degree independent discovery was promoted by relative isolation of the non-ferrous ore deposits. It is worth remembering that the copper deposits exploited in the western British Isles lie well over a thousand kilometres from the nearest continental source exploited in the Bronze Age. Unlike agriculture for example, extractive metallurgy could not spread smoothly and continuously.

The mechanism by which metallurgy could have come about are many, but it could have been through the dissemination of metal artefacts westwards and northwards into Neolithic Europe. The appearance of metal artifacts in metalliferous areas could have prompted

the exploitation of local resources, especially of the recognition of native metal. It is perhaps significant that whilst the earliest metals in the Middle East are copper and lead, the two metals which introduced metallurgy to Europe are copper and gold. Copper and gold both occur as native metals, but lead has to be smelted and thus would not be recognised as a local resource. The exploitation of tin provides another indicator. Tin bronze was in use in the Near East from the beginning of the 3rd millennium BC (Muhly 1989), long before metallurgy is supposed to have begun in the British Isles. Yet for the first few centuries copper was used in an unalloyed state in Britain and Ireland. If the wandering smiths postulated by the old diffusionist model had come to Britain surely they would have picked up the extensive deposits of tin in south west Britain, and of lead elsewhere, as readily as they located the copper and much more elusive gold deposits. The evidence again suggests a local initiative that was to flourish throughout the Bronze Age.

8. References

- AGRICOLA 1912 = G. AGRICOLA, *De Re Metallica*. 1556 (transl. HOOVER and HOOVER) 1912. *The Mining Magazine* (London).
- AMBERS 1990 = J. AMBERS, Radiocarbon, Calibration and Early Mining. In: CREW and CREW 1990, 59–63.
- BIRD 1979 = J. B. BIRD, The Copper Man: A Prehistoric Miner and his Tools from Northern Chile. In: *Pre-Columbian Metallurgy of South America*, ed. E. P. BENSON. *Dumbarton Oaks Research Library* (Washington) 105–132.
- BRIGGS 1983 = C. S. BRIGGS, Copper Mining at Mt. Gabriel: Bronze Age Bonanza or post-famine Fiasco. *Proceedings of the Prehistoric Society* 49, 17–35.
- BRINDLEY and LANTING 1990 = A. L. BRINDLEY, J. LANTING, Radiocarbon dates for the Mount Gabriel copper mines. In: *Crew and Crew 1990*, 64–65.
- CARLON 1979 = C. J. CARLON, The Alderley Edge Mines. *John Sherratt* (Altrincham).
- COLLINS 1992–3 = A. C. COLLINS, Fire-setting: The art of mining by fire. *Transactions of the Federation of Mining Engineers* 5, 82–92.
- B. R. CRADDOCK 1990 = B. R. CRADDOCK, The experimental hafting of stone mining hammers. In: *CREW and CREW 1990*, 58.
- CRADDOCK 1980 = P. T. CRADDOCK, The composition of copper produced at the ancient smelting camps in the Wadi Timna, Israel. In: *Scientific Studies in Early Mining and Extractive Metallurgy*. Ed. P. T. CRADDOCK. *British Museum Occasional Paper 20* (London) 165–175.
- CRADDOCK 1990 = P. T. CRADDOCK, Copper smelting in Bronze Age Britain. In: *CREW and CREW 1990*, 69–72.
- CRADDOCK 1991 = P. T. CRADDOCK, Copper Production in Bronze Age Britain. In: *ELUÈRE 1991*, 203–219.
- CRADDOCK 1992 = P. T. CRADDOCK, A Short History of Firesetting. *Endeavour* 16,3, 145–150.
- CRADDOCK and GALE 1987 = P. T. CRADDOCK, D. GALE, Evidence of early mining and extractive metallurgy in the British Isles: problems and potential. In: E. A. SLATER, J. O. TATE (eds.), *Science and Archaeology*. *BAR British Series 196* (Glasgow) 175–192.
- CRADDOCK and MEEKS 1987 = P. T. CRADDOCK, N. D. MEEKS, Iron in Ancient Copper. *Archaeometry* 29, 187–204.
- CREW and CREW 1990 = P. and S. CREW (eds.), *Early Mining in the British Isles*. *Plas Tan y Bwlch Centre Occasional Paper No. 1* (Maentwrog).
- EIBNER 1982 = C. EIBNER, Kupfererzbergbau in Österreichs Alpen. In: *Südosteuropa zwischen 1600 und 1000 vor Chr.* Ed. B. HÄNSEL. *Prähistorische Archäologie in Südosteuropa* 1, 399–408.
- ELUÈRE 1991 = C. ELUÈRE (ed.), *La Découverte du Métal* (Paris).
- FERNANDEZ-MIRANDA et al. 1991 = M. FERNANDEZ-MIRANDA, G. DELIBES, D. FERNANDEZ-POSSE, C. MARTIN, I. MONTERO and S. ROVIRA, Almizaraque (Almería, Spain). *Archaeometallurgy in chalcolithic southeastern of Iberian peninsular*. In: *ELUÈRE 1991*, 303–316.
- HAUPTMANN 1989 = A. HAUPTMANN, The Earliest Periods of Copper Metallurgy in Feinan, Jordan. In: A. HAUPTMANN, E. PERNICKA and G. A. WAGNER (eds.), *Old World Archaeometallurgy*. *Der Anschnitt*. *Beih. 7* (Bochum) 119–135.

- HOLMAN 1927 = B. W. HOLMAN, Heat treatment as an agent in rock-breaking. *Transactions of the Institute of Mining and Metals* 36, 219–262.
- HOOK et al. 1991 = D. HOOK, I. C. FREESTONE, N. D. MEEKS, P. T. CRADDOCK and A. MORENO ONORATO, The Early Production of Copper Alloys in South-East Spain. In: *Archaeometry '90*, ed. E. PERNICKA, G. A. WAGNER (Basel) 65–76.
- JACKSON 1968 = J. S. JACKSON, Bronze Age copper mines on Mount Gabriel, West County Cork, Ireland. *Archaeologia Austriaca* 43, 92–114.
- JACKSON 1979 = J. S. JACKSON, Metallic ores in Irish prehistory; copper and tin. In: *The Origins of Metalworking in Atlantic Europe. Proceedings of the 5th Atlantic Colloquium*, ed. M. RYAN (Dublin) 107–125.
- JACKSON 1980 = J. S. JACKSON, Bronze Age copper mining in Counties Cork and Kerry, Ireland. In: *Scientific Studies in Early Mining and Extractive Metallurgy*, ed. P. T. CRADDOCK. *British Museum Occasional Paper No. 20* (London) 9–30.
- JAMES 1990 = D. JAMES, Prehistoric Copper Mining on the Great Orme's Head. In: *CREW and CREW*, 1990, 1–4.
- JOVANOVIĆ 1980 = B. JOVANOVIĆ, Primary copper mining and the production of copper. In: *Scientific Studies in Early Mining and Extractive Metallurgy*, ed. P. T. CRADDOCK. *British Museum Occasional Paper No. 20* (London) 31–40.
- LEWIS 1990 = A. LEWIS, Underground Exploration of the Great Orme Copper Mines. In: *CREW and CREW* 1990, 5–10.
- MOESTA et al. 1984 = H. MOESTA, G. SCHNAU-ROTH and H.-G. WAGNER, Mössbauer-Studien zu bronzezeitlichen Kupferhütten-Prozessen. *Berliner Beiträge zur Archäometrie* 9, 95–112.
- MOESTA 1990 = H. MOESTA, Ein spätmittelalterlicher Doppelschmelzofen im Hinteren Angertal, Bad Hofgastein. *Die metallurgischen Analysen. Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde* 130, 782–787.
- MORRIS 1747 = L. MORRIS, *An Account of Lead and Silver Mines in Cwmwd y Perveth*. Unpublished Manuscript. National Library of Wales (Aberystwyth).
- MUHLY 1989 = J. D. MUHLY, Cayönü Tepese and the beginnings of the metallurgy in the Old World. In: *OLD WORLD Archaeometallurgy. Der Anschnitt. Beih. 7* (Bochum) 1–12.
- O'BRIEN 1987 = W. F. O'BRIEN, The dating of the Mt. Gabriel-type copper mines of West Cork. *Journal of the Cork Historical and Archaeological Society* 92, 50–70.
- O'BRIEN 1990 = W. F. O'BRIEN, Prehistoric copper mining in south-west Ireland. *Proceedings of the Prehistoric Society* 56, 269–290.
- O'BRIEN et al. 1990 = W. F. O'BRIEN, R. IXER and M. O'SULLIVAN, Copper Resources in Prehistory: An Irish Perspective. In: *CREW and CREW* 1990, 30–35.
- PEARSON and STUIVER 1986 = G. W. PEARSON and M. STUIVER, High-precision Calibration of the Radiocarbon Time Scale, 500–2500 BC. *Radiocarbon* 28 (2B), 839–862.
- PICKIN 1990 = J. PICKIN, Stone Tools and Early Metal Mining in England and Wales. In: *CREW and CREW* 1990, 39–42.
- POLLARD et al. 1990 = A. M. POLLARD, R. G. THOMAS and P. A. WILLIAMS, Experimental Smelting of Arsenical copper ores. In: *CREW and CREW* 1990, 72f.
- ROSTOKER et al. 1989 = W. ROSTOKER, V. C. PIGOTT and J. R. DVORAK, Direct Reduction to Copper Metal by Oxide-Sulfide Mineral Interaction. *Archaeometals* 3,1, 69–87.
- ROTHENBERG 1990 = B. ROTHENBERG, *The Ancient Metallurgy of Copper*. Institute for Archaeo-Metallurgical Studies (London).
- TIMBERLAKE 1990a = S. TIMBERLAKE, Excavations and Fieldwork on Copa Hill, Cwmystwyth, 1989. In: *CREW and CREW* 1990, 22–29.
- TIMBERLAKE 1990b = S. TIMBERLAKE, Review of the Historical Evidence for the use of Firesetting. In: *CREW and CREW* 1990, 49–52.
- TIMBERLAKE 1990c = S. TIMBERLAKE, Firesetting and Primitive Mining Experiments, Cwmystwyth, 1989. In: *CREW and CREW* 1990, 53–54.

Das Goldblech von Gandul und die Anfänge der Goldmetallurgie auf der Iberischen Halbinsel

VON VOLKER PINGEL

Bis in jüngste Zeit galt fast wie eine »Lehrmeinung«, daß Gewinnung und Benutzung von Gold auf der Iberischen Halbinsel mit den Glockenbechern beginne. Dabei wird teilweise auch davon ausgegangen, daß die ersten Impulse für eine Goldmetallurgie mit den Trägern der Glockenbecher-Kultur aus Mitteleuropa die Halbinsel erreicht hätten (Blance 1971, 149; Leisner 1965, 266; Maluquer 1970, 82f.; Savory 1968, 188f.; Spindler 1975, 64).

Ausgangspunkt für solche Annahmen war zweifellos die Beobachtung, daß gerade in Fundkomplexen mit Glockenbechermaterial in Spanien und Portugal auffällig oft Gold enthalten ist. Diese Feststellung läßt sich auch für Frankreich und in gewissem Umfang für die Britischen Inseln treffen (Taylor 1980; Eluère 1982). Eine intensivere Beschäftigung mit den vorgeschichtlichen Goldfunden der Iberischen Halbinsel hat allerdings Zweifel aufkommen lassen, ob dieses Bild zutrifft (Hartmann 1982; Pingel 1986 und 1992). Aber auch außerhalb der Halbinsel ergeben sich Probleme, wenn man versucht, die Herkunftsfrage der Goldmetallurgie im genannten Sinn zu erfassen. In Frankreich konzentrieren sich die Glockenbecher-Goldfunde besonders auf den atlantischen Westen und auf den mediterranen Süden des Landes; nach Mitteleuropa hinein fehlen hingegen bisher entsprechende Goldfunde (Pingel 1986, Abb. 2).

Es sieht derzeit so aus, als gäbe es keine »mitteleuropäische« Goldmetallurgie der dortigen Glockenbecher-Gruppen, die als Wurzel für die Goldfunde der Iberischen Halbinsel gelten könnte. Man kann sogar die Situation umgekehrt sehen und eher an vereinzelte Anregungen aus dem atlantisch bzw. mediterran geprägten West- und Südwesteuropa denken, die bis zum Rhein und darüber hinaus nach Osten gelangten¹. Es sind neuere Funde der letzten Jahrzehnte, die gerade für die Iberische Halbinsel die Zweifel an dem Beginn der Goldmetallurgie mit den Glockenbechern erheblich verstärkt haben.

So tauchten bei den systematischen Ausgrabungen in den kupferzeitlichen Siedlungen von Orce »Cerro de la Virgen« (Prov. Granada) und von Zambujal (Distr. Lissabon) Goldobjekte auf, die ihrer stratigraphischen Situation wegen »vorglockenbecherzeitlich« sein müssen. Die beiden Objekte – eine offensichtlich gegossene Perle und ein verziertes Goldblechfragment – sind bisher die einzigen stratigraphisch belegten Funde, die für die Kupferzeit nicht mit Glockenbecherelementen in Zusammenhang gebracht werden können. Es zeigte sich bei Durchsicht der frühen Goldfunde der Iberischen Halbinsel, daß sich, ausgehend von den genannten Funden, eine oder zwei Fundgruppen absondern lassen, die wohl unabhängig von den Glockenbechern zu sehen sind (Pingel 1986, 196ff. und 1992).

Zum einen handelt es sich dabei um Objekte, die offensichtlich massiv und im Gußverfahren als Nadeln oder Perlen hergestellt wurden, die hier nicht weiter behandelt werden sollen (Pingel 1986, Abb. 3). Zum anderen gibt es eine kleinere Gruppe von meist getriebenen

¹ Die nächsten Goldfunde nach Osten stammen aus Böhmen, vereinzelt aus Bayern und dann weiter donauabwärts; Formen und Techniken lassen keine Verbindungen mit Westeuropa erkennen.

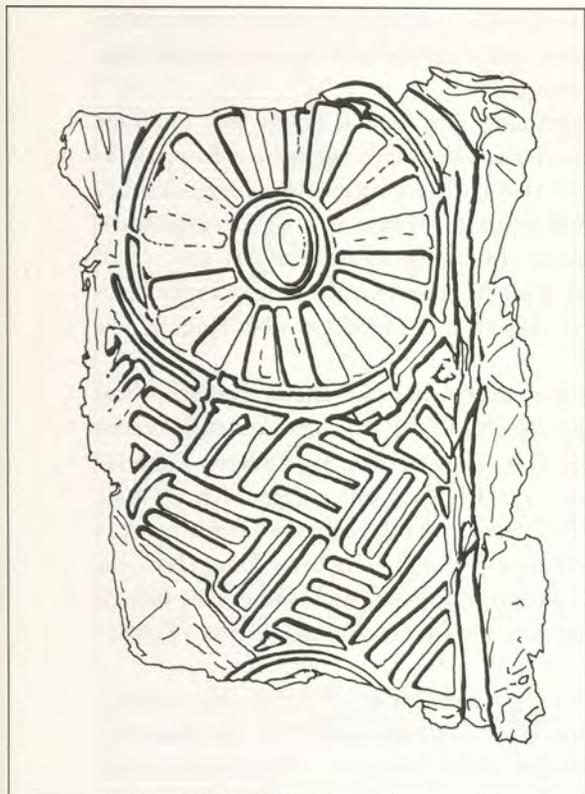
verzierten Goldblechen mit geometrisch angelegten Mustern, die aus Kuppelgräbern o.ä. Grabkomplexen stammen, deren Inventare deutlich durch »vorglockenbecherzeitliche« Formen geprägt sind.

In diese Gruppe fügt sich ein Anfang der 80er Jahre gefundenes verziertes Goldblech von Gandul bestens ein und liefert entscheidende Hinweise auf die kulturelle und zeitliche Interpretation dieser Fundgruppe².

Derzeit sind fünf Fundkomplexe bekannt, die solche verzierten Bleche enthalten:

1. Gandul b. Alcalá de Guadaira, Prov. Sevilla; Abb. 1.
1 Blechfragment mit fein eingetriebener geometrischer Verzierung; Zonenbildung mit großem »Augenmotiv« mit Strahlenkranz, am linken Rand ist der Ansatz eines weiteren »Auges« erkennbar, dazwischen ein flächiges Schachbrettmuster, die Rückseite ist matt. L. 4,5 cm.
Gefunden bei Grabung 1982 in dem Kuppelgrab »Las Canteras« im Gang.
Verbleib: Mus. Arq. Prov. Sevilla.
Lit.: Hurtado und Amores 1984; Pingel 1986 Abb. 4,1.
2. Matarrubilla b. Valencina de la Concepción, Prov. Sevilla.
Zahlreiche Goldblechfragmente, von denen einige Verzierungen erkennen lassen: Hauptmotive sind Leiterbänder, »Waffelmuster« aus schachbrettartig angeordneten erhabenen Buckeln, dazu kommen Hinweise auf schraffierte Dreiecke, die evtl. ein glattes Zick-Zack-Band aussparen und Zonen bilden.
Gefunden bei Nachuntersuchungen des Kuppelgrabes in den 50er Jahren in der Mitte des Ganges an verschiedenen Stellen.
Verbleib: Mus. Arq. Prov. Sevilla.
Lit.: Pingel 1986, Abb. 4, 5–7.
3. Tarifa »Los Algarbes«, Prov. Cadiz.
Kugelförmiges Goldblechgebilde aus zwei Teilen, oben und unten(?) offen; die Ränder der Öffnungen sind eingeschnitten; um die Kugel läuft eine breite Zierzone mit flach getriebenen geometrischen Zierelementen; ein Teil ist durch schachbrettartige Felder aus feinen Rippen gebildet; ein anderer Zierteil ist durch umlaufende Leiterbänder und ein schraffiertes Winkelband dazwischen gebildet. Dm. ca. 7 cm.
Gefunden in dem Felskammergrab Nr. 5.
Verbleib: Mus. Arq. Prov. Sevilla.
Lit.: Pingel 1986, Abb. 4,4.
4. Alcalá b. Portimão, Distr. Lagos (Portugal).
Blechfragment mit gezacktem Rand, der von einer getriebenen feinen Rippe begleitet wird; im Inneren eine flächenfüllende Kreuzschraffur; B. 1,8 cm. L. 1,8 cm.
Gefunden im vorigen Jahrhundert in dem Felskuppelgrab Nr. 4.
Verbleib: Mus. Nac. Arq. Etnol. Lissabon, Inv. Nr. 99.
Lit.: Pingel 1986, Abb. 4,2.
5. Alcalá b. Portimão, Distr. Lagos (Portugal).
Blechfragment, rundum Bruchkante; fein getriebene geometrische Verzierung aus umlaufenden Leiterbändern, in den Zonen dazwischen schraffierte Dreiecke, die glatte Zick-Zack-Bänder aussparen. L. 4,5 cm.
Gefunden 1933 in dem Gang des durchwühlten Kuppelgrabes Nr. 11.
Verbleib: Mus. Lagos, Inv. Nr. 208.
Lit.: Pingel 1986, Abb. 4,3.

2 Dem Ausgräber V. Hurtado (Sevilla) wird die Kenntnis des Fundes verdankt.



a



b

Abb. 1 Verziertes Goldblech von El Gandul
(Prov. Sevilla); a Vorderseite, b Rückseite.

M. 2:1. Fotos nach Inst.

Negativ DAI Madrid 23-82-32 und 23-82-36,

Aufnahmen P. Witte.

Die Datierung dieser Stücke und der Fundkomplexe ist mit Schwierigkeiten verbunden, denn zum einen handelt es sich um Kollektivgräber und zum anderen sind die Befunde fast durchweg gestört und wenig systematisch untersucht.

Einen ersten Anhalt für die zeitliche Einordnung gibt sicher schon die auffällige Konzentration solcher Bleche in steingebauten oder aus dem Fels gehauenen Kuppelgräbern. In allen diesen Gräbern gibt es Hinweise auf typische Materialien der »vorglockenbecherzeitlichen« Kupferzeit (Los Millares I, VNSPI usw.) in Form von Kalksteingefäßen, Knochen- und Elfenbeinschmuck, Keramikformen, Idolen verschiedener Art usw. (z. B. Leisner 1943 und 1965). Auf der anderen Seite fehlt in diesen Gräbern Glockenbecher-Keramik, auch wenn es vereinzelt Hinweise gibt, daß auch diese Gräber über längere Zeit benutzt worden sind³.

Die angeführten, äußerst dünnen und feinen Blechfragmente sind alle in gleicher Weise getrieben verziert, wobei die Ornamente offensichtlich meist flächendeckend angebracht waren⁴. Sie dienten wohl als Belag oder Beschlag von Gegenständen aus anderen Materialien, da sie so dünnwandig sind und zudem auch auf der Rückseite gelegentlich als matt und stumpf beschrieben werden (Abb. 1,b)⁵. Bei keinem der Bleche sind Befestigungsspuren o.ä. erhalten, was evtl. für eine Befestigung durch »Kleben« oder Bördeln sprechen könnte. Für die meisten dieser Bleche wissen wir derzeit nichts über ihre nähere Funktion, ihre eigentliche Form und Bedeutung sowie über die ursprünglichen »Trägergegenstände«.

Die »Blechkugel« von Tarifa wäre durchaus als Verzierung oder Überzug eines keulen- oder szepterähnlichen Gegenstandes vorstellbar. Das Goldblech selbst ist durchaus ein angemessenes Material für solch einen Prestigegegenstand oder eine Prunkwaffe, auch wenn uns für diesen Deutungsansatz zur Zeit weitere Anhaltspunkte fehlen.

Etwas konkreter wird man das Blech von Gandul ansprechen können, das durch das »Augenmotiv« charakterisiert ist. Es wurde schon darauf verwiesen, daß dieses Element sehr weit verbreitet ist (Pingel 1986), doch wird man zunächst an die typischen Idole der iberischen Kupferzeit erinnern, auf denen solche Verzierungen sehr häufig vorkommen (Leisner 1943; Almagro Gorbea 1973). Gerade bei den Zylinderidolen aus Kalkstein kann man sich wegen der Größe und der flach plastischen Ausbildung der Ornamente vorstellen, daß sie als Träger solcher Bleche in Frage kommen⁶.

Dieser Aspekt der frühen Goldmetallurgie soll hier für die Iberische Halbinsel nicht weiter verfolgt werden, sondern es werden noch einige Bemerkungen angefügt, die sich auf die Materialanalysen der Fundstücke beziehen. Es wurde schon angedeutet, daß die verzierten Bleche – soweit Analysen angefertigt wurden – fast ausnahmslos einer von A. Hartmann als Materialgruppe B definierten Goldsorte zugerechnet werden (Hartmann 1982; Pingel 1986). Es sind insgesamt sieben Blechstücke von Matarrubilla und aus den beiden Gräbern von Alcalá, die untersucht wurden und alle diesem zinnfreien Naturgold zugerechnet werden. Auch das Blech von Gandul wurde nachträglich analysiert und gehört

3 In Grab 4 von Alcalá wurde z. B. eine Palmela-Spitze gefunden, und auch das Grab von Tarifa enthielt jüngere Funde.

4 Der fragmentarische Erhaltungszustand und die meist unzureichende Dokumentation der Fundumstände erlauben keine genauere Ornamentrekonstruktion.

5 Außer bei dem Blech von Gandul ist auch für Matarrubilla von einer matten Rückseite der Bleche die Rede.

6 Hier wäre sicherlich eine detaillierte Untersuchung angebracht; es sei nur darauf verwiesen, daß auf dem Blech die »Augenbrauenbögen« fehlen, die bei den Idolen fast regelhaft vorkommen.

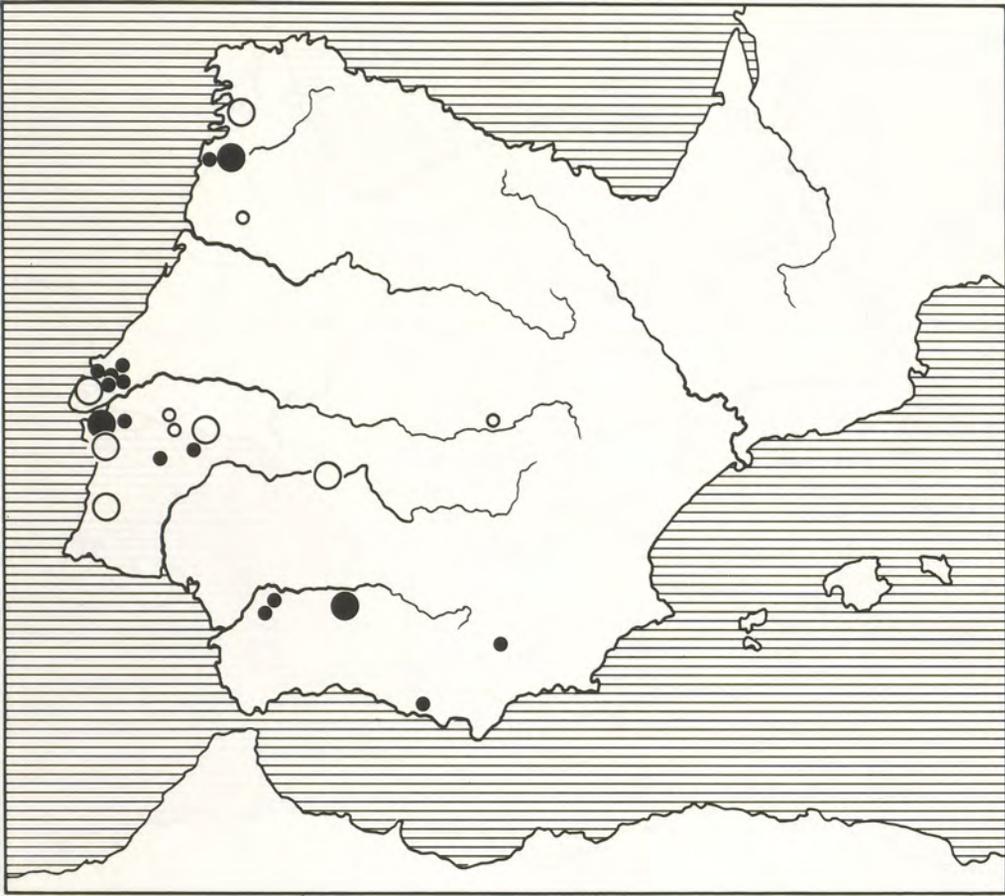


Abb. 2 Verbreitung der Goldmaterialgruppe S auf der Iberischen Halbinsel; gefüllt = Kupferzeit, offen = Bronzezeit, große Zeichen = mehr als zwei Analysen.

ebenfalls der Materialgruppe B an⁷. Somit gehören acht der rund ein Dutzend Analysen für B-Gold der Kupferzeit Spaniens und Portugals zu diesen Goldblechen, die im Zusammenhang mit der frühesten Goldmetallurgie der Halbinsel stehen.

Es wurde an anderer Stelle schon ausgeführt, daß neben dem B-Gold vor allem im Zusammenhang mit Glockenbecher-Fundkomplexen in Spanien und Portugal die Materialgruppe S sehr häufig vorkommt (Hartmann 1982; Pingel 1986). Gegen Ende der Kupferzeit tritt dann offensichtlich noch Gold der Materialgruppe L dazu. Es wurde schon erwogen, ob es sich bei dem S-Gold nicht um Waschgold aus den zahlreichen Goldseifen im Einzugsgebiet des Tejo handelt (Abb. 2). Es gibt auch Anhaltspunkte dafür, daß das L-Gold vor allem aus Waschgoldvorkommen des Nordwestens der Halbinsel stammt (Abb. 3).

Das Gold der Materialgruppe B, das offensichtlich am Anfang der Entwicklung steht, entzieht sich bisher solchen Überlegungen. Einer der Gründe dafür ist in dem Verbreitungsbild dieser Materialgruppe zu sehen (Abb. 4), das sich bevorzugt außerhalb bzw. am Rand der wichtigsten Lagerstättenbereiche der Halbinsel konzentriert. Mit dem Gold der Materialgruppe B werden von A. Hartmann Überlegungen verknüpft, die zum einen dieses

⁷ Das Blech erhielt die Analysen-Nr. Au 5427 im Rahmen der SAM-Analysen und ergab folgende Werte: Ag = 5–10; Cu = 0,03; Hg = Sp.; siehe dazu auch Pingel 1992.

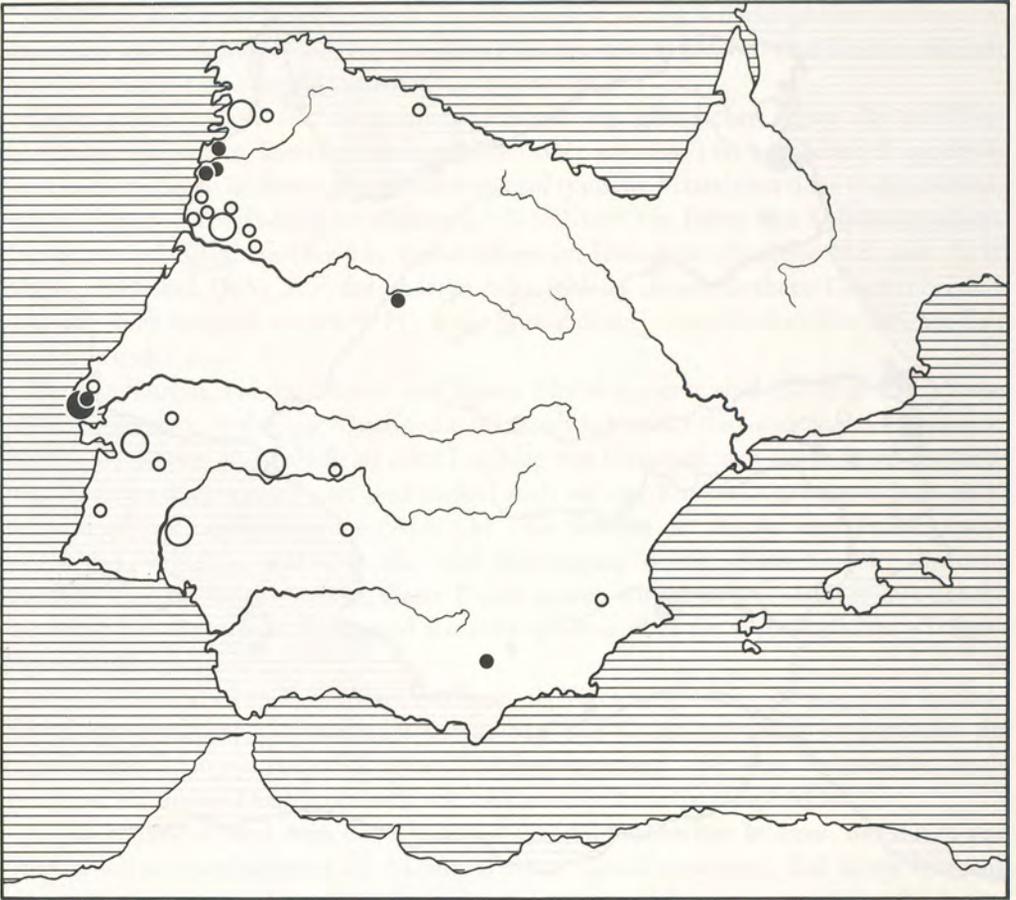


Abb. 3 Verbreitung der Goldmaterialgruppe L auf der Iberischen Halbinsel; gefüllt = Kupferzeit, offen = Bronzezeit, große Zeichen = mehr als zwei Analysen.

Gold als »Fremdgold« auf der Iberischen Halbinsel einordnen, und zum anderen soll es sich dabei um Berggold handeln (Hartmann 1970 und 1982). Der erstgenannte Aspekt könnte sicherlich das Problem der B-Gold-Verbreitung lösen, wenn es nicht ausgesprochen schwierig wäre, für die Kupferzeit (3. Jahrtausend v. Chr.) archäologisch zu dem anzunehmenden Herkunftsgebiet des Goldes aus dem Balkanraum Beziehungen aus Sicht der Halbinsel aufzuzeigen. Für den ägäischen Bereich, wohin eher Kontakte anzunehmen wären, spielt das B-Gold in dieser Zeit nach den bisher vorliegenden Analysen keine Rolle (Hartmann 1982).

Der zweite Gesichtspunkt, daß das B-Gold bergmännisch gewonnenes Primärlagerstättenmaterial sei, ist zwar nicht gänzlich von der Hand zu weisen, doch lassen sich keine positiven Belege dazu anführen. Von A. Hartmann wird die Diskussion um diese Annahme hauptsächlich mit relativ wenigen eigenen Analysen aus Naturgoldvorkommen geführt (Hartmann 1970, 11 und 1982, 31 f.). Dies hat seine Gründe vor allem darin, daß es außer den rund 2–3 Dutzend Analysen von Naturgoldproben, die im Rahmen des SAM (= Studien zu den Anfängen der Metallurgie)-Unternehmens angefertigt wurden, kaum noch publizierte Analysen gibt, die nachweisbar neben Silber und Kupfer auch nach Zinn gesucht haben. Das Fehlen dieses meist in sehr geringen Spuren nachgewiesenen Bestandteils ist ein Hauptargument für die Ansprache als Berggold.

Ergänzend zu den wenigen Proben (Hartmann 1970, 24; Tylecote 1987, 74 f.; Taylor

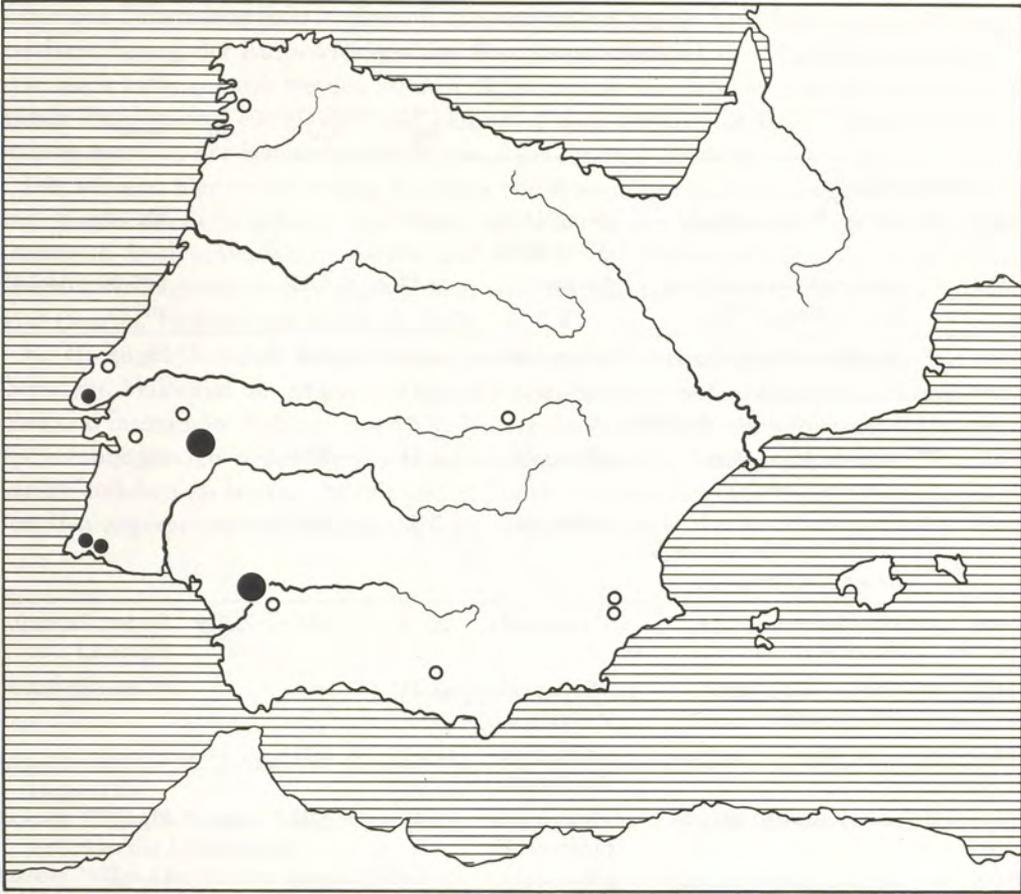


Abb. 4 Verbreitung der Goldmaterialgruppe B auf der Iberischen Halbinsel; gefüllt = Kupferzeit, offen = Bronzezeit, große Zeichen = mehr als eine Analyse.

1980, 141) seien hier noch ca. 15 weitere Naturgoldproben der Iberischen Halbinsel (Tab. 1) angeführt, die ebenfalls im Rahmen des SAM-Projektes angefertigt wurden und bisher noch unveröffentlicht sind (Pingel 1992).

Diese Proben können m.E. nicht die Lösung der anstehenden Probleme bringen, auch wenn sie die insgesamt recht dürftigen Analysebestände von verwertbaren Naturgoldproben etwas erweitern⁸. Es bestätigt sich auch darin, daß Zinn bei den Naturgoldanalysen insgesamt kaum eine Rolle spielt und daß zumindest diese Proben kaum direkt als Ausgangsmaterial für eine der »frühen« Materialgruppen S oder L dienen können, die ja z.T. recht deutlich höhere Kupferanteile aufweisen und zudem jeweils auch Zinn enthalten⁹.

⁸ Am Lehrstuhl für Ur- und Frühgeschichte der Ruhr-Universität Bochum wurden möglichst alle erreichbaren Publikationen zu Naturgoldzusammensetzungen ausgewertet; dabei zeigte sich, daß nur sehr wenige Analysen bekanntgegeben sind, die neben Silber und meist auch Kupfer weitere Elemente (z. B. Zinn) berücksichtigen. Für die Frage nach dem Sn-Gehalt von Naturgoldproben standen incl. der SAM-Analysen nur etwa drei Dutzend Proben zur Verfügung. Nur vier davon wiesen Sn-Anteile auf, von denen aber nur eine eindeutig als Alluvial- bzw. Waschgold ausgewiesen war. Die anderen Proben waren nicht näher charakterisiert.

⁹ Dies gilt auch für andere (»jüngere«) Materialgruppen, die als typisch für die Halbinsel gelten können; siehe dazu Hartmann 1982 und Pingel 1992.

Tabelle 1 Naturgoldproben der Iberischen Halbinsel

() Nummern nach Liste bei Pingel 1992

			Ag	Cu	Sn	Sonst.
IBERISCHE MASSE						
Au 3657	(48) Niebla (Prov. Huelva)	Berggold (Quarzgang)	ca. 30	–	–	Hg 0,5
Au 3674	(71) Pedrogao/Granseá (Distr. Castelo Branco/Port.)	Berggold	ca. 18	< 0,01	–	Bi 0,067; As 0,65; viel Fe
Au 3659	(37) Rio Erjas (Pro. Cáceres)	Seifengold	ca. 11	0,12	–	Hg Sp.
Au 3669	(58) Ponte da Barca am Rio Lima (Distr. Viana do Cast.)	Seifengold	ca. 17	~ 0,02	–	–
Au 3671	(57) Serra de Arga (Distr. Viana do Castelo)	Seifengold	ca. 14	~ 0,01	–	Hg Sp.
Au 3673	(69) Fonte dos Saldados b. Figueira da Foz/Rio Mondego (Distr. Coimbra)	Seifengold	2–3	0,10	–	–
Au 3658	(47) Mine Sultana b. Cala (Prov. Huelva)	»Naturgold«	ca. 4	0,03	0,009	Pb Sp.; Zn ca. 0,1; Hg ca. 1,5
Au 3662	(39) Galisteo/Rio Alagon (Prov. Cáceres)	»Naturgold« (Seifengold?)	ca. 25	Sp	–	Ni Sp.; Sb 0,033
Au 3663	(41) »Aluviones de Cáceres«	»Naturgold« (Seifengold?)	ca. 3–5	~ 0,01	–	–
Au 3664	(41) »Aluviones de Cáceres«	»Naturgold« (Seifengold?)	ca. 18	~ 0,02	–	Hg Sp.
Au 3665	(41) »Aluviones de Cáceres«	»Naturgold« (Seifengold?)	ca. 7	~ 0,01	–	Hg Sp.
Au 3670	(66) Ribeira da Murta b. Porto	»Naturgold« (Seifengold?)	ca. 6	~ 0,01	–	Pb 0,072; Hg 0,30
BETISCHE KORDILLIERE						
Au 3661	(54) Rio Darro (Prov. Granada)	»Naturgold«	ca. 20	~ 0,02	–	Hg 0,42
Au 3667	(54) Rio Darro (Prov. Granada)	Seifengold (Konzentrat)	nur qualitative Analyse			
Au 3668	(54) Rio Darro (Prov. Granada)	Seifengold (isoliert)	ca. 3	0,04	–	Hg 0,66
Au 3666	(54) »Granada«	»Naturgold«	ca. 0,2	0,22	–	Hg 0,35

Es soll hier nicht weiter spekuliert werden, warum und wie z.B. die Analysen früher Fundobjekte der Halbinsel aus S- oder L-Gold, aber auch aus B-Gold, sehr oft mehr Kupfer enthalten als alle Naturgoldproben und zudem jeweils auch meßbare Zinnanteile ergeben im Unterschied zu den verfügbaren Naturgoldproben, die aus den verschiedenen Gewinnungsmethoden bzw. Lagerstättenarten stammen.

Es soll damit keineswegs die Bedeutung dieser Fragestellungen nach den Rohgoldlagerstätten, deren geographische Lage und Typen, den im Aufbereitungs- oder Fertigungsverfahren oder sonstwie erfolgten Veränderungen der Materialzusammensetzung usw. übergangen werden. Im Gegenteil sei darauf verwiesen, daß durch die Unzulänglichkeiten der

bisherigen Untersuchungen in dieser Richtung große Chancen der Einsicht in die Rohmaterialversorgung, der Aufbereitungs- und Fertigungstechniken, den Handelsverbindungen usw. noch nicht genutzt werden können. So erfreulich der Analysenbestand auch für die frühen Fundobjekte europaweit und besonders auch für die Iberische Halbinsel ist, so unzureichend ist der Kenntnisstand in den angeführten Bereichen.

Die wenigen hier verwertbaren Analysen von Rohgoldproben, die mehr als nur Silber- und Kupferanteile angeben, sind leider mit den unterschiedlichsten, oft nicht näher benannten Analysenverfahren erstellt, und sie sind von den verschiedenartigsten Rohgoldarten bzw. Lagerstättentypen gewonnen, was ebenfalls nur zu einem Teil näher erläutert wird (Sutton, Havens und Sainsburg 1973).

Es sei zum Abschluß dieses kleinen Ausschnitts frühester Goldmetallurgie auf der Iberischen Halbinsel der dringende Wunsch und die Notwendigkeit betont, die einst so breit und intensiv im Rahmen des SAM-Unternehmens betriebenen Golduntersuchungen mit entsprechenden neuen Fragestellungen sowie Analyse- und Auswertungsmethoden wieder aufleben zu lassen, um mit breiten, untereinander vergleichbaren Analysebeständen, den angesprochenen Fragestellungen näherzukommen.

Literaturverzeichnis

- ALMAGRO 1973 = M^a. J. ALMAGRO GORBEA, Los idolos del Bronce I Hispano. Bibliotheca Praehistorica Hispana 12.
- BLANCE 1971 = B. BLANCE, Die Anfänge der Metallurgie auf der Iberischen Halbinsel. Studien zu den Anfängen der Metallurgie 4.
- ELUÈRE 1982 = Chr. ELUÈRE, Les ors préhistoriques. L'âge du bronze en France 2.
- HARTMANN 1970 = A. HARTMANN, Prähistorische Goldfunde aus Europa. Spektralanalytische Untersuchungen und deren Auswertung. Studien zu den Anfängen der Metallurgie 3.
- HARTMANN 1982 = A. HARTMANN, Prähistorische Goldfunde aus Europa II. Studien zu den Anfängen der Metallurgie 5.
- HURTADO und AMORES 1984 = V. HURTADO und F. AMORES, El tholos de Las Canteras y los enterramientos del Bronce en la necropolis de El Gandul (Alcalá de Guadaira, Sevilla). Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada 9, 147ff.
- LEISNER 1943 = G. und V. LEISNER, Die Megalithgräber der Iberischen Halbinsel, 1. Teil: Der Süden. Römisch-Germanische Forschungen 17.
- LEISNER 1965 = V. LEISNER, Die Megalithgräber der Iberischen Halbinsel. Der Westen. 3. Lieferung. Madrider Forschungen 1.
- MALUQUER 1970 = J. MALUQUER DE MOTES, Desarrollo de la orfebrería prerromana en la Península Ibérica. Pyrenae 6, 79ff.
- PINGEL 1986 = V. PINGEL, Zum Beginn der Goldmetallurgie im Westen der Iberischen Halbinsel. In: Gedenkschrift für Gero von Merhart. Marburger Studien zur Vor- und Frühgeschichte 7, 193ff.
- PINGEL 1992 = V. PINGEL, Die vorgeschichtlichen Goldfunde der Iberischen Halbinsel. Eine archäologische Untersuchung zur Auswertung der Spektralanalysen. Madrider Forschungen 17.
- SAVORY 1968 = H. N. SAVORY, Spain and Portugal. The Prehistory of the Iberian Peninsula. Ancient Peoples and Places 61.
- SPINDLER 1975 = K. SPINDLER, Bemerkungen zu einigen portugiesischen Glockenbecherfunden. Madrider Mitteilungen 16, 56ff.
- SUTTON, HAVENS und SAINSBURY 1973 = A. L. SUTTON, R. G. HAVENS und C. L. SAINSBURY, A spectrochemical method for determining the composition of native gold. Journal Research U.S. Geol. Survey 1, 301ff.
- TAYLOR 1980 = J. J. TAYLOR, Bronze Age goldwork of the British Isles.
- TYLECOTE 1987 = R. F. TYLECOTE, The Early History of Metallurgy in Europe.

Zur bronzezeitlichen Kupfergewinnung im Trentino und in Südtirol

VON HANS NOTHDURFTER

Seit der frühen Bronzezeit stand das Metallhandwerk in Oberitalien in hoher Blüte. Die Keramik der oberitalischen Kulturen wird daher auch im Gebirge bis kurz vor der Brenner-Wasserscheide gefunden und ist von Polada-Formen, von den Keramikgruppen von Fiaavè, von Lago di Ledro oder von den Stationen am Gardasee kaum zu unterscheiden. Im südlichen Alpengebiet sind auch die Lagerstätten zu suchen, die den Metallreichtum der Pfahlbaustationen ermöglicht haben. Die Techniken der Schmelzer und die Formen der Bronzen scheinen aber donauländisch zu sein¹. Die montanarchäologische Forschung hat im Trentino beträchtliche Erfolge aufzuweisen². Eine Zusammenfassung der bisherigen Forschungsergebnisse veröffentlichte R. Perini³, der über die Arbeiten von E. Preuschen und von G. Sebesta hinaus auch neue Grabungen und Begehungen auflistet, einzelne Fundplätze aber abweichend von früheren Arbeiten neu datiert. Das Grabungsglück in Sachen »Bergbau« ist zudem, wie anderswo auch, immer spärlich gesät.

1. Kupfer- und frühbronzezeitliche Plätze im Trentino

Für den Bereich des benachbarten Trentino möchte ich anhand der italienischen Literatur eine kurze Zusammenfassung des dortigen Wissensstandes geben. Dabei ist für die Kupfer- und Frühbronzezeit die Terminologie klar. Die Spätbronzezeit (Bronzezeit D nach der mitteleuropäischen Terminologie, ca. 13. Jahrhundert v. Chr.) heißt in der italienischen Literatur Bronzo Recente und ist von Bronzo Finale (Endbronzezeit) nach Trientiner Definition (Hallstatt A₁ und A₂ nach mitteleuropäischer Benennung, ca. 12. Jahrhundert v. Chr.) abgehoben.

Die Befunde der Kupfer- und Frühbronzezeit sind nur für das Trentino typisch. Erst für die frühe Spätbronzezeit haben wir Gemeinsamkeiten mit anderen Landschaften. In der Erforschung archäologischer Befunde mag das Trentino noch einen Vorsprung haben, in Südtirol sind aber gute Ansätze bemerkbar; hier wurden am Fennberg, Gemeinde Kurtatsch, erstmals bronzezeitliche Schmelzöfen archäologisch einwandfrei ergraben.

1 H.-J. HUNDT, Donauländische Einflüsse in der älteren Bronzezeit Oberitaliens. *Preistoria Alpina* 10, 1972, 143 ff.

2 E. PREUSCHEN, Der urzeitliche Kupfererzbergbau von Vetriolo. *Der Anschnitt* 14, 2, 1962, 3–7; DERS., Das urzeitliche Kupferverhüttungsgebiet von Lavarone, Trentino. *Der Anschnitt* 17, 4/5, 1965, 8–13; DERS., Bronzezeitlicher Kupfererzbergbau im Trentino. *Der Anschnitt* 20, 1, 1968, 3–15; Wiederabdruck in italienischer Sprache in: *Preistoria Alpina* 9, 1973, 133 ff.; G. SEBESTA, La via del rame. *Economia Trentina* 36, 1987, 107 ff., und 37, 1988, 43 ff.; eine kurze Übersicht bietet R. PERINI, 2000 anni di vita sui Montesei di Serso (1978) 16 ff.

3 R. PERINI, Testimonianze di attività metallurgica dall'Eneolitico alle fasi finali dell'età del Bronzo nel Trentino. In: *Festschr. Giuseppe Sebesta* (Trento 1989) 377 ff.

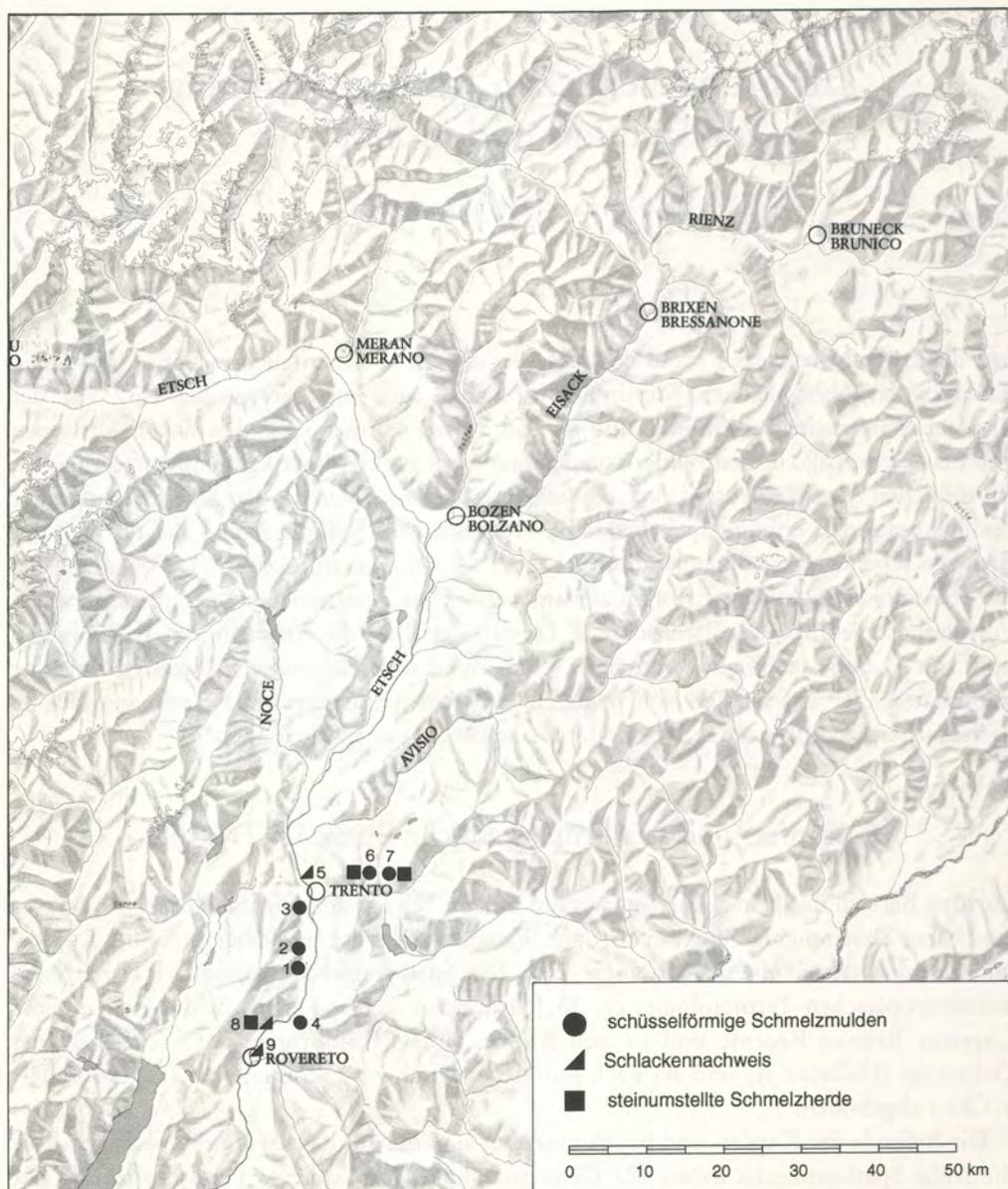


Abb.1 Kupfer- und frühbronzezeitliche Zeugnisse für Metallurgie im Trentino. 1 Romagnano Loc. 2 Romagnano, Tof de la Val. 3 Vela Valbusa. 4 Aquaviva di Besenello. 5 Riparo Gaban. 6 Pergine, Montesei di Serso. 7 Pergine, Croz del Cius. 8 Nomi. 9 Rovereto, Borgo Sacco. Nach Perini (Anm. 3) 384 Abb. 3. Kartengrundlage: Tirol-Atlas.

Im Trentino gibt es Nachweise von Kupfergewinnung schon für die späte Kupferzeit und für den Beginn der frühen Bronzezeit (Abb.1). Die Befunde konzentrieren sich auf das Etschtal um Trient und auf ein östlich davon abgehendes Hochtal, die Val Sugana. Rechts der Etsch, aber im Talgrund, finden sich in späteolithisch-kupferzeitlichem Zusammenhang Nachweise von Erzgewinnung in Romagnano Loc. Eine zweite Fundstelle am Rande eines frühbronzezeitlichen Gräberfeldes ergab als Befunde zwei Düsen und den Rest einer Schmelzgrube. An einer dritten Stelle mit einer Ansammlung von Schlacken fand sich ein frühbronzezeitlicher Henkel der sog. Polada-Keramik.

Tof de la Val, nordwärts an Romagnago anschließend, brachte Fundplätze mit endneolithischer Keramik, vor allem aber eine schüsselförmige Schmelzgrube aus gebranntem Ton. Nordwärts von Trient führt R. Perini den Fundplatz La Vela oder Vela Valbusa rechts der Etsch an. Der Schmelzplatz, unter einem Felsdach gelegen, erbrachte eine Schmelzgrube mit viel Schlacke.

Links der Etsch, auf der Talseite gegenüber, liegt der Fundort Aquaviva di Besenello bei Romagnago. Auch hier fand sich eine Schmelzgrube mit Düsen und ein Grab unmittelbar vor den aufragenden Felsen. Kaum einen Kilometer nördlich der Stadt Trient liegt der berühmte Fundort des Riparo Gaban, der auch als Platz mit Bergbautätigkeit für jüngere Perioden zu nennen ist. Über den Schmelzöfen, oder besser Schmelzmulden, lag ein kleiner Grabhügel mit einer weiblichen Bestattung, die reich mit Beigaben ausgestattet war: Perlen aus Dentalium, Knöpfe in Knebelform (Typ Montgomery), Knochenperlen und Reste von Gefäßen. Zwei Analysen der reichlich vorkommenden Schlacken liegen für diesen Fundplatz vor:

	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Cu	Zn	S
1.	50 %	27 %	1,5 %	0,5 %	1,0 %
2.	25 %	60 %	2,0 %	0,5 %	0,6 %

Laut einer mündlichen Mitteilung (der Dank geht an Leone Fasani, Universität Mailand) handelt es sich bei der ersten Probe um eine typische Zusammensetzung von Schlacken aus einem nur halb gelungenen Schmelzprozeß mit Schwefelkies. Die zweite Probe weist auf einen Schmelzvorgang mit einem stark eisenhaltigen Erz.

Wir haben also zwei verschiedene Erze als Ausgangsmaterial, die wohl auch aus zwei verschiedenen Bergrevieren stammen. Damit hätten wir zentrale Schmelzplätze, die aus verschiedenen Bergrevieren mit Rohstoff versorgt wurden. Links der Etsch liegt der erwähnte Fundort Aquaviva di Besenello bei Romagnago. Nach der früheren Zusammenstellung von R. Perini⁴ sollen zudem Einzelfunde aus Lavis, Piazzina und Croz del Cius stammen. Häufig an Felsdächer angelehnt, durch Gräber gleicher oder etwas späterer Zeit oft gut datiert, sind diese merkwürdigen Schmelzgruben die ältesten im Alpenraum. Die Nachweise gelangen während des Baues der Brenner-Autobahn, als man die mächtigen Schotterkegel entlang der Felswände des Etschtals für die Steingewinnung abbaute.

Die obere Val Sugana, die hoch über Trient beginnt und in die Venetische Ebene (Brenta) mündet, ist für diese frühe Bergbautätigkeit, wie auch für die späteren Perioden, das wichtigste Erzrevier. Parallel dazu liegt etwas nördlich die Val Fersina (Fersental), das nach Westen bei Trient in die Etsch entwässert. Als wichtigste Fundstelle in diesem Gebiet ist Montesei di Serso, wo einer der alpinen Glockenbecher gefunden worden ist, zu nennen. Östlich, in der Mitte von Montesei, am Beginn eines Seitentales der Valsugana, der Valle dei Mocheni, liegt der Fundort Croz del Cius. Wenig glückliche Erdarbeiten förderten eine steinumstellte Feuerstelle mit Schlacken und Keramik zutage, die den Platz in den gleichen Zeitraum wie die Befunde von Montesei zu stellen erlauben (Eneolitico Recente).

Dies sind die Fundstellen aus der späteren Kupferzeit und der frühen Bronzezeit. Außer den Schmelzmulden des Etschtals gibt es also in den östlichen Seitentälern über Trient steinumstandene Herde mit einer offenen Seite.

4 R. PERINI (wie Anm. 2) 16ff.

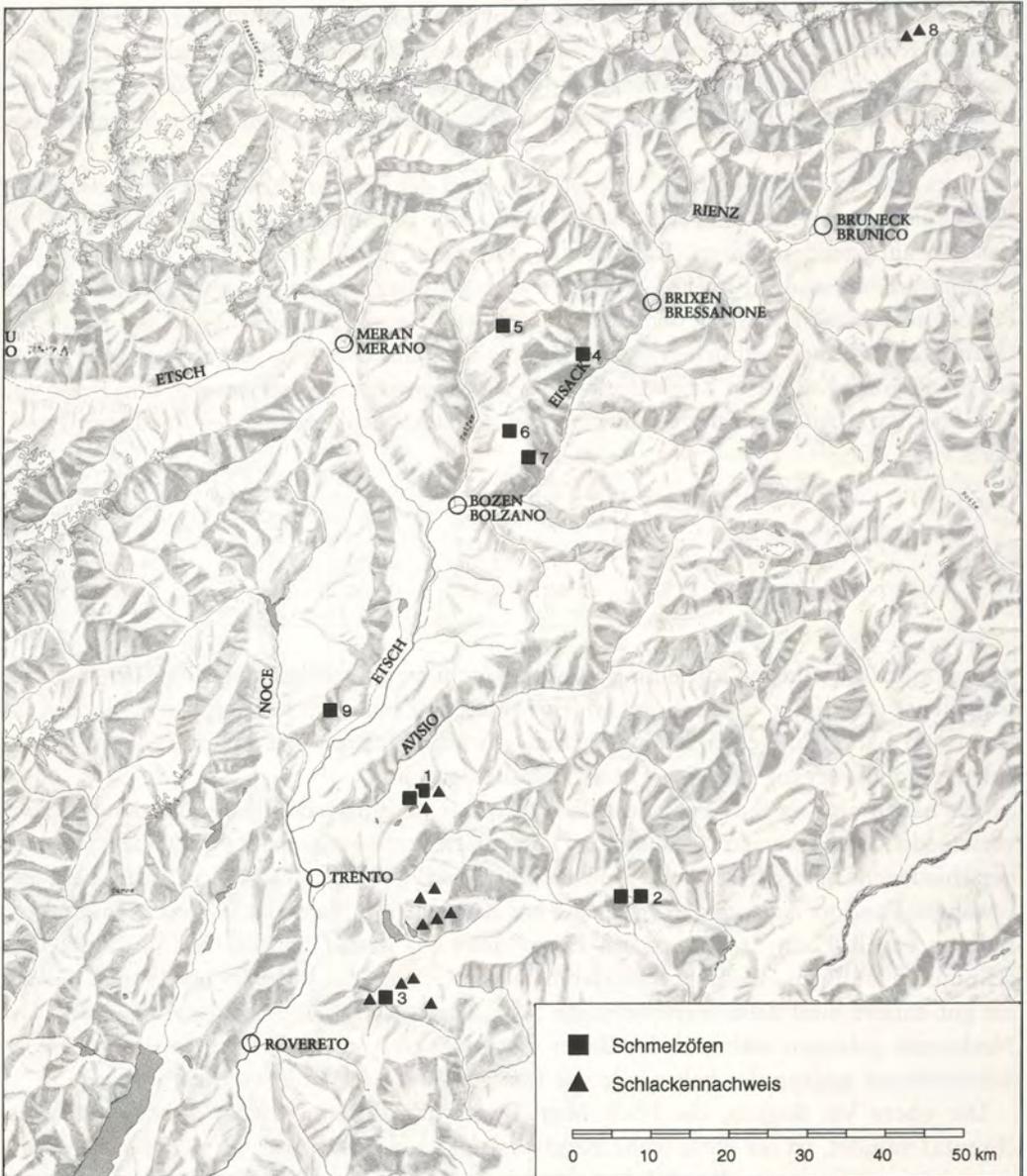


Abb. 2 Lagerstätten und Abbaureviere der späten Bronzezeit und der Frühen Urnenfelderzeit im Trentino und in Südtirol. 1 Aqua Fredda am Paß Redebus. 2 Castel Tesino. 3 Hochfläche von Luserna. Nach Perini (Anm. 3) 396 Abb. 18. – Ergänzt die Südtiroler Befunde: 4 Villanders, Fuchslöcher am Pfunderer Berg. 5 Sarntal, Reinswald, 6 Ritten, Loden. 7 Barbian, Kohlgrube in Saubach. 8 Prettau. 9 Kurtatsch, Fennhals. Kartengrundlage: Tirol-Atlas.

2. Spätbronzezeitliche Plätze

Die zweite Gruppe von Nachweisen zur frühen Metallgewinnung gehört in die späte Bronzezeit. Auch die Südtiroler Belege häufen sich in dieser Phase. Störungen im Fernhandel am Ende der Bronzezeit könnten zum Aufblühen der alpinen Abbaureviere beigetragen haben; doch sind sie vorerst als Ursache nur zu vermuten. Jetzt jedenfalls sind es die inneralpiner Gruppen selbst, die am Reichtum teilhaben und den Abbau beherrschen. So kommt es zur Ausbildung und Blüte der eigenständigen Laugener Gruppe (Abb. 2).

2.1 Trentino

Die Ausbeutung der Erzadern im Trentino verlagert sich in die östlichen Seitentäler. Damit liegen die Reviere, wie in Südtirol, in über 1000 m Höhe. Endlich sind auch Befunde vorzuweisen: Zwischen 1979 und 1986 ist der Schmelzplatz Aquafredda auf dem Paß Redebus untersucht worden, der den Übergang bildet zwischen der Hochfläche von Pinè zum Val di Fersina (Fersental). Die Trienter Kollegen arbeiteten mit dem Deutschen Bergbau-Museum, Bochum (G. Weisgerber) zusammen. Der Platz liegt 1445 m hoch. Es sind Öfen in situ erhalten, das Umfeld birgt in bis zu 2 m Tiefe Schlacken und mächtige Pakete von Schlackensand. Die Keramik gehört der Laugener Gruppe an (Bronzo Finale). Vorgänger reichen in das Bronzo Recente (13. Jahrhundert). In der Nähe liegt auf 1800 m Höhe an einem Wasser der Schlackenplatz Valle del Inferno.

In der Nähe der Malga Combrancoi, einer Alm, wie der Name sagt, wieder an Wasserquellen in 1700 m Höhe, liegt im Gelände, obertägig erkennbar, ein mächtiger Schlackenplatz. Östlich davon, 1400 m hoch, gibt es eine Fundstelle beim Acquedotto di Plaù, bei dessen Wasserstubenbau sie entdeckt worden war. Die Keramik gehört ebenfalls in das Bronzo Recente (13. Jahrhundert).

E. Preuschen grub in Platz der Motze in Luserna. Unterhalb dieser Stelle findet man in den Hausgärten der Gehöfte schlackendurchsetzte Erde. Millegrobbe di Luserna liegt an einem versumpften Gelände, ebenso die Fundstelle Malga Rivetta in der Nähe. Am Paß von Vezeno schließlich ist eine mächtige Schlackenhalde vorhanden. Die Fundstelle hat den bezeichnenden Namen Val Morta (Totental).

Im Bereich der Talweitung bei Castel Tesino (nordöstlich Borgo Val Sugana), immer über 1000 m hoch gelegen, gibt es mehrere Schlackenplätze. Eine weitgehend umgelagerte Fundstelle liegt an einem Bachufer in Val Scura – Val dei Zotta, das dicke Schlacken mit Keramik des Bronzo Recente freigibt, also aus der Spätbronzezeit, wie auch aus den unteren Lagen von Aqua Fredda bekannt. Eine zweite Fundstelle heißt Fradea, ebenfalls in der Nähe von Bachläufen gelegen; die Stelle liegt heute in ebener Wiese mit auffällig andersartigem Pflanzenwuchs. Unter dem Wurzelhorizont folgen Schlackensand, dickwandige Schlacke und Teile von abgebrochenen Öfen. Auf derselben Linie zwischen Tesino und dem Val di Fersina, dem Fersental, sind weitere Fundstellen durch dickwandige Schlackenfunde bekannt: Val Porcara in 1200 m Höhe, in Cinque Valli, in der Flur Val Cava und andere.

Von all diesen Plätzen stammt Fundmaterial aus der Phase Bronze Recente (Spätbronzezeit) und Bronzo Finale (Endbronzezeit) und alle liegen, wie erwähnt, über 1000 m hoch, an Wasserläufen, aber im trockenen Gebiet. Grabungen fanden bei Aqua Fredda und in der näheren Umgebung statt. Die Fundplätze konzentrieren sich also auf die Valsugana mit mehreren Schwerpunkten wie Montesei, Vetriolo, Cinque Valli, auf das Gebiet um Tesino, dazu auf das etwas abgelegene Gebiet um Lusern und auf die Hochfläche von Lavarone sowie auf das nach Norden abzweigende Seitental Valle dei Mocheni. R. Perini zählte in seiner früheren Zusammenstellung⁵ auch noch das inzwischen nicht mehr erwähnte Pian del Zigol auf, mit Schlacken und verbrannten Menschenknochen. Diesen Platz können wir aber mit großer Wahrscheinlichkeit zu den Kultplätzen rechnen, weil an vielen Stellen der Brandopferplätze in Südtirol auch Schlacken in den Deponierungen auftreten.

5 R. PERINI (wie Anm. 2) 48f.

2.2 Südtirol

Ist es im Trentino durch keramikdatierte Plätze und aufgrund von Begehungen einigermaßen möglich, sich ein Bild von der Herkunft des früh- und spätbronzezeitlichen Kupfers zu machen, so ist erfreulich, daß auch erste Untersuchungen zur Verfahrenstechnik vorliegen. Ich möchte die Hoffnung aussprechen, daß die Zusammenarbeit mit der Universität Freiburg und dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum sowie mit den Kollegen aus Österreich und der Schweiz auch unser Territorium miteinbeziehen möge. Alle Kollegen in Südtirol (Reimo Lunz, Stadtmuseum Bozen; Lorenzo Dal Ri, Landesdenkmalamt, Abt. Bodendenkmäler; das Landesmuseum für Archäologie) haben Interesse daran und würden ein ausgereiftes Projekt fördern.

In Südtirol hat man noch keine rechten Ansatzpunkte zur Aufdeckung und Erforschung antiker Abbaureviere entwickelt. Immerhin hat aber L. Dal Ri seine Dissertation diesem Thema gewidmet⁶; und den Kenntnisstand faßt R. Lunz so zusammen: Gezielter Bergbau macht sich in der Spätbronzezeit bemerkbar und erreicht während der Endbronzezeit seinen Höhepunkt⁷. Nicht weiter einbezogen sind in dieser Übersicht die früh- und spätbronzezeitlichen Gußformen aus Siedlungen⁸. Dieser desolate Forschungsstand liegt, wie andernorts auch, darin, daß der intensive mittelalterliche Bergbau die älteren Spuren weitgehend überlagerte. Auch fehlten bisher die Möglichkeiten, Grabungen durchzuführen. Die wenigen Befunde seien hier kurz zusammengefaßt, ehe der Schmelzplatz Kurtatsch vorgestellt wird. Ein weiterer Hoffnungsschimmer aber wird auch in Südtirol Wirklichkeit: Ein eigenes Bergbaumuseum wacht seit 1990 in Sterzing über die Reviere des mittelalterlichen Bergbaus in Prettau und am Schneeberg in Ridnaun und wird vor allem die historischen Archive, die Grubenschnitte, die Schmelzverfahren des 16. Jahrhunderts u. a. nicht nur museal aufbereiten, sondern auch wissenschaftlich bearbeiten (vgl. Beitrag von R. Tasser in diesem Band S. 423 ff.).

In Villanders (Eisacktal), einem berühmten mittelalterlichen Bergbaurevier mit eigenem Bergericht, sind in den »Fuchslöchern« anscheinend alte Abbaustellen erhalten geblieben. Es müßten obertägige, oxidierte Erze gewesen sein, die sich in der Tiefe bald erschöpften. Urtümliche, schräg in die Tiefe führende Abbaue, die sich bald zu schmalsten Spalten verengen, sind heute sichtbar. Eine Untersuchung in diesem Revier hat noch nicht stattgefunden und müßte sich auch auf die Villanderer Alm erstrecken, weit über der Baumgrenze, von wo mir oftmals von Stellen mit »Klingelsteinen« erzählt wurde, womit Plattenschlacken gemeint sind. Dieses Revier hängt unmittelbar mit den nächsten Fundplätzen am Ritten und im Sarntal zusammen; die Gemeinden grenzen direkt aneinander. Die Suche scheint erfolgversprechend nur auf solche Plätze beschränkt, die durch die Kleinheit der Vorkommen schon seit vorgeschichtlicher Zeit erschöpft und dadurch im Mittelalter nicht mehr weiter verfolgt wurden, obwohl bekannt ist, daß man so gut wie überall in den Seitentälern an Eisack und Ahr jede Möglichkeit zum Nachschürfen wieder aufgesucht hat. Im Jahr 1970 wurde dann in 1800 m Höhe in den Sarntaler Alpen (Reinswald) ein Schmelzplatz entdeckt, der neben reichlich Schlacken und Holz auch

6 L. DAL RI, *Tracce di attività mineraria di epoca preistorica nell'area corrispondente all'attuale regione Trentino-Alto Adige*. Diss. Padua 1970.

7 R. LUNZ, *Archäologie Südtirols*. Archäologisch-historische Forschungen in Tirol 7, 1981, 17 und 128.

8 Sotciastel, Albanbühel, Ternerbühel, über die Museen Bozen und Schloß Tirol leicht zu erschließen. Zu den spätbronzezeitlichen Befunden vgl. R. LUNZ (wie Anm. 7) Taf. 54. Auffallend sind die Schlackenfunde der Spätbronzezeit aus diversen Siedlungen, vor allem am Ritten, von dem auch die nachfolgend angeführten Schmelzplätze stammen; R. LUNZ (wie Anm. 7) 17.



Abb. 3 Reinswald im Sarntal. Schmelzplatz der Urnenfelderzeit (Hallstatt A1 und A2) im sumpfigen Gelände, ohne Waldbewuchs, unter der Grasnarbe Schlacken und Schlackensand mit viel Holzresten, darunter ein Holztrög.

urnenfelderzeitliche Keramik der Laugener Gruppe zutage förderte⁹ (Abb. 3). Zahlreiche Klopffsteine und Unterlegplatten liegen an der Oberfläche, ein Holztrög, tief in eine Schicht mit Schlackensand eingebettet, blieb bei diesen unsystematischen Ausgrabungen Südtiroler Heimatforscher an der Oberfläche liegen und begann zu verrotten, ehe er und einige der erwähnten Unterlegplatten in das Museum transportiert werden konnten.

Nicht viel besser erging es einem Schmelzplatz auf dem Ritten, Loden ober Bad Süß in ca. 1500 m Höhe (Abb. 4). Einzelne, an der Oberfläche des Platzes liegende Klopffsteine sind auf Schloß Tirol zusammengetragen worden, da der Platz gefährdet ist. Die Fundstelle liegt auf einer leicht versumpften Fläche mit Weidewirtschaft zwischen Wäldern und scheint hallstattzeitliche Keramik aufzuweisen. Im Bereich der Wasserstelle, durch rote Erde und Schlamm auffallend und nur schwach von Bewuchs bedeckt, findet man vor allem Plattenschlacken. Wenige Gehminuten talseitig, entlang einer Forststraße, durch deren Bau die Stelle angebaggert wurde, liegen große Halden mit dickwandigen Schlacken. Ebenfalls in der Nähe liegt der Platz »Kohlgrube« im Gemeindegebiet von Barbian, Fraktion Saubach; es handelt sich um eine kleine, fast flache Ebene über den Schluchten des Gonderbaches in 1375 m Höhe als kaum grasbewachsene Lichtung voller Schlackensand. Im Umkreis fanden sich 2 Läufersteine, 11 Unterlegplatten, 10 Klopffstein-Unterlagen, 2 Klopffsteine aus Quarz und einer aus Porphyr. Immerhin konnten 4 Randscherben gefunden werden, die die Einordnung in die Laugener Kulturgruppe ermöglichen (12. Jahrhundert v. Chr.)¹⁰. Damit entspricht der Platz dem zeitgleichen Fundplatz in Reinswald. In Prettau, der nördlichsten Gemeinde in Südtirol, in den Zillertaler Alpen

9 L. DAL RI, Spuren urgeschichtlicher Erzgewinnung in den Sarntaler Alpen. Der Schlern 46, 1972, 592ff.

10 L. DAL RI, Preistoria Alpina 9, 1973, 237ff.



Abb. 4 Ritten, Loden. Schmelzplatz in Feuchtgebiet. An der Oberfläche Klopffsteine. Keramik ca. Hallstatt D-zeitlich.

nördlich von Bruneck, gab es einen berühmten Kupferbergbau, der erst im letzten Jahrzehnt eingestellt wurde. Von dort stammen zahlreiche Klopffsteine und Unterlegplatten, doch sind vorerst die Beweise für den prähistorischen Bergbau dürftig. Bedeutung hat diesbezüglich der Fehlguß einer älter- bis mittelurnenfelderzeitlichen Lanzenspitze, im gleichen Tal weiter talauswärts (Sand in Taufers). Er »belegt eine Metallverarbeitung im Ausgang des Ahrntales, für das bisher noch keine sicheren Nachweise für eine prähistorische Metallverarbeitung vorliegen«¹¹.

Im Jahr 1970 wurde ein Schmelzplatz auf Fennhals bekannt. Der Platz liegt orographisch auf der rechten Seite der Etsch, hoch über Salurn in 1160 m Höhe, damit fast 950 m über der Talsohle. Wenige Kilometer nördlich endet die Bozener Porphyryplatte. Die Fundstelle liegt also bereits in den südlichen Kalkalpen. An Ort und Stelle sind keine Erzgänge zu erwarten, das Erz müßte aus dem Nonsberg angeliefert worden sein, der über einen Paß, oder vielmehr einen Bergkamm in ca. 1700 m Höhe, aus dem Etschtal zu erreichen ist. Die Fundstelle liegt am Fuß einer Felswand in steilem Gelände, in einem kleinen Tälchen, und ist heute mit Buchen bewachsen. Von der sonst auftretenden südlichen Kalkalpenflora ist im Tälchen wenig vorhanden. Eine starke Wasserquelle entspringt direkt am Ort. Im Gelände zeichnen sich keine Spuren ab, antike Podien sind verschwunden. Die zugehörige Besiedlung ist aber an den Hängen von Kurtatsch und auf Schuttkegeln nachgewiesen. Diesen Siedlungen muß der Schmelzplatz zugeordnet werden, sonst hätte man nicht an dieser Seite des Bergkammes, der die Etsch begleitet, Erz geschmolzen. Als die Wasserquelle durch die Gemeinde Kurtatsch im Jahr 1969 gefaßt wurde, entdeckte man Schlack-

11 Zitiert nach St. DEMETZ, Eine Lanzenspitze und eine Hohl schnittbommel aus dem unteren Pustertal. Der Schlern 61, 1987, 46ff., bes. 66 und Taf. 11,6.

ken, und Arbeiter brachten sie ins Dorf, woraufhin L. Hauser 1970 die Entdeckung des Schmelzplatzes gelang, indem er die Wasserleitung auf der ganzen Strecke absuchte. Kleine Sondagen führte dann R. Lunz (Stadtmuseum Bozen) durch¹². Das damals schwach mit Geldmitteln ausgestattete Denkmalamt in Bozen sah keine Gefährdung des Platzes. Daher wurde von einer größeren Grabung abgesehen. So kam es, daß 1974 eine Gruppe Bozener Heimatforscher unter Führung von L. Hauser eine Fläche von etwa 30 qm freilegte und am letzten Grabungstag auch Ofen 1 fand. Das Areal wurde wieder verfüllt, blieb aber nicht von weiteren Eingriffen verschont. 1984 wurde anlässlich einer Begehung mit G. Sperl, Leoben, die Stelle nochmals freigelegt und Ofen 2 nachgewiesen. L. Hauser hat dann das Ergebnis der Untersuchungen vorgelegt¹³. Die Datierung ungefähr in die späte Bronzezeit stand seit den ersten Besuchen durch R. Lunz (Stadtmuseum Bozen) und L. Dal Ri (Denkmalamt Bozen) fest: Beträchtliche Mengen von leistenverzierter Keramik lagen vor allem um kleine Feuerstellen talseitig von den Schmelzöfen. Die Keramik (seit 1990 im Schloß Tirol und im Stadtmuseum Bozen) zeigt im Inneren dicke Krusten wohl von Speiseresten. Ob in solchen Gefäßen auch Erze entschwefelt wurden, denn um sulfidisches Erz scheint es sich zu handeln, harrt der Untersuchung. Die Gangart, an die die Vererzung gebunden ist, bleibt vorerst unbekannt.

3. Die bronzezeitlichen Schmelzöfen aus Kurtatsch

Damit war also der vierte Schmelzplatz entdeckt, aber keinerlei Dokumentation gelangte an eine amtliche Stelle. Dies und der Vorschlag von L. Hauser, von Beruf Kunstschmied und Restaurator, die Öfen zu bergen, veranlaßte das Denkmalamt, die Anlage nochmals freizulegen, zu dokumentieren und eine Bergung en bloc zu versuchen. Die Grabung selbst begann am 25. August 1986. Das Planum war in einer Woche fertig, die Bergung dauerte mit Unterbrechungen dann aber bis Oktober. Die Grabungsfläche wurde so angelegt, daß sie mit den von den vorausgehenden Untersuchungen stammenden Plänen in Übereinstimmung gebracht werden konnte. Die Unterlagen befinden sich im Landesmuseum für Archäologie Schloß Tirol.

Hier sei der Vorbericht noch einmal wiedergegeben, der bisher an abgelegener Stelle publiziert ist¹⁴. G. Weisgerber, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, der damals gerade mit Trienter Kollegen am Paß Redebus die urnenfelderzeitliche Schmelzanlage Aqua Fredda ausgrub, besuchte und dokumentierte die Grabung. Im genannten Bericht sind auch die Erlebnisse aufgelistet, die mit einer Grabung in dieser ungewöhnlichen Höhe zusammenhängen; neben lokalen Schwierigkeiten waren es vor allem technische Probleme: Unzugänglichkeit des Platzes für Fahrzeuge, Härtung und Trocknen des Befundkomplexes im späten Herbst, Bergung, Transport und Aufstellung im Schloß Tirol, das wiederum für größere Fahrzeuge unzugänglich ist. Der geborgene Block wiegt 6 Tonnen und steht heute als Ganzes im archäologischen Landesmuseum Schloß Tirol. Die geringen Kosten der Grabung, der Bergung und der Aufstellung dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, daß hier Pionierarbeit versucht worden ist.

12 R. LUNZ, Urgeschichte Südtirols (1973) 69f.; DERS., Ur- und Frühgeschichte. Das Südtiroler Unterland. Jahrbuch des Südtiroler Kulturinstituts 9, 1980, 9f.

13 L. HAUSER, Die bronzezeitlichen Kupferschmelzöfen in »Fennhals« über Kurtatsch. Der Schlern 60, 1986, 75ff.

14 L. HAUSER, H. NOTHDURFTER, Bronzezeitliche Kupferschmelzöfen aus Fennhals. Denkmalpflege in Südtirol 1986, 177ff.



Abb. 5 Kurtatsch, Fennhals.
Ofen 3 mit verschlackter
Ofenwand. Die Brust ist
aufgebrochen.

3.1 Öfen

Schon am ersten Tag der Grabungskampagne fand sich Ofen 3 (Abb. 5), als die Profile im Westen und im Süden um 6 m zurückverlegt werden sollten. Nach der ersten Woche waren vier Öfen freigelegt.

Die Grabungsfläche bot einige Besonderheiten, die kurz angesprochen seien. Die Schmelzöfen hatten alle eine aufgebrochene Ofenbrust, die abgelassene Schlacke lag noch in situ. Ein Vortiegel für das Ablassen der Schlacke fand sich nicht, die Steilheit des Geländes bot keine Notwendigkeit dazu. Der Arbeitsplatz vor den Öfen, ca. 1 m breit, war bis in große Tiefe mit Kohle und Schlacken durchsetzt. Mehrmalige Verwendung wies zumindest Ofen 3 auf, der drei Schlackenabstiche sicher erkennen ließ, unterbrochen durch schwarze, kohlige Linsen, selbst deutlich gemacht durch geröteten Lehm mit Schlackenteilen. Der Platz scheint nicht aufgelassen worden zu sein, sondern ist durch eine weiße Schotterschicht aus Kalkstein übermurt und zugedeckt worden (Abb. 6 und 7). Im Süden grub sich in diese wohl sommerliche oder aus einer Regenperiode resultierende



Abb. 6 Kurtatsch, Fennhals. Schmelzplatz talseitig von Ost gesehen. Oben der Röstplatz, im Profil ist der weiße Kies erkennbar, der die Fläche unter sich intakt begraben hat.

Mure ein kleines Rinnsal ein, das Ofen 4 weitgehend zerstörte, im Ofen selbst Kies abgelagerte und dabei die Steine des Ofens talseitig verschob. Die anderen Öfen waren aber durch Ofenreste verfüllt, obenauf lag auch hier der Kies. Entweder war hier doch vor dem Wassereinbruch geplant worden, oder das Einbrechen der Ofenwände ist gleichzeitig mit dem Wassereinbruch anzusetzen. Immerhin stehen die Öfen bergseitig nicht über das dort anstehende, nächst höhere Podium hinaus.

Im reinen Kalkfels fallen die feuerfesten und rot verfärbten Steine der Öfen auf, die horizontale Hitzerisse zeigen. Die Wände der Öfen sind mit Lehm verbunden und – mit feinkörnigem Kalkkies hinterfüllt – in den anstehenden Hang hineingebaut. Anstehender, an den Hängen der Etsch abgelagerter glazialer Granit ist nicht verwendet. Nur am bergseitigen Röstplatz sind Granitsteine benutzt und dort zu bröseliger Oberfläche verglüht.

Ofen 1: 50×58 cm, unregelmäßiger Umriss. Die bergseitige Ofenwand zeigt auf 35 cm eine Schlackenhaut, mit Bodenmulde war der Ofen 45 cm hoch erhalten. Die talseitige Wand ist aufgebrochen, vor allem nach Ofen 2 hin, mit dem der Ofen eine gemeinsame Abflußrinne für die Schlacke aufwies.

Ofen 2: 50×56 cm, unregelmäßig rechteckig. Die Schlackenwand bergseitig ist noch 47 cm hoch, zeigt, wie in den anderen Öfen auch, einen unteren Absatz. Die Bodenmulde liegt 66 cm unter dem erhaltenen Ofenrand. Mit Ofen 1 bestehen ein gemeinsamer Schlackenabfluß und eine gemeinsame Zwischenwand.

Ofen 3: am besten erhalten, 48×62 cm im Umriss, mit 70 cm hoch erhaltener Schlackenwand, mit der Bodenmulde insgesamt 89 cm hoch. Seine Aufmauerung ist ohne Zusammenhang mit Ofen 2 erfolgt; zwischen beiden Öfen sind feinkörniger Kalkkies und Sand gefüllt. Ofen 3 steht aber in einer Reihe mit den anderen. Das dicke Paket aus Schlackenab-



Abb.7 Kurtatsch, Fennhals. Südprofil des Schmelzplatzes. Im Planum von links: Arbeitsplatz vor den Öfen, die Öfen selbst, der Röstplatz. Im Profil das schotterführende Geschiebe, das die Anlage übermurt und versiegelt hat.

fluß lag in situ. Hier ist durch ein Profil unmittelbar vor dem Abstich eine dreifache Bestückung nachweisbar.

Ofen 4: 40×56 cm im Umriß, wie die anderen unregelmäßig im Rechteck, von Ofen 3 getrennt in 80 cm Abstand; besitzt nach Süd und West (bergseitig) keine steingemauerte Struktur, ist dort in den anstehenden Schotter eingetieft. Damit fehlen zwar die feuerfesten Steine und der Lehm für die Mauerung, aber es scheint doch funktioniert zu haben. Denn die Südwand zeigte auf 46 cm Höhe die Schlackenhaut auf dem Sandhintergrund. Der Inhalt war antik überflutet und mit Schotter eingefüllt. Die Steinhäufen talseitig sind dadurch weitgehend verrutscht. Darunter liegen noch die Schlackenungen.

Auffallend ist, wie wenig tief der Lehm verziegelt war, die rote Färbung zog kaum durch die Ofenwand hindurch, die selbst nur eine Steinlage betrug. Auch zwischen den Öfen, die nicht miteinander verzahnt waren, hatte man bereits Kalksteine als Füllung mitverwendet, die kaum durch die Hitze in Mitleidenschaft gezogen wurden. Hinter den Öfen hatte man in die in den Hang gegrabene Baugrube besonders kleinformatigen Kalkkies als Füllung gegeben; er war eher durch von oben eindringendes Regenwasser rötlich oder bräunlich gefärbt, nicht so sehr durch die Hitzeeinwirkung. Wo Hitze erkennbar war, zeigte sich der Kalkkies stark gerötet, selten auch mit einer mehligten Oberfläche verändert, wie nicht richtig verbrannter Rohkalk. Der Lehm für die Mauerung stammt nicht vom Ort, sondern ist wie der Quarzphyllit von weither gebracht. Aus vorangegangenen Grabungen ist sicher erwiesen, daß talseitig vor den Öfen an dieser Stelle im Boden eingetieft, ein großer kompakter, grüner Lehmvorrat gelagert war.

An dem vor den Öfen talseitig abgegrabenen Profil zeigte sich auch, daß der Arbeitshorizont tief umgelagert und planiert war, mit Kohle und Schlacken durchsetzt. Nur von den mehrfach bei den früheren Grabungen entdeckten Herdstellen fanden wir nichts mehr.

Von Schlackensand – wie an anderen Plätzen öfters beobachtet – fanden sich keine Spuren. Die Wasserquellen an dieser Stelle werden mit eine Rolle beim Waschen gespielt haben. Hölzer haben sich keine erhalten. Ebenso fehlen die von den anderen Plätzen bekannten und heute dort noch an der Oberfläche herumliegenden Pochsteine. Solche fanden sich aber in der Umrandung des Röstplatzes; sie ähneln Läufersteinen von Getreidemühlen.

Im Inneren der Öfen zeigt sich jeweils eine dünne Schlackenhaut, die an den in Schloß Tirol aufgestellten Öfen noch gut beobachtet werden kann. Sie endet unten mit einer deutlichen Abbruchkante, einer kleinen Kehle. Diese liegt 10 bis 15 cm über der tatsächlichen Ofenmulde, die mit Asche und Kohle in feinsten Zusammensetzung gefüllt war.

Ofenabstiche scheinen in einem Fall erkennbar gewesen zu sein, obwohl heute ein Nachweis fehlt, da die Ofenbrust jeweils bis zum Grund aufgebrochen ist. Vor den Öfen liegen aber jeweils die letzten Schlackenabflüsse. Sie sind originalgetreu wieder im Museum aufgebaut. Für die Belüftung sind lediglich zwei Fragmente von weitlichtigen Tondüsen vorhanden.

In einer Reihe mit den Öfen liegt nordseitig, an die Ofenreihe anschließend, eine große Platte aus Kalkstein mit ebener, geglätteter Oberfläche, die von senkrecht stehenden Steinen umstellt ist. Da hier alles mit dicken Paketen schwarzer kohligter Erde umgeben ist, kann auch dieser Platz in Verbindung mit den Arbeitsvorgängen am Schmelzplatz gesehen werden¹⁵.

3.2 Röstplatz

An die erhaltenen Oberkanten der Öfen schließt bergseitig (nach West) ein ebener Streifen von 80 cm Breite an, der kohlehaltig und lehmüberbezogen ist; darunter folgt der anstehende Kalkschotter. Daran wiederum schließt sich ein quer zum Hang und parallel zu den Öfen verlaufender Röstplatz an. Er ist 1,20 m breit und zumindest 4 m lang; weder im Süden noch im Norden wurde die Begrenzung erreicht. Berg- und talseitig ist jeweils eine einzeilige Steinreihe als Begrenzung gelegt. Außer den in der Regel feuerfesten Steinen wurden hier auch 3 Granitkiesel mit heute zerbröselter Oberfläche und ein Mahlstein verwendet. Die Unterlage bilden in der Tiefe Kalkschotter und Sande, darauf Lehm, der rot gebrannt und hart ist, und dann folgt eine dicke Schicht kohlehaltigen Materials. Das Feuer oder auch nur Sickerwasser haben 20 cm tief den Kalkschotter rot gefärbt. Im Süden hat ein antiker Wassereinbruch das Röstbett ausgespült, im Norden konnte nicht weitergegraben werden wegen einiger mächtiger Bäume. Bergseitig erstreckt sich die ebene Arbeitsfläche weiter; ein Laufhorizont zeigte eine kohlehaltige Oberfläche ohne Brandrötung und wurde nur mehr auf 50 cm Tiefe erfaßt.

3.3 Feuerplätze

Talseitig vor den Öfen fanden sich bei der Grabung von L. Hauser mehrfach Herdstellen aus zusammengestellten Steinen, von denen zumindest einer zu den Öfen gehört¹⁶. Bei unserer Nachuntersuchung wurde keiner dieser Plätze erfaßt, sie scheinen nicht sehr dicht an den Öfen gelegen zu haben. Mehrfach hatte sie L. Hauser in der darüber liegenden, von

15 Auf die Ähnlichkeit mit österreichischen Befunden möchte ich ausdrücklich verweisen, vor allem auf die Profile in Steilhängen; vgl. H. PRESSLINGER, L. EIBNER, Bronzezeitliche Kupferverhüttung im Paltental. In: Archäometallurgie der Alten Welt. Der Anschnitt, Beiheft 7 (Bochum 1989) 235–240, bes. 237, Abb. 27, 4 und 5.

16 L. HAUSER (wie Anm. 13) 80, Abb. oben.

ihm als A-Schicht bezeichneten Lage aufgedeckt. Es handelt sich dabei um diejenige Schicht, in der weiter bergwärts die Schmelzarbeiten stattgefunden haben und die dann durch eine Überschwemmung hangabwärts gespült worden ist. Im Umkreis der Feuerstellen fand sich der größere Teil der Keramik, während in der Nähe der Öfen nur wenig Keramik geborgen werden konnte. Sie unterscheidet sich nicht von der Keramik aus der A-Schicht. An den Herdstellen wird man wohl gekocht haben, wofür die Krusten in den Gefäßen sprechen. L. Hauser deutet den Befund umgekehrt: An den Herdstellen habe man geröstet, an der eigentlichen Röststelle aber Tongefäße gebrannt.

3.4 Das Ende des Schmelzplatzes

Wie schon angedeutet, hat ein kiesführender Bach den Platz übermurt und Ofen 2 sowie wohl auch Ofen 4 zugefüllt und dabei den gesamten Platz mit Kies überdeckt. Ofen 1 und 3 sind mit Teilen der Ofenwandkonstruktion bis oben verfüllt. Im bergseitigen West- und hangseitigen Südprofil haben wir diese Überschwemmung feststellen können. Im Hangschnitt, der von der Fassung der Wasserquelle nach Norden führte, haben wir nichts mehr davon bemerkt. In einer Zeichnung des Westprofils durch Ofen 1, die von L. Hauser stammt, ist der Wassereinbruch aber auch nachgewiesen.

Im Süden des Platzes ist streckenweise eine weitere dünne Wasserrinne zu sehen, die auch noch Ofen 4 erreicht haben könnte. Im Profil ist sie jedoch mit Humus verfüllt und endet vor Ofen 4. Die anderen Schmelzöfen finden sich bergseitig über der Kiesschicht auf mehrere künstliche Terrassen verteilt. Anders ist das bei der natürlichen Steilheit des Geländes nicht zu machen. Außer Feuerstellen im Vorfeld der Schmelzöfen, sowie Schlacken und Keramik aus Brandschichten des bergseitigen Profils gibt es keine weiteren Funde und Befunde.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß in aufgereihten Batterien – von zusammen angelegten Zwillings- oder Mehrfach-Öfen – geschmolzen wurde. Diese Öfen liegen terrassenförmig übereinander, füllen die Senke eines kleinen, sehr steilen Tälchens aus, weitab von der abgebauten Erzader. Die Leute dürften das ausgeklaubte, vielleicht schon vorgepochte Erz hierhergebracht haben. Der Platz bot für die Erzschnmelzer mehrere Vorteile:

1. Er befand sich im Einzugsbereich der wohl auf den Terrassen von Kurtatsch, 100–200 m über der Etschtalsole wohnenden Bevölkerung.
2. Es stand ausreichend Buchenwald für die Holzfeuerung und für die Herstellung von Holzkohle zur Verfügung.
3. Die Wasserquelle dürfte im Zerkleinerungs- und Ausleseprozeß eine Rolle gespielt haben.
4. Für die Verhüttung konnte die »Ora« genutzt werden, ein in der guten Jahreszeit täglich von ca. 11–16 Uhr wehender Fallwind, der sich am Gardasee an den Steilhängen erhitzt und nordwärts von Trient mit großer Heftigkeit ins Etschtal niederstürzt und bis gegen Meran hin zu einer rechten Sommerplage werden kann.
5. Die hoch über dem Schmelzplatz aufragenden Felswände, an dieser Stelle nur wenige hundert Meter, in der Regel aber über 1000 m hoch, dürften durch Sonneneinstrahlung Aufwinde erzeugen, die für die Luftzufuhr ebenfalls genützt werden konnten.

3.5 Bewertung

Der Fundplatz zeigt Ofenstrukturen, die dank einer Übermuerung weitgehend vor natürlicher Verwitterung durch Kälte und Erosion geschützt waren. Seit der späten Bronzezeit war die Stelle keinen menschlichen oder geologischen Veränderungen mehr ausgesetzt.

Schon gar nicht hat hier, außerhalb der erzführenden Grauwackenzonen, mittelalterlicher Bergbau die alten Spuren überlagert. Die Fundstelle ist durch reichlich Keramik zeitlich sicher einzuordnen. Es fand sich Keramik mit flachen Standböden. Henkel, eingeritzte Verzierungen und Fingereindrücke an Rändern oder Leisten fehlen völlig. Nur plastische Leisten, knapp unter den Rändern horizontal angebracht, und einzelne Knubben gibt es. Entsprechende Keramikkomplexe sind zum Vergleich in den Pfahlbaustationen des Trentino zu finden. In diesem Repertoire fehlen allerdings Leitformen der bronzezeitlichen Stationen. Leicht ausgezogene Ränder mit umlaufenden glatten Leisten lassen sich am ehesten mit Keramik einer Zeitstufe vergleichen, die noch Anklänge an solche der Mittelbronzezeit enthält und in die Spätbronzezeit zu weisen scheint (14.–13. Jahrhundert v. Chr.). Dabei fehlen jedoch typische Merkmale der Spätbronzezeit und der Laugener Endbronzezeit. Die Keramik ist somit dem Bronzo Recente des 13. Jahrhunderts v. Chr. zuzuweisen, vielleicht schon im späten 14. Jahrhundert aufkommend. Laugener Keramik der Stufe A₁ ist nicht vertreten.

Als Hilfe für die hoffentlich weiterzuführende Forschung steht der Fundkomplex im Museum auf Schloß Tirol originalgetreu aufgebaut, so daß viele der hier vorgestellten Beobachtungen überprüft werden können. Das Material steht zur Verfügung.

Urzeitliche Bergbautechnik in den Ostalpen

VON CLEMENS EIBNER

Innerhalb der österreichischen Alpen nimmt das Revier »Mitterberg« im Salzburger Pongau eine besondere Stellung ein. Es ist nicht nur die am längsten bekannte urzeitliche Kupferlagerstätte¹, sondern auch eine der wenigen, die nicht durch mittelalterlichen Abbau gestört wurde. In Wirklichkeit handelt es sich um mehrere Lagerstätten vermutlich unterschiedlicher Genese und geologischer Entstehungszeit, die wenigstens zum Teil vom gleichen Bergbauunternehmen erworben und abgebaut wurden². Aus diesem Areal soll hier nicht der klassische »Mitterberg« oder, wie es richtiger heißen sollte, der »Mitterberger Hauptgang« einer besonderen Betrachtung unterzogen werden, sondern das sogenannte »S-Revier«, das von G. Kyrle 1912 aufgesucht wurde und damals noch im Besitz einer anderen Bergbaugesellschaft war³.

In diesem Revier befindet sich der sog. Arthurstollen, der bis 1985 als Wasserüberleitungstollen für ein elektrisches Kraftwerk, dem Arthurwerk der Oberöstr. Kraftwerks AG (OKA) genutzt wurde. Die Heimsagung dieses alten Betriebs und der Neubau des Helgestollens etwa 60 m höher im Bereich des sog. »Höch«-Lehens, machte eine Rettungsgrabung notwendig, die mit finanzieller Unterstützung durch die OKA und das Land Salzburg vom Insitut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Heidelberg 1985–87 durchgeführt werden konnte. Dabei wurden z.T. stark erodierte und mittelalterlich durch Hochäcker überprägte Siedlungsterrassen untersucht, die besonders im Nahbereich des Branderganges gute Erfolge zeigten. Hier war schon vor 1932 das sog. »Einöd-Berghaus« vom Markscheider K. Zschocke und vom Betriebsassistenten E. Preuschen freigelegt und in einer bis heute richtungsweisenden Monographie⁴ vorgelegt worden. Nach den derzeitigen Befunden ist eine Besiedlung links und rechts des Gangstreichens nachgewiesen. Im genauer untersuchten Areal südlich des Branderganges wurde auf rund 3 m Breite bis max. 6,5 m Höhe der Schieferfelsen – wie mit einem Hobel – glatt abgetragen. Siedlungsspuren belegen dabei eine Nutzung von der Frühbronzezeit (Bz A 2) bis in die ausgehende Urnenfelderzeit, ohne daß für die Spätzeit so schöne Bronzen gefunden werden konnten, wie sie 1931 zutage kamen.

1 A. VON MORLOT, Über das hohe Alter des Kupferbergwerkes am Mitterberge. *Jahrb. k.k. geol. Reichsanst.* Wien 1, 1850, 197f.; M. MUCH, Die Kupferzeit in Europa (Jena 1893); G. KYRLE, Der prähistorische Bergbaubetrieb in den Salzburger Alpen. In: *Urgeschichte des Kronlandes Salzburg. Österreichische Kunsttopographie* 17 (Wien 1916) Beitrag 1, 1–50; K. ZSCHOCKE und E. PREUSCHEN, Das urzeitliche Bergbauggebiet von Mühlbach-Bischofshofen. *Materialien zur Urgeschichte Österreichs*. Heft 6 (Wien 1932); C. EIBNER, Kupfererzbergbau in Österreichs Alpen. In: *Südosteuropa zwischen 1600 und 1000 v. Chr. Prähist. Arch. Südosteuropa* 1 (Berlin 1982) 399–408.

2 J. BERNHARD, Die Mitterberger Kupferkieslagerstätte, Erzführung und Tektonik. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 109, 1966, 1–90; L. WEBER, F. PAUSWEG und W. MEDWENITSCH, Zur Mitterberger Kupfervererzung (Mühlbach/Hochkönig, Salzburg). *Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft Wien* 65, 1973, 137–158.

3 G. KYRLE (wie Anm. 1).

4 K. ZSCHOCKE und E. PREUSCHEN (wie Anm. 1).

Bemerkenswert ist dabei der Umstand, daß zumindest ein Mundloch indirekt belegt ist, als auch, daß dem Versatz im Brandergang besonderes Augenmerk gewidmet wurde. Der Gang ist oberflächennah ca. 1,2 m mächtig gewesen und wurde sorgfältig aus dem Schiefer herausgelöst. Eine unmittelbare Feuerrötung, wie sie durch das Feuersetzen zu erwarten wäre, wurde nicht beobachtet, wohl aber waren im Liegenden auf 4 qm Fläche 16 Bühlöcher nachzuweisen, die unmißverständlich die starke Holzverzimmerung im Mundlochbereich bestätigen. Holzkohle im Versatz, Keramikeinschlüsse und zahlreiche Tierknochen (vornehmlich Schwein) bestätigen den artifiziellen Charakter der Verfüllung. Große Felsblöcke mit bis zu 1 m Kantenlänge erschwerten allerdings die Ausgrabungsbedingungen, da sie beim Tiefergehen zerkleinert werden mußten. Trotz stratigraphisch zu beobachtender Einheiten ist durch nachträgliche Setzungserscheinungen (Pingenbildung!) auch mit einer gewissen Umlagerung von Funden zu rechnen⁵. Bedeutsam ist aber, daß einzelne Beobachtungen chronologische Aussagen zulassen. So ist im Bereich der Felsarbeitung auch eine stratigraphisch ältere, weil durch eine Strate versiegelte Abbautasche im Hangenden gefunden worden, ja es hat den Anschein, daß ein Teil der Abtragearbeiten am Felsen der Suche nach oberflächennahen Gangtrümmern gegolten habe.

Die auffällige Grün- und Blaufärbung von oxydischen Kupfererzen, die teilweise in den Schieferungsflächen auftritt, ergibt im Verein mit der Abbauform erste Hinweise auf die Art, wie man sich den Beginn des Bergbaus in den Alpen vorzustellen hat. Neben Tagschächten mit rundlichen Querschnitten, nachgewiesen in Rudna Glava (Ostserbien), sind es besonders tagnahe Ausräumungen des Erzganges, wie dies auch für die Malachite und Azurite von Aibunar/Bulgarien⁶ beschrieben wird. Man kann davon ausgehen, daß es besonders die Oxydations- und die Zementationszone waren, die in der ältesten Zeit abgebaut wurden. Daß in den Schwärmnähten des Hangenden nur Teufen von rund 2 bis 2,5 m erreicht wurden, liegt in der örtlichen Situation der Lagerstättengeologie bedingt. Man wird davon ausgehen müssen, daß auch der Hauptgang, in diesem Fall also der Brandergang, in ältester Zeit bis in die Zementationszone abgebaut wurde, bevor ihn der jüngere, spätfühbronzezeitliche Bergbau unterfuhr. Wie erinnerlich, sind die an den Schwefelkreislauf gebundenen Erze in der Oxydationszone zu Karbonaten und Oxyden umgewandelt und in der darunterliegenden Zementationszone bisweilen durch das Grundwasser zu gediegen Kupfer angereichert. Es ist unwahrscheinlich, daß den urzeitlichen Bergleuten diese Quelle von Gediegenmetall verborgen geblieben wäre. Daraus resultiert, daß die örtliche Teufe gerade bis in den Zementationsbereich vorstieß, daß das darunterliegende Erz – bei uns zumeist Kupferkies – aber weder abgebaut noch verhüttet wurde. Vielleicht läßt sich damit der deutliche Rückgang der Kupferverwendung im Chalkolithikum erklären, da trotz intensiver Prospektion die Ressourcen an sekundären Erzen im »Eisernen Hut« nachließen, bevor der Abbau in der uns vom Mitterberg geläufigen Form des Tiefbaus in Angriff genommen wurde.

Wir haben somit zwei unterschiedliche Bergbau- und vermutlich auch zwei Verhüttungsformen vor uns: einerseits die urtümliche Bauweise des Duckelbaus (wie in Rudna Glava) mit Weitungen in den durch Sekundärerz angereicherten Zonen und andererseits irreführend als Tagbau beschriebene Formen, wie sie uns aus Aibunar überliefert sind. Ich kann mich nicht dazu aufraffen, für diese Bergbauspuren den Begriff »Tagbau« gelten zu lassen! Wenn wir als

5 Insofern überzeugt die Kritik von P. REINECKE an den stratigraphischen Verhältnissen beim Einödberghaus nicht (vgl. Rezension in *Germania* 17, 1933, 143–146); jedoch war er der erste, der auf unterschiedlich alte Keramik aufmerksam gemacht hat!

6 B. JOVANOVIČ, *Metalurija eneolitkog perioda Jugoslavije* (Beograd 1971); E. N. ČERNYCH, *Frühester Kupferbergbau in Europa*. In: *Macht, Herrschaft und Gold*. Ausstellungskatalog (Saarbrücken 1988) 144–150.

Charakteristikum anerkennen, daß im modernen Tiefbau die Erzförderung von einer tieferen Sohle und die Wasserlösung notwendig sind, dann liegen auch in den »Tagschächten« der Duckelbauweise und im Gangabbau der Abbautaschen zumindest Anfänge des Tiefbaus vor; ob man dabei das Tageslicht noch sieht und allenfalls auch bei Tageslicht noch arbeiten kann, scheint mir von nebensächlicher Bedeutung. Zu sehr orientiert sich diese Betrachtungsweise an der für den heutigen Tiefbau so charakteristischen Aus- und Vorrichtung, bei denen zwischen Schächten und Stollen mit Mundlöchern und unterirdisch abgehenden Strecken und Schlägen (wie die Stollen söhlig getrieben, aber eben in einen Stollen mündend) sowie zwischen Blindschächten und Aufhauen usw. unterschieden wird. Gerade in diesem Punkt haben die beiden genannten Bergleute Zschocke und Preuschen unmißverständlich gezeigt, daß selbst beim jüngeren urzeitlichen, »echten« Tiefbau Ausrichtung, Vorrichtung und Abbau von denselben künstlich hergestellten Hohlräumen aus entwickelt wurden.

Es ist daher nützlich, einerseits die historisch auf eine lange Tradition zurückblickende Bergmannssprache heranzuziehen, andererseits nach Termini Ausschau zu halten, die möglichst helfen, Mißverständnisse zu vermeiden. Die moderne Bergmannssprache ist niederdeutsch (nddt.), wie noch zu zeigen sein wird. Die deutsche (und teilweise die englische) Bergmannssprache greift selten auf antike Ausdrücke zurück. So ist seit den Zeiten von G. Agricola (1556) der Ausdruck »Ader« im Deutschen mit Recht verpönt. Allenfalls Schloten mit Erzführung oder Erzlineale verdienen eine solche Bezeichnung. Neben den bei den Erzlagerstätten seltenen Stöcken sind es die parallelepipedischen, »plattenförmigen« »Gänge«, die sich neben den »Flötzen« in der Bergmannssprache durchgesetzt haben. Daß Erzflözte nur selten so genannt werden und daß man dafür lieber den Ausdruck »Lagergang« verwendet, sei nur nebenher erwähnt. Das heißt aber, daß man tunlichst für künstliche Grubengebäude Begriffe, in denen das Wort »Gang« vorkommt, vermeiden muß, soll es nicht zu Verständnisschwierigkeiten kommen. Recht altertümliche, oberdeutsche Begriffe werden uns in den Notariatsakten des »Codex Wangionum« aus Trient⁷ überliefert. Hier steht noch »xaffetus«, so viel wie »Schacht« und in dieser Form unserem »Schaft« (vgl. z. B. »Stiefelschaft«), aber auch dem engl. »shaft«, näher als dem nddt. »Schacht«. Der Ersatz des oberdeutschen »-ft« durch nddt.»-cht« läßt sich auch erkennen an den Begriffen »Schicht« (vgl. engl. »shift«), »Schlich« (mehlfeines Erzkonzentrat, das sich in bewegtem Wasser nur wenig hin und her schwimmen läßt; zur gleichen Wortwurzel gehören obdt.»schlieflbar« und nddt. »Schlucht«) oder in der Hüttensprache in »Gicht« (vgl. engl. »to give – gift«), dessen oberdeutsche Form im Hochdeutschen nur mehr pejorative Bedeutung hat und letztendlich auch an dem nddt. Maß »Lachter« (nddt.), das dem obdt. »Klafter« entspricht.

Der Ausdruck »Stollen« kommt in den Trienter Urkunden nicht vor, doch zeigen Ausdrücke wie »actufus« und »karrowegus« im einen Fall offensichtlich den wasserableitenden Stollen (i. e. »aquaeductus«) im anderen die geradlinig, wohl auch söhlig geführte Strecke (»Karrenweg«, bei dem übrigens kein Karren eingesetzt sein muß – eher in unserer heutigen Unterscheidung Straße – Weg) an. Daneben gibt es auch die »ferta«; leider ist die »Fahrte« in der modernen Bergbausprache eingeeengt auf steigbaumartige oder mit Sprossen ausgestattete Leitern. Kleine und kurze Querschläge bezeichnet das Eisenerzer Revier noch im vorigen Jahrhundert als »Fahrteln«. Als weitere Aus- und Vorrichtungsbaue werden Pütte (puteus), Schürfe (xurfus) und Gesenke (xenkelochus vgl. auch »xenkare« – senken, abteufen und »xencator« Senker, Abteufer) verwendet. Die »Pütte« für einen Blindschacht hat sich im alpinen Salzbergbau bis heute erhalten, der »Schurf« ebenso;

7 D. HÄGERMANN und K.-H. LUDWIG, Europäisches Montanwesen im Hochmittelalter. Das Trienter Bergrecht 1185–1214 (Köln, Wien 1986).

letzterer sogar in der charakteristischen Form der tonnlägigen »Ankehrschürfe«, die von der Strecke der oberen Etage zum Laugwerk auf der unteren Sohle hinabführen, in denen das Süßwasser zur Solegewinnung in Röhren eingeleitet wird und die mit den publikumswirksamen »Rutschen« zur schnelleren Befahrung bergab, versehen sind. Leider hat sich die moderne Fachsprache der Geologie und der Prospektion dieses Terminus bemächtigt; Schürfe werden demnach zumeist auf der Tagesoberfläche zur Untersuchung einer Lagerstätte gezogen; auch das Verbum »schürfen« wird ganz in diesem Sinn gebraucht! Die Schwierigkeit für unseren modernen Stollenbegriff, der seit dem 13. Jahrhundert z. B. in Kuttenberg (Kutna Hora) belegt ist⁸, liegt darin, daß wir nur mehr den selbsttätig wasserlösenden, söhligem Stollen kennen, der de facto mit leichtem Ansteigen getrieben wird, um das Wasser nicht dem Grubenbau zufallen zu lassen, sondern es sicher abzuleiten. Der Begriff verdrängt das ältere »Aquädukt«, das als »Abzucht« (agetucht) wohl erst sekundär eingedeutscht ist⁹. Um den untersten, wasserlösenden Stollen klar zu kennzeichnen, wird er dann als Erbstollen geführt; seine Sonderrechte sind aber schon in den jüngsten Dokumenten aus Trient klar ausgebildet¹⁰. Erst 1722 entschließt man sich auf dem Kärntner Erzberg in Hüttenberg zum sinnvollen Einsatz von saigeren Schächten und söhligem Stollen; ältere, mittelalterliche und neuzeitliche Grubengebäude, wie etwa der Janggenstollen, sind mit Einfallen getrieben. Selbst der Fleischerstollen, der anfänglich söhlig führt, nimmt rasch einen unregelmäßig gebrochenen Lauf ein, dessen einzelne Abschnitte auch unterschiedlich tonnläufig in die Teufe führen¹¹. Andererseits gibt es Schrägschächte, ja sogar gebrochene Schächte, die tonnläufig ausgeführt sind, bei der das Fördergefäß – die Tonne – eben nicht hängt, sondern aufliegt¹². Mir widerstrebt es aber, ein Grubengebäude, das flacher einfällt als 45°, als Schrägschacht zu bezeichnen, zumal die Ganglagerstätte ein fast saigeres Einfallen (meist mehr als 75°) besitzt. Üblicherweise wird ein Schrägschacht im Einfallen getrieben. Der Umstand, daß der unterste und erste Grubenhohlraum, der ausgeschlagen wird, in der Urzeit zwar im Streichen der Lagerstätte verläuft, aber auf die ganze Länge zu Fuß befahrbar bleibt, zwingt dazu, nach einem Terminus zu suchen, der diese Sachlage am besten widerspiegelt. Im Verständnis noch des vorigen Jahrhunderts gibt es neben der Bezeichnung des Gesenks als Blindschacht auch den Vortrieb als Grubentiefstem; genau das soll aber hier angesprochen werden: Man wollte in der jüngeren urzeitlichen Abbaumethode, dem Tiefbau, so schnell wie möglich an Teufe gewinnen, jedoch die Wasserhebung und die Mannschaftsfahrung nicht durch einen Haspelbetrieb erschweren¹³. Preuschen hatte für diesen Grubenteil, von dem aus der Abbau

8 H. VEITH, s. v. Stollen. Deutsches Bergwörterbuch (1871, unveränderter Neudruck Vaduz/Lichtenstein 1986) 465 ff.; zur Etymologie des Begriffes »Stollen« vgl. P. GREBE, s. v. Stollen. Duden Etymologie (Mannheim 1963). Die Herkunft des Wortes vom Begriffsfeld »stellen« scheint klar; auffällig sind die vielen irrigen und unreflektierten slawischen Etymologien, die Veith referiert. Sie entstammen einem übersteigerten Nationalbewußtsein des vorigen Jahrhunderts. Neben echten deutschen Lehnworten in den slawischen Sprachen gibt es auch wörtliche Lehnübersetzungen, daneben natürlich auch einen Bestand an originalen Worten; unter denen sind Ableitungen von »ruda« im geographischen Namensbestand besonders wertvoll, da sie auf alte Bergbauspuren hinweisen.

9 D. HÄGERMANN und K.-H. LUDWIG (Anm. 7), hier 11.

10 Die genannte Ausgabe (vgl. Anm. 7) läßt dies unschwer nachvollziehen; so fehlen gerade die Sonderbestimmungen, die sich aus dem Mehraufwand für Wasserlösung und Förderstrecken ergeben, in den älteren Regelungen.

11 F. MÜNICHSDORFER, Geschichte des Hüttenberger Erzberges (Klagenfurt 1870).

12 H. VEITH, s. v. tonnläufig (wie Anm. 8), hier 496.

13 H. VEITH, s. v. Gesenk (wie Anm. 8), hier 232. Daß der Haspelbetrieb in der Urzeit belegt ist, ebenso die Schiffchenförderung, bezeugen Fundobjekte vom Mitterberg (Haspel) und der Fördertrog aus dem Herma-Stollen von Viehofen (Abb. in G. KYRLE, wie Anm. 1).

in Angriff genommen wurde, den Ausdruck »Sohlstrecke« geprägt und mit der kontinuierlich mitgeführten »Firststrecke« terminologisch zum »Firststreckenabbau mit Bergeversatz« ausgebaut¹⁴ (Abb. 1). Leider bietet der moderne Gebrauch des Begriffs »Strecke« die gleichen Schwierigkeiten wie der Begriff »Stollen«; erschwerend kommt noch hinzu, daß nach dem modernen Sprachgebrauch eine Strecke kein Mundloch obertag besitzt.

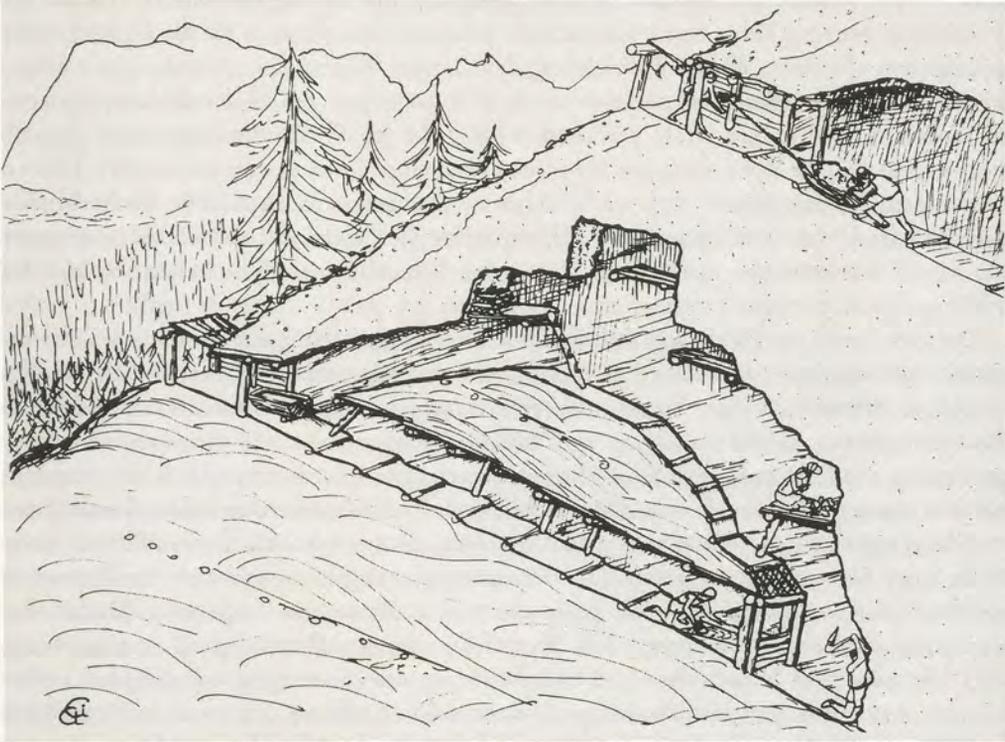


Abb. 1 Kupferbergbau in »Firststreckentechnik mit Bergeversatz«; (Zeichnung C. Eibner).

Aus der reichhaltigen Literatur, die aus der Zeit der beginnenden Bergakademien stammt, soll hier aus M.F. Gaetzschmann (Vollständige Anleitung zur Bergbaukunst. 1. Die Auf- und Untersuchung von Lagerstätten, (Leipzig 1866) aus dem Kapitel »Erklärung einiger Benennungen« (hier 20–33) der volle Wortlaut zum Eintrag, in dem das Gesenk erläutert wird, folgen: »Der oberste Anfang – die Mündung – eines Schachtes heißt dessen Hängebank, – der Schachtkranz, Tagekranz; das unterste Ende des Schachtes, wenn er nicht damit auf einen anderen Bau trifft, – das Tiefste, das Abteufen, der Sumpf; das Vorgesumpfe; daher wohl ein ganzer Schacht von verhältnismäßig geringer Teufe: ein Abteufen oder, bei noch beschränkterer Teufe, ein Gesenk heißt.«

Wie man erkennen kann, ist hier nicht davon die Rede, daß ein Gesenk ein Blindschacht sein mußte. Daß der Begriff seine Eigenständigkeit mehr und mehr eingebüßt hat, zeigt eigentlich, daß er nur mehr für kurze Schächte verwendet wurde.

Dem Brauch der damaligen Zeit folgend, wird ebda. 79, § 19 das Fallen für Schichten (und Grubengebäude) eingeteilt: »saiger von 90 bis 75 Grad, tonnläufig von 75–45 Grad, flachfallend von 45–15 Grad und schwebend von 15 bis 0 Grad«. Wie man

14 K. ZSCHOCKE und E. PREUSCHEN (wie Anm. 31).

sieht, sind es jeweils 15° plus oder minus um die Hauptrichtungen $0, 30, 60$ und 90° . Der Ausdruck »schwebend« ist allerdings nur für Schichten geläufig, für Grubenbaue muß er durch »söhlig« ersetzt werden. Die urzeitlichen »Schrägschächte« sind demnach flachfallend, wobei sie eher um die 30° oder etwas weniger einfallen. Auf flachfallenden Kohleflözen wäre so etwas ein »Bremsberg« o.ä., doch ist hier die Vorrichtungs- und Abbauweise so grundverschieden, daß eine Übernahme solcher Termini nicht ratsam erscheint. Ein wesentlicher Aspekt der Schächte ist noch zusätzlich die Teilung in mehrere Trümer, die mindestens getrennt Fahr- und Förderschacht erhalten; dies gilt auch für die als Aufbrüche getriebenen »Rollen«, die der Fallrichtung des Ganges folgend eine Abteilung mit eingebauter Fahrte (Sprossenleiter) und eine mit einer Rutsche besitzen, in der das hereingewonnene Erz auf die untere Sohle gefördert wird. Hier ist die Zweiteilung schon deshalb notwendig, weil die Rolle sonst zur Mannschaftsfahrung immer geleert sein müßte. Dies ist schon deshalb unstatthaft, weil ein Fluchtweg gesichert sein muß. Die flachfallenden Gesenke der Urzeit benötigen solche Hilfsvorrichtungen nicht, der Fallwinkel ist geringer als der Gleitwinkel des Schüttgutes (Erz), das Gesenk ist zu Fuß befahrbar und ein Fluchtweg somit immer gegeben.

Die vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung subventionierte Unterta-geuntersuchung des Arthurstollens ist noch nicht abgeschlossen; zwei ^{14}C -Daten belegen aber die lange Betriebszeit vom Beginn der Frühbronze bis zur Urnenfelderzeit. Fehlende Feuersetzspuren, die Verwendung von Bühnlöchern und die als »Umbruchstrecken« gedeuteten tonnlägigen Querschläge, die in den weichen Mylonitzonen der Klüfte angelegt worden waren, ließen vor allem den Markscheider K. Zschocke am Alter der »Keltenstollen« zweifeln; man hat den Verlauf eines Blindschachtes, der barockzeitlich sein sollte, an einer Stelle sogar bis zum Tag projiziert. In der Rettungsgrabung konnte er nicht nachgewiesen werden¹⁵. Generell ist das von K. Zschocke und E. Preuschen vorgestellte Modell des urzeitlichen Tiefbaus bestätigt worden. Modifikationen betreffen lediglich einzelne, lange Zeit offengehaltene Mundlöcher und Untersuchungsarbeiten entlang von Klüften, insbesondere aber eine längere Betriebsdauer; die archäologisch faßbare Zeit von der einsetzenden Mittelbronzezeit bis tief in die Urnenfelderzeit belegt für den Mitterberger Hauptgang eine Spanne, die erheblich länger ist als die angenommene kürzeste Betriebsdauer von 227 Jahren¹⁶.

Im Verlauf der Rettungsgrabung konnte ebenfalls in Nachbarschaft des angesprochenen Mundlochs, an fast identer Stelle, ein zweimal aufgebaute Herd untersucht werden, dessen Kupferschmelztropfen und angeschlackten Herdrete die Schwarzkupferproduktion aus sulfidischen Erzen belegen. Das gänzliche Fehlen von Zinn zeigt, daß meine ursprüngliche Vermutung, daß es sich bei dem Grubenherd (in der jüngeren Phase auf ebenem Boden mit Steinen umstellt) um die Reste einer Gießerei, z. B. für die Tüllenpickel, gehandelt haben könnte, nicht bestätigt wird. Da der untere Herd eindeutig – auch stratigraphisch – in die Stufe Bz A 2 gehört, wird die Typologie der hüttentechnischen Schmelzapparate nach oben hin zum blasrohrbetriebenen(?) Grubenherd vor dem Einsetzen der steingemauerten Schachtöfen erweitert¹⁷.

15 Insgesamt gibt es in diesem Areal nur urzeitliche Funde. Fundmaterial des Mittelalters und des 19. Jahrhunderts stammt lediglich aus den Hochäckerauflagen, die bis zu 1,5 m mächtig waren.

16 K. ZSCHOCKE und E. PREUSCHEN (wie Anm. 1).

17 C. EIBNER, Die Kupfergewinnung in den Ostalpen. Vorträge des 7. Niederbayerischen Archäologentages (Degendorf 1989) 17–36, hier Abb. 4.

Zum ältesten Erzbergbau in Ostthüringen und Sachsen. Argumente und Hypothesen

VON KLAUS SIMON

1. Einleitung

Mitteldeutsche Beiträge zur urgeschichtlichen Kupfer- und Bronzemetallurgie sind bis heute von den Untersuchungen W. Witters geprägt, der erstmals anhand einer größeren Serie optischer Emissionsspektralanalysen von Roh- und Fertigprodukten den Nachweis früher örtlicher Metallherzeugung zu erbringen suchte¹. Als heimische Bezugsquellen kommen danach vor allem die siedlungsnahen Kupfererzstriche im Unteren Zechstein am Ost- und Südrand des Harzes, um den Kyffhäuser, am nördlichen und südlichen Saum des Thüringer Waldes sowie im Orlagau in Betracht. Neben anderen Erzrevieren in der Gebirgszone räumte Witter ferner dem Vogtland wegen des Beieinanders von Kupfer- und Zinnerzen einen sogar bevorzugten Platz in seinen Schlußfolgerungen ein. Hingegen war sein Blick für die vielen kleineren Vorkommen im Erzgebirge und in dessen weitem nördlichem Vorland nahezu verstellt (Abb. 1)². Ungeachtet aller notwendigen methodischen Kritik an seinem Vorgehen³ häufen sich neuerdings Stimmen, die auch ohne weitere archäologische Indizien für eine Ausbeutung der mitteldeutschen Bodenschätze spätestens seit Beginn der Bronzezeit plädieren⁴. Die jüngst erfolgte Aufarbeitung der bisher lediglich pauschal ausgewerteten Quellen in Ostthüringen und Sachsen läßt Bergbaurelikte aus urgeschichtlicher Zeit zwar immer noch fast ganz vermissen, jedoch liegen inzwischen mancherlei indirekte Zeugnisse (z. B. Verhüttungsspuren) und vor allem topographische Hinweise vor. Die in ihrer Wiederholung kaum zufälligen Lagebeziehungen von Erzausbissen und Fundhäufungen sollen folgend in einigen Ausschnitten vorgestellt werden⁵.

1 W. WITTER, Die Ausbeutung der mitteldeutschen Erzlagerstätten in der frühen Metallzeit (Leipzig 1938); H. OTTO, W. WITTER, Handbuch der vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa (Leipzig 1952).

2 Kartierung nach K. SIMON, Höhengiedlungen der älteren Bronzezeit im Elbsaalegebiet. Jahresschrift für mitteldeutsche Vorgeschichte 73, 1990, 287–330, bes. 312 ff., Abb. 12, mit Ergänzungen.

3 H. HÄRKE, Probleme der optischen Emissionsspektralanalyse. Technische Möglichkeiten und methodische Fragestellungen. Prähistorische Zeitschrift 53, 1978, 165–276, bes. 197 ff.

4 Belege bei K. SIMON (wie Anm. 2) 312 f. mit Anm. 31–32.

5 Für Einzelnachweise sei auf die genannten jüngeren und zusammenfassenden Arbeiten verwiesen. Mineralogisch-lagerstättenkundliche Angaben beschränken sich auf ein Minimum.

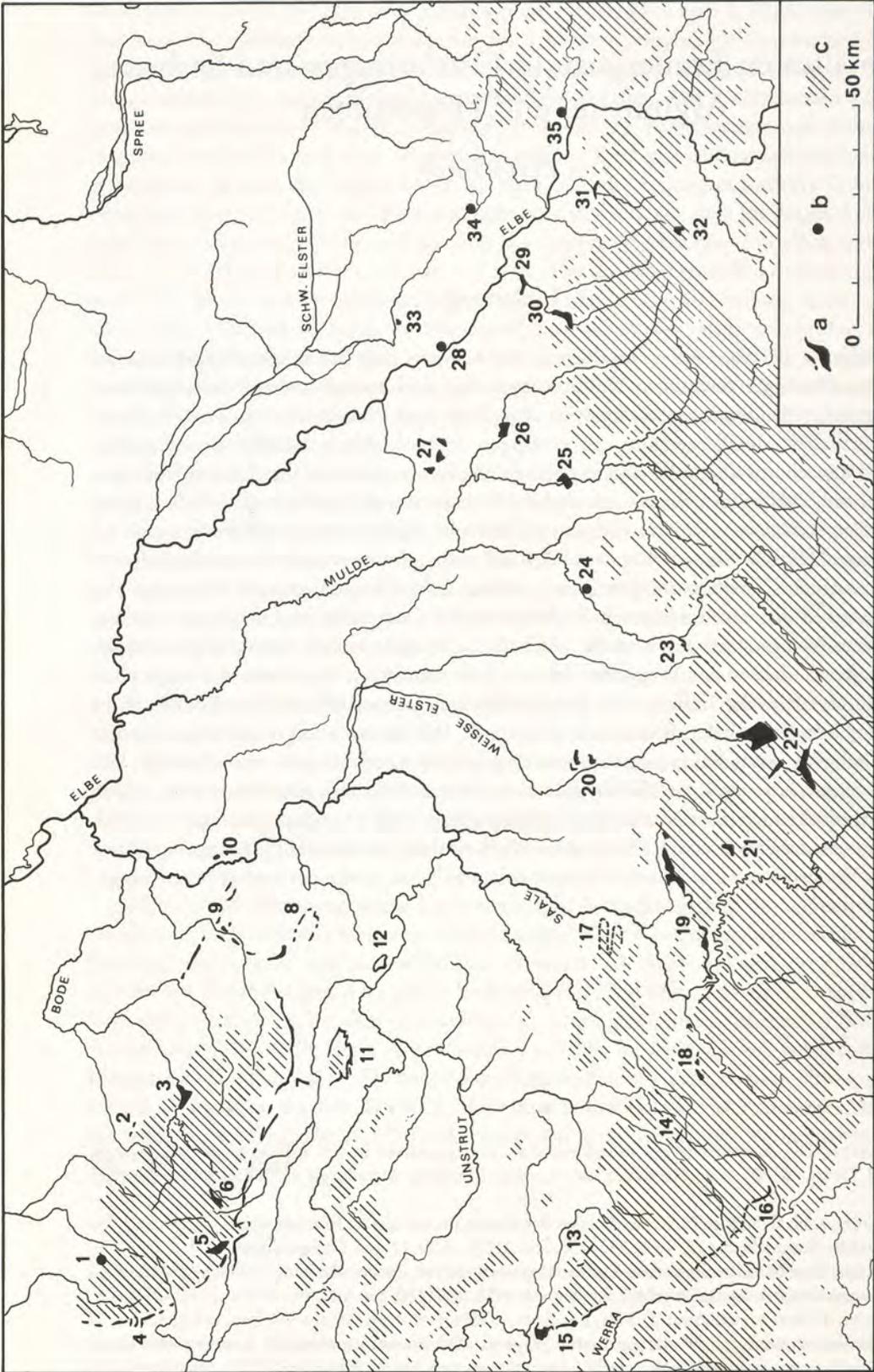


Abb. 1 Für eine Nutzung während der Bronze- und älteren Eisenzeit in Betracht kommende Kupfererzvorkommen in Mitteldeutschland. a Lagerstättenbezirke, b kleinräumige Vorkommen, c Gelände über 400 m NN. Erzreviere: 1 Goslar, 2 Wernigerode, 3 Treseburg, 4 Seesen-Osterode, 5 Bad Lauterbach, 6 Wieda-Zorge, 7 Bad Sachsa-Sangerhausen, 8 Eisleben, 9 Hettstedt, 10 Könnern, 11 Bad Frankenhausen, 12 Bottendorf, 13 Tabarz, 14 Ilmenau, 15 Bad Liebenstein-Eisenach, 16 Schleusingen-Schwarza, 17 Kahla (?), 18 Königsee, 19 Saalfeld-Triptis, 20 Gera, 21 Schleiz, 22 Plauen-Oelsnitz, 23 Zwickau, 24 Waldenburger, 25 Mittweida-Frankenberg, 26 Roßwein, 27 Mügeln-Ostrau, 28 Meißen, 29 Dresden-Freital, 30 Tharandt, 31 Berggießhübel, 32 Krupka, 33 Großenhain, 34 Radeberg, 35 Bad Schandau.

2. Orlagau

Die insuläre Besiedlung der Orlasenke von der mittleren Bronze- bis zur älteren Eisenzeit wird seit langem auf dortige Erzvorkommen bezogen⁶. Die südwärts in die Lagerstättenbereiche am Rande des Thüringischen Schiefergebirges vorgeschobene Fundverbreitung kann allerdings zugleich als Ausdruck einer allgemeinen Aufsiedlung (ähnlich dem mittelalterlichen Landesausbau) verstanden werden, die während der Urnenfelder- und Spät-hallstatt- bis Frühlatènezeit, durch günstige klimatische Verhältnisse ausgelöst, auch die erzhöflichen Höhen an der oberen Saale erreicht hat⁷. Demgegenüber bietet die Streuung der (älter-)hallstattzeitlichen Belege insofern bessere Beobachtungsmöglichkeiten, als die reguläre Besiedlung, letztlich ebenso klimabedingt, vorübergehend auf die tiefsten Lagen bis etwa 250, max. 300 m NN zusammengeschrumpft war. Von den beiden Arealen um Saalfeld und Pößneck durch kilometerbreite fundleere Zonen getrennt und bis 170 m über der derzeitigen oberen Siedlungsgrenze gelegen, erscheinen nun etliche Fundstellen, den Perlen auf einer Schnur vergleichbar, an das schmale Band des Unteren Zechsteins gebunden (Ausschnitt Abb. 2)⁸.

Wie die historischen Bergwerke halten sich diese Zeugnisse eng gerade an jene Abschnitte, in denen gehäuft Erzgänge den ansonsten kaum bauwürdigen Kupferschiefer und seine Nachbarschaft durchsetzen. Im Kamsdorfer Revier, auf dem Roten Berg südöstlich von Saalfeld, beschränken sich die Funde im Gegensatz zur mittelalterlichen bis neuzeitlichen Förderung, die erheblich weiter und vor allem unter Tage betrieben worden ist, auf einen vornehmlich durch den mittelalterlichen Silberbergbau erschlossenen Bezirk, in dem reiche Buntmetallerze der Ankerit-Fahlerz-Assoziation angestanden haben⁹. Die Nachbarschaft zu den Erzausstrichen am Steilabfall zur Saale ist ebenso offenkundig wie der Bezug auf die wenigen Verwerfungen, in denen Kupfererze im hangenden Zechsteinkalk gleichfalls schon von Tage herein angereichert waren. Der von W. Witter vorausgesetzte Zinngehalt der Kamsdorfer Erze läßt sich hingegen nicht bestätigen¹⁰. Daß es an metallurgischen Belegen weithin mangelt, kann kaum verwundern, sind bisher doch forschungsbedingt vornehmlich – zudem schlecht überlieferte – Grabfunde bekannt¹¹. Von der Höhensiedlung auf dem Gleitsch bei Saalfeld-Obernitz, der außer in der mittleren Urnenfelderzeit vor allem in der älteren Eisenzeit bewohnt war, liegen jedenfalls Ofenreste und Schlacken vor, die von einer regen Kupfer- und Eisenerzverhüttung innerhalb des

6 Zurückgehend auf A. Auerbach 1925; vgl. H. KAUFMANN, Zur vorgeschichtlichen Erzgewinnung in Südostthüringen. In: Bericht über den V. Internationalen Kongreß für Vor- und Frühgeschichte in Hamburg 1958 (Berlin 1961) 453–458; DERS., Die vorgeschichtliche Besiedlung des Orlagaues, Textband (Berlin 1963) 57, 82, 99, 149f.

7 K. SIMON, Klimaabhängige Besiedlungsrythmen der Bronze- und Eisenzeit im thüringisch-sächsischen Raum. In: Angewandte und historische Klimakunde (Berlin 1993, im Druck).

8 K. SIMON, Bronzemetallurgie der Hallstattzeit an Saale und mittlerer Elbe. In: Produktivkräfte und Produktionsverhältnisse in ur- und frühgeschichtlicher Zeit (Berlin 1985) 157–205, bes. 159ff., Abb. 2–7.

9 H. PFEIFFER, Germanotypische Faltung und ihre Bedeutung für das Saalfeld-Kamsdorfer Erzfeld. Zeitschrift für angewandte Geologie 20, 1974, 64–68, bes. 66, Tab. 2, Abb. 2; DERS., Abriß der Geschichte des Saalfeld-Kamsdorfer Erzfeldes (Ag, Cu, Co, Fe, Ba). Fundgrube 15, 1979, 15–37.

10 K. SIMON (wie Anm. 8) 170; K. WANICZEK, Ein Beitrag zur Zinnmetallurgie der Bronzezeit. Alt-Thüringen 21, 1986, 112–135, bes. 128.

11 Die Deutungen eines »Rollkiesels« von Fischersdorf als Amboß sowie eines Kupferschälchens von Kleinkamsdorf als Gefäßrohling aus Grabhügeln der Hügelgräber- und Urnenfelderzeit (Abb. 2, F und K) sind nicht zweifelsfrei; vgl. H. KAUFMANN, Die vorgeschichtliche Besiedlung des Orlagaues, Katalog und Tafelband (Leipzig 1959) 239, 250f., Taf. 17,5; 24,12.

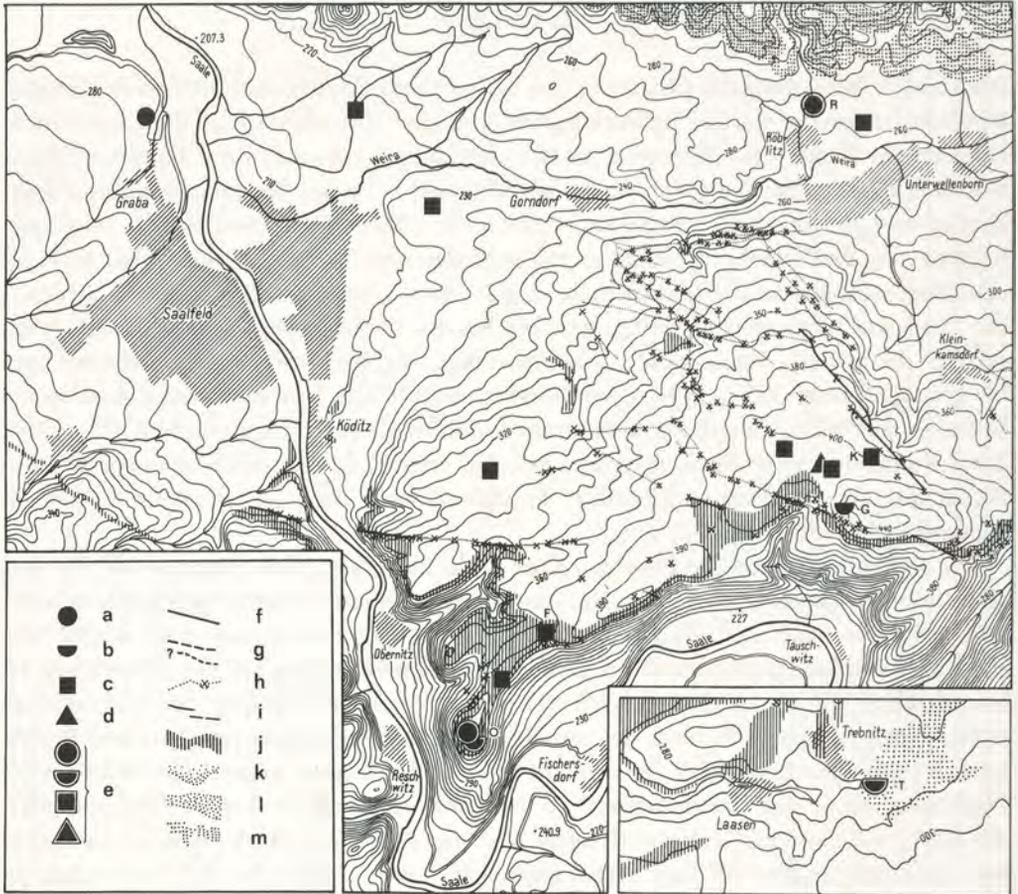


Abb. 2 Bodenschätze und Fundstellen der Hallstattzeit bei und östlich von Saalfeld bzw. nordöstlich von Gera (Nebenkarte).

Legende für Abb. 2–4 u. 7: a Siedlung, b Aufenthaltsort (Lagerplatz, Werkplatz u.ä.), c Grabstätte, d Einzelfund, e mit Hinweisen auf Metallurgie, f bei Tage ausgehender (Kupfer-) Erzgang bzw. -lager (Abb. 7) (nach geologischer Kartierung 1:25 000), g dessen erschlossener bzw. vermuteter Verlauf (nach anderen Quellen), h unter Tage bebauter Erzgang (Abb. 2), i überwiegend Eisenerz führendes Lager (Abb. 7), j Unterer Zechstein mit Kupferschiefer (Abb. 2), k Zinnerz führender Granit bzw. Kontaktgestein (Abb. 7), l Alluvionen unterhalb bei Tage ausgehender Zinnerzvorkommen, m Eisenerz führende Schichten im Unteren Buntsandstein (Abb. 2) bzw. Oberen Zechstein (Abb. 2 Nebenkarte). F Fischersdorf, G Großkamsdorf, K Kleinkamsdorf, O Saalfeld-Obernitz, Gleitsch, R Röblitz, T Trebnitz.

befestigten Arealen zeugen (Abb. 2, O)¹². Vor den Toren der Burg errichtete Tumuli mit reichem Bronzeschmuck der oberfränkischen Späthallstattkultur, darunter das Grab einer Vornehmen (Priesterin?) mit kronenartigem Kopfputz von Fischersdorf (Abb. 2, F), unterstreichen die herausragende Bedeutung dieser Siedlung¹³. Für eher vorübergehende

12 W. WANICZEK, Ein Beitrag zur vorgeschichtlichen Kupfermetallurgie/Eisenmetallurgie auf dem Roten Berg. Rudolstädter Heimathefte 20, 1974, 123–129; 21, 1975, 215–224, 260–270.

13 K. SIMON, Eine Bronzeblechkronen der Späthallstattzeit von Fischersdorf, Kr. Saalfeld. Zeitschrift für Archäologie 21, 1987, 145–178, bes. 171 ff., Abb. 23.

Aufenthalte in der erzhöflichen Zone sprechen Siedlungsspuren in mehreren kleinen Abris und Höhlen (Abb. 2, O und G); in einer kürzlich am Gleitsch entdeckten Höhle wurde bezeichnenderweise »Kupferschlacke« gefunden¹⁴. Daß die Verhüttung wie die Weiterverarbeitung teilweise auch im Tal erfolgt ist, führen in unserem Abschnitt späthallstattzeitliche Siedlungsfunde von Röblitz mit Gußformresten, einem Schlagstein (Abb. 8, b) und eisenhaltigen Schlacken vor Augen (Abb. 2, R)¹⁵. Ein ebendort entdeckter Bronzehort aus sechs gußfrischen Sicheln, einem Beil und einem Gußkuchen kann vielleicht für die örtliche Werkstatttradition eine Brücke zurück bis in die entwickelte Hügelgräberbronzezeit schlagen¹⁶.

Der beispielhaft umrissene Befund läßt sich in gleicher Weise für den ganzen Zechsteingürtel westwärts in den Raum Königsee und nach Osten über das archäologisch bedeutungsvolle Gebiet um Ranis und Pößneck bis zum oberen Ende der Orlasenke verfolgen (Abb. 1, 18–19). Er findet noch im Weißelstertal bei Gera Entsprechungen (Abb. 1, 20). Besondere Beachtung verdienen Werkstattrelikte vom Felsenberg bei Pößneck-Öpitz, u. a. von einer Schmelzanlage aus der Späthallstattzeit (Abb. 8, a), sowie aus einer Siedlung der jüngeren Urnenfelderzeit bei Pößneck-Schlettwein, die mehrere hundert Gußformfragmente geliefert hat¹⁷. Von Trebnitz, nordöstlich von Gera, sind sogar urgeschichtliche Bergbauspuren selbst überliefert (oberflächiger Tagebau mit Hinweisen auf Feuer setzen und Erzverhüttung). Allerdings war der Abbau nicht auf die in der Umgebung anstehenden Kupfererze, sondern auf Toneisenstein in den Basisschichten des Oberen Zechsteins gerichtet (Abb. 2, T). Dokumentation und Datierung (vermutlich ältere Eisenzeit) lassen zudem manche Frage offen¹⁸. Wesentlichen Erkenntnisgewinn versprechen jüngst entdeckte Schlackenplätze mit Zeugnissen der Kupfererzverhüttung im Buntsandsteingebiet bei Kahla und Bürgel, da sie möglicherweise eine bisher unbeachtete Erzprovinz weit nördlich der Zechsteinverbreitung im dünn besiedelten Ostthüringer Plattenland erschließen, die seit der Späthallstattzeit genutzt worden ist (Abb. 1, 17)¹⁹. Auf der anderen Seite sind Schiefergebirge und Frankenwald reich an Kupfererz führenden Gängen hydrothermaler Genese. Ansonsten nur sporadisch vertreten, sind die gehäuften urnenfelder- und späthallstatt-/frühlatènezeitlichen Funde bei Schleiz gewiß nicht nur auf intensive Geländeforschung zurückzuführen, sondern vor allem mit einer Ausbeute dortiger Erzlagerstätten im Bereich einer gebirgsüberschreitenden Verkehrsbahn in Verbindung zu bringen (Abb. 1, 21)²⁰. Fundgeographisch wie erzparagenetisch leitet dieser Sachverhalt in das sächsische Vogtland über.

14 D. WALTER, Thüringer Höhlen und ihre holozänen Bodenaltertümer (Weimar 1985) 32, 53.

15 K. SIMON (wie Anm. 8) 173 ff., Abb. 9, 1.

16 H. KAUFMANN (wie Anm. 6).

17 K. SIMON, Erzgewinnung und Metallgewerbe während der späten Bronze- und frühen Eisenzeit in Ostthüringen. *Archeologia Polski* 27, 1982, 343–358, bes. 350 ff., Abb. 4–6; DERS. (wie Anm. 8) 176 ff., Abb. 10, 11, 13.

18 R. HUNDT, Eisenerzvorkommen im Oberen Zechstein Ostthüringens. Ergebnisse neuerlicher Schürfarbeiten. *Zeitschrift für praktische Geologie* 48, 1940, 66–68; K. SIMON (wie Anm. 8) 163 f., Anm. 9.

19 M. BÖHME, Kupfergewinnung aus dem Buntsandstein – hallstatt- und latènezeitliche Schlackenfundstücke bei Kahla und Bürgel. *Ausgrabungen und Funde* 35, 1990, 233–237. – Nach freundlicher Mitteilung des Bearbeiters sprechen inzwischen erfolgte Schlackenanalysen allerdings eher für eine Verarbeitung von Zechsteinerzen.

20 K. SIMON, Zur urgeschichtlichen Besiedlung des Schleizer Oberlandes. *Ausgrabungen und Funde* 34, 1989, 226–235, bes. 233 f., Abb. 1, 4.

3. Vogtland

Wie in der Orlasenke konzentrieren sich die urgeschichtlichen Funde des Vogtlandes in den beckenartigen Talweitungen an Weißer Elster und unterer Trieb (Abb. 1, 22). Klimatisch und orographisch günstige Faktoren haben hier während der Jahrhunderte vorherrschend trockenwarmen Sommerklimas zwischen dem Ende der Mittelbronzezeit und dem Beginn der Latènezeit wiederholt eine Aufsiedlung bis in Höhen um 350–430 m NN ermöglicht. Ausschlaggebend dürfte auf der Grundlage von kulturellem Aufschwung und Bevölkerungszuwachs allerdings ein stark vermehrter Metallbedarf gewesen sein, der zur Ausbeutung auch der reichen vogtländischen Bodenschätze angeregt oder gedrängt hat. Seit langem erwogen²¹, werden solche Zusammenhänge besonders durch die großmaßstäbige Kartierung von Fundstellen und Erzvorkommen nahegelegt (Ausschnitte Abb. 3 und 4)²².

Vier Fünftel aller Grabhügel, der einzigen häufiger vertretenen Quellengattung, sind in der Nachbarschaft von zumeist steilhängig aufgeschlossenen Erzgängen errichtet worden. Jeder zweite Bestattungsplatz war weniger als 200 m von den Erzausstrichen entfernt, und nicht wenige bezeichnen geradezu den Verlauf der Gänge. Das gilt auch für Einzelfunde am Rande der Siedlungsinsel (Abb. 3). Der enge Bezug läßt auf die in einigen Fällen erwiesene Nähe der Wohnorte, darüber hinaus wohl auf eine heutigem Verständnis schwer nachvollziehbare magisch-religiöse Bindung der Metallurgen an die Quellen des Reichtums schließen. Die befestigte Zentralsiedlung auf dem Eisenberg bei Jocketa, in der jüngst erste Spuren der Kupfererzverhüttung sichergestellt werden konnten und wo bis in unser Jahrhundert Erzbergbau betrieben worden ist, lag inmitten eines dichten Gangschwarms (Abb. 3, J). Auch die Fundstellen im Zuge einer aus dem Siedlungsgebiet südwestwärts über das Rumpfgebirge in die Hofer Senke führenden Verkehrsbahn (bis 560 m NN) zeigen zugleich diese Affinität. Das ausgedehnte mittelvogtländische Spaltensystem, dessen Vererzung wahrscheinlich im Oberkarbon und nochmals während der Kreide und des Tertiärs erfolgt ist, führt in den urgeschichtlich genutzten Bereichen um Plauen vornehmlich Kupfer- und Eisenerze, nicht jedoch Zinnstein²³. Öfters zum Bau der Grabhügel verwendetes Gangmaterial (z. B. Abb. 3, M) sowie Erzproben und Schlackenreste aus nahezu allen bekannten Siedlungen (Abb. 3, L 1–2; Abb. 4, D 1–2, T 1–2) sprechen für die Gewinnung eisenhaltiger Kupfererze mit merklichen Blei-, Arsen-, Antimon-, namentlich aber Kobalt- und Nickelanteilen, wie sie gerade für dieses Erzrevier als typisch gelten. Aus Taltitz ist die Standspur eines kleinen Schachtofens mit zwei gegenüberliegenden Arbeitsgruben und zuführenden Windkanälen, wohl für den Betrieb von Blasebälgen, aus der jüngeren Urnenfelderzeit überliefert (Abb. 4, T 1; 5)²⁴. Von Platzmeilern mögen Holzkohleanreicherungen herrühren, die – allerdings schlecht dokumentiert und bisher undatiert – mehrfach in der Umgebung der Erzgänge anlässlich der Untersuchung von Grabstätten angeschnitten

21 Bereits H. Schurtz 1890; grundlegend G. BILLIG, *Ur- und Frühgeschichte des sächsischen Vogtlandes* (Plauen 1954) 39ff.

22 Vgl. im folgenden K. SIMON, *Beiträge zur Urgeschichte des Vogtlandes. II. Kulturgeschichtliche Auswertung. Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege* 34, 1991, 63–156, bes. 93ff., Abb. 2–6.

23 W. QUELLMALZ, *Lagerstättengenetische und tektonische Untersuchungen der an die Schönbrunner Spalte geknüpften hydrothermalen Lagerstätten des Vogtlandes*. Jahrbuch des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden 1959, 1–38.

24 K. SIMON (wie Anm. 22) 109ff., Abb. 8; DERS., *Ein Schmelzofen der späten Bronzezeit aus dem sächsischen Vogtland*. *Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege* 35, 1992, 51–82, bes. 51ff. mit Abb. 4.

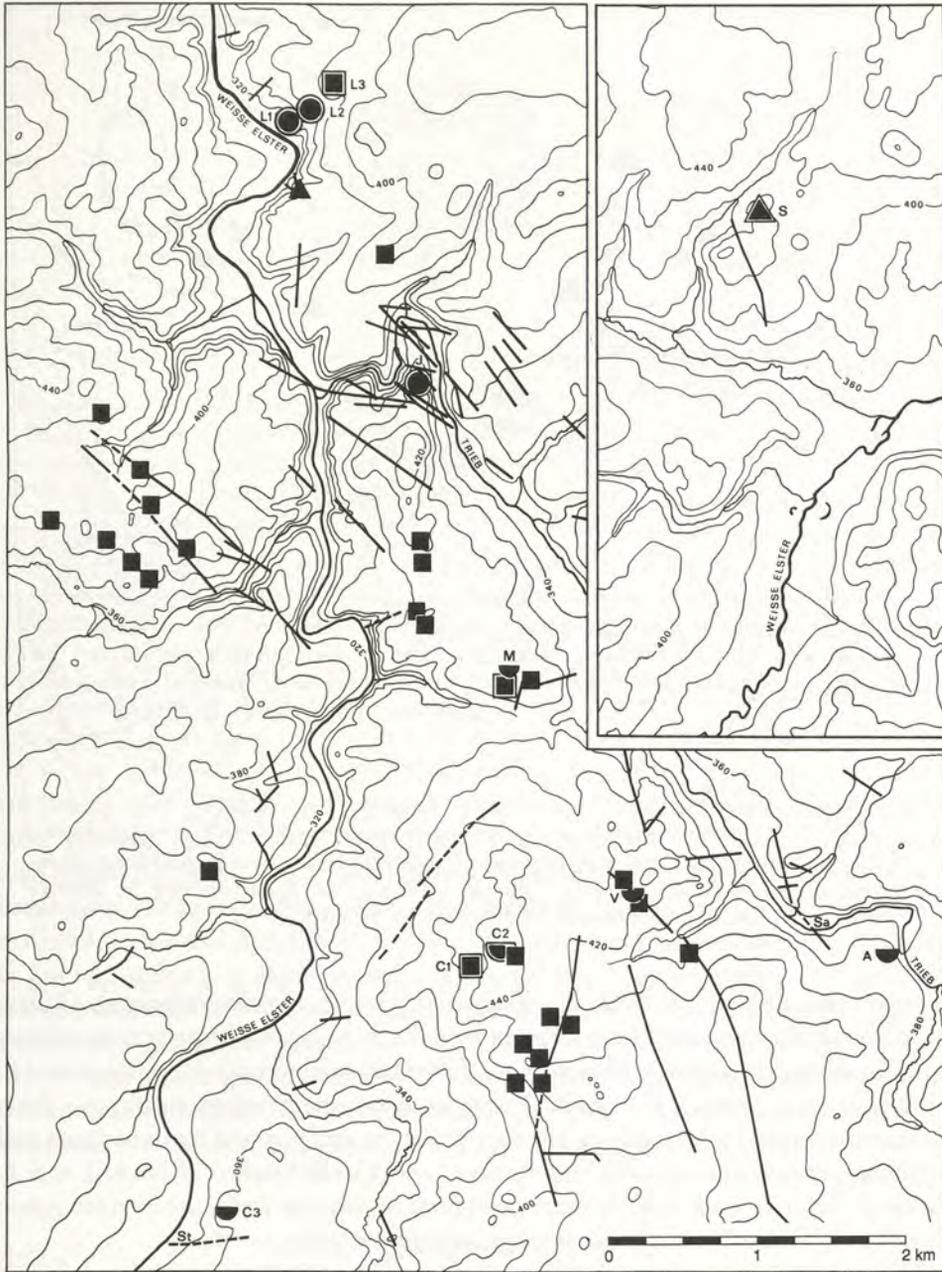


Abb. 3 Bodenschätze und urgeschichtliche Fundstellen (meist Bronze- und ältere Eisenzeit) östlich und nordöstlich von Plauen bzw. südwestlich von Plauen (Nebenkarte). Legende s. Abb. 2. A Altensalz, C1-3 Plauen-Chrieschwitz, J Jocketa, Eisenberg, L1-3 Liebau, M Möschwitz, S Straßberg, V Voigtsgrün; Sa Salzquellen, St Stollen.

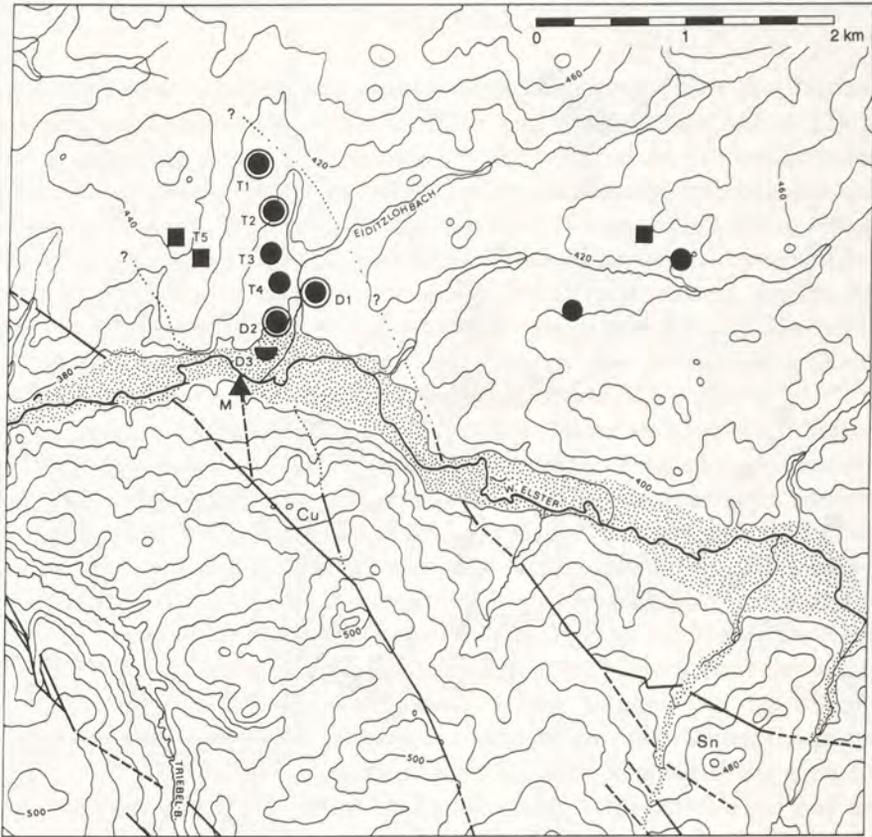


Abb.4 Bodenschätze und urgeschichtliche Fundstellen (meist Bronze- und ältere Eisenzeit) nordwestlich von Oelsnitz. Legende s. Abb.2. Cu Kupfererz und Sn Zinnerz führende Gänge. D1-3 Dobeneck, M Magwitz, T1-5 Taltitz.

worden sind (Abb.3, M und V). Werkzeuge für die Metallverarbeitung (Rillenstein, Steinamboß, Bronzemeißelchen) lieferten zwei durch Anlage und Ausstattung hervorgehobene Grabhügel von Plauen-Chrieschwitz (frühe Urnenfelderzeit) und anscheinend Liebau (Frühlatènezeit) (Abb.3, C1 und L3). Das letztgenannte Kriegergrab war nur 2 km von der gleichzeitigen Höhensiedlung auf dem Eisenberg entfernt und lag in nächster Nähe zu Siedlungsplätzen jener Epoche mit Kupfer- und Eisenschlacken (Abb.3, J und L1-2). Analoge Befunde sind, freilich nicht unwidersprochen, als Reflexionen eines gehobenen Sozialstatus früher Metallwerkergemeinschaften verstanden worden.

Die archäologisch schwer faßbare Gewinnung von Seifenzinn dürfte aufgrund der lagerstättenkundlichen Voraussetzungen auf das Elstertal und seine südlichen Zuflüsse unterhalb von Oelsnitz beschränkt gewesen sein. In einem verbreiterten Auenabschnitt (Gefälleminderung!) unterhalb der Zinnsteingänge (durch »zoning« eng begrenzte Gangabschnitte) im »Vorderen Gebirge« fanden sich in den Alluvionen tatsächlich mehrfach »bronzezeitliche« Streuscherben und Holzkohlepartikel, die am ehesten von einem Waschbetrieb herrühren (Abb.4, D3). Eine Probe »mit Zinn- und Kupfererz« aus einer der benachbarten Dobenecker Siedlungen (Abb.4, D2) mag hingegen aus einer eluvialen Hangseife an der 4 km entfernten Fuchsmühle stammen und damit die von Witter als Regelfall behauptete Nutzung von Kupfer-Zinn-Mischerzen, freilich erst während der mittleren Urnenfelderzeit, nahelegen. Für eine Ausbeutung der Oelsnitzer Kassiteritvor-

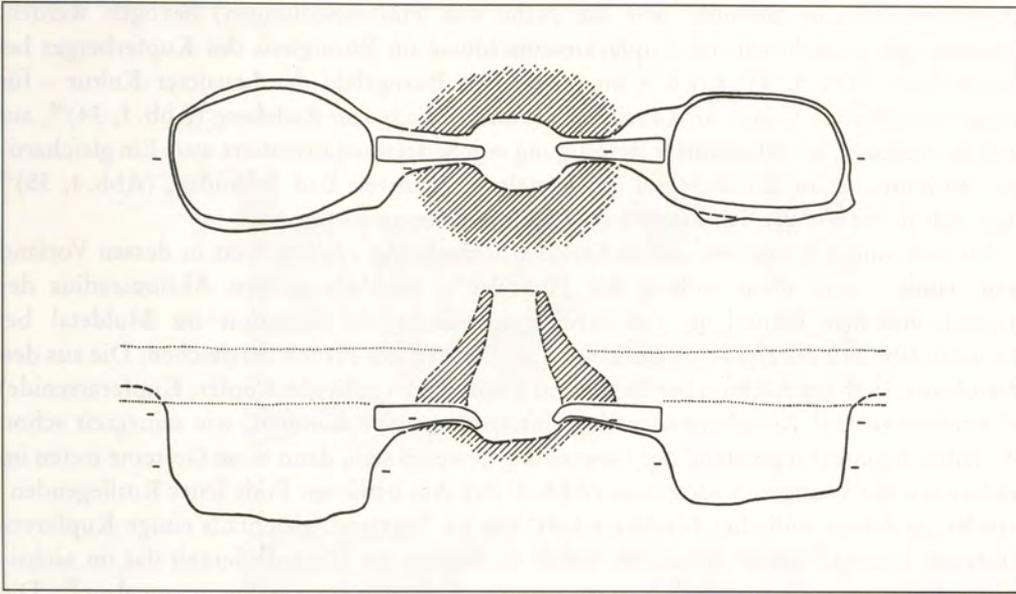


Abb. 5 »Metallschmelze« von Taltitz mit brandgeröteter Ofenmulde, zwei Arbeitsgruben und Windkanälen. 1:25. Rekonstruktion des Befundes nach den Grubenausgüssen, im Bereich des »Kanals« nach der Skizze des Ausgräbers, freie Ergänzung des Schachtes nach den kleinen Verhüttungsöfen von Site 30 im Timnataal und der Düsen nach dem Exemplar von Löbsal.

kommen bereits oder vor allem zu Beginn der Bronzezeit²⁵ fehlen bisher Anhaltspunkte. Wohl aber scheinen einige bislang übersehene, da unscheinbare Aufenthaltsspuren (mit spärlichen Holzkohleresten, am Ort geschlagenen Silexartefakten spätneolithischen Gepräges, einmal auch »Bronzespuren«, jedoch ohne Keramik) in der Nachbarschaft fündiger Gänge (Abb. 3, C2–3 und A) auf eine noch vor die Epoche ortsfester Besiedlung fallende Periode zurückzugehen, in der Erzprospektion und -gewinnung östlich von Plauen in bescheidenem Stil, vielleicht saisonal, betrieben worden sind. Ein kürzlich in einem dieser Gänge am Prallhang der Elster entdeckter Stollen (Abb. 3, St) gehört nach Anlage, Größe, Querschnitt und Abbauspuren womöglich in urgeschichtliche Zeit. Die Belege von Altensalz könnten zudem mit den dortigen Salzquellen (Abb. 3, Sa) und diejenigen aus den Auesedimenten von Oelsnitz mit Goldseifen in Verbindung gebracht werden²⁶.

4. Erzgebirgsvorland

Hinsichtlich der mittelsächsischen Lagerstätten liegen erst flüchtige Beobachtungen vor; immerhin lassen sie gleichfalls deren bereits bronzezeitliche Nutzung erwägen²⁷. Selbst im Altsiedelland fehlen Kupfererze nicht ganz, obgleich sie, sofern überhaupt, in den letzten Jahrhunderten nur geringfügige Ausbeute erbracht haben. Auf die Kupferminerale im Plattendolomit des Oberen Zechsteins im Mügeln Becken (Abb. 1, 27) mögen sogar

25 K. WANICZEK (wie Anm. 12) 125.

26 K. SIMON (wie Anm. 22) 86 ff., 124 ff., Taf. 13–14; DERS., Beiträge zur Urgeschichte des Vogtlandes. I. Archäologische Quellen. Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege 33, 1989, 115–226, bes. 141, 146 f., Abb. 12, 14.

27 Bisher K. SIMON (wie Anm. 2). Ausführliche Nachweise in Vorbereitung.

älterbronzezeitliche Befunde (wie die Nähe von Höhensiedlungen) bezogen werden. Gleiches gilt hinsichtlich der Kupferkieseinschlüsse im Biotitgneis des Kupferberges bei Großenhain (Abb. 1, 33) sowie – im erweiterten Bezugsfeld der Lausitzer Kultur – für einige erzführende Gänge im Lausitzer Granit nördlich von Radeberg (Abb. 1, 34)²⁸, auf welche vielleicht die Billendorfer Befestigung von Seifersdorf orientiert war. Ein gleichartiges Vorkommen im Kirnitzschtal bei Mittelndorf, unweit Bad Schandau, (Abb. 1, 35)²⁹ fügt sich in die lockere Fundstreuung des Elbsandsteingebirges ein.

Die bekannten Erzreviere des sächsischen Erzgebirges reichen weit in dessen Vorland und damit – vor allem entlang der Flußtäler – ebenfalls in den Aktionsradius des urgeschichtlichen Menschen. Die siedlungsgeschichtliche Situation im Muldetal bei Zwickau läßt sich durchaus mit derjenigen im Elstertal bei Plauen vergleichen. Die aus den Zwickauer Tiefbauschächten beschriebenen Kupfererze (gediegen Kupfer, Kupferarsenide) in Bentoniten und Konglomeraten des Unterrotliegenden könnten, wie seinerzeit schon W. Witter meinte, Gegenstand der Gewinnung gewesen sein, denn diese Gesteine treten im Südwesten der heutigen Stadt zutage (Abb. 1, 23). Am östlichen Ende jenes Rotliegendenbandes, in dessen südlicher Nachbarschaft, wie im Vogtland, gleichfalls einige Kupfererzführende Eisensteingänge aufsetzen, wurde zu Beginn der Urnenfelderzeit das im sächsischen Rahmen außergewöhnlich ausgestattete Kriegergrab von Stenn angelegt³⁰. Die zahlreichen Kupfererzvorkommen in den Gangbezirken des Granulitgebirges und der anschließenden Randzone des Freiburger Raumes sind unter solchen Gesichtspunkten noch nicht geprüft. Deutlich außerhalb des geschlossenen Siedellandes gelegen, werden sie jedenfalls an der Zwickauer Mulde bei Waldenburg (Ullersberg), an der Zschopau zwischen Mittweida und Frankenberg (Treppenhauer) sowie an der Freiburger Mulde bei Roßwein (Gersdorf), wengleich in weiterer Streuung, durch jeweils mehrere mittelbronze- bis früheisenzeitliche Einzelfunde erreicht (Abb. 1, 24–26)³¹. Gerade an diesen Orten setzte im Mittelalter der Bergbau früh ein³². Unweit nicht datierter Pingens südlich von Mittweida wurde kürzlich der brotlaibförmige Unterstein einer Erzmühle gefunden³³. Entsprechendes gilt vielleicht für das Tal der Wilden Weißeritz bei Tharandt (Abb. 1, 30)³⁴, von wo, neben einigen Grabhügeln, von exponierter Stelle gleich fünf Bronzehorte

28 E. WEBER, Erläuterungen zur Geologischen Karte von Sachsen, Nr. 51 Blatt Radeberg (2. Aufl. Leipzig 1923) 25f.; J. LANGER, Der Bergbau in und an der Dresdner Heide. In: O. KOEPFERT, O. PUSCH (Hrsg.), Die Dresdner Heide und ihre Umgebung (Dresden 1932) 303–312, bes. 304ff.

29 R. BECK, Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen, Section Sebnitz-Kirnitzschthal Blatt 85 (Leipzig 1895) 12; J. LANGNER, Der ostelbische Bergbau im und am Gebiet der Dresdner Heide und der Sächs. Schweiz. Neues Archiv für Sächsische Geschichte und Altertumskunde 50, 1929, 1–66, bes. 38ff.

30 K. SIMON (wie Anm. 22) Anm. 151; vgl. bereits W. COBLENZ, Bronzebeschaffung und -verarbeitung während der Aunjetitzer und Lausitzer Kultur in Sachsen. Archeologia Polski 27, 1982, 323–334, bes. 325.

31 J. LEHMANN, H. MIETZSCH, Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen, Section Glauchau-Waldenburg Blatt 94 (Leipzig 1901) 26f.; H. MÜLLER, Die Erzlagerstätten in der Umgebung von Mittweida, Frankenberg und Augustusburg. In: Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen, Sektion Frankenberg-Hainichen (2. Aufl. Leipzig 1909) 76f., 83ff.; L. BAUMANN, Die Erzlagerstätten der Freiburger Randgebiete (Leipzig 1965) 150ff.

32 W. SCHWABENICKY, Mittelalterliche Bergbaureste und Verhüttungsplatz in der Gemarkung Etzdorf-Gersdorf, Kr. Hainichen. Ausgrabungen und Funde 32, 1987, 48–51; DERS., Die mittelalterliche Bergbausiedlung auf dem Treppenhauer bei Sachsenburg (Kr. Hainichen). Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege 32, 1988, 237–266; DERS., Die mittelalterliche Bergbausiedlung Ullersberg bei Wolkenburg, Kr. Glauchau. Der Anschnitt 42, 1990, 86–91.

33 Im Küchwald, Forst Schönborn. Freundl. Hinweis von Herrn Dr. W. Schwabenicky, Altmittweida.

34 L. BAUMANN (wie Anm. 31) 159ff., bes. 165. Erzgänge allerdings meist einige Kilometer südlich von Tharandt; dort neben Kupfer- auch Zinnerze, mehrere Zinnseifen!

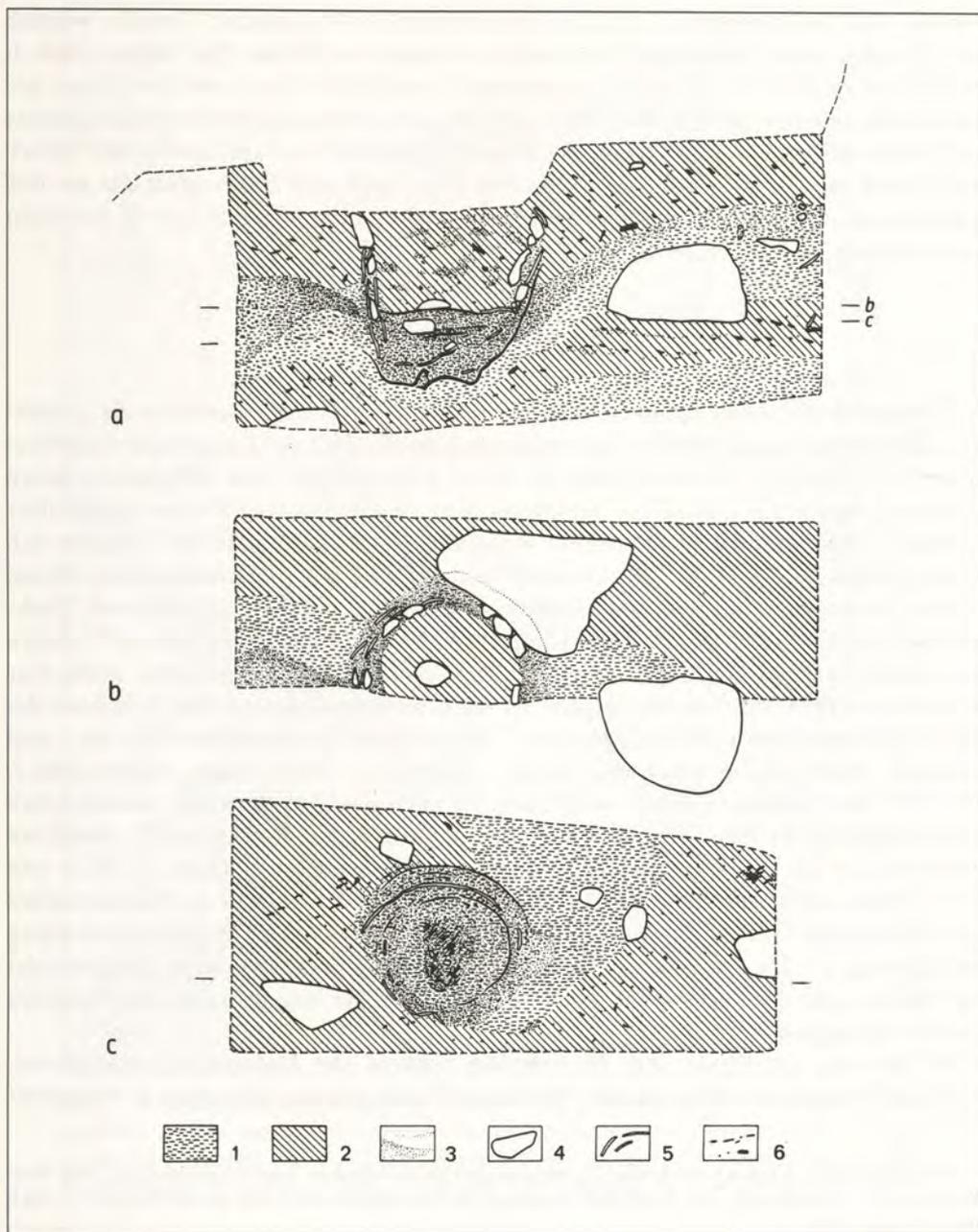


Abb. 6 »Vermutlicher Schmelzofen« von der Heidenschanze in Dresden-Coschütz (nach der Dokumentation von H. Dengler). 1:20. 1 gelb, lehmig, 2 rotgrau, grusig bis splittrig, 3 verziegelt bzw. brandgerötet, 4 Steine, 5 Scherben (im Schnitt), 6 Holzkohle.

bekannt sind. Hinsichtlich der Kupfererze im Syenit des Plauenschen Grundes westlich von Dresden sowie punktueller Pendants im Granitit des Elbtals bei Meißen (Abb. 1, 28–29)³⁵ ist auf alle Fälle mit einer Ausbeutung in jener frühen Zeit zu rechnen. Unter den zahlreichen bronzemetallurgischen Zeugnissen von der Befestigung auf der Heidenschanze bei Dresden-Coschütz kann der in die Literatur eingeführte »Erzschmelzofen« freilich weder nach seiner rekonstruierten Größe und Form noch nach der Analyse der aus ihm stammenden »Schlacken« als solcher akzeptiert werden; dennoch fehlt es auch dort nicht an Hinweisen auf Kupfergewinnung (Abb. 6)³⁶.

5. Osterzgebirge

Als letztes Beispiel topographischer Kongruenz von Erzen und Funden seien die Verhältnisse des kleinen Berggießhübler Erzreviers ganz am Ostende des Erzgebirges vorgeführt (Abb. 1, 31). Östlich einer neuerdings im Detail verfolgten ur- und frühgeschichtlichen Verkehrslinie, die das Ohřetal bei Teplice im Zuge des historischen Kulmer Steiges über Chlumec – Bad Gottleuba – Dohna mit dem Elbtal bei Dresden verbindet³⁷, fanden sich mehrere Steingeräte neolithischer Art sowie jüngerbronze- bis ältereisenzeitlichen Alters, von den besiedelten Niederungen kilometerweit entfernt, wiederum in nächster Nachbarschaft zu oberflächlich zugänglichen Kupfer- und Zinnerzvorkommen (Abb. 7)³⁸. Neben den Eisenerzen, auf welche sich der Ruf des »Pirnischen Eisens« einst gründete, stehen hier in kontaktmetasomatischen Skarnlagern der stark verfalteten devonischen Schichten des Elbtalschiefergebirges auch Kupfererze an³⁹. Die reichsten Kupfererzanbrüche hat – und zwar »am häufigsten im hangenden Theile« – das Mutter-Gottes-Lager geführt (Abb. 7, MGL)⁴⁰. Von Bedeutung waren wohl auch die nach heutigen Kriterien unerheblichen Zinnsteingehalte in den Greisentrümmern des Markersbacher Biotitgranits⁴¹, ferner im Biotithornfels am Nordostrand des Gottleubaer Turmalingranits (Abb. 7, MGB und GTG). Kassiterit ist schließlich auch in Gängen im breiten Kontakthof des Markersbacher Granits nachgewiesen, so selbst im Zuge des Mutter-Gottes-Lagers in Vergesellschaftung mit Kupferkies⁴². Die Granitstöcke sind in den tief eingeschnittenen Tälern der Gottleuba und Bahra sowie des Fuchsbaches gut aufgeschlossen. Hier mag natürlich angereichertes Zinnerz gewaschen worden sein.

Die Streuung der Funde, ihre Niederlegung während der Metallzeiten vorausgesetzt, stützt solche Sicht. Am Ausgang einer Talweitung fanden sich bei Giesenstein in Flußschot-

35 W. QUELLMALZ, Erzmikroskopische Untersuchungen an sulfidischen Kupfermineralen aus dem Meißener Massiv. Abhandlungen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden 12, 1967, 209–228, bes. 210ff.

36 Nach A. PIETZSCH 1971; zuletzt W. COBLENZ (wie Anm. 30) 331, Abb. 5–7. Ausführlich dazu K. SIMON (wie Anm. 24) 67ff., 74ff. mit Abb. 13.

37 M. TORKE, Zwei neue urgeschichtliche Funde aus dem östlichsten Erzgebirge und ihre verkehrsgeographische Problematik. Sächsische Heimatblätter 28, 1982, 183–186, Abb. 1.

38 Angedeutet bei M. TORKE (wie Anm. 37); erweiterte Darstellung durch Verfasser und K. Hauswald in Vorbereitung.

39 W. QUELLMALZ, Die Erzlagerstätten von Berggießhübel im Osterzgebirge. Sächsische Heimatblätter 9, 1963, 507–515, bes. 510ff.

40 H. MÜLLER, Ueber die Erzlagerstätten in der Umgebung von Berggießhübel (Leipzig 1890) 17f., 29f., 43.

41 W. QUELLMALZ (wie Anm. 39) 515.

42 H. MÜLLER (wie Anm. 40) 45ff.

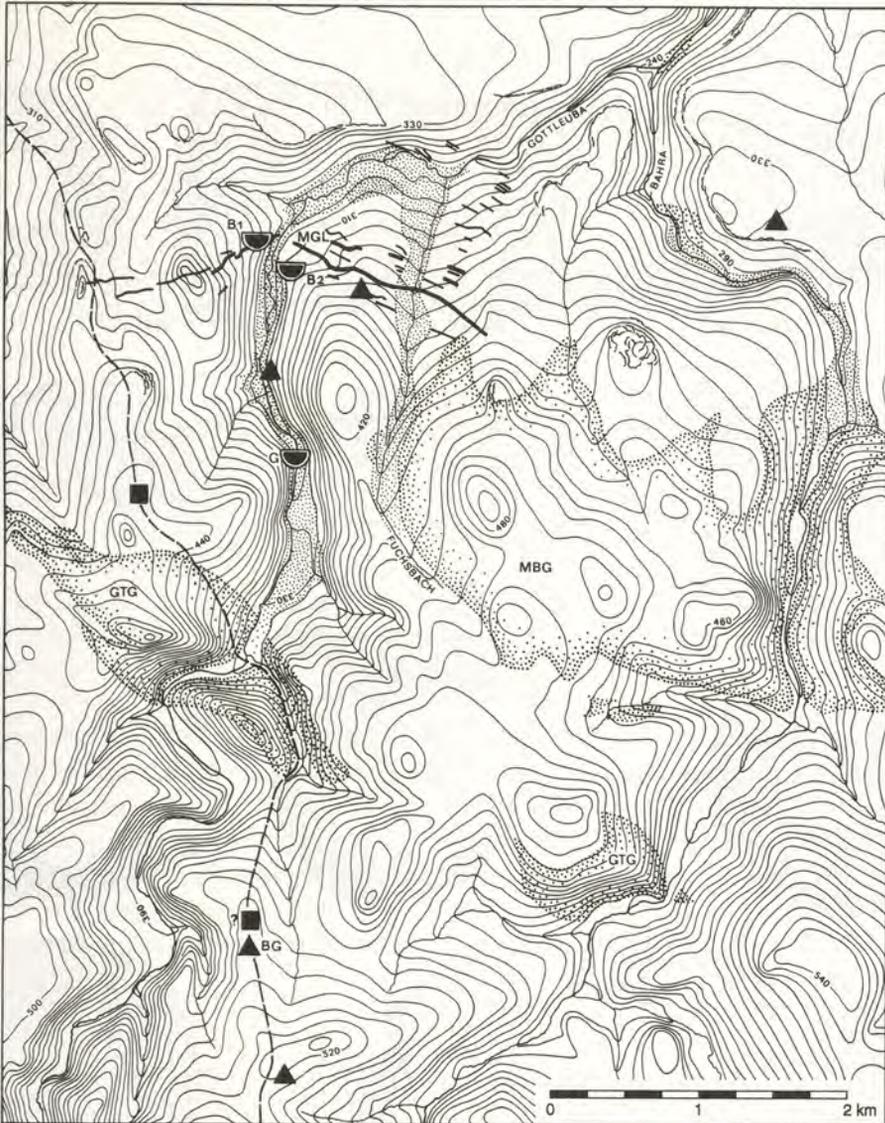


Abb. 7 Bodenschätze, urgeschichtliche Fundstellen (z. T. Bronze- und ältere Eisenzeit) sowie optimaler Verlauf eines erschlossenen Altweges (gestrichelt) bei Berggießhübel und Bad Gottleuba. Legende s. Abb. 2. B1–2 Berggießhübel, BG Bad Gottleuba; G Giesenstein; MBG Markersbacher Biotitgranit, GTG Gottleubaer Turmalingranit, MGL Mutter-Gottes-Lager.

tern zwei große Mahlsteine mit tief gemuldeter, aufgerauhter Arbeitsfläche (Abb. 8, d), die als Erzmöhlen einen Arbeitsplatz früher Metallurgen am Auerand zu markieren scheinen (Abb. 7, G). Handliche Quarzgerölle mit Schlagmarken, die jüngst neben einigen ortsfremden Feuersteinabschlägen an zwei exponierten Stellen nahe den Erzausbissen beiderseits der Gottleuba in Berggießhübel aufgelesen worden sind (Abb. 7, B1–2, 9), können wohl als Pochsteine gedeutet werden⁴³. Ein Rillenschlägel aus der nächstgelegenen

43 Vgl. U. ZIMMERMANN, Die Ausgrabungen in alten Bergbaurevieren des südlichen Schwarzwaldes. Erze, Schlacken und Metalle (wie Anm. 47) 115–146, bes. 143f., Abb. 23.

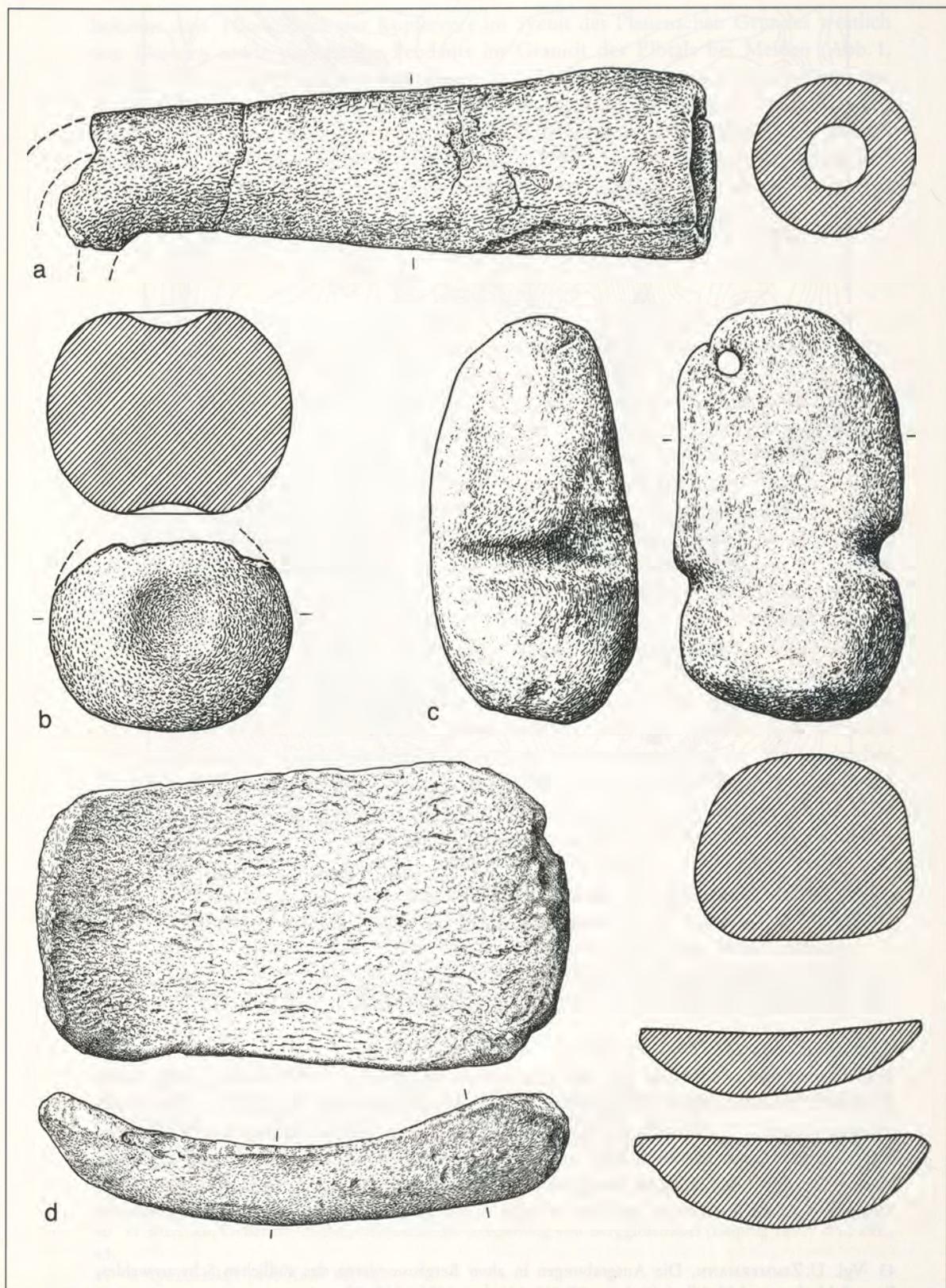


Abb. 8 Bergbau- und Verhüttungsgeräte der Bronze- und älteren Eisenzeit aus Ostthüringen und Sachsen. a Pößneck-Öpitz, b Röblitz, c Dohna, d Giesenstein; M. 1:2, d 1:4.

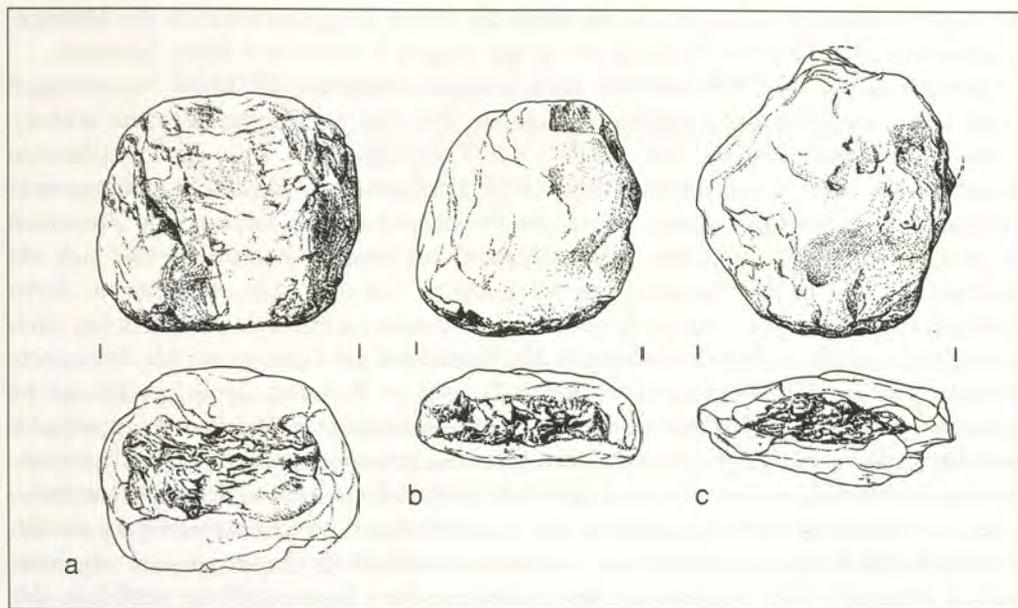


Abb. 9 Pochsteine aus Quarzgeröllen von Berggießhübel; M. 1:3.

Höhensiedlung von Dohna (Abb. 8, c) sowie ein beilförmiger Treibhammer von ihrem Fuße (12 km entfernt) weisen auf Erzbergbau und Metallbearbeitung bereits während der älteren Bronzezeit hin. Letztere ist durch ein Bronzebeil bei Bad Gottleuba auch aus unmittelbarer Nähe für den Gebirgsweg bezeugt (Abb. 7, B). Eine ganz ähnlich Konstellation zeichnet sich im Zuge eben jener Verbindung für den Raum Krupka (Graupen) am Südfluß des Erzgebirges ab (Abb. 1, 32)⁴⁴. Die Verwendung des Erzgebirgskupfers im Spätaunjetitzer Milieu Nordwestböhmens ist im übrigen durch Schlackenanalysen inzwischen erwiesen⁴⁵.

6. Zusammenfassung

Unumstößliche Beweise für örtlichen Erzbergbau aus urgeschichtlicher Zeit stehen auch in Ostthüringen und Sachsen nach wie vor aus. Ein Großteil des benötigten Metalls dürfte – sei es als Rohstoff (Barren, Schrott), sei es als Fertigprodukt – zweifellos aus den klassischen Bergbauregionen des Südens sowie aus anderen Gegenden nach Mitteldeutschland gelangt sein. Indes erhärten neue Recherchen zunehmend die traditionelle Vorstellung von einer wesentlich bodenständig mitbestimmten Kupfer- und Bronzemetallurgie bereits während des älteren Metallzeitalters. Gestützt auf zahlreiche Erzvorkommen, wie sie die meisten Nachbargebiete vermissen lassen, bildete der mitteldeutsche und böhmische Raum offenbar eine eigene paläometallurgische Provinz. Gegenüber den karpatischen und alpi-

44 R. BECK, Die Zinnerzlagerstätten von Graupen in Böhmen. Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt 64, 1914, 269–305, bes. 270, 286 ff., Karte; J. BOUZEK, D. KOUTECKÝ, K. SIMON, Tin and prehistoric mining in the Erzgebirge (Ore Mountains): Some new evidence. Oxford Journal of Archaeology 8, 1989, 203–213, bes. 203 f., 210, Abb. 2, 3, 10.

45 M. ZÁPOTOCKÝ, Lovosice a oblast České brány – starobronzová sídelní koncentrace s doklady kovolictví. Archeologické rozhledy 34, 1982, 361–405, bes. 395 f., 398, 404 f., Abb. 16, 1–2.

nen Zentren merklich verzögert, fiel die Blüte des frühen Bergbaus nördlich der Mittelgebirgsschwelle allerdings anscheinend erst in die jüngere Bronze- und ältere Eisenzeit.

Maßgeblich für die Nutzung der nach heutigen Kriterien oft kaum bauwürdigen Lagerstätten war nicht ihre Ausdehnung, sondern ihre Zugänglichkeit (Nähe, Aufschluß). Günstige Zusammensetzung und ausreichende Ergiebigkeit der Erze im Ausgehenden können – bei aller Unterschiedlichkeit der Erzparagenese – allgemein vorausgesetzt werden. Einen besonderen Anreiz dürfte die Nachbarschaft von Kupfer- und Zinnerzen im Erzgebirge und im Vogtland geboten haben. Im engeren Rahmen deutet sich ein zeitliches Gefälle in der Nutzung der Vorkommen von den Altsiedelgebieten, deren Ressourcen bereits in der älteren Bronzezeit erschlossen (und erschöpft?) worden sind, entlang überregionaler Verkehrsbahnen in die Randzonen der Gebirge an. Als Bezugsorte kommen wiederholt nahegelegene Höhensiedlungen in Betracht, deren metallurgische Spezialisierung auch archäologisch faßbar ist. Dem etablierten Bergbau mit ortsfester Besiedlung gingen im Vogtland anscheinend Jahrhunderte sporadischer, am ehesten saisonaler Erzgewinnung voraus. Mit derartigen Betriebsformen, die kaum Spuren hinterlassen haben, ist vielleicht auch hinsichtlich der ausgedehnten Seifenzinnlagerstätten in den Hochlagen des Erzgebirges zu rechnen, wofür erste archäologische Argumente angeführt werden können⁴⁶. Die Ausbeutung der mitteldeutschen Buntmetallerze verfiel in der älteren Eisenzeit; unter anderen Voraussetzungen wurde sie erst im Mittelalter wieder aufgenommen. Die auf mancherlei Indizien und Deduktionen gegründeten Hypothesen bedürfen nun der Bestätigung und Vertiefung durch gezielte archäometallurgische Forschungen, wie sie neuerdings auch im Raume der deutschen Mittelgebirge mit Erfolg betrieben werden⁴⁷. Ansatzpunkte für derlei Vorhaben – teilweise schon vor Jahrzehnten gewonnen, jedoch bisher kaum beachtet – bieten sich im Hinblick auf die frühe Bronzemetallurgie gerade im sächsischen Erzgebirge und seinem weiten Umfeld in Hülle und Fülle.

Abbildungen:

Verfasser (Abb. 1–7), J. Krause (Abb. 8) und B. Richter (Abb. 9), Landesamt für Archäologie, Dresden

46 K. WANICZEK (wie Anm. 10) 125 ff.; J. BOUZEK, D. KOUTECKÝ, K. SIMON (wie Anm. 44) 203 ff., Abb. 1, 209 f., Abb. 9.

47 Vgl. etwa die Forschungsberichte über Montanarchäologie im Harz und im Schwarzwald. Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 9, H. 2, 1989, sowie Erze, Schlacken und Metalle. Früher Bergbau im Südschwarzwald. Freiburger Universitätsblätter 109, 1990.

Naturwissenschaftliche Untersuchungen zur antiken Kupfer- und Silberverhüttung in Südwestspanien

VON INGO KEESMANN*

1. Einleitung

Das Lagerstättenpotential des südspanisch-portugiesischen Sulfidergürtels spielte bis in die jüngste Vergangenheit immer wieder eine wichtige Rolle in der geschichtlichen und wirtschaftlichen Entwicklung Europas. Die Metallurgie setzte in Südspanien mit der Gewinnung von Kupfer bereits sehr früh ein und erreichte von der phönizischen bis in die römische Periode mit der Produktion insbesondere von Silber ein sehr hohes technisches Niveau. Alter und Umfang der pyrometallurgischen Abfälle in Südwestspanien belegen, daß hier in der Antike in sehr großem Maßstab Buntmetalle gewonnen wurden (Rothenberg, Blanco-Freijero 1981, Domergue 1987). Blei spielt in dieser Technologie die Rolle eines Hilfsmetalls. Grundsätzlich scheint es möglich, daß im Bereich der Erze des sog. »Pyritgürtels« auch die Produktion von Eisen Bedeutung gehabt haben könnte.

Ein von der Volkswagen-Stiftung gefördertes archäometallurgisches Gemeinschaftsprojekt hatte zum Ziel, die kulturhistorische und technologische Entwicklung der antiken Kupfer- und Silbergewinnung zu untersuchen. Für die naturwissenschaftlichen Untersuchungen stand der Arbeitsgruppe Archäometallurgie im Institut für Geowissenschaften der Universität Mainz Material von Aufsammlungen und Grabungen aus zwei Regionen Südspaniens mit drei verschiedenen metallurgischen Schwerpunkten zur Verfügung (Abb. 1):

1. Fundmaterial aus dem Gebiet der Rio Tinto Minera SA mit Schwerpunkt Schlackenprofil Corta Lago (Fundstelle 26), sowie Funde aus der weiteren Umgebung von Rio Tinto in der Provinz Huelva. Schwerpunkte dieser Fundgruppe waren Proben von Nerva (RT 103) und von Monte Romero (Fundstelle 56). Diese Proben umfassen Erze, Schlacken und technische Keramik der Kupfer- und Silbertechnologie.
2. Aufsammlungen aus einem gemeinsam mit der Universität Granada durchgeführten Survey in der Provinz Almeria (Herbst 1988). Diese Proben beziehen sich im wesentlichen auf die frühe Kupfertechnologie, untergeordnet auf spätere Perioden der Technologien von Eisen und Blei. Außerdem standen uns Grabungsfunde von Los Millares und El Malagon (Arbeitsgruppe F. Molina, Granada) für die Untersuchung zur Verfügung.
3. Schlacken aus dem Umfeld subrezenter Bleigewinnung in der Sierra de Gádor aus Galenit-Erzen¹.

* Der Beitrag entstand unter Mitarbeit der Diplomanden und Doktoranden der Arbeitsgruppe Archäometallurgie, Institut für Geowissenschaften, Johannes Gutenberg-Universität Mainz.

¹ An dieser Stelle sei der Volkswagen-Stiftung sehr herzlich für die großzügige Unterstützung gedankt, die alleine erst unserer Arbeitsgruppe archäometallurgische Arbeiten größeren Umfangs ermöglichte.

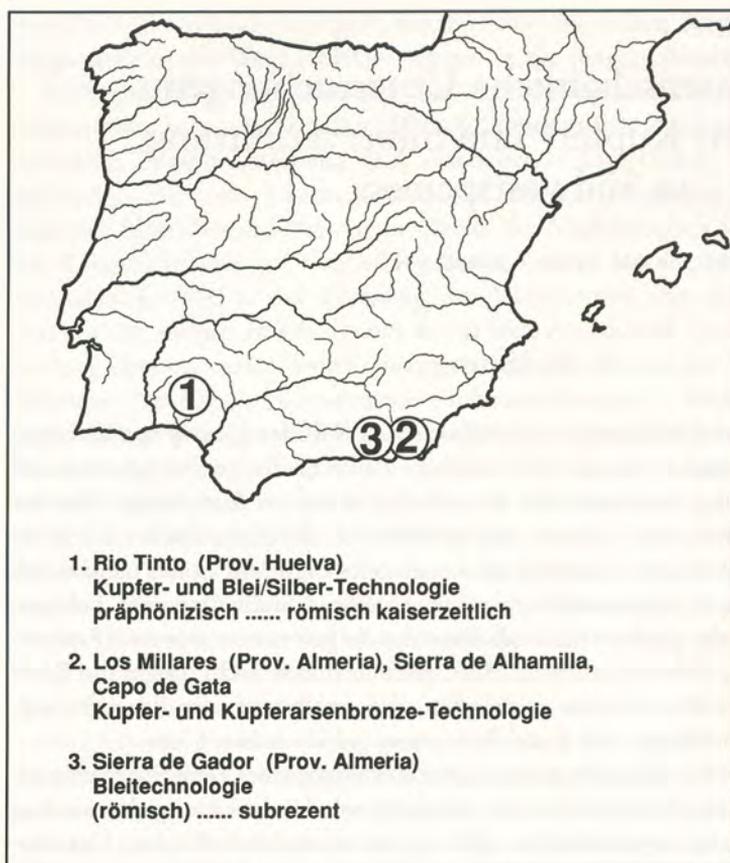


Abb. 1 Lage der Fundgebiete im Süden der Iberischen Halbinsel.

Wir haben das pyrometallurgische Material, das uns B. Rothenberg und F. Molina zur Verfügung stellten, durch eigene Aufsammlung in der Sierra de Gádor und in der Provinz Huelva ergänzt. Im Verlauf unserer Untersuchungen stellte sich heraus, daß sich die Beobachtungen aus allen drei Fundorten ideal im Sinne von Aussagen zum Projekt ergänzen. Andererseits ergab sich aus dieser Zusammenschau der Einzelergebnisse, wie komplex die Einzelfragen zu jedem der antiken Technologie-Teilkomplexe sind. Die Untersuchungen sind noch nicht völlig abgeschlossen. An dieser Stelle soll lediglich eine erste Zusammenfassung unserer bisherigen Ergebnisse speziell zur antiken Silbergewinnung in der Provinz Huelva und ihrer Beziehung zur Kupfergewinnung vorgelegt werden.

B. Rothenberg verdanken wir die Möglichkeiten zur Mitarbeit in einem gemeinsamen Projekt, die H. G. Bachmann vermitteln half. H. G. Bachmann verdanken wir darüber hinaus zahlreiche wertvolle Literaturhinweise. Die Proben wurden zum überwiegenden Teil von B. Rothenberg für unsere Untersuchungen zur Verfügung gestellt, durch ihn vermittelt oder gemeinsam mit ihm aufgesammelt. Mit ihm verband den Autor in der ersten Phase des Projektes ein eher freundschaftliches Verhältnis. F. Molina, der uns bereitwillig archäometallurgisches Material aus seinen Grabungen zur Verfügung stellte, und den Mitgliedern seiner Arbeitsgruppe sei sehr herzlich für ihre Unterstützung gedankt. Insbesondere danken wir auch Herrn J. Alonso Blanco, der uns wertvolle Hinweise gab, die sich in der Folge als sehr fruchtbar erwiesen haben. Zusätzliches Untersuchungsmaterial und nützliche Informationen erhielten wir von P. T. CRADDOCK und I. C. FREESTONE, Britisches Museum London.

2. Definition der einzelnen Metall-Technologien

Die Beschreibung der Fundsituation in der Provinz Huelva von Rothenberg und Blanco-Frejero (1981) enthält zahlreiche Hinweise auf Interpretationen von Beobachtungen und von naturwissenschaftlichen Einzelergebnissen. Hier sind ganz wesentlich auch die Vorstellungen von R.F. Tylecote und H. G. Bachmann miteingeflossen. Aus der regionalen Erzsituation ergibt sich sehr klar, daß zumindest die an vielen einzelnen Fundpunkten vermutete Silbergewinnung nicht in einem einzigen pyrometallurgischen Schritt möglich gewesen sein konnte. Der Reduktion und Gewinnung eines Vorproduktes mit Anreicherung mußte eine Trennstufe folgen. Betrachtet man jedoch jeden Fundpunkt als eine in sich geschlossene Einheit mit Prozessen für Reduktion, Anreicherung und Trennung, dann ergibt sich ein außerordentlich verwirrendes Bild mit einer Vielzahl von unterschiedlich durchgeführten Verfahren, die alle dem gleichen Zweck gedient und zum selben Ergebnis geführt haben sollen.

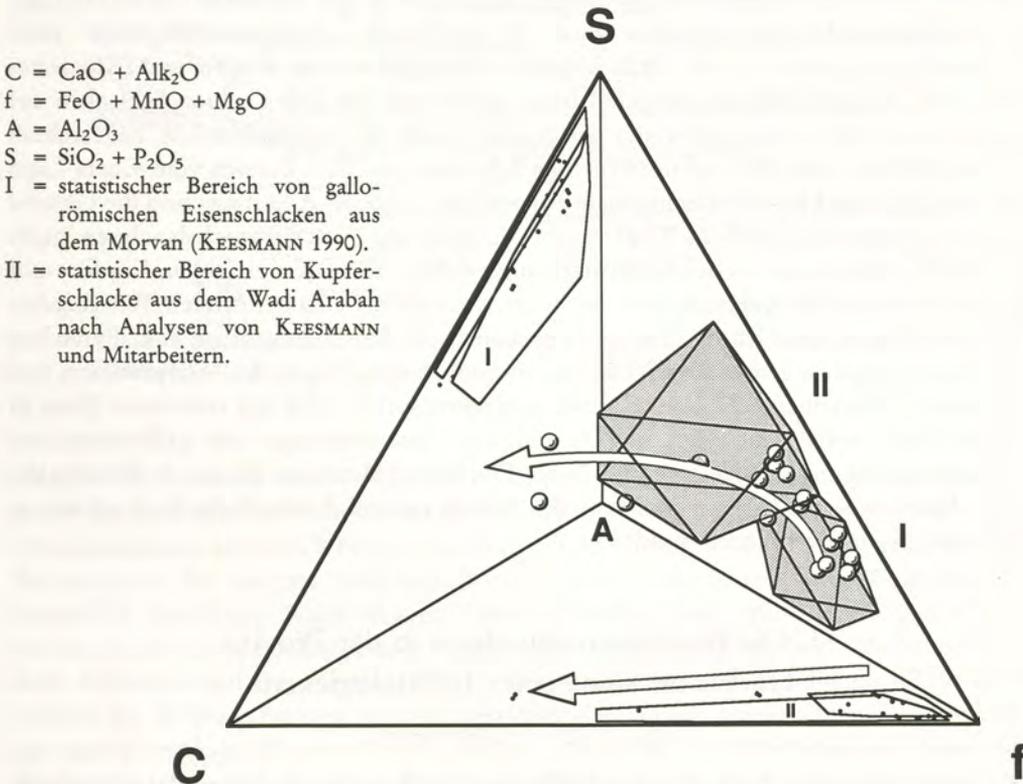


Abb. 2 Tetraederdarstellung von Schlacken-Pauschalanalysen im System C-f-A-S.

Die Raumkörper I und II sind zusammen mit den darstellenden Punkten der Huelva-Schlacken zusätzlich auf die Tetraederflächen CfA und CAS projiziert.

Aus dem Minengebiet von Rio Tinto lagen uns insbesondere vom Profil am Corta Lago genügend Proben für eine systematische Untersuchung vor. Dieses Profil wurde von B. Rothenberg gegraben und im Detail dargestellt. Danach handelt es sich um eine Abfolge von Silber-, Kupfer- und Eisenschlacken. Versucht man eine Interpretation unserer Ergebnisse im Sinne von Rothenberg und Blanco-Frejero (1981), dann ergeben sich Schwierigkeiten bei der Zuordnung der Schlacken. Obwohl die Schlacken während langer

Bodenlagerung sehr aggressiven Wässern ausgesetzt waren, die bei der Oxidation sulfidischer Anteile entstehen, sind sie – von einer dünnen Verwitterungskruste abgesehen – doch so frisch, daß das ursprüngliche Gefüge der meisten Schlacken und die damit verbundene chemische Zusammensetzung weitgehend erhalten sind². Die Umformung von Pauschalanalysen in ein System von vier Variablen, die in einem Tetraeder dargestellt werden können (Abb. 2), bestätigt zunächst den mikroskopischen Befund, daß es sich bei den Schlacken von Corta Lago überwiegend um fayalitreiche Schlacken handelt³. In diese Tendenz ordnen sich allerdings auch Schlacken ein, die nach ihrem Gefügebestand unzweifelhaft als Kupferschlacken gelten können (Tal am Fuß von Monte Romero, möglicherweise subrezent). Die bei Kupferschlacken bekannte Tendenz zu calciumreichen Zusammensetzungen zeigen dagegen – zumindest formal – eine Reihe von Schlacken, die durch ihre runden Formen und ihren hohen Anteil an nicht aufgeschmolzenem Material (»free silica-slags«, siehe unten) auffallen. Danach sind die Schlacken mit ihrer Pauschalzusammensetzung nicht zweifelsfrei einer bestimmten Technologie zuzuordnen. Blei ist – neben legiertem Eisen – das einzige Metall, das in den Schlacken von Corta Lago in signifikanten Mengen gefunden wurde. In der Tat ist metallisches Blei (bzw. seine Umwandlungsprodukte) praktisch in allen Schlacken nachweisbar. Kupfer und reduziertes Eisen sind dagegen stets so gebunden bzw. legiert, daß die untersuchten Schlacken auf Grund dieser Beobachtungen weder der Kupfer- noch der Eisengewinnung zugerechnet werden können. Alle von uns untersuchten Schlacken aus dem Bereich vom Corta Lago sind demnach der Blei-Silbertechnologie zuzuordnen (Abb. 3). Allerdings sind die Gehalte sowohl an Blei wie auch an Kupfer sehr variabel und – aus Pauschalanalysen nicht abzulesen – lokal zuweilen besonders stark angereichert. Kupferoxide fehlen, Kupfer- und Kupfer-Eisen-Sulfide kommen vor, aber charakteristisch ist das Auftreten von Kupfer-Antimon-Phasen, sehr häufig in oder an metallischem Blei. Gelegentlich sind Fünkchen von Cu-Sn-Legierungen in den Schlacken zu beobachten. Gegen die Interpretation von blei- und kupferarmen Schlacken als Eisenschlacken spricht, daß das reduzierte Eisen in hohem Maße mit Arsen legiert ist. Die jüngsten Untersuchungen zur gallo-römischen Eisengewinnung im Bereich arsenführender Eisenerze (Montagne Noire, Südwestfrankreich, Krawczyck 1991) lassen vielmehr den Schluß zu, daß Arsengehalte im Roheisen in der Regel bewußt vermieden wurden.

3. Die Blei-Silbertechnologie in der Provinz Huelva im Sinne einer Technologiekette

3.1 Verhüttungsprodukte

Die große Masse der Fließschlackenabfälle aus dem Bereich vom Corta Lago kann als Abfallprodukt des reduzierenden Schmelzens von Erzen gedeutet werden. Erze, die im Prinzip als Ausgangsmaterial geeignet sein könnten, kommen oder kamen in unmittelbarer Nähe vor. Obwohl die pauschalchemische Zusammensetzung der Schlacken auf den ersten Blick so unspezifisch zu sein scheint, weicht sie doch in einem Punkt von der sonst

² Diese Beobachtung bedeutet, daß auch die ursprünglichen Edelmetallgehalte noch praktisch unverändert erhalten sind und auffällig niedrige Kupfer- oder Silbergehalte nicht etwa durch spätere Auswaschung, sondern durch das antike metallurgische Extraktionsverfahren bedingt sind.

³ Herrn Th. Kost, Institut für Geowissenschaften, Universität Mainz, sei an dieser Stelle wieder einmal sehr herzlich für seine wertvolle Unterstützung bei der Anfertigung der Vollanalysen auch im Rahmen dieses Projektes gedankt.

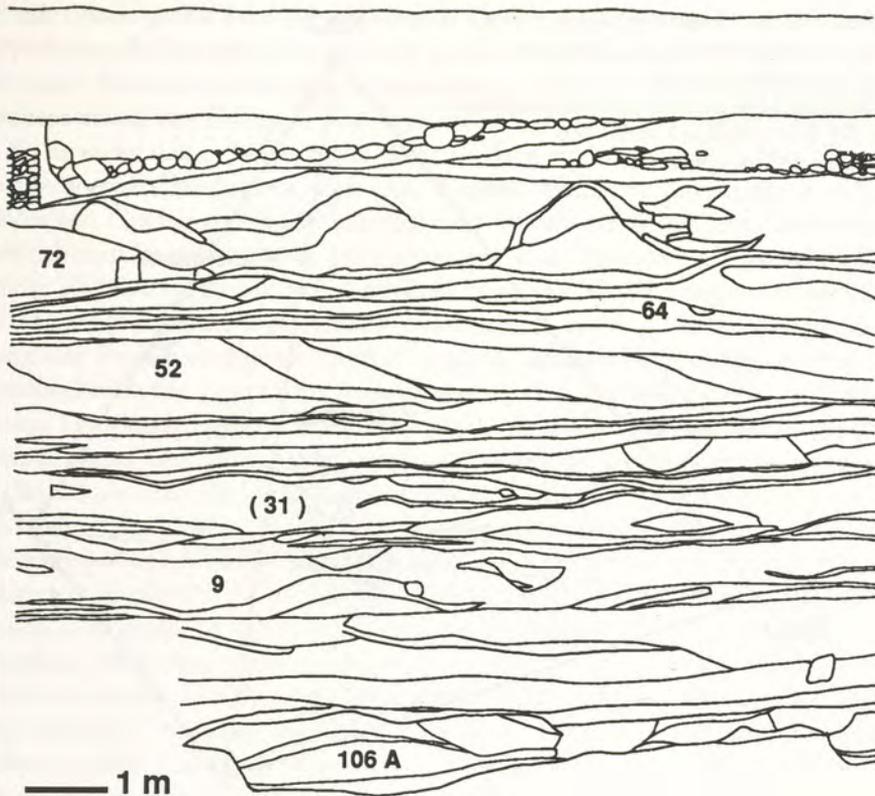


Abb. 3 Schlackenprofil von Corta Lago (nach ROTHENBERG u. BLANCO-FREIJEIRO 1981)
(Nummer) = in diese Untersuchung einbezogene Schlackenschichten.

üblichen ab. Craddock et al. (1985) haben erstmals auf das Vorkommen von Bariumsilikaten in den Schlacken auf dem Gebiet der Rio Tinto Minera aufmerksam gemacht. Unsere Untersuchungen haben in Übereinstimmung mit Craddock et al. (1985) ergeben, daß der Bariumgehalt der meisten Schlacken hoch ist und dabei generell den Calciumgehalt wesentlich übersteigt. Nach unseren Untersuchungen sind BaO-Gehalte >10 Gew.-Prozent mehr für spezielle, heterogene Schlackentypen kennzeichnend. Während Craddock, Freestone und Hunt Ortiz (1987) für Plattenschlacken vom Fundpunkt RT19a BaO-Gehalte bis 25 Gew.-Prozent angeben, erreichen die von uns untersuchten Plattenschlacken vom Corta Lago bis etwa 8 Gew.-Prozent. Hohe BaO-Gehalte führen zu charakteristischen Schlackengefügen. Sie sind im Normalfall durch hohe Anteile von Bariumfeldspäten und in speziellen Fällen von Andremerit gekennzeichnet⁴. Es ist daher möglich, mit den mikroskopischen Beobachtungen und den Mikrosonden-Punktanalysen semiquantitative Abschätzungen des BaO-Gehaltes durchzuführen. Aus dem Vergleich unterschiedlich zusammengesetzter Schlacken ergibt sich, daß in RT19a neben den bariumreichen Schlacken auch solche mit wesentlich niedrigeren BaO-Gehalten vorkommen. Umgekehrt sind unsere Proben vom Cerro del Moro teilweise signifikant reicher an Ba-Phasen als Schlacken aus dem Minengebiet von Rio Tinto Minera (u. a. RT19a)⁵. Die Bariumfeldspäte

4 P. MAIER, Diplomarbeit, Mainz 1988.

5 A. KLEIN, Diplomarbeit, Mainz 1990.

Abb. 4 Feldspäte aus Huelva-Schlacken im System K_2O -BaO-FeO- Al_2O_3 . Trotz der Fülle von Analysenpunkten (92) aus unterschiedlichen Meßserien ist die Mischungslücke zwischen den Ba-Feldspäten Celsian und Hyalophan deutlich zu erkennen.

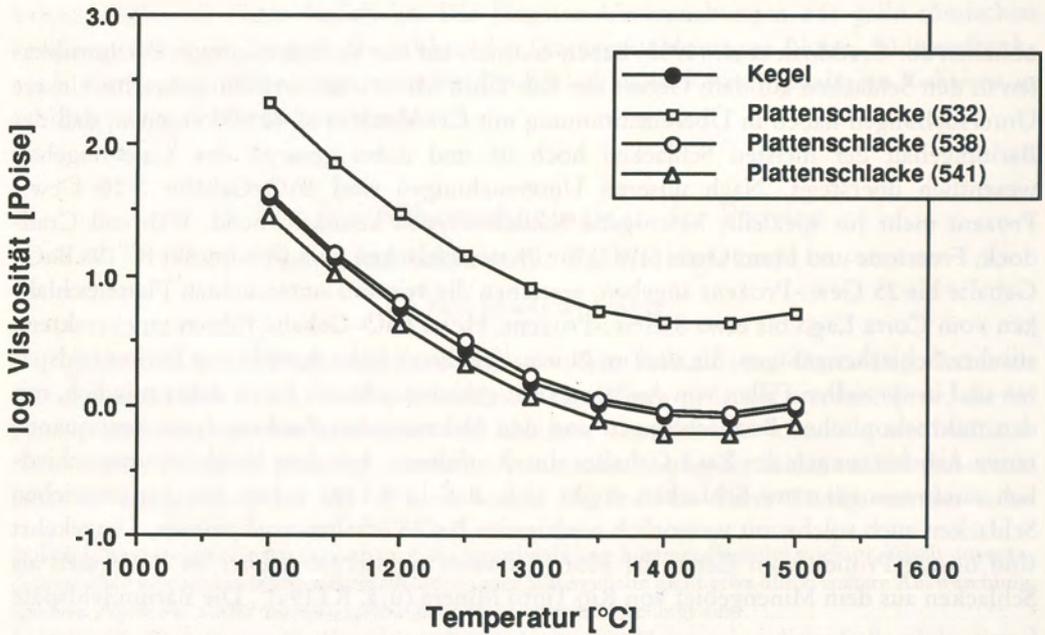
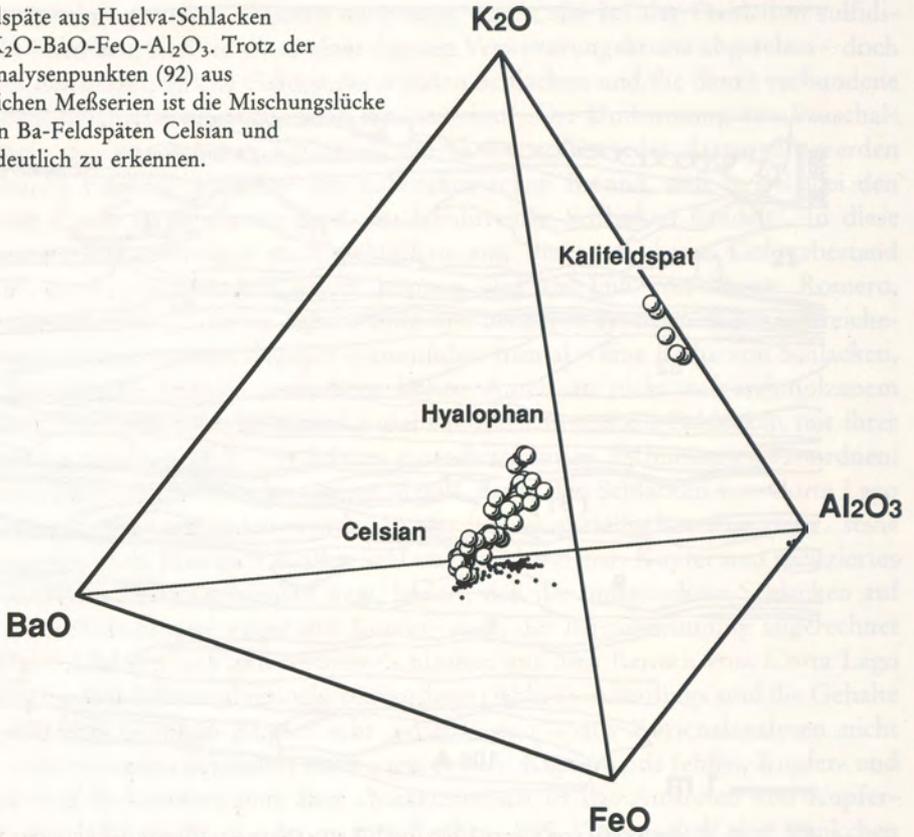


Abb. 5 Viskosität von Plattenschlacken und Kegelschlacke aus dem Profil von Corta Lago. Berechnung nach BACHMANN/ENDELL (BACHMANN, LUTZ, THIEMANN 1989).

bilden mit Olivin große Bereiche eutektischer Gemenge im Verbund mit Wüstit/Magnetit und Pyrrhotin. Es handelt sich demnach gegenüber normalen Abfallprodukten antiker Kupfer- oder Eisengewinnung um außergewöhnlich feldspatreiche Schlacken, in denen die Zusammensetzung der Feldspäte von Hyalophan bis Celsian in weiten Grenzen variiert (Abb. 4). Es sei an dieser Stelle auf die ebenfalls Bariumfeldspat-reichen Bleischlacken von Thasos verwiesen (Hauptmann, Pernicka, Wagner 1988). Die Eisenoxide sind Wüstit in verschiedenen Graden der Rückoxidation und Spinell der Mischkristallreihe Hercynit-Magnetit. Iscorit ist relativ häufig anzutreffen, meist als Produkt einer partiellen Rückoxidation der Silikatschmelzen während der Erstarrung an Luft. Dies zeigt, daß die Schlackenschmelze im Ofen stark reduzierenden Bedingungen unterlag. In Übereinstimmung mit der Lage der Projektionspunkte (Abb. 2) und der tatsächlichen mineralogischen Zusammensetzung handelt es sich bei den Reduktionsschlacken um Systeme, die eine Bildung von Eisen und Eisenlegierungen (Speise) begünstigten. Die makroskopischen Unterschiede im Erscheinungsbild der Schlacken spiegeln sich nicht in der Pauschalzusammensetzung wider. So zeigen z.B. Plattenschlacken aus extrem dünnflüssiger Schmelze keine signifikanten chemischen Unterschiede gegenüber den so charakteristischen Schlackenkegeln, die eine deutlich höherviskose Schmelze voraussetzen (Abb. 5). Deutliche Unterschiede zeigen sich dagegen in den für die Technologie bestimmenden Nebenbestandteilen. Craddock, Freestone und Hunt Ortiz (1987) haben darauf hingewiesen, daß in den von ihnen untersuchten Produkten komplex zusammengesetzte Metall-Arsenid-Antimonid-Sulfid-Phasen vorkommen, die bei der Kristallisation der Silikatschmelze selbständige metallische Körper ausbilden. Da es sich hierbei aber um eben die metallische Phase handelt, die auch das Silber enthält, ist ihr Anteil in der Reduktionsschlacke relativ gering und um so kleiner, je besser das Extraktionsverfahren war. Schlacken späterer Perioden mit besonders niedrigerem Anteil an »metallischer Phase« können folgerichtig auch so interpretiert werden, daß sie einem wiederholten Ausschmelzverfahren unterworfen wurden⁶. Plattenschlacken von Rio Tinto enthalten teilweise größere Mengen an Einschlüssen mit Speise und metallischem Blei. Die Aufschmelzung zerschlagener Plattenschlacke konnte an einem einzelnen Stück auch tatsächlich beobachtet werden. Für Abfall einer wiederholten Ausschmelzung ist charakteristisch, daß mit der Abnahme an »metallischer Phase« der Anteil von Pyrrhotin⁷ in der Silikatschmelze deutlich steigt. Dies kann so gedeutet werden, daß mit dem erneuten Ausschmelzen Galenit zugesetzt wurde, der, zu Blei reduziert, die Extraktion vervollständigte. Reliktisches PbS ist auch dementsprechend häufig zu beobachten.

Einzelne Fundstücke in den Schlackenschüttungen belegen auch andere Stufen der Blei-Silber-Technologie. Unseres Wissens fehlen aber bisher archäologische Grabungen, die den dreidimensionalen Zusammenhang der Einzelaktivitäten von der Reduktion bis zur Silbergewinnung systematisch erfaßt hätten.

6 Wiederverwendung alter Schlacken für erneute Extraktion ist auch in römischer Zeit belegt (Römisches Bergrecht auf den Bronzetafeln von Vipasca, vgl. SALKIELD 1970; DOMERGUE 1983).

7 »Pyrrhotin« der untersuchten Buntmetallschlacken ist in seiner Zusammensetzung sehr variabel. Er baut randlich Kupfersulfid ein und entwickelt sich zu Chalkopyrrhotin. Dies kann dazu führen, daß trotz der analytisch nachweisbaren Cu-Gehalte in der Schlacke keine selbständigen Cu-Phasen gefunden werden.

3.2 *Erzbasis*

Die Suche nach den Silbererzen, die in der Antike verwendet wurden, hat eine längere Geschichte, die direkt mit modernen Minenaktivitäten verbunden ist. Williams (1950) präzisierte und wies darauf hin, daß die silberreichste Zone unmittelbar unter dem »Eisernen Hut« liegt und mit Bereichen, in denen Jarosit (im Sinne von basischem K-Fe^{III}-Sulfat) nachgewiesen werden kann, zusammenfällt. Proben an der Basis der Oxidationszone von Erzbreccien, die besonders blei- und arsenreich sind, bestehen nach Bannister (zitiert nach Williams 1950) überwiegend aus einem oder mehreren Gliedern der Jarosit-Familie »closely related to plumbojarosite«. Williams unterscheidet jedoch verschiedene Varietäten mit ähnlichem Aussehen als »gelbe Erden« und »gelbe Jarosit-Erden«. Auch die »gelben Erden« zeigen größere Silbergehalte. Material des massiven »Eisernen Hutes« enthält ebenfalls Silber, wenngleich in geringerer Menge. Als selbständiges Silbermineral kommt hier das Chlorid vor (Kerargyrit). Williams erscheint es als wahrscheinlich, daß auch Argentojarosit vorkommt. Amstutz vermutete 1964, in Analogie zu peruanischen Vorkommen, bleiarmen (Argento-)Jarosit in größeren Taschen, die in der Antike bereits ausgebeutet wurden (zitiert nach Salkield 1970). Amorós, Lunar, Tavira (1981) konnten schließlich in Jarosit-Konzentraten auch Argentojarosit nachweisen, stellten aber zugleich fest, daß Plumbojarosit die häufigste Varietät ist. Salkield bestätigt den makroskopisch variablen Charakter der tonartigen Proben mit erhöhtem Silbergehalt, auf den bereits Williams (1950) hingewiesen hatte, und faßt sie als »Jarositische Erden« zusammen. Darunter fallen nun auch Proben mit etwa 90 Gew.-Prozent SiO₂, d. h. auch silberhaltige Erden unter der SiO₂-Konzentrations-schicht! Gleichzeitig weist Salkield (1970) darauf hin, daß die vermuteten, ursprünglich vorhandenen Mengen reicher Silbererze dieses Typs nicht ausreichen, die Masse an antiken Schlackenabfällen der Silbertechnologie zu erklären. An anderer Stelle verweist Salkield (1980) auf das Vorkommen von silberreichem Fahlerz im Bereich der Rio Tinto Minera⁸. Bei Rothenberg und Blanco-Freijero schließlich erscheint die Diskussion um die Silbererze der Antike auf Plumbojarosit und Argentojarosit verkürzt (Rothenberg, Blanco-Freijero 1981, 312), ebenso bei Craddock, Freestone, Hunt Ortiz (1987).

Von der Rio Tinto Minera SA wurden uns »Jarosit«-Proben zur Untersuchung und gegebenenfalls für Versuchsschmelzen zugeschickt. Sie enthielten zwar röntgenographisch nachweisbar untergeordnet auch Jarosit und vermutlich Plumbojarosit, bestanden aber überwiegend entweder aus Goethit/Hämatit und Quarz oder aus Fe-armen und quarzreichen Gemengen. Aus diesen Proben kann die Zusammensetzung der Reduktionsschlacken nicht ohne zusätzliche Annahmen abgeleitet werden. Sie lassen sich zwar aus der Zugabe von Material des »Eisernen Hutes« als Zuschlag erklären. Man muß aber nicht unbedingt außergewöhnlich große Jarositvorkommen in außergewöhnlicher Zusammensetzung postulieren, wenn der »Zuschlag« selbst alle in den Schlacken nachweisbaren Elemente in vergleichbaren Proportionen und möglicherweise auch genügend Silber enthält. Von der Fundstelle 63 (1985, Kistengräbersiedlung) lagen uns für die Untersuchung Proben vor, die metallisches Silber in goethitisch-hämatitischer Matrix enthielten. Sie stammen offenbar aus dem »Eisernen Hut« und könnten (mit Quarz) durchaus als Erz geeignet sein. Nach Williams (1950) erreichen schon die Silbergehalte des »Eisernen Hutes« die Größenordnung, die nach Craddock et al. (1985) entsprechend dem Gehalt der Reduktionsschlacken mindestens erforderlich ist (»Null-Ausbeute«).

⁸ Die Liste der silberführenden Minerale im Primärerz und wahrscheinlich auch die der sekundär in der Reduktions- und Oxidationszone gebildeten Minerale ist umfangreicher (vgl. GARCIA PALOMERO 1980; AMORÓS, LUNAR, TAVIRA 1981).

Wir gehen folglich davon aus, daß im Bereich des »Eisernen Hutes« und der Reduktionszone ebenso wie im Primärerz selbst silberhaltige Erze gewonnen wurden. Sie konnten auch Jarosit in wechselnder Menge enthalten, mußten aber nicht notwendigerweise überwiegend oder ausschließlich daraus bestehen. »Jarosit« kann demnach nichts anderes bedeuten als Erze, die vorzugsweise im Bereich der Jarositzone abgebaut wurden, aber von Jarosit auch sehr stark abweichende Zusammensetzungen gehabt haben können. Diese Auffassung entspricht nach unserer Meinung am besten den Beschreibungen sowohl von Williams (1950) als auch von Salkield, der selbst wiederholt auf den sehr variablen Charakter der von ihm verallgemeinernd als »Jarosit« bezeichneten tonig-erdigen Verwitterungsprodukte hinwies (Salkield 1970, 1980).

Das Geheimnis des Erfolges der antiken Silbergewinnung scheint viel weniger in einer außergewöhnlich silberreichen Zusammensetzung der Erze als in der Effektivität der Extraktionsverfahren zu liegen.

3.3 Weiterverarbeitung der Primärprodukte

B. Rothenberg legte 1986 einen ersten Überblick über das Ergebnis seiner zusammen mit P. Andrew und A. Perez durchgeführten Grabung auf dem Monte Romero vor, in dem er auch auf die Mainzer Untersuchungsergebnisse zur Technologie und Technik dieses Platzes einging (Rothenberg, Andrews, Keesmann 1986). Kurz darauf veröffentlichte auch die Arbeitsgruppe des Britischen Museums ihre Ergebnisse zur Verarbeitungstechnik des bereits früher gegrabenen Fundpunktes auf dem Cerro del Moro bei Nerva (»Las Arenillas«, Craddock, Freestone, Hunt Ortiz 1987). Sowohl in Monte Romero als auch in Las Arenillas fehlen die großen Schlackenhalden antiker Reduktion. Die Schlackenvorkommen beschränken sich auf wenige m³ und beinhalten kleinstückige und selten dickere Platten. Die chemische und mineralogische Zusammensetzung ist nach unseren Untersuchungen weitgehend identisch mit denen der Reduktionsschlacken. In der Normprojektion (Abb. 2) zeigt sich dies durch Überlagerung der Projektionspunkte im selben Feld. Die hohen Bariumgehalte verschieben das mineralogische Gleichgewicht derart, daß selbst vergleichsweise niedrige CaO-Gehalte in der Restschmelze gelegentlich bereits zur Bildung von hedenbergitischem Pyroxen in der Restschmelze zwischen den Fayalitleisten führen. Der Fundpunkt Monte Romero lieferte darüber hinaus die heterogenen »free silica«-Schlacken. Von beiden Fundpunkten liegt außerdem umfangreiches Fundmaterial vor, das zu einer Verarbeitung im Zuge der antiken Silberproduktion gehört. Die für beide Fundpunkte unabhängig voneinander erarbeiteten Vorstellungen zur Anreicherungs- und Gewinnungstechnik scheinen einander zu widersprechen.

Fundplatz 56 (Monte Romero) lieferte Material, das unserem Bild von der möglichen Zusammensetzung der ersten »metallischen Phase« aus dem Reduktionsprozeß sehr genau entsprach, das wir aus der Untersuchung der Reduktionsschlacken gewonnen hatten. Dieses Material besteht aus sich überlagernden Schichten von Schlacke, Matte, Speise, Schlicker und metallischem Blei⁹. Diesem komplexen Aufbau der Probe entspricht ein

9 Die meisten speisereichen Funde, die uns zur Verfügung standen, sind alle mehr oder weniger stark oxidativ zersetzt. Wir konnten jedoch den Befund in einer Probe untersuchen, in der die charakteristische Zwischenschicht aus Schlicker, Speise und Matte als etwa 1 cm starke Platte zwischen Resten der Schlackenabdeckung und des abgeseigerten Bleis noch vollständig erhalten war (S. BAUR, Diplomarbeit, Mainz 1990). Der Aufbau dieser Probe entspricht, abgesehen von den Cu-reichen Zwischenzonen, genau den Vorstellungen, die W.A. JENKIN bereits 1911 aus der Untersuchung einiger Proben von Rio Tinto entwickelte (vgl. SALKIELD 1987). Die von ihm analysierte Speise enthielt bis ca. 2 Gew.-Prozent Kupfer.

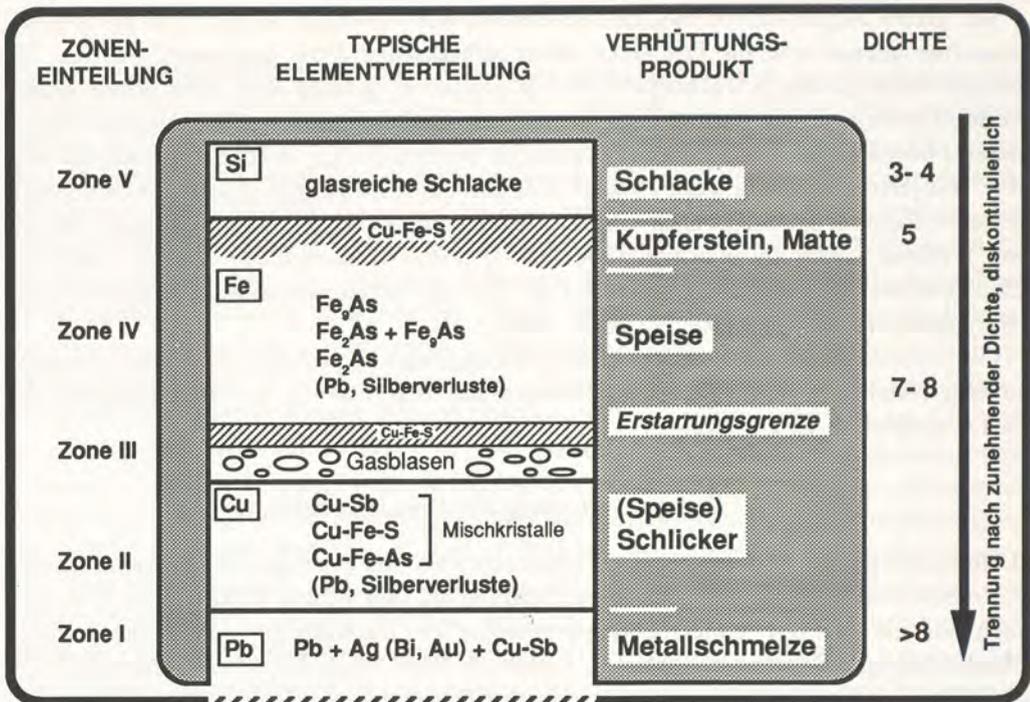


Abb. 6 Aufbau und Zusammensetzung von »Speise« (Probe Nr. 860913/5; Präparate Nr. 548/xx).

nicht minder komplexer Aufbau der einzelnen Schichten unter der bariumreichen, glasigen Schlacke (Abb. 6). Die Schichtenabfolge ist zwanglos als Ergebnis einer – unvollständigen – gravitativen Trennung aus dem flüssigen Zustand zu erklären. Lediglich die Matte-Zwischenschicht unter der eigentlichen Speise stört. Sie verdankt ihre Entstehung der Verfestigung der darüberliegenden Speise vor der Kristallisation der Bleischmelze: Dies ist zugleich die Ursache für größere Silberverluste in der Speiseschicht. Die Fe-As-Phasen, die die Hauptmasse der Speise bilden, enthalten nur in seltenen Fällen Silbergehalte bis etwa 0,1 Gew.-Prozent. Meistens ist der Silbergehalt <0,01 Gew.-Prozent. Sie halten jedoch erhebliche Mengen Blei als eingeschlossene Tropfen zurück, das im intergranularen Eutektikum relativ viel Silber enthält! Aus diesem Gesamtaufbau der metallischen Phase (Abb. 6) ergibt sich zwingend, daß eine thermische Zusatzbehandlung erforderlich war, um größere Silberverluste zu vermeiden. Das Gefüge der überlagernden Schlacke unterscheidet sich mit seinem hohen Glasanteil von dem der Reduktionsschlacken. Zudem enthält die Schlacke zahlreiche nicht aufgeschmolzene Gesteinsteilchen (Sand). Das bedeutet, daß – wie wahrscheinlich auch bei der Reduktion – in diesem Arbeitsgang die Schlacke und das silberhaltige »metallische Produkt« nacheinander getrennt aus dem Schmelzofen gewonnen wurden. Die Metallschmelze wurde mit (barythaltigem) Sand dünn abgedeckt. Der gesamte Vorgang entspricht im Prinzip der »Gewinnung von Silber aus Speise« von Las Arenillas, wie sie von Craddock, Freestone und Hunt Ortiz (1987) dargelegt wurde. Rothenberg, Andrews und Perez konnten bei ihrer Ausgrabung in Monte Romero einen Röstplatz aufdecken (Rothenberg, Andrews, Keesmann 1986). Zwischengeschaltete Röstprozesse können wir mit unseren Beobachtungen aber nicht direkt belegen.

Den entscheidenden Hinweis zur Interpretation unseres Befundes gab die Arbeit von G. Laub (1988). Herrn Laub sei hier nochmals ganz besonders für seine hilfreichen Diskussionsbeiträge gedankt.

3.4 Silbergewinnung

Die antike Silbergewinnung aus silberarmen Erzen beruht auf einer vorherigen Anreicherung in metallischem Blei. Die Trennung erfolgt im Treibprozeß. Bruchstücke von alten Treibtellern¹⁰ wurden in der Provinz Huelva an mehreren Stellen gefunden, u. a. auch in den Schlackenhaldden der Rio Tinto Minera. Die bisher spektakulärste Fundstelle ist jedoch Monte Romero. Offenbar folgte hier der Extraktion der Speise der oxidative Trennprozeß. Dazu wurden kegelförmige Spitzbodengefäße verwendet (Rothenberg, Andrews, Keesmann 1986). Sie sind u. W. nur in gebrauchter Form bekannt, d. h. vollgesogen mit

Tabelle 1 Monte Romero (Probe 860319/16, Präparat Nr. 459 A).
Kupfer/Silber-Dendriten in PbO-reicher Treibschale (Gew.-%)

Cu	96,79	98,66	98,57	96,70	97,85	97,91
Ag	0,56	0,64	0,34	0,66	0,44	0,64
Pb	0,01	0,06	0,21	0,18	0,09	0,12
S	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
As	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,06	0,02	0,00
Ag	96,40	96,98	95,97	94,88	94,76	95,62
Cu	0,97	0,88	0,89	0,83	0,80	0,62
Pb	2,00	2,38	1,66	2,10	1,62	2,02
S	0,05	0,07	0,17	0,08	0,05	0,12
As	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Bleioxiden. Mit den Bleioxiden dringen auch Kupfer und Silber in die keramische Masse des Treibgefäßes ein. Sie bilden Dendriten von silberhaltigem Kupfer mit aufwachsenden Silberkristallen, die ihrerseits Kupfer enthalten (Tab. 1). Das Kupfer wird vom oxidierenden Blei aus nach unten zunehmend selbst oxidiert und dabei teilweise zu Antimonaten umgesetzt. Der Gehalt an metallischem Silber nimmt in Richtung Oberfläche, d. h. zum oxidierenden Inhalt des Gefäßes hin, zu. Trotz intensiver stofflicher Überprägung der Substanz, aus der die Treibgefäße ursprünglich bestanden, ist doch zuweilen noch deutlich das ursprüngliche Gefüge zu erkennen: Es ist durch wandparallele, schmale und leicht gebogene Hohlräume gekennzeichnet. Offensichtlich handelt es sich um Formen von Muschelschalen¹¹. Sie bilden den Hauptbestandteil des frischen Gefäßes, das durch Brennen saugfähig gemacht werden konnte.

Vom Fundpunkt Las Arenillas sind u. W. zwar keine Treibgefäße bekannt, wohl aber metallisches Silber mit außergewöhnlich hohen Wismutgehalten (Craddock, Freestone, Hunt Ortiz 1987) und massive Stücke von Bleioxid. Dieses Bleioxid enthält nach unseren Beobachtungen wie die Kapellen vom Monte Romero Kupferantimonat und in geringer Menge auch metallisches Kupfer. Es ist also anzunehmen, daß die Zusammensetzung der Ausgangsprodukte wie der Endprodukte vom (wahrscheinlich phönizierzeitlichen) Monte Romero und vom römerzeitlichen Cerro del Moro bei Nerva vergleichbar waren.

¹⁰ »Kapellen« im Sinne von AGRICOLA (1556) als kleinere, saugfähige Formteile zum Abtreiben von Blei.

¹¹ An dieser Stelle bedanken wir uns bei dem Paläontologen Dr. R. Leinfelder, Institut für Geowissenschaften, Universität Mainz, der unsere Vermutungen bestätigte.

3.5 Blei-Rückgewinnung

Im Gegensatz zu Las Arenillas tritt jedoch auf dem Monte Romero mit den »free-silica«-Schlacken (Rothenberg, Blanco-Frejero 1981) ein zusätzlicher Schlackentyp auf. Es handelt sich dabei um mehr oder weniger stark verrundete, ball- oder brotlaibförmige Schlackenkörper ohne Fließmerkmale, mit meistens einer flachen Seite. Im Bruch sind häufig zahlreiche Gesteinsrelikte unterschiedlicher Größe zu erkennen. Die Schlacken sind, wie Rothenberg und Blanco-Frejero (1987) feststellen, generell recht schwer, vom Monte Romero aber deutlich leichter. Dies kann mit unterschiedlichem Porenvolumen zusammenhängen. Sie enthalten zahlreiche makroskopisch erkennbare Blasen Hohlräume. Die petrographische Untersuchung zeigt, daß die Gesteinsbruchstücke nur selten wirklich Quarz sind, häufiger dagegen heterogene Gesteine, Plagioklas- und Barytbruchstücke¹². Im Normdiagramm liegen die Pauschalanalysen von Schlacken dieses Typs im C-reichen Teil des Tetraeders (Abb. 2). Dies ergibt sich aus dem hohen BaO-Gehalt. Im übrigen sind Pauschalanalysen so heterogener Systeme aber wenig aussagefähig.

Das mikroskopisch bestimmbare Gefüge dieser Schlacken ist dagegen außerordentlich interessant und aufschlußreich. Im Prinzip bestehen diese heterogenen Schlacken aus einem Gerüst fester Bestandteile und Blasen Hohlräumen. In den interstitiellen Räumen bilden sich fließfähige eutektische Schmelzen. Aus ihnen kristallisiert magnetitischer Spinell, der sich an die vorhandenen Festkörper anlagert und ihr Volumen dadurch noch vermehrt. Die eigentliche Schlacke ist mehr oder weniger glasreich, mit fayalitischem Olivin und Bariumfeldspäten. Außerdem enthält die Schlacke zahlreiche Relikte von Galenit – und in einem Fall nachweisbar – Reste von Bleioxid aus dem Treibprozeß mit den charakteristischen Einlagerungen von metallischem Kupfer, vermutlich ein Stück Treibteiler. Charakteristisch ist der hohe Anteil an metallischem Blei, das sich am Rande der Hohlräume sammelt. Dieses Blei enthält noch Cu-Sb-Phasen und zusätzlich ZnS. Es ist von Kupfersulfiden in symplektitischer Verwachsung umgeben. Aus der Interpretation dieses Befundes ergibt sich, daß im Volumen der ball- und brotlaibförmigen heterogenen Schlacken Bleioxid und Bleifulfid miteinander umgesetzt wurden (Röstreaktion). Gleichzeitig wurden Kupfer und Cu-Sb-Phasen zu Kupfersulfiden umgewandelt. ZnS stammt vermutlich aus dem zugesetzten PbS-Erz. Das gebildete Blei konnte zusammen mit den neugebildeten Mattephasen durch die weitgehend stabilen und durch progressives Aufschmelzen ergänzten Hohlräume in der Schlacke abseigern. Es handelt sich dabei offenbar um ein Verfahren zur Bleigewinnung aus den oxidischen Abfällen. Monte Romero ist eine polymetallische Lagerstätte, u. a. mit reichen Blei-Zink-Erzen. Die Grabung von Monte Romero liefert u. W. zwar keinen Galenit, dagegen am Ort gelagerte Bleiminerale aus der Oxidationszone in Pulverform. Sie könnten in diesem wieder aufbereitenden Teilprozeß ebenfalls Verwendung gefunden haben.

Die heterogenen Recyclingschlacken enthalten so viel Blei, Silber und Kupfer, daß es mehr als wahrscheinlich ist, daß sie in den Prozeß zurückgeführt werden konnten. Ihre Wiederverwendung im primären Reduktionsprozeß würde dazu führen, daß sich wegen

12 Die Bezeichnung »free-silica-slag« ist, unabhängig vom relativen Anteil des Quarzes an den heterogenen Bestandteilen, petrographisch irreführend. Sie würde bedeuten, daß die Schmelze einen Gleichgewichtszustand erreicht hat und sich bei der Abkühlung Cristobalit und/oder Tridymit als SiO₂-Überschufphasen bilden. Die eigentliche Schlacke im Gerüst der Gesteinsbruchstücke und Blasen ist jedoch weitgehend fayalitisch oder pyroxenitisch und nicht unbedingt SiO₂-übersättigt. Sie enthält nach unseren Beobachtungen allenfalls noch SiO₂- und bleireiches Glas. Wir schlagen für diesen speziellen Schlackentyp eine Bezeichnung vor, die sich auf den technischen Vorgang bezieht (Blei-Rückgewinnung).

der zuweilen extrem hohen BaO-Gehalte die Pauschalzusammensetzung der daraus gewonnenen Fließschlacken signifikant ändert, wenn nicht durch andere Erze oder Schlacken verdünnt wird. Dies wäre eine von mehreren Möglichkeiten, offensichtliche Unterschiede in der Zusammensetzung der Plattenschlacken, z. B. von RT19a und aus dem Corta Lago-Profil, zu erklären.

Tabelle 2 Monte Romero (Probe 870614/1, Präparat Nr. 887).
Kupfer und Silber in metallischem (Recycling)-Blei (Gew.-%)

Cu	97,83	94,08	95,70	99,67	52,43	63,20	0,02
Ag	0,01	0,07	0,03	0,00	0,07	0,75	73,33
Pb	0,27	0,00	0,17	0,03	0,63	1,90	0,42
As	0,80	0,72	0,04	0,43	0,06	0,14	0,03
Sb	0,98	1,05	1,22	1,08	45,14	28,92	21,90

Metallisches Blei aus dem Bereich der Grabung von 1986 enthält zahlreiche idiomorphe Cu-Kristalle als Einschlüsse. Daneben tritt eine Cu-Sb-Phase auf¹³. Im intergranularen Eutektikum ist Silber als Ag-Sb-Phase nachzuweisen (Tab. 2). Dies könnte das metallische Produkt aus dem Recycling-Prozeß sein. Daneben sollte sich noch ein Cu-S-reiches Produkt gebildet haben, das abgetrennt wurde.

3.6 Pyrometallurgische Installation

Zu den pyrometallurgischen Installationen gehören in erster Linie die Öfen, in denen die Schmelzprozesse durchgeführt wurden. Weder aus älteren Beschreibungen noch aus den Ergebnissen jüngerer Grabungen geht hervor, welche Konstruktionen verwendet wurden. Salkield (1970) vermutet für die älteste Periode »bowl furnaces« mit einer Luftdüse. Aus der römischen Periode sind Reste von Ofenkonstruktionen in Tharsis und Rio Tinto bekannt, die als »Katalan-Öfen« interpretiert werden.

Das Fundmaterial, das uns zur Untersuchung vorlag, erlaubt keine direkten Aussagen zu den Ofenkonstruktionen. Die Reste verschlackter Ofenwand lassen jedoch den Schluß zu, daß es sich zumindest am Fundplatz Monte Romero und in dieser Phase der Reindarstellung von Silber um sehr sorgfältig ausgeführte Konstruktionen gehandelt haben muß. Darauf deutet sowohl das Mauerwerk aus Tonsteinen mit Mörtel-Zwischenlage, als auch ein von uns untersuchtes Stück keramischer Auskleidung (wahrscheinlich aus dem Feuerraum), das mehrere kaum mm-dicke, nacheinander aufgetragene Feinkeramiklagen zeigt.

Aus der Interpretation der Schlackenformen und Schlackengefüge von Rio Tinto sind für den Reduktionsprozeß zwei verschiedene Ofentypen abzuleiten:

Ein Reduktionsofen (1), aus dem niedrigviskose Schlackenschmelze abgestochen wurde, die zu wulstigen, zur Ofenwand mehr oder weniger konisch zulaufenden Schlackenpaketen oder zu homogenen Plattenschlacken austrat und erstarrte. Das Produkt »metallische Phase« wurde entweder vor der Silikatschmelze abgelassen (Abstich an der tiefsten Stelle), oder nach Abstich der Silikatschmelze aus einer Öffnung über der »metallischen Phase«.

13 Violette Phase, Cu₂Sb. Für die verschiedenen kristallinen Komponenten der »metallischen Phasen« liegen uns ebenso wie für die silikatischen und oxidischen Bestandteile von Schlacken der Blei-Silber-Technologie sehr zahlreiche Mikrosonden-Punktanalysen vor. Es sei an dieser Stelle nur darauf hingewiesen, daß in dieser Technologiekette mindestens drei verschieden zusammengesetzte Cu-Antimonide auftreten.



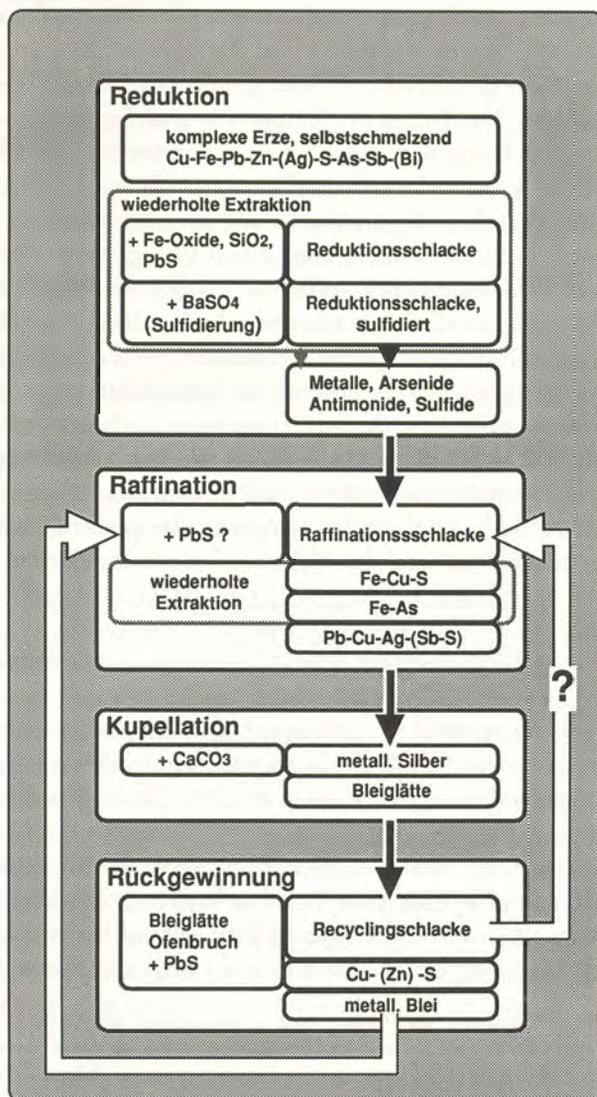
Abb.7 Querschnitt durch einen Schlackenkegel (Corta Lago). Sehr heterogene Schlacke mit zahlreichen Gesteins- und Holzkohle-Einschlüssen. Große Gasblase unter der Kegelspitze. Nach einer Handpause vom Original. Verkleinerung auf 1/2.

Der Ofen für ein zweites Ausschmelzen von Schlacke (2). Dieser Ofen könnte im Prinzip dem ersten Typ entsprechen. Die Schmelzen der Schlackenkegel jedoch, die wir als ein Ergebnis dieses Verfahrensschrittes ansehen, haben eine andere Behandlung erfahren: Sie wurden aus größerer Höhe (mindestens 30 cm) über dem Boden in mehreren Schüben als frei fließender Strahl abgelassen. Die ausfließende Schmelze war entweder zäher (kälter) als die normale Reduktionsschlacke oder konnte während des Ausfließens stärker abkühlen. Sie ist stärker oxidiert, eventuell während des Abstiches. Die Schlacke ist durch zahlreiche eingeschlossene grobe Holzkohlestücke (Querschnitt bis ca. 3 cm) und zahlreiche Relikte von quarzreichem Zuschlag gekennzeichnet (Abb.7)¹⁴. Möglicherweise ent-

14 Die Vorstellung, die Schlacke sei an einem Holzstock abgeflossen und habe dabei ein Loch in der Spitze des entstehenden Schlackenkegels hinterlassen (ROTHENBERG, BLANCO FREIJERO 1981, 106), entbehrt nach unseren Beobachtungen jeder Grundlage. Die Holzkohlestücke verteilen sich gleichmäßig über die Lagen des aus Schlackenwülsten aufgebauten Kegels. Die Spitze des Kegels wandert, während sich der Kegel aus nachfließender Schmelze aufbaut. Bei der Erstarrung und gleichzeitigen Belastung durch die nächste Schmelze-Schicht werden Gasblasen ausgepreßt. Sie wandern zwischen den Schichten zur heißesten Zone in der Mitte zur Spitze. Beim Aufspritzen des sich von innen aus der Schlacke heraus bildenden Hohlraums öffnet sich ein Loch in der erstarrten Oberflächenschicht (C. WILHELM, Diplomarbeit, Mainz 1989).

spricht der verwendete Ofen einem Typ, der noch in der Neuzeit zum Ausschmelzen von Blei aus Schlacke verwendet wurde: In einer einfachen Ofenkonstruktion seigert das Blei in einer Packung aus größeren Holzkohlestücken ab, die den Boden der Konstruktion füllt, die Schlackenschmelze geht durch den Überlauf¹⁵.

Abb. 8 Rekonstruktion der antiken Silbergewinnung in der Provinz Huelva.



Reinigung und Auftrennung des »metallischen Produktes« bis zur Silbergewinnung erfordert nach dem Ergebnis unserer Untersuchungen der Abfälle eine Serie von Operationen, die theoretisch wenigstens teilweise in ein und dem selben Ofen durchgeführt werden können. Aus dem Befund der Grabung vom Monte Romero (Rothenberg, Andrews, Keesmann 1986) könnte man vielleicht ableiten, daß wenigstens zwei verschiedene Anlagen betrieben wurden. Mindestens eine dieser Anlagen war mit einem Gebläse ausgestattet.

15 Prinzip des »Spanischen Schlackenherdes« (PERCY 1870), in dem neuzeitlich aus römischen Bleischlacken Blei ausgeschmolzen wurde.

Die Nachbehandlung der »metallischen Phase« erfolgte (römerzeitlich) nach Craddock et al. (1985) in Tiegeln, die nicht unbedingt eine spezielle Ofenkonstruktion erfordern. Zumindest für das Raffinationsschmelzen (Abb. 8) war es aber notwendig, einen eigenen kleineren Ofen zu betreiben (3).

Für den Treibprozeß darf man annehmen, daß eine speziell dafür konzipierte Konstruktion zur Verfügung stand, in der alle Vorkehrungen gegen unbeabsichtigte Verluste getroffen waren (4). Hier waren die Treibgefäße so aufzustellen, daß sie in ihrer spitzkegeligen Form abgestützt¹⁶ und gleichzeitig allseitig der vollen Hitze ausgesetzt werden konnten. Der Boden der Treibgefäße unterlag stärker reduzierenden Bedingungen. Für die Oxidation von Blei in der Schale kann man ein Gebläse voraussetzen, das einen Luftstrom auf die Oberfläche lenkte, ohne dabei die Schale zu stark abzukühlen¹⁷.

Schließlich muß eine Vorstellung entwickelt werden, wie die Recyclingschlacken erzeugt wurden (5). Sie wurden nach ihrem Gefüge als hochviskose, plastische Masse erhitzt und geformt. Gleichzeitig konnten das abseigernde metallische Blei und die Kupfersulfidschmelze ablaufen. Die allseitig runden oder brotlaibförmigen Schlacken können in dieser Form wohl kaum den Hohlraum eines Schmelzofens abbilden. Die Formen lassen sich aber sehr wohl so interpretieren, daß die hochviskose Schlackenmasse mechanisch bewegt und geformt wurde. Dieses zunächst spekulativ anmutende Verfahren hat seine neuzeitliche Parallele in der Bleiproduktion der Sierra de Gádor im 19. Jahrhundert (Percy 1870). Dabei wurden Bleierze dem Röstreaktionsverfahren unterworfen. Die Arbeitstemperatur wurde so niedrig gehalten, daß die Schlacke als hochviskose Schmelze in einem Flammenofen mechanisch zurückgesetzt werden konnte, und das Blei über den schrägen Boden in eine Tiegel abließ¹⁸.

4. Verbindung von Blei-Silbertechnologie und Kupfertechologie

Rothenberg weist wiederholt auf räumlich und zeitlich enge Verknüpfung von »Kupfergewinnung« und Silbergewinnung an verschiedenen Fundpunkten hin und hält es sogar für möglich, daß sowohl Kupfer als auch Silber am selben Ort produziert wurden (Rothenberg, Blanco-Freijero 1981).

Craddock, Freestone und Hunt Ortiz (1987) bemerkten dagegen für den Cerro del Moro und RT19a (Rio Tinto Minera) ausdrücklich, daß mit der Speise keine Matte vorkommt. Diese Aussage können wir nach unseren Untersuchungen nicht bestätigen. Sowohl in Schlacken von RT19a als auch vom Corta Lago wurden Cu-Fe-Sulfide gefun-

16 Das kegelige Treibgefäß konnte mit seinem schweren Inhalt nicht frei stehen und mußte daher abgestützt sein. Während des Treibprozesses war es daher entweder in einer Vertiefung des Ofenbodens geschützt oder allseitig den heißen Flammgasen und der Gebläseluft ausgesetzt. In diesem Fall war eine zusätzliche mechanische Stütze erforderlich. CRADDOCK et al. (1985) berichten von »rätselhaften Keramik-Keilen«. Sie sind einseitig mit Bleisilikatschmelze überzogen und waren offenbar für mehrere Stunden gleichmäßig höheren Temperaturen ausgesetzt. Diese keramischen Keile könnten sehr gut als Stützen der Treibgefäße gedient haben.

17 ROTHENBERG, ANDREWS und PEREZ fanden eine gewinkelte Düse in situ (Abbildung in ROTHENBERG, ANDREWS und KEESMANN 1986). Eine solche Konstruktion würde z.B. ermöglichen, Luft direkt am Treibofen vorzuwärmen.

18 Das Abfallprodukt dieses Verfahrens sind wulstige »graue« Schlacken, die makroskopisch durchaus mit Fließschlacken verwechselt werden können. Sie verdanken ihre leichte Schmelzbarkeit den teilweise sehr hohen Anteilen an Fluorit (L. DIERKES, Diplomarbeit, Mainz 1990). Die Analogie bezieht sich nicht auf die Zusammensetzung der Schlacken, sondern auf die Technologie und die grundsätzliche Verfahrensweise. Es ergeben sich aber insofern Konvergenzen, als auch in der Antike die ballförmigen Schlacken homogen werden können (ROTHENBERG, BLANCO-FREIJERO 1981, Fundpunkt 58, Santa Barbara).



Abb. 9 Beziehungen der antiken Silbergewinnung in der Provinz Huelva zur antiken Kupfergewinnung.

den, ebenso in Schlacken von Las Arenillas! Dies ist bei dem häufigen Auftreten von Sulfiden (»Pyrrhotin«; Sulfid aus Jarosit?) und Kupfer (als Antimonide) auch nicht weiter verwunderlich. Darüber hinaus fanden wir in diesen Schlacken Einschlüsse, die den Aufbau aus Blei/Eisenarsenide/Kupferphasen auch dann noch sehr deutlich zeigen, wenn ein Teil dieser Paragenese bereits verwittert ist. Damit unterscheiden sich die »metallischen Produkte« von Rio Tinto Minera, Cerro del Moro und Monte Romero nicht grundsätzlich, sondern nur im Verhältnis der einzelnen Bestandteile zueinander: Die Schlacken von Rio Tinto führen je nach Schlackentyp alle interessierenden Bestandteile in unterschiedlicher Menge; Cerro del Moro lieferte Speise und Bleioxid, die wohl die Endstufe möglicher Entsilberung darstellen; Monte Romero bietet alle dazwischen liegenden Stufen der Technologiekette.

Tatsache ist, daß die entsilberten Produkte vom Cerro del Moro zugleich die kupferärmsten sind. Der Abtrennung des Silbers aus dem Kreislauf muß also eine Abtrennung des Kupfers parallel laufen. Die Cu-reichen Phasen der Reduktionsschlacken sind silberreicher als die Fe-As-Phasen. Es wäre demnach unzweckmäßig, sie aus dem primären »metallischen Produkt« als Matte abzutrennen und ohne Entsilberung in einen Kupfergewinnungsprozeß zu überführen. Nicht auszuschließen ist, daß bereits im Raffinationsprozeß ein Teil der Cu-Sb-Phasen in Sulfide überführt wird, und der Anteil an Matte damit größer ist als im Primärprodukt. Die Abtrennung wird notwendig, wenn durch Entsilberung der Speise während des Raffinationsprozesses auch die aufschwimmende Matteschicht genügend entsilbert ist. Mit dem silberreichen Blei wird aber immer noch Kupfer verschleppt. Rückreduktion von Bleioxid aus dem Treibprozeß überführt einen Teil des verschleppten Kupfers erneut in Kupfersulfide, die wie in dem von Craddock et al. (1985) angeführten Freiburger Prozeß, abgetrennt werden können (Abb. 9).

5. Literaturhinweise

- AGRICOLA 1556 = G. AGRICOLA, De Re Metallica Libri XII. Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen. Übers. von C. SCHIEFFER (1953, Nachdruck Düsseldorf 1977).
- AMORÓS, LUNAR, TAVIRA 1981 = J.L. AMORÓS, R. LUNAR und P. TAVIRA, Jarosite: A Silver Bearing Mineral of the Gossan of Rio Tinto (Huelva) and la Union (Cartagena, Spain). Mineral. Deposita 16, 205–213.
- BACHMANN, LUTZ, THIEMANN 1989 = H.G. BACHMANN, C. LUTZ und U. THIEMANN, Schlackenviskositäten. Experimentelle Bestimmung und theoretische Berechnung. In: Archäometallurgie der Alten Welt. Hrsg. A. HAUPTMANN, E. PERNICKA, G.A. WAGNER. Anschnitt, Beiheft 7, 137–139.
- BAUR 1989 = S. BAUR, Untersuchung eines speiseartigen Verhüttungsrückstandes aus Monte Romero/Südspanien. Diplomarbeit Institut für Geowissenschaften, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz.

- BAUR, KEESMANN 1989 = S. BAUR und I. KEESMANN, Mineralogische Untersuchung eines speiseartigen Verhüttungsproduktes von Monte Romero, Spanien (Referat). Jahrestagung des Arbeitskreises Archäometrie, Schwäbisch Gmünd.
- CRADDOCK et al. 1985 = P. T. CRADDOCK, I. C. FREESTONE, N. H. GALE, N. D. MEEKS, B. ROTHENBERG und M. S. TITE, The investigation of a small heap of silver smelting debris from Rio Tinto, Huelva, Spain. In: Furnaces and Smelting Technology in Antiquity. Hrsg. P. T. CRADDOCK & M. J. HUGHES. British Museum Occasional Paper No. 48 (London) 199–217.
- CRADDOCK, FREESTONE, HUNT ORTIZ 1987 = P. T. CRADDOCK, I. C. FREESTONE und M. HUNT ORTIZ, Recovery of Silver from Speiss at Rio Tinto (SW Spain). Institute of Archaeo-Metallurgical Studies Nr. 10/11, 8–11.
- DIERKES 1990 = L. DIERKES, Geologische und mineralogische Untersuchungen an den Bleischlacken der Sierra de Gádor, Provinz Almeria, Spanien. Diplomarbeit Institut für Geowissenschaften Johannes-Gutenberg-Universität Mainz.
- DOMERGUE 1983 = C. DOMERGUE, La mine antique d'Aljustrel (Portugal) et les tables de bronze de Vipasca. Publications du centre P. Paris No. 9 (Paris) 210 Seiten.
- DOMERQUE 1987 = C. DOMERQUE, Catalogue des mines et des fonderies antiques de la Péninsule Ibérique I, II avec cartes et plans hors texte. Publications de la case de Velazquez, Serie Archéologie 8 (Madrid).
- GARCIA PALOMERO 1980 = F. GARCIA PALOMERO, Caracteres geologicos y relaciones morfologicas y geneticas de los yacimientos del Anticlinal De Rio Tinto. Dissertation Universität Salamanca, 262 Seiten. Excma. Disputacion Provincial de Huelva.
- HAUPTMANN, PERNICKA, WAGNER 1988 = A. HAUPTMANN, G. PERNICKA und H.-G. WAGNER, Untersuchungen zur Prozeßtechnik und zum Alter der frühen Blei-Silbergewinnung auf Thasos. In: Antike Edel- und Buntmetallgewinnung auf Thasos. Hrsg. G. A. WAGNER, G. WEISGERBER. Der Anschnitt. Beiheft 6.
- KEESMANN 1990 = I. KEESMANN, Chemische und mineralogische Detailuntersuchungen zur Interpretation eisenreicher Schlacken. In: Archaeometallurgy of Iron, 1967–1987. Hrsg. R. PLEINER. Internat. Symposium de Comité pour la sidérurgie ancienne de l'UISPP in Liblice. 1987 (Prag).
- KRAWCZYK 1991 = E. KRAWCZYK, Die gallo-römische Eisentechnologie der Montagne Noire und im Massiv von Mouthoumet (Südfrankreich). Dissertation Fachbereich Geowissenschaften, Johannes Gutenberg-Universität Mainz.
- LAUB 1988 = G. LAUB, Die Aufarbeitung von Kupferschlacken in einem mittelalterlichen Hüttenbetrieb im Westharz. Erzmetall 41, 321–324.
- MAIER 1988 = P. MAIER, Synthese und Phasenbeziehungen des Minerals Andreymeyerit. Diplomarbeit Institut für Geowissenschaften, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz.
- MAIER, ALFONSO BLANCO, DIERKES, KEESMANN 1989 = P. MAIER, J. M. ALFONSO BLANCO, L. DIERKES und I. KEESMANN, Bleischlacken und Bleiverhüttung im Bereich der Sierra de Gádor, Provinz Almeria, Südspanien. (Referat) Jahrestagung des Arbeitskreises Archäometrie, Schwäbisch Gmünd.
- PERCY 1870 = J. PERCY, Lead including Extraction of Silver from Lead. John Murray, London. Metallurgy III, Part 2. Faksimile der Originalserien metallurgischer Referenz-Bücher der Periode 1860–1880.
- ROTHENBERG, BLANCO-FREIJERO 1981 = B. ROTHENBERG und A. BLANCO-FREIJERO, Studies in Ancient Mining and Metallurgy in South-West Spain. Metal in History I. Institute of Archeo-Metallurgical Studies (London).
- ROTHENBERG, ANDREWS, KEESMANN 1986 = B. ROTHENBERG, S. ANDREWS und I. KEESMANN, Monte Romero September 1986 – the discovery of a unique Phoenician silver smelting workshop in South-west Spain. Institute of Archaeo-Metallurgical Studies Nr. 9, 1–4.
- SALKIELD 1970 = L. U. SALKIELD, Ancient Slags in the south west of the Iberian Peninsula. 6. Congresso International de Minera 1, 84–100, vom Autor korrigiertes Exemplar (Leon).
- SALKIELD 1980 = L. U. SALKIELD, Brief an B. Rothenberg vom 20. Juni 1980.
- SALKIELD 1987 = L. U. SALKIELD, A Technical History of the Rio Tinto Mines (London). (Manuskriptfassung).
- WILHELM 1989 = C. WILHELM, Mineralogische, petrographische und geochemische Untersuchungen an einem Schlackenkegel aus Rio Tinto, Provinz Huelva, Spanien. Diplomarbeit Institut für Geowissenschaften, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz.
- WILLIAMS 1950 = D. WILLIAMS, Gossanized Breccia-ores, Jarosites and Jaspers at Rio Tinto, Spain. Bulletin of the Institute of Mining and Metallurgy 526, 1–12.

Três Minas

Vorbericht über die archäologischen Ausgrabungen im Bereich des römischen Goldbergwerks 1986/87*

VON JÜRGEN WAHL

1. Einleitung

Três Minas ist spätestens seit der Veröffentlichung der »Memórias para a História Eclesiástica do Arcebispado de Braga« von J. Contador de Argote im Jahr 1734¹ als Fundplatz römischer Inschriften bekannt. Der Autor der »Memórias...« erfaßte bereits den Zusammenhang zwischen diesen Funden und den im Gelände sichtbaren markanten Resten antiken Bergbaus und schloß völlig zu Recht auf die Existenz eines römischen Minenbetriebs.

Dennoch ist das römische Bergwerk von Três Minas niemals Gegenstand systematischer archäologischer Untersuchungen gewesen. Vielmehr beschränkte sich die Kenntnis des Platzes bis 1986 auf Funde, die mehr oder weniger zufällig durch Ackerbau oder im Zuge geologischer Prospektionen und Staßenbaumaßnahmen zutage gebracht und zum Teil an schwer zugänglicher Stelle publiziert worden sind². Es ist daher nicht weiter verwunderlich, wenn der Name Três Minas in dem Standardwerk von O. Davies, *Roman Mines in Europe* (1935) keine Erwähnung findet. Die einzige und seit ihrer Veröffentlichung (1954) nicht mehr verbesserte Planskizze des Bergwerksgebiets im Maßstab von ungefähr 1:20000 geht auf J. Silva Carvalho und O. da Veiga Ferreira zurück³. Die Liste der bis 1986 bei Três Minas bekanntgewordenen Geländedenkmäler umfaßt die beiden großen

* Bei diesem Beitrag handelt es sich um eine nur unwesentlich gekürzte Fassung des in den Madrider Mitteilungen 29, 1988, 221–244 erschienenen Aufsatzes. Reduziert wurden die Zahl der Abbildungen sowie der Umfang der Anmerkungen.

1 J. CONTADOR DE ARGOTE, *Memórias para a História Eclesiástica do Arcebispado de Braga, Primaz das Espanhas II* (1734) 473–482.

2 L. DE ALBUQUERQUE E CASTRO, *Trêsminas – Arqueologia Mineira*. Separatum aus: *Actas do Congresso Internacional de Etnografia*. I (1963); F. DE ALMEIDA, in: *Legio VII Gemina* (1970) 291–296; H. BOTELHO, *O Arqueólogo Português* 12, 1907, 26–31; M. CARDOZO, *Revista de Guimarães* 64, 1954, 120–133; C. A. FERREIRA ALMEIDA, in: *XII Congreso Nacional de Arqueología 1971* (1973) 553–562; C. GARCÍA MERINO, *Hispania Antiqua: Revista de Historia Antigua* 3, 1973, 19–22; F. A. HARRISON, *The Mining Magazine* 14, 1931, 142–144; J. LEITE DE VASCONCELLOS, *Revista de Arqueologia* 3, 1936, 193–195; J. PARENTE, in: *Actas do Seminário de Arqueologia do Noroeste Peninsular. III* (1980) 131–140; H. QUIRING, *Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preußischen Staat* 81, 1933, 276f.; P. ROSUMEK, *Technischer Fortschritt und Rationalisierung im antiken Bergbau* (1982) passim zu Corta de Covas, Gralheira, Mina dos Mouros, Ribeirinha und Três Minas; J. SILVA CARVALHO, O. DA VEIGA FERREIRA, *Estudos, Notas e Trabalhos do Serviço de Fomento Mineiro* 9, 1954, 30–33; A. TRANOY, *La Galice romaine. Recherches sur la nordouest de la péninsule ibérique dans l'Antiquité*. Publications du Centre Pierre Paris 7. Collection de la Maison des pays ibériques 7 (1981) 222–224.

3 SILVA CARVALHO, DA VEIGA FERREIRA (wie Anm. 2). – Die fehlerhaften Darstellungen und Ortsangaben bei QUIRING und ROSUMEK (vgl. Anm. 2) beruhen auf der bis dahin unzulänglichen Dokumentation.

Tagebaue Corta de Covas und Corta da Ribeirinha, die drei Stollenanlagen Galeria do Pilar, Galeria do Texugo und Galeria dos Alargamentos sowie eine in ihrer Funktion zweifelhafte Wallanlage südöstlich der Corta de Covas (Abb. 2).

2. Lage und Lagerstätten

2.1 Lage des Fundplatzes (Abb. 1 und 21)

Três Minas liegt in den südlichen Ausläufern der Serra da Padrela (1148 m), in Luftlinie etwa 10 km östlich des Concelho-Hauptortes Vila Pouca de Aguiar. Der römische Fundplatz gehört wie die beiden benachbarten Ortschaften Covas und Ribeirinha zur Freguêsia von Três Minas; er ist jedoch nicht identisch mit dem etwas weiter südsüdöstlich gelegenen Hauptort der Freguêsia. Das eigentliche Bergwerksgebiet besaß eine Ausdehnung von ungefähr zwei Quadratkilometern (Abb. 2). Seine Kernzone erstreckte sich über einen westnordwestlich-ostsüdöstlich gerichteten Höhenrücken, der im Nordosten durch den tief eingeschnittenen Lauf des Ribeiro da Fraga begrenzt wird, während seine südwestliche Flanke durch Seitentäler und Erosionsrinnen stärker gegliedert ist. Der Siedlungskern selbst liegt auf einer Höhe von ungefähr 840 m über NN; die höchste Erhebung innerhalb der Abbauzone erreicht 848 m.

Über den Anschluß von Três Minas an das nur in groben Zügen bekannte römische Straßennetz (Abb. 3) besteht noch keine völlige Klarheit. Vorauszusetzen ist in jedem Fall eine über Covas und Revel führende Verbindung mit den gleichzeitig betriebenen Gruben, die sich von Campo de Jales über die Höhe von Gralheira (Abb. 4) bis zum Tal des Rio Tinhela ausgedehnt haben.

2.2 Lagerstätten

Der oben erwähnte Höhenrücken besteht aus einer Formation aus kristallinem Schiefer, dessen Hauptstreichen von Westnordwesten nach Ostsüdosten verläuft. Die durchschnittliche Abweichung nach Ostsüdosten beträgt 130 gon. Das Einfallen der Schieferungsflächen ist unregelmäßig und wechselt von seiger (= senkrecht) bis steil mit deutlicher Tendenz nach Nordnordosten.

Die Erzlager von Três Minas sind genetisch der magmatischen Abfolge, genauer: dem hydrothermalen Stadium des subvulkanischen Bereichs, zuzuordnen. Bewirkt wurde die Mineralisation der Schieferzone durch wäßrige, aus der magmatischen Restschmelze zirkulierende Lösungen, die das vorhandene Spaltensystem ausgefüllt haben. Produkte dieses Prozesses sind überwiegend parallel zu den Schieferungsflächen gelagerte haltige Quarzkörper in Form mehr oder weniger seigerer Adern bzw. Gänge. D. G. Reynolds hat das durchschnittliche Volumen der abbauwürdigen Erzgänge auf jeweils 150 000 bis 200 000 t⁴ und den mittleren Goldgehalt auf 15 bis 20 g/t⁵ geschätzt.

Três Minas gehörte nach der Ordnung des Plinius (nat. XXXIII 68) zu denjenigen Lagerstätten, aus welchen das (*aurum*) »*canalicium*« oder »*canaliense*« genannte Ganggold gefördert wurde. Hinsichtlich Form und Lagerung der Erzkörper stellte der Tagebau das einzige

4 D. G. REYNOLDS, Três Minas Property (1965) 4. Diese Zahlen basieren auf einer hypothetischen Kalkulation, wonach die Quarzkörper durchschnittlich eine Mächtigkeit von 5 m, eine Längenausdehnung von 150 m und eine vertikale Ausdehnung von 75 m erreicht haben.

5 Höchstwerte von 22,4 g/t Au bzw. 5,5 g/t Ag ergab eine 1960 in der Galeria do Pilar bei ca. 235 m niedergebrachte Bohrung. Vgl. dazu REYNOLDS (wie Anm. 4) Anhang: »Hole (a)«.

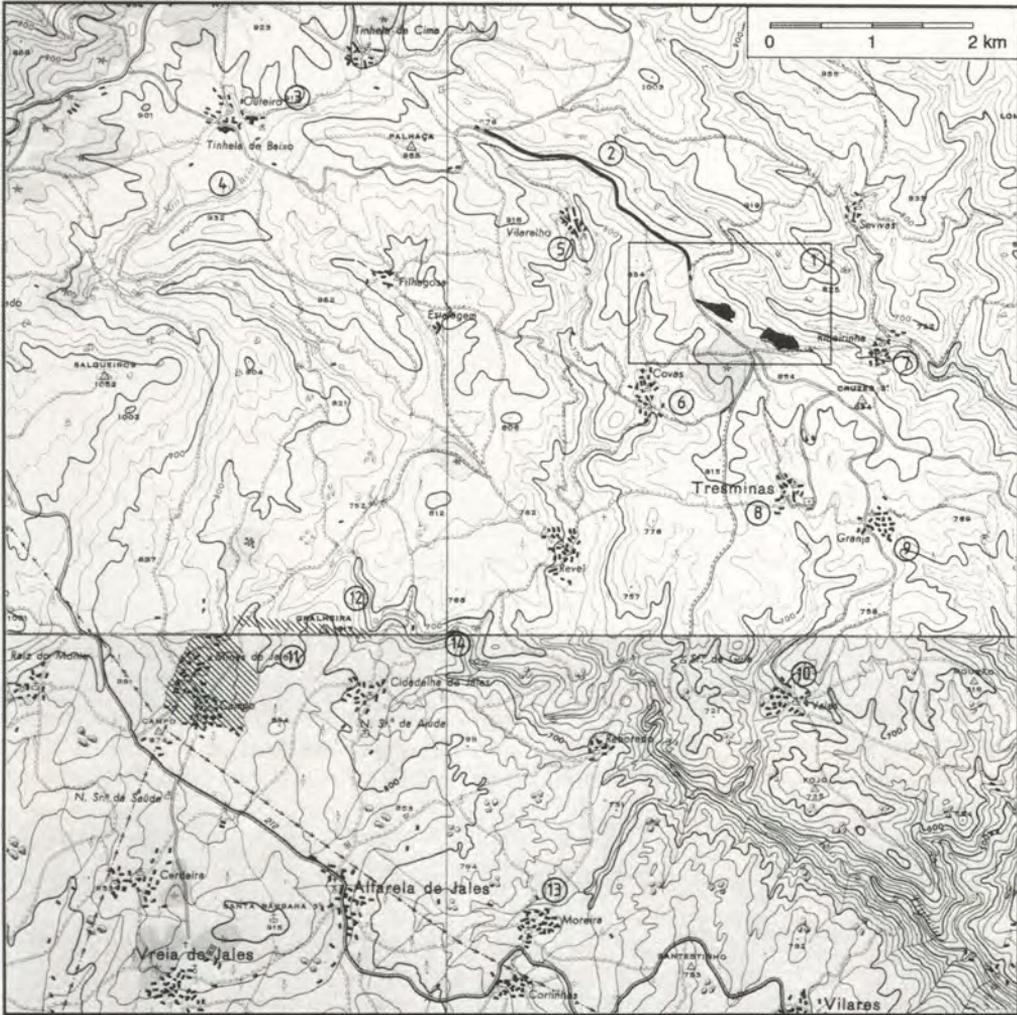


Abb. 1 Der römische Bergwerksbezirk von Três Minas und Campo de Jales (conc. Vila Pouca de Aguiar).

- 1 Bergwerksgelände von Três Minas (vgl. Abb. 2)
- 2 Aquädukt
- 3, 4 Stauwerke bei Tinhela de Baixo
- 5-9 verschleppte Inschriften:
 Vilarelho: CIL 2389, 2390
 Covas: AE 1980,581
 Ribeirinha: AE 1980,582
 Três Minas: CIL II 2391
 Granja: CIL II 2392
- 10 Siedlungsreste nördlich von Vales – Fundort eines aus Prägungen für C. und L. Caesar bestehenden Münzschatzes (vgl. Anm. 46)
- 11 Bergwerksgelände von Campo de Jales (ungefähre Ausdehnung schraffiert)
- 12 Aufbereitungs- und Verhüttungsplatz »Forno dos Mouros«
- 13 Ungefähre Fundstelle der Grabinschrift CIL II 2393
- 14 Prähistorisches (spätbronzezeitliches?) Castro »Castelo dos Mouros«

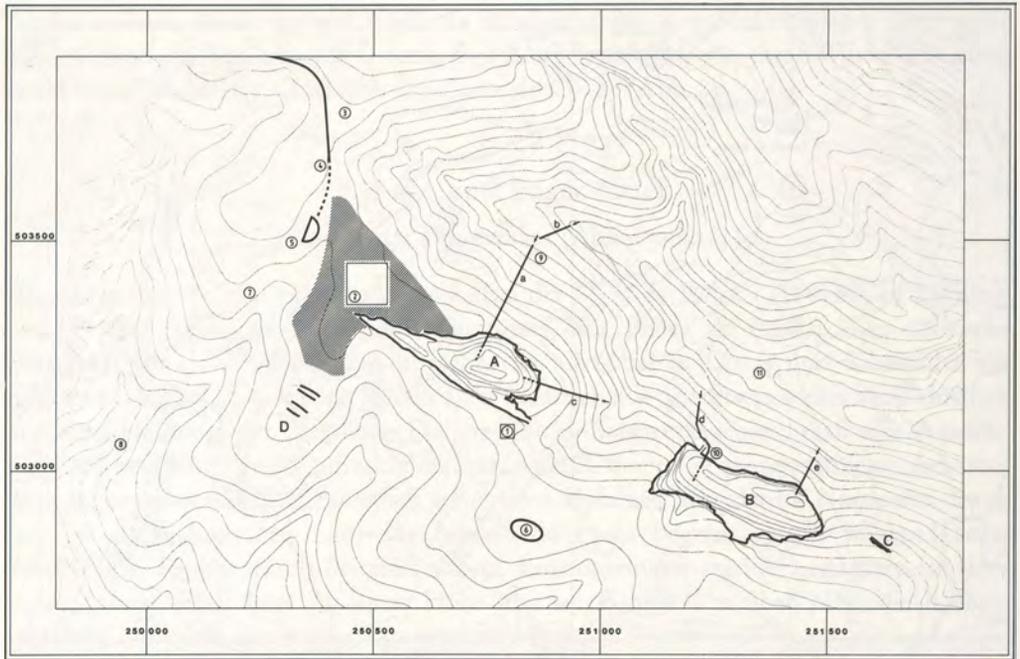


Abb. 2 Três Minas. Gelände des römischen Bergwerks (Schraffur: ungefähre Ausdehnung der Kernsiedlung), Äquidistanz: 10 m.

A–D Abbaustellen:

- A Corta de Covas
- B Corta da Ribeirinha
- C Corta dos Lagoinhos
- D unklare Strukturen

a–e Stollenanlagen:

- a Galeria do Pilar
- b Galeria do Texugo
- c Galeria dos Alargamentos
- d Galeria dos Morcegos
- e Galeria do Buraco Seco

1–11 archäologische Strukturen und Sondagen:

- 1, 2 Grabungsareale
- 3 Nekropole (Brandgräber)
- 4 Aquädukt (Verlauf zwischen Nekropole und Wasserkastell ergänzt)
- 5 Wasserkastell
- 6 Amphitheater?
- 7–11 Aufbereitungsplätze und sonstige Siedlungsreste

effiziente Abbauverfahren dar. Der Tagebau wurde nicht nach einem bestimmten Schema betrieben, sondern weitgehend nach den natürlichen Gegebenheiten wie den Erfordernissen des Terrains und der Form bzw. der Ausdehnung der Lagerstätten ausgerichtet. Charakteristisch für dieses Verfahren sind Lage und Dimension der römischen Abbaustellen A/B/C, deren Längsachsen auf einer dem Hauptstreichen des Schiefers folgenden Linie liegen.

3. Bergbau

Auf die Lage der römischen Abbaustellen wurde bereits im Zusammenhang mit den Erzlagerstätten eingegangen. Solange keine ausreichenden topographischen bzw. markscheiderischen Vermessungsgrundlagen zur Verfügung stehen, erscheint eine kurze Darstellung der wichtigsten Befunde römischen Bergbaus von Três Minas dem derzeitigen Stand der Untersuchungen angemessen. Dementsprechend sollen auch die Distanz-,



Abb. 3 Barrela (freg. Vreia de Jales, Vila Pouca de Aguiar). Römische Brücke über den Rio Pinhão im Trasse des südlichen Zugangs zum Bergwerksbezirk. Blick von Westsüdwesten.



Abb. 4 Campo de Jales (freg. Vreia de Jales, Vila Pouca de Aguiar). Pingenzug von Gralheira. Zum größten Teil verfüllte Gangpinge von Westnordwesten.

Höhen- und sonstigen Maßangaben nur als erste Orientierungswerte dienen und auf volumetrische Angaben ganz verzichtet werden. Wenigstens erwähnt seien an dieser Stelle die zahlreichen in den großen Tagebauen angeschnittenen, teilweise recht ausgedehnten Grubenbaue. Inwieweit diese mit dem Tagebau in Zusammenhang zu sehen sind oder aber Relikte älterer Abbaufverfahren darstellen, läßt sich gegenwärtig noch nicht entscheiden.

3.1 Abbaustellen

3.1.1 *Corta (Lago) de Covas = Tagebau A* (Abb. 5–7)

Bei Tagebau A handelt es sich um einen ca. 430 m langen und bis zu ca. 140 m breiten, schluchtartig in den Kamm des Höhenrückens vertieften Einschnitt mit unregelmäßigen Weitungen nach Norden und Osten. Die Böschungen fallen im oberen Teil – entsprechend der Neigung der Schieferungsflächen – steil ab, während die im Lauf der Zeit abgelagerten Versturzmassen trichterartig zur Mitte zusammenlaufen. Die größte Teufe beträgt heute etwa 60 m. Die tiefste Stelle liegt bei 786 m über NN im Bereich der verschütteten südlichen Tagesöffnung der Galeria do Pilar (Stollenanlage a) (Abb. 14). Anhaltspunkte für die größte Teufe des Tagebaus ergeben sich aus der Differenz zur Sohle der Galeria do Pilar bzw. zur Teufe des in die Sohle dieses Stollens eingeschnittenen Kanals. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß der Tagebau nicht in seinem ganzen Umfang gleichmäßig abgeteuft worden ist. In einem früheren Stadium des Abbaus muß jedenfalls der Förderstollen c (Galeria dos Alargamentos) aufgefahren worden sein. Das gilt auch für eine in der östlichen Böschung des Tagebaus durch Einsturz freigelegte Schachtanlage (Abb. 6), die sich – noch intakt – unter Tage fortsetzt. Der Zugang zum Tagebau erfolgte vermutlich von Nordwesten her über einen schlauchförmig verjüngten Appendix, der ein verhältnismäßig geringes Gefälle aufweist. Bergehalden sind vor allem entlang der südlichen Abbaugrenze abgelagert und überziehen die Steilhänge im Anschluß an die nordöstliche Ausbuchtung des Tagebaus.

3.1.2 *Corta (Lago) da Ribeirinha = Tagebau B* (Abb. 8–10)

Tagebau B liegt ungefähr 300 m südöstlich der Corta de Covas, von jener durch eine Erosionsrinne getrennt. Seine Längenausdehnung beläuft sich auf ca. 370 m, in der Breite schwanken die Werte zwischen ca. 90 und 150 m. Da der Tagebau in den nördlichen Steilhang des Höhenrückens eingeschnitten ist, erscheint seine Teufe weniger signifikant; doch besteht zwischen den südwestlichen Böschungskanten und der Sohle des Tagebaus eine Höhendifferenz von über 100 m! Der tiefste Punkt liegt heute in seinem östlichen Teil bei 728 m über NN. Daß diese Höhe der in römischer Zeit erreichten Sohle ziemlich nahekommt, zeigt die relativ geringe Differenz zu den talseitigen Tagesöffnungen der Wasserlösungsstollen d und e, die bei 726 bzw. 720 m münden. Noch heute erschließt die antike Zufahrt, eine in die nördliche Böschung geschlagene Bresche, den Zugang zum Tagebau (Abb. 9). Bislang konnten an sechs verschiedenen Punkten ältere Strukturen (Abb. 10), darunter eine gut erhaltene Doppelschachtanlage im Ostteil sowie ein im sterilen Quarz aufgefahrener Prospektionsstollen (Galeria do Sobreiro) in der westlichen Böschung, festgestellt werden. Die Halden erstrecken sich von der nördlichen Böschungskante des Tagebaus bis weit in das Tal des Riberio da Fraga.

3.1.3 *Corta dos Lagoinhos = Abbaustelle C* (Abb. 11–13)

Als gänzlich unerforscht kann die dritte und kleinste, etwa 100 m östlich der Corta da Ribeirinha gelegene Abbaustelle C gelten. Sie wird im Volksmund in Anspielung auf die



Abb.5 Três Minas. Corta de Covas (Tagebau A). Blick von Westnordwesten in den Hauptsektor.



Abb.6 Três Minas. Corta de Covas (Tagebau A). Durch Einsturz freigelegte Reste einer Doppelschachtanlage in der östlichen Böschung des Tagebaus. Links: Schacht mit rechteckigem Querschnitt, rechts: gerundete Schachtröhre mit Trittlöchern.



Abb.7 Três Minas. Corta de Covas (Tagebau A). »Brennort« (durch Feuersetzen entstandene Abbaufont) im Hauptsektor des Tagebaus.

Abb.8 Três Minas. Corta da Ribeirinha (Tagebau B). Nördliche Böschung mit antikem Zugang von Westsüdwesten.





Abb.9 Três Minas. Corta da Ribeirinha (Tagebau B). Antiker Zugang von Nord-nordosten.



Abb.10 Três Minas. Corta da Ribeirinha (Tagebau B). Nördliche Böschung mit Resten älterer Grubenbaue. Unten: manns-
hoher Stollen mit trapezförmigem Querschnitt.



Abb. 11 Três Minas. Corta dos Lagoinhos (Abbaustelle C). Blick von Nordwesten in den eingestürzten Hauptstollen.

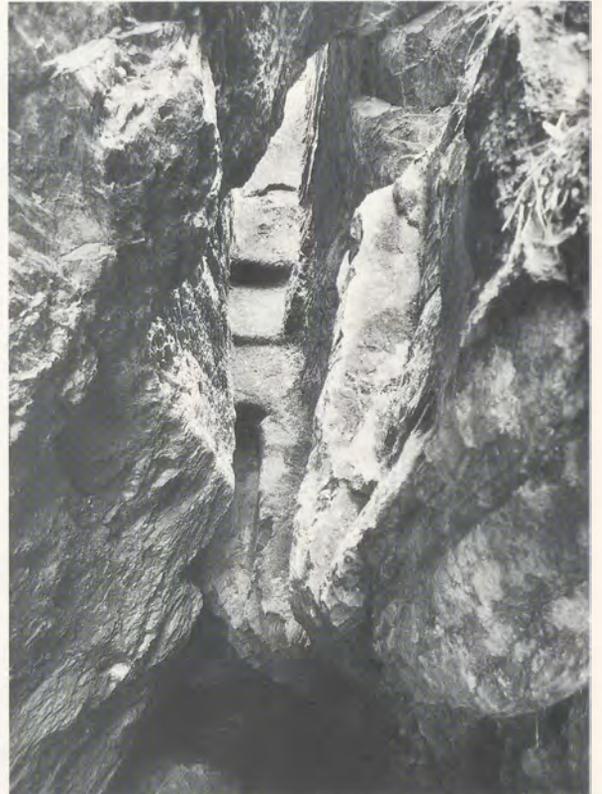


Abb. 12 Três Minas. Corta dos Lagoinhos (Abbaustelle C). Schachanlage in der Achse des Hauptstollens von Nordwesten.



Abb. 13 Três Minas. Corta dos Lagoinhos (Abbaustelle C). Nach Ost-südosten einfallender Hauptstollen.

großen Tagebaue A und B (Lagos) »Lagoinhos« genannt. Der Abbau blieb in diesem Bereich ganz auf den Untertagebau (Abb. 13) beschränkt – möglicherweise ein Kriterium für relativ frühe Zeitstellung. Über Anlage und Ausdehnung des vielschichtigen Grubengebäudes ist noch wenig bekannt, doch deuten Überschneidungen einzelner Strukturen auf eine komplizierte Entstehung. Das Kernstück bildete – wie es scheint – ein ursprünglich etwa 100 m langer, nach Ost-südosten einfallender Hauptstollen. Da die Firste dieses Stollens mitsamt dem Hangenden auf eine Länge von ungefähr 60 m vollständig eingestürzt ist, bietet sich heute das Bild eines offenen, durchschnittlich etwa 5–6 m breiten und bis zu 9 m tiefen Geländeeinschnitts (Abb. 11). Am Übergang zu dem noch unter Tage verlaufenden östlichen Teilstück wird das Hangende von einem Schacht mit langrechteckigem Querschnitt durchfahren (Abb. 12).

3.2 Stollen zur Wasserlösung und Förderung

Die großen Stollenanlagen sind mit einer Ausnahme (c = Galeria dos Alargamentos) querschlägig, d. h. gegen das Streichen der Schieferformation aufgeföhren worden. Beim Vortrieb fanden die beim Tunnelbau üblichen Methoden – z. B. das »Qanat«-Verfahren – Anwendung. Die Hauptstollen dienten in erster Linie der Förderung (Anlagen a und c) und/oder der Wasserlösung (Anlagen a, b, d und e), d. h. der Entwässerung der großen Tagebaue A und B. Sie weisen daher stets Gefälle zu den talseitigen Tagesöffnungen auf. In die Sohlen eingearbeitete Kanäle finden sich in den Anlagen a, b (jüngerer Bauabschnitt) und d. Der Terminus technicus für »Wasserlösungsstollen« lautete nach §§ 14 und

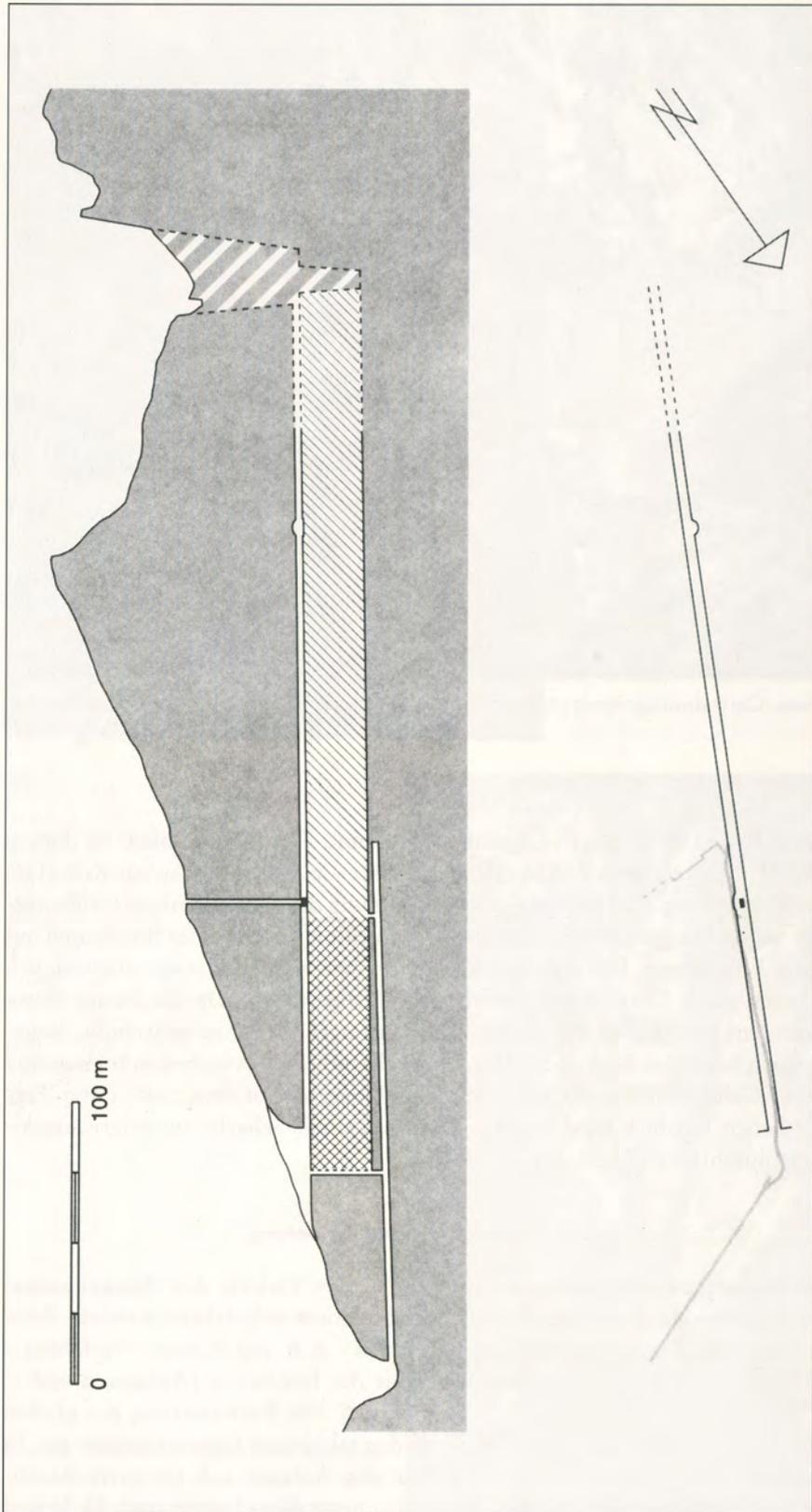


Abb. 14 Três Minas. Corta de Covas (Tagebau A). Schematisierter Querschnitt und Grundriß des nördlichen Stollensystems (z. T. nach Unterlagen des Serviço de Fomento Mineiro, Laboratório da Direcção Geral de Geologia e Minas). Der Kanal der Galeria do Pilar ist im Querschnitt schraffiert dargestellt (Kreuzschraffur: intentionell verfüllter Abschnitt).

18 der »*lex metallis dicta*« von Vipasca⁶ (Aljustrel, distr. Beja, P) »*cuniculus*«. In Três Minas handelt es sich durchweg um gut begehbare, mannshohe Baue, deren Firste gewöhnlich halbrund ausgehauen worden sind. Die große Dimensionierung der Querschnitte Galeria do Pilar: (H = 1,80–1,90 m; B = 2,90–4,30 m) sowie in die Sohlen eingeschnittene Karrenleise (z.B. Galeria do Pilar, Galeria dos Alargamentos) belegen einen Betrieb mit Lastkarren (rollende Förderung).

Für die Beschreibung der Stollenanlagen gilt, was bereits im Zusammenhang mit den Abbaustellen festgestellt wurde. Es kann beim derzeitigen Stand der Untersuchungen nicht mehr als ein Überblick geboten werden.



Abb. 15 Três Minas. Galeria do Pilar. Blick von Südsüdwesten in Richtung Mundloch. Standpunkt bei ca. 95 m. Im Hintergrund Sicherungspfeiler aus abgenutzten Ambossen von Pochwerken.

3.2.1 Galeria do Pilar (a) (Abb. 14–17)

Begehbare Strecke: ca. 250 m.

Mundloch (Talseite): 745,3 m über NN.

Wichtige Befunde (jeweils mit Angabe der Distanz zum Mundloch):

- 81 m aus wiederverwendeten Amboßsteinen von Pochwerken gebauter Pfeiler zur Sicherung eines Lichtschachtes gegen Einsturz (Abb. 15).

6 D. FLACH, Chiron 9, 1979, 399ff.



Abb. 16 Três Minas. Galeria do Pilar. Kammer eines göpelartig betriebenen Hebewerks von Nordnordwesten. Im Zentrum Aussparung für das Lager der senkrecht gestellten Welle.

215 m Weitung für ein göpelartiges Hebewerk (Abb. 16–17). Es handelt sich um eine Kammer mit annähernd rundem Grundriß (Durchmesser = ca. 5,6 m). Der Boden der Kammer liegt etwas tiefer als die Stollensohle, das Gewölbe erreicht am Scheitelpunkt eine Höhe von ca. 3,7 m. Die erhaltenen Einlaßspuren im Fels dienten offenbar zur Verankerung einer überwiegend aus hölzernen Bauteilen zusammengesetzten Seilwinde, vergleichbar der Konstruktion, wie sie – ziemlich detailgetreu – auf einem der claudischen Reliefs vom Emissar des Fuciner Sees⁷ (Avezzano, I) abgebildet ist. In der Galeria do Pilar bildete ein im Boden eingelassener Granitblock⁸ das untere Lager der vertikal aufgestellten Welle, die oben – wie auf dem Relief von Avezzano – mittels eines in der Kuppel verkeilten 3,6 m langen Querbalkens fixiert war. Die Ausarbeitungen lassen auf einen Balkenquerschnitt von ca. 0,3 mal 0,3 m schließen. Die genaue Funktion der Winde ist noch nicht geklärt. Möglich erscheint ein Zusammenhang mit der Förderung des Abraums aus dem über 20 m tiefen Kanaleinschnitt. In diesem Fall müssen die gegenläufig um die Trommel gewickelten Seile über Umlenkrollen geführt worden sein.

7 C. MERCKEL, *Die Ingenieurtechnik im Alterthum* (1899, Nachdruck 1969) 157ff.

8 HARRISON (wie Anm. 2) 143 erwähnt einen »square block of granite«, der sich 1927 offenbar noch in situ befand.

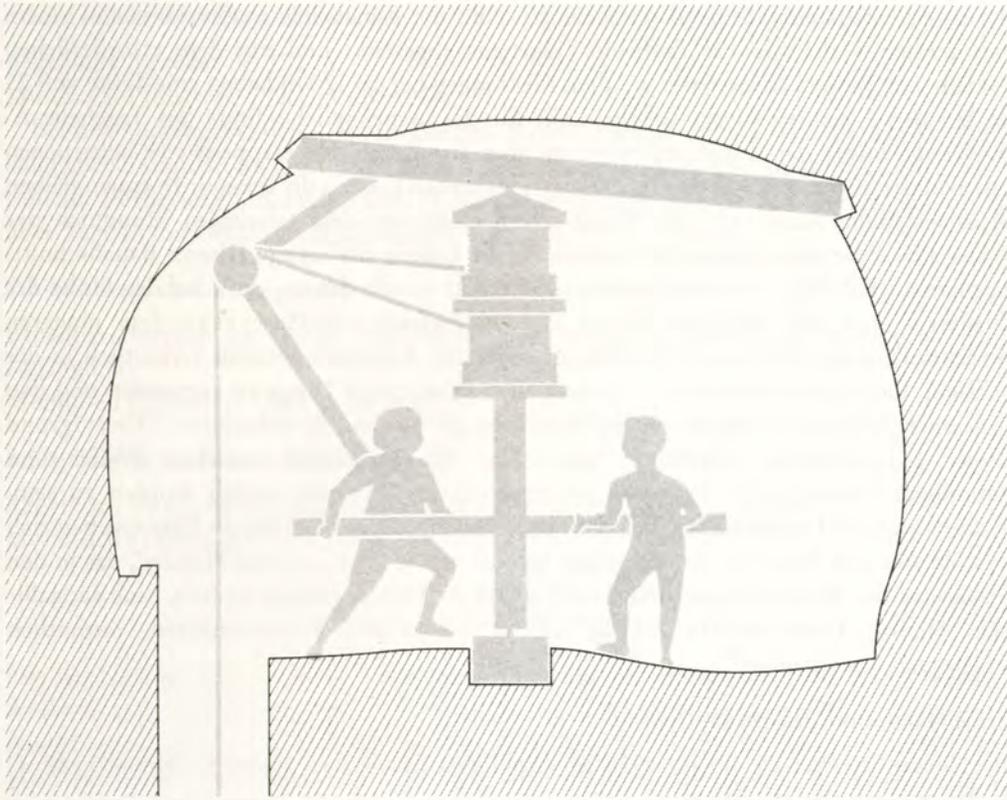


Abb. 17 Três Minas. Galeria do Pilar. Schematisierter Querschnitt der Kammer des Hebewerks bei ca. 215 m. Rekonstruktion der Seilwinde nach der Darstellung auf dem Relief von Avezzano. 1:50.

222 m Fund einer italischen Volutenlampe des Typs Loeschcke IB in einer am Fuß des östlichen Stoßes eingearbeiteten Rinne. (Fund Nr. TM 86/68h. L = 10,4 cm, Dm = 7,4 cm; hartgebrannter blaßbrauner Ton mit fleckigem, graubraun verfärbten Überzug. Die Darstellung im Spiegel zeigt einen bekränzten Silenskopf en face. Der vorliegende Stempel zählt sicher zu den besten und frühestens Repliken dieses Bildmotivs auf Lampen. Es kommt vor auf Lampen der Typen Loeschcke I und IV, die – mit Ausnahme eines sehr späten Exemplars (IC) aus Jbila (Mauretania Tingitana) – regelmäßig mit der Schulterform IIIa versehen sind⁹.

Integraler Bestandteil der Galeria do Pilar ist ein parallel zum östlichen Stoß geführter, durchschnittlich knapp 1 m breiter Kanal, der das Wasser aus dem Tagebau abzog (Abb. 15). Dieser Kanal wurde schrittweise – dem jeweiligen Stadium des Abbaus in der

9 Typ I B: Ljubljana (FO): D. IVÁNYI, Die pannonischen Lampen. Dissertationes Pannonicae 2. Ser.2. (1935) 41 = Kat.-Nr. 59. – Trier (FO): K. GOETHERT-POLASCHEK, Katalog der römischen Lampen des Rheinischen Landesmuseums Trier. Trierer Grabungen und Forschungen 15 (1985) 60 = Kat.-Nr. 203. – Typ I C: Jbila (FO): M. PONSICH, Les lampes romaines en terre cuite de la Maurétanie tingitane. Publications du Service des Antiquités du Maroc 15 (1961) 80 = Kat.-Nr. 30. – Typ I V: Besançon (AO): GOETHERT-POLASCHEK, 209. – Leiden (AO): ebda. – London (AO): D. M. BAILEY, A catalogue of the lamps in the British Museum. 2. Roman lamps made in Italy (1980) 168 = Kat.-Nr. Q 895. Datierung: 40–80 n. Chr. – Milet (FO): H. MENZEL, Antike Lampen im Römisch-Germanischen Zentralmuseum zu Mainz (1954) 39 = Kat.-Nr. 180 mit Stempel *LVC in planta pedis*. Zur Datierung dieser Werkstatt vgl. BAILEY, 103. – Fragmente: London (AO): BAILEY, 226 = Kat.-Nr. Q 1071. – London (AO): ebda Kat.-Nr. Q 1072. FO angeblich Korfu.

Corta de Covas entsprechend – abgeteuft: d. h., die Kanalsohle mußte immer in einem bestimmten Verhältnis zur Teufe des Tagebaus abgesenkt und mit dem erforderlichen Gefälle zur Talseite ausgestattet werden. Messungen bei ca. 120 m haben eine Teufe von 23 m ergeben – ein wichtiger Anhaltspunkt für die ursprüngliche Teufe des Tagebaus A. Vollendet wurde das Kanalisationssystem aber erst durch den etappenweise betriebenen Ausbau der 30 m tiefer von der Talsohle aufgefahrenen Galeria do Texugo: In einem frühen Ausbaustadium hatte man den Kanal durch einen vor dem talseitigen Mundloch der Galeria do Pilar niedergebrachten Schacht in die Galeria do Texugo (älterer Bauabschnitt) abgeleitet (Abb. 14). Zu einem späteren Zeitpunkt wurde dann – etwa auf der Höhe des Pfeilers – von der Sohle des Kanals ein Blindschacht als Gesenk zu dem jüngeren Streckenabschnitt der Galeria do Texugo abgeteuft. Letzteres geschah vermutlich in der Absicht, das weitere Abteufen des Kanals über seine ganze Länge zu vermeiden und den enormen Arbeitsaufwand durch ein Verkürzen der Distanz zu reduzieren. Der aufgrund dieser Baumaßnahme überflüssig gewordene Kanalabschnitt zwischen Pfeiler und Mundloch scheint in der Folgezeit systematisch mit Abraum verfüllt worden zu sein. Chronologische Fixpunkte für die Aktivitäten im Bereich der Galeria do Pilar ergeben sich sowohl aus dem Fund der Volutenlampe bei 222 m wie auch aus dem Material, das in den Füllschutt der Verbindungsschächte zur Galeria do Texugo gelangt ist (u. a. eine südgallische Sigillata-Tasse der Form Drag. 24/25¹⁰ sowie zwei Bronzemünzen, vermutlich Prägungen des Claudius¹¹).

3.2.2 Galeria do Texugo (b)

Begehbare Strecke: ca. 80 m. 1958/59 durch den Serviço de Fomento Mineiro (SFM) freigelegte Strecke: ca. 225 m.

Mundloch (Talseite): 715,4 m über NN.

Wichtige Befunde:

- 81 m Schacht: entwässert den Kanal der Galeria do Pilar; Tagesöffnung ca. 15m vor deren Mundloch. Beginn des jüngeren Bauabschnitts.
- 175 m Blindschacht: Verbindung zum Kanal der Galeria do Pilar (etwa auf Höhe des Pfeilers): mündet seitlich versetzt im Stoß.
- 199 m Abzweig nach Osten.
- 209 m Schacht, von der Sohle abgeteuft.
- 210 m Inschrift: *SABALCO*¹² (im linken Stoß).
- 225 m Schacht. Ende des Stollens nicht erreicht.

Während der Freilegung durch den SFM wurde im Bereich des jüngeren Bauabschnitts – zwischen ca. 175 und 189 m – die intakte römische Streckenzimmerung angetroffen. Unter den seinerzeit geborgenen Funden ragen eine hölzerne Schaufel sowie Reste von 9 Öllampen¹³ heraus. Zu den frühesten Lampen aus der Galeria do Texugo zählen Bruchstücke von wenigstens zwei Exemplaren der von spätflavischer Zeit bis zur Mitte des 2. Jahrhunderts gebräuchlichen Spätform des Typs Loeschcke V¹⁴.

10 FERREIRA ALMEIDA (wie Anm. 2) 555.

11 DE ALMEIDA (wie Anm. 2) 293.

12 DE ALMEIDA (wie Anm. 2) 295.

13 L. DE ALBUQUERQUE E CASTRO, Estudos, Notas e Trabalhos do Serviço de Fomento Mineiro 14, 1960, 5ff.

14 Vgl. A. LEIBUNDGUT, Die römischen Lampen in der Schweiz. Eine kultur- und handelsgeschichtliche Studie (1977) 32f.

3.2.3 Galeria dos Alargamentos (c)

Begehbare Strecke: ca. 150 m.

Mundloch (Talseite): 792,1 m über NN.

Bei den namengebenden »Erweiterungen« handelt es sich um Ausweichstellen in Form länglicher Kammern im nördlichen Stoß. Karrengleise vervollständigen die Belege für eine rollende Förderung¹⁵. Bei ungefähr 135 m trifft der Stollen auf eine Schachtanlage, die sich über Tage in der östlichen Böschung der Corta de Covas fortsetzt.

3.2.4 Galeria dos Morcegos (d)

Begehbare Strecke: ca. 160 m. 1986 wegen Überflutung im Bereich des Mundlochs nicht zugänglich.

Mundloch (Talseite): 726,4 m über NN.

3.2.5 Galeria do Buraco Seco (e)

Länge: ca. 90 m; vollständig begehbar. Beide Tagesöffnungen liegen frei.

Mundloch (Talseite): 720,7 m über NN.

3.3 Aufbereitung und Verhüttung

Die Archäologie hat bis heute keine nennenswerten Aufschlüsse über die Methoden der Aufbereitung und Verhüttung im römischen Goldbergbau geliefert. Eine detaillierte Beschreibung der in den Goldgruben des ptolemäischen Ägypten üblichen Arbeitsvorgänge findet sich bei Diodor (III 12 ff.), der seinerseits auf eine ältere hellenistische Quelle (Agatharchides) zurückgreift. Das wichtigste zeitgenössische Zeugnis über die Ausbeutung primärer Goldlagerstätten im Nordwesten der Iberischen Halbinsel stellt das entsprechende Kapitel in der Naturgeschichte des C. Plinius Secundus (nat. XXXIII 68 f.) dar. Besonderes Gewicht verleiht dieser Quelle die Tatsache, daß Plinius die Prokuratur von *Hispania Tarraconensis* zu einer Zeit (72–74 n. Chr.) bekleidete¹⁶, als der Betrieb von Três Minas nachweislich prosperierte.

Den Ausführungen zum Thema »Aufbereitung« liegt offensichtlich eine korrupte Textstelle zugrunde: Denn die in den Handschriften überlieferte Passage *quod effossum est, tunditur, lavatur, writur, molitur. farinam a pila scudem vocant; ...* kann schon wegen der widersinnigen Ordnung der geschilderten Arbeitsvorgänge so nicht stimmen. Es spricht daher vieles für die von P. Rosumek vorgeschlagene Textkorrektur¹⁷: *quod effossum est, tunditur, molitur in farinam, lavatur, writur, pilas cudes vocant; ...* Demnach verlief der Aufbereitungsprozeß gewöhnlich in folgenden Etappen: 1. *tundere*: Stampfen des handgeschiedenen haltigen Förderguts bis zu einer Körnung von Erbsengröße; 2. *cernere*: Sieben der zerkleinerten Bruchstücke (der Vorgang ist im Zusammenhang mit der Aufbereitung goldhaltigen Erzes nicht genannt; vgl. aber Plin. nat. XXXIII 87); 3. *molire*: Mahlen ... *in farinam* und 4. *lavare*: Waschen des pulverisierten Mahlguts zur Sonderung der leichteren tauben Gesteinsrückstände. Auf die genannten mechanischen Vorgänge folgte ein chemisch-thermischer: 5. *urere*: das Schmelzen, d. h. Gewinnung des Goldes in reiner Form durch Erhitzen bzw. Kuppellieren.

Allein die Anzahl der im Bergwerksgebiet von Três Minas oberflächlich sichtbaren – oft

15 FERREIRA ALMEIDA (wie Anm. 2) 559, Taf. 1. Spurweite = 1,20–1,30 m.

16 R. SYME, Harvard Studies in Classical Philology 78, 1969, 215 ff.

17 P. ROSUMEK, Rheinisches Museum 125, 1982, 181 ff.



Abb. 18 Trockenpochwerk. Nach G. Agricola, *De Re Metallica Libri XII* (1556) Abb. VIII/143: Der Pochtrog A. Die Pochsäulen B. Die Querhölzer C. Die Stempel D. Die Pochschuhe E. Die Welle F. Der Hebling G. Der Däumling H.



Abb. 19 Abgenutzter Granitamboß eines Pochwerks vom Verhüttungsplatz »Forno dos Mourros« nördlich von Cidadelha de Jales (freg. Alfarela de Jales, Vila Pouca de Aguiar).

schon in römischer Zeit sekundär verwendeten oder als Baumaterial in die umliegenden Ortschaften verschleppten – Teile von Vorrichtungen zur mechanischen Aufbereitung des gefördertsten Roherzes geht weit in die Hunderte und läßt Rückschlüsse auf die enorme Kapazität des einstigen Betriebs zu. Besonders auffällig und zahlreich sind sehr gleichmäßig zugerichtete quaderförmige Blöcke aus hartem porphyritischem Granit mit Abmessungen, die stets im Bereich von $90/100 \times 45/50 \times 45/50$ cm liegen (Abb. 19). Aus diesen Werten lassen sich eindeutige Richtmaße von $3 \times 1,5 \times 1,5$ römischen Fuß ableiten¹⁸. Das durchschnittliche Gewicht eines solchen Quaders beträgt ca. 600 kg bei einer mittleren Dichte von 2,7. Die Blöcke weisen regelmäßig vier muldenförmige Auskehlungen auf wenigstens einer der Längsseiten auf, sie sind bei zu starker Abnutzung einer Fläche jedoch gewöhnlich mehrfach, d. h. von zwei, drei oder vier Seiten benutzt worden. Schon bei oberflächlicher Betrachtung springt die Gesetzmäßigkeit der muldenartigen Vertiefungen in die Augen: diese können nur durch vertikale Krafteinwirkung auf die ebenen Seitenflächen der Quader entstanden sein, verursacht durch das taktmäßige Aufschlagen von vier in Führungen laufenden schweren Körpern. Nach der Normung der Quader und der Regelmäßigkeit der Abnutzungsspuren zu schließen, kommt nur eine Verwendung als auswechselbare Teile mechanisch betriebener Pochwerke in Betracht. Zweifellos liefern die quaderförmigen Granitblöcke auch den Schlüssel zum Verständnis des wenig geläufigen und von Plinius nat. XXXIII 69 mit »pila« nur ungenau erklärten bergmännischen Fachbegriffs »cudis«: ... *pilae cudes vocant*. Der Vergleich *pila = cudis* trifft nämlich nicht ganz zu, da »pila« gewöhnlich für »Mörser« oder »Trog«, »cudis« dagegen – wie das entsprechende griechische ἄκμων – im Sinn von »Amboß« gebraucht worden ist. Seiner Grundbedeutung (*cudere = schlagen, klopfen, stampfen*) gemäß bezeichnete »cudis« eine weder der Form noch der Zweckbestimmung nach genauer definierte blockartige Schlagunterlage mit ebener Fläche. Im Zusammenhang mit der Erzaufbereitung in den nordwest-hispanischen Goldbergwerken jedenfalls wird klar, daß »cudes« auf gar nichts anderes bezogen werden kann als auf die in Três Minas und Jales so zahlreich vorkommenden Granitquader. Daß »cudis« darüber hinaus der Terminus technicus für »Pochwerk« gewesen ist, erscheint naheliegend. Über Mechanismus und Antrieb dieser Maschinen lassen sich gegenwärtig nur Vermutungen anstellen. Möglicherweise waren sie wie Pochwerke mit vier niederfallenden Stempeln ausgerüstet oder mit drehbaren Hebelhämmern, die jeweils von einer Daumenwelle gehoben wurden (Abb. 18). In jedem Fall bedeutete aber der Einsatz der Pochwerke – vielleicht eine hispanische Erfindung? – einen wesentlichen Fortschritt gegenüber dem von Diodor (Agatharchides) geschilderten altertümlichen Verfahren der Erzzerkleinerung. Vergleichbar, wenn auch technisch weniger ausgereift, ist das von M. Chamoso Lamas aufgrund der Befunde von Barbantes (Orense, E) rekonstruierte Fallgewichtspochwerk¹⁹.

Zum Mahlen des in den Pochwerken zertrümmerten Haufwerks (Stufe 3 der trockenen Aufbereitung) wurden in Três Minas hauptsächlich Rundmühlen (*molae versatiles*) mit einem Durchmesser von 60 cm = 2 römischen Fuß benutzt; seltener kommen auch größere, für den Handbetrieb untaugliche Formate vor. Die Rundmühlen sind aus dem gleichen harten Gestein wie die »Amboße« der Pochwerke hergestellt worden und zeigen als charakteristische Gebrauchsspuren konzentrische Rillen sowie radial eingekerbte Furchen zur Aufrauung glattgeschliffener Mahlflächen. Der wegen seines Härtegrades für die

18 Nach A. DE MELLO NOGUEIRA, Revista de Arqueologia 3, 1936, 203 sollen im Gebiet von Jales auch Granitquader mit Abmessungen von $60 \times 30 \times 30$ cm = $2 \times 1 \times 1$ römischen Fuß vorkommen.

19 M. CHAMOSO LAMAS. Noticiario Arqueologico Hispanico 3/4, 1954/55 (1956) 123, Abb. 52.

Fertigung der Amboßsteine bzw. Rundmühlen geeignete Granit scheint in der Umgebung von Jales gebrochen worden zu sein.

Vermutlich haben bereits die 1986 durchgeführten Sondagen erste Hinweise für den nassen Prozeß der Aufbereitung (Stufe 4) gebracht: Es fand sich nämlich auf der Sohle der in Quadrant 10 (Grabungsareal 2) angeschnittenen Becken eine dunkelgraue lehmige Ablagerung, die ganz dem Produkt entspricht, wie es bei der Zertrümmerung des Nebengesteins entsteht. Es ist daher gut möglich, daß es sich dabei um Rückstände leichter erdiger Bestandteile handelt, die sich beim Waschen des pulverisierten Roherzes abgesetzt haben. Weiterreichende Schlußfolgerungen läßt die in der Fläche sehr begrenzte Sondage vorerst nicht zu. Mit Sicherheit kann aber eine Notiz bei J. Contador de Argote²⁰ auf eine noch nicht wiederentdeckte, möglicherweise im Vale de Braceiros gelegene Waschanlage bezogen werden: »... no alto de um vale estão oito buracos abertos em rocha como cisternas vizinhos uns aos outros, e com comunicação.« Das hier geschilderte System miteinander verbundener Bassins erinnert an die aus neun Waschtrögen mit tangentialer Wasserzufuhr bestehende Konstruktion von Coto Fortuna bei Mazarrón (Murcia, E)²¹. Bestimmte Fundstellen von Amboßsteinen erwecken den Eindruck, als seien die Standorte der Pochwerke in der nächsten Umgebung der Abbaustellen, wenn nicht gar innerhalb der Tagebaue zu suchen. Rundmühlen konnten dagegen auch in größerer Entfernung zu den Gruben festgestellt werden. Häufungen an der Oberfläche deuten auf vermutliche Aufbereitungsplätze südwestlich des großen Wasserreservoirs am Rand der Kernsiedlung, im Vale de Braceiros nördlich von Covas sowie nördlich des Tagebaus B (Corta da Ribeirinha) im Tal des Ribeiro da Fraga hin, wobei die jeweilige Nähe zum Wasser sicher nicht auf Zufall beruht.

Die Lokalisierung der Schmelz- bzw. Verhüttungsanlagen, die ja wesentlicher Bestandteil eines römischen *metallum* gewesen sind, ist noch nicht gelungen. Schmiedeschlacken haben die Sondagen dagegen in größerer Menge zutage gefördert, und es steht außer Frage, daß der Metallbearbeitung innerhalb des Bergbaubetriebs eine Schlüsselrolle zugefallen ist. Die Schlackenfunde selbst sind zweifellos verlagert und lassen sich bisher mit keinem der angeschnittenen Gebäude in Verbindung bringen. Nichtsdestoweniger zeugen sie von dem immensen Bedarf an bergmännischem Gezähe und weisen auf die unmittelbare Nachbarschaft spezialisierter *fabricae* hin. Möglicherweise bezieht sich die in einzelnen Passagen nicht ganz klare Grabinschrift CIL II 2391 auf einen Subalternbeamten aus dem Bereich der Aufbereitung bzw. Verhüttung oder aus einem jener gewerblichen Betriebe, die notwendigerweise zu den *officinae* eines Bergwerks gehört und einen reibungslosen Ablauf gewährleistet haben.

20 Vgl. Anm. 1.

21 J. M. Luzón, in: La minería hispana e iberoamericana. VI Congreso Internacional de Minería. I (1970) 257, Abb. 23.

4. Siedlungsreste im Bergwerksgelände

Die genauen Grenzen des Bergwerksgeländes (*fines metallorum*)²² können noch nicht mit letzter Sicherheit bestimmt werden. Es steht aber aufgrund der Streuung von Oberflächenfunden fest, daß sich die Kernzone über den flachen Sattel nordwestlich der Corta de Covas erstreckt hat, und zwar in der Hauptsache über das Gelände im Bereich der 840 m-Linie (Abb. 2). Ein zweites, wesentlich kleineres Siedlungs- bzw. Werkareal lag unmittelbar südöstlich der Corta de Covas auf gleicher Höhe. Seine ursprüngliche Ausdehnung ist noch nicht bekannt, doch reichte es sicher nicht bis an das vermutliche Amphitheater heran. Es hat ganz den Anschein, als seien Teile dieses Werkareals von den Halden des Tagebaus A geschluckt worden. Bei den weiter abseits in den Tälern gelegenen Fundpunkten dürfte es sich in erster Linie um Aufbereitungs- oder Verhüttungsplätze gehandelt haben, für deren Lage die Nähe des Wassers die wichtigste Voraussetzung darstellte.

Die flächenmäßig begrenzten Sondagen zeigen nur einen sehr kleinen Ausschnitt der römischen Bebauung. Endgültige Aussagen zur Typologie und Funktion der angeschnittenen Gebäude sind daher noch nicht möglich. Offenbleiben muß auch, ob sich in den unterschiedlichen Baufluchten eine chronologische Abfolge widerspiegelt. Doch zeichnet sich in der Bebauung bereits jetzt ein westnordwestlich-ostsüdöstlich – nach dem Streichen des Schiefers - ausgerichtetes Raster deutlich ab. In den meisten Fällen konnten noch die untersten Fundamentlagen der Mauerzüge erfaßt werden, die direkt auf den felsigen Untergrund aufgesetzt sind. Für die Mauerstärken lagen offenbar Richtwerte von 2 bzw. 1,5 römischen Fuß zugrunde. Als Bindemittel scheint ausschließlich Lehmörtel verwendet worden zu sein. Unter den zahlreichen Ziegelfunden überwiegen bei weitem Bruchstücke von Tegulae und Imbrices, also Dachziegel. Vereinzelt Later-Bruchstücke stammen sicher aus Hypokaustanlagen. Da sich in der Umgebung keine Tonlager befinden, ist anzunehmen, daß der Bergwerksbetrieb von Três Minas im Bedarfsfall mit Baumaterial aus den Ziegeleien des in Luftlinie ca. 30 km entfernten *Municipium Aquae Flaviae* (Chaves) beliefert²³ worden ist.

4.1 Sondagen

4.1.1 Grabungsareal 1

Die in den Flächen 1/3, 5 und 7 aufgedeckten Mauerzüge lassen zwei annähernd parallele, südwestlich-nordöstlich fluchtende Gebäudefronten erkennen, die eine schmale Gasse flankiert haben. Beide Gebäude zeigen Spuren nachträglicher Umbaumaßnahmen. Die Außenmauer in Fläche 1/3 bildete mit dem rechtwinklig nach Nordwesten abzweigenden Mauerzug eine alte Gebäudeecke, ist aber später durch den Anbau eines schmälere Mauerzugs nach Südwesten verlängert worden. In dem gegenüberliegenden Bau (Fläche 5) wurde zu einem noch nicht genauer bestimmbareren Zeitpunkt eine Trennmauer eingezogen. Die Fortsetzung der Außenmauern nach Nordosten konnte noch nicht geklärt werden, da die Flächen 4 und 6 keine eindeutigen Befunde ergeben haben. Letzteres gilt auch für Fläche 2, die mitten im Raum plaziert zu sein scheint. Der Untergrund der von den beiden Gebäuden begrenzten Gasse bestand aus einer groben Stückung aus Bruchstei-

22 Zur Terminologie vgl. §§ 10 und 17 der »*lex metallis dicta*« von *Vipasca*: FLACH (wie Anm. 6).

23 Zu *Aquae Flaviae* vgl. H. GALSTERER, Untersuchungen zum römischen Städtewesen auf der Iberischen Halbinsel. Madrider Forschungen 8, 1971, 47 und R. WIEGELS, Die Tribusinschriften des römischen Hispanien. Ein Katalog. Madrider Forschungen 13, 1985, 91 f.

nen. In dieser Stückung ist eine schmale, parallel zur Mauerfront in den Flächen 1/3 und 7 verlaufende Kanalrinne mit Schlammkästen ausgespart. Ursprung und Anschlüsse der Kanalisation sind noch unklar. In Fläche 7 fand sich in dem nordwestlich an die Mauer anschließenden Raum eine auffällige Pflasterung aus wiederverwendeten Untersteinen von Rundmühlen.

4.1.2 Grabungsareal 2

In den Flächen 4, 7, 8 und 11 sind Mauerzüge von drei Gebäuden mit gleichen Baufluchten angetroffen worden. Den vollständigsten Eindruck vermittelt der Befund in Fläche 11. Es handelte sich vermutlich um die Reste eines langgestreckten, barackenartigen Gebäudes mit einer von Südwesten zugänglichen Zimmerflucht. Die Laibung des kurzen Mauer-schenkels in Fläche 8 markiert einen Eingang, der ein in seiner Größe und Ausdehnung noch unbekanntes Gebäude von Südosten her erschlossen hat. In den übrigen Flächen 1, 2, 3 und 5/6 ist die römische Substanz bis auf den anstehenden Fels abgetragen.

Ein zu einem größeren Gebäude gehörender Raum mit einer Grundfläche von 36 m² konnte in Fläche 12 aufgedeckt werden. Die nicht ganz regelmäßigen Baufluchten entsprechen im großen und ganzen denjenigen der etwas weiter westlich angeschnittenen Strukturen. Beim Bau des Gebäudes wurden – ähnlich wie im Vale de Braceiros – größere Felspartien in die Architektur einbezogen. So bildete eine annähernd lotrecht abgearbeitete Felswand die nordöstliche Begrenzung des Innenraums. Ein in dieser Wand befindlicher Durchgang ist in einer späteren Benutzungsphase zugesetzt worden. Er stellte die Verbindung zu einem nordöstlich anschließenden Trakt her. In der nordöstlichen Hälfte des Innenraums ist die Felsoberfläche glatt abgelaufen, während der leicht abschüssige und tiefer zerklüftete Boden in seinem südwestlichen Teil ursprünglich mit einer gestampften Ausgleichsschicht überdeckt war. In dem durch Wurzelwerk zerstörten Stampfestrich fand sich ein As des Claudius²⁴. Aus dem Bereich des Mauergevierts soll vor Jahren eine große Anzahl intakter Gesteinsmühlen abtransportiert worden sein.

In den Flächen 9 und 10 sind dicht unter der Ackerkrume unterschiedlich fluchtende Mauerzüge zum Vorschein gekommen. Es lassen sich lediglich die Achsen der Gebäude-decke in Fläche 9 mit dem bekannten Raster zur Deckung bringen. Nachträglich hinzugefügt worden ist ein scheinbar ins Leere laufender Mauerstrang zur Abgrenzung einer kleinen segmentförmigen Fläche. Im Mörtel des in die nordöstliche Ecke der Fläche 9 ziehenden geradlinigen Mauerstumpfs war ein As des Claudius²⁵ verbacken. Die ganze südliche Hälfte der Fläche 10 nehmen die Reste zweier Wasserbecken ein. Der nach Südwesten weisende Behälter wird teilweise von einer jüngeren Anlage mit offenbar geringerem Fassungsvermögen überlagert. Die ältere Struktur besaß einen in den Fels geschlagenen Abwasserkanal, der sich über Fläche 9 hinaus nach Südwesten fortgesetzt hat. Als Deckplatten des Kanals fanden u.a. Bodensteine von Rundmühlen Verwendung. Die auf den Sohlen beider Wasserbehälter abgelagerten lehmigen Rückstände deuten auf eine mögliche Funktion als Erzwaschanlage.

24 Fund-Nr. 86/88 (Areal 2, Fläche 12) = RIC 66 (41–54 n. Chr.).

25 Fund-Nr. 86/49 (Areal 2, Fläche 9) = RIC 66/68/69? (41–54 n. Chr.).

4.2 Anlagen zur Wasserversorgung (Abb. 2)

Die für den römischen Bergbaubetrieb unbedingt notwendige Wasserversorgung stellte wegen der Höhenlage zweifellos das größte logistische Problem dar. Da in der Kernzone des Bergwerksgebiets keine Quellen entspringen, und auch die den Höhenrücken flankierenden, tiefeingeschnittenen Wasserläufe wegen der großen Höhendifferenzen nur begrenzt nutzbar waren, mußte das Wasser zwangsläufig mit Hilfe von Aquädukten aus größerer Entfernung herangeführt werden. Wie sich aus dem topographischen Relief klar ergibt, konnten zu diesem Zweck lediglich der Oberlauf des Rio Tinhela sowie der Ribeiro da Fraga in seinem Quellbereich angezapft worden sein. Auch wenn der Ursprung des Wasserversorgungssystems noch unklar ist, liegen immerhin genügend Hinweise dafür vor, daß die in den 30er und den 40er Jahren gebaute Landstraße über eine Strecke von ca. 3 km bis zu ihrem Eintritt in das Minengebiet (Bauabschnitt Souto) auf einem antiken Kanaleinschnitt verläuft. Dafür sprechen nicht nur die gleichmäßige Trassierung, sondern auch die Position des 1986 an der nordwestlichen Peripherie des Siedlungskerns entdeckten Wasserreservoirs. Über Kapazität und Konstruktion dieses Wasserkastells kann noch nichts Sicheres gesagt werden. Der Verlauf seiner übermannshoch aufragenden, wallartig verstürzten Front scheint einen Halbkreis mit einem Radius von ungefähr 30 m zu beschreiben, wobei eine senkrecht abgearbeitete Felswand den gradlinigen rückwärtigen Abschluß bildet.

Wiederholt hat man die römischen Stauwerke südlich von Tinhela de Baixo bzw. östlich von Outeiro als Bestandteile des Wasserversorgungssystems von Três Minas gedeutet²⁶. Ob das tatsächlich der Fall gewesen ist oder nur für die weiter flußaufwärts bei Outeiro gelegene Staumauer oder gar für eine dritte, südlich der Ortschaft Lagoa vermutete Stauanlage zutrifft, müssen die künftigen Untersuchungen erweisen. Ebensowenig auszuschließen ist ein Zusammenhang mit den heute weitgehend zerstörten Resten römischen Bergbaus bei Jales.

4.3 Amphitheater (Abb. 2)

Auf der Flur »Entre Vinhas« befindet sich – etwa 300 m südsüdöstlich der Corta de Covas – eine durch Ackerbau teilweise eingeebnete und verzogene wallartige Struktur²⁷. Die erhaltenen Abschnitte lassen einen elliptischen Umriss mit einer Längsachse von ungefähr 70 m erkennen. Es handelt sich dabei sicher nicht um die verstürzte Wehrmauer einer Befestigung, sondern höchstwahrscheinlich um die Reste der Substruktion für die Cavea eines kleinen Amphitheaters. An einem Platz wie Três Minas hat man anstatt solider Steinarchitektur vielmehr eine einfache Konstruktion aus Holz und Erde zu erwarten. Holzamphitheater sind beispielsweise in den Lagerdörfern am obergermanisch-rätischen Limes und in Britannien nachgewiesen²⁸, müssen jedoch im gesamten Imperium viel zahlreicher vorausgesetzt werden²⁹. Besonders interessant erscheint in diesem Zusammenhang eine vergleichbare Anlage auf dem Gelände des Bleibergwerks von Charterhouse-on-Mendip (Somerset, GB)³⁰, das von Beginn der römischen Okkupation an als kaiserliche Domäne unter fiskalischer Verwaltung gestanden hat.

26 BOTELO, O Arqueólogo Português 9, 1904, 57f.; ALBUQUERQUE E CASTRO (wie Anm. 2) 10.

27 FERREIRA ALMEIDA (wie Anm. 2) 558.

28 J. WAHL, Germania 55, 1977, 122ff.

29 S. beispielsweise L'Année Epigraphique 1926, 78 (Antiochia, Pisidia).

30 R. G. COLLINGWOOD, I. A. RICHMOND, The Archaeology of Roman Britain (1969) 119, 130f.

4.4 Gräberfeld (Abb. 2)

Im Jahre 1937 sind beim Bau der Landstraße an einer nicht näher bezeichneten Stelle drei Grabsteine entdeckt und eine unbestimmte Anzahl von Brandgräbern mit verhältnismäßig reichen Inventaren angeschnitten worden³¹. Seit der Erstveröffentlichung der Inschriften herrschte in der Literatur Unklarheit über die genaue Lage des Gräberfeldes³². 1986 konnten sowohl die Fundstellen der drei Stelen wie die eines weiteren, um 1970 ausgepflügten Grabsteins nördlich des Bergwerksgeländes an der Kreuzung der Landstraße mit dem von Covas nach Sevias führenden Weg lokalisiert werden. Demnach hat sich das Gräberfeld offenbar beiderseits der Landstraße über einen nach Westen ins Vale de Braceiros abfallender Hang (Alto da Pousada das Carquejas) erstreckt. Für die Grenzen und Dichte seiner Belegung gibt es noch keine Anhaltspunkte.

Der Bestand der aus dem Bergwerksgebiet bekanntgewordenen Grabinschriften hat sich mit dem Neufund einer in der Ortschaft verbauten Grabstele auf insgesamt 11 erhöht. Es handelt sich um eine im oberen Teil fragmentarische Stele aus feinkörnigem Granit mit folgenden Abmessungen (cm): H = (130), B = 57–62, D = 15–18. Die Inschrift läuft über zwei unterschiedlich markierte Felder. Oberes Feld: B = 45; unteres Feld mit Schlußformeln: H = 28,5, B = 49, Buchstabenhöhe = 10 (Z. 1), 7,5 (Z. 2), 9 (Z. 3), 8 (Z. 4), 12,5–13 (Z. 5). Keilförmige, nicht immer deutliche Interpunktion in Z. 3 bis 5. Der erhaltene Text lautet:

— — — — —
Sorex
Clu(niensis)
an(norum)·XXX
h(ic)·s(itus)·e(st)
 5 *s(it)·t(ibi)·t(erra)·l(evis)*

Der Verstorbene führte das seltene, für die hispanischen Provinzen bislang einmal im Stadtgebiet von Albacete belegte Cognomen *Sorex*³³. Seine Origo verweist auf den Conventus-Hauptort *Clunia*³⁴ im nördlichen Keltiberien. Schriftform und Textformular erlauben eine Datierung der Inschrift von der 2. Hälfte des 1. bis zur Mitte des 2. Jahrhunderts.

Der Grabstein ist einer weit über den Conventus von *Bracara Augusta* (Braga) hinaus verbreiteten Stelengruppe zuzuordnen³⁵. Charakteristische typologische Merkmale sind halbkreisförmig abgerundete, häufig mit astralen Symbolen verzierte Kopfteile sowie vertiefte Schriftfelder. Wenigstens drei weitere Granitstelen aus Três Minas gehören dieser Gruppe an³⁶.

31 LEITE DE VASCONCELLOS (WIE ANM. 2).

32 FERREIRA ALMEIDA (WIE ANM. 27).

33 Dieser Hinweis wird A. U. Stylow (München) verdankt.

34 Ruinen beim heutigen Peñalba de Castro, östlich von Aranda de Duero, Prov. Burgos.; Zum Rechtsstatus von *Clunia* – Municipium seit Augustus, Kolonierang seit Galba – vgl. WIEGELS (wie Anm. 23) 106ff.

35 Vgl. TRANOY (wie Anm. 2) 347ff.

36 BOTELHO (wie Anm. 2) 28, Abb. 1, 2 (= CIL II 2390) sowie ALBUQUERQUE E CASTRO (wie Anm. 2) 11, Abb. 4, 5.

Von den oben erwähnten 11 Grabsteinen³⁷ entfallen allein sieben auf freie Bergleute, die – ursprünglich aus *Clunia* stammend – im Alter zwischen 11 und 40 Jahren in den Gruben von Três Minas gestorben sind:

1. <i>C. Licinius</i> ³⁸	25 Jahre
2. <i>C. Septumius</i> [.] <i>f.</i> ³⁹	30
3. <i>C. Couneancus Fusci f.</i> ⁴⁰	40
4. <i>T. Boutius Segonti f.</i> ⁴¹	11
5. [– <i>M</i>]agius (<i>Ma</i>) <i>gi f.</i> ⁴²	ca. 20/30
6. [–]Sorex	30
7. [–]us ⁴³	30

5. Chronologische und historische Ergebnisse

Bislang fehlen in Três Minas Belege für vorrömischen Bergbau. Ganz auszuschließen ist die Möglichkeit nicht, zumal sich ungefähr 4 km südwestlich bei Cidadelha de Jales – in einer Schleife des Rio Tinhela – ein prähistorisches Castro⁴⁴ befindet (Abb. 20). Im Unterschied zu Jales bot Três Minas aber wegen seiner exponierten Höhenlage und des Wassermangels keine günstigen Voraussetzungen für eine Besiedlung.

Es ist naheliegend, daß der Bergbaubetrieb von Três Minas während der Dauer seines Bestehens technischen und organisatorischen Veränderungen unterworfen war, die ihren archäologischen Niederschlag in veränderten Strukturen gefunden haben. Vorläufig bilden die im Bereich des Bergwerks gefundenen Inschriften das chronologische Gerüst. Sie nehmen ihrem Wortlaut nach zwar nicht Bezug auf den Bergbau, stehen damit aber in direktem Zusammenhang. Chronologisch wichtig ist eine Gruppe von Grabinschriften, die einen Zustrom von Arbeitskräften aus der nördlichen Meseta (*Clunia*) bezeugen⁴⁵. Nach den Inschriftenformularen zu schließen, hat dieser Zustrom bereits in der frühen Kaiserzeit eingesetzt: die frühesten, nach dem klassischen Filiationschema abgefaßten Texte weisen in die 1. Hälfte des 1. Jahrhunderts.

Zu den frühesten Inschriften aus Três Minas überhaupt dürfte der in Anm. 39 zitierte Grabstein zählen. Datierungskriterien sind, abgesehen von den Buchstabenformen, der Altersangabe im Genitiv und der Schlußformel, die altertümliche Schreibweise des Nomen sowie die Auslassung des Cognomen.

Die Importkeramik (Terra Sigillata) reicht jedenfalls bis ins erste Jahrhundertdrittel zurück. Belegt sind bisher – wenn auch noch in geringer Stückzahl – die frühesten südgalischen Gefäßstypen, nämlich Scherben eines Tellers Drag. 17 mit ungegliedertem Steilrand (Fund-Nr. 86/48–49; Areal 2, Fläche 9) sowie diverse Lesefunde, darunter Scherben von Tassen und Tellern/Platten des Service II. Man kann demnach mit dem

37 Außer den bereits genannten und den im folgenden Abschnitt aufgelisteten Grabinschriften handelt es sich noch um CIL II 2391 und 2392.

38 *Hispania antiqua epigraphica* 4/5, 1953/54, 9, Nr. 519.

39 Ebenda Nr. 517 = P. LE ROUX, A. TRANOY, *Conímbriga* 23, 1984, Abb. 10.

40 CIL II 2390 = BOTELHO (wie Anm. 2) 28, Abb. 2.

41 *Hispania antiqua epigraphica* 4/5, 1953/54, 9, Nr. 518.

42 *L'Année Epigraphique* 1980, 583 = PARENTE (wie Anm. 2) Abb. 7.

43 CIL II 2390,7.8.; vgl. BOTELHO (wie Anm. 2) 31.

44 Es handelt sich um das sog. Castelo dos Mouros; FERREIRA ALMEIDA (wie Anm. 2) 558f.

45 Vgl. Anm. 34.

Beginn des planmäßigen Bergbaus bzw. mit der Gründung der Siedlung spätestens unter der Regierung des Tiberius rechnen. Wegen der schmalen Materialbasis erscheint aber auch ein früheres Anfangsdatum nicht ausgeschlossen. Erwähnt sei in diesem Zusammenhang der Fund eines aus Prägungen für C. und L. Caesar bestehenden Münzschatzes aus der nächsten Umgebung von Vales⁴⁶.



Abb. 20 Castelo dos Mouros. Mauerabschnitt der prähistorischen (spätbronzezeitlichen?) Befestigung nordöstlich von Cidadelha de Jales (freg. Alfarela de Jales, Vila Pouca de Aguiar).

Die Lampenfunde aus den *cuniculi* der Corta de Covas (Galeria do Pilar und Galeria do Texugo⁴⁷) bieten erste Anhaltspunkte für die Datierung des Abbaus. So kann es als ziemlich sicher gelten, daß die Förderung aus der Corta de Covas (Tagebau A) bereits im 3. Viertel des 1. Jahrhunderts einen beträchtlichen Umfang erreicht hatte. In den Jahrzehnten um 100 n. Chr. dürfte der weitere Ausbau der Galeria do Texugo als Hilfsmaßnahme zur Wasserlösung der Corta de Covas in Angriff genommen worden sein. Aus dem gleichen Zeitraum stammt auch das bislang älteste epigraphische Zeugnis für die Stationierung von Soldaten der *legio VII gemina felix*⁴⁸ in Três Minas. Ein absolutes Datum liefert die Weihinschrift einer Legionsvexillation mit der Angabe der Konsuln von 130 n. Chr.⁴⁹.

46 BOTELHO, O Arqueólogo Português 9, 1904, 56; M. DE CASTRO HIPÓLITO, Conímbriga 2/3, 1960/61, 28f.; PARENTE (wie Anm. 2) 137.

47 ALBUQUERQUE E CASTRO (WIE ANM. 13).

48 L'Année Epigraphique 1980, 582: *Q(uintus) Annius/Modest[us]/m(iles) l(egionis) VII G(eminæ) F(elicis)/I(ovi) o(ptimo) ma(ximo)*.; auch P. LE ROUX, L'armée et l'organisation des provinces ibériques d'Auguste à l'invasion de 409 (1982) 197, Nr. 916.

49 CIL II 2389 = L'Année Epigraphique 1907, 150: *I(ovi) O(ptimo) M(aximo)/vot(um) s[ol](verunt)]/mil(itēs) [l(egionis)]/VII G(eminæ) F(elicis) [Ca]/tullin[fo et Apro co(n)s(ulibus)]*.

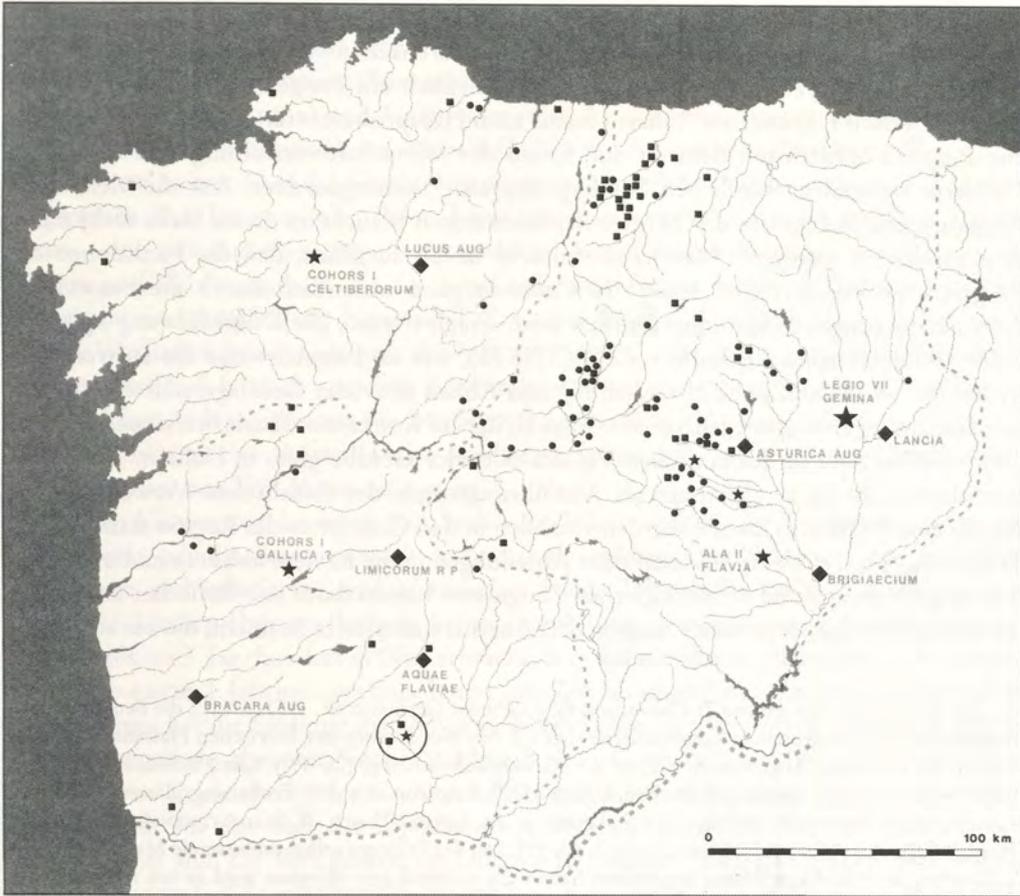


Abb. 21 Römischer Goldbergbau in Asturia et Callaecia. – In römischer Zeit ausgebeutete Lagerstätten: Unterscheidung in primäre (Quadrate) und sonstige Lagerstätten (Punkte) nach C. Domergue, *Catalogue des mines et fonderies antiques de la Péninsule Ibérique* (1987). – Militärstützpunkte seit flavischer Zeit: Legionslager (großer Stern), Auxiliarkastelle (mittlere Sterne), Vexillationen (kleine Sterne). – Conventus-Hauptorte (unterstrichen) bzw. privilegierte Gemeinden. – Provinz- bzw. Conventus-Grenzen. – Kreismarkierung: Bergwerksbezirk von Três Minas und Campo de Jales.

Die Stationierung von Militär in Três Minas – außer Soldaten der 7. Legion ist eine Abteilung der *cohors I Gallica equitata civium Romanorum*⁵⁰ belegt – spiegelt zweifellos einen Höhepunkt des Bergbaubetriebs in der 1. Hälfte des 2. Jahrhunderts. Die militärische Präsenz weist zugleich auf den rechtlichen Status des Bergwerks als kaiserliche Domäne bzw. fiskalisches Eigentum hin. Sehr wahrscheinlich waren die Betriebe von Três Minas und Jales zu einer administrativen Einheit, d. h. zu einem Bergwerksbezirk = *territorium metallorum*⁵¹ zusammengefasst, dessen römischer Name nicht überliefert ist. Die Grenzen dieses Bezirks dürften die in Abb. 1 erfassten Fundpunkte markieren. Als kaiserliches bzw. fiskalisches Eigentum war das *territorium metallorum* aus der regionalen Verwaltung ausgegliedert und der unmittelbaren Aufsicht eines Bergwerksprocurators (*procurator metallorum*) unterstellt.

50 L'Année Epigraphique 1907, 151: *I(ovi) O(ptimo) M(aximo)/mil(itēs) c(o)ho(rtis)/I Galli/cae eq(ui-tatae)/c(ivium) R(omanorum) v(otum) s(olverunt)/l(ibentes) m(erito)*.

51 Zur Terminologie s. § 10 der »*lex metallis dicta*« von Vipasca: FLACH (wie Anm. 6).

Speziell für den Goldbergbau in *Asturia et Callaecia*⁵² (Abb. 21) zuständige Bergwerksprokuratoren⁵³ sind erst seit dem frühen 2. Jahrhundert nachzuweisen. Es handelte sich – wie in den übrigen hispanischen Provinzen – ausschließlich um Freigelassene, die sich aus der *Familia Caesaris* rekrutierten⁵⁴. Ihrem Status nach Hilfsprokuratoren, waren sie als eigentliche Bergbau-Spezialisten dem an der Spitze der Wirtschaftsverwaltung von *Asturia et Callaecia* stehenden ritterlichen Sonderprokurator⁵⁵ untergeordnet. Auf die vielfältigen Aufgaben und Befugnisse der Bergwerksprokuratoren braucht an dieser Stelle nicht näher eingegangen zu werden⁵⁶. Man kann vielmehr davon ausgehen, daß die Funktionen der Bergwerksprokuratoren in *Asturia et Callaecia* ganz wesentlich durch die besonderen Abbaubedingungen bestimmt worden sind. Fraglos setzte die Durchführung »gigantischer« Baumaßnahmen (Plinius nat. XXXIII 70), wie sie beispielsweise die aufwendigen hydraulischen Techniken zu Erschließung und Abbau alluvialer Goldlagerstätten erforderten, eine andere Betriebsorganisation voraus als der auf Konzessionsbasis betriebene Kupfer- und Silberbergbau im lusitanischen *Vipasca* oder der Goldbergbau in Dakien. Die lokale Betriebsaufsicht übte, gleichsam als Ausführungsorgan der fiskalischen Verwaltung, die Armee aus. Zu diesem Zweck wurden von allen in den *Conventus* der Region stationierten Truppenkörpern einzelne Soldaten oder Abteilungen in die Reviere abkommandiert. Nach den epigraphischen und archäologischen Zeugnissen kamen dafür seit flavischer Zeit außer der in *Legio* (León) stehenden 7. Legion drei Auxiliareinheiten in Betracht, die zur ständigen

52 Zur Geschichte von *Asturia et Callaecia* s. G. ALFÖLDY, *Germania* 61, 1983, 511 ff.; die bedeutendsten hispanischen Goldvorkommen konzentrieren sich auf den Nordwesten der Iberischen Halbinsel, auf eine Region, die erst unter Augustus im Verlauf der Kantabrischen Kriege (26–19 v. Chr.) befriedet und in das römische Imperium eingegliedert werden konnte. Daß Augustus mit den Eroberungsplänen gewichtige wirtschaftliche Interessen verfolgte, ist bekannt: s. zu diesem Thema W. SCHMITTHENNER, in: DERS. (Hrsg.), *Augustus* (1969) 437 f. Nach *Florus* 2, 33, 59 f. soll der *Princeps* selbst umfassende Maßnahmen zur Ausbeutung der Goldlagerstätten angeordnet haben. Zu planmäßigem Bergbau wird es vor Abschluß der Kampfhandlungen kaum gekommen sein. – Aufgrund ihrer herausragenden wirtschaftlichen Bedeutung erhielt die Region einen Sonderstatus, der bis Septimius Severus bestehen blieb. Diesem Sonderstatus entsprach die Schaffung bestimmter Organisationsformen, deren Institutionen zwar erst seit dem Ende des 1. Jahrhunderts greifbar werden, in ihren Vorformen aber bereits auf die augusteische Ordnung zurückzugehen scheinen: Die Region wurde territorial endgültig der *Hispania Citerior* (*Tarraconensis*) zugeschlagen. Sie umfaßte die drei *Conventus* von *Asturica Augusta* (Astorga), *Lucus Augusti* (Lugo) und *Bracara Augusta* (Braga), die fortan die administrative Einheit *Asturia et Callaecia* bildeten. Die Entsendung eines senatorischen Beamten mit statthalterlichen Befugnissen, die Schaffung einer Sonderprokurator für die Wirtschaftsverwaltung und die dauernde Stationierung von Truppenkörpern unterstreichen den besonderen Status dieses Provinzsprenghels.

53 S. z. diesem Thema LE ROUX, *Madrider Mitteilungen* 26, 1985, 218 ff.

54 Kaiserliche Bergwerksprokuratoren aus dem Freigelassenenstand in Hispanien: 1. *Asturia et Callaecia* (*Hispania Tarraconensis*): *METALLVM ALBOC*: *M. Ulpius Eutyches*: CIL II 2598. – *ASTURIA ET CALLAECIA*: *Saturninus*: L'Année Epigraphique 1933, 273: Sept. Severus. – Duerna-Tal: *Hermes*: CIL II 2552 = L'Année Epigraphique 1910, 3: 10. 6. 163 n. Chr.; CIL II 2555: 22. 4. 161/165 n. Chr.; *Zoilus*: CIL II 2556 = L'Année Epigraphique 1910, 6: 22. 4. 166 n. Chr.; CIL II 2553 = L'Année Epigraphique 1910, 4: 16. 10. 167 n. Chr.; *Aurelius Eutyches*: L'Année Epigraphique 1967, 230: 10. 6. 181 n. Chr.; CIL II 2554 = L'Année Epigraphique 1910, 5: 10. 6. 184 n. Chr.; *Aurelius Firmus*: L'Année Epigraphique 1910, 2 = 1963, 21 = 1966, 188: 22. 4. 191 n. Chr. – 2. *Lusitania*: *METALLUM VIPASCENSE*: *Ulpianus Aelianus*: J. D'ENCARNAÇÃO, *Inscrições romanas do Conventus Pacensis* (1984) 211 ff.: Hadrian. – *Befryllus* »*restitutor metallorum*«: ebenda 183 ff.: 173 n. Chr.; *Saturninus*: L'Année Epigraphique 1933, 273: Sept. Severus. – 3. *Baetica*: *MONS MARIANUS*: *T. Flavius Polychrysus*: CIL II 1179. – Río Tinto: *Pudens*: CIL II 956: 97 n. Chr.

55 Vgl. ALFÖLDY (wie Anm. 52) 525; DERS., *Fasti Hispanienses*. Senatorische Reichsbeamte und Offiziere in den spanischen Provinzen des römischen Reiches von Augustus bis Diokletian (1969) 246, Anm. 16.

56 Dazu H.-Ch. NOESKE, *Bonner Jahrbücher* 177, 1977, 301 ff. und LE ROUX (wie Anm. 53) 226 ff.

Besatzung von *Asturia et Callaecia* gehörten: 1. die *ala II Flavia Hispanorum civium Romanorum*⁵⁷ in *Petavonium* (bei Rosinos de Vidriales, Prov. Zamora), 2. die *cohors I Celtiberorum equitata civium Romanorum*⁵⁸ bei Sta. Maria da Cidadela (Sobrado dos Monxes, Prov. La Coruña) und 3. die vermutlich in *Aquae Querquennae* (bei Baños de Bande, Prov. Orense) stationierte *cohors I Gallica equitata civium Romanorum*⁵⁹.

Genauer ist nur über die Gliederung der von Antoninus Pius bis Commodus in den Bergwerken des Duerna-Tals (Prov. León) eingesetzten Vexillationen bekannt. Diese waren – wie sich aus einer Serie routinemäßiger Loyalitätsbekundungen aus Luyego de Somoza und Villalís ergibt⁶⁰ – in der Regel aus Angehörigen mehrerer Einheiten zusammengesetzt und besaßen im Normalfall Centurien-Stärke. Als ranghöchster Chef einer solchen Vexillation ist ein Centurio der 7. Legion belegt⁶¹, der in der Liste der Dedikanten an erster Stelle, d. h. noch vor dem Bergwerksprokurator rangiert. In fünf Fällen haben Benefiziarier aus dem Officium des Sonderprokurators den Stäben angehört⁶². Als früheste Zeugnisse militärischer Präsenz in den nordwesthispanischen Grubenrevieren sind derzeit die Weihealtäre aus Três Minas zu werten⁶³.

Was den Niedergang des unter fiskalischer Regie betriebenen Goldbergbaus aus *Asturia et Callaecia* betrifft, kann – trotz nicht gerade reicher Quellenlage – eine auffällige Koinzidenz archäologischer und historischer Daten festgestellt werden. In Três Minas haben die Untersuchungen bislang keine eindeutigen Belege für eine Kontinuität des Betriebs bis ins 3. Jahrhundert n. Chr. erbracht, ja es kann nicht einmal als gesichert gelten, daß er das ganze 2. Jahrhundert angedauert hat. Die Stilllegung des planmäßigen Betriebes in Três Minas hat die Siedlung zweifellos in ihrem Lebensnerv getroffen. Die Folge davon dürfte weniger ein abrupter Siedlungsabbruch als vielmehr ein beschleunigter Rückgang gewesen sein. Keine einzige der Grabinschriften aus dem Bergwerksbezirk von Três Minas und Jales läßt auf eine über das 2. Jahrhundert hinausgehende Aktivität schließen.

Eindeutiger sind die Verhältnisse im Duerna-Tal, wo seit spätaugusteischer Zeit ausgedehnte alluviale Goldlagerstätten in der sog. »*alutia*«-Technik⁶⁴ ausgebeutet worden sind. Wie die Untersuchungen von C. Domergue gezeigt haben, läßt sich der jüngere Horizont des »Basislagers« von Huerña auf den Zeitraum von 150/160 bis 190/200 n. Chr. eingrenzen⁶⁵. Aus dem Jahr 191 n. Chr. stammt der späteste epigraphische Beleg⁶⁶ für den Aufenthalt eines Bergwerksprokurators in diesem Revier. Danach scheint der reguläre Bergbau im Duerna-Tal allmählich zum Erliegen gekommen zu sein.

57 LE ROUX (wie Anm. 48) 145ff.; Wahl, MM 25, 1984, 72ff.

58 LE ROUX (wie Anm. 48) 149ff.; J. M. CAAMAÑO GESTO, *Noticiario Arqueológico Hispanico* 18 (1984) 233ff. Die publizierte Planskizze deutet auf eine Kastellgröße von ca. 2,4 ha.

59 LE ROUX (wie Anm. 48) 147f. – Bislang fehlen epigraphische Belege für den Standort der Truppe. Das Kastell von *Aquae Querquennae* entsprach mit einer Größe von ca. 2,4 ha der für *cohortes quingenariae equitatae civium Romanorum* als Besatzung ausscheidet (CAAMAÑO GESTO [wie Anm. 58]), ist *Aquae Querquennae* am ehesten als Standort der *cohors I Gallica equitata civium Romanorum* in Betracht zu ziehen. Zu den nur ungenügend publizierten Grabungen s. A. RODRÍGUEZ COLMENERO, in: *Studien zu den Militärgrenzen Roms III* (1986) 700ff.

60 LE ROUX (wie Anm. 48) 241ff. (Nr. 241–249); 272.

61 CIL II 2552 = *L'Année Epigraphique* 1910, 3.

62 LE ROUX (wie Anm. 48) 241ff. (Nr. 242–246); 272.

63 Vgl. Anm. 48–50.

64 D. G. BIRD, in: T. F. C. BLAGG, R. F. J. JONES, S. J. KEAY (Hrsg.), *Papers in Iberian Archaeology. British Archaeological Reports. International Series* 193 (1984) 350f.

65 C. DOMERGUE, T. MARTIN, *Minas de oro romanas de la provincia de León II. Excavaciones Arqueológicas en España*. 94, 1977, 10f. 20. 141ff.

66 *L'Année Epigraphique* 1910, 2 = *L'Année Epigraphique* 1963, 21.

Auf eine radikale Zäsur unter Septimius Severus deuten jedenfalls einschneidende administrative Maßnahmen wie die Abschaffung der ritterlichen Sonderprokuratorur für die Wirtschaftsverwaltung von *Asturia et Callaecia*⁶⁷. Es beruht vielleicht auch nicht auf Zufall, daß die Amtszeit des letzten bekannten Bergwerksprokurators – [*M. Aurelius Augusti libertus*] *Saturninus*⁶⁸ –, der als ἐπίτροπος Ἀστυρίας καὶ Καλλιχίας fungiert hatte, in ebendiese Übergangsperiode gefallen ist.

67 ALFÖLDY (wie Anm. 55).

68 An seinen Dienst in *Asturia et Callaecia* schloß sich die Verwaltung des Grubenbezirks von *Vipasca* in *Lusitania* an. Zum *Cursus* des *Saturninus* s. LE ROUX (wie Anm. 53).

Zur Metallurgie der römischen Goldgewinnung in Três Minas und Campo de Jales in Nordportugal

VON HANS-GERT BACHMANN

Der römische Bergbau- und Hüttenbezirk von Três Minas und Campo de Jales (Trás-os-Montes) in Nordportugal zählt zu den eindrucksvollsten Edelmetallgewinnungs-Revieren der Iberischen Halbinsel. Der aktuelle Stand der archäologischen Forschung, einschließlich einer kritischen und gründlichen Würdigung aller früheren Untersuchungen und Publikationen, ist in der Veröffentlichung von Wahl¹ wiedergegeben.

Den archäologischen Arbeiten, die sich mit Três Minas und Campo de Jales befassen, steht – außer unveröffentlichten Explorationsberichten und Bewertungsgutachten – nur eine einzige lagerstättenkundlich-technische Studie von Harrison² aus dem Anfang der dreißiger Jahre gegenüber. In ihr wird auch eine mögliche Vorgehensweise beim Aufbereiten, Verarbeiten und Verhütten der Edelmetallerze dieser Lagerstätte(n) zur Römerzeit aufgezeigt.

Beim gegenwärtigen Kenntnisstand lassen sich die technisch-metallurgischen Aspekte des interessanten Komplexes wie folgt resümieren:

1. Polymetallische Vererzung

Im Campo de Jales-Minenrevier durchsetzen mineralisierte Quarzlinzen und -gänge steil einfallende, archaische Talkschiefer und Granite. Die Erzadern und -gänge führen – laut Harrison (l.c.) – neben hartem blaugrauen Quarz ca. 40 Prozent Sulfide; überwiegend Pyrit, Arsenkies und Bleiglanz. Für ein typisches Gangerz werden folgende Gehalte (in Prozent) genannt:

Eisen	9,30	Antimon	1,00
Blei	5,50	Arsen	5,90
Zink	1,00	Schwefel	5,65
Kupfer	0,15	Kieselsäure	71,50

(Edelmetallgehalte: Silber 230 g/t und Gold 15 g/t)

An den von Harrison sondierten Stellen des römischen Pingenzugs wurden Vererzungen mit Gehalten von 25 bis 75 g/t Gold und 375 bis 4500 g/t Silber angetroffen. Repräsentative Gehaltswerte der römischen Fördererze dürften bei ca. 15 g/t Gold, ca. 200 g/t Silber und ca. 6 Prozent Blei gelegen haben³.

1 Jürgen WAHL, Madrider Mitteilungen 29, 1988, 221–244.

2 Frank A. HARRISON, The Mining Magazine 14, 1931, 137–145.

3 Bei der Umrechnung von Gold- und Silberwerten aus der Arbeit von Harrison ist zu beachten, daß der Autor folgende, nicht-metrische Einheiten benutzt:

- 1 ton = 1 long ton = 2240 pounds = 1016,05 kg
- 1 oz. = 1 troy ounce = 31,1 g
- 1 pound = 0,4536 kg
- 1 dtw. = 1 pennyweight = 1,55517 g

Im Bereich der antiken Abbauzone von Campo de Jales geht seit mehr als 50 Jahren wieder Goldbergbau um. Aus der heutigen Untertagemine »Minas de Jales« konnten dank der Bemühungen von J. Wahl Proben typischer Fördererze, Freigoldmuster, sowie ein Flotations(?) -Konzentrat beschafft und für Untersuchungen zur Verfügung gestellt werden. Die Minerale der Handstücke entsprechen exakt den von Harrison (l.c) gemachten Angaben über die Mineralisation der »Gralheira«-Gänge und der »Minas dos Mouros« (identisch mit der antiken »Campo«-Mine). Die polymetallische Mineralführung des derzeit abgebauten Erzes ist durch silberhaltigen Bleiglanz, Pyrit, Arsenkies, wenig Zinkblende, geringe Anteile an Kupferkies, Antimonglanz etc. mit Quarz als Hauptgangmineral charakterisiert. Die Goldführung erstreckt sich sowohl auf Freigold (im Quarzgangmittel), wie auch auf »refraktäre« Goldgehalte⁴ in den begleitenden Sulfiden, vermutlich vorwiegend im Pyrit und Arsenkies. Über die Edelmetallgehalte der Fördererze und Flotationskonzentrate fehlen Angaben. Mit Vorbehalt können die Gesamtgoldgehalte (Freigold und Refraktäranteil) auf ± 10 g/t geschätzt werden. Im Konzentrat ist eine Anreicherung auf evtl. ± 50 g/t nicht unwahrscheinlich⁵.

Die ausgedehnten Três Minas-Tagebaue sind in der jüngeren Vergangenheit gelegentlich beprobt worden, um zu erkunden, ob sich ein neuerlicher Abbau lohnt. Die Angaben der diversen Bearbeiter⁶ sind widersprüchlich und oft mehr von Zweckoptimismus als von Objektivität geleitet. Trotz noch fehlenden Untersuchungsmaterials aus diesen Tagebauen kann wegen der weitgehenden Entsprechung der Geologie und Lagerstättensituation mit »Campo de Jales« eine ähnliche oder sogar analoge Mineralführung mit vergleichbaren Edel- und Buntmetallgehalten angenommen werden. Die Überprüfung dieser These wird ein Hauptanliegen zukünftiger Untersuchungen sein.

2. Geschätzte römerzeitliche Goldproduktion

Allein aus den Tagebauen von Três Minas sind nach Schätzungen von Harrison (l.c) ca. 20 Millionen Tonnen Gestein und Erz gefördert worden. Bei einem hypothetischen Verhältnis von Abraum zu Erz von 10:1 ergibt sich eine mögliche Fördermenge von 2 Mio t. Angenommen, das Erz hatte einen mittleren Goldgehalt von 10 g/t, könnten allein die Minen von Três Minas ca. 20 000 kg Rohgold geliefert haben. Bezogen auf eine Betriebsdauer von 150 bis max. 200 Jahren ergibt dies eine Produktion von ca. 130 bis 150 kg pro Jahr. Diese Überlegungen basieren zwar auf hypothetischen Annahmen, sie geben jedoch

4 Als »refraktär« wird das Gold bezeichnet, das mikroskopisch oder submikroskopisch mit anderen Mineralen verwachsen oder als Goldatome in die Kristallgitter von Wirtsmaterialen eingebaut ist. Refraktäres Gold entzieht sich der Direktgewinnung durch gängige Verfahren, wie Schlämmen, Auswaschen, Laugen etc. Durch eine auf das jeweilige Erz abgestimmte Vorbehandlung (z.B. Röstung) wird das »gefangene« Refraktärgold freigesetzt und einer Extraktion zugänglich gemacht.

5 Eine Erzkonzentration der Jales-Mine (aus der Flotation stammend?) besteht aus (in Gew. Prozent):

Fe ₂ O ₃	28,1	CaO	0,2	SiO ₂	4,5
Al ₂ O ₃	3,0	As ₂ O ₃	34,6 (!)	K ₂ O	0,2
SO ₃	21,2	MgO	2,5	TiO ₂	0,3

Die RF-Analyse läßt vermuten, daß das Konzentrat aus Arsenkies \pm Pyrit besteht. Die Edelmetallgehalte wurden nicht bestimmt.

6 Die Diskussion der nicht publizierten Gutachten und Berichte, von J. WAHL gesammelt und zugänglich gemacht, über das Três Minas/Campo de Jales-Revier soll einer abschließenden Veröffentlichung vorbehalten bleiben; diese Unterlagen sind für die hier vorgetragenen Erörterungen irrelevant.

bei aller Fehlerhaftigkeit eine Vorstellung über die Größenordnung der Edelmetallausbeute aus diesem Vorkommen⁷

Schätzungen über die in »Campo de Jales« in der Vergangenheit geförderten Goldmengen lassen sich erst machen, wenn man – wie bei Três Minas – Vorstellungen über die abgebauten Erz- und Gesteinsmengen hat. Für die modernen »Minas des Jales« gibt Almeida⁸ folgende Produktionsmengen an:

	1965	1966	1967
Gold (in kg)	670,5	584,5	600,5
Silber (in kg)	1946	1382,5	1425,5
Blei (in t)	202	230	236

3. Aufbereitung von Erzen und Verhüttungsprodukten

Im Umkreis der Minen sind in Dörfern, bei Gehöften und auf freiem Feld zahlreiche Amboß-Unterlegsteine von Pochwerken, sowie runde Läufer- und Untersteine von Gesteinsmühlen gefunden worden, die häufig als Spolien beim Haus-, Mauer- und Torbau Verwendung fanden. Es liegt nahe, diese Relikte mit der Aufbereitung des Erzes etc. in Verbindung zu bringen. Das Thema Aufbereitung wird unter Bezug auf die genannten Funde von Wahl (l.c.) ausführlich behandelt. Sowohl Harrison (l.c.), wie auch Wahl berichten ferner über Schlackengrus am Fundplatz »Forno dos Mouros«, ca. 5 km südwestlich der Tagebaue von Três Minas. Dieses Material (vgl. die folgenden Kapitel) ist offensichtlich ebenso mechanisch aufbereitet worden wie das Erz. Zerstoßene und aufgemahlene Schlacken sind auf frühen Verhüttungsplätzen häufig zu beobachten. Man bemühte sich, die in den Schlacken eingeschlossenen Metalltropfen oder sonstigen Wertstoffe (zum Beispiel sulfidische Kupfer- und/oder Blei-Steinphasen) von der zu verwerfenden, wertlosen Schlacken-Silikatmatrix zu trennen.

Es wurden zunächst die Fördererze gepocht und evtl. auch anschließend gemahlen. Diese mechanische Aufbereitung – vielleicht bis hinunter zu Korngrößen von 1 mm – kann sowohl die Voraussetzung für eine gravitative Trennung der Feingoldanteile im Erz vom spezifisch leichten, tauben Begleitgestein, wie auch die Vorstufe für eine pyrometallurgische Verarbeitung (Rösten, Schmelzen) gewesen sein. Auszuschließen ist ebenfalls nicht, daß auch Schlacken gepocht und evtl. gemahlen wurden. Harrison (l.c.) weist besonders darauf hin, daß sich Mühl- und Pochsteine oft dort »in situ« finden, wo auch Schlacken liegen.

4. Harrisons Annahme zur Verhüttung

Unter Bezug auf die erwähnten Schlacken, die Erzführung und die Zeugen der Aufbereitung stellt Harrison (l.c.) die Frage nach den in der Antike praktizierten Verhüttungsprozessen. Er folgert, daß das Erz in seiner beschriebenen polymetallischen, komplexen Zusammensetzung gepocht, geröstet und die Röst- und evtl. Schmelzprodukte erneut

7 Bei einem Gold:Silber-Verhältnis von 1:10 bis 1:13 im Primärerz ist neben der Goldproduktion auch eine erhebliche Silbererzeugung zu berücksichtigen.

8 Fernando DE ALMEIDA, Minas de Ouro na »Gallaecia« Portuguesa. Catedra de San Isidoro. Instituto Leones de estudios Romano-Visigoticos, »Legio VII Gemina« (Leon 1970) 297.

zerkleinert wurden, um Metallrestgehalte aus diesen Rückständen zu bergen. Der Autor weist darauf hin, daß die Bleiglanzgehalte des Primärerzes (anteilmäßig ca. 5 bis 10 Prozent) ausgereicht haben könnten, um den für einen »lithargine process« erforderlichen Bleizuschlag geliefert zu haben. Was Harrison damit meint, wird im folgenden Kapitel behandelt werden. Jedenfalls hat Harrison in den von ihm untersuchten Schlacken häufig kugelige Einschlüsse von metallischem Blei gefunden. Er sieht hierin eine Bestätigung für seine These, daß Blei bei dem in der Antike praktizierten Verfahren eine Rolle gespielt habe. Der antike Prozeß sei aber – so seine Schlußfolgerung – nicht sonderlich effizient gewesen, da die Schlacken noch erhebliche Gold- und Silbergehalte aufwiesen.

Zwei von J. Wahl am Fundplatz »Forno dos Mouros« aufgesammelte Schlackenproben wurden mittels der Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA) untersucht und folgende Zusammensetzungen ermittelt (Gehalte in Gew. Prozent):

	Schlackengrus	stückige Schlacke
MgO	0,4	0,4
Al ₂ O ₃	8,8	5,8
SiO ₂	48,5	39,5
P ₂ O ₅	0,4	0,3
SO ₃	2,3	4,0
K ₂ O	2,2	2,0
CaO	2,9	3,7
TiO ₂	0,4	0,3
MnO	0,2	0,2
Fe ₂ O ₃	28,9	37,9
CuO	0,3	0,3
ZnO	1,6	2,5
As ₂ O ₃	0,1	0,1
Sb ₂ O ₃	0,1	0,1
PbO	2,6	2,5

Obwohl noch keine Phasen-Bestimmungen an diesen Schlackenmustern vorliegen, lassen bereits die chemischen Zusammensetzungen auf typische Eisensilikat-Schlacken mit Sulfid- und Bleigehalten schließen, wobei das Blei metallisch und/oder als sulfidische Steinphase vorliegen kann. Die Edelmetallgehalte der mit RFA analysierten Schlackenproben wurden noch nicht ermittelt.

Die Analysen der Schlacken widersprechen der Behauptung von Harrison, daß die römische Golderzverhüttung ineffizient gewesen sei. Bleigehalte um 3 Prozent sind in Schlacken aus diesen Prozessen keineswegs ungewöhnlich hoch. Möglicherweise hat Harrison Schlacken mit höheren Bleigehalten gefunden; er teilt allerdings keine Analysen mit. Weil auch die in den Schlacken eingeschlossenen Bleitropfen edelmetallhaltiges Reichblei sind, hat sich bei genügend hohen Bleigehalten die Weiterverarbeitung gelohnt (vgl. folgendes Kapitel). Es wird zu untersuchen sein, ob die analysierten Schlacken verworfener Abfall oder Zwischenprodukt für geplante Weiterverarbeitung waren.

5. Goldgewinnungstechniken in Três Minas/Campo de Jales und Plinius-Texte

Eine Reihe von Metallen (Blei, Kupfer, Zink) sowie Sulfide und Arsenide des Eisens, Kupfers, Bleis etc. haben im schmelzflüssigen Zustand die Eigenschaft, Edelmetalle (Gold, Silber sowie die Metalle der Platingruppe) an sich zu binden, das heißt zu »sammeln«, wobei graduelle Unterschiede für die Aufnahmefähigkeit bestehen. Der wichtigste Sammler – vor allem für Gold und Silber – ist flüssiges Blei. »Verbleiendes Schmelzen« war und ist ein wirtschaftliches pyrometallurgisches Verfahren vor allem zur Silbergewinnung. Für die Extraktion auch der anderen Edelmetalle spielt dieser Prozeß jedoch heute allenfalls beim Edelmetall-Recycling eine Rolle. Durch verbleiendes Schmelzen im Schachtofen werden so zum Beispiel Gold und Silber aus Elektronikschrott, Filmaschen, Juwelierabfälle usw. zurückgewonnen. Für das Edelmetallausbringen aus Primärerzen sind seit der Jahrhundertwende (Einführung der Cyanidlaugung) andere Verfahren gebräuchlich. Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts sind jedoch die aus einigen, heute längst erschöpften Lagerstätten stammenden polymetallischen Bunt- und Edelmetallerze noch mit Blei verhüttet worden. Die Verfahrensstammbäume, wie sie zum Beispiel für Gold-Silber-Erze aus Schemnitz, Nagybanya und Zalatha in Ungarn, aus Freiberg in Sachsen und aus Andreasberg im Oberharz von Schnabel⁹ aufgeführt werden, lassen sich im Prinzip auch auf die Erze des Três Minas/Campo de Jales-Revier anwenden.

Da Detailuntersuchungen der hoffentlich im Untersuchungsgebiet noch auffindbaren Zwischen- und Endprodukte bis dato ausstehen, ist Abb. 1 nur ein hypothetisches Schema. Es läßt sich jedoch überraschend gut mit Textstellen aus den Goldkapiteln von Plinius »Naturgeschichte« korrelieren.

Plinius behauptet, ohne dies näher auszuführen, daß Gold zur Reinigung mit Blei geschmolzen wurde¹⁰. Diese Stelle wird zwar in der Regel auf den noch zu beschreibenden Prozeß der Kupellation, das heißt der Trennung des Goldes vom Reichblei, bezogen. Sie mit dem »verbleienden Schmelzen« zu verbinden, ist kein Widerspruch; im Gegenteil: Dem Treibprozeß (Kupellation) geht in jedem Fall das Eintränken des zu »reinigenden Goldes« in flüssiges Blei oder ein Schmelzen mit Blei im Herd oder Schachtofen voraus. Die an anderer Stelle¹¹ gegebene Beschreibung des Aufbereitens, Röstens und Schmelzens von Golderzen kann als sachkundiger Hinweis auf die Verhüttung mit Blei als Sammler

9 Carl SCHNABEL, Handbuch der Metallhüttenkunde. 1. Bd. (Berlin 1894) 788f. und 478–493

10 PLINIUS (nat. XXXIII,60) »...ut purgitur, cum plumbo coqui.« Übersetzung: ...zur Reinigung wird (Gold) mit Blei gekocht (d. h. geschmolzen).

11 PLINIUS (nat. XXXIII,69) »...quod effossum est, tunditur, lavatur, uritur, molitur in farinam; farinam a pila scudem vocant; argentum, quod exit a fornace, sudorem. quae e camino iactatur spurcitia in omni metallo scoria appellatur. haec in auro tunditur iterumque coquitur. catini fiunt ex tasconio; hoc est terra alba similis argillae, neque enim alia flatum ignemque et ardentem materiam tolerat.« Übersetzung (sinngemäß; nicht streng philologisch wörtlich): ... Das Fördererz wird gepocht, geschlämmt, geröstet und zu Pulver gemahlen. Das mehlfeine Produkt der Mahlwerke wird »scudes« genannt, das »Silbermetall« (flüssiges, edelmetallhaltiges Reichblei?), welches aus dem Schmelzofen rinnt, bezeichnet man als »Schweiß« und den – übrigens bei der Verhüttung aller Metalle – aus den Öfen austretenden Abfall »scoria« (Schlacke). Im Fall der Golderzverarbeitung wird die Schlacke aufgemahlen und ein weiteres Mal geschmolzen. Die Tiegel werden aus »tasconium«, einer tonähnlichen, weißen Erde gefertigt. Solche Tiegel widerstehen sowohl der heißen Gebläseluft, wie dem Feuer und dem glutflüssigen Schmelzgut.« PLINIUS faßt in diesem Abschnitt offensichtlich zwei Prozessschritte zusammen: Reduzierendes, verbleiendes Schmelzen (mit nachfolgender Schlackenaufbereitung) und oxidierendes Treiben (Kupellieren) des Reichbleis in Spezialtiegel, die dem aggressiven, besonders auf kieselsäurehaltige Tone zerstörend wirkenden, flüssigen Blei und der daraus gebildeten Glätte standhalten und auch einen Teil dieser Bleiglätte

gewertet werden. Nur mit diesem Prozeß konnten in der Antike aus refraktären Golderzen das (die) Edelmetall(e) extrahiert werden. Harrison gebührt das Verdienst, erstmalig für eine römische Goldlagerstätte ein pyrometallisches Verfahren, das er »lithargine process« nennt, zur Diskussion gestellt zu haben. »Litharge« ist die englische Bezeichnung für Bleiglätte (= Bleioxid). Beim verbleienden Schmelzen herrschen im Ofen reduzierende Verhältnisse; es kann deshalb ebensogut Bleiglätte, wie metallisches Blei oder Bleiglanz (= Bleisulfid) eingesetzt werden. Bei allen Beschickungen entsteht im Verlauf der Verhüttung flüssiges Bleimetall. Den bislang schwer oder unverständlichen Plinius-Text auf dieses Verfahren zu beziehen, ist deshalb durchaus folgerichtig.

Die Erze von Três Minas/Campo de Jales enthalten, wie gezeigt wurde, hohe Anteile an Arsenkies und Pyrit. Es sind vor allem diese Minerale, in denen das refraktäre Gold »gefangen« ist. Sie sind deshalb vor dem Schmelzen mit Blei durch Rösten weitgehend zu zerstören. Besonders Arsengehalte stören den Prozeß erheblich. Die Schlackenanalysen zeigen, daß Arsen fast völlig entfernt worden ist; Schwefelrestgehalte sind unschädlich; sie können sogar für gewisse Reaktionsabläufe erforderlich sein. Die Schlacken mit ihrem hohen Kieselsäuregehalt machen es ferner wahrscheinlich, daß Quarz (als Gangmineral reichlich vorhanden) den Schmelzchargen zugeschlagen wurde. Die nur mit Kieselsäure mögliche Bildung niedrigschmelzender Schlackensilikate vermochte die hohen Eisengehalte des Primärerzes (Pyrit, Arsenkies) zu entfernen. Wie perfekt dies gelungen ist, beweisen ebenfalls die Schlackenanalysen. Daß die Schlacken unter Umständen noch Tropfen des Werk- oder Reichbleis einschließen konnten, wurde schon erwähnt. Hohe Viskosität (Funktion von Temperatur und chemischer Zusammensetzung) ließen gelegentlich ein vollständiges Absinken aller Bleitropfen verhindern. Wenn – wie Plinius schreibt – Schlacke gepocht, gemahlen und nochmals geschmolzen oder als sog. »Retourschlacke« einer neuen Schmelzcharge zugeschlagen wurde, so beweist dies die Erfahrung und Sorgfalt der römischen Schmelzmeister.

Es bleibt noch die Frage nach der Herkunft des für den Schmelzprozeß unerläßlichen Bleis. Harrison (l.c) behauptet, daß der Bleiglanzgehalt des polymetallischen Erzes (5 bis 10 Prozent) ausreicht, um genügend Sammlermetall zu liefern. Dies mag zutreffen. Interessant sind jedoch in diesem Zusammenhang die Funde von Bleibarren¹². Dies könnte ein Hinweis darauf sein, daß – falls erforderlich – auch metallisches Blei beim Schmelzen eingesetzt wurde.

Die wichtigsten Endprodukte des verbleienden Schmelzens sind Werk- oder Reichblei und Schlacke. (Andere Produkte, wie Stein- oder Mattephasen und Speise, sollen hier nur erwähnt, aber nicht weiter beschrieben und behandelt werden.) Aus dem Werkblei sind in einem nachgeschalteten Verfahrensschritt die Edelmetalle zu isolieren. Beim sog. Treib- oder Kupellationsprozeß wird das unedle Blei zu Bleiglätte oxidiert. Am Ende des Treibens bleiben die sauerstoff-resistenten Edelmetalle Gold und Silber in dem Verhältnis, in dem sie im Ausgangserz vorlagen, als Legierung zurück.

Da das Imperium Romanum einen großen Bedarf an Feingold (»aurum obricium«) unter anderem für die Münzprägung hatte, verstand man es, auch die letzte Stufe der Goldgewin-

aufsaugen sollen. Statt »tasconium«, vermutlich ein kalkhaltiger Mergel, wurde auch Knochenasche als Tiegelaukleidung verwendet.

12 In einem von J. WAHL gefundenen Bleibarren wurde der Silbergehalt bestimmt. Er beträgt 90 g/t; d. h. er besteht vermutlich aus entsilbertem Blei. Die zur Römerzeit erreichbaren Grenzwerte für die Entsilberung von Edelmetallerzen lagen bei ca. 100 g/t. Über einen weiteren, im Três Minas-Revier gefundenen »Bleiklumpen« berichtet Mário Cardozo (Mário CARDOZO: A propósito da lavra do ouro na Província de Trás-os-Montes durante a época romana. Revista de Guimaraes 64, 1954, 119).

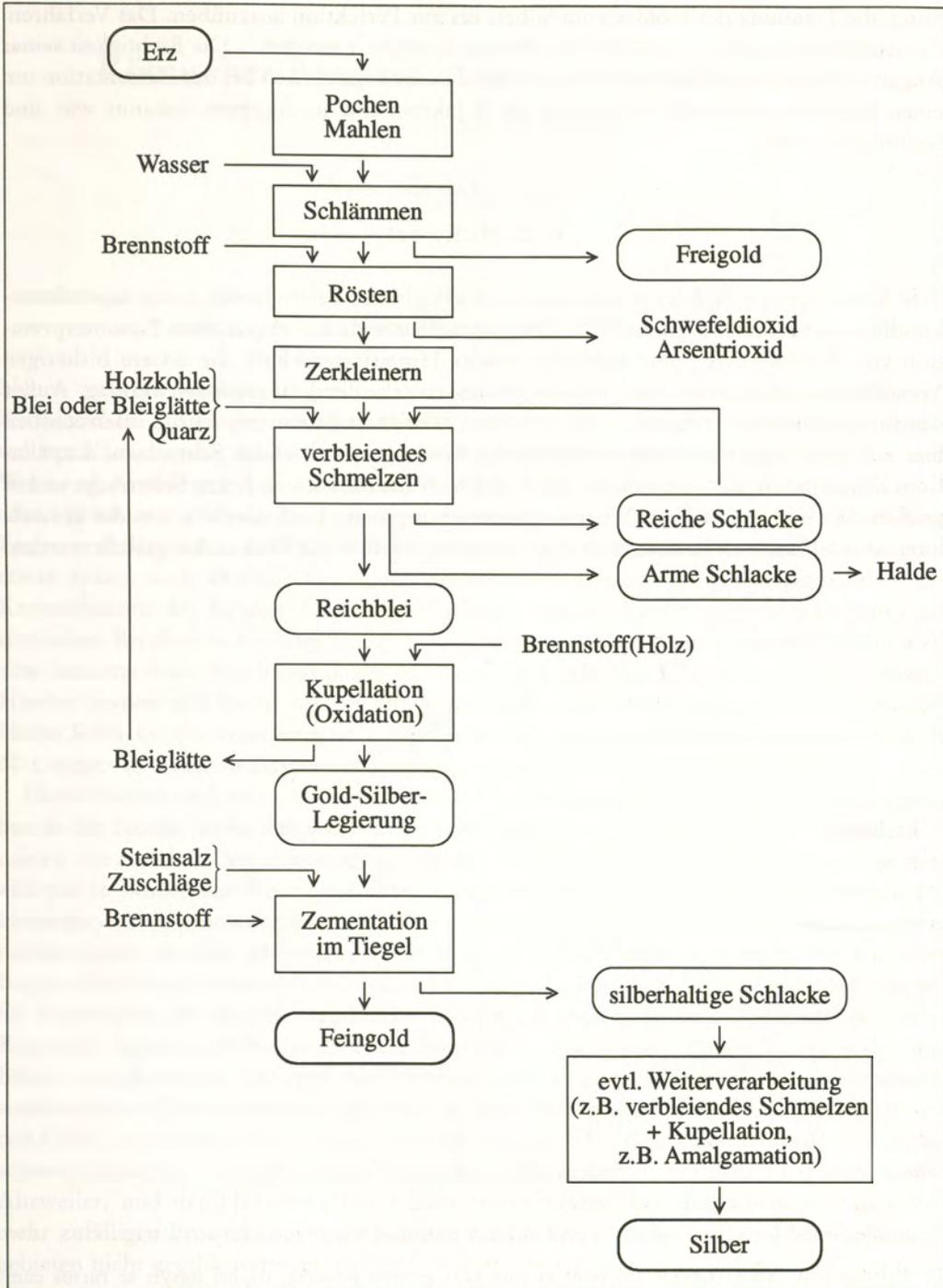


Abb.1 Die römische Verarbeitung der Gold-Silber-Erze von Três Minas und Campos de Jales. Vorschlag für eine mögliche Verfahrensabfolge.

nung, die Trennung des Goldes vom Silber, bis zur Perfektion auszuüben. Das Verfahren, Zementation genannt, ist ebenfalls von Plinius überliefert worden¹³. Die Richtigkeit seiner Angaben konnte experimentell überprüft werden. Es handelt sich bei der Zementation um einen Raffinationsprozeß, der bereits im 2. Jahrtausend in Ägypten bekannt war und beherrscht wurde.

6. Schlußwort

Três Minas/Campo de Jales ist aufgrund archäologischer Feldbefunde, erster lagerstättenkundlich-archäometallurgischer Erkenntnisse und einer daraus abgeleiteten Neuinterpretation von Plinius-Texten eine kulturhistorische Hinterlassenschaft, die unsere bisherigen Vorstellungen römerzeitlicher Goldgewinnung entscheidend zu ergänzen vermag. Außer der Produktion von Freigold nach Methoden der Schwereretrennung wurde offensichtlich hier ein metallurgischer Mehrstufenprozeß (Röstung, verbleiendes Schmelzen, Kupellation, Zementation) zur Gewinnung von Gold auch aus refraktären Erzen beherrscht und in großem Maßstab praktiziert. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um die Vorstellungen und Thesen zu bestätigen und zu ergänzen, die hier zur Diskussion gestellt werden.

13 PLINIUS (nat. XXXIII,84) »...torretur et cum salis gemino pondere, triplici misyis ac rursus cum duabus salis portionibus et una lapidis, quem schiston vocant. ita virus trahit rebus una crematis in fictili vase, ipsum purum et incorruptum.« Übersetzung, wie sie von der »Projektgruppe Plinius« in der im Attempto Verlag Tübingen 1993 erschienenen Publikation »Gold und Vergoldung in der Naturalis Historia des Älteren Plinius und anderen antiken Texten mit Exkursen zu verschiedenen Einzelfragen« vorgeschlagen wird: ...Gold wird mit dem doppelten Gewicht an Salz und dem dreifachen an »misy« (verwitterter Kupferkies?) geröstet, dann noch einmal mit zwei Teilen Salz und einem von dem Stein, den sie »schistos« (Alaunschiefer?) nennen. So zieht es das Gift heraus, wenn diese Dinge mit ihm zusammen in einem irdenen Gefäß verbrannt sind, wobei es selbst rein und unverdorben zurückgeblieben ist.

Römischer Bergbau in der Germania Inferior

Eine Bestandsaufnahme

VON MICHAEL GECHTER

1. Forschungsgeschichte

Neben wenigen Beobachtungen aus dem letzten Jahrhundert im Bereich von Stolberg, Kreis Aachen und Mechernich, Kreis Euskirchen, die hauptsächlich römische Bergbauspu- ren betreffen, begann das Interesse an römischer Bergbautätigkeit erst nach dem Zweiten Weltkrieg. H. v. Petrikovits gebührt der Verdienst, hier 1954/55 grundlegende Forschungs- arbeit geleistet zu haben. Ihm gelangen entscheidende Untersuchungen zum römischen Eisen- und Bleierzbau in der Eifel bei Nideggen, Kreis Euskirchen. O. Kleemann konnte etwas später auch ähnliche Untersuchungen während seiner Fundstellenaufnahme zur Kreisaufnahme des Kreises Ahrweiler beginnen¹. Danach wurde es etwas stiller um den römischen Bergbau in der Eifel. In den 80er Jahren startete der Heimatverein Hürtgenwald eine umfangreiche Begehungsaktion auf der Hürtgener Hochfläche im Kreise Düren. Hierbei fanden sich Reste von 59 römischen Siedlungsstätten, in denen in mehr als der Hälfte Schlacke von Brauneisenerz gefunden wurde. Die Funde wurden von J. Kunow und M. Gechter in anderem Zusammenhang besprochen².

Hinzu kamen im Laufe der Zeit noch andere Hinweise auf römerzeitlichen Eisenerzab- bau in der Nordeifel, so daß wir heute in der Lage sind, eine etwas größere Bestandsauf- nahme vorzustellen, als dies noch in den letzten, allgemeineren Publikationen über die »Römer in Nordrhein-Westfalen« bzw. »Rheinland-Pfalz« geschah³. Bislang konnten 14 Hinweise auf Eisenerzabbau, 2 auf Kupfer- und je 1 auf Galmei- und Bleibergbau nachgewiesen werden. Meist handelt es sich um Pingenfunde, in zwei Fällen konnten Bergwerksschächte lokalisiert werden (Abb. 1). Hinzu kommen noch 99 indirekte Belege für Erzbergbau. Es handelt sich hierbei um Verhüttungsplätze. In 14 Fällen fanden sich Reste von Rennfeueröfen: für Eisenerz konnten 13 Plätze und 1 für die Bearbeitung von Bleierz belegt werden. Die restlichen Fundstellen lieferten Schlackenhalde oder Braunei- senerzstücke in Zusammenhang mit Schlacke bzw. anderen römerzeitlichen Siedlungsun- den (Abb. 2). Bei dieser Kartierung zeigt sich aber sehr deutlich, daß die drei Forschungs- schwerpunkte um Nideggen, Kreis Euskirchen, Ahrweiler (nicht einzeln kartiert), Kreis Ahrweiler, und der Hürtgener Hochfläche, Kreis Düren, bestehen bleiben. Durch die mehr zufälligen Prospektionsfunde konnten die Lücken zwischen diesen 3 Schwerpunk- gebieten nicht geschlossen werden.

1 H. v. PETRIKOVITS, Neue Forschungen zur römerzeitlichen Besiedlung der Nordeifel. *Germania* 34, 1956, 99ff.; DERS., Bergbau und Hüttenwesen in der römischen Rheinzone. *Zeitschrift für Erzbergbau und Metall- hüttenwesen* 11, 1958, 594ff.; O. KLEEMANN, Vor- und Frühgeschichte des Kreises Ahrweiler (1971) 25ff.

2 M. GECHTER, J. KUNOW, Zur ländlichen Besiedlung des Rheinlandes in römischer Zeit. *Bonner Jahr- bcher* 186, 1986, 377ff.

3 H. G. HORN (Hrsg.), *Die Römer in Nordrhein-Westfalen* (1987) 166f.; P. NEU, Eisenindustrie in der Eifel (1988) 21ff.; O. ROLLER, in: H. CÜPPERS (Hrsg.), *Die Römer in Rheinland-Pfalz* (1990) 284f.

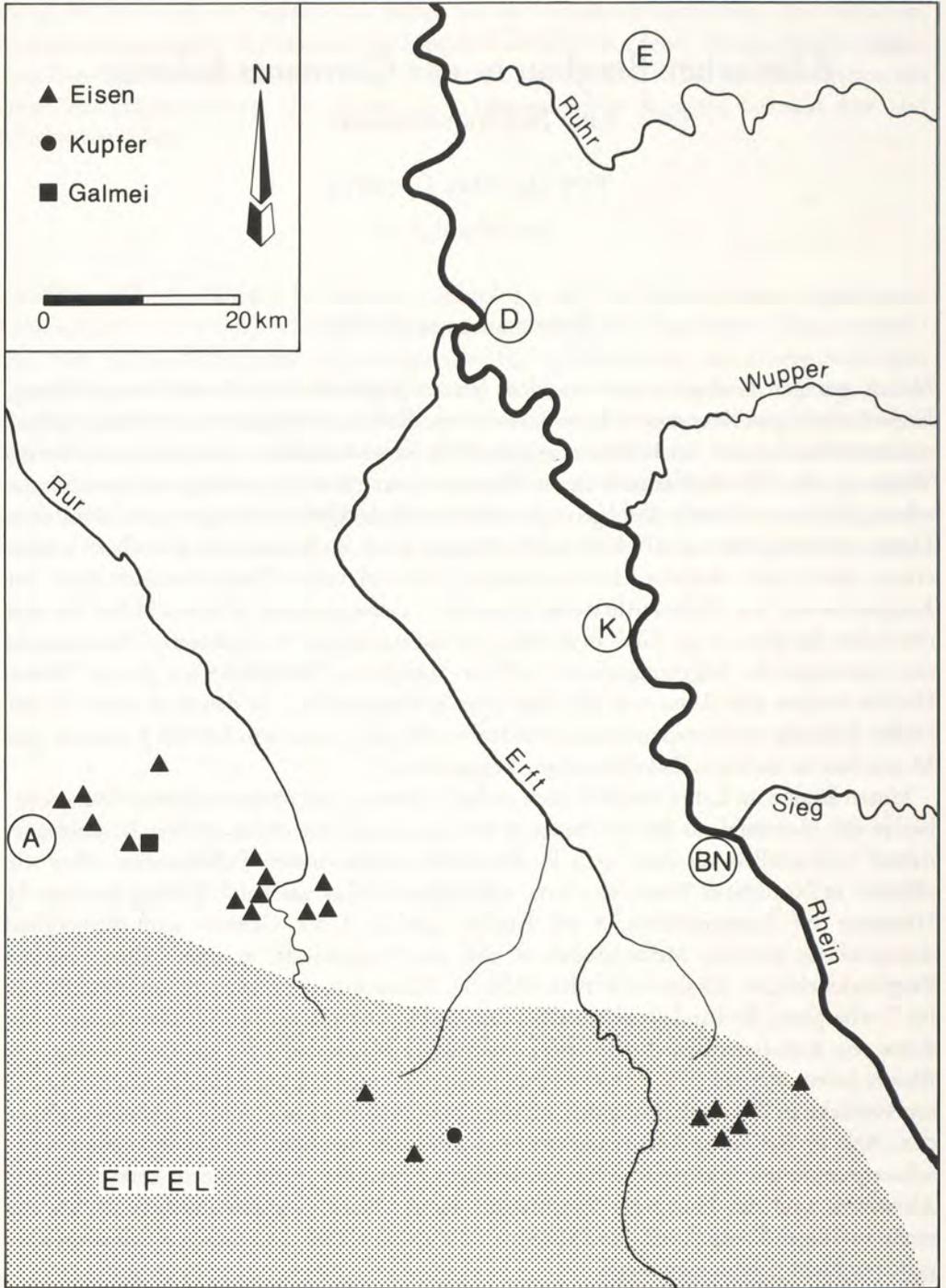


Abb. 1 Römischer Bergbau in der Provinz Germania inferior; Erzlagerstätten.

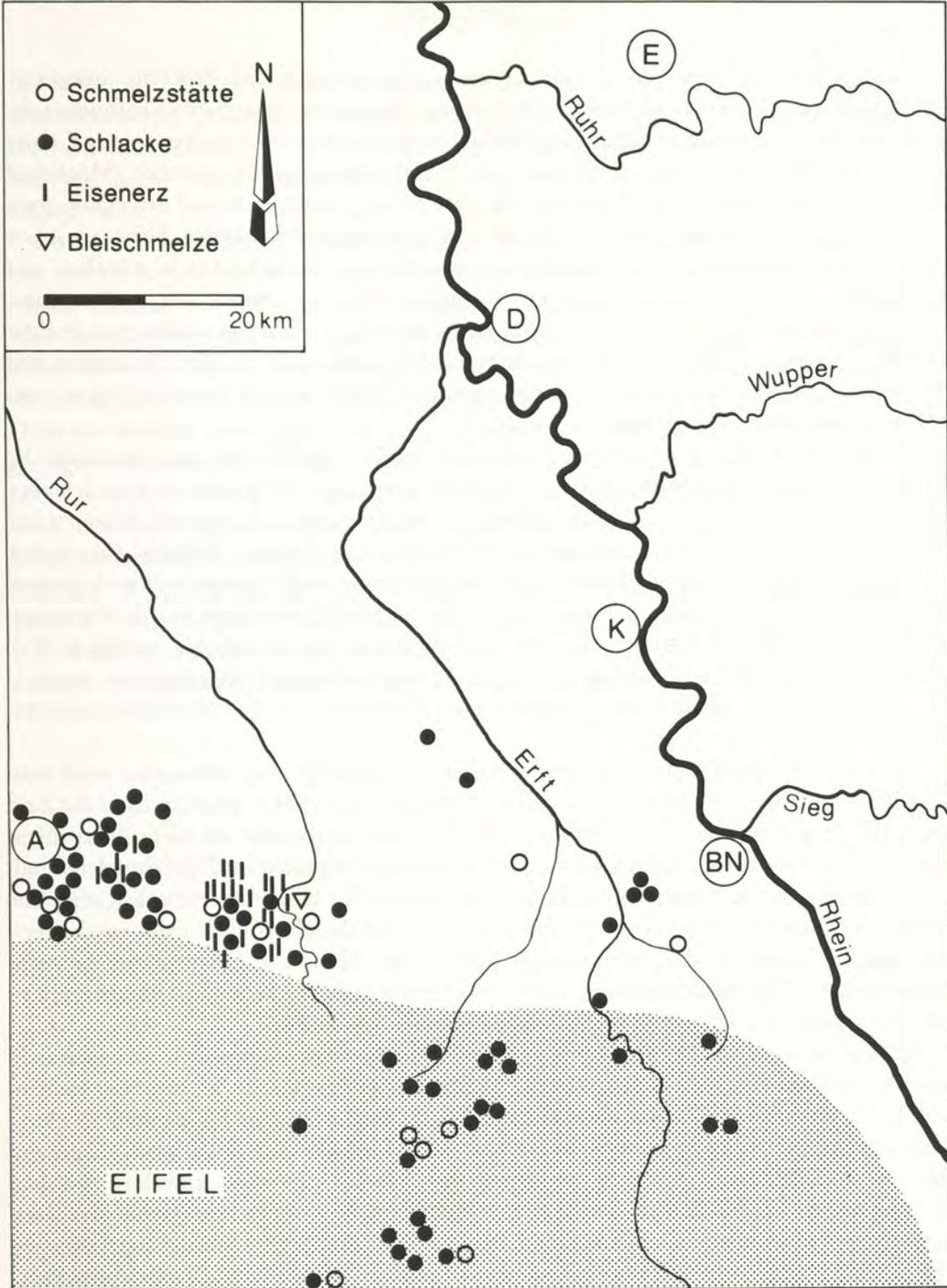


Abb.2 Römischer Bergbau in der Provinz Germania inferior; archäometallurgische Fundplätze.

2. Problematik

Bei der Kartierung bzw. der Fundinterpretation ergab sich das Problem, inwieweit Schlackenfunde signifikant sind für Erzverhüttung. Solange für diese Schlackenfunde nicht zwischen Verhüttungs- und Schmiedeschlacken unterschieden wird, sollten wir in Gebieten mit unsicheren Erzvorkommen nicht von Verhüttungsschlacken sprechen. Möglicher Abbau von Raseneisenerz am Niederrhein konnte bislang nur indirekt und dann auch noch ohne Bezug nachgewiesen werden. Da wir von einer engen räumlichen Nähe zwischen Abbau und Verhüttung ausgehen müssen, wurden die Schlackenfunde nördlich des Eifelvorlandes hier nicht berücksichtigt. Auszuschließen für unsere Fragestellung sind auch die einzelnen Barrenfunde; sie müssen nicht unbedingt Hinweise auf Bergbau in dem Gebiet ergeben, in dem sie gefunden wurden. Ich denke hier an den Bleibarren der 19. Legion aus Mechernich in der Eifel, von dem nicht einmal feststeht, ob er aus Mechernicher Bleisanden gewonnen wurde.

Mit welcher Kohle die Verhüttung betrieben wurde, können wir nur vermuten. In keinem Fall sind römische Meilerplätze bekannt geworden. Es fanden sich auch keine Holzkohlelager neben den Schlackenhalde bzw. den Ofenresten. In einem Fall wurde bei der Prospektion neben Eisenschlacke auch Steinkohle aufgelesen. Solange aber keine Eisenluppen oder -barren aus Eifeler Produktion bekannt sind, können wir auch keinen definitiven Nachweis führen, ob mit Holz- oder Steinkohle verhüttet wurde. Vermutet werden kann, daß die Verhüttung unter Zuhilfenahme von Holzkohle stattfand. Wir wissen allerdings, daß in römischer Zeit Steinkohle im Stolberger Raum abgebaut wurde⁴. Die bisher bekannt gewordenen römerzeitlichen Ofenreste aus der Nordeifel stammen ausschließlich von Rennöfen.

Ein weiteres Problem stellt die Datierung der Fundstellen dar; Ahrweiler wird von O. Kleemann in das 3./4. Jahrhundert datiert, Nideggen datiert H. v. Petrikovits in die Zeit zwischen dem 2. und dem 5. Jahrhundert. Beide Datierungen habe ich nicht überprüfen können. Die Fundstellen auf der Hürtgener Hochfläche beginnen im 2. Jahrhundert, und die Masse bricht Ende desselben Jahrhunderts wieder ab. Ich gehe davon aus, daß die meisten Rennfeueröfen spätestens ab der Mitte des 3. Jahrhunderts nicht mehr produziert. Die Verhüttungsstellen lagen alle im Bereich von Bächen, z. T. wurden diese auch umgeleitet. Die Produktionsanlagen waren relativ klein, mit nur wenigen Öfen ausgestattet. Wir müssen uns hier wohl Nebenerwerbsbetriebe vorstellen.

Vergleichen wir die 3 bislang bekannten Schwerpunktgebiete miteinander, so zeigen sich gewisse Ähnlichkeiten. In Nideggen umfaßte die untersuchte Fläche 9 qkm. Hier fanden sich 12 Höfe und ca. 100 Pingen. In Ahrweiler betrug die untersuchte Fläche etwa 20 qkm. Eine genaue Kartierung ist leider nicht vorhanden. Wir müssen allerdings davon ausgehen, daß alle 2–3 km Schmelzstätten vorkamen. Im Bereich des Hürtgenwaldes wurden 68 qkm begangen. Es fanden sich hier 59 römerzeitliche Fundstellen. Grob geschätzt betrug demnach in allen 3 Untersuchungsbereichen der Einzugsbereich eines Betriebes um die 1,2 qkm (Nideggen: 0,83 qkm, Hürtgenwald 1,2 qkm, Ahrweiler ca. 2 qkm (unsicher).

4 Römerzeitliche Steinkohle konnte in Neuss, Bonn und im Hambacher Forst festgestellt werden. Die Untersuchungen wurden im Bergbau-Museum Bochum durchgeführt. Von dort stammt auch der Hinweis auf das Stolberger-Bergbaugesamt.

3. Folgerungen

Im südlichen Teil der späteren Germania Inferior (unter Einschluß der belgischen und niederländischen Teilbereiche) können wir schon seit der Hunsrück-Eifelkultur Abbau auf Brauneisenerz feststellen⁵. In vorrömischer Zeit sind Bergbau auf Galmei im Bereich um Stolberg, Kreis Aachen, sowie auf Blei im Bereich von Mechernich, Kreis Euskirchen, nachgewiesen⁶.

Ab Anfang des 2. Jahrhunderts beginnt dann im gesamten Bereich der Brauneisenerzabbau und zusätzlich auch Blei- und Kupferbergbau. Ob der Bergbau und die Verhüttung im Ahrtal wirklich erst im 3. Jahrhundert begann, erscheint fraglich; höchstwahrscheinlich wird dieser Erzbergbau schon im 2. Jahrhundert dort begonnen haben. Der Zusammenbruch der Kleinbetriebe zu Anfang des 3. Jahrhunderts hat sicher mit der gesamten wirtschaftlichen Lage der Provinz in dieser Zeit zu tun. Die Betriebsgrößen waren relativ klein und wurden zusätzlich neben der Landwirtschaft betrieben. Hierauf deutet auch das geringe Vorkommen von Schachtanlagen. Wir kennen nur zwei solcher Anlagen. Es sind dies das spätrömische Kupferbergwerk Virneberg bei Unkel-Rheinbreitbach, Kreis Neuwied, außerhalb des Römischen Reiches, und eine nicht näher definierte römerzeitliche Schachtanlage bei Stolberg, Kreis Aachen⁷. Dieses Bild der kleinteiligen Betriebsgrößen paßt gut in den Befund aus dem belgischen und niederländischen Teil der Germania Inferior. Ganz anders stellt sich dagegen das reiche Eisenerzabbaugebiet im Sambre/Maas Gebiet dar. Hier wurde anscheinend von Unternehmern bzw. vom Staat in Großunternehmungen Erz gefördert und dementsprechend auch verhüttet⁸.

5 Es handelt sich hierbei um ein Hügelgräberfeld der Hunsrück-Eifelkultur bei Mechernich, Kreis Euskirchen. Den Hinweis verdanke ich P. Wagner, RAB-Außenstelle Zülpich.

6 Die Hinweise auf frühe vorrömische Schachtanlagen mit Münzfunden bei Mechernich, Kreis Euskirchen, verdanke ich V. Zedelius, RLM-Bonn. Ebenso stammen von V. Zedelius die Bestimmungen der vorrömischen Münzen aus Stolberg-Gressenich, Kreis Aachen.

7 Virneberg: Hier wurde im letzten Jahrhundert eine alte Schachtanlage gefunden; in einer Nische derselben fand sich ein Topf mit konstantinischen Münzen. Ein Teil der Münzfunde gelangte ins Landesmuseum Bonn. Der Topf und die Masse der Münzen verbrannte beim Bombenangriff in Berlin 1944. Unterlagen zur Schachtanlage bei Stolberg: Ortsakten RAB Bonn.

8 E. M. WIGHTMANN, Gallia Belgica 1985, 139ff.; W. A. VAN ES, De Romeinen in Nederland (1981) 242.

Montanarchäologische Prospektion im Rheinland

VON WOLFGANG WEGENER

Bergbau im Bereich des Landschaftsverbandes Rheinland läßt sich bis in das dritte vorchristliche Jahrhundert verfolgen. Aufgabe dieser Abhandlung ist es, zusammenfassend die montanarchäologischen Kenntnisse dieser Region darzustellen, also über den Forschungsstand und die momentan laufenden Aktivitäten zu berichten.

1. Forschungsstand

Das südliche Rheinland gehört seiner Genese nach zum Rheinischen Schiefergebirge. Die flächenhafte Verbreitung variscisch gefalteter Gesteinsschichten erstreckt sich vom Kambrium bis zum Karbon. Das Streichen der Schichten verläuft von SW nach NO. Mit der Hebung des Rheinischen Schiefergebirges vom Tertiär bis zum Quartär erfolgte die Zertalung der Rumpffläche, so daß das nördlich angrenzende Niederrheinische Tiefland durch fluviatile, äolische und glaziale Vorgänge entstand. Im besonderen sind es die devonischen Schichten, in denen sich Verzungen finden. Ihr Auftreten hängt häufig mit Verwerfungen, den Grenzlinien zweier Schichten, sowie hydrothermalen Vorgängen zusammen.

Anzutreffen sind fast alle Erze, die in den vergangenen Jahrtausenden das Ziel bergbaulicher Aktivitäten waren. Es sind dies Eisen, Blei, Kupfer, Zink und Quecksilber. Räumlich erstrecken sich diese Gebiete vorwiegend im Mittelgebirgsbereich von Eifel und Bergischem Land, wobei innerhalb dieser Region schwerpunktmäßig einzelne Lagerstätten auftreten. Bekannt und von besonderer Bedeutung sind:

1. Die Eisenerzgebiete von Kall, Schmidtheim/Blankenheim, Kaltenbach/Forst und in Rheinland-Pfalz der Ahrweiler Wald,
2. die Bleilagerstätten bei Mechernich, Maubach, Bensberg/Ründeroth und Wildberg,
3. die Galmei- und Bleivorkommen bei Stolberg,
4. die Kupfervorkommen bei Rheinbreitbach und Wipperfürth,
5. das Quecksilbergebiet bei Bensberg (Abb. 1)¹.

Auch bei der Konsistenz der Lagerstätten finden wir die unterschiedlichsten Formen. Gangerze und Erzlager kommen sowohl beim Eisen als auch beim Blei vor. Entsprechend ihrer Entstehung und den damit verbundenen Lagerstättenverhältnissen sind verschiedene Abbautechniken, wie wir sie aus dem bekannten antiken Bergbau kennen, im Rheinland nachgewiesen.

1 Einen Überblick vermittelt die Arbeit von R. SCHÖNBERG, I. NEUGEBAUER, Einführung in die Geologie Europas 5 (1987); für den Eifelraum W. MEYER, Geologie der Eifel (1986); für speziellere Fragestellungen sind die Erläuterungen zur Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25 000 heranzuziehen. Bisher sind für den genannten Arbeitsbereich einzelne Blätter erschienen.

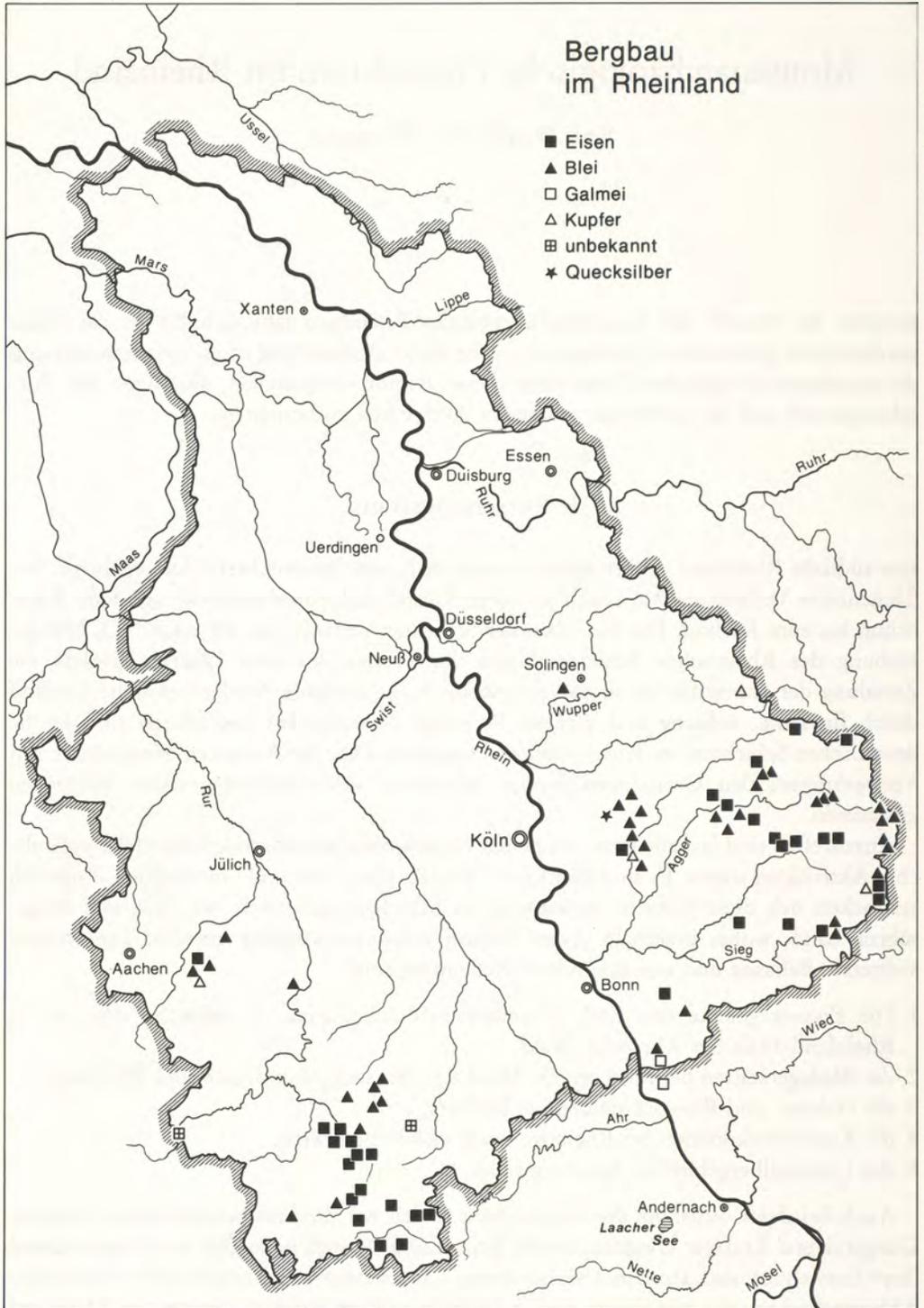


Abb. 1 Erzabbau-Reviere im Rheinland.

Gesicherte Hinweise auf bergbauliche Aktivitäten in vorchristlicher Zeit besitzen wir von zwei Fundstellen. Es sind dies der neolithische Flintabbau am Lousberg bei Aachen und der latènezeitliche Blei-Zink-Abbau am Schlangenberg, Stadt Stolberg. Ende der 70er Jahre fanden am Lousberg – in Zusammenarbeit mit dem Institut für Ur- und Frühgeschichte in Köln und dem Deutschen Bergbaumuseum in Bochum – mehrere Grabungskampagnen statt, die bedeutende Erkenntnisse zum Flintabbau erbrachten². Nicht gesichert, aber durch Schmelzöfen und geologische Prospektion zu erschließen, ist die Ausbeutung von Raseneisenerzlagern in der Wahner Heide.

Seit den Berichten von H. v. Petrikovits aus dem Jahre 1958³ sind zum Bereich des römischen Bergbaus im Arbeitsgebiet des Landschaftsverbandes Rheinland keine umfangreichen Untersuchungen hinzugekommen. Weitere Ergebnisse und Beschreibungen zu diesem Thema beruhen in erster Linie auf Beobachtungen und Untersuchungen, die in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Wiederaufschwung des Bergbaus im 19. Jahrhundert stehen.

In einzelnen Artikeln einschlägiger Fachzeitschriften sowie in Abhandlungen historisch interessierter Bergbaubediensteter finden sich versteckt Hinweise auf Abbaue und Funde zum römerzeitlichen Bergbau⁴. Leider sind diese materiellen Hinterlassenschaften unwiederbringlich verloren, so daß nur die Möglichkeit verbleibt, einzelne Fundpunkte unreflektiert zu konstatieren. Allerdings kann man aus diesen Berichten Informationen gewinnen, die im Zusammenhang mit den physischen Voraussetzungen Rückschlüsse auf die technische Bearbeitung der Grubenbaue zulassen. Insgesamt liegen dem Rheinischen Amt für Bodendenkmalpflege (im folgenden RAB) zur Zeit gesicherte Informationen zu 18 montanarchäologisch Bodendenkmälern der Römerzeit vor.

Die bekanntesten römischen Bergbauegebiete in der *Germania inferior* sind die Galmeigruben im Stolberger Raum. Interessant erscheinen die neueren Untersuchungen von V. Zedelius und H. Löhr, die numismatische und archäologische Befunde in Zusammenhang mit dem Bergbau am Schlangenberg setzen. Aus diesen Ergebnissen erschließt sich der frühere Galmeibergbau für das erste vorchristliche Jahrtausend durch hier ansässige keltische Volksgruppen⁵. Von den Römern wird der Bergbau fortgeführt bzw. wieder aufgenommen. A. Voigt, der detailliert über den älteren Bergbau berichtet⁶, setzt den Beginn intensiver bergbaulicher Tätigkeit in die Zeit zwischen 74 und 77 n. Chr. Plinius der Ältere berichtet in seiner »*historia naturalis*« (Lib. XXXIV, cap. 2) über einen erzartigen Stein, »der *cadmia* genannt wird ... und der kürzlich ... auch in der Provinz *Germania* entdeckt wurde«. Plinius verfaßte diese Schrift 77 n. Chr. Allerdings findet dieser Hinweis in archäologischen Funden und Befunden keine unmittelbare Bestätigung.

Um ein genaueres Bild über den zeitlichen Ablauf des Galmeiabbaus im Stolberger

2 J. WEINER, Lousberg. Untersuchungen zur neolithischen Besiedlung der Aldenhovener Platte X. Bonner Jahrbücher 180, 1980, 277–288.

3 H. VON PETRIKOVITS, Bergbau und Hüttenwesen in der römischen Rheinzone. Zeitschrift für Erzbergbau und Metallhüttenwesen 11, 1958, 594–600; DERS., Neue Forschungen zur römerzeitlichen Besiedlung der Nordeifel. *Germania* 34, 1956, 99ff.

4 Hinweise auf alte Abbaue finden sich in einzelnen Abhandlungen wie z. B. Beschreibung des Bergreviers Düren. Hrsg. vom Königlichen Oberbergamt Bonn (1902). A. VOIGT, Gressenich und sein Galmei in der Geschichte. Bonner Jahrbücher 155/156, 1955/1956, 318–335. Weitere Informationen finden sich in den Bonner Jahrbüchern. Eine detaillierte Aufstellung ist zur Zeit in Arbeit.

5 H. LÖHR, V. ZEDELIOUS, Der »Schlangenberg«. Ein Platz der frühromischen Okkupation bei Stolberg-Breinigerberg. Ausgrabungen im Rheinland '79, 1980, 93–99.

6 A. VOIGT (wie Anm. 4).

Raum zu gewinnen, sind weitere archäologische Befunde heranzuziehen. Es sind dies zunächst die leider bisher nicht näher untersuchten römischen »Gewerbesiedlungen« bei Gressenich und Breinig. Die aufgefundene Keramik im Siedlungsbereich von Gressenich zeigt eine intensive Besiedlung bis Ende des 3. Jahrhunderts an⁷. Die 1923 durchgeführten Grabungen von M. Schmidt-Burgk, bei denen eine sog. »Knappensiedlung« im Bereich Breinig erschlossen wurde, sind weitgehend unbrauchbar, da weder die Grabungsunterlagen, noch einzelne Befunde genauer zugeschrieben werden können⁸. Als zweiter Befund sind die Hemmoorer Eimer zu erwähnen, deren Herkunftsort im Stolberger Raum vermutet wird. Die Ergebnisse dieser Forschungen sind als Indiz für den vermutlichen Zeitraum eines intensiven Bergbaus zu bewerten⁹.

Für den Stolberger Bleierzbezirk sind die Formen, in denen Erze auftreten, sehr mannigfaltig. Die Blei- und Zinkvererzungen sind nach R. Gusone an die Quer- und Diagonalstörungen gebunden und treten vor allem dort auf, wo diese Störungen den devonischen Eifelkalk und den unterkarbonischen Kohlenkalk durchkreuzen¹⁰. Die Erzkörper treten als Gänge, Stockwerke, Nester, Lager und Flöze zumeist an der Tagesoberfläche in einer relativ großen Ausdehnung und einer reichen Erzführung auf. Zudem handelt es sich um keine reinen Lagerstätten; neben Galmei, Bleiglanz und Zinkblende werden auch Kupferkies und Eisen in Vermischungen gefunden.

Das heutige Erscheinungsbild wird geprägt durch den neuzeitlich, aufgelassenen Bergbau. Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts existierten umfangreiche Haldenbereiche der Galmeiverhüttung. Diese und die Lagerstätten wurden von den industriellen Produktionsstätten wieder aufbereitet¹¹. Nur vereinzelt sind an der Oberfläche noch Schachtpingen bzw. Tagesbrüche erhalten. Ihre zeitliche Zuordnung ist ohne datierende Kleinfunde nicht möglich. Bekannt sind aber alte Schacht- und Stollenbaue in der Nähe von Hastenrath, wo beim Aufschluss des sog. »Alten Mannes« Verschalungen ältester Zeit aufgefunden wurden¹².

Ähnlich verhält es sich mit den umfangreichen Bleivorkommen bei Mechernich/Eifel. Diese Lagerstätten zeigen sog. Imprägnationserze, die sich in Lagen und Bänken vorwiegend an den Schichten der Bundsandsteinformation bzw. in den Konglomeraten angereichert haben. Vorwiegend handelt es sich dabei um Bleiglanz und Zinkblende. Weiterhin zu nennen sind Kupferkies, Schwespat und Cerrusit, eine Verwitterungsform des Bleiglanzes, das in der Frühzeit des Bergbaus wegen seiner guten Aufbereitungsmöglichkeiten bevorzugt abgebaut wurde¹³. Für den Tanzberg sind alte Stollenbaue mit römischen Befunden bezeugt¹⁴. Auf dem Kallmuther Berg existieren noch umfangreiche Pinggen, Halden, Stollen und Schächte älterer Abbauphasen. Ihre nähere Untersuchung ist Ziel

7 Die bisher letzten Untersuchungen führte A. Jürgens in Form einer Notgrabung 1979/80 durch. A. JÜRGENS, TH. VOGT, Reste römischer Gewerbebetriebe in Stolberg-Gressenich, Kr. Aachen. Ausgrabungen im Rheinland '79/80, 1981, 129–132; H. LÖHR, unveröffentl. Bericht. Ortsarchiv RAB.

8 M. SCHMIDT-BURGK, Arbeitsbericht. Zeitschrift des Aachener Geschichtsverein 45, 1923, 283.

9 H. WILLER, Neue Untersuchungen über die römische Bronzeindustrie von Capua und Niedergermanien (1907); DERS., Die römische Messingindustrie in Niedergermanien. Rheinisches Museum (1907); M. H. P. DEN BOESTERD, The bronze vessels in the Rijksmuseum G.M. kam at Nijmegen (1956).

10 R. GUSONE, Untersuchungen und Betrachtungen zur Paragenese und Genesis der Blei-Zink-Erzlagerstätte im Raum Stolberg-Aachen. Diss. Aachen 1964.

11 H. W. GRAF, Blei- und Zinkerzbergbau um Stolberg bei Aachen. Der Aufschluß 41, 1990, 111–130.

12 A. VOIGT, (wie Anm. 4).

13 H.-K. RIBBERT, Erläuterungen zu Blatt 5405 Mechernich. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen (1985).

14 Bonner Jahrbücher 77, 1884, 212.

einer Zusammenarbeit mit dem Deutschen Bergbaumuseum in Bochum. Bei ersten Begehungen ließen sich alte Duckelbaue, Strecken und Schächte feststellen¹⁵.

Das hier gewonnene Blei wurde an den nahegelegenen Bachläufen verhüttet. Obwohl neuere Anlagen und umfangreiche Halden die alten Produktionsstätten überlagern, sind umfangreiche römische Befunde bekannt¹⁶. Südwestlich der von NO nach SW streichenden Bleilager schließen sich an der Grenze zum mitteldevonischen Dolomit umfangreiche Eisenerzlager an, die ebenfalls bereits in den römischen, gegebenenfalls schon in den vorrömischen Zeitaltern Gegenstand intensiven Abbaus waren. Es handelt sich dabei um Roteisenstein, Eisenmangancarbonat und Brauneisenstein, der lagerartig um Kall und Sötenich vorkommt¹⁷. Oberhalb des Grundwasserspiegels oxidiert, erreichen die Lager eine Mächtigkeit von 6–35 m. Allein im Bergwerksfeld Keldenicher Heide und Girzenberg hat das Landesoberbergamt Dortmund ca. 1250 Einzelobjekte vermessen. Das Aussehen der Pingen, ihre Größe, Umfang, Durchmesser und Erhaltungszustand ergeben erste Hinweise auf Funktion und Datierung solcher Anlagen. Sie sind allerdings überwiegend mittelalterlicher bis frühneuzeitlicher Zeitstellung. Hinzuweisen ist auch auf die Eisensteinlager bei Hürtgenwald, Schmidheim, Blankenheim und im Ahrweiler Wald, wo ebenfalls in römischer Zeit Brauneisenstein oberflächennah abgebaut wurde¹⁸. Im März 1990 konnte eine umfangreiche Schlackenhalde mit römischer Keramik nördlich von Schmidheim kartiert werden. Eine erste physikalisch-chemische Analyse der TH Aachen ergab als Hauptbestandteil Fayalit und Wüstit in homogenen schwarzen Schlacken.

Innerhalb der römischen Epoche erscheint der rechtsrheinisch gelegene Kupferabbau am Virneberg in Rheinbreitbach interessant. Als Dokument für den römerzeitlichen Abbau sind die 500 Clupto-Münzen zu bewerten, die auf den Halden und in einem Stollen in einer 12 cm großen Urne gefunden wurden¹⁹. Sie datieren in die Zeit Constantin d. Großen (285–337). In einer 1789 verfaßten Beschreibung wird über das Auffinden mittelalterlicher Baue berichtet. Bei diesem Erzvorkommen handelt es sich um hydrothermal entstandene Kupfererzgänge, die durch ihre besondere Reinheit auffallen. Weiterhin tritt Kupferkies, Bleiglanz und Pyrit auf. Nach A. Voigt scheint ein wirtschaftlicher Zusammenhang mit dem Galmeiabbau und den Messingwerkstätten in Gressenich zu bestehen. Begründen läßt sich dies mit der hervorragenden Qualität der Kupfervorkommen, den günstigen Verkehrsverhältnissen im 3. Jahrhundert in der Germania inferior und den nur kleinen Kupferlagerstätten bei Stolberg. Damit ist ein Forschungsproblem für den Montanbereich im Rheinland angesprochen; bisher fehlen vor allem Hinweise auf Kupferlagerstätten in unmittelbarer Nähe der genannten Werkstattbereiche. Die bisher bekannten Lagerstätten zwischen Kornelimünster und Hürtgenwald sowie der weiteren Nordeifel erscheinen unzureichend, um den zu schätzenden Bedarf der Messingproduktion in Gressenich gedeckt zu haben.

Erwartungsgemäß fallen weitere rechtsrheinische Befunde für die ersten nachchristlichen Jahrhunderte aus. Lediglich von einem alten Bleiabbaugebiet bei Engelskirchen, der Grube

15 Vgl. dazu E. PEUSCHEN, Mechernich. Jahresbericht 1956–1958. Bonner Jahrbücher 159, 1959, 450–455.

16 RGZM (Hrsg.): Führer vor- und frühgeschichtlicher Denkmäler 25 (1974) und 26 (1974); H. G. HORN (Hrsg.), Die Römer in Nordrhein-Westfalen (1987) 154–156.

17 H. QUIRING, Gutachten über das Manganeisenerzlager von Kall-Goldbach (Grube Stolberg). Unveröffentlicht. Manuskript im GLA Krefeld 1935.

18 M. GECHTER, J. KUNOW, Zur ländlichen Besiedlung des Rheinlandes in römischer Zeit. Bonner Jahrbücher 186, 1986, 377ff.; O. KLEEMANN, Vor- und Frühgeschichte des Kreises Ahrweiler (1971); H. G. HORN (wie Anm. 16); RGZM (wie Anm. 16).

19 Bonner Jahrbuch 77, 1884, 212; Bonner Jahrbuch 150, 1950, 103; Bonner Jahrbuch 151, 1951, 156; H. J. FUCHS et al., Rheinbreitbach (1986).

Bliesenbach, erfahren wir glaubwürdig aus Bergrevierbeschreibungen von bergmännischen Aktivitäten in römischer Zeit²⁰. Diese Berichte stützen sich auf Keramikfunde. Allerdings lassen sich weder genauere Aussagen zur Zeitstellung noch zum Umfang des Bergbaus treffen. Weitere Kleinfunde im angrenzenden Raum scheinen die Annahme römischer Aktivitäten zu bestätigen²¹. Bisher konnten daraus aber keine näheren Erkenntnisse gewonnen werden, ob in diesem Raum Germanen oder Römer tätig waren.

Im Zusammenhang mit dem Bergbau muß auch kurz auf die Eisenverhüttung eingegangen werden. Den 18 römischen Fundstellen im Bergbau stehen mehr als 100 Fundstellen der Metallverarbeitung gegenüber. Rechnet man die 28 Fundstellen mit Schlackeresten in Siedlungsbereichen hinzu, ergibt sich das Bild einer weiten räumlichen Verbreitung. Darunter fallen 15 nachgewiesene Schmelzstätten auf, die nördlich des Mittelgebirgsfußes in der Nähe bekannter römischer Lager bzw. Siedlungen angetroffen wurden. Vor allem die Entfernungen zu den nördlichen Bereichen der *Germania inferior* lassen die Frage zu, inwieweit hier allein durch Transportmittel der Bedarf an Eisenerz gedeckt werden konnte oder ob vor Ort existierende Raseneisenerzlagerstätten herangezogen wurden. Über die Existenz solcher Lagerstätten sind wir bisher unzureichend informiert.

Dies trifft auch für das Mittelalter zu; denn bis vor wenigen Jahren blieb dieser Forschungsbereich im Rheinland weitgehend unberücksichtigt. Allein W. Janssen hat mit seiner Arbeit über die Wüstungsproblematik der Eifel diesen Bereich gestreift²². Neuere Forschungen zur mittelalterlichen Rennfeuerverhüttung im Bergischen Land bearbeitet zur Zeit M. Rech, der bereits einzelne Arbeitsergebnisse publiziert hat²³ (Abb. 2).

An einzelnen Auswertungen zum mittelalterlich/frühneuzeitlichen Hüttenwesen arbeitet momentan M. Gechter, der Untersuchungen an einem Hammerwerk im Bereich der Leppe (Oberbergischer Kreis) durchführte. Weiterhin zu nennen sind M. Sönnecken und H. G. Knau, die durch umfangreiche Begehungen in den Flußbereichen des Oberbergischen Landes mehrere hundert Schmelzplätze, vorwiegend des 10. bis 15. Jahrhunderts, kartiert haben²⁴. Erste Arbeitsergebnisse für den Oberbergischen Kreis wurden anlässlich der Tagung des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh) vom 20. bis 23. 9. 1990 in Wiehl, Oberbergischer Kreis, vorgestellt. Vergleichbare Arbeiten zur Eifel fehlen für die Zeit vor 1600. Die nachfolgenden Epochen werden historisch durch die Arbeit von P. Neu abgedeckt²⁵.

Zum Bergbau der Nordeifel gibt es bisher nur wenige und stark regional bezogene historische Abhandlungen. Über den rechtsrheinisch-mittelalterlichen Bergbau fehlte bis zu Beginn der 80er Jahre jegliche archäologische Information. Erst im Zuge der Bodendenkmalinventarisierung des RAB begann eine erste Materialsammlung und Prospektion. Seit 1984 erfolgt eine umfangreiche systematische Aufnahme. Bisher ließen sich mehr als 72 Objekte erfassen. Ihre Zeitstellung erstreckt sich vom 12. bis zum 19. Jahrhundert. Diese Region ist bisher weniger durch die Lagerstätten als vielmehr durch das Messer- und Klingengewerbe im Solingen-Remscheider-Raum bekannt geworden. Festzustellen ist

20 L. KINNE, Beschreibung des Bergreviers Runderoth (1884) 62; Bonner Jahrbücher 77, 1884, 212.

21 M. RECH, Bodendenkmalpflege heute: Aspekte einer Montangeschichte im Bergischen Land. Rheinische Denkmalpflege 27, 1990, 16–23.

22 W. JANSSEN, Studien zur Wüstungsforschung im fränkischen Altsiedelland zwischen Rhein, Mosel und Eifelnordrand. Beiheft der Bonner Jahrbücher, 2 Bde. (1975).

23 M. RECH (wie Anm. 21); DERS., Das obere Dhünntal. Rheinische Ausgrabungen 33 (1991).

24 H. L. KNAU, M. SÖNNECKEN, Die mittelalterlich-frühneuzeitlichen Eisenhüttengebiete von Loope und Kaltenbach bei Engelskirchen. Der Märker 39, 1990, 155–166.

25 P. NEU, Eisenindustrie in der Eifel (1988).

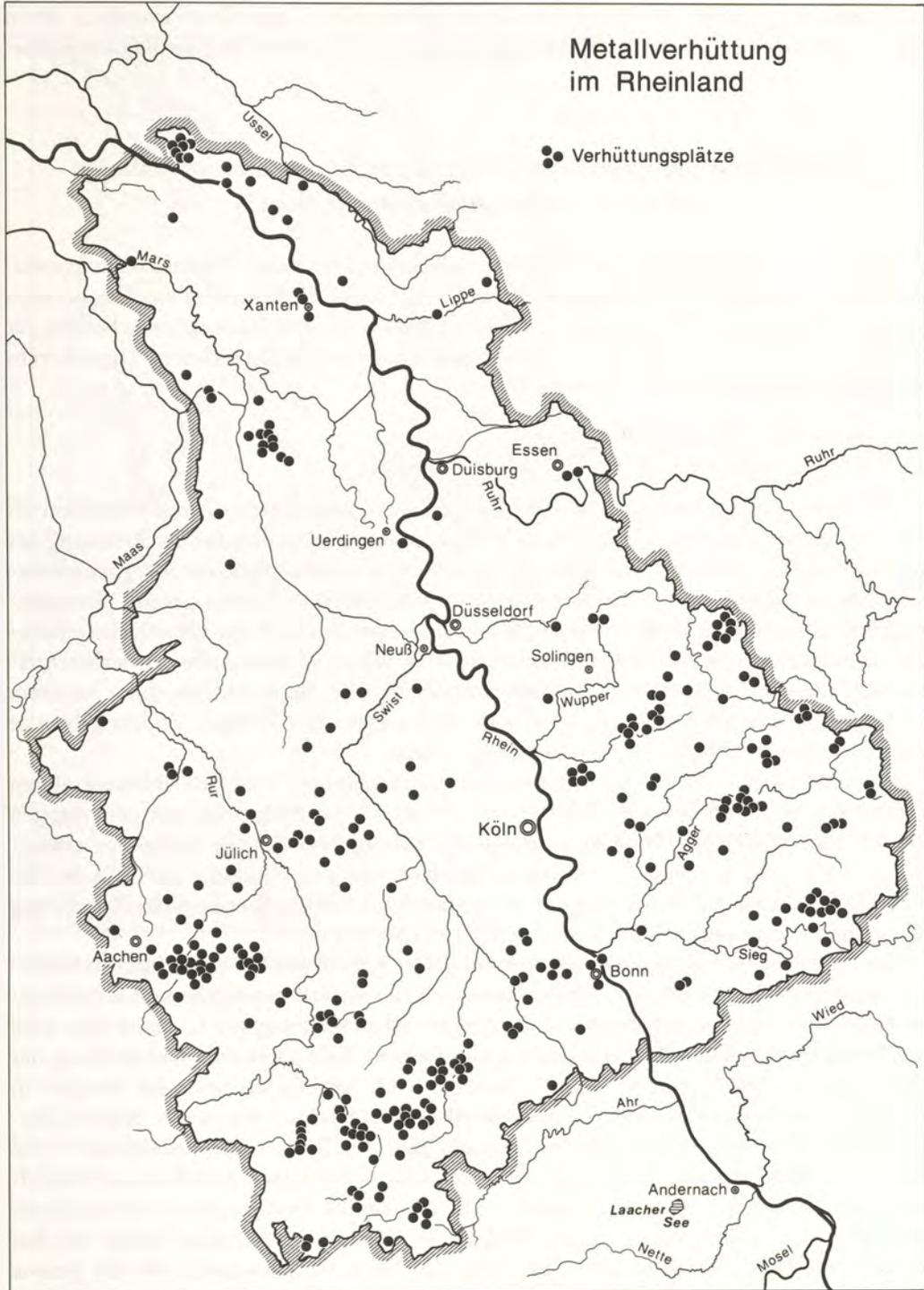


Abb.2 Metallverhüttung im Rheinland.

aber, daß im gesamten Oberbergischen Raum umfangreiche Lagerstätten existieren, deren Ausbeutung als wesentlich für die siedlungsgeschichtliche Entwicklung der Region anzusehen ist.

2. Aufarbeitung montanarchäologischer Denkmäler im Rahmen des Denkmalschutzgesetzes (DSchG)

Seit dem 11. 3. 1980 hat das Land Nordrhein-Westfalen ein neues Denkmalschutzgesetz. Als eine der wesentlichen Aufgaben wird in diesem Gesetz die Erfassung von Denkmälern und die Eintragung in Denkmallisten genannt. Die dazu nötigen Informationen werden für das Rheinland durch die Bodendenkmalinventarisierung des RAB erarbeitet. Diese beruht im wesentlichen auf zwei Komponenten:

- a) Auswertung bekannter Informationen,
- b) Begehung und Aufnahme der Befunde im Gelände.

Die Aufarbeitung der Informationen kann nur in Zusammenarbeit mit benachbarten Wissenschaften und deren Institutionen erfolgen. Daher wird gerade bei der Erfassung des mittelalterlichen Bergbaus verstärkt auf Archive und Institutionen der Bergbauwissenschaften zurückgegriffen. Besonders interessant sind dabei die Landes-, Stadt-, Bergamt- und Firmenarchive. In alten Verleihungsrissen sind zumeist die an der Oberfläche erhaltenen älteren Stollen verzeichnet. Informativ sind die bereits genannten Bergrevierbeschreibungen, die für das Rheinland um 1900 verfaßt wurden. Sie beinhalten unter anderem wichtige Informationen zur Lagerstätte und zur Existenz alter Abbaue. Zudem geben sie erste historische Informationen zu den Bergwerken.

Sehr förderlich ist die Zusammenarbeit mit den Bergämtern. Alte Stollenbaue konnten befahren und photographisch dokumentiert werden²⁶. In Absprache mit den Ämtern erfolgte eine bergmännische Sicherung, die eine weitere Begebarkeit der Stollen ermöglichte. Aufbauend auf diese Kenntnisse erfolgt eine intensive Begehung im Gelände. Die Aufnahme schließt die Benennung der noch erhaltenen Relikte, ihre zeitliche Zuordnung sowie die Einmessung in heute amtliche Kartenwerke mit ein.

Für das Aufnahmeverfahren ist das Bergbaugesamt Kaltenbach bei Engelskirchen besonders hervorzuheben; an diesem Objekt lassen sich beispielhaft historische und archäologische Aufnahme festmachen. Bereits in der Bergrevierbeschreibung von L. Kinne 1884 wird auf die Bedeutung dieses Eisenerzgebietes hingewiesen. Eine akribische Aufarbeitung der Geschichte verdanken wir A. Nehls²⁷. Bereits im 12. Jahrhundert wird der Bergbau in Kaltenbach urkundlich genannt. Es sind vor allem zwei Rechtsstreite des 16. und 18. Jahrhunderts, die es uns ermöglichen, ein genaues Bild des Reviers nachzuzeichnen²⁸. Die Karte von 1582 zeigt alte Abbaue, den »Tiefen Stollen« mit seinen Lichtlöchern, Haspelschächten, Stauteiche und eine Eisenhütte. Die dargestellte Topographie ist so detailliert, daß sich fast alle Elemente mit ihren Relikten im Gelände wiederfinden lassen. Bei den Karten von 1730 handelt es sich zum einen um einen Verleihungsriß, der die genaue

26 W. Wegener, Ein bergbaugeschichtliches Bodendenkmal in der Eifel. Archäologie im Rheinland 1987, 1988, 150–152; A. THÜNKER, W. WEGENER, Photographische Erfassung und Dokumentation bergbaugeschichtlicher Bodendenkmäler. Archäologie im Rheinland 1988, 1989, 155–157.

27 A. NEHLS, Der Bergbau in der Geschichte der Gemeinde Runderoth. Kreisblätter des Oberbergischen Kreises (1974).

28 Hauptstadtarchiv Düsseldorf, Reichskammergericht 106/359; Karten 4343 und 5676.

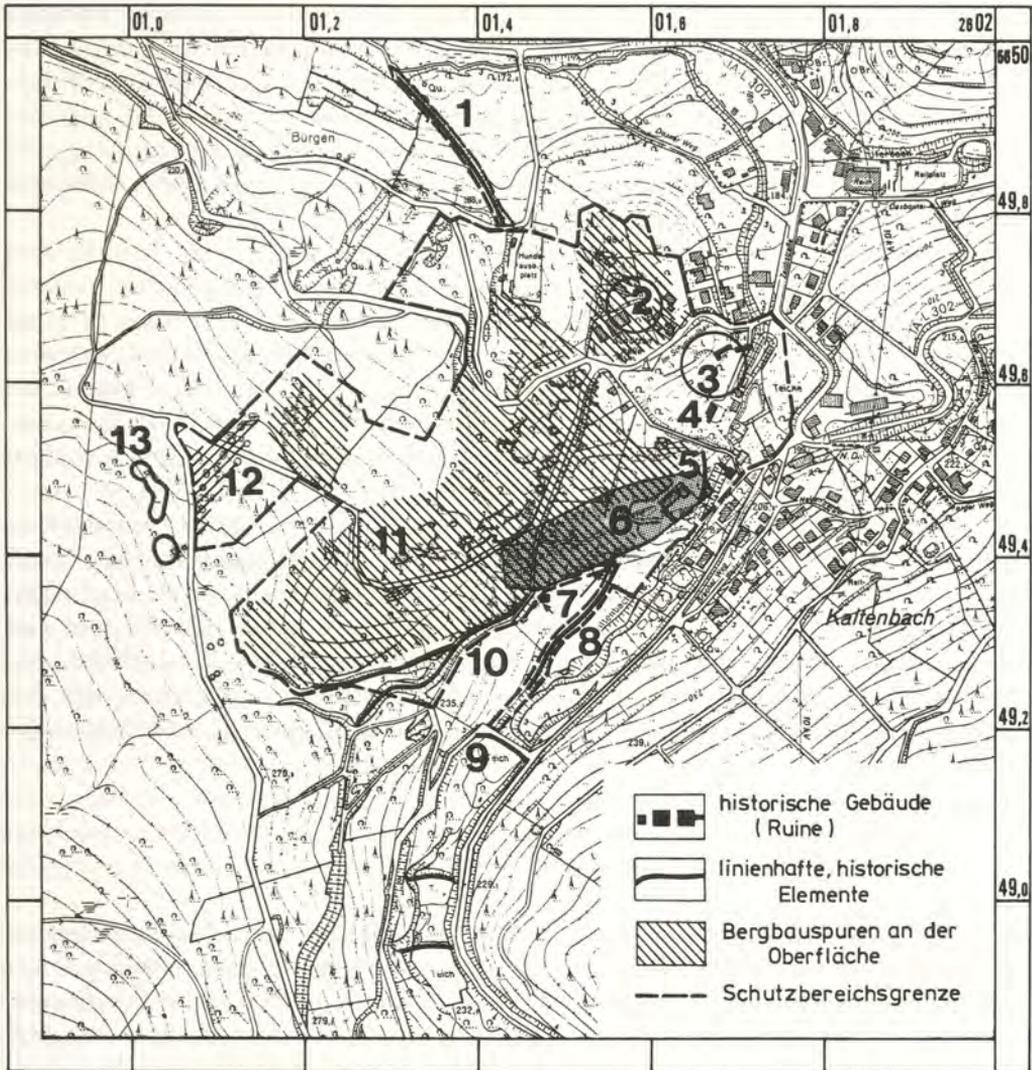


Abb. 3 Das Bergbaurevier von Kaltenbach.

- | | | |
|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Tiefer Stollen 1582 | 6 Grubenfeld 15 Löwenpfähle | 10 Hohlweg |
| 2 Tagesanlagen Grube Litz | 7 Grubenfeldsteine Nr. 5 und 6 | 11 Tagesbrüche Grubenfeld Kiffhau |
| 3 Eisenhütte 1753 | 8 Obergraben Kauert'sche | 12 Pingenzug |
| 4 Steigerhaus 18. Jh. | Wasserkunst | 13 Rennfeuerschlackenhalden |
| 5 Obergraben Eisenhütte | 9 Alte Stauteiche | |

Ausdehnung der Grubenfelder Litz und »Fünfzehn Löwenpfähle« darstellt. Weiterhin eingezeichnet sind die Fundgrube, einzelne Schächte und der Standort der »Kauert'schen« Wasserkunst. Ein zweiter Plan zeigt technische Einzelheiten dieses Schöpfwerkes. Weiterhin ist die Urkarte von 1828 als wichtige Informationsquelle zu nennen. Sie zeigt den Grundriß der 1752 errichteten Eisenhütte mit individuellem Ober- und Untergraben. Zwei alte Marksteine ermöglichen eine genaue Abgrenzung des Kauert'schen Feldes »Fünfzehn Löwenpfähle«.

Im Gelände lassen sich deutlich die Abbaubereiche mit Pingen- und Schürfgruben identifizieren (Abb. 3). Im Kaltenbachtal sind Reste der Stauteiche erhalten bzw. zeichnet sich der Obergraben für die Wasserkunst als Senke im Gelände ab. Kanalreste mit Tonnengewölbe aus dem anstehenden devonischen Kalkstein gehören zu dem Obergraben der Hütte. Der »Tiefe Stollen« ist verbrochen und als Senke im Gelände zu erkennen. Im Ort selber ist das Steigerhaus aus dem 18. Jahrhundert erhalten. Ausweislich der Bauuntersuchung steht das heutige Gebäude auf älteren Fundamenten. Einblicke in die untertätigen Abbaubereiche sind zur Zeit nicht möglich.

In den Fällen, in denen archivalische Quellen fehlen, erfolgt, wie bereits oben erwähnt, eine detaillierte Dokumentation auf photographischem und vermessungstechnischem Wege. Im Bereich Schümmerich, südlich von Lindlar (Oberbergischer Kreis), wurde ein Pingenfeld mit Einzelobjekten vermessen. Charakteristisch für den vorindustriellen Bergbau sind dabei die Doppelpingen der Reifenschächte. Die historischen Daten sowie die Ergebnisse der Begehungen fließen in der Erstellung eines Denkmalblattes zusammen, das den zuständigen örtlichen Denkmalbehörden mit einem Antrag auf Unterschutzstellung zugeleitet wird.

3. Ausblick

Die bisher vorgestellten Aktivitäten dienen dem RAB zunächst dazu, eine Grundlage zu schaffen, auf der montanarchäologische Probleme im Rheinland wissenschaftlich untersucht werden können. Wie bereits oben dargestellt, laufen zur Zeit einzelne Forschungsvorhaben. Dabei ist die Zusammenarbeit mit auswärtigen Institutionen von großer Bedeutung. Das Deutsche Bergbau-Museum wurde bereits genannt, weiterhin sind die technischen Bereiche des Zollern-Institutes, der TH Aachen und der Universität Düsseldorf zu nennen. Darüber hinaus findet eine intensive Zusammenarbeit mit den Eisen- und Hüttenleuten sowie mit den örtlichen Geschichts- und Heimatvereinen statt.

Die Ergebnisse, die dem Rheinischen Amt für Bodendenkmalpflege bisher zur Verfügung stehen, lassen deutlich erkennen, wie vielgestaltig die Geschichte des Montanwesens im Rheinland ist. Neue Ansätze zur speziellen Problematik des vorgeschichtlichen und römischen Bergbaues sind gemacht. Hier liegen die Schwerpunkte am Schlangenberg und im Mechernicher Bleierzbezirk. Eisenverhüttung und Metallverarbeitung im Bergischen Land sind als die herausragenden montanarchäologischen Themen für das Mittelalter zu nennen.

Spätantike Metallgewinnung und -verarbeitung im Harzraum

VON WOLFGANG BROCKNER UND LOTHAR KLAPPAUF

Zusammenfassung

Datierte archäometallurgische Funde der Grabung Düna, Ldkr. Osterode am Harz wurden analytisch-chemisch untersucht. Von einigen konnten Blei-Isotopendaten ermittelt werden. Die Blei-Isotopenverhältnisse und die Gesamtheit der Befunde erlauben die Ermittlung der Ausgangserze. Schon in der frühesten Besiedlungsphase in Düna ab dem 3. Jahrhundert n. Chr. wurden Blei und Silber aus Oberharzer Gangerzen erzeugt, und die Metalle in der Harzregion, wenn nicht gar in Düna selbst, verarbeitet. Polymetallische sulfidische Kupfererze der Rammelsberglagerstätte bei Goslar wurden nach einem einstufigen Halbpyritschmelzen verhüttet. Zinnhaltige Funde (Bronzen) sind in Düna ab 600–1000 AD belegt, wobei die Zinn(erb)-Herkunft jedoch ungeklärt ist. Messinggegenstände wie die Fibeln des 9./10. Jahrhunderts n. Chr. könnten aus Erz- bzw. Metallmischungen aus Oberharzer Gangerzen und Rammelsbergerzen erzeugt oder aus Kupfer unbekannter Herkunft, jedoch unter Verwendung von Goslarer Galmei, dem niedergeschlagenen Hüttenrauch Harzer Bleiverhüttungsöfen, hergestellt worden sein.

Die bislang bedeutendsten Funde und Befunde zur vor- und frühgeschichtlichen Metallgewinnung und -verarbeitung in der Harzregion erbrachte die Grabung Düna, Ldkr. Osterode am Harz (Abb. 1), des Institutes für Denkmalpflege, Hannover, von 1981–1986 (Klappauf 1989; Klappauf u. Linke 1989) mitsamt den umfangreichen archäometrischen Untersuchungen von Erz-, Metall-, Bleiglätte- und Schlackenfundstücken (Brockner 1989; Brockner, Kolb u. Klappauf 1989; Heimbruch 1990; Koerfer 1990). Belegt werden kann damit, daß schon ab dem 3. Jahrhundert n. Chr. in Düna Eisen, Kupfer, Blei und Silber aus lokalen Erzen erzeugt und zumindest teilweise verarbeitet wurden (Brockner u. Klappauf 1991).

Umrissen werden sollen hier die kulturgeschichtlich bedeutsamen Fragenkomplexe der Buntmetallerzeugung und -verarbeitung. Der Verhüttungsprozeß muß sich am verfügbaren Erz orientieren. Die bedeutendsten Buntmetallerze der Harzregion waren die polymetallischen Sulfide der Rammelsberglagerstätte bei Goslar und die der Oberharzer Gänge, wovon Fundstücke schon aus den ältesten Schichten in Düna erzmikroskopisch identifiziert wurden. Weitere umfangreiche chemo- und thermo-analytische sowie mineralogisch-mikroskopische Untersuchungen des archäometallurgischen Fundspektrums ergaben, daß in Düna sulfidische Kupfererze des Rammelsberges nach einem einstufigen Halbpyritschmelzen verhüttet und silberhaltiger Bleiglantz Oberharzer Gänge nach dem Röst-Reaktionsverfahren zu Werkblei verschmolzen wurden. Mit Hilfe des Treibprozesses wurde aus dem Werkblei Silber gewonnen (Klappauf et al. 1991).

Zur Erhellung von vor- und frühgeschichtlichen Wirtschaftsstrukturen ist die Ermitt-

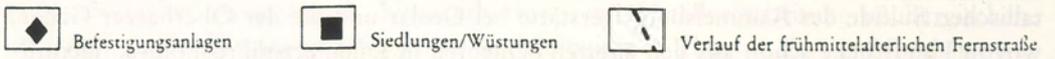
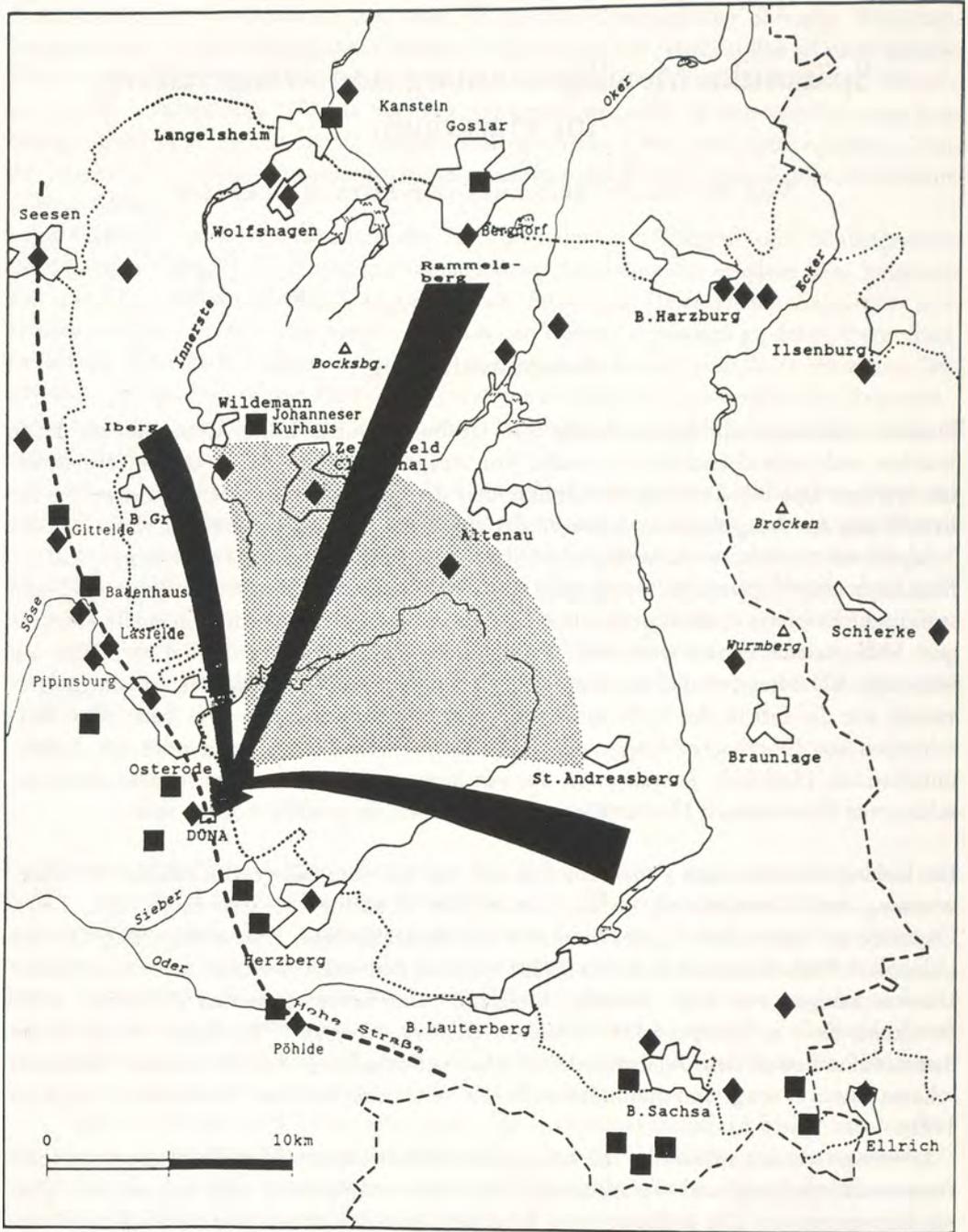


Abb. 1 Historisch-geographische Situation Dünas und des westlichen Oberharzes.

lung der Herkunft der Metallprodukte bzw. ihrer Ausgangserze von großer Bedeutung. Sichere Rückschlüsse auf die Erzlagerstätten erlauben z.Z. nur Blei-Isotopenverhältnisdaten, da sie bei der Lagerstättenbildung fixiert wurden und Blei seine isotopische Zusammensetzung weder bei der Verhüttung noch bei der Verarbeitung ändert. Strenggenommen jedoch erlauben die Blei-Isotopenverhältnisse keine positiven Lagerstättenzuordnungen, sondern sie vermögen nur Lagerstätten bzw. -gruppen auszuschließen (Pernicka et al. 1984; Wagner et al. 1986).

Die breite Palette der archäometallurgischen Funde und Befunde aus Düna und seine unmittelbare Nähe zu den Harzer Buntmetallerzvorkommen gestatten nach unserer Ansicht jedoch gegebenenfalls eine positive Zuordnung zu der Rammelsberglagerstätte bei Goslar und den Oberharzer Gangerzvorkommen.

Die Tab. 1 gibt eine Auswahl archäometrischer Ergebnisse von relevanten Erz-, Bleiglätte- und Buntmetallfunden aus den frühesten Phasen der ehemaligen Siedlung Düna wieder, die das Gesagte untermauern. Die Blei-Isotopendaten, die dankenswerter Weise mit Unterstützung von Dr. C. Carl und Dr. A. Höhndorf, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover, massenspektroskopisch bestimmt wurden, sind in Tab. 2 zusammengefaßt und in Abb. 2 in der üblichen $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Darstellung wiedergegeben.

Die Funde und Befunde aus Düna reflektieren die archäometallurgischen Aktivitäten, ausgehend vom silberhaltigen Bleierz Oberharzer Gänge und Rammelsberger Kupfererz (mit goldführendem Pyrit) über das Belegprodukt des Treibprozesses, der Bleiglätte, bis hin zu den mehr oder weniger reinen Buntmetallen und ihren Legierungen Bronze und Messing. Kupfer, Blei, Zink, Silber und Gold sind in den genannten sulfidischen Buntmetallerzen des Harzes vorhanden (Mohr 1978) und kommen damit als potentielle Ausgangserze für die aufgeführten Metallfunde in Betracht. Zinn- bzw. Erzvorkommen gab und gibt es jedoch in der Harzregion nicht. Die Zinnerzvorkommen des Vogtlandes einerseits und die von Cornwall andererseits sind der Harzregion am nächsten gelegen. Messingfunde tauchen in Düna erstmals im 6./7. Jahrhundert n. Chr. auf und finden sich gehäuft unter den Scheibenfibeln des 9./10. Jahrhunderts n. Chr.

Die Blei-Isotopendaten (Tab. 2, Abb. 2) belegen, daß zur Blei- und Silbererzeugung Oberharzer Gangerze und zur Kupfergewinnung Rammelsbergerze in Düna eingesetzt wurden (vgl. Klappauf et al. 1991). Weiterhin ist klar ersichtlich, daß die Silberfibel (FNr. 3540/09; 5./6. Jahrhundert n. Chr.) Oberharzer Gangerzen entstammt und wohl auch aller Wahrscheinlichkeit nach in der Harzregion oder gar in Düna selbst hergestellt wurde.

Die frühesten Bronzefunde tauchen in Düna in der Phase I/II (ca. 6.-9. Jh. n. Chr.) auf. Weder zur Kupfer- noch zur Zinn(erb)herkunft können Aussagen gemacht werden. Die Ermittlung der Zinn(erb)herkunft generell ist heute ein aktuelles Forschungsgebiet (Elementspurenmuster, Zinnisotopenanalyse), allerdings mit noch unbefriedigenden Ergebnissen (Muhly et al. 1991).

Zu den Messingprodukten, wie beispielsweise den Scheibenfibeln aus Düna (Abb. 3), deren Blei-Isotopenverhältnisse zwischen denen der Oberharz-Gangerze und der Rammelsbergerze liegen, lassen sich jedoch konkretere Aussagen machen. Schon bei den Römern stand die Messingherstellung aus Kupfer, Galmei und Holzkohle in geschlossenen Tiegeln in hoher Blüte (Moesta 1983; Craddock 1990). Diese Kenntnisse gingen auch in den Wirren der Völkerwanderungszeit nicht verloren. Nach Moesta war im Mittelalter sogar die Verwendung von sog. Goslarer Galmei, dem Niederschlag (Hüttenrauch, Flugstaub) aus den Erzen der Harzer Verhüttungsöfen, zur Messingerzeugung besonders

Tabelle 1 Zusammenfassung archäometrischer Untersuchungsergebnisse relevanter Erz-, Bleiglätte- und Buntmetallfunde der Grabung Düna, Ldkr. Osterode am Harz

FNR./Schnitt	Fundgegenstand	HB/NB	Datierung/Phase	Erzherkunft
2474/GS1	Feinkörniger Bleiglanz	Pb, S	Ia	OH
4820/25	Gebänd. PbS, Kupferkies+Pyrit	Pb, S, Fe/Cu, Zn	I	RA
2791/05	Bleiglätte	Pb, O	I	OH
3081/3/5	Bleifragment	Pb	I	OH
3540/09	Silberfibelfragment	Ag	5./6. Jh. (Ia)	OH
6763/53	Verwittertes Bronzeblech	Cu/Sn	I/II	n. best.
7322/69	Bronzefeile?	Cu/Sn, Pb	I/II	n. best.
4761/21	Riemendurchzug; Messing	Cu/Zn, Pb	6./7. Jh.	
5047/38	Scheibenfibel	Cu, Zn/Pb	9./10. Jh.	
6645/35	Scheibenfibel	Cu/Pb, Zn	9./10. Jh.	RA/OH
5110/38	Scheibenfibel	Cu, Pb, Zn	9./10. Jh.	RA/OH

Datierung: Phase Ia: 300–600; Phase Ib: 600–900; Phase II: 900–1000 AD.

HB = Hauptbestandteil (über 10 Gew.-%), NB = Nebenbestandteil (1–10 Gew.-%), OH = Oberharz-Gangerzherkunft, RA = Rammelsberglagerstätte, RA/OH = Erz- oder Metallmischungen mit RA- und OH-Herkunft, oder durch Verwendung von »Goslarer Galmei«, n. best. = nicht bestimmt.

Tabelle 2 Blei-Isotopenverhältnisdaten archäometallurgisch relevanter Funde der Grabung Düna, Ldkr. Osterode am Harz

FNR./Schnitt	Fundgegenstand	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	Erzherkunft
2474/GS1	Feinkörniger Bleiglanz	2,076417	0,844512	0,054209	OH
4820/25	Gebänd. PbS, Kupferkies+Pyrit				RA
2791/05	Bleiglätte	2,079338	0,845890	0,054326	OH
3081/3/5	Bleifragment	2,078321	0,846022	0,054326	OH
3540/09	Silberfibelfragment	2,081940	0,847680	0,054338	OH
6763/53	Verwittertes Bronzeblech				n. best.
7322/69	Bronzefeile?				n. best.
4741/21	Riemendurchzug; Messing	2,078063	0,843785	0,054122	?
5047/38	Scheibenfibel	2,079125	0,848195	0,054627	OH
6645/35	Scheibenfibel	2,082702	0,851262	0,054785	RA/OH
5110/38	Scheibenfibel	2,085280	0,850869	0,054585	RA/OH
PbS/ZnS	(Wedepohl et al. 1978)	2,0931697	0,8560552	0,0548186	RA
PbS	(Wedepohl et al. 1978) (Bad Grund)	2,0859201	0,8470664	0,0541741	OH

HB = Hauptbestandteil (über 10 Gew.-%), NB = Nebenbestandteil (1–10 Gew.-%), OH = Oberharz-Gangerzherkunft, RA = Rammelsberglagerstätte, RA/OH = Erz- oder Metallmischungen mit RA- und OH-Herkunft, oder durch Verwendung von »Goslarer Galmei«, n. best. = nicht bestimmt.

beliebt. Die Goslarer Galmeiprodukte bestanden aufgrund der Zusammensetzung der Harzer Buntmetallerze aus Zink- und Bleioxid- bzw. -karbonat-Mischungen. Bei Verwendung von Goslarer Galmei gelangt damit Blei in das Messingwerkstück.

Die erwähnten Messingfibelförper (FNr. 6645/35 und 5110/38), in Tab. 1 und 2 mit RA/OH gekennzeichnet, entstanden gemäß ihrer Blei-Isotopenverhältnisse entweder aus Mischungen von Rammelsberg- und Oberharzer Gangerzen bzw. den daraus erzeugten Metallen oder aus Kupfer (unbekannter Herkunft), das jedoch mit Goslarer Galmei, wo

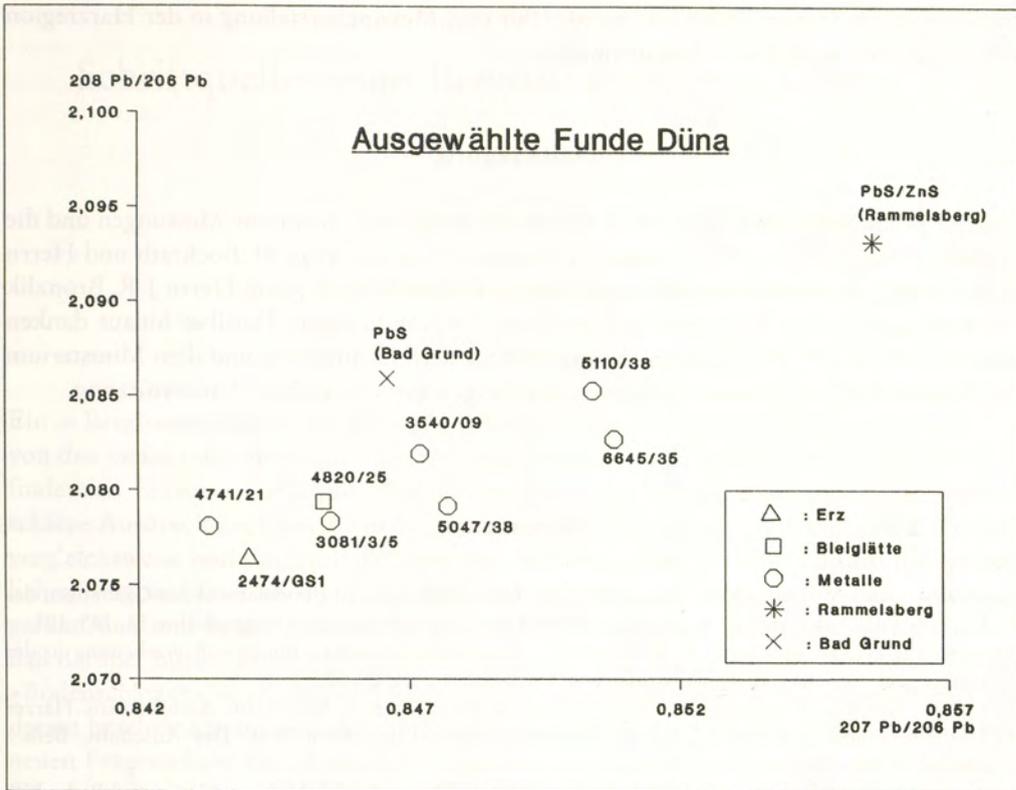


Abb.2 Graphische Darstellung der $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ – $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ – Isotopenverhältnisse von ausgewählten Funden der Grabung Düna, Ldkr. Osterode am Harz und vergleichenden Literaturdaten. (4741/21 = Fundnummer).

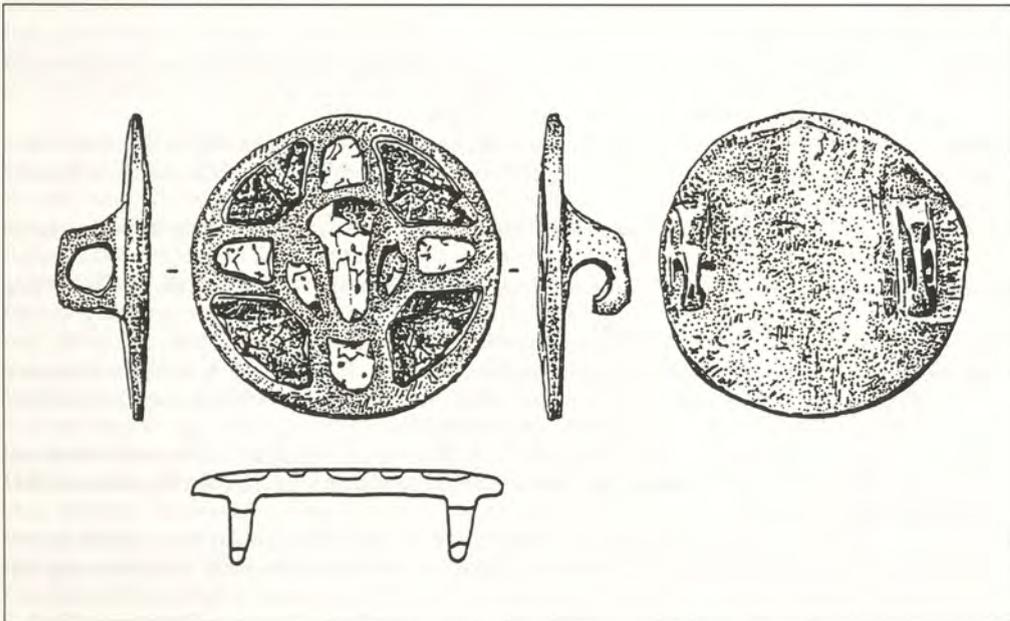


Abb.3 Scheibenfibel (FNr. 5110/38; 9./10. Jh. n. Chr.) aus der Grabung Düna, Ldkr. Osterode am Harz M. : 2:1 (Zeichnung J. Imbery).

auch immer, in Messing überführt wurde. Für eine Messingherstellung in der Harzregion gibt es zur Zeit noch keine Anhaltspunkte.

Danksagung

Unserer besonderer Dank gilt Frau F. Cychy für analytisch-chemische Messungen und die Probenvorbereitung zur Blei-Isotopenverhältnisanalyse und Frau M. Bockrath und Herrn H. Schyrocki für die massenspektrometrischen Bestimmungen sowie Herrn J.R. Bronzlik für seine fachkundige Hilfe bei der Erstellung der Abbildungen. Darüber hinaus danken wir Herrn Prof. Dr. H.-G. Peters für sein stets förderndes Interesse und dem Ministerium für Wissenschaft und Kunst, Hannover, für die gewährte finanzielle Unterstützung.

Literatur

- BROCKNER 1989 = W. BROCKNER, Archäometrische Untersuchungen an Fundmaterial aus Grabungen des Instituts für Denkmalpflege Hannover. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte 58, 185–191.
- BROCKNER u. KLAPPAUF 1991 = W. BROCKNER, L. KLAPPAUF, Spätantike Buntmetallverarbeitung in der Harzregion. Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 11, 29–32.
- BROCKNER, KOLB u. KLAPPAUF 1989 = W. BROCKNER, H.E. KOLB, L. KLAPPAUF, Archäometrie Harzer Hüttenprodukte und Lagerstätten. In: Archäometallurgie der Alten Welt. Der Anschnitt, Beih. 7 (Bochum) 163–169.
- CRADDOCK 1990 = P.T. CRADDOCK, 2000 Years of Zinc and Brass. British Museum Occasional Paper No. 50 (London).
- HEIMBRUCH 1990 = G. HEIMBRUCH, Archäometrie an Verhüttungsrelikten der Harzregion. Dissertation Clausthal, 156 Seiten.
- KLAPPAUF 1989 = L. KLAPPAUF, Die Auswirkungen der Grabungen im frühmittelalterlichen Herrnsitz Düna bei Osterode am Harz auf die Montanforschung im Harz. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte 58, 171–184.
- KLAPPAUF u. LINKE 1989 = L. KLAPPAUF, F.-A. LINKE, Düna. I. Das Bachbett vor Errichtung des repräsentativen Steingebäudes. Chronologische Grundlagen zur Siedlungsgeschichte. Materialhefte zur Ur- und Frühgeschichte in Niedersachsen Heft 22, 1–112.
- KLAPPAUF et al. 1991 = L. KLAPPAUF, F.-A. LINKE, W. BROCKNER, G. HEIMBRUCH, S. KOERFER, Early mining and smelting in the Harz region. In: Archaeometry '90. Ed. E. PERNICKA and G.A. WAGNER (Basel 1991) 77–86.
- KOERFER 1990 = S. KOERFER, Mineralogie und Petrographie von Verhüttungsrelikten aus dem Harzer Raum. Dissertation Clausthal, 151 Seiten.
- MOESTA 1983 = H. MOESTA, Erze und Metalle. Ihre Kulturgeschichte im Experiment (Berlin, Heidelberg, New York).
- MOHR 1978 = K. MOHR, Geologie und Minerallagerstätten des Harzes (Stuttgart) 203 ff.
- MUHLY et al. 1991 = J.D. MUHLY, F. BEGEMANN, Ö. ÖZTUNALI, E. PERNICKA, S. SCHMITT-STRECKER, G.A. WAGNER, The bronze metallurgy of Anatolia and the question of local tin sources. In: Archaeometry '90. Ed. E. PERNICKA, G.A. WAGNER (Basel 1991) 209–220.
- PERNICKA et al. 1984 = E. PERNICKA, T.C. SEELIGER, G.A. WAGNER, F. BEGEMANN, S. SCHMITT-STRECKER, C. EIBNER, Ö. ÖZTUNALI, I. BARANYI, Archäometallurgische Untersuchungen in Nordwestanatolien. Jahrb. RGZM 31, 533–599.
- WAGNER et al. 1986 = G.A. WAGNER, E. PERNICKA, T.C. SEELIGER, I.B. LORENZ, F. BEGEMANN, S. SCHMITT-STRECKER, C. EIBNER, Ö. ÖZTUNALI, Geochemische und isotopische Charakteristika früher Rohstoffquellen für Kupfer, Blei, Silber und Gold in der Türkei. Jahrb. RGZM 33, 723–752.
- WEDEPOHL et al. 1978 = K.H. WEDEPOHL, M.H. DELEVAUX, B.R. DOE, The Potential Source of Lead in the Permian Kupferschiefer Bed of Europe and Some Selected Paleozoic Mineral Deposits in the Federal Republic of Germany. Contrib. Miner. Petrology 65, 272–281.

Schriftquellen zum Bergbau im frühen Mittelalter

VON THOMAS ZOTZ

1. Einleitung

Ein in Bergbauprivilegien des hohen Mittelalters immer wieder begegnender Passus spricht von den *venae* oder *minae inventae vel inveniendae*, von den gefundenen oder künftig zu findenden Erzadern¹. Hiermit wird der Hoffnung auf bislang noch unbekanntes Bodenschätze Ausdruck gegeben, die in die getroffene Regelung einbezogen sein sollen. Wer sich vergleichsweise hoffnungsvoll daran macht, die schriftlichen Quellen zum frühmittelalterlichen Bergbau² »auszubeuten«, der muß bald feststellen, daß nicht nur die Zahl der bereits gefundenen und in der Literatur ausgewerteten Nachrichten äußerst gering ist, sondern daß darüber hinaus kaum neue zu entdecken sind. Anders als der in der Erschließung von »Bodenschätzen« so erfolgreiche Archäologe wird der Historiker sich bei dem Thema also darauf beschränken müssen, die schriftliche Überlieferung erneut und mit dieser und jener neuen Fragestellung zu sichten, um so vielleicht zu Ergebnissen zu kommen, die, um eine Wendung von Michael Borgolte zu gebrauchen, im »archäologisch-historischen Gespräch« fruchtbar gemacht werden können³.

Zu Beginn seien ein paar Worte zur zeitlichen und räumlichen Ausdehnung des für diesen Beitrag gewählten Beobachtungsfeldes und zu den thematischen Schwerpunkten vorausgeschickt: Im Zentrum des Interesses soll die Zeit vom späten 8. bis zum 11. Jahrhundert stehen. Da aus dem Frankenreich der Merowingerzeit selbst keine schriftliche Überlieferung zum Bergbau existiert, kann dieser Überblick erst mit der Karolingerzeit

1 Vgl. z. B. Monumenta Germaniae Historica (im folgenden MGH) D Ko III 86 (1143) für das Kloster Chemnitz, D FI 215 (1158) für das Erzstift Trier, D FI 623 (1174) für das Kloster St. Lambrecht in Kärnten. Zu den königlichen Bergbauprivilegien vgl. D. HÄGERMANN, Deutsches Königtum und Bergregal im Spiegel der Urkunden. In: Montanwirtschaft Mitteleuropas vom 12. bis 17. Jahrhundert. Der Anschnitt. Beiheft 2 (1984) 13 ff. mit Regesten (obige Urkunden unter Nr. 4, 10, 22). Vgl. auch die um 1180 gefälschte Urkunde Papst Innozenz' II. von angeblich 1139, in der es von Silberadern im Breisgau heißt: *sive sint inventae, sive inveniuntur*. J. TROUILLAT, Monuments de l'histoire de l'ancien évêché de Bâle 1 (Porrentruy 1852) Nr. 182, S. 274 f. Dazu jetzt K. SCHMID, Die Zähringer Kirche unter den breisgauischen Besitzungen Basels in der um 1180 auf 1139 gefälschten Papsturkunde. In: Die Zähringer. Schweizer Vorträge und neue Forschungen, hg. von DERS. (Sigmaringen 1990) 281 ff.

2 Zum Bergbau vgl. übersichtlich C. J. BECKER, R. PITTIONI, R. PLEINER, R. SCHINDLER, Art. Bergbau. In: Reallexikon der deutschen Altertumskunde, 2. Aufl., 2 (Berlin 1976) 245 ff., und K. BLASCHKE, G. HEILFURTH, Art. Bergbau. In: Lexikon des Mittelalters 1 (München 1980) Sp. 1946 ff. Zum mittelalterlichen Bergbau im deutschen Südwesten vgl. neuerdings H. STEUER u. a., Erze, Schlacken und Metalle. Früher Bergbau im Südschwarzwald. Freiburger Universitätsblätter 109, 1990, und H. STEUER, Zur Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald. In: Archäologie und Geschichte des ersten Jahrtausends in Südwestdeutschland. Archäologie und Geschichte 1 (1990) 387 ff.

3 M. BORGOLTE, Der churrätische Bischofsstaat und die Lehre von der Eigenkirche. Ein Beitrag zum archäologisch-historischen Gespräch. In: Geschichte und Kultur Churrätens. Festschrift für P. Iso Müller. Hg. von U. BRUNOLD und L. DEPLAZES (Disentis 1986) 83 ff.

beginnen, auch wenn vom Schrifttum dieser Epoche bisweilen Licht auf die vorausgehende Zeit fällt; sein Abschluß vor dem 12. Jahrhundert erscheint hinwiederum deshalb angebracht, weil sich damals der Bergbau, vor allem der Silberbergbau, grundlegend gewandelt hat, sowohl was die Erschließung neuer Bodenschätze betrifft als auch unter dem Aspekt des ausformulierten Bergrechts bzw. Bergregals⁴. Gleichwohl werden hier und dort die Daten zur frühmittelalterlichen Ausbeutung von Bodenschätzen vor dem Hintergrund des römischen ebenso wie des hoch- und spätmittelalterlichen Bergbaus zu sehen sein, damit die Eigenart der hier interessierenden Zwischenzeit deutlich werden kann. Geographisch beschränkt sich der Beitrag auf das Gebiet des frühmittelalterlichen Imperiums; Länder wie Spanien oder England bleiben also aus der Betrachtung ausgenommen.

Der inhaltliche Zugriff auf das Thema »frühmittelalterlicher Bergbau im Spiegel der Schriftquellen« hängt, wie nicht anders zu erwarten, vom Charakter der Überlieferung ab. Indem wir uns hierüber kurz Rechenschaft ablegen, wird zugleich deutlich, in welchen Bereichen eine Aussagefähigkeit der Schriftquellen im Hinblick auf den Bergbau erwartet werden kann. Wie eingangs bereits angedeutet, ist die Ausbeute ohnehin spärlich⁵: So trägt etwa ein für andere Fragen durchaus ergiebiger Chronist wie Gregor von Tours zu dieser Thematik nichts bei⁶, und auch in der späteren narrativen Überlieferung, ob Heiligenviten, Annalistik oder Briefliteratur, bleibt der Bergbau fast ohne Resonanz; er war für diese Formen der schriftlichen Mitteilung offenbar kein Thema. Hierzu bedurfte es schon eines besonderen Anlasses, so z. B. wenn sich Prokop in seinem Bericht über die Ostgotenkriege unter Justinian darüber entrüstet, daß die »Germanon Archontes« – für den byzantinischen Geschichtsschreiber bezeichnenderweise die hierzu nicht berechtigten, in Abhängigkeit von Ostrom gesehenen »Magistrate der Germanen« und gerade nicht die »Frankenkönige«, wie bisweilen übersetzt wird – Goldmünzen aus den Erträgen gallischer Bergwerke mit ihrem eigenen Bild statt dem des »Romaion Autokratoros«, des römischen Kaisers, schlagen lassen⁷.

So bleiben im Grunde nur zwei Gattungen schriftlicher Quellen des frühen Mittelalters, in denen wir Aussagen über Bergbau finden: nämlich Urkunden und verwaltungsgeschichtliche Dokumente wie Besitz- und Zinsverzeichnisse; da in ihnen vielfach ein örtlicher Bezug erkennbar ist, berühren diese Angaben auch die Fragestellung und Methoden des Archäologen. Beiden genannten Quellengruppen ist überdies gemeinsam, daß sie in der Regel in den Bereich der Grundherrschaft⁸ weisen, in welchem die

4 Dazu vgl. W. WEGENER, Art. Bergrecht. In: Handwörterbuch zur deutschen Rechtsgeschichte 1 (Berlin 1971) Sp. 373 ff., und DERS., Art. Bergregal, ebd. Sp. 378 ff.; ferner R. WILLECKE, Art. Bergrecht. In: Lexikon des Mittelalters 1 (München 1980) Sp. 1957 ff. Zum Wandel des Bergbauwesens im 12. Jahrhundert vgl. Europäisches Montanwesen im Hochmittelalter. Hg. von D. HÄGERMANN und K.-H. LUDWIG (Köln 1986).

5 Vgl. den Überblick von R. SPRANDEL, Bergbau und Verhüttung im frühmittelalterlichen Europa. In: *Artigianato e tecnica nella società dell'alto medioevo occidentale. Settimane di studio del Centro italiano di studi sull'alto medioevo* 18 (Spoleto 1971) 583 ff.

6 Vgl. M. WEIDEMANN, Kulturgeschichte der Merowingerzeit nach den Werken Gregors von Tours. Monographien des Römisch-germanischen Zentralmuseums 3 (1982).

7 PROKOP, Gotenkriege. III/33. Griechisch-deutsch hg. von O. VEH (München 1966) 654; dazu R. SPRANDEL (wie Anm. 5) 592. Zum Hintergrund der politischen Geschichte, insbesondere zum Verhältnis zwischen Kaiser Justinian und König Theudebert I. vgl. K. HAUCK, Von einer spätantiken Randkultur zum karolingischen Europa. Frühmittelalterliche Studien 1, 1967, 3 ff., hier 20 ff.; neuerdings knapp E. EWIG, Die Merowinger und das Frankenreich (Stuttgart 1988) 37 ff.

8 Vgl. hierzu jetzt Strukturen der Grundherrschaft im frühen Mittelalter. Hg. von W. RÖSENER. Veröffentlichungen des Max-Planck-Instituts für Geschichte 92 (1989), und den Art. Grundherrschaft. In: Lexikon des Mittelalters 4 (München 1989) Sp. 1739 ff.

Erzgewinnung im frühen Mittelalter vorwiegend ihren rechtlichen Rahmen hatte, und so wird zu fragen sein, was wir aus diesen Quellen im Hinblick sowohl auf die Technik als auch auf die sozialgeschichtlichen Verhältnisse im frühen Bergbau entnehmen können.

Was die Erzsorten betrifft, so beschränkt sich die Darstellung auf Silber/Blei und auf Eisen; die Goldgewinnung bleibt also ausgeklammert, obgleich sie in Form von Goldwäscherei in schriftlichen Quellen seit der Karolingerzeit bezeugt ist⁹. Mit dem Thema »Silber« verbindet sich aufs engste die Münzprägung¹⁰, und so wird auch von diesem Bereich aus Licht auf den Bergbau im frühen Mittelalter fallen, während die Eisen- und Bleigewinnung für die materielle Kultur wie die Geräte- und Waffenherstellung und den Hausbau von Wichtigkeit war. Von diesen Folgeerscheinungen der Metallgewinnung her und ihrem Niederschlag in den Quellen sind also auch einige Indizien für den Bergbau zu erwarten; insofern läßt sich die Zahl der Zeugnisse etwas erweitern.

2. Metullum/Metallum – das Silber- und Bleibergwerk Melle und die karolingische Münzprägung

Der folgende Rundblick auf die Zeugnisse schriftlicher Quellen beginnt nun mit dem Bergbau auf Silber/Blei, über den wir auch die früheste ortsbezogene Nachricht aus fränkischer Sicht besitzen, und wendet sich nach der Vorstellung von Beispielen, welche die früh- und hochmittelalterliche Eisenerzgewinnung¹¹ betreffen, in einem dritten Teil erneut dem Silberbergbau zu, wie wir ihn für das 10. und 11. Jahrhundert dokumentiert finden.

Den ältesten Hinweis auf Silber/Blei-Gewinnung im Frankenreich bieten die in der ersten Hälfte des 9. Jahrhunderts verfaßten *Gesta Dagoberti regis*¹²: König Dagobert I. (gest. 638 oder 639) soll der Abtei Saint-Denis, die er in hohem Maße gefördert hat und in der er sich hat bestatten lassen¹³, das Privileg erteilt haben, daß sie 8000 Pfund von dem Blei, das dem König *ex metallo* in jedem zweiten Jahr gezinst wird, zur Bedachung der Klosterkirche erhält. Zwar sind diese erst im 9. Jahrhundert verfaßten *Gesta* des großen Wohltäters von Saint-Denis nicht frei von proklösterlichen Tendenzen, so daß wir diese Nachricht nicht unbedingt als bare Münze für das 7. Jahrhundert nehmen dürfen¹⁴; doch enthält sie einige Daten über den Bleibergbau und die weitere Verwendung des geförderten Metalls zumindest aus der Sicht des frühen 9. Jahrhunderts.

Zunächst zum Ort des Bergbaus: Die Angabe *ex metallo* bezieht die Forschung seit

9 Vgl. K.-H. LUDWIG und V.H. ELBERN, Art. Gold. In: *Lexikon des Mittelalters* 4 (München 1989) Sp. 1535ff., und R. SPRANDEL (wie Anm. 5) 596f.

10 Vgl. *Medieval European Coinage 1: The Early Middle Ages*. Bearb. von Ph. GRIERSON und M. BLACKBURN (Cambridge 1986); B. KLUGE, *Deutsche Münzgeschichte von der späten Karolingerzeit bis zum Ende der Salier*. Monographien des Römisch-germanischen Zentralmuseums 29 (1991).

11 Vgl. dazu R. SPRANDEL, *Die oberitalienische Eisenproduktion im Mittelalter*. Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte 52, 1965, 289ff.; DERS., *Das Eisengewerbe im Mittelalter* (Stuttgart 1968).

12 *Gesta Dagoberti I. regis Francorum* cap. 40. In: *MGH SS rer. Merov.* 2, 419. Dazu vgl. R. SPRANDEL (wie Anm. 5) 591f.

13 Vgl. U. NONN, Art. Dagobert I. In: *Lexikon des Mittelalters* 3 (München 1986) Sp. 429f.

14 Vgl. W. WATTENBACH und W. LEVISON, *Deutschlands Geschichtsquellen im Mittelalter*. Vorzeit und Karolinger, Heft 1 (Weimar 1952) 113; neuerdings J. PRELOG, Art. *Gesta Dagoberti*. In: *Lexikon des Mittelalters* 4 (München 1989) Sp. 1407. Vgl. auch die kritischen Bemerkungen zu dieser Quellenpassage bei Ph. GRIERSON und M. BLACKBURN (wie Anm. 10) 236.

Louis Halphen¹⁵ auf Melle im Poitou (dép. Deux-Sèvres), einen Ort, der im 9. Jahrhundert, etwa in dem 864 von Karl dem Kahlen erlassenen Kapitular von Pîtres, in der Liste der in dessen Reich zugelassenen Münzstätten als *Metullum* erscheint¹⁶. In dieser Schreibweise nennt den Ort übrigens auch die älteste, noch aus dem 10. Jahrhundert stammende Handschrift der *Gesta Dagoberti*¹⁷. Doch gibt es durchaus schon für das 9. Jahrhundert den Nachweis, daß Melle *Metallum* hieß: So begegnet er in den von Prudentius von Troyes (gest. 861) verfaßten *Annales Bertiniani* zu 848. Sie berichten uns, daß damals die Normannen den Ort (vermutlich wegen der dort gelagerten Silberbarren) verwüstet haben¹⁸. Karolingische Denare schließlich tragen die Aufschrift *MEDOLUS*, *METALLUM*, *METULLO*, u. ä., und auch diese Angabe bezieht die Forschung auf Melle, wohl begründet, wenn man an das Kapitulare von Pîtres denkt¹⁹.

So haben wir also hier das Beispiel eines Ortes vor uns, an dem offenbar ausgedehnte Silber- und Bleibergwerke ebenso wie eine karolingische Münzprägestätte bestanden. Der Ortsname selbst scheint, wenn wir *Metullum* als ursprüngliche Form annehmen dürfen, wegen des dominierenden Bergwerks mitunter zu *Metallum* verändert worden zu sein, und dies darf als früher Fall eines Bergbau-Ortsnamens gelten²⁰. Denn mit *Metallum* (als griechischem Lehnwort) bezeichneten die Römer nicht nur Erze und Mineralien, sondern auch Bergwerke, ob solche zur Erzgewinnung oder Steinbrüche²¹, und es ist interessant zu sehen, wie lange dieser Wortgebrauch noch im frühen Mittelalter nachgewirkt hat, etwa in der *dammatio ad metallum*, der Bestrafung mit Arbeit im Bergwerk²².

Die Mehrfachbedeutung von *metallum* als ›Bergwerk‹, als Name eines bestimmten Bergbau-Ortes und als ›Metall‹ hat nun die Forschung zu ganz verschiedenen Deutungen eines seit langem bekannten, in Dorestad gefundenen²³ Denars Karls des Großen mit der Aufschrift *METALL GERMAN* veranlaßt²⁴. Hiermit ist wohl kaum, wie neuerdings unter Auflösung von *GERMAN* in *GERMANUM* angenommen wird, ›echtes, unverfälschtes Metall‹ gemeint, wäre dies doch eine ganz ungewöhnliche Angabe, die statt des Prägeortes der Münze die Qualität ihrer Substanz nennt²⁵. Vielmehr wird man mit der älteren Literatur darin den Hinweis auf eine in Germanien, also rechtsrheinisch gelegene Münz-

15 L. HALPHEN, *Etudes critiques sur l'histoire de Charlemagne* (Paris 1921) 281.

16 *Edictum Pistense* cap. 12. In: MGH Capit. 2, Nr. 273, S. 315.

17 Vgl. MGH SS rer. Merov. 2, S. 397: *Codex Parisiensis* nr. 5569. Der Londoner Codex, dessen Schreibweise *metallo* die MGH-Edition folgt, stammt aus dem 12. Jahrhundert.

18 *Annales Bertiniani* a. 848. In: *Quellen zur karolingischen Reichsgeschichte* 2. Bearb. von R. RAU. *Ausgewählte Quellen zur deutschen Geschichte des Mittelalters* 6 (1972) 72.

19 Vgl. Ph. GRIERSON und M. BLACKBURN (wie Anm. 10) *Index* S. 667 s. v.

20 Vgl. zum Namen von Melle auch LECOINDRE-DUPONT, *Des anciens noms de la ville de Melle*. *Revue de la numismatique française*, 1836, 99 ff., dem es allerdings nicht um den Bergbau-Aspekt, sondern um die Identität von *Metullum/Metallum* und Melle geht, und R.-F. RONDIER, *Historique des Mines de Melle* (Melle 1870).

21 Vgl. K. E. GEORGES, *Lateinisch-deutsches Handwörterbuch* (8. Aufl. 1912/18, Nachdr. Darmstadt 1988) 2, Sp. 902.

22 Vgl. die Überlieferung zum Konzil von Quierzy von 838, in: MGH Conc. 2, S. 842.

23 Nicht ›dort geschlagenen‹, wie R. SPRANDEL im *Handbuch der deutschen Wirtschafts- und Sozialgeschichte* 1. Hg. von H. AUBIN und W. ZORN (Stuttgart 1971) 130, angibt. Vgl. auch DERS. (wie Anm. 5) 597. Die Münze enthält nicht den Text *Metallum Germanicum*.

24 Vgl. Ph. GRIERSON, *Money and Coinage under Charlemagne*. In: *Karl der Große. Persönlichkeit und Geschichte*. Hg. von H. BEUMANN (3. Aufl. Düsseldorf 1967) 501 ff., hier S. 521; K. F. MORRISON und H. GRUNTHAL, *Carolingian Coinage* (New York 1967) 313.

25 So Ph. GRIERSON und M. BLACKBURN (wie Anm. 10) 237: »*german(um)* was meant to refer to ›genuine‹, newly mined metal.« Es bliebe zu prüfen, ob die bereits im klassischen Latein ganz marginale übertragene Bedeutung des Wortes im Sinne von ›echt‹ im Mittelalter überhaupt vorkommt.

stätte zu sehen haben, die ganz sicher in enger Verbindung mit einem Silberbergwerk stand²⁶. Näher lokalisieren läßt sich dieses allerdings nicht²⁷. Mit gutem Grund hat man schließlich die Angabe *METALL GERMAN* in einen Zusammenhang mit der Aufschrift *EX METALLO NOVO* auf Denaren Karls des Großen²⁸ in Verbindung gebracht, und es wurde diese Formulierung in Parallele zu der Namensbildung *Nova Corbeia*, zum Kloster Corvey an der Weser, gewertet²⁹: Ein Akt herrscherlicher Namensübertragung, der das eine Mal einer geistlichen Institution, das andere Mal einem Zentrum der Silberförderung und Münzprägung gegolten hätte!

Nach diesem Blick auf die karolingische Münzgeschichte sei noch einmal auf die Gesta Dagoberti zurückgelenkt, da deren Nachricht zum Blei aus Melle weitere wichtige Informationen liefert: Es heißt hier nämlich, daß das Blei in jedem zweiten Jahr (*in secundo semper anno*) dem König gezinst worden sei. Vielleicht galt diese Regelung aus praktischen Gründen, etwa wegen der Unregelmäßigkeit der Förderung oder wegen des großen Transportaufwands. Auf jeden Fall wird in den Gesta näher dazu ausgeführt, daß das Blei *per regales* und *per easdem villas quas ipse antea eidem sancto loco contulerat*, also über Königshöfe und über jene Höfe, die Dagobert früher dem Kloster übertragen hatte, jeweils in dem anderen, dazwischen liegenden Jahr (*in alio semper anno*) dem Kloster und seinen Verwaltern (*agentes*) oder Schatzmeistern (*thesaurarii*) zugeführt werden sollte. Offensichtlich wurde das Blei aus Melle in Königshöfen ebenso wie in ehemaligen, inzwischen an die geistliche Hand gegebenen Königshöfen »zwischengelagert«, bis es einer bestimmten Funktion zugeordnet wurde.

Das Stichwort »Königshof« läßt das Capitulare de villis, die von Karl dem Großen im letzten Jahrzehnt des 8. Jahrhunderts für das ganze Frankenreich erlassene Landgüterordnung³⁰, in den Blick geraten. Darin heißt es im 62. Kapitel³¹: Der *index*, d. h. der Verwalter eines Königshofes, soll jedes Jahr verzeichnen, was aus den *fossae ferrariciae vel aliae fossae plumbariciae*, aus den Eisenerz- und Bleigruben, auf dem Hof vorhanden ist. Anders als in der Darstellung der Gesta Dagoberti geht es hier offensichtlich um die Einkünfte aus den zu einem Hofbesitz gehörenden Eisenerz- und Bleigruben, die hier für den Eventualfall erwähnt werden³².

Ein Beispiel für die räumliche Zuordnung von Metallvorkommen und einzelner Königshof findet sich in einer königlichen Verwaltungsquelle, die allerdings jenseits des hier gesteckten Zeitrahmens liegt, nämlich im sogenannten Tafelgüterverzeichnis, das von der Forschung heute in die Mitte des 12. Jahrhunderts datiert wird. Dort steht in der Liste

26 Vgl. A. SOETBEER, Beiträge zur Geschichte des Geld- und Münzwesens in Deutschland. Forschungen zur deutschen Geschichte 4, 1864, 346 ff.

27 Vgl. A. ZETTLER, Die historischen Quellen zum mittelalterlichen Bergbaugeschehen, in: Erze, Schlacken und Metalle (wie Anm. 2) 59 ff., der S. 72 an eine mögliche »ostfränkische oder lothringische Silberproduktion« denkt.

28 Vgl. Ph. GRIERSON und M. BLACKBURN (wie Anm. 10) 237.

29 So Ph. GRIERSON (wie Anm. 24) 521.

30 Vgl. C. BRÜHL und A. VERHULST, Art. Capitulare de villis. In: Lexikon des Mittelalters 2 (München 1983) Sp. 1482; neuerdings Th. ZOTZ, Beobachtungen zur königlichen Grundherrschaft entlang und östlich des Rheins vornehmlich im 9. Jahrhundert. In: Strukturen der Grundherrschaft im frühen Mittelalter (wie Anm. 8) 74 ff.

31 MGH Capit. 1, Nr. 32, S. 89; Quellen zur Geschichte des deutschen Bauernstandes im Mittelalter. Hg. von G. FRANZ. Ausgewählte Quellen zur deutschen Geschichte des Mittelalters 31 (1974) 56.

32 Es geht in dieser Bestimmung wohl nicht darum, daß solche Gruben »wenigstens in einigen Krondomänen vorhanden sein sollten und bei der jährlichen Ertragsrechnung durch den Oberverwalter berücksichtigt werden mußten.« So R. SPRANDEL (wie Anm. 5) 587.

der sächsischen Königshöfe zu Grone der besondere Zusatz: *ibi pertinent falkarii regis*, dorthin gehören die königlichen Sichel- oder Sensenschmiede³³. Wenn hier spezialisiertes Eisenhandwerk an einem Königshof lokalisiert wird, so steht zu erwarten, daß in reichem Maße Eisenerz, sei es im Tagebau im Solling oder als Rasenerz in der Leineniederung, im Einzugsbereich des Königshofes abgebaut wurde, so daß Grone also offensichtlich ein gewisser »Standortvorteil« zukam³⁴.

3. Grundherrschaftliche und fiskalische Eisenerzgewinnung und das Problem des Bergzinses im früheren Mittelalter

Mit den zuletzt vorgestellten Beispielen ist bereits der zweite Themenkomplex berührt, auf den hier näher einzugehen ist, nämlich die Eisenerzgewinnung im frühen und hohen Mittelalter; dabei ergeben sich quellenbedingt auch Einsichten in das Verhältnis von Bergbau und Grundherrschaft. Die Ausführungen hierzu können angesichts des Buches von Rolf Sprandel über das Eisengewerbe im Mittelalter von 1968 kurz ausfallen, in dem alle Belege, soweit sie die Eisenerzförderung betreffen, für die Zeit bis zum Beginn des 10. Jahrhunderts zusammengetragen sind³⁵; wertvolle Angaben enthält überdies die neuere Studie von François Menant von 1987 über die Minen in der Lombardei³⁶.

Zunächst sind ein paar Bemerkungen darüber zu machen, was sich den schriftlichen Quellen zur Anlage und Organisation von Eisenerzgruben entnehmen läßt, und daran anschließend sollen sozialgeschichtliche Aspekte des Bergbaus zur Sprache kommen. Über Anlage und Betrieb von Eisenerzgruben machen uns einige wenige frühmittelalterliche Zeugnisse nähere Mitteilung. So geht aus einer Traditionsnotiz des Klosters Fulda vom späten 8. Jahrhundert hervor, daß der betreffende Platz, *ubi ferrum in terra invenitur* – es handelt sich um Kirchbracht in der Wetterau³⁷ –, 30 Ruten (*virgae*) im Quadrat (*in longum et totidem in latitudine*) groß sei, wobei die Tiefe verständlicherweise offengelassen wird: *et in altitudine quantum vis*³⁸.

Wenn wir annehmen, daß hier unter *virga* die mit zehn Fuß gerechnete römische Rute (*pertica*) gemeint ist, dann hätte dieses Schürfareal eine Fläche von ca. 90 m im Quadrat gehabt³⁹. Ein anderes Beispiel, die Bleigewinnung betreffend, fügt sich hierzu: Nach einem im späten 10. Jahrhundert gefälschten Privileg soll Kaiser Ludwig der Fromme im Jahre 826 der Reimser Kirche in Gimnée eine Stätte übereignet haben, die sich *ad fodiendam*

33 C. BRÜHL und Th. KÖLZER, Das Tafelgüterverzeichnis des Römischen Königs (Köln 1979) 53.

34 Zur Pfalz Grone vgl. A. GAUERT, Zur Geschichte der Pfalz Grone nach der schriftlichen Überlieferung. In: Deutsche Königspfalzen 2. Veröffentlichungen des Max-Planck-Instituts für Geschichte 11/2 (1965) 114ff.; neuerdings Th. ZOTZ, Pfalz und Burg Grone. In: Göttingen. Geschichte einer Universitätsstadt 1. Hg. von D. DENECKE und H.-M. KÜHN (Göttingen 1987) 31ff.

35 Vgl. R. SPRANDEL (wie Anm. 11) 37ff., 357f.

36 F. MENANT, Pour une histoire médiévale de l'entreprise minière en Lombardie. Annales 42, 1987, 779ff.

37 Vgl. W.-A. KROPAT, Reich, Adel und Kirche in der Wetterau von der Karolinger- bis zur Stauferzeit. Schriften des Hessischen Landesamtes für geschichtliche Landeskunde 28 (1965) 154.

38 E. F. J. DRONKE, Traditiones et Antiquitates Fuldenses (Fulda 1844), cap. 42, Nr. 291, S. 113; vgl. dazu allgemein R. SPRANDEL (wie Anm. 11) 38.

39 Vgl. H. AUBIN und W. ZORN (wie Anm. 23) 674. Dieses römische Maß liegt offensichtlich auch der aus der farfensischen Überlieferung des 11. Jahrhunderts belegten *virga publica* zugrunde. Vgl. J. F. NIERMEYER, Mediae latinitatis lexicon minus (Leiden 1984) 1110.

minam plumbi eignet⁴⁰. Die Größe der *fossa* wird auch hier genau definiert: 30 *perticae* im Quadrat, die einzelne *pertica* mit 30 Fuß, also der dreifachen Länge einer »normalen« *pertica*, gerechnet. Wir kämen hier somit auf eine Seitenlänge der Gesamtanlage von rund 270 m. Wie auch immer diese aus Westfranzien und aus Hessen stammenden Angaben zu bewerten sind, so läßt sich daran doch das Bedürfnis, das Ausbeutungsterrain zu vermessen, deutlich ablesen⁴¹.

Des weiteren können Schriftquellen für die Frage nach der räumlichen Zuordnung von Erzgrube und Schmelzhütte aufschlußreich sein: Im Jahre 931 überträgt Graf Alberich dem Salzburger Erzbischof eine Hufe in *Gamanaron* (St. Leonhard im Lavanttal) und den dortigen *flatus ferri quod aruzi dicitur, fodere sine censu quantumcumque unusquisque de famulis domus dei potuisset*⁴². An der Aussage der Urkunde ist hier⁴³ zunächst wichtig, daß der *flatus*, also das Eisengebläse der Schmelzhütte, das *conflatorium*⁴⁴, und das *fodere*, das Graben nach Eisenerz, in engstem räumlichen Zusammenhang standen. Den gleichen Eindruck vermittelt eine Fuldaer Traditionsnotiz des späten 8. Jahrhunderts, in der es in Verbindung mit der Besitzangabe heißt: *ubi ferrum conflatur*⁴⁵. Abbau und Verhüttung des Erzes bildeten also sicher im Regelfall eine räumliche Einheit; dementsprechend konnte im frühen Mittelalter das aus der römischen Antike überkommene Wort *metallum* außer der Schürfgrube (und dem dort gewonnenen Erz) auch die Schmiede bezeichnen⁴⁶.

Das eben erwähnte Beispiel *Gamanaron*/St. Leonhard ist aber noch in anderer Hinsicht aussagekräftig: Im frühen 11. Jahrhundert hat man eine Besitzbestätigung König Arnulfs von Kärnten für die Salzburger Kirche auf das Jahr 885 (!) gefälscht ebenso wie auch zwei hierauf bezügliche, das Arnulfinum wörtlich zitierende Diplome Ottos II. auf die Jahre 977 und 982⁴⁷. In dieser Königsurkunde wird u. a. der erst 931 an Salzburg gekommene Platz *Gamanaron* erwähnt, nämlich die über das ganze Jahr betriebene *fossa rudaris in monte Gamanara*, also eine Grube mit (erzführendem) Gestein. Im folgenden ist hier, bezogen auf Gurnitz bei Klagenfurt, von einem *servitium episcopi in monte* und von *operarii servi in monte* die Rede, und die jüngere Forschung hat als ein Fälschungsmotiv auf seiten der Salzburger Kirche erkennen wollen, daß diese sich für den Bergbau an den genannten Orten der königlichen Zustimmung versichern wollte⁴⁸.

Vielleicht hat hierbei auch Silbergewinnung eine Rolle gespielt, denn Eisenförderung

40 M. BOUQUET, Recueil des historiens des Gaules et de la France 6 (Paris 1749) Nr. 60, S. 497f.; dazu J. F. BÖHMER, Regesta Imperii 1 (2. Aufl. Innsbruck 1908, Nachdr. Hildesheim 1966) Nr. 835.

41 Inwieweit ein solcher Usus, das Schürfareal zu vermessen, damals im Frankenreich verbreitet war, muß allerdings offenbleiben und wäre eine Überprüfung wert.

42 Urkundenbuch des Herzogtums Steiermark 1. Bearb. von J. ZAHN (Graz 1875) Nr. 20, S. 24f.; vgl. H. WIESSNER, Geschichte des Kärntner Bergbaues 1. Archiv für vaterländische Geschichte und Topographie 32, 1950, 213f., und neuerdings C. FRÄSS-EHRFELD, Geschichte Kärntens 1 (Klagenfurt 1984) 102.

43 Vgl. zu weiteren Aspekten unten S. 191f.

44 Vgl. Mittellateinisches Wörterbuch 2, Lfg. 9 (München 1991) Sp. 1345f.

45 J. F. SCHANNAT, Corpus Traditionum Fuldensium (Leipzig 1724) Nr. 99, S. 285; vgl. R. SPRANDEL (wie Anm. 11) 356.

46 Vgl. G. KÖBLER, Lateinisch-germanistisches Lexikon (Göttingen 1975) 259, und die weiteren Hinweise oben S. 186. Zur »Gemengelage« der verschiedenen Bergwerkseinrichtungen im Spätmittelalter vgl. U. ZIMMERMANN, Die Ausgrabungen in alten Bergbaurevieren des südlichen Schwarzwaldes. In: Erze, Schlacken und Metalle (wie Anm. 2) 115ff., hier 130f.

47 MGH DArn 184, DOII 165, 275.

48 Vgl. H. KOLLER, König Arnulfs großes Privileg für Salzburg. Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde 109, 1969, 65ff., hier 71f.; neuerdings zusammenfassend H. DOPSCH, Geschichte Salzburgs 1 (Salzburg 1981) 210.

und Verhüttung unterlagen in späterer Zeit im allgemeinen nicht dem Bergregal⁴⁹, und man könnte vor diesem Hintergrund mit der jüngeren Forschung die Salzburger Fälschungsaktivitäten in Zusammenhang mit dem Münzprivileg für Salzburg von 996 sehen⁵⁰. Wenn hier auch nicht alles angesichts der komplizierten Überlieferungslage genau zu klären und auch ein anderes Erklärungsmodell erwägenswert ist⁵¹, so ergibt sich doch, daß um das Jahr 1000 Salzburg seinen Bergbau in Kärnten offenbar intensiviert hat, zu einer Zeit, in der wir dies auch in anderen Gegenden beobachten können, etwa in Villach, das an das neugegründete Bistum Bamberg kam, aber offenbar wegen seines Silberreichtums bereits von König Karlmann in der zweiten Hälfte des 9. Jahrhunderts an das Kloster Altötting geschenkt worden ist⁵². An dieser Stelle sei bereits im Vorgriff⁵³ erwähnt, daß wir gerade für das späte 10. und frühe 11. Jahrhundert auch andernorts einen Aufschwung des Silberbergbaus bezeugt finden, so im Harz, in den Vogesen und im Schwarzwald.

Wenn wir vorerst bei Aspekten der Eisenerzförderung im frühen Mittelalter bleiben, so wäre noch kurz die Frage nach der Organisation und damit verbunden nach der Sozialgeschichte des Bergbaus zu streifen. Wie Sprandel betont hat, fand der Abbau von Eisenerz im Westen des Frankenreiches zumeist in bäuerlichen Kleinbetrieben statt, und genau dieses Bild vermitteln uns die verhältnismäßig zahlreichen Daten aus den Zinsverzeichnissen karolingischer Klöster wie Saint-Remi de Reims, Saint-Germain-des-Prés, aber auch der rechtsrheinischen Abteien Fulda oder Lorsch⁵⁴; ebenso sind hierzu die oben erwähnten zinsleistenden *fossae ferrariciae* bzw. *plumbariciae* eines Königshofes zu rechnen⁵⁵. Dabei konnten die Abgaben beträchtliche Höhen erreichen, z. B. jeweils 100 Pfund im Jahr von 25½ *mansi serviles* in einer zu Saint-Germain gehörenden *villa*, woraus man auf die damals zu erwartenden Fördermengen schließen darf⁵⁶.

Daneben gab es aber auch andere Organisationsformen außerhalb der Grundherrschaft, vor allem im besonders erzeichen alpinen Bereich. Als in mehrfacher Hinsicht aussagekräftiges, gut dokumentiertes Beispiel soll hier zunächst der churrätische Raum näher interessieren. Wie stark dort die Ausbeute war, wird zunächst aus einer Folgeerscheinung deutlich: Das gewonnene Metall diente als alternatives Zahlungsmittel. Dafür bietet die St. Galler Urkundenüberlieferung aus dem 9. Jahrhundert eine ganze Reihe von Belegen. Sie konzentrieren sich auf den vorarlbergischen Raum, auf Feldkirch und Rankweil. Es handelt sich z. T. um die an das Kloster zu entrichtenden Zinse, z. T. aber auch um Geschäfte zwischen örtlichen Grundbesitzern⁵⁷. So ist etwa laut einer Traditionsurkunde von 845 ein jährlicher *census* an St. Gallen entweder mit 14 Pfund Eisen oder vier

49 Vgl. Ph. BRAUNSTEIN, Art. Eisen. In: Lexikon des Mittelalters 3 (München 1986) Sp. 1749ff., hier Sp. 1751; vgl. aber z. B. die Urkunde Erzbischof Eberhards von Salzburg für das Kloster Admont von 1160, in welcher von *vene salis seu ferri aut argenti vel cuiuslibet metalli fodine* die Rede ist, die trotz der aufschlußreichen Binnendifferenzierung der Formulierung (einerseits Salz- und Eisenadern, andererseits Silber- und überhaupt Metallgruben) alles von den *regalia imperii* herleitet. Urkundenbuch des Herzogtums Steiermark (wie Anm. 42) Nr. 405, S. 390f.

50 MGH DOIII 208.

51 Vgl. dazu noch unten S. 192.

52 Vgl. C. FRÄSS-EHRFELD (wie Anm. 42) 139.

53 Vgl. unten S. 194ff.

54 Vgl. R. SPRANDEL (wie Anm. 5) 592f.

55 Vgl. oben S. 187.

56 R. SPRANDEL (wie Anm. 11) 358.

57 Vgl. die allerdings nicht vollständige Belegliste bei R. SPRANDEL (wie Anm. 11) 358; vgl. noch Urkundenbuch der Abtei Sanct Gallen. Bearb. von H. WARTMANN (Zürich 1863) 1 Nr. 235, S. 228, Nr. 248, S. 239, Nr. 254f., S. 243f., Nr. 262, S. 248f.; 2, (Zürich 1866) Nr. 501, S. 115f., Nr. 705, S. 306f.

Schillingen oder mit guten Fischen dieses Wertes zu entrichten⁵⁸. Das Kloster reservierte sich offensichtlich die Möglichkeit, je nach Bedarf zwischen Eisen, Münzen und Fischen als Gegenstand der Abgabe zu wählen; für uns bietet diese Regelung durch die Angabe der Äquivalenten zugleich Einblick in die damalige Kaufkraft von Eisen. Aus dem beschriebenen Zahlungssus kann man wohl auf eine beträchtliche Erzgewinnung in diesem Raum schließen, die auf den lokalen Markt und seine Kultur ausstrahlte.

Näheren Einblick in die Organisation der in diesem Raum betriebenen Erzgewinnung gibt uns das sog. Churrätische Reichsgutsurbar⁵⁹. Es ist in dem Urbar nämlich von dem *census regis* aus dem *ministerium quod dicitur Ferraires* die Rede. Bereits der Name dieses »Eisenamtes« ist symptomatisch und erinnert an *Metullum/Metallum/Melle*. In diesem *ministerium* bestand nun die gewohnheitsrechtliche Regelung (*consuetudo*), daß jeder, der mit der dortigen Eisenverarbeitung zu tun hat, den sechsten Teil an die Herrschaft (*in dominico*) – damit ist der König gemeint – abgibt⁶⁰. Weiter werden acht Schmiedeöfen (*fornaces*) erwähnt⁶¹.

Von dem erwähnten Zins ist die *genealogia Wanzaninga* ausdrücklich ausgenommen; es gab also einen angesehenen Familienverband, der an der dortigen Eisengewinnung partizipierte, ohne Zins zahlen zu müssen. Man gewinnt den Eindruck, daß es sich hier um einen fiskalischen Bergwerkbetrieb handelt. Normalerweise war für die Benutzung ein Vorbehaltzins in Höhe eines Sechstels der Schürferträge an das Königtum zu zahlen. Ein solcher bei fiskalischen Bergwerken erhobener Zins konnte wie eine Bergwerkssteuer wirken, und aus ihm scheint sich dann mit der Zeit das Bergregal (als königliches Recht an der Substanz im Falle von Metallvorkommen auf fremdem Boden) entwickelt zu haben⁶².

In diesem Zusammenhang verdient nun noch einmal die oben vorgestellte⁶³ Tradition der Eisenerzgrube zu *Gamanaron*/St. Leonhard an die Bischofskirche von Salzburg im Jahre 931 Beachtung. Auch dieser Text spricht von einem Zins. Damals wurde nämlich im Tauschgeschäft des Grafen Alberich mit dem Erzbischof festgehalten, daß die mit dem Graben befaßten *famuli* des Gotteshauses keinen (Schürf-)Zins zahlen. Was für ein Zins ist hier gemeint, von dem die *famuli* befreit waren? Da diese Leute wohl nicht als zinspflichtige Grundholden, sondern eher als Bedienstete anzusprechen sind, die unmittelbar vom Hof der Salzburger Erzbischöfe abhängig waren⁶⁴, kann die Bestimmung kaum darauf gezielt haben, daß diese *famuli* von einem Zins an den Grundherrn befreit waren. Solche oder ähnliche Vergünstigungen kamen bisweilen durchaus zu Sprache, wenn Besitz von einem Grundherrn an einen anderen übertragen wurde: Der mitübertragene Personenkreis sollte unter den gleichen (oder zu besseren) Bedingungen leben und arbeiten wie bisher⁶⁵.

58 Urkundenbuch der Abtei Sanct Gallen (wie Anm. 57) 2, Nr. 395, S. 16.

59 Hierzu neuerdings D. HÄGERMANN, Quellenkritische Bemerkungen zu den karolingerzeitlichen Urbar- und Güterverzeichnissen. In: Strukturen der Grundherrschaft im frühen Mittelalter (wie Anm. 8) 47ff., hier 51f.

60 Vgl. Bündner Urkundenbuch. Hg. von E. MEYER-MARTHALER und F. PERRET (Chur 1955) 375ff., hier 381.

61 Ägidius Tschudi erläutert im 18. Jahrhundert die Angaben des Urbars: »Das jsenwerck in Montafun im Walgow«. Vgl. Bündner Urkundenbuch (wie Anm. 59) 381, Anm. 1.

62 Vgl. W. WEGENER, Art. Bergregal (wie Anm. 4) Sp. 379.

63 Vgl. oben S. 189.

64 Vgl. Th. ZOTZ, Die Formierung der Ministerialität. In: Das Reich und die Salier 3. Hg. von St. WEINFURTER (Sigmaringen 1991) 3ff.

65 Vgl. beispielhaft die Urkunde Graf Chadalohs von 817, in der er über die Verpflichtungen der an das Kloster St. Gallen übertragenen *servi* und *ancillae* genaue Angaben macht. Urkundenbuch der Abtei Sanct Gallen 1 (wie Anm. 57) Nr. 228, S. 219ff.; dazu zuletzt W. RÖSENER, Strukturformen der adeligen

In der Urkunde von 931 ist jedoch vom künftigen, neuen Personenkreis, eben den erzbischöflichen *famuli*, die Rede. So stellt sich die Frage, ob vielleicht das Erzstift selbst – in Nachfolge des Grafen Alberich – von einem Schürfzins befreit war.

Hier wird man nach der ursprünglichen Rechtsqualität und der Organisation der Erzgrube *Gamanaron* bzw. *in monte Gamanara* zu fragen haben. Handelte es sich vielleicht wie bei dem oben vorgestellten churrätischen Beispiel um einen fiskalischen Bergbaubetrieb, der dem Grafen Alberich (oder einem seiner Vorgänger) von seiten des Königstums insgesamt oder nur teilweise mit der Vergünstigung, keinen Zins zahlen zu müssen, überlassen worden war? Ein Beispiel für einen (allerdings partiellen) Dispens dieser Art haben wir im Falle der *genealogia Wanzaniga* kennengelernt⁶⁶. Die im späten 10. oder frühen 11. Jahrhundert gefälschte Arnulfurkunde mitsamt den ottonischen Folgeurkunden⁶⁷ stützt die Annahme eines fiskalischen Bergbaubetriebs in Kärnten; denn der zur Sicherung Salzburger Positionen angefertigte Text läßt die *fossa ruderis* als Schenkung Arnulfs an die erzbischöfliche Kirche erscheinen (*concedimus*), und auch der (gleichsam nach außen gerichtete) Hinweis der Urkunde auf den ganzjährigen Betrieb gibt Anlaß, eine über den grundherrschaftlichen Rahmen hinausgehende Organisationsform zu vermuten.

Gerade König Arnulf, von seinem Vater König Karlmann nach 876 in Kärnten als Amtsträger eingesetzt, hat sich mit Hilfe von Parteigängern im Südosten des Reiches eine mächtige Stellung aufgebaut, und so ist es gut vorstellbar, daß auch ein Vorgänger des Grafen Alberich die *fossa ruderis* als (zinsfreies) Ausstattungsgut von seiten Arnulfs erhalten hat⁶⁸. Nachdem Salzburg 931, also zu einer Zeit weitgehender Unabhängigkeit Bayerns von König Heinrich I. unter dem Dukat Arnulfs von Bayern⁶⁹, aus der Hand des Grafen Alberich, den die Tauschnotiz von 931 als Verwandten dieses Herzogs Arnulf bezeichnet, die besagte Erzgrube erhalten hatte, schien es der erzbischöflichen Kirche offenbar angebracht, eine nachträgliche Legitimation der Aneignung zu schaffen, indem König Arnulf von Kärnten selbst als Initiator der Übertragung reklamiert wurde⁷⁰.

Wenn man die Quellenbelege von 931 und 885/977/982 zusammensieht, dann gewinnt man den Eindruck, daß hier etwas anderes als im Rahmen der Grundherrschaft betriebener Bergbau angesprochen wird⁷¹. Sowohl die erklärungsbedürftige Zinsbefreiung als auch die Bemerkung, daß die *fossa ruderis* das ganze Jahr in Betrieb sei, lassen darauf schließen, daß hier Erzgewinnung auf ursprünglich wohl fiskalischer Grundlage stattfand, die im Zuge der Herrschaftsbildung des Herzogs von Bayern um 900 allodialisiert, in ihrer alten Rechtsqualität vielleicht aber im Rahmen der Organisation Kärntens als Dukat im Jahre 976 von der Zentralgewalt reaktiviert worden ist. Zu dieser Sicht würden sich gerade die Daten der gefälschten Otto-Urkunden für Salzburg von 977 und 982 fügen.

Grundherrschaft in der Karolingerzeit. In: Strukturen der Grundherrschaft im frühen Mittelalter (wie Anm. 8) 126ff., hier 152f.

66 Vgl. oben S. 191.

67 Vgl. oben S. 189.

68 Vgl. W. STÖRMER, Art. Arnulf von Kärnten. In: Lexikon des Mittelalters 1 (München 1980) Sp. 1013ff., und jüngst H. DOPSCH, Art. Kärnten. Ebd. 5 (München 1991) Sp. 1002ff.

69 Vgl. C. FRÄSS-EHRFELD (wie Anm. 42) 90f. und 101f.

70 G. MORO, Das Königsgut in Kärnten (800 bis etwa 1000). *Carinthia* 1, 1941, 35ff., erwähnt zwar auf S. 36 und 38 unter Einbeziehung der Arnulf-Fälschungen das Königsgut von Gurnitz/Drauhofen, läßt aber *Gamanara* unerwähnt.

71 Es ist zu betonen, daß hier nicht von einem (einzigem) Knecht des Gotteshauses, der nach Erz gräbt, die Rede ist, wie bei C. FRÄSS-EHRFELD (wie Anm. 42) 313, zu lesen steht. Offenbar gab das Nebeneinander der Hufe und des *flatus ferri* Anlaß zu der Annahme, daß hier der Bergbau von einem Bauernanwesen aus durchgeführt worden ist.

Zum Abschluß der Ausführungen über die Eisenerzgewinnung sei noch auf ein berühmtes oder eher berüchtigtes Zeugnis zur frühmittelalterlichen Bergbaugeschichte hingewiesen: Aus der Schrift des Rodulfus Notarius mit dem Titel »Historiola scripta omnium rerum memoria digna(ru)m, que Brissiane civitatis acciderunt imperantibus Francis«⁷², stammt die Nachricht, daß sich im Jahre 811 die Eisenarbeiter (*servi*) im lombardischen Val Trompia nördlich von Brescia gegen den königlichen Amtsträger Suppo erhoben hätten. Obgleich diese erst im 18. Jahrhundert aus Brescia überlieferte Historiola längst als neuzeitliches Machwerk verdächtigt ist, hat man bisweilen doch wenigstens dem Bericht über den Aufstand Glaubwürdigkeit zuerkennen wollen⁷³.

Auch wenn man diesem Ansatz darin folgt, daß die Person des in dem Bericht vorkommenden Suppo in dem gleichzeitig antizipierenden Brescianer Grafen Suppo (I.) festgemacht werden könnte⁷⁴, bleiben doch genügend Zweifel bestehen. Wie schon die ältere Brescianer Geschichtsschreibung betont hat, handelt es sich bei dieser Historiola bzw. ihren Vorlagen nämlich allenfalls um Produkte des 11. Jahrhunderts, eine Datierung, die sich vom Gesichtspunkt der Terminologie her im übrigen durchaus bestätigen ließe⁷⁵. Doch bestünde dann immer noch das Problem, ob hier nicht aus damals zeitgenössischer Perspektive im »Freiheitskampf« der Eisenarbeiter wegen Unterbezahlung und Vorenthaltung des freien Status viel eher Zustände des 11. Jahrhunderts als des frühen 9. Jahrhunderts gespiegelt sind.

Die dem Rodulfus Vertrauen schenkende Forschung zieht eine unter dem Vorsitz von *missi imperiales* im Jahre 905 festgestellte *sententia* zum Vergleich heran; in dieser geht es darum, daß sich eine Gruppe der zum (bis 834 königlichen) Hof Limonta gehörenden *servi* von Sant'Ambrogio, welche sich gerüchteweise dem Dienst des Mailänder Klosters entziehen wollten, zu diesem ausdrücklich bekannte⁷⁶. Zu den an das Kloster fälligen Leistungen gehörten auch Eisenabgaben in beträchtlichem Umfang (jährlich 100 Pfund). Mit dem angeblichen »Bergarbeiteraufstand« im Val Trompia wird man aber diesen Vorgang kaum in Parallele setzen können, da die Eisenabgabe nur eine Leistung unter anderen darstellte und das angebliche Selbständigkeitsstreben der Klosterleute wohl eher mit dem Besitzerwechsel in Limonta zu tun hatte⁷⁷.

72 Vgl. F. ODORICI, *Storie Bresciane dai primi tempi sino all'età nostra* 3 (Brescia 1854), *Codex diplomaticus* S. 74ff., hier 84. Zur Quellenkritik vgl. L. BETHMANN, *Die Geschichtsschreibung der Langobarden*. *Archiv der Gesellschaft für ältere deutsche Geschichtskunde* 10, 1849, 335ff., hier 386f., und neuerdings F. MENANT (wie Anm. 36) 792, Anm. 25.

73 Vgl. R. SPRANDEL (wie Anm. 11) 40f., und DERS. (wie Anm. 5) 590.

74 Zu den Personen vgl. E. HLAWITSCHKA, *Franken, Alemannen, Bayern und Burgunder in Oberitalien (774–962)*. *Forschungen zur oberrheinischen Landesgeschichte* 8 (1960) 268f. und 297f.

75 Zur Datierung in das 11. Jahrhundert vgl. G. BIEMMI, *Istoria di Brescia* 2 (Brescia 1749) 20 und 46. Demgegenüber plädiert ODORICI, *Storie Bresciane* (wie Anm. 72) 74 in seiner Vorbemerkung zur Edition für die Entstehung des Werkes im 9. Jahrhundert. Das in der *Historiola* (wie Anm. 72) 75 begegnende Nebeneinander von *milites* und *servitores* könnte durchaus einen im 11. Jahrhundert üblichen Sprachgebrauch spiegeln. Vgl. ZOTZ, *Ministerialität* (wie Anm. 64) 6ff.

76 *Codex diplomaticus Langobardiae*. *Monumenta historiae patriae augustae Taurinorum* 13 (Turin 1873) Nr. 416, Sp. 699ff. Vgl. SPRANDEL, *Oberitalienische Eisenproduktion* (wie Anm. 11) 299. Zur Geschichte des Hofes Limonta vgl. P. DARMSTÄDTER, *Das Reichsgut in der Lombardei und Piemont* (Straßburg 1896) 100ff.

77 Vgl. dazu die *sententia* vom gleichen Ort und Datum, welche die Klage einer Vielzahl von *famuli* des Hofes Lemonta betrifft, die von ihrer Belastung durch das Ambrosiuskloster *contra consuetudinem* berichten. *Codex diplomaticus Langobardiae* (wie Anm. 76) Nr. 417, Sp. 702ff.; dieses Stück gilt allerdings als spätere Fälschung. Dazu C. SANTORO in: *Archivio storico lombardo* 77, 1950, 241. Hierzu bleibt noch zu beachten, daß bereits 882 Bewohner von Orten, die zum Hof Lemonta gehörten (darunter auch der 905 in Frage stehende Ort Altonico), gegenüber dem Kloster die Leistung der Olivenernte und des Öltrans-

4. Zur Silbergewinnung im 11. Jahrhundert: Basels Rechte im Breisgau und das Beispiel Wiesloch

Im dritten und letzten Teil dieses Überblicks über die schriftliche Überlieferung zum frühmittelalterlichen Bergbau soll unsere Aufmerksamkeit noch einmal der Silbergewinnung gelten, die bereits zu Beginn im Zusammenhang mit Melle und mit der karolingischen Münzprägung Gegenstand des Interesses war. Wenn wir nun auf die spätere Zeit um das Jahr 1000 blicken, so sind für den Bereich des ostfränkisch-deutschen Reiches in erster Linie die Silberreviere des Harzes, des Schwarzwalds und der Vogesen zu nennen; sie treten in der Zeit von der Mitte des 10. Jahrhunderts bis zur Mitte des 11. Jahrhunderts in die schriftliche Überlieferung ein, ohne daß, zumindest im Fall der südwestlichen Reviere, mit den Erwähnungsdaten etwas über das Alter dieses Silberbergbaus ausgesagt wäre, wie jüngst Alfons Zettler betont hat⁷⁸. Angesichts dessen eindringlicher Interpretation der historischen Überlieferung zum Bergbau im deutschen Südwesten braucht hier auf die vielfältigen Probleme der Urkunde Konrads II. von 1028 für den Bischof von Basel und ihrer Nachgeschichte nur kurz eingegangen zu werden, und auch was die Ersterwähnung einer Silberausbeutung in den Vogesen im Bereich von Sainte-Marie-aux-Mines in einer Urkunde König Ottos III. von 984 angeht, mag der Hinweis auf die erwähnte Studie genügen⁷⁹. Ebenso sind hier die Aspekte des Harzer Silberbergbaus im Spiegel der frühen schriftlichen Überlieferung des 10. und frühen 11. Jahrhunderts angesichts der bereits vorliegenden umfangreichen Literatur zu dieser Thematik nur zu streifen, zumal die bergbaurelevanten Zeugnisse hier erst jenseits unseres Untersuchungszeitraums liegen⁸⁰. Stattdessen soll die Aufmerksamkeit eher auf den weniger im Rampenlicht der Forschung stehenden Silberbergbau zu Wiesloch bei Heidelberg gelenkt werden, der archäologisch wie historisch faßbar ist⁸¹.

Zunächst aber einige Bemerkungen zu den frühen schriftlichen Nachrichten über die Silbergewinnung im Harz: Es war eingangs am Beispiel Prokops davon die Rede, daß die Historiographie den Bergbau vielfach nur aufgrund irgendeines äußeren Anstoßes erwähne; im Falle der Harzer Silberminen wird man allerdings eines anderen belehrt. Wenn nämlich der Chronist Widukind von Corvey gegen Ende seiner Sachsengeschichte gleichsam in einem Atemzug hintereinander als darstellungswürdige, aber über seine Kräfte gehende Themen nennt, daß Kaiser Otto der Große in Italien bedeutende Erfolge erzielt, in der *terra Saxonia* Silberadern erschlossen und zusammen mit seinem Sohn das Imperium großartig erweitert habe, dann spürt man angesichts dieser Reihung etwas von dem Stellenwert der neuen Silbergewinnung auf heimatlichem Boden in den Augen der

ports verweigerten. Vgl. Codex diplomaticus Langobardiae (wie Anm. 76) Nr. 314, Sp. 528ff., und DARMSTÄDTER, Reichsgut (wie Anm. 76) 102.

78 Vgl. A. ZETTLER (wie Anm. 27) bes. 69ff.

79 Vgl. A. ZETTLER (wie Anm. 27) 70.

80 Vgl. zusammenfassend neuerdings F. IRSIGLER, Über Harzmetalle, ihre Verarbeitung und Verbreitung im Mittelalter. In: Stadt im Wandel. Kunst und Kultur des Bürgertums in Norddeutschland 1150–1650 3. Hg. von C. MECKSEPER (Braunschweig 1985) 315 ff.

81 Vgl. L. HILDEBRANDT, U. GROSS, Frühmittelalterliche Erzverhüttung in Leimen, Rhein-Neckar-Kreis. In: Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1986 (1987) 311 ff.; L. HILDEBRANDT, H. MOHR, Der Bergbau bei Wiesloch. Über 2000 Jahre Silber-, Blei- und Zinkgewinnung. In: 2000 Jahre Bergbau in Wiesloch. Große Kreisstadt Kurpfalz. Sonderdruck aus Lapis 12, 1985, 15 ff.

Zeitgenossen⁸². In ähnlicher Weise läßt Thietmar von Merseburg, Chronist des frühen 11. Jahrhunderts, Stolz und Begeisterung erkennen, wenn er, Widukind ausschreibend, formuliert, daß zu Ottos des Großen Zeiten das Goldene Zeitalter geleuchtet habe, und unmittelbar anschließt: *Apud nos inventa est primum vena argenti*⁸³. »Bei ›uns‹, in Sachsen, ist zum ersten Mal eine Silbermine entdeckt worden«. Das Goldene Zeitalter und die Silbermine – Welch eine Assoziation! Auch das ist Bergbaugeschichte im Spiegel der schriftlichen Überlieferung.

In der Frage, an welche von Otto I. neu erschlossene Lagerstätte in Sachsen Widukind gedacht hat, herrscht in der Forschung Unsicherheit: Außer dem Rammelsberg bei Goslar kommt auch Gittelde am Westrand des Harzes in Betracht, wo Otto I. 965 eine *publica moneta* und einen *mercatus* einrichten ließ, deren beider Einkünfte dem Moritzkloster in Magdeburg überwiesen werden, und wo in der Nähe bei Bad Grund Silberbergbau bezeugt ist⁸⁴. Die von Werner Hillebrand für Goslar vorgebrachten historischen wie numismatischen Argumente dürften aber das Problem eher zugunsten des später so berühmten Bergbaus am Nordrand des Harzes gelöst haben⁸⁵; allerdings muß die Frage nicht unbedingt alternativ beantwortet werden, sondern es können im Reflex der frühen sächsischen Geschichtsschreibung auch mehrere Silberlagerstätten in Sachsen gemeint sein⁸⁶.

Wenn wir uns nun der schriftlichen Überlieferung zu süddeutschen Beispielen des Silberbergbaus im 10. und 11. Jahrhundert zuwenden, so fällt, abgesehen von der Erwähnung von Silberminen in den Vogesen in einer Urkunde Ottos III. von 984 für den Bischof von Toul⁸⁷, in einzigartiger Weise Licht auf den Silberbergbau am Westrand des südlichen Schwarzwalds durch die Urkunde Konrads II. von 1028, in welcher er einige namentlich genannte *venas et fossiones argenti* im Breisgau, also Silbererzadern und Gruben, der Basler Bischofskirche überträgt und zwar *quicquid inde nostrum ius attingit cum omni utilitate que ullo modo inde provenire queat*⁸⁸. Diese Urkunde erhält dadurch ihren besonderen Rang, daß hier zum ersten Mal von seiten des mittelalterlichen Königtums Rechte an der Silbergewinnung zum Gegenstand einer Verfügung gemacht worden sind; in dieser Hinsicht darf sie als singuläres Zeugnis gelten, denn erst ab Beginn des 12. Jahrhunderts setzt sich die Reihe derartiger königlicher Privilegien fort⁸⁹.

Was hat Konrad II. damals übertragen? Den Grund und Boden, in dem die erwähnten Silberadern und -gruben sich befanden, – so gesehen würde es sich um Reichsgut handeln⁹⁰ – oder die Gerechtsame, soweit sie das Recht des Königs bzw. Kaisers betrafen? Betrachtet

82 Widukind von Corvey, *Res gestae Saxonicae* III/63. In: Quellen zur Geschichte der sächsischen Kaiserzeit. Hg. von A. BAUER und R. RAU. Ausgewählte Quellen zur deutschen Geschichte des Mittelalters 8 (2. Aufl. 1977) 166.

83 Thietmar von Merseburg, *Chronicon* II/13. Hg. von W. TRILLMICH. Ausgewählte Quellen zur deutschen Geschichte des Mittelalters 9 (6. Aufl. 1985) 48.

84 MGH DOI 312. Zum Bergbau in Gittelde vgl. Führer zu vor- und frühgeschichtlichen Denkmälern 36: Westlicher Harz. Clausthal-Zellerfeld, Osterode, Seesen (Mainz 1978) 65 ff.

85 Vgl. W. HILLEBRAND, Von den Anfängen des Erzbergbaus am Rammelsberg bei Goslar. Niedersächsisches Jahrbuch für Landesgeschichte 39, 1967, 103 ff. Der um die Mitte des 12. Jahrhunderts schreibende *Annalista Saxo* bezog die Entdeckung von Silber-, Kupfer- und Bleiadern auf Goslar. Vgl. ebd., S. 111, und F. IRSIGLER (wie Anm. 80) 315.

86 So auch W. HILLEBRAND (wie Anm. 85) 113.

87 MGH DOIII 2. Vgl. dazu A. ZETTLER (wie Anm. 27) 70.

88 MGH DKoII 133.

89 Zu Konrads Urkunde und zum politischen Hintergrund ausführlich A. ZETTLER (wie Anm. 27) 65 ff.; vgl. auch D. HÄGERMANN (wie Anm. 1) 15.

90 Anlaß zu dieser Annahme böte die Erwähnung von Sulzburg unter den Lagerstätten, da Otto III. im Jahre 993 der dortigen Kirche des hl. Cyriak all seinen Besitz *in valle Sulziberch* geschenkt hat. MGH

man den Text im einzelnen, so werden zwar die *venae et fossiones argenti* zunächst als Objekt der Privilegierung angesprochen, dann aber, wie in mittelalterlichen Rechtstexten vielfach zu beobachten, auf einen bestimmten Aspekt hin spezifiziert (*quicquid inde nostrum ius attingit*)⁹¹. Demnach waren gerade nicht die Lagerstätten selbst Gegenstand der Begünstigung, sondern alles, was von diesen her das Recht Kaiser Konrads berührt. Andere Beobachtungen bestätigen diesen Eindruck: Die Urkunde betrifft außer den namentlich genannten Plätzen auch andere, bereits gefundene (*inventae*) oder (mutmaßlich) dort gelegene (*sitae*)⁹². Da der Anspruch also auch auf bis dahin unbekannte Adern zielte, von denen man gar nicht wissen konnte, wessen grundherrschaftlichen Rechte damit berührt wurden, ist wohl auszuschließen, daß durch die Verfügung Reichsgut übertragen werden sollte.

In die gleiche Richtung weist auch die den Inhalt der Urkunde vorausnehmende, recht abstrakt anmutende Formulierung der *Arenga aliqua ad nostrum imperiale ius pertinentencia*. Zwar begegnet der Begriff *pertinentiae*⁹³ im frühen und hohen Mittelalter oft als Bezeichnung für das Zubehör, die »Pertinenzen« z. B. eines Hofes, aber stets in Verbindung mit seinem Bezugspunkt (*curtis cum omnibus ad eam pertinentibus*)⁹⁴. Wenn in Konrads II. Urkunde für Basel, wie es für die Zeit bis zum Ende des 11. Jahrhunderts scheint, ganz singulär von *pertinentia* die Rede ist⁹⁵, dann ist um so eindringlicher zu fragen, was damit ausgedrückt werden sollte.

Hier wird man wohl am ehesten eine Antwort im Vergleich mit den Vor- und Frühformen des Regalienbegriffs, wie sie zuletzt von Johannes Fried diskutiert worden sind⁹⁶, erhalten. Danach finden sich gerade in der Zeit Konrads II., bezogen auf Italien, erste Spuren einer noch um eine klare Begrifflichkeit ringenden Auffassung von Vorbehaltsrechten des Königs bzw. des Reiches⁹⁷, treten dann gegen Ende des 11. Jahrhunderts deutlicher in Erscheinung, bis unter dem Einfluß des römischen Rechtes seit der Mitte des 12. Jahrhunderts »die Summe der Regalien zum Inbegriff der Landeshoheit« wurde⁹⁸. Fried zählt zu den begrifflichen Annäherungsversuchen des 11. Jahrhunderts u. a. auch die Formulierung *quicquid ad nostrum ius pertinere videtur* einer wohl nach der Mitte des 11. Jahrhunderts auf Konrad II. gefälschten Urkunde für die Bischofskirche von Modena⁹⁹.

In diesem Zusammenhang ist wohl auch die Urkunde für Basel zu sehen. Nimmt man

DOIII 129. Dazu zuletzt A. ZETTLER in: Die Zähringer. Anstoß und Wirkung. Hg. von H. SCHADEK und K. SCHMID (Sigmaringen 1986) Nr. 29f., S. 50ff.

91 Vgl. die diesem Sachverhalt Rechnung tragende deutsche Wiedergabe des Textes bei A. ZETTLER (wie Anm. 27) 77: »(und zwar) was immer Uns von diesen rechtens gehört...«

92 Nur in solchem Textverständnis macht das Nebeneinander beider Begriffe Sinn, und auch die Bestätigungsurkunde König Lothars III. von 1131 läßt diese Auffassung erkennen, wenn sie den Text in *inventas et inveniendas* ändert. MGH DLoIII 39. Vgl. dazu auch A. ZETTLER (wie Anm. 27) 67.

93 Als Adjektiv oder als Plural zu dem Substantiv *pertinentia*. Vgl. zur Bedeutungsbreite des singularischen Begriffs *pertinentia* allgemein J. F. NIERMEYER (wie Anm. 39) 793.

94 MGH DKoII 147.

95 Vgl. im Hinblick auf die Arengen die Gesamtübersicht bei F. HAUSMANN, A. GAWLIK, Arengenverzeichnis zu den Königs- und Kaiserurkunden von den Merowingern bis zu Heinrich VI. MGH Hilfsmittel 9. (1987) Nr 3116 (=MGH DOIII 330 von 999) kann nicht als Beleg dienen, da *pertinentiae* hier als Ergänzung zu *proprietates* aufzufassen ist, wie die das Beiwort unterschlagende Bestätigung des Kaisers (DOIII 341) erkennen läßt.

96 J. FRIED, Der Regalienbegriff im 11. und 12. Jahrhundert. Deutsches Archiv 29, 1973, 450ff., mit der älteren Literatur.

97 Vgl. J. FRIED (wie Anm. 96) 491ff.

98 J. FRIED (wie Anm. 96) 527.

99 J. FRIED (wie Anm. 96) 489f.

die Beobachtungen zusammen, so ging es offenbar nicht um Grundbesitz, sondern um eine »hoheitliche«¹⁰⁰, dem König zustehende Abgabe aus dem Silberbergbau im Breisgau als Gegenstand der Vergünstigung, oder anders gesagt: um einen aus königlich-kaiserlichem Recht resultierenden Rechtsanspruch, der bei der Ausbeutung von Edelmetall auf jedem Grund und Boden gelten sollte. So gesehen haben wir hier ein frühes Beispiel, oder wohl besser einen frühen Vorläufer für die Inanspruchnahme des Bergregals vor uns, wie es ab der Mitte des 12. Jahrhunderts ausformuliert erscheint¹⁰¹: Auf dem Reichstag von Roncaglia ließ Friedrich Barbarossa 1158 verkünden, daß die *argentarie*, die Silberminen und -bergwerke, wie man damals den spätantiken Sprachgebrauch wiederaufnahm, zu den *regalia*, den Reichsrechten, gehören¹⁰².

Zum Schluß sei nun auf die Silberminen bei Wiesloch eingegangen, weniger im Blick der Forschung als die eben besprochenen des südlichen Schwarzwalds, aber doch Interesse beanspruchend, weil hier die verhältnismäßig dichte Lorscher Überlieferung des späten 11. Jahrhunderts manchen Einblick gewährt¹⁰³. Südlich von Heidelberg zwischen Nußloch und Wiesloch (»Auf der Hessel«) ist bereits römischer, vielleicht auch schon keltischer Bergbau auf Blei und Silber umgegangen, wie sich aus archäologischen Befunden indirekt schließen läßt. Seit der mittleren Karolingerzeit um 800 scheint die Silbergewinnung hier reaktiviert worden zu sein¹⁰⁴.

Von seiten der schriftlichen Überlieferung lassen sich direkte Nachrichten zum Bergbau in Wiesloch erst für das späte 11. Jahrhundert beibringen: Wie eine in der Klosterchronik des 12. Jahrhunderts überlieferte Urkunde mitteilt, hat Abt Anselm um 1090 u. a. die Abgaben aus Wiesloch an Lorsch aufgezeichnet¹⁰⁵. Es ist hier von *curtes* und von *hubarii* die Rede, und dann heißt es: *De monte autem ubi argentum foditur I marca et de mercato XX marce*. »Vom Berg aber, wo Silber geschürft wird, eine Mark (Silber) und vom Markt 20 Mark.« Weiter hören wir von dem silberführenden Berg in Wiesloch in den gleichfalls aus den späten 11. Jahrhundert stammenden Lorscher Güterlisten¹⁰⁶: *De mercede montis in festivitate sancti Martini solvitur I marca et dimidia, in pascha similiter*. »Vom Bergzins

100 Vgl. die kritischen Bemerkungen von J. FRIED (wie Anm. 96) 526f. im Hinblick auf das Deutschland des 11. Jahrhunderts.

101 Vgl. z. B. MGH DFI 215 von 1158: Kaiser Friedrich I. verleiht dem Erzbischof Hillin von Trier *omnem iusticiam*, die er am Silberbergwerk in Olzheim und im ganzen anliegenden Berg nach dem Urteil der Fürsten zu haben scheint, ferner im Falle der Auffindung einer Silbermine auf dem Boden der Trierer Kirche *quicquid iuris in eadem habere deberemus*.

102 MGH Const. 1, Nr. 175, S. 245. R. WILLECKE (wie Anm. 4) Sp. 1957, will *argentarie* im zitierten Text von 1158 als »Wechselstube« und nicht als »Silberbergbau« verstanden wissen. Doch spricht gegen diese Deutung, daß mit dem vorausgehenden Punkt *monete* der Bereich des Geldwechsels schon abgedeckt ist. Außerdem gibt es gerade in den Urkunden Friedrichs I. zahlreiche Belege für die Bedeutung von *argentaria* als Silbermine bzw. Silberbergwerk. Vgl. auch das Mittellateinische Wörterbuch 1 (München 1967) Sp. 929f.

103 Vgl. die oben S. 194 Anm. 81 genannten Arbeiten von L. HILDEBRANDT. Zu den Lorscher Quellen vgl. jetzt F. STAAB, Aspekte der Grundherrschaftsentwicklung von Lorsch vornehmlich aufgrund der Urbare des Codex Laureshamensis. In: Strukturen der Grundherrschaft im frühen Mittelalter (wie Anm. 8) 285ff.

104 L. HILDEBRANDT, Der mittelalterliche Blei-Zink-Silber-Bergbau im nordwestlichen Kraichgau südlich Heidelberg. In: Archäometallurgie der Alten Welt. Der Anschnitt. Beiheft 7 (1989) 241ff. Laut briefl. Mitteilung von L. HILDEBRANDT vom 20. 10. 90 sprechen alle Datierungen, zumeist von Verhüttungsresten, für Bergbau im Gebiet von Wiesloch/Nußloch von der Wende 8./9. Jahrhundert bis zur ersten Hälfte des 13. Jahrhunderts. Vgl. noch H. STEUER (wie Anm. 2) 404f.

105 Codex Laureshamensis. Hg. von K. GLÖCKNER (Darmstadt 1929–1936) 1, CL 139.

106 Vgl. hierzu jetzt F. STAAB (wie Anm. 103) 314f.

werden am Fest St. Martin anderthalb Mark (Silber) bezahlt, das gleiche an Ostern¹⁰⁷. Es fällt auf, daß die Abgaben vom Berg in beiden Quellen voneinander abweichen: Während die Aufzeichnung Abt Anselms von einer Mark (Silber) spricht, sind es laut den Güterlisten zweimal im Jahr (Ostern und St. Martin) anderthalb Mark¹⁰⁸.

Ist hiermit die Silbergewinnung in Wiesloch um 1100 in schriftlichen Quellen eindeutig bezeugt, so fragt es sich, was sich aus der Lorscher und übrigen Überlieferung sonst noch an Indizien für den dortigen Silberbergbau, sein Alter, seine Organisation, seine Bedeutung gewinnen läßt. Zunächst fällt auf, daß, um bei den erwähnten Quellenzeugnissen zu bleiben, die Abgaben aus Wiesloch ausschließlich in Geldabgaben¹⁰⁹ zu leisten sind: Laut der Urkunde Abt Anselms sind am Remigiusfest (1. Oktober) von den *curtes* 2½ Pfund Silber (*talenta*) zu leisten, von den Hübnern aber am Martinsfest und an Ostern 3 Talente. In der Hubenliste von Wiesloch ergibt sich demgegenüber ein etwas anderes Bild (sechs *solidi* pro Jahr und Frondienste für das Kloster); hier werden aber noch 54 *areae* erwähnt, von denen 52 am Remigiustag 2 Pfund (Silber) und 5 Schillinge entrichtet werden müssen. Dies entspricht in etwa der oben erwähnten Verpflichtung der *curtes* von 2½ Talenten. Es steht zu vermuten, daß diese Abgabenverhältnisse in Wiesloch eng mit dem dortigen Silberbergbau zusammenhängen.

Weiteres kommt hinzu: Im Jahre 965 gestattete Otto I. dem Abt Gerbodo von Lorsch in einer in der Pfalz zu Erstein ausgestellten Urkunde, in der klösterlichen *villa* Wiesloch einen *mercatus publicus* einzurichten und die Einkünfte aus dem Zoll und aus anderen Rechten zum Dienst für den hl. Michael auf dem Heiligenberg oder für den hl. Nazarius in Lorsch zu verwenden¹¹⁰. Seit den Forschungen von Walter Schlesinger ist der historischen Forschung geläufig, daß Markt und Münze in engstem Zusammenhang gestanden haben¹¹¹; von daher gibt das Datum von 965 wohl einen Fingerzeig auf einen bereits damals funktionierenden Silberbergbau in Wiesloch. Es ist die Zeit, in der auch das am westlichen Harzrand gelegene und zum Moritzkloster in Magdeburg gehörige Gittelde Markt und Münze erhielt, wie wir aus Urkunden Ottos I. und Ottos II. von 965 und 973 wissen¹¹². Auch im Umfeld von Gittelde wurde Silber gewonnen¹¹³.

Besonders auffällig aber ist an der Geschichte von Wiesloch, daß das Königtum an diesem Ort ausgeprägtes Interesse zeigte: Schon 889 hat sich hier Arnulf von Kärnten aufgehalten und für Lorsch geurkundet¹¹⁴, Otto III. und Heinrich IV. erneuerten 987 bzw. 1067 der Abtei das Marktrecht zu Wiesloch¹¹⁵, und so ist in der Literatur schon die

107 Codex Laureshamensis (wie Anm. 105) 3, Nr. 3670.

108 Die Angaben bei L. HILDEBRANDT und H. MOHR (wie Anm. 81) 15, sind korrekturbedürftig: Die Anselm-Urkunde spricht nicht von zwei Terminen im Jahr, an denen eine Mark zu leisten sei.

109 Auch von Wiesloch benachbarten Orten, z. B. Handschuhsheim, wurden in hohem Maße Silberabgaben (*talenta*) geleistet. Dies war in der fraglichen Zeit im agrarischen Bereich durchaus ungewöhnlich. Vgl. W. RÖSENER, Art. Abgaben. In: Lexikon des Mittelalters 1 (München 1980) Sp. 32ff., und beispielhaft Ph. DOLLINGER, Der bayerische Bauernstand vom 9. bis zum 13. Jahrhundert. Dt. Ausg. hg. von F. IRSIGLER (München 1982) 140ff.

110 MGH DOI 283.

111 Vgl. z. B. W. SCHLESINGER, Vorstufen des Städtewesens im ottonischen Sachsen. In: Die Stadt in der europäischen Geschichte. Festschrift für Edith Ennen. Hg. von W. BESCH u. a. (Bonn 1972); Wiederabdruck in: Ausgewählte Aufsätze von Walter Schlesinger 1965–1979. Hg. von H. PATZE und F. SCHWIND. Vorträge und Forschungen 34 (1987) 403ff.

112 MGH DOI 312 und DOI 29.

113 Vgl. oben Anm. 84.

114 MGH DArn 70.

115 MGH DOI 31 und DHIV 191.

Meinung geäußert worden, Heinrich IV. habe den Ort zeitweise selbst in Händen gehalten¹¹⁶. Schließlich ist die Urkunde Friedrich Barbarossas von 1165 für die Münzer von Worms auch im Hinblick auf Wiesloch bedeutsam: Ihre Rechte gelten auch in Ladenburg und Wiesloch, da diese beiden Orte kaiserlichen Rechts seien und *ad cameram nostram ... specialiter* gehörten¹¹⁷. Der um 1100 bezeugte Silberreichtum von Wiesloch scheint in der früheren wie späteren Geschichte des Ortes seine Spuren hinterlassen zu haben.

5. Schluß

Soweit dieser Überblick über schriftliche Quellen zum Bergbau im frühen Mittelalter. Er beschränkte sich auf die Zeit, in der die Gewinnung von Bodenschätzen überwiegend im grundherrschaftlichen Rahmen stattfand; allerdings finden sich auch vereinzelt Beispiele für zinspflichtige fiskalische Betriebe, die einem weiteren, teilweise privilegierten Personenkreis zugänglich waren. Neue Organisationsformen zeichnen sich dann in deutlicher Weise im späten 12. Jahrhundert ab, wenn z. B. im Jahre 1185 in Trient die Rechte und Pflichten der als Gruppe mit gewählten Vertretern erscheinenden Silberleute (*argentarii qui solent appellari silbrarii*) dem dortigen Bischof als ihrem Schutzherrn versprochen werden¹¹⁸ oder wenn der Abt von Admont etwa zur selben Zeit ein Bergwerk bei Friesach den als *socii* und als *commune* organisierten Bergleuten paktweise zuerkennt und dabei sehr genaue Bestimmungen über die Abgaben und die Arbeitsweise ebenso wie über die dem Abt zu leistende Hilfe und Ehrengabe (*xenia*) macht¹¹⁹. Doch gehört dies bereits zu einer neuen Phase in der Geschichte des Bergbaus, als das Bergregal neben anderen Regalien zum Moment landesherrlicher Hoheit zu werden begann. Hier kam es darauf an zu zeigen, was sich im Hinblick auf die Rechts-, Sozial- und Kulturgeschichte den frühen schriftlichen Zeugnissen über die Gewinnung von Bodenschätzen entnehmen läßt, inwiefern sich in ihnen eine Intensivierung des Bergbaus zu bestimmten Zeiten spiegelt oder nur beiläufig von ihm die Rede ist. Beide Formen von Schriftlichkeit verdienen Beachtung, wenn es darum geht, im interdisziplinären Gespräch das Bild des frühen Bergbaus nachzuzeichnen.

116 Vgl. Die Stadt- und die Landkreise Heidelberg und Mannheim 2 (Karlsruhe 1968) 1006.

117 MGH DFI 491.

118 E. VON SCHWIND und A. DOPSCH, Ausgewählte Urkunden zur Verfassungsgeschichte der deutsch-österreichischen Erblände im Mittelalter (Innsbruck 1895) Nr. 12, S. 18f.; neuerdings D. HÄGERMANN und K.-H. LUDWIG (wie Anm. 4) 6f., 41ff., und R. PALME, Die Entstehung des Tiroler Bergrechts 1185–1214. Mitteilungen des Instituts für österreichische Geschichtsforschung 92, 1984, 317ff. Vgl. dazu auch K. SCHWARZ, Untersuchungen zur Geschichte der deutschen Bergleute im späteren Mittelalter. Freiburger Forschungshefte D20 (1958) 15.

119 Urkundenbuch Steiermark 1 (wie Anm. 42) Nr. 655, S. 635. Die Urkunde läßt deutlich das Nebeneinander der Abgaben erkennen: Von den 16 Teilen der Grube jede Woche ein Gefäß (*quod dicitur chubli*) und der neunte Teil (an den Abt von Admont als Besitzer des Bergwerks) und der Zehnt *de iure episcopi* (des Erzbischofs von Salzburg als »Landesherr«). Vgl. dazu auch E. SCHÖNBAUER, Beiträge zur Geschichte des Bergbaurechts. Münchener Beiträge zur Papyrusforschung und antiken Rechtsgeschichte 12 (1929) 193f.

Untersuchungen zum frühen Bergbau im Südschwarzwald

VON ULRICH ZIMMERMANN

1. Einleitung

Als der Bergbeamte J. W. Freiherr von Vernier 1781 im Auftrag des »K. K. Directionsrates in Tyrol« die vorderösterreichischen Bergwerke im Südschwarzwald besichtigte, fand er den Blei-Silberbergbau, der hier bereits in Folge des 30jährigen Krieges zum Erliegen gekommen war, in einem völlig trostlosen Zustand vor:

»Aus allen (...) (Verf.: aufgezeigten) widrigen Umständen muss eine (...) nachtheilige Folge die anderen nach ziehen. So folget aus denen getheilten Berggerichtsbarkeiten (...) die Vernachlässigung der Berg-Gesätze, aus dieser Missbrauch, Unwissenheit, Eigennützigkeit und Betrug, hieraus ein schlechter Effect des Bergbaues und ein sehr übler Ruff desselben. Wie denn wirklich im Breisgau die allgemeine Meinung ist, dass jeder, welcher Bergbauet, arm werden muss«¹.

Es gibt zwar diese eher negative Einschätzung der bergbaulichen Situation des 18. Jahrhunderts in Südwestdeutschland, und heute stehen – aus Gründen der Wirtschaftlichkeit – keine Erzgruben mehr in Betrieb, aber das kristalline Grundgebirge des Südschwarzwaldes war und ist doch von zahlreichen Erzgängen durchzogen, die über viele Jahrhunderte hinweg zur Silbergewinnung abgebaut wurden. Dies geschah – den Schriftquellen folgend² – im Hochmittelalter und in der frühen Neuzeit mit zyklisch wiederkehrenden Unterbrechungen, deren Ursachen noch nicht endgültig geklärt sind; sie können aber vermutlich mit Rohstoffkrisen, d. h. Mangel an Holz zum Ausbau der Abbaue und zur Holzkohlegewinnung für die thermische Erzaufbereitung und mit wechselndem Münzsilberbedarf in

1 J. W. VERNIER, Von dem Bergwesen in Vorderösterreich überhaupt und von denen Vorderösterreichischen Bergwerken in Sonderheit. Unveröffentl. Manuskript Schwaz 1781, Abschrift im Generallandesarchiv in Karlsruhe, 38f.

2 Eine umfassende Abhandlung zur historischen Quellenlage des mittelalterlichen Bergbaus im Schwarzwald steht noch aus; zum Bergbau in den einzelnen Revieren im Süden oder zu einzelnen Zeitabschnitten vgl. G. ALBIEZ, Geschichte des Bergbaus im Münstertal (Südschwarzwald). Badische Heimat 53, 1973, 111–128; A. AMMANN, R. METZ, Die Bergstadt Prinzbach im Schwarzwald. Alemannisches Jahrbuch 1956, 283–313; F. KIRCHHEIMER, Das Alter des Silberbergbaus im südlichen Schwarzwald (Freiburg 1971); R. METZ, Bergbau und Hüttenwesen in den Vorlanden. In: F. METZ (Hrsg.), Vorderösterreich (Freiburg 1967), 139–194; DERS., Gewinnung von Bodenrohstoffen im Schwarzwald. Historischer Atlas von Baden-Württemberg. Erläuterungen zur Karte XI, 10 (Stuttgart 1985) 20 Seiten; P. PRIESNER, Der Bergbau im Schauinsland von 1340–1954 (Freiburg 1982); A. SCHLAGETER, Der mittelalterliche Bergbau im Schauinslandrevier. Schauinsland 88, 1970, 125–171 und Schauinsland 89, 1971, 95–134; DERS., Zur Geschichte des Bergbaus im Umkreis des Belchen. In: Der Belchen. Geschichtlich-naturkundliche Monographie des schönsten Schwarzwaldberges. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs 13 (Karlsruhe 1989), 127–309; DERS., Geschichte des Todtnauer Silberbergbaus im Mittelalter 1250–1565. In: Todtnau, Stadt und Ferienland im südlichen Hochschwarzwald (Freiburg 1989), 181–212; A. ZETTLER, Die historischen Quellen zum mittelalterlichen Bergbaugeschehen. Freiburger Universitätsblätter 109, 1990, 59–78.

Zusammenhang gebracht werden³. Auch waren mit zunehmender Tiefe der Grubenbaue technische Probleme – z. B. bei der Förderung des Grubenwassers – zu bewältigen, deren Lösung größere Investitionsmittel erforderte, so daß zeitweilig wirtschaftliche Rezessionen die Folgen gewesen sind.

Eine bergmännische Blei-Silbergewinnung aus den hydrothermalen Blei-Zinklagerstätten⁴ ist für den Südschwarzwald historisch erstmalig für das Jahr 1028 belegt⁵, als der salische Kaiser Konrad II. seine Rechte an namentlich genannten Silbererzvorkommen im Breisgau auf alle Zeiten dem Bischof von Basel überträgt. Daß durch diese Urkunde das Bergregal mit einiger Wahrscheinlichkeit nicht erstmalig verliehen wurde, sondern bereits bestehende Rechtsverhältnisse schriftlich zu bestätigen waren, hat kürzlich A. Zettler⁶ schlüssig aufgezeigt. Ein Beginn bergbaulicher Arbeiten bereits im 10. oder sogar im 9. Jahrhundert ist damit nicht auszuschließen. Von archäologischer Seite mehren sich die Hinweise auf eine römische Silbergewinnung im Südschwarzwald⁷, so daß als Ausgangspunkt für die Untersuchungen der Jahre 1987–1990 von einer Tradition des Blei-Silber-Bergbaus mit zyklischen Unterbrechungen zumindest seit der römischen Besetzung Südwestdeutschlands ausgegangen werden konnte. Die Eisenerzvorkommen der westlichen Schwarzwald-Vorbergzone wurden dagegen schon von der vorrömischen Bevölkerung in der Rheinebene ausgebeutet⁸, während ein neolithischer Silexbergbau in den Malmkalken von Kleinkems, Kr. Lörrach⁹ belegt ist. Vor allem aber der historisch belegte Bergbau auf Blei-Silber-Erze im Hoch- und Spätmittelalter hat im Gelände zahlreiche, bis

3 Vgl. hierzu H. STEUER, Zum Umfang der Silbergewinnung im mittelalterlichen Europa nach der schriftlichen Überlieferung. Freiburger Universitätsblätter 109, 1990, 79–83.

4 R. METZ, M. RICHTER, H. SCHÜRENBERG, Die Blei-Zink-Erzgänge des Schwarzwaldes. Beihefte zum Geologischen Jahrbuch 29 (Hannover 1957); M. HENGLEIN, Erz- und Minerallagerstätten des Schwarzwaldes (Stuttgart 1924); M. BLIEDTNER, M. MARTIN, Erz- und Minerallagerstätten des mittleren Schwarzwaldes (Freiburg 1986).

5 D. HÄGERMANN, Deutsches Königtum und Bergregal im Spiegel der Urkunden. Eine Dokumentation bis zum Jahr 1272. In: W. KROKER, E. WESTERMANN (Hrsg.), Montanwirtschaft Mitteleuropas vom 12. bis 17. Jahrhundert. Der Anschnitt, Beiheft 2 (Bochum 1984) 13 ff.

6 A. ZETTLER 1990 (wie Anm. 2).

7 F. KIRCHHEIMER, Das Alter des Silberbergbaus im südlichen Schwarzwald (Freiburg 1971); DERS., Bericht über Spuren römischer Bergbau in Baden-Württemberg. Der Aufschluß 27, 1976, 362–65; S. MARTIN-KILCHER, H. MAUS, W. WERTH, Römischer Bergbau bei Sulzburg »Mühlematt«, Kr. Breisgau-Hochschwarzwald. Fundberichte aus Baden-Württemberg 4, 1979, 170–203; H. MAUS, Römischer Bergbau bei Sulzburg (Baden). Der Aufschluß 28, 1977, 165–175.

8 Zu den Eisenerzlagerstätten der Vorbergzone des Schwarzwaldes vgl. J. EICHLER, Mineralogische und geologische Untersuchungen von Bohnerzen in Baden-Württemberg, besonders der Vorkommen bei Liptingen, Kr. Stockach. Neues Jahrbuch für Mineralogie Abh. 97, 1961, 51–111; H. ILLIES, Der mittlere Dogger im badischen Oberrheingebiet. Berichte der naturforschenden Gesellschaft Freiburg i. Br. 46, 1956, 5–52; K. SAUER, P. SIMON, Die Eisenerze des Aalenium und Bajocium im Oberrheingraben (Grube Kahlenberg, Grube Schönberg und kleinere Vorkommen). Geologisches Jahrbuch D 10, 1975, 25–68. – Zur Eisengewinnung vgl. zusammenfassend D. PLANCK, Eisen in der Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg. In: Die Bedeutung der Eisenherstellung im süddeutschen Raum in der Vor- und Frühgeschichte. 12. Werkstoffkolloquium des Lehrstuhls Werkstoffwissenschaften (Metalle) am 14. 3. 1983, Universität Erlangen-Nürnberg 1983, 1–27; DERS., Eisen in der Vor- und Frühgeschichte Baden-Württembergs. Jahrbuch des Heimat- und Altertumsvereins Heidenheim 1985/1986, 48 ff. Neuerdings auch G. GASSMANN, Ausgrabungen an einem frühmittelalterlichen Schmelzplatz in Kippenheim, Ortenaukreis. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1989 (Stuttgart 1990) 247–249; G. GASSMANN, B. JENISCH, Montanarchäologische Untersuchungen in der südlichen Ortenau. Archäologische Nachrichten aus Baden 44, 1990, 26–31.

9 E. SCHMID, Der jungsteinzeitliche Abbau auf Silex bei Kleinkems, Baden-Württemberg (D 1). In: G. WEISGERBER (Bearb.), 5000 Jahre Feuersteinbergbau (2. erg. Aufl., Bochum 1981) 140–165.

heute erkennbare Spuren hinterlassen. Das Bergbaugeschehen des 13./14. Jahrhunderts und des 16. Jahrhunderts hat für Wohlstand und Reichtum der Grubenbesitzer – z. B. in Freiburg¹⁰ – gesorgt, hat einen allgemeinen Entwicklungsschub in technisch-naturwissenschaftlicher Hinsicht nach sich gezogen¹¹, aber auch bewaffnete Auseinandersetzungen um Abbaurechte¹² und ganz massive Veränderungen der Umwelt¹³ zur Folge gehabt.

2. Aufbau und Zielsetzungen eines Forschungsprojektes

Zahlreiche und vielfältige Geländespuren, die zum großen Teil einem hochmittelalterlichen Bergbaugeschehen zuzurechnen sind, können Ausgangspunkt sein für montanarchäologische Forschungen mit umwelt-, technik-, sozial- und landesgeschichtlichen Zielsetzungen¹⁴. Unter der Prämisse, daß Bergbau immer oder doch weitgehend »standorttreu«, d. h. auf Erzgängen, die bereits durch ältere Abbauspuren gekennzeichnet waren, betrieben wurde, scheint die historisch-archäologisch rückschreitende Untersuchung und Datierung des Bergbaugeschehens bis hin zu seinen Anfängen möglich.

Andererseits sind diese Spuren, die einen »alten« Bergbau im Gelände markieren, weder

10 In Freiburg ansässige Bergbau-Unternehmer stifteten um 1340 mehrere Glasfenster mit Bergbaumotiven für das Freiburger Münster; zu den Fenstern vgl. H. SCHADEK, K. SCHMID (Hrsg.), *Die Zähringer. Anstoß und Wirkung. Veröffentlichungen zur Zähringer Ausstellung 2* (Sigmaringen 1986) 48, Nr. 24.

11 Erwähnt sei hier nur die Entwicklung des Seigerhüttenprozesses zur Steigerung der Ausbeute bei der Kupfergewinnung im 16. Jh.; vgl. hierzu L. SUHLING, *Der Seigerhüttenprozeß. Die Technologie des Kupferseigerns nach dem frühen metallurgischen Schrifttum* (Stuttgart 1976).

12 So wird die Stadt Münster – umgeben von mehreren Silberbergauebenevierern –, erstmals 1258 als befestigte Stadt und Silberumschlagplatz erwähnt, im Jahre 1345 wegen Streitigkeiten um Abbau- und Mutungsrechte von Freiburg aus besetzt und zerstört; vgl. hierzu R. METZ, M. RICHTER, H. SCHÜRENBERG 1957 (wie Anm. 4) 240–243.

13 Indirekter Nachweis von römerzeitlichen und mittelalterlichen Rodungsphasen, die sicherlich mit dem Bergbau in Zusammenhang stehen, durch Analyse und Datierung von Erosionssedimenten in den Bachtälern; vgl. hierzu G. ZOLLINGER, R. MÄCKEL, *Quartäre Geomorphodynamik im Einzugsgebiet des Sulzbaches und der Möhlin, Südbaden. Berichte der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg i. Br.* 77/78, 1989, 81–98; R. MÄCKEL, G. ZOLLINGER, *Fluvial action and valley development in the central and southern Black Forest during the late quaternary. Catena Suppl.* 15 (Cremlingen 1989) 243–252. – Im Harz sind massive Veränderungen der Umwelt durch die Erzgewinnung nachgewiesen; vgl. M.-L. HILLEBRECHT, *Die Relikte der Holzkohlewirtschaft als Indikatoren für Waldnutzung und Waldentwicklung. Untersuchungen an Beispielen aus Südniedersachsen. Göttinger Geographische Abhandlungen* 79 (Göttingen 1982); DIES., *Untersuchungen an Holzkohlen aus frühen Schmelzplätzen. In: A. HAUPTMANN, E. PERNICKA, G.-A. WAGNER (Hrsg.), Archäometallurgie der Alten Welt. Beiträge zum Internationalen Symposium »Old World Archaeometallurgy«, Heidelberg 1987. Der Anschnitt Beiheft 7* (Bochum 1989) 203–212; DIES., *Eine mittelalterliche Energiekrise. In: B. HERRMANN (Hrsg.), Mensch und Umwelt im Mittelalter* (3. Aufl., Stuttgart 1987), 275–283.

14 In Baden-Württemberg sind bisher nur wenige Untersuchungen mit montanarchäologischen Zielsetzungen durchgeführt worden; vgl. die Grabungen in Sulzburg (Literatur siehe Anm. 36–38), im Nord-schwarzwald, vgl. L. HILDEBRANDT, H. MOHR, *Der Bergbau bei Wiesloch. 2000 Jahre Silber-, Blei- und Zinkgewinnung. Lapis* 10, 1985, Heft 12, 15–22; L. HILDEBRANDT, U. GROSS, *Frühmittelalterliche Erzverhüttung in Leimen. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1986* (Stuttgart 1987) 311–314; L. HILDEBRANDT, *Der mittelalterliche Blei-Zink-Silber-Bergbau im nordwestlichen Kraichgau südlich Heidelberg. In: A. HAUPTMANN, E. PERNICKA, G.-A. WAGNER (Hrsg.) (wie Anm. 13) 241–246; DERS., (in diesem Band) 255 ff. und auf der Schwäbischen Alb: M. KEMPA, *Die vor- und frühgeschichtliche Eisengewinnung und -verarbeitung auf der östlichen Schwäbischen Alb. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1989* (Stuttgart 1990) 242–246; DERS., (in diesem Band) 505 ff.*

kartiert, noch dokumentiert, noch zeitlich eingeordnet¹⁵; dies, obwohl sie hochgradig gefährdet sind durch eine moderne Holzwirtschaft, durch natürliche Erosionsvorgänge, aber auch durch Baumaßnahmen in den Tälern und an Flußläufen, wo sich oftmals historisch bekannte, frühneuzeitliche Erzaufbereitungs- und -verhüttungsanlagen befinden.

Mit Hilfe der Volkswagen-Stiftung, Hannover, konnte in den Jahren 1987–1990 ein Forschungsvorhaben durchgeführt werden¹⁶, das sich der »Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald« widmet, wobei Fragen der Umweltveränderungen, der wirtschaftlichen Wandlungen und der technischen Lösungsmöglichkeiten im Mittelpunkt stehen¹⁷. Zunächst sind jedoch Prospektionen im Gelände durchzuführen, sind Grundlagen zu schaffen und wissenschaftlich abzusichern:

1. Registrierung und Dokumentation der bergbaulichen Geländedenkmäler, die in einem zweiten Verfahrensschritt als archäologisch-historisch einzigartige, aber gefährdete Quellengruppe unter Denkmalschutz zu stellen sind (Prospektion und Sicherung).
2. Erarbeitung von Kriterien für eine zeitliche Einordnung der montanarchäologischen Funde und Befunde (Aufarbeitung der Prospektionsergebnisse und Durchführung von Testgrabungen).
3. Erforschung des Beginns, möglicher Traditionen und der Auswirkungen dieser Rohstoffgewinnung auf Mensch und Umwelt (Aufarbeitung der Ergebnisse aus Grabungen und mineralogisch-lagerstättenkundlichen Analysen).

Mit diesen Zielsetzungen will das Projekt die römische – wenn möglich, auch eine vorrömische – Phase der Buntmetallgewinnung (Bergbau, Aufbereitung, Verhüttung), dann den vermutlichen Neubeginn im Frühmittelalter und schließlich die erste Blütezeit während des 13. Jahrhunderts vergleichend erforschen, zumindest aber erste Grundlagen für gezielte Folgeuntersuchungen schaffen. Dies ist nur im interdisziplinären Ansatz möglich, wenn Archäologen¹⁸, Historiker¹⁹ und Naturwissenschaftler²⁰ fachübergreifend zusammenarbeiten. Über Diskussionen wurde und wird der Kreis und das Spektrum der beteiligten Wissenschaften erweitert einerseits zur Sprachwissenschaft bzw. zur Historischen Landesforschung, andererseits zur Geographie und zur Botanik.

15 Hingegen sind die Erzgänge recht genau lokalisiert (vgl. die Literatur Anm. 4); die Angaben zu den Bergbauspuren allerdings sind ungenau und beinhalten als Datierung meist nur den Hinweis »alt« oder »mittelalterlich«.

16 Das Prospektionsprojekt wurde durchgeführt im Rahmen des Forschungsverbundes »Archäologie und Geschichte des ersten Jahrtausends in Südwestdeutschland« an der Universität Freiburg.

17 Zum Forschungsprogramm 1987–1990 vgl. H. STEUER, Zur Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald. Literaturübersicht und Begründung eines Forschungsprogramms. In: H. U. NUBER, K. SCHMID, H. STEUER, TH. ZOTZ (Hrsg.), Archäologie und Geschichte des ersten Jahrtausends in Südwestdeutschland. Archäologie und Geschichte. Freiburger Forschungen zum ersten Jahrtausend in Südwestdeutschland 1 (Sigmaringen 1990) 387–415; DERS., Das Forschungsvorhaben »Zur Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald«. Freiburger Universitätsblätter 109, 1990, 23–32; DERS., Erzbergbau im Schwarzwald zur Salierzeit. In: H. W. BÖHME (Hrsg.), Siedlungen und Landesausbau zur Salierzeit. Teil 2: In den südlichen Landschaften des Reiches (Sigmaringen 1991) 67–96.

18 Institut für Ur- und Frühgeschichte (Prof. Dr. H. STEUER, Dr. U. ZIMMERMANN), Abt. für Provinzialrömische Archäologie (Prof. Dr. H. U. NUBER), Universität Freiburg; Landesdenkmalamt, Freiburg (Dr. G. FINGERLIN, Dr. P. SCHMIDT-THOMÉ, Dr. R. DEHN).

19 Abt. Landesgeschichte der Universität Freiburg (Prof. Dr. Th. ZOTZ, Dr. A. ZETTLER, Prof. Dr. K. SCHMID).

20 Institut für Edelmetalle und Metallchemie, Schwäbisch Gmünd (Prof. Dr. C. RAUB); Mineralogisch-Petrographisches Inst. der Universität Freiburg (Prof. Dr. J. OTTO, Dipl.-Min. G. GOLDENBERG), Geologisches Landesamt Freiburg (Dr. H. MAUS).



Abb. 1 Der südliche Schwarzwald mit wichtigen Blei-/Silber-Bergbaurevieren.

3. Ergebnisse

3.1 Prospektionen im Gelände

Anlaß und ausschlaggebend für die Eingrenzung von Begehungsarealen im Gelände sind zunächst historisch überlieferte Daten zu einem meist hochmittelalterlichen bzw. frühneuzeitlichen Bergbaugeschehen an einer namentlich genannten Lokalität oder in einer Region sowie die Kenntnis von entsprechend gelegenen Erzgängen²¹. Auf dieser Grundlage haben Begehungen, Befragungen, Bachbettprospektionen und der Einsatz von geophysikalischen Survey-Methoden in den Revieren ein dichtes Netz von montanarchäologischen Oberflächenbefunden erbracht (Abb. 1). Sie wurden kartiert, dokumentiert und im Hinblick auf die Projektfragestellungen quellenkritisch überprüft, um damit eine Reihe von Fundplätzen herauszufiltern, die in einem zweiten Verfahrensschritt durch gezielte Testgrabungen archäologisch zu untersuchen sind.

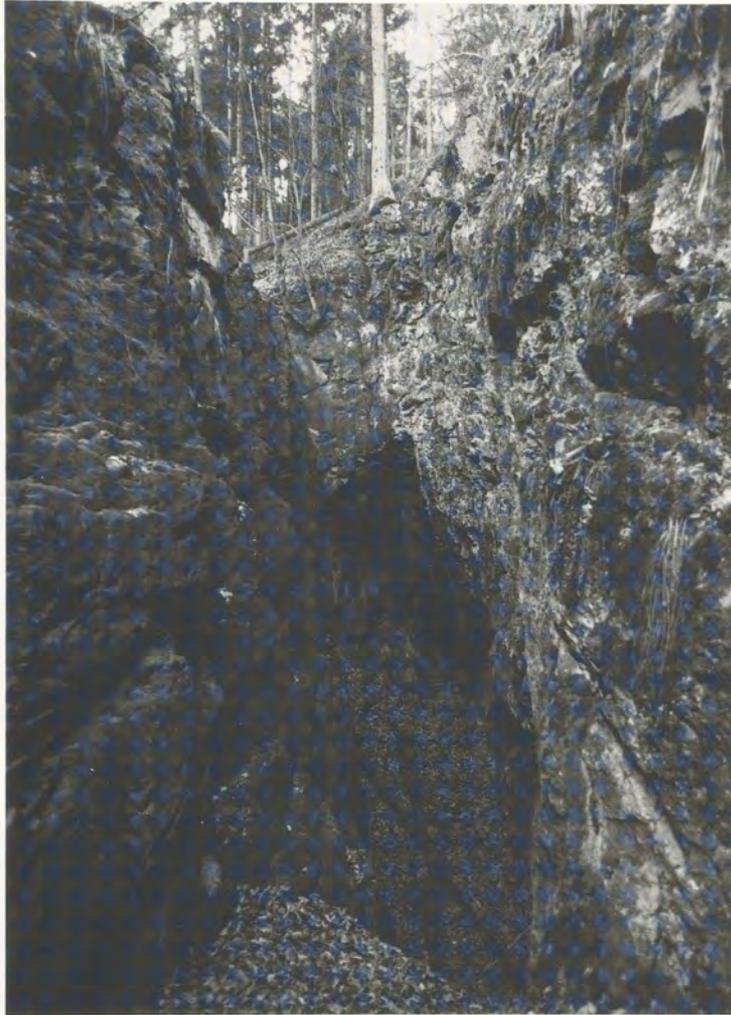
Das Spektrum der Prospektionsbefunde umfaßt die gesamte metallurgische Produktionskette vom Erz (Abbau, Förderung), über die mechanische und thermische Aufbereitung (Klauben, Pochen, Waschen, Sieben, Trocknung, Röstung) bis hin zur Gewinnung des Rohmetalls (Verhüttung, Raffinierung). Hinzu kommen Befunde, die infrastrukturelle Einrichtungen (Zufahrtswege, Bergschmieden, Köhlerplätze) und ehemalige Wohnplätze anzeigen. Abbauspuren – offene Schächte, Pingens (Tagebaue oder verstürzte Schachtanlagen), Stollen, Abraumhalden oder Verhaue (schluchtartige, offene Tagebaue) – können Auskunft geben über Methoden und Ausdehnung des Abbaus, über Fördertechniken und über Organisationsformen der Erzgewinnungsarbeiten (Abb. 2 und 3). Künstliche Terrassierungen entlang der Abbaue deuten ehemalige Werk- und Aufenthaltsplätze an (Abb. 4); Schlackenhalde weisen auf metallurgische Hochtemperaturprozesse (Röstung, Verhüttung, Schmieden) und größere Ensembles lassen frühindustrielle Bergbauzentren erkennen (Abb. 5).

Die Begehungen haben gezeigt, daß datierende Keramik in den Abbauen selbst nur in Ausnahmefällen und auf den Abraumhalden höchst selten zu finden ist. Auf den Verebnungsflächen in direkter Nachbarschaft zu den Abbauspuren dagegen ist mehr Fundmaterial zu erwarten; dies vor allem dann, wenn den Terrassen Schlackenhalde hangabwärts vorgelagert sind oder wenn sie siedlungsanzeigende Geländestrukturen aufweisen. Die Abbaue sind daher meist nur über die Oberflächenkeramik der benachbarten Werk- und/oder Siedlungsplätze zu datieren. Die Keramik der Prospektion (1987–1990) datiert zum großen Teil in das 13./14. Jahrhundert und entspricht damit der historisch belegten hochmittelalterlichen Blütezeit des Blei-Silberbergbaus im Südschwarzwald. Diese Oberflächenfunde geben jedoch nur Aufschluß über die jeweils jüngste Phase bergmännischer Arbeiten und lassen noch keine Rückschlüsse zu auf stratigraphisch tieferliegende, ältere Abbauperioden. Ohne archäologische Testgrabungen sind viele der Geländespuren, insbesondere die Tagebaurelikte (Verhaue), die wohl am ehesten den älteren Bergbauphasen zugerechnet werden können und die sich meist durch eine ausgesprochene Armut an Oberflächenbefunden auszeichnen, zeitlich nicht näher einzugrenzen.

Von den naturwissenschaftlichen Survey-Methoden hat sich zunächst die Bachbettprospektion mit Sedimentuntersuchungen auf Schlackenpartikel bewährt zur näheren Lokalisierung von Verhüttungsplätzen; so konnte beispielsweise der Schmelzplatz des frühindu-

21 Zu den Erzgängen vgl. Anm. 4; ausführliche Darstellung der Methoden und der Prospektionsergebnisse vgl. G. GOLDENBERG, Die montanarchäologische Prospektion – Methoden und Ergebnisse. Freiburger Universitätsblätter 109, 1990, 85–113.

Abb. 2 Kropbach,
Gem. Münstertal:
Tagebau (sog. Verhau)
auf einem Blei-Silber-
erzgang.



striellen Bergbaureviere aus dem 13./14. Jahrhundert von St. Ulrich im Möhlintal (Abb. 9) etwa 1 km westlich der Abbaue auf einer Terrasse direkt neben dem Bach geortet werden. Weiterhin sind Magnetfeldmessungen auf montanarchäologischen Fundplätzen sehr erfolgversprechend und unabdingbar. Aufgrund der meist bipolar ausgeprägten Anomaliestrukturen des natürlichen Magnetfeldes werden horizontale Lage und Ausdehnung von Humus- bzw. Eisenanreicherungen (z. B. verfüllte Gruben) oder von Resten, die mit Hochtemperaturprozessen in Zusammenhang stehen (z. B. Einbrennzonen, Öfen), erkennbar (Abb. 6). Anhaltspunkte für die Tiefenlage der Befunde liefert die Methode allerdings nicht. Hier könnten Bodenradarmessungen weiterhelfen; die in diese Methode gesetzten Erwartungen haben sich allerdings – auch aufgrund eines ungünstigen Preis-Nutzen-Verhältnisses – nicht erfüllt. Zumindest auf mehrschichtigen Fundstellen mit diffus abgegrenzten, weil zerstörten Befunden, wie sie auf Bergbauplätzen üblich sind, können keine konkret auswertbaren Ergebnisse erwartet werden. Über seismische und geoelektrische Messungen (Reflektionsseismik, Erdwiderstandsmessungen) ist es – nach unserer Erfahrung – dagegen möglich, annähernde Aussagen über die Mächtigkeit von Haldenlagen und über den geologischen Aufbau des Untergrundes zu erhalten. Die



Abb. 3 Grunern, Gem. Münstertal: Pinge mit vorgelagerter Halde.



Abb. 4 Todtnauberg bei Todtnau: Trockenmauerwerk zur Stützung einer Terrasse in unmittelbarer Nähe eines Stollenmundloches; Befund mit Arbeitsflächen und Bergschmiede (13./14. Jh.).

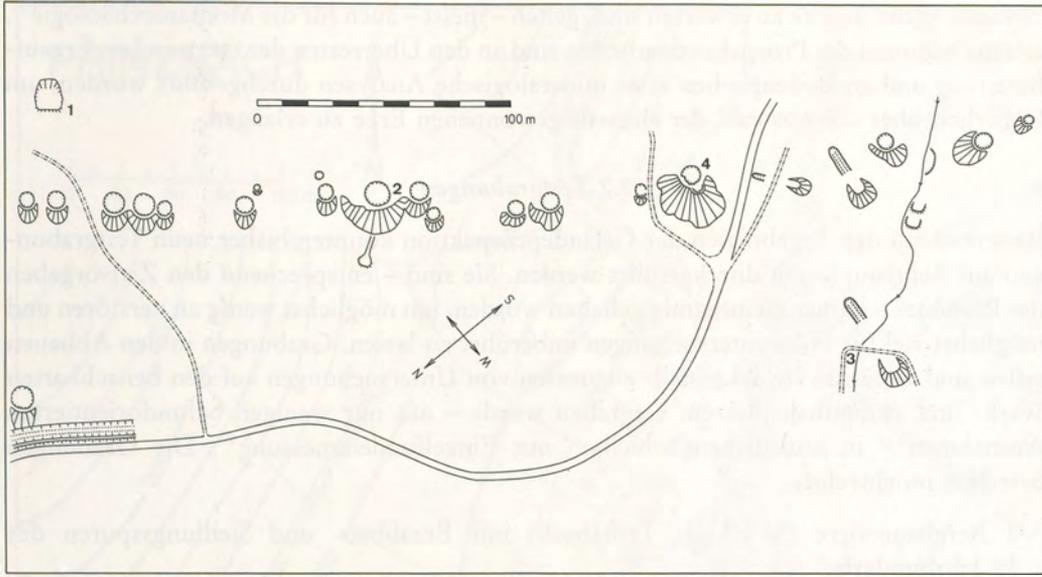


Abb. 5 Grunern, Gem. Münstertal: Pingenreihe mit 1) Köhlerplattform, 2) Keramikfunden (13./14. Jh.), 3) neuzzeitlicher Keramik und mit 4) gut erhaltener Schachtpinge.

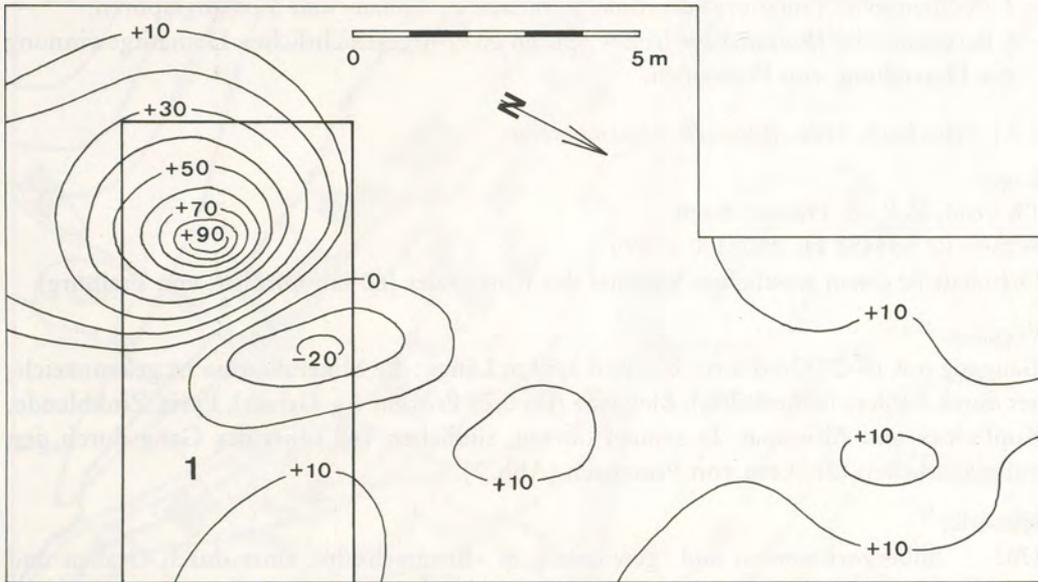


Abb. 6 Süßenbrunn, Gem. Münstertal: Magnetfeldmessungen auf einer Terrasse mit Kupferschlacken und mit mittelalterlicher Keramik; vgl. hierzu die Grabungsbefunde S. 217 sowie Abb. 12 und 13.

Genauigkeit dieser Messungen wird allerdings durch die Kleinräumigkeit und durch die Inhomogenität der Strukturen (z. B. unterschiedlich fraktionierte Haldenlagen) erschwert. Als sehr gut geeignet, die exakte Lage von vermuteten Erzgängen zu bestimmen, haben sich geochemische Messungen der Schwermetall- und Gangmaterialgehalte in großflächig entnommenen Bodenproben erwiesen. Nach der Lokalisierung des Erzganges können so gezielt Oberflächenbegehungen durchgeführt werden. Kernbohrungen niederbringen zu lassen, war bisher nicht möglich. Sie hätten sicherlich die aussagekräftigsten Informationen über Aufbau und Mächtigkeit von Halden sowie über die Tiefenlage von montanarchäologischen Befunden geliefert; denn die stratigraphischen Gesetze, wonach die ältesten

Befunde »ganz unten« zu erwarten sind, gelten – meist – auch für die Montanarchäologie²². Bereits während der Prospektionsarbeiten sind an den Überresten der thermischen Erzaufbereitung und an Bodenproben erste mineralogische Analysen durchgeführt worden, um Sicherheit über die Auswahl der ehemals gewonnenen Erze zu erlangen.

3.2 Testgrabungen

Basierend auf den Ergebnissen der Geländeprospektion konnten bisher neun Testgrabungen auf Bergbauplätzen durchgeführt werden. Sie sind – entsprechend den Zielvorgaben des Projektes – immer kleinräumig gehalten worden, um möglichst wenig zu zerstören und möglichst viel für Folgeuntersuchungen unberührt zu lassen. Grabungen in den Abbauen selbst sind zunächst zurückgestellt zugunsten von Untersuchungen auf den benachbarten Werk- und Aufenthaltsplätzen. Gegraben wurde – mit nur wenigen befundorientierten Ausnahmen – in künstlichen Schichten mit Einzelfundeinmessung²³. Die Grabungen betreffen im einzelnen:

- 2 Bergbaureviere (St. Ulrich, Prinzbach) mit Erzabbau- und Siedlungsspuren des 13. Jahrhunderts,
- 2 Bergbaureviere (Sulzburg, Süßenbrunn) mit Spuren eines Erzabbaus und einer Erzaufbereitung des 11. Jahrhunderts,
- 1 Bergbaurevier (Sulzburg) mit römerzeitlichen Erzabbau- und Siedlungsspuren,
- 1 Bergbaurevier (Rammelsbach) mit Spuren einer urgeschichtlichen Hämatitgewinnung zur Herstellung von Pigmenten.

3.2.1 Prinzbach, Gde. Biberach, Ortenaukreis

Lage:

TK 7614, Zell am Harmersbach

342645 R/ 535452 H; 250–300 mNN

Ortschaft in einem westlichen Seitental des Kinzigtals (60 km nördlich von Freiburg)

Erzgang:²⁴

Gangzug mit 10–20 Grad Streichen und 3,5 km Länge; die Mineralisation ist gekennzeichnet durch Fahlerz (silberhältig), Bleiglanz (bis 0,79 Prozent Ag-Gehalt), Pyrit, Zinkblende, Kupferkies und Eisenspat. In seinem oberen, südlichen Teil führt der Gang durch den mittelalterlichen Ortskern von Prinzbach (Abb. 7).

Historie:²⁵

1262 Silbervorkommen und -gewinnung in »Brunssebach«, einer durch Graben und Steinmauer befestigten Stadt.

22 Wenn ein Erzgang zunächst durch Tagebau und später durch Tiefbau ausgebeutet wird, können in den verfüllten Abbauen durchaus auch inverse Stratigraphien und damit relativchronologische »Verdrehungen« auftreten.

23 Zur Grabungstechnik vgl. U. ZIMMERMANN, Die Ausgrabungen in alten Bergbaureviere des südlichen Schwarzwaldes. Freiburger Universitätsblätter 109, 1990, 115–146, bes. 115 ff.

24 . Zu den Erzgängen im Revier Prinzbach vgl. H. MAUS, Die Erzlagerstätten des Südschwarzwaldes. Freiburger Universitätsblätter 109, 1990, 33–42, bes. 40 ff.; M. BLIEDTNER, M. MARTIN (wie Anm. 4) 184–189; R. METZ, M. RICHTER, H. SCHÜRENBERG (wie Anm. 4) 190 f.; M. HENGLEIN (wie Anm. 4) 83 f.

25 Vgl. H. AMMANN, R. METZ (wie Anm. 2); B. U. HUCKER, Die untergegangene Bergstadt Blankenrode im Diemel-Eder-Kupfererzrevier. In: W. KROKER, E. WESTERMANN (Hrsg.), Montanwirtschaft Mitteleuropas vom 12. bis 17. Jahrhundert. Stand, Wege und Aufgaben der Forschung. Der Anschnitt. Beiheft 2 (Bochum 1984) 103–110 (hier auch Prinzbach erwähnt).

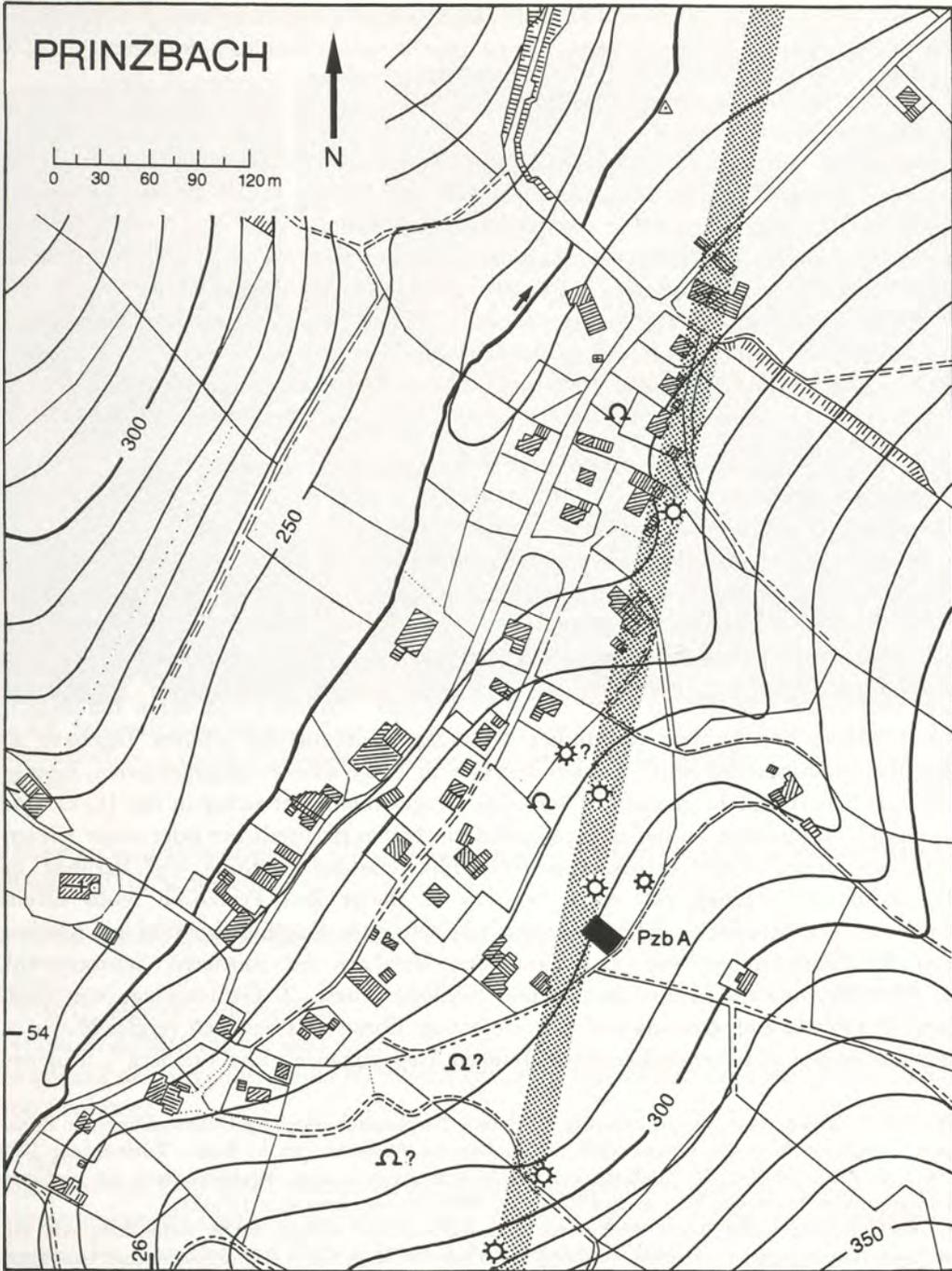


Abb. 7 Prinzbach, Gem. Biberach: Übersicht mit heutiger Bebauung, Lage der noch bekannten Pinggen und Stollenmundlöcher sowie mit dem vermutlichen Verlauf des Erzganges durch den mittelalterlichen Ortskern; Wege und Flurgrenzen markieren den halbkreisförmigen Verlauf der ehemaligen Stadtmauer; PzbA kennzeichnet die Lage der Grabung im Jahr 1989 am höchsten Punkt des mittelalterlichen Stadtkerns.

15. Jh. Prinzbach ist weitgehend verlassen; keine weitere Erwähnung eines Silberbergbaus.
 19. Jh. Mehrere, kurzfristige Versuche, die alten Bergbaue neu aufzuwältigen.

Ergebnisse der Untersuchungen von 1989

Prospektion und Grabung Pzb A²⁶:

- Aufnahme von über 70 Oberflächenfundstellen (meist Keramik des 13. Jahrhunderts); Lokalisierung der mittelalterlichen Abbaue und Halden innerhalb des Ortskernes (5–6 ha); ausgeprägte Schlackenkonzentrationen fehlen.
- Freilegung eines Teilstückes der Stadtmauer, die auf festem Fels steht und im Untergrund noch 4 m hoch erhalten ist; Fundamenttiefe der Stadtmauer 2,5 m.
- Siedlungsreste (0,5 m unter heutiger Oberfläche) und Spuren thermischer Erzaufbereitung oberhalb von 2 m mächtigen Bergbauhalden.
- Schachtanlage ab 1,8 m Tiefe; verfüllt und überdeckt von Bergbauhalden (Abb. 8).

Datierung:

archäologisch: Ende 12. und 13. Jahrhundert (Keramik, Metallfunde)

naturwissenschaftlich:²⁷

Hv 16920 Holzkohle aus Haldenlage in der Verfüllung des Schachtes

965 +/- 80 BP (konv.), 990–1160 AD (cal.)

Hv 16922 Holzkohle aus der Brandschicht mit 1,4 Prozent Pb-Gehalt oberhalb der Bergbauhalde

1010 +/- 60 BP (konv.), 980–1150 AD (cal.)

Der stratigraphische Befund zeigt, daß die Ortschaft Prinzbach und deren Befestigung durch Mauer und Graben (vermutlich sekundäre Nutzung der offenen Tagebaue als Annäherungshindernis) im 13. Jahrhundert erst als Folge eines vorangegangenen, intensiven Blei-Silberbergbaus entstanden sind. Die Erzgewinnung ist sicher in das 11./12. und in das 13. Jahrhundert zu datieren, während ein frühmittelalterlicher oder sogar römischer Beginn nicht auszuschließen ist. Hinweise auf Siedlung und Bergbau im 14. Jahrhundert ergeben sich nicht, so daß zu dieser Zeit Prinzbach wohl bereits wüst war. Die Befundlage bietet insgesamt eine sehr gute Ausgangssituation zur Klärung von Problembereichen wie 1. Beginn des Bergbaus im mittleren Schwarzwald, 2. rohstoffgebundene Siedlungsweise und Siedlungsgenese, 3. Gemengelage von Siedlung, Erzabbau, -aufbereitung und Erzverhüttung. Damit ist Prinzbach vergleichbar u. a. mit den beiden sächsischen Bergbausiedlungen Treppenhauer²⁸ und Freiberg²⁹, in denen

26 Vgl. U. ZIMMERMANN, G. GOLDENBERG, A. BRUNN, Bergbauarchäologische Untersuchungen in Prinzbach, Gemeinde Biberach, Ortenaukreis. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1989 (Stuttgart 1990) 235–241; U. ZIMMERMANN, Die Ausgrabungen in alten Bergbaurevieren des südlichen Schwarzwaldes. Freiburger Universitätsblätter 109, 1990, 115–146, besonders 117–125.

27 Die hier und weiter unten angeführten Radiokarbonaten wurden durch Vermittlung von Dr. H. MAUS (Geologisches Landesamt, Freiburg) von Prof. Dr. M. A. GEYH (Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover) durchgeführt; beiden gilt unser aufrichtiger Dank. Die Kalibration der konventionellen Daten erfolgte durch M. A. GEYH und nach M. STUIVER, G. W. PEARSON, High precision calibration of the radiocarbon time scale AD 1950–500 BC. Radiocarbon 28, No.2B, 1986, 805–838.

28 Vgl. zusammenfassend W. SCHWABENICKY, Die mittelalterliche Bergbausiedlung auf dem Treppenhauer bei Sachsenburg, Kr. Hainichen. Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege 32, 1988, 237–266 und Beilage 3; DERS., (in diesem Band) 321 ff.

29 A. GÜHNE, Archäologische Quellen zum spätmittelalterlichen Bergbau in Freiberg (Sachsen). Urgeschichte und Heimatforschung 1989, 38–43; W. DALLMANN u. DERS., (in diesem Band) 343 ff.; H. H. KASPER, E. WÄCHTLER (Hrsg.), Geschichte der Bergstadt Freiberg (Weimar 1986); O. WAGENBRETH, E. WÄCHTLER, Der Freiburger Bergbau. Technische Denkmäler und Geschichte (Leipzig 1986).

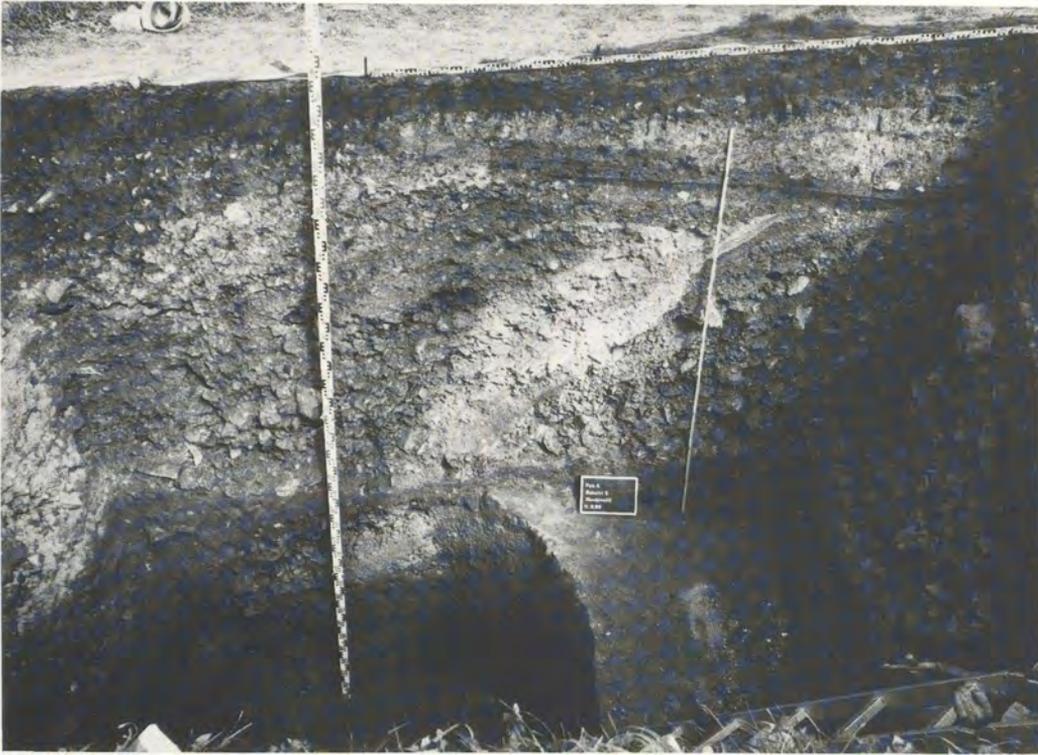


Abb. 8 Prinzbach, Gem. Biberach: Blick in einen verfüllten mittelalterlichen Schacht (links) und Verlauf der Haldenschichten mit einer horizontalen Arbeitsfläche (rechts oben), auf der geförderte Erze aufbereitet wurden.

derzeit montanarchäologische Untersuchungen durchgeführt werden, sowie mit Bytom (Beuthen)³⁰ in Südpolen.

3.2.2 St. Ulrich, Gde. Bollschweil, Lkr. Breisgau-Hochschwarzwald

Lage:

TK 8012, Freiburg im Breisgau

341266 R/ 530815 H; 510–600 mNN

Nordhang des Birkenberges im Möhlintal, das in die Rheinebene mündet; 15 km südlich von Freiburg.

Erzgang:³¹

Schwarm von 8–10 steil einfallenden und parallel streichenden Gängen (320–330 Grad); Mineralisation als Quarz-Kies-Fahlerzgänge mit Pyrit, Markasit, Arsenkies, Zinkblende, Kupferkies, Bleiglanz und Fahlerz (bis 1,5 Prozent Ag-Gehalt).

30 D. MOLEND, Der Erzbergbau Polens im Mittelalter. Der Anschnitt 32, 1980, 235–245; DIES., (in diesem Band) 373ff.; F. PFÜTZENREITER, Alt-Beuthen im Lichte der Spatenforschung. Altschlesische Blätter 12, 1937, 181–185; J. SZYDŁOWSKI, Bytom-Pradzieje i Początki Miasta. Rocznik Muzeum Gornoslaskiego w Bytomiu Archeologia. Zeszyt Nr. 4 (Bytom 1966); DERS., (in diesem Band) 361ff.

31 Angaben zu Lage und Mineralisation der Erzgänge im Möhlintal bei St. Ulrich vgl. H. MAUS (wie Anm. 24) 37f.; G. FISCHER, Die Gesteine und Erzgänge der Umgebung von St. Ulrich im südwestlichen Schwarzwald. Masch. Diss. Freiburg 1943; R. METZ, M. RICHTER, H. SCHÜRENBERG (wie Anm. 4) 108f., 240.

Historie:³²

- 868 Verlegung einer Zelle des Cluniazenserordens in das Möhlintal
 1139 Kloster St.Peter und Paul im Möhlintal
 1329 erste Erwähnung eines Silberbergbaus am Birkenberg
 1347 Erwähnung einer Feste »Birchiberg« mit dortigem Berggericht
 1378 Zerstörung der »feste ze Birchiberg«

Ergebnisse der Untersuchungen 1987 und 1990

Prospektion und Testgrabungen StU A und C:³³

- Kartierung des Birkenberg-Nordhanges mit zahlreichen Spuren eines ehemaligen Bergbaugeschehens (Pingen, Stollen, Schächte, Verhaue, Halden), mit Arbeits- und Siedlungsterrassen sowie mit festen Steinhäusern in dichter Gemengelage (Abb.9); Lokalisierung zahlreicher Schlackenkonzentrationen; Oberflächenfunde des 13./14. Jahrhunderts
- Lokalisierung eines Blei-Verhüttungsplatzes (13./14. Jahrhundert) etwa 1 km westlich der Abbaue.
- Freilegung von mehreren Bergschmiedebefunden (Abb.10) auf, in und unter mächtigen Bergbauhalden, aus denen die Terrassen bestehen.
- Freilegung von Befunden zur mechanischen, nassen und thermischen Erzaufbereitung; eingetieft in Bergbauhalden.
- Freilegung von Siedlungsstrukturen (Abb.11) in und unter Haldenlagen.

Datierung:

archäologisch: hauptsächlich 13./14. Jahrhundert; dazu einige wenige Funde des 15./16. Jahrhunderts; einige relativchronologisch ältere Befunde (Bergschmieden) sind auf archäologischem Wege nicht datierbar.

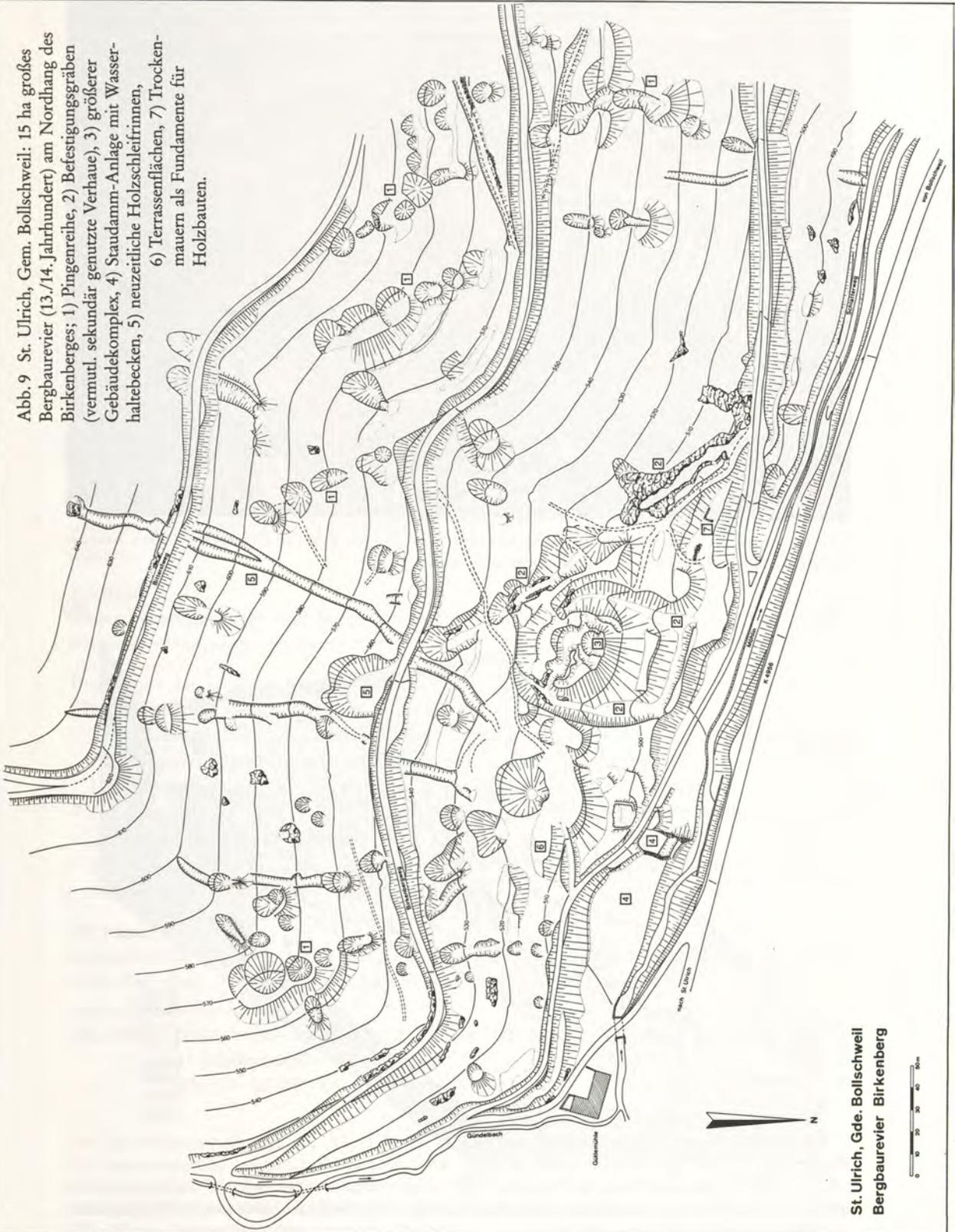
naturwissenschaftlich:

- Hv 16355 Holzkohle aus Bergbauhalde
 830 +/- 55 BP (konv.), 1160–1260 AD (cal.)
 Hv 16357 Holzkohle aus Bergbauhalde
 860 +/- 60 BP (konv.), 1040–1255 AD (cal.)
 Hv 16356 Holzkohle aus Schmiedesse (ohne Beifunde) in und unter Bergbauhalde
 845 +/- 85 BP (konv.), 1040–1275 AD (cal.)
 Hv 16353 Holzkohle aus Schmiedebefund mit Keramik des 13./14. Jahrhunderts
 1015 +/- 45 BP (konv.), 985–1145 AD (cal.)
 Hv 16354 Holzkohle aus Schmiedebefund mit Keramik des 13./14. Jahrhunderts
 600 +/- 55 BP (konv.), 1295–1410 AD (cal.)

32 Vgl. A. SCHLAGETER (wie Anm. 2) 129ff.; R. METZ, M. RICHTER, H. SCHÜRENBERG (wie Anm. 4) 240; J. E. NOTHELFFER, Das ehemalige Priorat St. Ulrich im Breisgau. Freiburger Diözesan-Archiv 14, 1981, 97ff.; S. KALTWASSER, Zum Stand der archäologischen Kenntnisse über den frühen Bergbau auf Silber im badischen Schwarzwald. Magister-Arbeit am Institut für Ur- und Frühgeschichte, Universität Freiburg 1988, 132–142.

33 H. STEUER, G. GOLDENBERG, U. ZIMMERMANN, Untersuchungen zur Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1987 (Stuttgart 1988) 328–336; U. ZIMMERMANN (wie Anm. 26) 125–130; A. BRUNN, H. WAGNER, U. ZIMMERMANN, Ein mittelalterliches Bergbaurevier am Birkenberg bei St. Ulrich, Gem. Bollschweil, Kr. Breisgau-Hochschwarzwald. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1990 (Stuttgart 1991) 258–262.

Abb. 9 St. Ulrich, Gem. Bollschweil: 15 ha großes Bergbaurevier (13./14. Jahrhundert) am Nordhang des Birkenberges; 1) Pingenreihe, 2) Befestigungsgräben (vermutl. sekundär genutzte Verhaue), 3) größerer Gebäudekomplex, 4) Staudamm-Anlage mit Wasserhaltebecken, 5) neuzeitliche Holzschleiffrinnen, 6) Terrassenflächen, 7) Trockenmauern als Fundamente für Holzbauten.



St. Ulrich, Gde. Bollschweil
Bergbaurevier Birkenberg

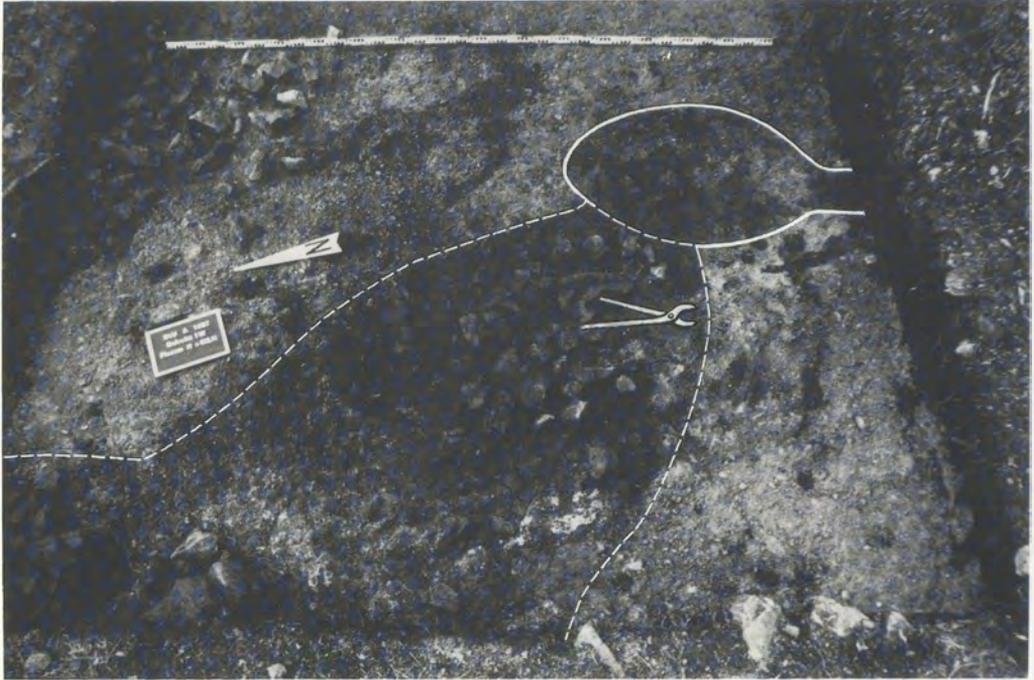


Abb. 10 St. Ulrich, Gem. Bollschweil: Schmiedebefund (13. Jh.) mit Esse (durchgezogene Linie), Arbeitsgrube (gestrichelte Linie) und mit Schmiedezange in situ.

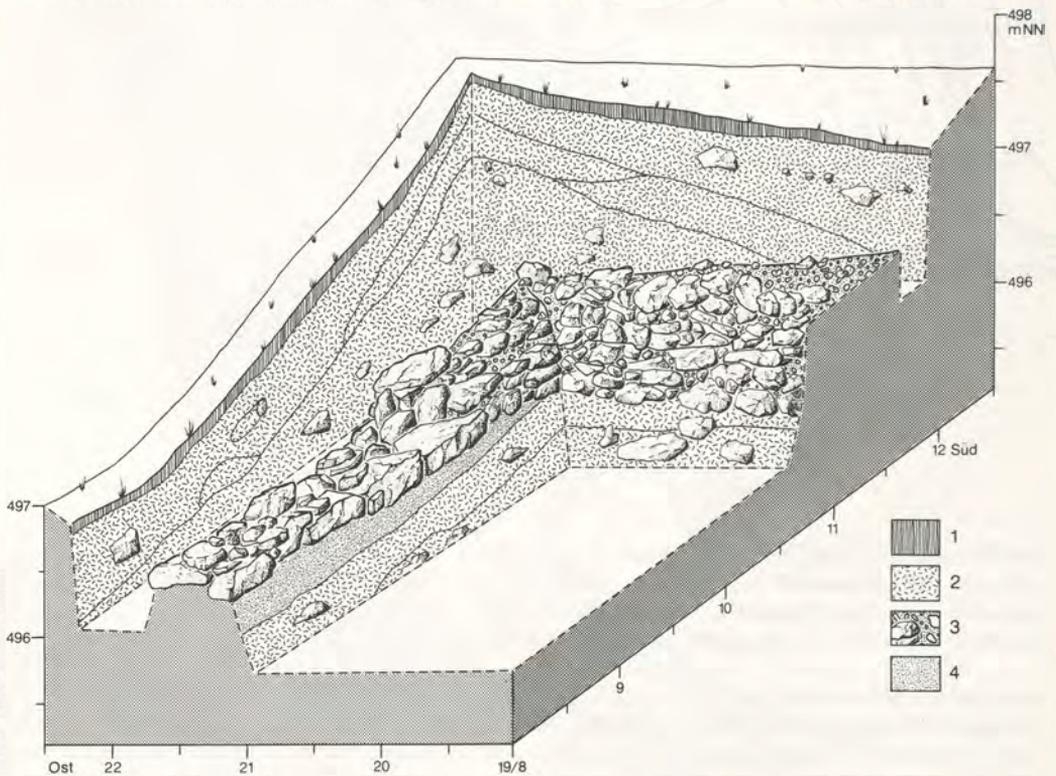


Abb. 11 St. Ulrich, Gem. Bollschweil: Hausbefund mit Verlauf der Schichten: 1) Humus, 2) Bergbauhalde, 3) Trockenmauerwerk, 4) Planierschicht.

Hv 16358 Holz aus der Verschalung eines Wassergerinnes am Grund einer Grube mit Keramik des 13./14. Jahrhunderts
1405 +/- 105 BP (konv.), 540–755 AD (cal.)

Das 15 ha große Gebiet am Nordhang des Birkenberges bietet mit seinen überaus zahlreichen und vielfältigen Spuren eines ehemaligen Bergbaugeschehens eine sehr gute Ausgangslage für Folgeuntersuchungen zur Technologie, zu Betriebsformen, Siedlungsweise, Sozialstruktur und zu ökologischen Folgen der Erzgewinnung im 13./14. Jahrhundert. Es handelt sich um ein zentral verwaltetes, frühindustrielles Bergbaurevier, dessen Anfänge sicherlich vor dem 13./14. Jahrhundert liegen und das als Befundkomplex im Südschwarzwald wohl einzigartig ist.

3.2.3 Süßenbrunn, Gde. Münstertal. Lkr. Breisgau-Hochschwarzwald

Lage:

TK 8112, Staufen

340822 R/ 530062 H; 650 mNN

Terrasse mit vorgelagerter Halde und benachbartem Quellaustritt am Ende eines kleinen Seitentales des Untermünstertales.

Erzgang:³⁴

1700 m langer und fast Nord-Süd streichender Gang mit Zinkblende, Fahlerz, Eisenspat und vor allem Kupferkies als Erzminerale; Malachit und Azurit als sekundäre Mineralbildungen.

Historie:

nichts bekannt; belegt sind Bergbauversuche im mittleren Gangbereich aus dem 18. Jahrhundert.

Ergebnisse der Untersuchungen von 1989

Prospektion und Testgrabung:³⁵

- Lokalisierung und Dokumentation eines Oberflächenfundplatzes mit Terrassierung und vorgelagerter Bergbauhalde (Abb. 12); Schlacken (Fließstrukturen und Malachit als Mineralneubildung), Kupferkies und Keramik des 11./12. Jahrhunderts.
- Freilegung eines ehemals überdachten Werkplatzes zur thermischen Aufbereitung und zur Verhüttung von Kupferkies (Abb. 13).
- Freilegung des Einganges zu einem jetzt mit Haldenmaterial verfüllten Erzabbau; stratigraphisch unter dem Werkplatz.

Datierung:

archäologisch: Werkplatz mit Keramik des 11./12. Jahrhunderts; Erzabbau und Halde nicht datierbar, aber relativchronologisch älter als 11./12. Jahrhundert.

naturwissenschaftlich:

Hv 16923 Holzpfosten als Ständer zur Überdachung des Werkplatzes mit Keramik des 11. Jahrhunderts

935 +/- 55 BP (konv.), 1005–1185 AD (cal.)

34 Vgl. H. MAUS (wie Anm. 24) 39f.; R. METZ, M. RICHTER, H. SCHÜRENBERG (wie Anm. 4) 172–178.

35 Entdeckung und freundliche Mitteilung durch Herrn N. KINDLER, Freiburg. Vgl. U. ZIMMERMANN, G. GOLDENBERG, Mittelalterlicher Kupferbergbau und Kupferverhüttung in Münstertal-Süßenbrunn, Kr. Breisgau-Hochschwarzwald. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1989 (Stuttgart 1990), 230–235; U. ZIMMERMANN (wie Anm. 26) 130–134.

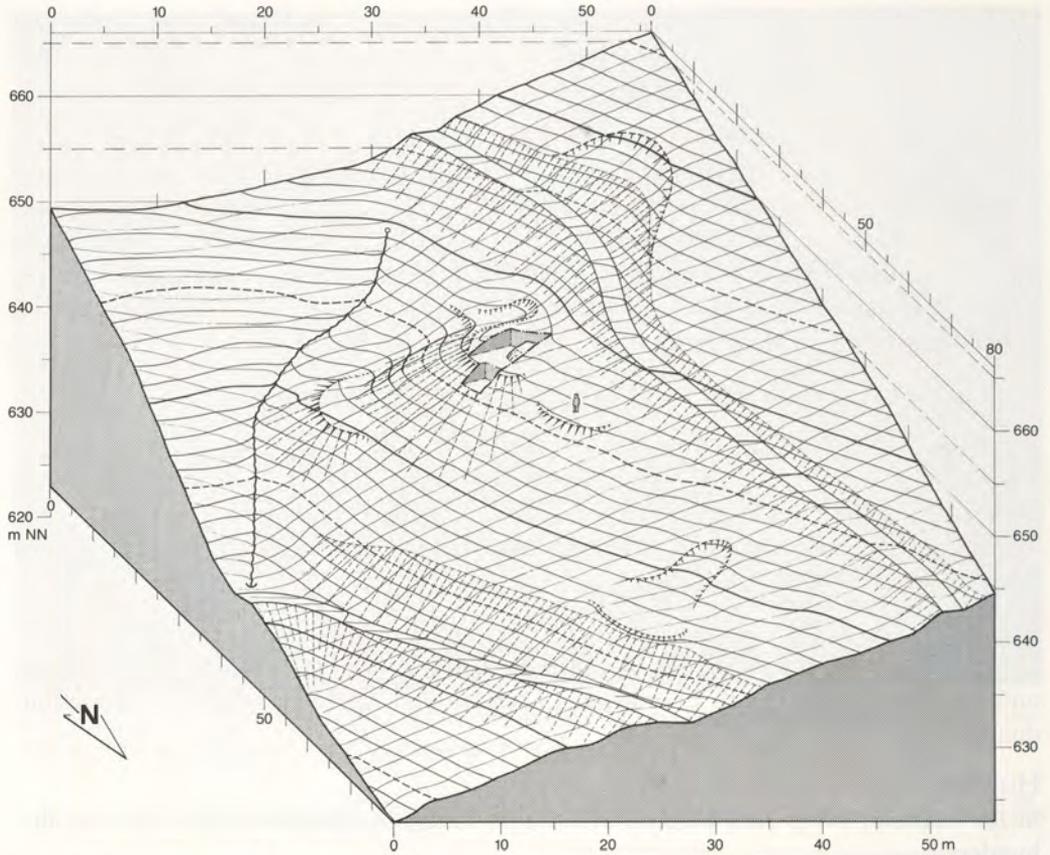


Abb. 12 Süßenbrunn, Gem. Münstertal: Topographie des Geländes mit Schuttkegeln, Halden und Terrassen als Spuren eines Kupferbergbaus im 11./12. Jh.

Hv 16925 Holzkohle aus Schlackenlage des Werkplatzes mit Keramik des 11./12. Jahrhunderts

910 \pm 65 BP (konv.), 1025–1210 AD (cal.)

Hv 16924 Holzkohle aus Bergbauhalde unter dem Werkplatz

1155 \pm 60 BP (konv.), 775–980 AD (cal.)

Erster und bisher einziger Nachweis zur mittelalterlichen Kupfergewinnung im Südschwarzwald; gleichzeitig einer der wenigen Belege für einen Bergbau im 11./12. Jahrhundert (vgl. die Befunde von Sulzburg). Der Platz bietet bei großflächigeren Untersuchungen Möglichkeiten, sowohl hoch- als auch frühmittelalterliche Kupfergewinnung zu untersuchen.

3.2.4 Sulzburg, Lkr. Breisgau-Hochschwarzwald

Lage:

TK 8112, Staufen

340440 R/ 530119 H; 350–520 mNN

Bergbaurevier direkt östlich der Gemeinde Sulzburg, in einem Seitental der Rheinebene gelegen.

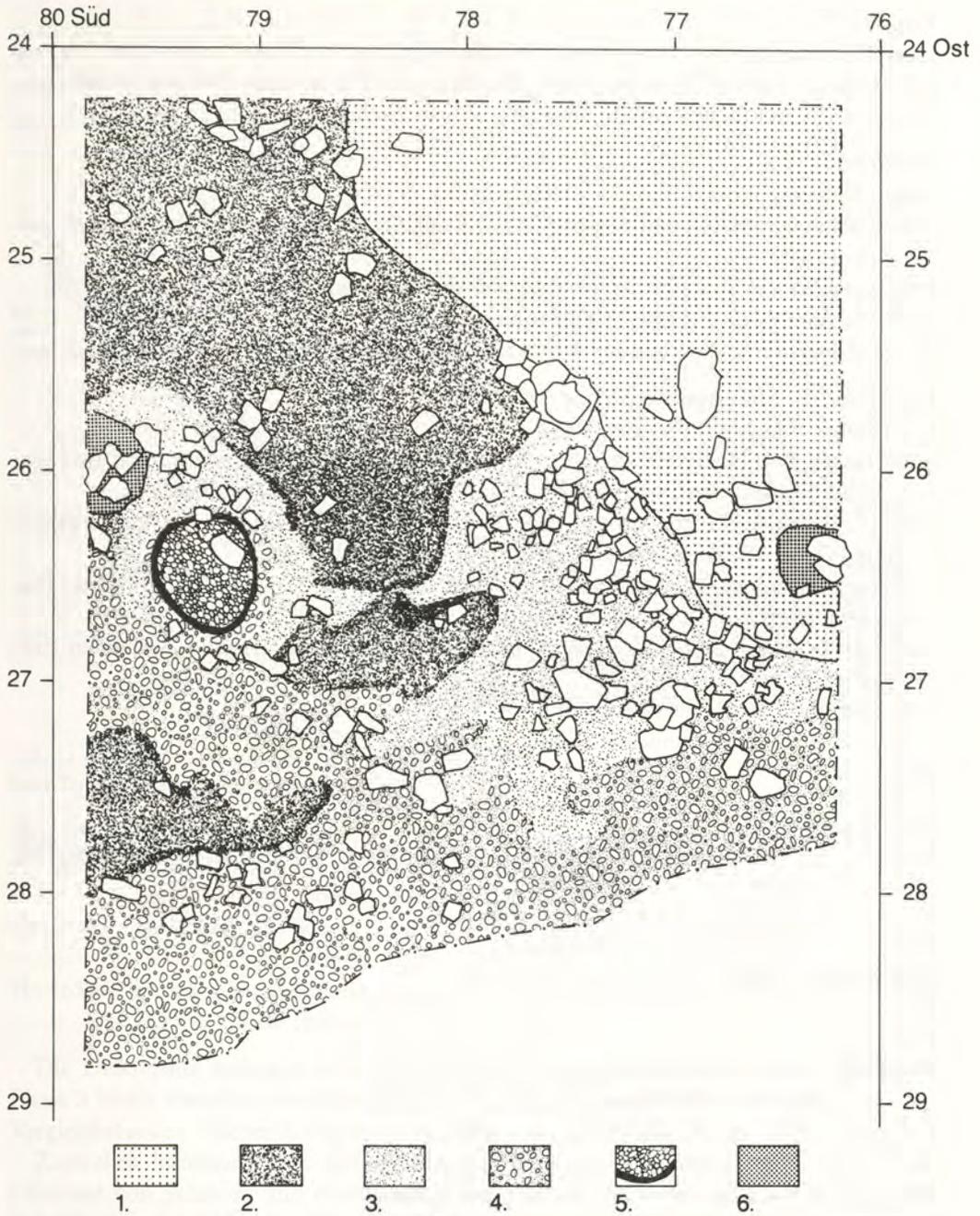


Abb. 13 Süßenbrunn, Gem. Müstertal; Befund einer Kupfererzverhüttung aus dem 11./12. Jh.: 1) fester Lehm, 2) Holzkohle-Schlacke-Lage, 3) rostrot verfarbter Lehm, 4) Bergbauhalde, 5) Holzgefäß mit Kupfererzen, 6) Pfostenloch mit Verkeilsteinen; zu den Ergebnissen der Magnetfeldmessungen vgl. Abb. 6.

Erzgang:³⁶

Etwa 1 km langer, zwischen 10 und 15 Grad streichender und steil einfallender Erzgang mit Bleiglanz, Fahlerz, Pyrit und wenig Kupferkies als Erzminerale. Der Gang wird heute im Norden als »Riestergang« im Süden als »Himmelsehre« bezeichnet.

Historie:³⁷

- 821 Nennung einer Siedlung »sulzibergiheim«
- 993 Weihung der Klosterkirche St. Cyriak in Sulzburg; das Datum ist auch dendrochronologisch belegt
- 1028 Erwähnung von Silbergruben u. a. »in valle Sulzberc«
- 1401 Nennung von Bergwerksanteilen in Sulzburg
- 16.–18. Jahrhundert: Bergbau auf Blei, Silber, Kupfer und Antimon im Tal von Sulzburg.

Ergebnisse der Untersuchungen von 1988:

Prospektion und Testgrabungen Szb A–C³⁸

- Kartierung und Dokumentation der oberflächlich erkennbaren Bergbauspuren am Himmelsehre- und Riestergang mit zahlreichen Funden des 13./14. Jahrhunderts.
 - Lokalisierung und Untersuchung einer Terrasse am nördlichen Ende des Riesteranges (Abb. 14) mit Schlacken und mit Keramik des 11. Jahrhunderts.
- Testgrabungen zur Klärung der Entstehungsgeschichte der Terrasse (520 mNN) ergaben 3 Phasen (Abb. 15):
1. Anlage eines offenen Tagebaus (Verhau) zum Abbau des seiger einfallenden Erzanges,
 2. Verfüllung mit Haldenmaterial,
 3. Anlage von Bergschmieden auf der so entstandenen Terrasse.

Datierung:

archäologisch:

- Phase 1: römerzeitliche Keramik im Haldenmaterial, mit dem ein Tagebau verfüllt worden ist;
- Phase 2: römerzeitlich oder frühmittelalterlich
- Phase 3: mittelalterlich (11. Jahrhundert)

naturwissenschaftlich:

Phase 1: –

Phase 2:

- Hv 16360 Holz aus der Verfüllung des Verhaus
1250 +/- 95 BP (konv.), 660–890 AD (cal.)
- Hv 16361 Holz aus der Verfüllung des Verhaus
1260 +/- 175 BP (konv.), 605–980 AD (cal.)
- Hv 16362 Holzkohle aus der Verfüllung des Verhaus
880 +/- 115 BP (konv.), 1005–1260 AD (cal.)

36 H. MAUS (wie Anm. 24) 38f.; R. METZ, M. RICHTER, H. SCHÜRENBERG (wie Anm. 4) 67f. und 248ff.; M. HENGLEIN (wie Anm. 4) 79f.

37 Vgl. hierzu A. ZETTLER (wie Anm. 2); E. C. MARTINI, Sulzburg. Eine Stadt-, Bergwerks- und Waldgeschichte (Freiburg 1880).

38 G. GOLDENBERG, H. STEUER, U. ZIMMERMANN, Montanarchäologische Untersuchungen im südlichen Schwarzwald. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1988 (Stuttgart 1989), 194–202; U. ZIMMERMANN (wie Anm. 26) 134–141.

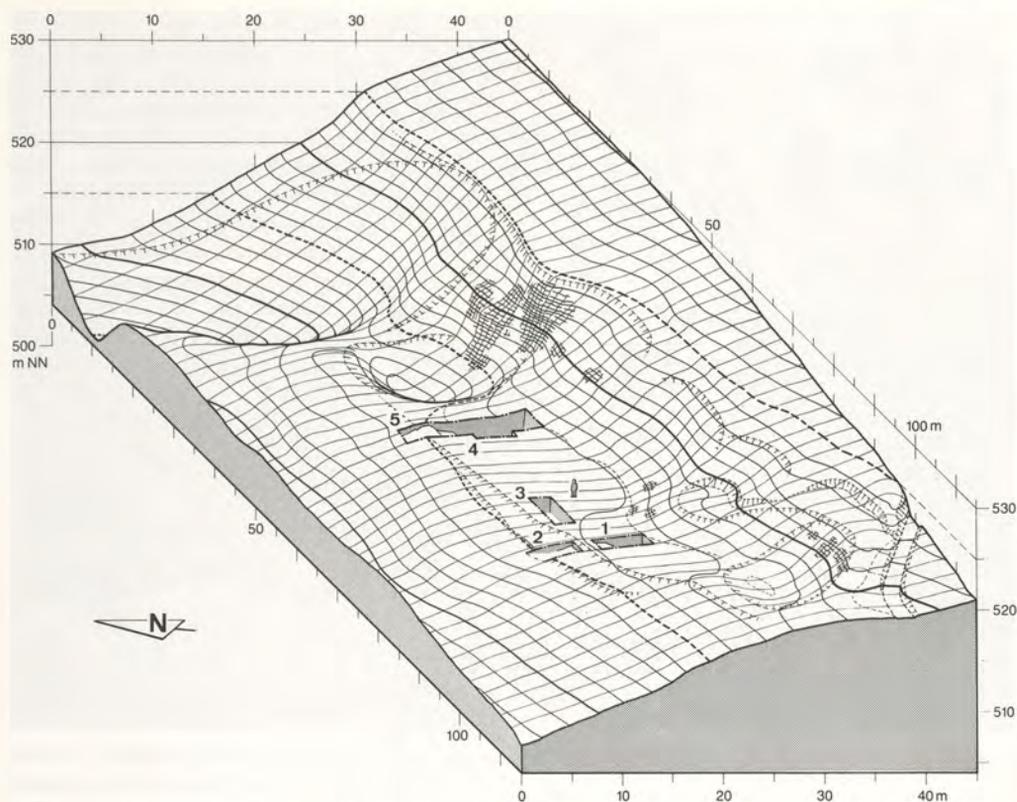


Abb. 14 Sulzburg, Gem. Sulzburg-Laufen: Hangrelief am oberen Riestergang mit Pingen, künstlich geschaffener Terrasse und Lage der 5 Testschnitte (Grabung Szb A, 1988).

Phase 3:

- Hv 16359 Holzkohle aus Schmiedebefund mit Keramik des 11. Jahrhunderts
760 \pm 55 BP (konv.), 1220–1285 AD (cal.)
- Hv 16363 Holzkohle aus Schmiedebefund mit Keramik des 11. Jahrhunderts
755 \pm 55 BP (konv.), 1220–1290 AD (cal.)
- Hv 16364 Holzkohle aus Schmiedebefund mit Keramik des 11. Jahrhunderts
735 \pm 55 BP (konv.), 1255–1295 AD (cal.)

Die Diskrepanz zwischen archäologischer und naturwissenschaftlicher Datierung der Phase 3 bleibt zunächst unerklärlich; die aufgefundenen Keramik dieser Phase datiert nach Vergleichsfunden³⁹ sicher in das 11. Jahrhundert.

Zusätzlich konnten durch die Testgrabung Szb C im Tal (350 mNN) am östlichen Ortsrand von Sulzburg und direkt neben dem Erzgang Teile eines römischen Gebäudes freigelegt werden (Abb. 16). Der Verputzmörtel dieses Hauses, das in das 2. Jahrhundert n. Chr. datiert, enthält Schlackenreste mit Gangmineralen aus dem Riestergang.

Nach bisher nur indirekten Hinweisen auf einen möglichen römerzeitlichen Bergbau im Sulzburgtal ist damit erstmalig ein direkter Nachweis römischer Erzgewinnung im Süd-

³⁹ Keramik aus z. T. münzdatierten Straten von Siedlungs- und Burgengrabungen in der Schweiz; vgl. u. a. D. RIPP MANN, Basel-Barfüsserkerche. Grabungen 1975–1977. Schweizer Beiträge zur Kulturgeschichte und Archäologie des Mittelalters 13 (Olten und Freiburg 1987); J. TAUBER, Die Ödenburg bei Wenslingen BL. Nachrichten des Schweizerischen Burgenvereins 53, 1980, 57–67; P. DEGEN, Die Burgstelle Riedflue, Eptingen BL. Nachrichten des Schweizerischen Burgenvereins 55, 1982, 53–60.

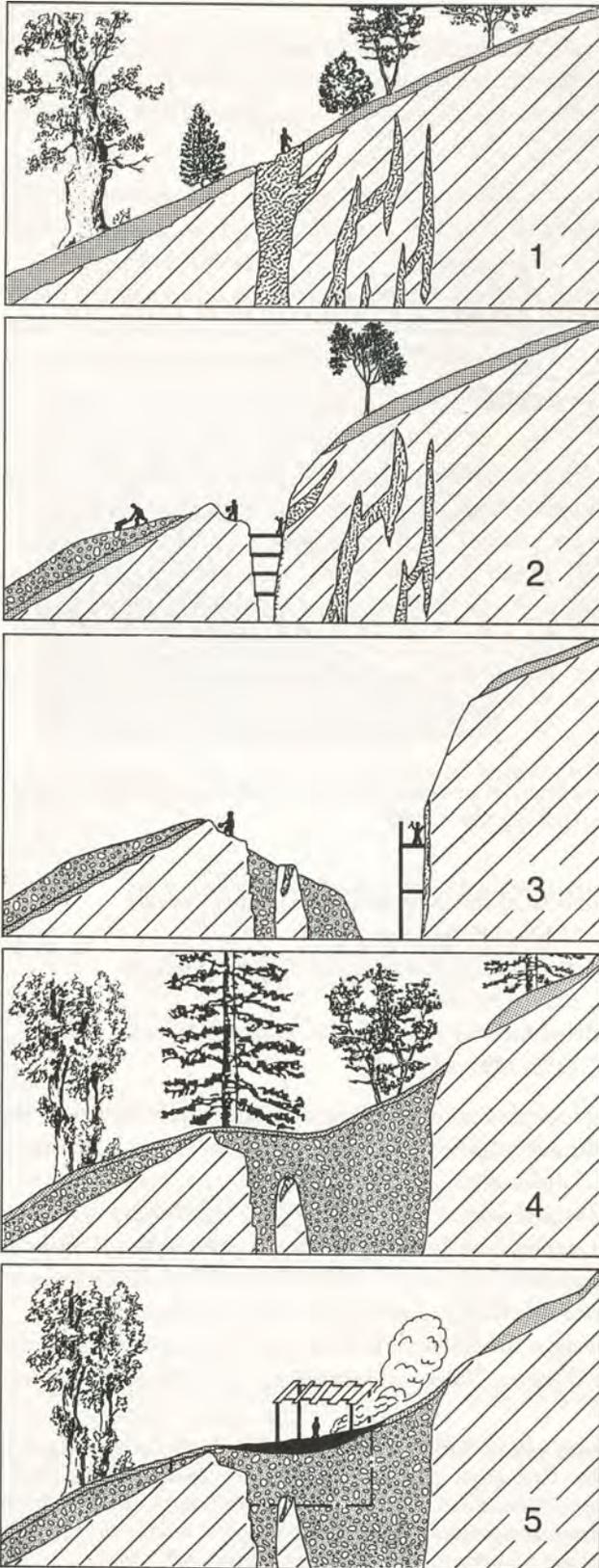


Abb. 15 Sulzburg,
Gem. Sulzburg-Laufen: Modell zur
Entstehungsgeschichte der Terrasse
am oberen Riestergang:

- 1) Römerzeitlich; Prospektion und Entdeckung des Erzvorkommens;
- 2) Römerzeitlich; Anlage eines schmalen Verhaus und Erzabbau;
- 3) Römerzeitlich oder frühmittelalterlich; Verbreiterung des Verhaus, Erzabbau und Verfüllung mit Versatz;
- 4) bis 11. Jh.; Wiederbewaldung und Verdichtung des Versatzes;
- 5) 11. Jh.; Anlage einer Bergschmiede.

- | | | |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| a |  | Humus |
| b |  | Gneis |
| c |  | Erzgang |
| d |  | Versatz |
| e |  | Grabungsgrenzen
1988 |

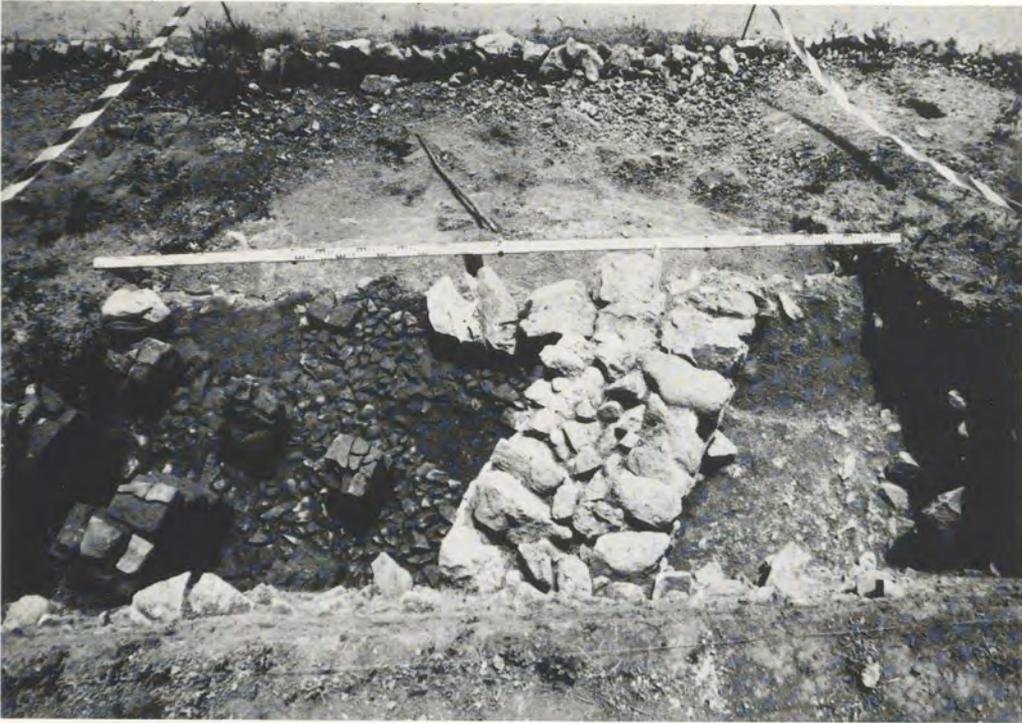


Abb. 16 Sulzburg, Gem. Sulzburg-Laufen: Teil eines römischen Gebäudes auf der Talsohle mit Außenmauer und den Resten einer Hypokaustanlage.

schwarzwald gelungen; das Gebäude aus dem 2. Jahrhundert n. Chr. steht sicherlich in funktionalem Zusammenhang mit den nicht weit entfernt gelegenen Abbauen. Weiterhin ist die Urkunde mit der Verleihung von Bergrechten (1028) u. a. im Sulzburgtal an den Bischof von Basel somit archäologisch belegt.

Das Bergbaurevier von Sulzburg bietet außerordentlich interessante Möglichkeiten zur Untersuchung der Anfänge des Erzbergbaugeschehens im Südschwarzwald, zumal nicht auszuschließen ist, daß sich unter den zahlreichen Befunden des Mittelalters (Oberflächenfunde) weitere römerzeitliche oder vorrömische Abbaue befinden. Aufgrund der Quantität und der Qualität der Geländedenkmäler scheinen hier auch Fragenkomplexe zur Organisation, zu den Betriebsformen, zur Siedlungsweise und zur Rekonstruktion der Umwelt lösbar.

3.2.5 Rammelsbach, Gde. Münstertal, Lkr. Breisgau-Hochschwarzwald

Lage:

TK 8112, Staufen

340816 R/ 529898 H; 760–780 mNN

Felsformation am hinteren Rammelsbachtal (Seitental des Untermünstertales).

Erzgang:⁴⁰

100 bis 140 Grad streichender Erzgang mit Verkieselungszonen und Oberflächenausbissen; Quarz, Hämatit, Schwerspat, Flußspat (ohne Blei-, Silber- und Kupferminerale); Verteilung des Hämatits als mm-dünne Kluftbeläge oder in Nestern z. T. mit Glaskopfbildung.

40 H. MAUS (wie Anm. 24) 39; R. METZ, M. RICHTER, H. SCHÜRENBERG (wie Anm. 4) 177f.

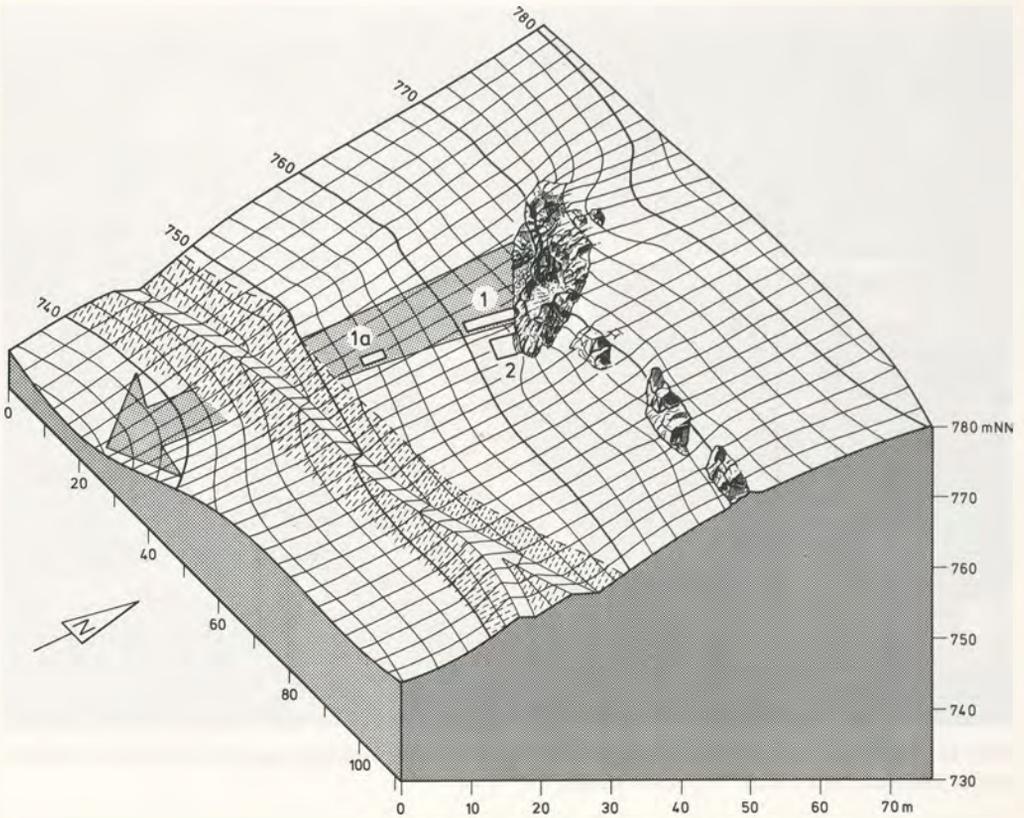


Abb. 17 Rammelsbach, Gem. Münstertal: urgeschichtlicher Hämatitbergbau an einer verletzten Felswand; 1–2: Lage der Testschnitte, Pfeil: Fundstreuung an der heutigen Oberfläche.

Historie:

200 m entfernt befinden sich Schwespat-Abbaue (Stollen mit Wetterschacht) aus dem 20. Jahrhundert

Ergebnisse der Untersuchungen von 1989

Prospektion und Testgrabung Rmb A:⁴¹

- Lokalisierung und Dokumentation der oberflächlich erkennbaren Tagebauspuren an einer mit Hämatit verletzten Felswand mit vorgelagerter Halde (Abb. 17); Abbauspuren bis in 1,8 m Höhe und in der Felswand (10 m hoch) unterhalb der Abbaue zahlreiche Bruchstücke von Geröllschlägeln (Abb. 18).
- Freilegung von leicht unterschrittenen Höhlungen zum Abbau des Hämatits (Abb. 19); Halde mit zahlreichen Geröllschlägeln (Abb. 20 und 21), Holzkohlepartikeln und einigen kleinen Silexabschlägen; auf der Halde Holzkohlekonzentration mit kleinem Keramikbruchstück.

⁴¹ G. GOLDENBERG, H. STEUER, U. ZIMMERMANN (wie Anm. 38) 202; G. GOLDENBERG, U. ZIMMERMANN, Bergbau auf Hämatit in Münstertal-Rammelsbach, Kr. Breisgau-Hochschwarzwald. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1989 (Stuttgart 1990), 226–230; U. ZIMMERMANN (wie Anm. 26) 141–146; U. ZIMMERMANN, G. GOLDENBERG, Urgeschichtlicher Hämatitbergbau im Südschwarzwald. Der Anschnitt 43, 1991, 2–10.

Abb. 18 Rammelsbach,
Gem. Münstertal: Ansicht
der vererzten Felswand mit
Abbauspuren im oberen
Bereich.



Datierung:

archäologisch: durch die Geröllschlägel (meist Granitgerölle aus der Rheinebene) ist eine nur ungefähre Zeitstellung der Hämatitgewinnung an dieser Stelle in urgeschichtliche Perioden möglich; weitere, datierende Beifunde fehlen, da die Holzkohlekonzentration vermutlich nicht zu dem Befund Hämatitbergbau gehört, sondern relativchronologisch jünger sein kann. Aufgrund typologisch ähnlicher Befunde scheint eine zeitliche Nähe zu dem neolithischen Silexbergbau von Kleinkems, Lkr. Lörrach, möglich.

naturwissenschaftlich:

- Hv 16577 Probe aus Holzkohlekonzentration oberhalb der Halde
490 +/- 60 BP (konv.), 1335–1445 AD (cal.)
- Hv 16578 Probe aus Holzkohlekonzentration
2030 +/- 175 BP (konv.), 360 BC – 135 AD (cal.)
- Hv 16579 Probe aus unterem Bereich der Halde
1515 +/- 175 BP (konv.), 265 AD – 670 AD (cal.)

Es ist wohl eher unwahrscheinlich, daß diese Radiokarbonaten einen zeitlichen Ansatz für den Hämatitbergbau liefern; vielmehr ist anzunehmen, daß die Holzkohle in

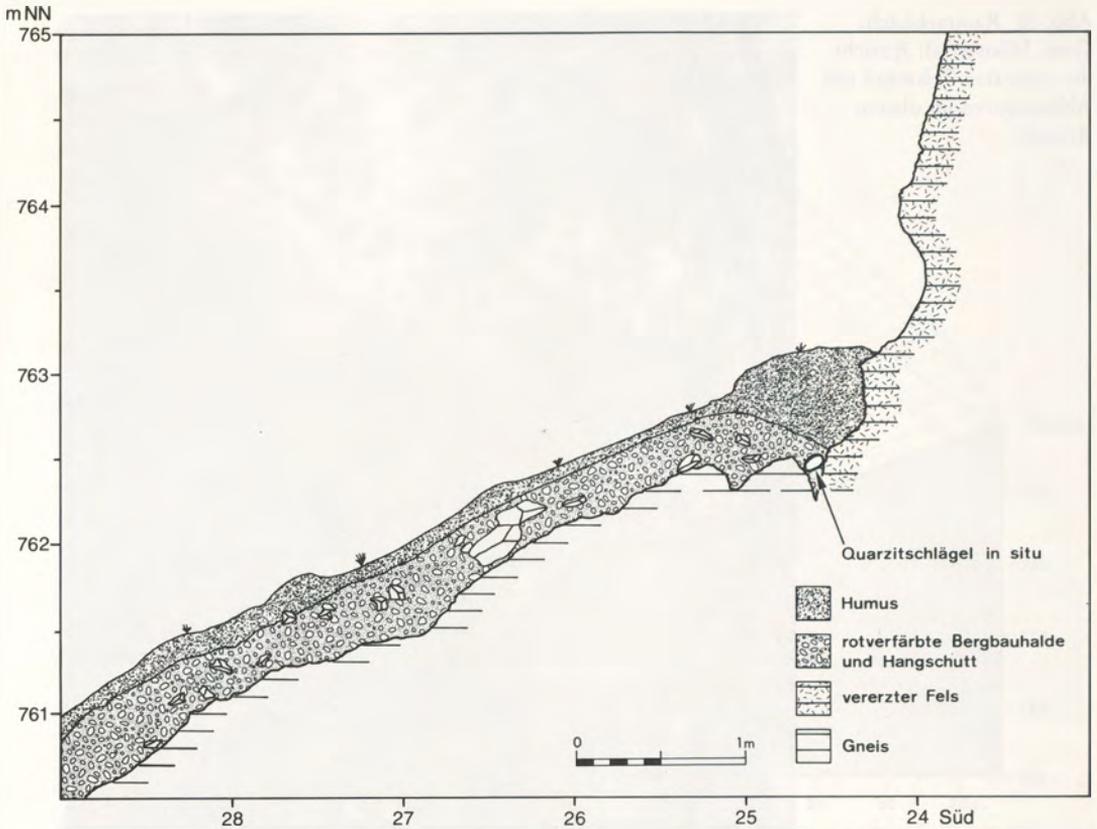


Abb. 19 Rammelsbach, Gem. Münstertal: Profil der Abbauorte mit vorgelagerter Bergbauhalde.

der Bergbauhalde auf Waldbrände und die Holzkohlekonzentration auf spätere, jüngere Aktivitäten an der Felswand zurückzuführen sind. Der Hämatitbergbau ist an dieser Stelle daher zeitlich nicht genau einzugrenzen. Da jedoch Hinweise, die einen frühgeschichtlichen Zeitansatz rechtfertigen würden, fehlen, ist eine Entstehung der Bergbaus Spuren während urgeschichtlicher Zeit wahrscheinlich.

Erster, vermutlich urgeschichtlicher Nachweis eines Bergbaus auf Hämatit zur Herstellung von Farbpigmenten in Mitteleuropa. Folgeuntersuchungen sollten der genauen zeitlichen Einordnung und den sicherlich in direkter Nachbarschaft zu den Abbauen befindlichen Aufenthalts- und Erzaufbereitungsplätzen gewidmet sein.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die Resultate der ersten drei Jahre systematischer Bergbauforschung im Südschwarzwald betreffen zunächst und hauptsächlich Aspekte der zeitlichen Einordnung des Bergbaugeschehens, des Spektrums der abgebauten Erze, der Betriebsformen und der Technologien zur Weiterverarbeitung der Erze⁴². Weiterhin sind die in der Praxis angewandten Techniken und Methoden der Prospektion, der Ausgrabung und der Material-Analytik⁴³ auf ihre

42 Die Auswertung der Prospektionen und Testgrabungen aus den Jahren 1987–1991 ist noch nicht abgeschlossen; die Gesamtvorlage der Ergebnisse befindet sich in Vorbereitung.

43 Vgl. hierzu G. GOLDENBERG, (in diesem Band) 231 ff.

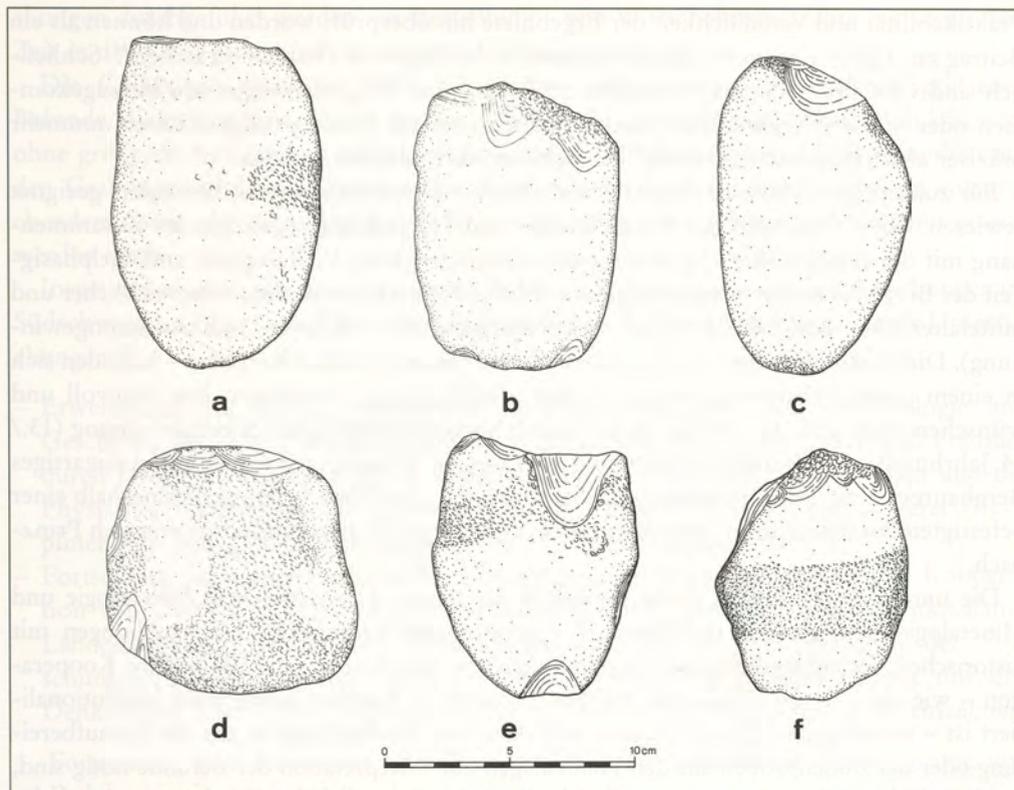


Abb. 20 Rammelsbach, Gem. Münstertal: Bergbaugezähe aus Quarzitzeröllen mit Schäftungsrillen, und -kerben sowie mit Schlagspuren; M. 1:3.

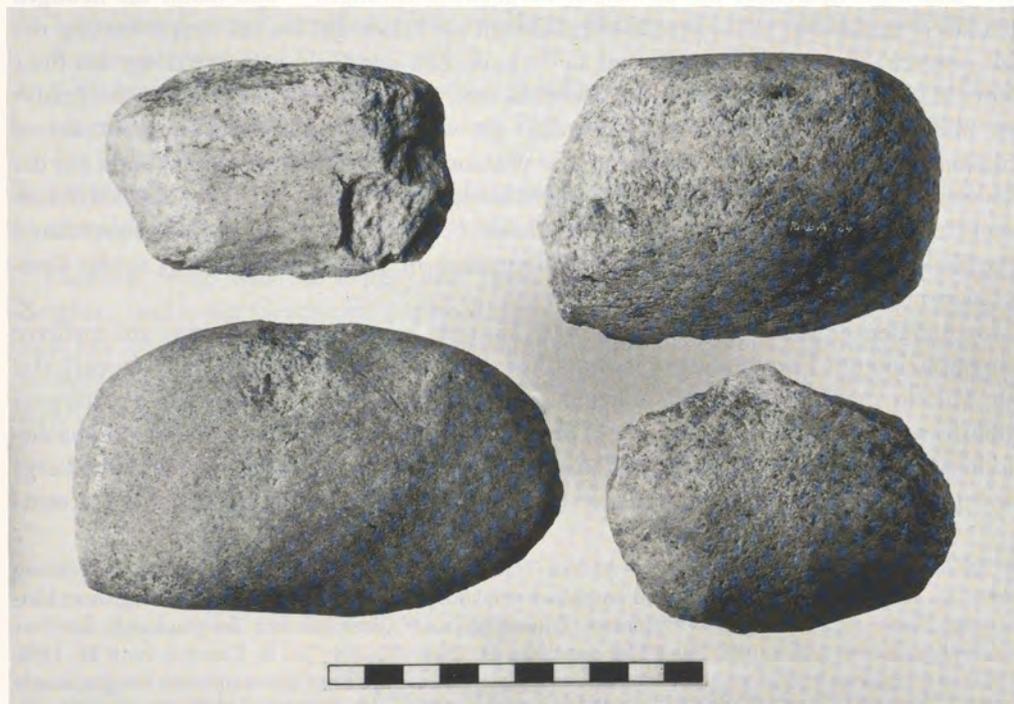


Abb. 21 Rammelsbach, Gem. Münstertal: Bergbaugezähe aus Quarzitzeröllen; M. 1:2.

Praktikabilität und Verlässlichkeit der Ergebnisse hin überprüft worden und können als ein Beitrag zur Forschungsmethodik der Montanarchäologie zur Diskussion stehen⁴⁴. Schließlich sind viele Probleme noch ungelöst geblieben, sind Fragestellungen neu hinzugekommen oder in ihrer Komplexität erkannt worden, so daß Lösungsmöglichkeiten nunmehr präziser abschätzbar scheinen und Perspektiven formulierbar werden.

Für zukünftige Untersuchungen hat sich das Revier von Sulzburg als besonders geeignet erwiesen. Hier ist anhand der Prospektions- und Testgrabungsergebnisse im Zusammenhang mit der historischen Quellenlage eine ausgesprochene Vielfältigkeit und Vielphasigkeit des Bergbaus nachzuweisen (urgeschichtliche Hämatitgewinnung, römerzeitlicher und mittelalterlicher Blei-Silberbergbau, mittelalterliche Blei-, Kupfer- und Antimongewinnung). Die Geländespuren – insbesondere die des römerzeitlichen Bergbaus – befinden sich in einem guten Erhaltungszustand, so daß großflächigere Grabungen hier sinnvoll und wünschenswert sind. Ein für die Erforschung hochmittelalterlicher Silbergewinnung (13./14. Jahrhundert) vielversprechendes und von seinem Erhaltungszustand her einzigartiges Bergbaurevier stellt der Birkenberg bei St. Ulrich dar. Für Untersuchungen innerhalb einer befestigten Bergbausiedlung mit städtischem Charakter (13. Jahrhundert) eignet sich Prinzbach.

Die unmittelbare, direkte Zusammenarbeit der letzten Jahre zwischen Archäologie und Mineralogie/Geologie hat sich bewährt. Für montanarchäologische Untersuchungen mit historischen, fachübergreifenden Fragestellungen ist eine solche interdisziplinäre Kooperation – wie sie z. B. am Deutschen Bergbau-Museum in Bochum mittlerweile institutionalisiert ist – unabdingbar; dies nicht nur, weil Analysen der Rückstände aus der Erzaufbereitung oder der Bodenproben aus den Haldenlagen zur Interpretation der Befunde nötig sind, sondern insbesondere deswegen, weil sich die Befundlage und der Erhaltungszustand der Befunde, die die Montanarchäologie liefert, meist als schwer anzusprechen erwiesen hat. Je zeit- und kostensparender die damaligen Bergbaueinrichtungen – und damit die heutigen Befunde – entstanden sind (dies ist offensichtlich zu Zeiten der frühen Erzgewinnung der Fall gewesen), desto höherer Aufwand an Technik, Zeit und Geld ist heute nötig, um diese Befunde freizulegen, zu dokumentieren und zu interpretieren. Hier sind zusätzliche Analysen und Diskussionen vor Ort notwendig. Es wird also in nächster Zukunft darauf ankommen, den Kreis und das Spektrum der Wissenschaften, die sich in Kooperation mit der Geschichte des Bergbaus als Teil einer Wirtschaftsgeschichte im mitteleuropäischen Raum beschäftigen, zu erweitern. An der Universität Freiburg bietet der Forschungsverbund »Archäologie und Geschichte des ersten Jahrtausends in Südwestdeutschland« solche Kooperationsmöglichkeiten.

Im Rahmen dieses Forschungsverbundes läuft ab Juli 1991 ein weiteres, auf mehrere Jahre konzipiertes Forschungsprogramm (Prof. Dr. H. U. Nuber, Prof. Dr. H. Steuer), das mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg (Programm zur »Förderung der Schwerpunktforschung an den Universitäten«) finanziert wird und z. T. auf den montanarchäologischen Ergebnissen der Jahre 1987–1990 aufbaut; in Sulzburg (römerzeitlicher Silberbergbau) und im nur 6 km entfernten Heitersheim (römische Villa) sollen großflächig Untersu-

44 In Anbetracht der – im Vergleich – kurzen Tradition dieser archäologischen Forschungsrichtung scheint ein solcher Erfahrungsbericht und -austausch sinnvoll; Ansätze für eine Systematik bergbauarchäologischer Forschungen bietet G. WEISGERBER, Grundzüge einer systematischen Bergbaukunde für Vor- und Frühgeschichte und Antike, Teil I. Der Anschnitt 41, 1989, 190–204; Teil II. Der Anschnitt 42, 1990, 1–18 (soll fortgesetzt werden); DERS., Montanarchäologie. Grundzüge einer systematischen Bergbaukunde für Vor- und Frühgeschichte und Antike. Teil I. In: A. HAUPTMANN, E. PERNICKA, G. A. WAGNER (Hrsg.), (wie Anm. 13) 79–98.

chungen durchgeführt werden zur Besiedlungs- und Wirtschaftsgeschichte der römischen Zeit in der Rheinebene und im südlichen Schwarzwald.

Die Grabungen von 1987–1990 haben aber auch gezeigt, daß die tiefstgelegenen Befunde, diejenigen also, die die Anfänge des Bergbaugeschehens repräsentieren könnten, ohne größeren Aufwand an technischem Gerät nicht freizulegen sind. Die Sicherheit auf den Grabungen und eine ökonomische Arbeitsweise erfordern den Einsatz von entsprechendem Gerät, das nicht durch technische Improvisationen oder durch Wagemut ersetzt werden kann.

Insgesamt ergeben sich aus den ersten drei Jahren archäometallurgischer Forschungen im Südschwarzwald folgende Konsequenzen für zukünftige, die Arbeit fortführende Untersuchungen:⁴⁵

- Erweiterung des bereits bestehenden Forschungsverbundes zur »Archäologie und Geschichte des ersten Jahrtausends in Südwestdeutschland« an der Universität Freiburg durch Hinzugewinnung weiterer wissenschaftlicher Partner der Historischen und der Physischen Geographie, der Namenkunde, der Paläoethnobotanik und weiterer Disziplinen mit dem Ziel, das fachübergreifende Gespräch auszubauen.
- Fortsetzung montanarchäologischer Forschungen in Südwestdeutschland in Kooperation von Universität, Landesbehörden (Geologisches Landesamt, Landesdenkmalamt, Landesbergamt), Landkreisen, Kommunen und weiteren Einrichtungen der Forschungsförderung mit dem Ziel, diese Kultur- und Wirtschaftslandschaft mit den Denkmälern einer frühen Industrie weiter zu erschließen. Dies bedeutet im einzelnen:
 1. Fortsetzung und Ausweitung der Prospektionen im Gelände zur Lokalisierung und Dokumentation weiterer Bergbaureviere.
 2. Unterschutzstellung der Geländedenkmäler, die einen wichtigen Beitrag zur Wirtschaftsgeschichte des Landes darstellen.
 3. Systematische und interdisziplinär angelegte Forschungsgrabungen in ausgewählten Bergbaurevieren.
 4. Fortsetzung der mineralogisch-petrographischen Analysearbeiten an den Erzaufbereitungs- und Verhüttungsresten mit dem Ziel, diachronisch technische Entwicklungen der Prozessführung aufzuzeigen.
 5. Fortsetzung der Forschungen zur Umweltrekonstruktion im Zusammenhang mit der mittelalterlichen und vormittelalterlichen Erzgewinnung.

Deutlich wird, daß die ersten drei Jahre einer Erforschung des südwestdeutschen Bergbaus und seiner Geschichte nur ein Anfang gewesen sein können, daß die Forschungsziele nur langfristig zu lösen sind und daß eine institutionalisierte Organisationsform, wie sie wünschenswert wäre, sicherlich die Kontinuität und Stringenz der archäometallurgischen Forschung fördern würde.

45 Vgl. hierzu auch H. STEUER, U. ZIMMERMANN, G. GOLDENBERG, Erste Ergebnisse und Ausblick. Bilanz eines Forschungsprogramms. Freiburger Universitätsblätter 109, 1990, 173–180.

Frühe Blei-, Silber- und Kupfergewinnung im Südschwarzwald

Hüttenplätze und Bergschmieden

VON GERT GOLDENBERG

1. Einleitung

Im Zusammenhang mit der seit römischer Zeit belegten Blei-, Silber- und Kupfergewinnung haben im südlichen Schwarzwald an vielen Orten in beträchtlichem Umfang pyrometallurgische Aktivitäten unterschiedlicher Art und zu unterschiedlichen Zeiten stattgefunden. Im Rahmen eines von der Volkswagen-Stiftung von 1987 bis 1990 geförderten Forschungsprojektes »Zur Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald«¹ galt einer der Forschungsschwerpunkte der Lokalisierung von frühen Schlackenhalde und deren Erschließung für archäologische und metallurgische Untersuchungen. Fragen nach dem Erhaltungszustand archäometallurgischer Befunde, der Datierbarkeit sowie nach der Art der jeweils produzierten oder verarbeiteten Metalle standen hierbei im Vordergrund. Die Diskussion über die einstige mit der Metallgewinnung einhergehende Waldvernichtung und Umweltvergiftung sowie über die »historischen Altlasten« in Form rezenter schwermetallhaltiger Böden verleiht der archäometallurgischen Forschung in den traditionsreichen Bergbauregionen des Schwarzwaldes heute eine ganz besondere Aktualität.

2. Die Rohstoffe der Metallgewinnung im südlichen Schwarzwald

Für die Gewinnung von Blei, Silber und Kupfer standen den frühen Bergleuten im südlichen Schwarzwald in erster Linie polymetallische Erze aus den hydrothermalen Ganglagerstätten im kristallinen Grundgebirge zur Verfügung². In wieweit Metallanreicherungen im Bereich von oberflächennahen Oxidations- bzw. Zementationszonen für den frühgeschichtlichen Bergbau eine Rolle spielten, kann heute aufgrund fehlender Aufschlüsse bzw. aufgrund des intensiven Abbaus kaum mehr nachvollzogen werden. Obwohl hin und wieder auch Erzfälle mit edlen Silbererzen (gediegen Silber, Silberglanz, Rotgültigerze) auftraten, können Bleiglanz mit Silbergehalten von bis zu 0,7 Gew.-Prozent aufgrund seiner Verbreitung sowie Fahlerze als hauptsächliche Silberlieferanten angesehen werden. Daneben fielen meist auch Kupfererze an (Kupferkies, Kupferfahlerze), denen in einigen Gruben in erster Linie der Abbau galt.

1 Durchgeführt vom Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Freiburg (Prof. Dr. H. Steuer, Dr. U. Zimmermann, G. Goldenberg), dem Geologischen Landesamt Baden-Württemberg (Dr. H. Maus) und dem Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie in Schwäbisch Gmünd (Prof. Dr. C. Raub, Dipl.-Ing. D. Ott); vgl. auch STEUER 1990a und b.

2 Zu den Erzlagerstätten des südlichen Schwarzwaldes vgl. METZ, RICHTER, SCHÜRENBERG 1957

3. Metallurgische Fundkomplexe, Fundmaterial

Schlackenhalde als letzte verbliebene Zeugen pyrometallurgischer Prozesse treten in den Bergbaurevieren des südlichen Schwarzwalds zahlreich sowohl entlang von Pingenzügen als auch an Bachläufen auf (Abb. 1). Zu ihrer Lokalisierung sind intensive Geländebegehungen und systematische Bachprospektionen erforderlich³. In den Sedimenten der Schwarzwaldtäler sowie in den Schwemmfächerbereichen vor dem Schwarzwaldrand bis hin zum Rhein finden sich noch heute deutliche Schwermetallanreicherungen, die auf die Umlagerung von Erzaufbereitungs- und Verhüttungsrückständen aus den früheren Bergbauzentren zurückzuführen sind⁴.

Schlackenplätze in Hanglage in unmittelbarer Nähe der Gruben sind aufgrund ihrer meist geschützten Lage noch relativ gut erhalten und bieten günstige Voraussetzungen für archäologische Untersuchungen. Bei der überwiegenden Mehrzahl dieser Fundplätze handelt es sich um die Überreste von Bergschmieden. Die meist an Bachläufen gelegenen Verhüttungsplätze mit ihren Schlackenhalde sind heute dagegen weitgehend abgetragen. Als ein wesentlicher Faktor der Abtragung kann die erhöhte Erosion im Zuge großflächiger Entwaldungen angenommen werden, die zur Deckung des Holzbedarfs der Hüttenwerke vorgenommen wurden⁵. Entsprechend schwierig bzw. teilweise nicht mehr möglich ist die Lokalisierung von mittelalterlichen oder älteren Verhüttungsplätzen. Als weitere Faktoren der Abtragung kommen eine Wiederaufarbeitung von Schlackenhalde (sekundäre Verwendung von Schlacken, z. B. als Zuschlag für spätere Hüttenwerke) sowie Eingriffe durch Straßen- und Wegebau, Bachbettregulierungen und Siedlungsbebauung in Betracht. Günstigere Voraussetzungen bestehen aufgrund der noch vorhandenen Schlackenmengen für die Auffindung jüngerer Hüttenplätze (seit dem 15. Jahrhundert und jüngere).

Zum metallurgischen Fundspektrum in den Schlackenhalde gehören gewöhnlich, neben den silikatischen Schlacken als hauptsächliche Abfallprodukte, Teile von Ofenlehm, Ofenmauersteinen oder Ofenziegeln, Holzkohle sowie Reste von Erzen und Gangartmineralen. Relativ selten sind dagegen Zwischen- oder Endprodukte der Verhüttung wie »Stein«- und »Speise«-Phasen⁶, Bleiglätte oder Rohmetalle sowie technische Utensilien aus Keramik oder Metall⁷.

4. Untersuchungsmethoden

Die im folgenden dargestellten Ergebnisse beruhen auf einer kombinierten Auswertung von mineralogisch-chemischen Untersuchungen an metallurgischen Rückständen, von archäologischen Sachverhalten und Zusammenhängen und von historischen Quellen (für die Zeit seit dem späten Mittelalter). In den Bergbaurevieren des südlichen Schwarzwaldes

3 Vgl. GOLDENBERG 1990a, 85 ff.

4 Unveröffentlichte Untersuchungen des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg, Freiburg; vgl. dazu A. HOPPE u. a. in diesem Band 249 ff.

5 Nach geomorphodynamischen Untersuchungen von ZOLLINGER, MÄCKEL 1989, lassen sich z. B. im Bereich des Sulzbaches mehrere Phasen verstärkter Erosion und Akkumulation feststellen, die durch Bodenbildungsphasen in der Spätantike und im späten Mittelalter unterbrochen worden sind. Anthropogene Beeinflussungen des Gewässers durch Bergbau- und Verhüttungsaktivitäten können denkbare Ursachen hierfür sein.

6 Metallkonzentrate, die als Zwischen- oder Abfallprodukte bei der Verhüttung von Buntmetallerzen anfallen, Stein = Metallsulfid-Phasen, Speise = Metallantimonid- und -arsenid-Phasen.

7 Allgemeines über Schlacken und andere metallurgische Rückstände vgl. BACHMANN 1982.



- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| ★ Cu-Gewinnung 11./12. Jh. | * Sb-Gewinnung 15. bzw. 18. Jh. (?) |
| ▲ Pb/Ag(Cu)-Gewinnung 13.-15. Jh. | ○ Bergschmieden 11.-19. Jh. |
| ■ Pb/Ag(Cu)-Gewinnung 16. Jh. | △ Fe-Gewinnung im Rennfeuer |
| ● Pb/Ag(Cu)-Gewinnung 18./19. Jh. | □ Fe-Gewinnung 16.-19. Jh. |

Abb. 1 Schlackenfundplätze im südlichen Schwarzwald; Ausschnitt entspricht TK 50 Freiburg i. Br.-Süd.

ist es auf diesem Wege gelungen, zwischen Blei/Silber/Kupfer gewinnender, Eisen verarbeitender und Eisen gewinnender Metallurgie zu unterscheiden. Innerhalb der Gruppe Blei/Silber/Kupfer-Gewinnung ist eine weitere Differenzierung nicht immer ohne weiteres möglich. Dies ist in erster Linie auf die polymetallischen Ausgangsstoffe zurückzuführen, die in der Regel eine für die Trennung der drei Metalle gemeinsame mechanische und thermische Aufbereitung sowie ein gemeinsames Rohschmelzen erfordern und somit auch gemeinsame Abfallprodukte liefern. Die Silbergewinnung ist aus technischen Gründen ohnehin untrennbar mit der Metallurgie des Bleis verbunden, und auch bei der Kupfergewinnung wurden – zumindest seit der frühen Neuzeit – Verfahren mit verbleiendem Schmelzen angewendet⁸. Hinweise auf die Art der gewonnenen Metalle ergeben sich durch die Untersuchung von Erz- und Metallrelikten, die im archäologischen Befund oder als Einschlußphasen in den Schlacken vorliegen. Funde von Bleiglätte deuten direkt auf eine Silbergewinnung hin.

Für die Untersuchungen standen Schlackenproben aus archäologischen Testgrabungen und von Oberflächenbegehungen zur Verfügung. Zur chemischen Charakterisierung der Schlacken wurden die am Aufbau von Silikaten bzw. silikatischen Gläsern beteiligten Hauptelemente Si, Ti, Al, Fe, Mn, Ca, Mg, Na, K, P sowie die Elemente Ba, Pb, Zn und Cu mittels Atomabsorptionsspektalanalyse (AAS) und induktiv gekoppelter Plasmaspektalanalyse (ICP) analysiert⁹. Der Mineralbestand der Schlacken wurde anhand von polierten Dünnschliffpräparaten im Auflicht/Durchlicht-Polarisationsmikroskop, ergänzt durch Röntgenfeinstrukturanalysen am Probenpulver, bestimmt¹⁰.

5. Blei-, Silber- und Kupfer-Gewinnung

Fundkomplexe, die der Verhüttung von Blei-, Silber- und Kupfererzen zuzurechnen sind, lassen sich nach den bisherigen Ergebnissen von Oberflächenbegehungen, archäologischen Testgrabungen und mineralogisch-chemischen Untersuchungen in vier Gruppen unterschiedlicher Zeitstellung und Technologie einteilen.

5.1 Römische Blei/Silber-Gewinnung

Eine römische Verhüttung von Blei/Silber-Erzen wird seit längerem im Tal von Sulzburg vermutet¹¹; die archäologischen Testgrabungen im Laufe des Projektes erbrachten hierfür weitere Hinweise – neben römischen Bergbauspuren – in Form von Schlackenkörnchen aus Mörtelproben eines römischen Gebäudes¹². Nach einer qualitativen Analyse handelt es sich bei diesen Schlacken um Ca-Fe-Al-Silikate mit deutlichen Gehalten an Ba und Pb, wie sie bei der Verhüttung von Erzen der Sulzburger Lagerstätten zu erwarten wären. Eine Schlackenhalde im eigentlichen Sinne und damit der Standort einer römischen Verhüt-

8 Zu denken ist an die Silbergewinnung durch Kupellation oder Treibarbeit, bei der durch Aufblasen von Luft auf das silberhaltige Werkblei und Abziehen der entstehenden Bleiglätte das Silber gewonnen wird sowie an das verbleiende Schmelzen beim Seigerhüttenprozeß; vgl. AGRICOLA 1556, 9. bis 11. Buch; SUHLING 1976.

9 Durchgeführt am Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie in Schwäbisch Gmünd (Prof. Dr. C. Raub, Dipl.-Ing. D. Ott).

10 Durchgeführt am Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Freiburg.

11 MARTIN-KILCHER, MAUS, WERTH 1979.

12 Vgl. ZIMMERMANN 1990b, 141.

tungsanlage konnte bislang noch nicht lokalisiert werden. Aufgrund des geringen zur Verfügung stehenden Probenmaterials sind eingehende Untersuchungen noch nicht erfolgt.

5.2 Frühphase der mittelalterlichen Verhüttung (11./12. Jahrhundert)

In der Frühphase des mittelalterlichen Bergbaus wurde stellenweise in unmittelbarer Nähe der Gruben in Hanglage – abseits von fließenden Gewässern – verhüttet. Dies belegen ein im Münstertal aufgefundener Kupferverhüttungsplatz des 11./12. Jahrhunderts¹³ sowie ein vergleichbarer Befund auf einem Blei/Silber-Verhüttungsplatz derselben Zeitstellung in den benachbarten Vogesen¹⁴. Die Rohmetalle bzw. Metallkonzentrate wurden in beiden Fällen über Röstreaktionen und anschließendem fayalitischen Schmelzen in Lehmherden oder -öfen gewonnen¹⁵. Aus technologischer Sicht ergeben sich hierbei Ansätze zu Vergleichen mit dem bis zu dieser Zeit noch üblichen Rennfeuerverfahren bei der Eisengewinnung.

In Münstertal – Süßenbrunn wurde im 11./12. Jahrhundert Kupferkies abgebaut und in kleinem Maßstab auf einer Halde direkt neben der Grube verhüttet. Zur Schlackenbildung standen neben dem Fe-reichen Erz (Kupferkies CuFeS_2 mit Pyrit FeS_2) die am Aufbau des Erzganges beteiligten Minerale Quarz (SiO_2), Siderit (FeCO_3) und Limonit (FeOOH) zur Verfügung. Mit Hilfe einer Magnetfeldmessung konnte die Einbrennzzone im Untergrund eines VerhüttungsOfens lokalisiert werden, von dem selbst jedoch nur einige wenige verschlackte Lehmfragmente erhalten geblieben sind.

Unter den metallurgischen Rückständen dominieren mengenmäßig mit etwa 60 Gew.-Prozent grünlich-dunkelgraue *Laufschlacken* mit Fließwülsten (Abb. 2a), die nach einem Schlackenabstich außerhalb eines Ofens erstarrt sind. Sie weisen eine glasige Grundmasse auf mit fiederförmig kristallisiertem Fayalit (Fe_2SiO_4) und winzigen, von Kupfersulfiden (Chalkosin, Cu_2S) umgebenen Kupfertröpfchen. Einen Mengenanteil von etwa 40 Gew.-Prozent nehmen *heterogene Schlackenklumpen* ein, die durch grüne Ausblühungen von Kupfersekundärmineralen – vorwiegend Brochantit ($\text{Cu}_4[(\text{OH})_6/\text{SO}_4]$) – auffallen. Diese vermutlich in einem Ofen erstarrten Schlacken enthalten größere Einschlüsse der Kupfersulfidphasen Chalkopyrit (CuFeS_2), Bornit (Cu_5FeS_4), Covellin (CuS) und Chalkosin (Cu_2S) sowie Kupfer (Cu), Cuprit (Cu_2O), Quarz (SiO_2) und Holzkohlereste. Quarz ist häufig in Cristobalit (Hochtemperaturmodifikation von Quarz) umgewandelt. In einer glasigen Grundmasse tritt langprismatischer Fayalit und idiomorpher Spinell (Magnetit Fe_3O_4) auf (Abb. 2b). Fragmente von *Ofenwandungslehm* wurden nur vereinzelt aufgefunden (ca. 1 Gew.-Prozent der gesamten Schlackenfundmenge); diese sind von plattiger Form und einseitig verschlackt. Wahrscheinlich aus dem Bodenbereich eines Ofens stammen Teile einer Lehmauskleidung, in die metallisches Kupfer eingesickert ist. Als Einzelfunde sind ein Stück massiver *Kupferstein* (60 g, Cu-Gehalt > 70 Gew.-Prozent) sowie ein *Rohkupfertropfen* (13 g) zu nennen.

Die chemischen Analysen zeigen in den Laufschlacken Cu-Gehalte zwischen 1 und 2 Gew.-Prozent (Tab. 1, S. 244), dagegen bis zu 10 Gew.-Prozent in den heterogenen Schlackenklumpen. Hohe FeO-Gehalte in den Laufschlacken spiegeln die fayalitische Zusammensetzung der Schlacken wider. In den Schlacken treten vom Ausgangserz Kupferkies bis hin zum metallischen Kupfer Zwischenprodukte auf, wie sie bei der Verhüttung

13 Vgl. ZIMMERMANN 1990b, 130ff.

14 Ein Blei/Silber-Verhüttungsplatz mit fayalitischen Laufschlacken auf dem Haut-Altenberg bei Sainte-Marie-aux-Mines datiert über Keramikfunde in das 11./12. Jahrhundert; FLUCK 1991.

15 Vgl. GOLDENBERG 1990b, 151ff.

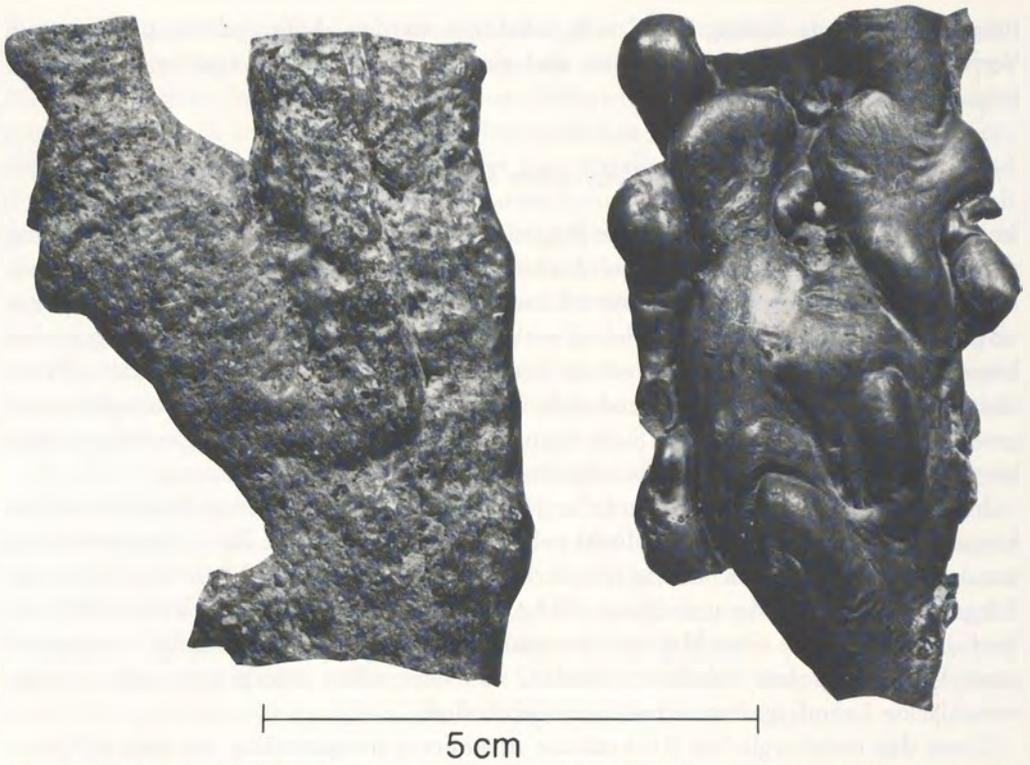


Abb. 2a Fayalitische Laufsclacken (Süs A 452) aus einer hochmittelalterlichen Kupferkiesverhüttung, Münstertal-Süßenbrunn, 11./12. Jahrhundert.

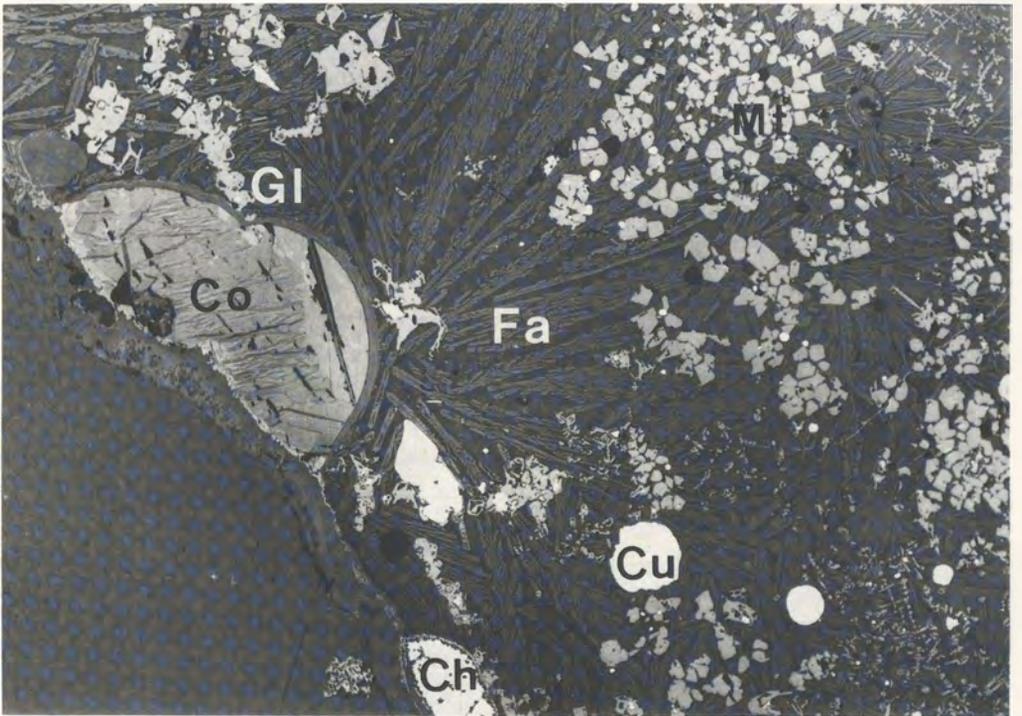


Abb. 2b Heterogene Kupferschlacke (8901-77), Münstertal-Süßenbrunn, 11./12. Jahrhundert; pol. Dünnschliff (Auflicht), Fa = Fayalit, Gl = Glas, Co = Covellin, Ch = Chalkosin, Mt = Magnetit, Cu = Kupfer (Bildbreite: 1,4 mm).

über Röstreaktionen und fayalitisches Konzentrationsschmelzen erwartet werden können. Bei einer geschätzten Schlackenmenge auf der Halde von etwa 1 Tonne kann für die produzierte Kupfermenge eine Größenordnung von 100 kg angenommen werden¹⁶.

5.3 Spätes Mittelalter / frühe Neuzeit (13.–16. Jahrhundert)

Vermutlich im Laufe des 12./13. Jahrhunderts fand eine tiefgreifende Innovation im Hüttenwesen statt, die sich wahrscheinlich parallel zum Technologiewandel bei der Eisenerzeugung (vom Rennfeuerofen zu den mit Wasserkraft betriebenen Blas- und Stucköfen, den Vorläufern der Hochöfen) vollzog¹⁷. Erste urkundliche Überlieferungen, die indirekt auf derartige Neuerungen im Metallhüttenwesen des Schwarzwaldes hinweisen, stammen aus dem ausgehenden 11. Jahrhundert¹⁸; archäologisch wird dieser Wandel im südlichen Schwarzwald erstmals im 13./14. Jahrhundert greifbar. Hüttenwerke wurden seit dieser Zeit an Bachläufen errichtet, um die Nutzung von Wasserkraft zum Betreiben von Blasebälgen und Pochwerken zu ermöglichen¹⁹.

Für diesen Zeitabschnitt sind Verhüttungsverfahren charakteristisch, die beim Rohschmelzen vor allem große Mengen an blauen bis grünlichgrauen *Schlackengläsern* erzeugten (Abb. 3a). Diese weisen Einschlüsse von Quarz/Cristobalit, tropfenförmigen Sulfidphasen, Erzrelikten und Holzkohle auf. Blei- und Zinkgehalte dieser Schlacken liegen im Prozent-Bereich (Tab. 1, S. 244). Beim Bau der – verglichen mit der Frühgeschichte – größeren und leistungsfähigeren Ofenanlagen fanden nach den bisherigen Geländebeobachtungen zunächst vor allem Natursteine (lokale Gneisbrocken, Sandstein) in Verbindung mit Lehm Verwendung, später auch gebrannte Ziegel. Die aufgefundenen *Ofenmauersteine* zeigen charakteristische, durch Hitzeeinwirkung verursachte Dunkelrotverfärbung, Bleichungen, Sprengrisse und Vergrusungserscheinungen sowie teilweise Verschlackung mit häufig zu beobachtenden gelblichweißen Belägen und Krusten. Als weitere metallurgische Rückstände treten selten *Bleiglätte* (PbO) in meist kleinen kantigen Bröckchen, Blei, »Stein«- und »Speise«-Phasen²⁰ (Abb. 3b) sowie Bruchstücke von *Tiegeln* (Probiertiegel) und *Eisenteile* als Überreste metallurgischer Gerätschaften auf.

Die Entdeckung reicher Silbervorkommen in der Neuen Welt sowie die Auswirkungen des dreißigjährigen Krieges mögen – wie auch in anderen Teilen Mitteleuropas – zum Niedergang des Berg- und Hüttenwesens im 17. Jahrhundert im Schwarzwald beigetragen haben. Dies erklärt die bestehende Fundlücke im Gelände sowie die kaum vorhandenen schriftlichen Zeugnisse aus dieser Zeit.

5.4 Späte Neuzeit (18./19. Jahrhundert)

Nach der Niedergangsperiode treten Fundplätze von Hüttenwerken wieder mit Beginn des 18. Jahrhunderts in Erscheinung. Die Abfallprodukte der Hüttenwerke des 18. und 19. Jahrhunderts weisen auf wiederum neuartige Verfahren hin, die beim Rohschmelzen vor allem dichte schwarzgraue, *plattige Schlacken* oder auch schwarze, *obsidianartige*

16 Zur mittelalterlichen Kupferverhüttung vgl. HAUPTMANN 1985, 95 ff.

17 Zur Entwicklung der Eisenverhüttung vgl. GILLES 1952.

18 Im Jahre 1099 n. Chr. wird im Zusammenhang mit dem Bergbau im Suggental nördlich von Freiburg ein »Schmelzwerk an der Elz« erwähnt, METZ 1961, 287.

19 Eine Zusammenstellung von vorderösterreichischen Schmelzhütten aus dem 16. Jahrhundert im Raum Todtnau und Oberried gibt SCHLAGETER 1982, 169 ff.

20 Vgl. Anm. 6.

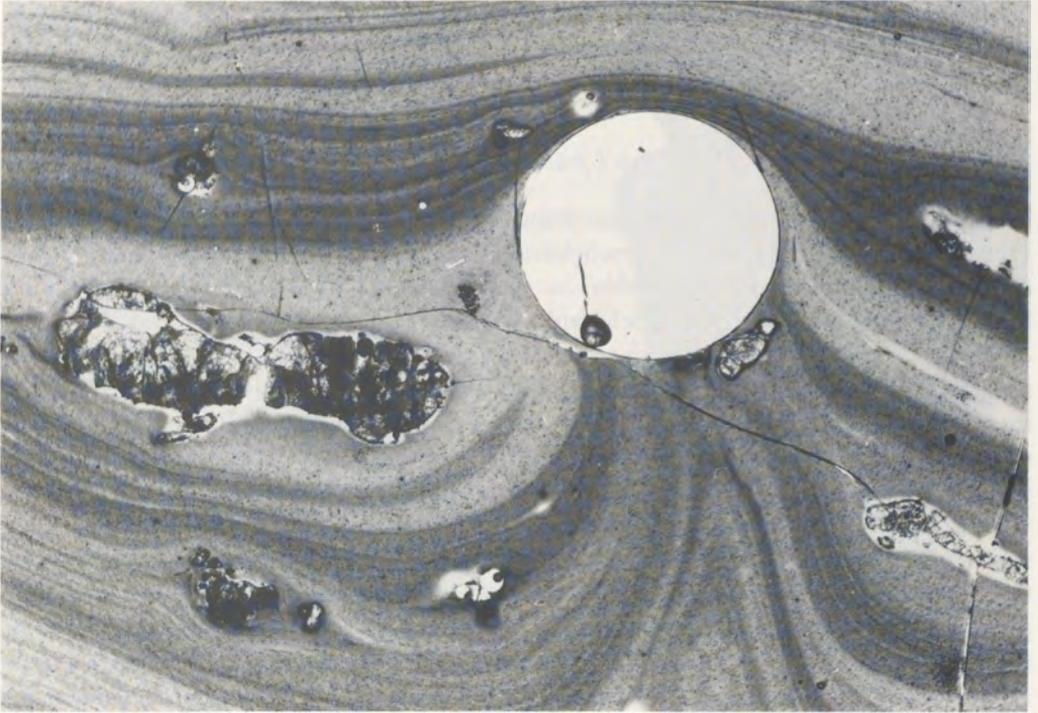


Abb. 3a Schlieriges Schlackenglas (8901–20) der Blei/Silber(Cu)-Gewinnung, Muggenbrunn, 16. Jahrhundert; Dünnschliff (Durchlicht); mit Quarzeinschlüssen und Blasen (Bildbreite: 5,6 mm).

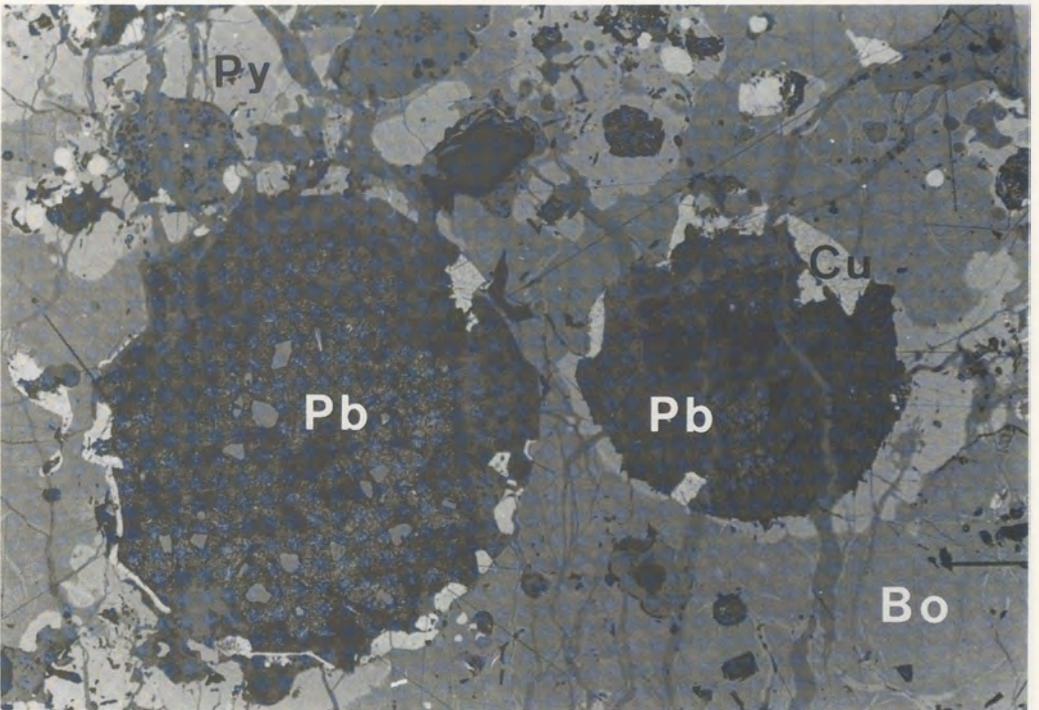


Abb. 3b »Stein« (»Matte«)-Phasen (G22/6b) mit Bleieinschlüssen von einem Blei/Silber-Verhüttungsplatz in Münstertal-Willnau, 13./14. Jahrhundert; pol. Dünnschliff (Auflicht), Pb = Blei, Bo = Bornit, Py = Pyrrhotin, Cu = Kupfer (Bildbreite: 0,7 mm).

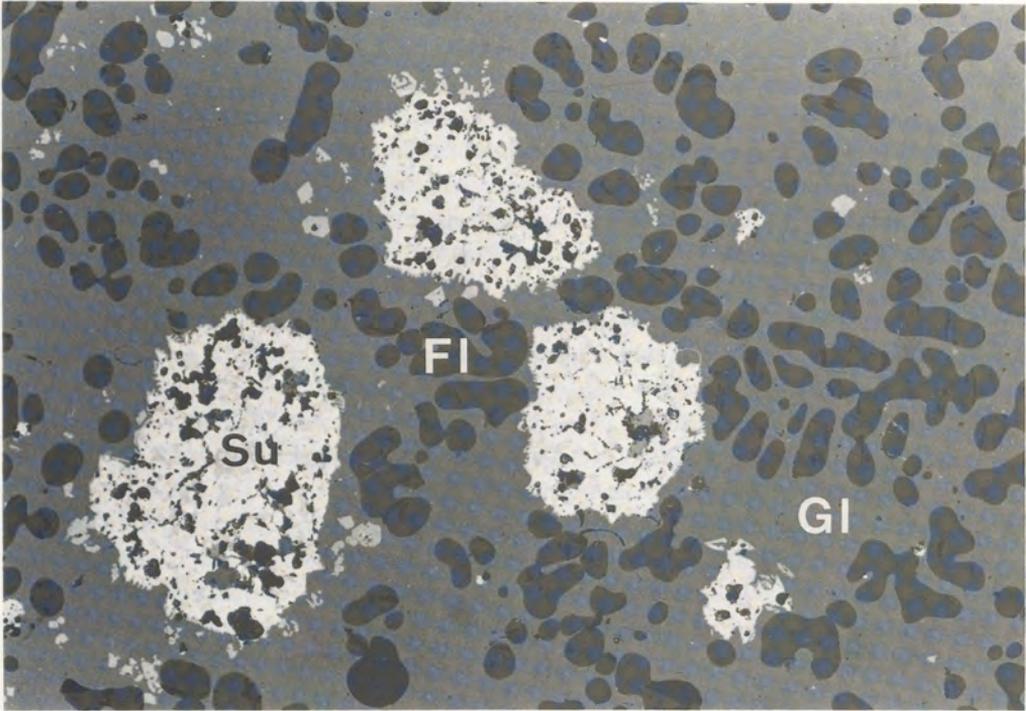


Abb. 4a Fluorithaltige Schlacke (8901-33), Blei/Silber(Cu)-Hütte, Münstertal-Hof, 18./19. Jahrhundert; pol. Dünnschliff (Auflicht), Gl = Glas, Fl = Fluorit, Su = Sulfidphasen (Bildbreite: 1,4 mm).

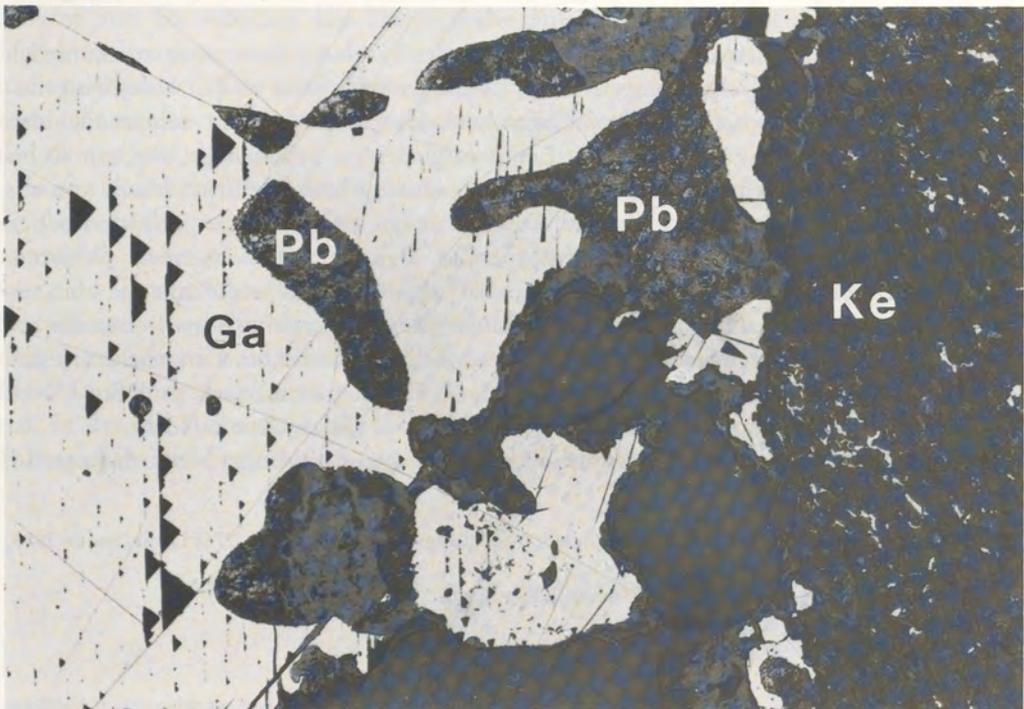


Abb. 4b Galenit auf Ofenkeramik (G4/3), Blei/Silber-Hütte Sexau, 18./19. Jahrhundert; polierter Dünnschliff (Auflicht), Ga = Galenit, Pb = Blei, Ke = Ofenkeramik (Bildbreite: 2,8 mm).

Gläser hinterlassen haben. Am Aufbau der bislang untersuchten Schlacken aus dieser Epoche sind in hohem Maße Barium und/oder Calcium beteiligt (Tab. 1, S. 244). Während Fluorit (CaF_2) bewußt als Flußmittel eingesetzt wurde (Abb. 4a), bleibt beim Baryt (Ba_2SO_4) die Frage noch offen, ob auch dieser Flußmittelfunktion ausübte oder aber nur aufgrund seines hohen spezifischen Gewichtes bei der Aufbereitung nicht vom Erz getrennt werden konnte. Die für die vorangegangene Epoche charakteristischen blauen bis grünlichgrauen Gläser fehlen hier – bis auf vereinzelte Funde – völlig. Als *Ofenmauersteine* treten meist Formziegel (Abb. 4b) sowie auch Natursteine (Gneisbrocken) auf, die häufig Verschlackung zeigen. Von den Hüttenwerken dieser Zeit sind noch mehr oder weniger umfangreiche Archivunterlagen vorhanden²¹. Auch das Spektrum metallurgischer Rückstände im Gelände ist aufgrund des jungen Alters noch relativ reichhaltig.

6. Eisenverarbeitende Metallurgie – Bergschmieden

Die zahlreichen, meist kleineren Schlackenhalde in unmittelbarer Nähe der Abbauspuren – mit Schlackenmengen im Bereich von einigen Kilogramm bis wenigen Tonnen – lassen sich, von Ausnahmen²² abgesehen, einer eisenverarbeitenden Metallurgie zuordnen²³. Bergschmieden, archäologisch nachgewiesen seit dem 11./12. Jahrhundert²⁴, waren demnach in den Bergbaurevieren weit verbreitet und nehmen eine bedeutende Position bei der archäologischen Erforschung des Themenbereiches Abbau und Erzgewinnung ein. Durch hier mögliche Keramik- und Holzkohlefunde liefert dieser Fundkomplex wichtige Grundlagen für die Datierung einzelner Bergbauphasen. In der unmittelbaren Umgebung dieser Werkstattbereiche können zudem in der Regel auch weitere Aktivitäten der Bergleute, z. B. im Zusammenhang mit Erzaufbereitung oder Wohn- und Aufenthaltsstätten der Bergleute und ihrer Familien, nachgewiesen werden²⁵.

Die Schmiedewerkstätten wurden direkt neben den Gruben, wenn nötig auf künstlich angelegten Verebnungsflächen, eingerichtet (auf Bergehalden oder in den Hang eingelassen); zu den archäologisch faßbaren Überresten gehören neben den Schlackenhalde flache, in den Boden eingetiefte und mit Lehm ausgekleidete Schmiedegruben von 80 bis 100 cm Durchmesser, teilweise ergänzt durch Steinsetzungen, sowie Bruchstücke von aus Lehm aufgebauten Esseschilden. Zu den Aufgaben eines Bergschmiedes gehörten neben der Instandhaltung von bergmännischem Gezähe (Reparaturen, Schweißen, Schärfen, Härten) offensichtlich auch die Bearbeitung von Roheisenluppen und damit die Herstellung von Werkzeugen²⁶. Die metallurgischen Überreste der Bergschmieden weisen ein auf allen Fundplätzen immer wieder zu beobachtendes charakteristisches Fundspektrum auf. Fundmaterial der Ausgrabungen Sulzburg (Szb A, 11./12. Jahrhundert) und St. Ulrich (St. U A, 13./14. Jahrhundert)²⁷ wurde mineralogisch und chemisch untersucht.

Unter den metallurgischen Abfallprodukten überwiegen unförmige, bis zu faustgroße,

21 Zu Hüttenwerken aus dem 18./19. Jahrhundert. vgl. SCHLAGETER 1989, 250 u. 276; DÖRFLINGER 1989, 220ff.; METZ 1959.

22 Vgl. oben: Kupfergewinnung in Münstertal-Süßenbrunn.

23 Vgl. GOLDENBERG 1990b, 163ff.

24 Vgl. ZIMMERMANN 1990b, 125ff.

25 Vgl. Anm. 24.

26 Zu den Schmiederohstoffen und zu den Schmiedetechniken vgl. PLEINER 1962, 252ff.; über Schmiedeschlacken vgl. KEESMANN 1985; KEESMANN, HELLERMANN 1989; SPERL 1980; WESTPHALEN 1989.

27 Vgl. ZIMMERMANN 1990b, 125ff. u. 134ff.

sehr heterogene Schlacken in dunkelgrauen und braunen Farbtönen, die aus blasenreicher silikatischer Schlacke, eisenoxid- und limonitreichen Massen, Quarzkörnern, angeschmolzenen Gesteinsbruchstücken, teilweise aufgeschmolzenem Lehm sowie aus Holzkohle- und Holzresten aufgebaut sind. Charakteristisch treten 10 bis 15 cm im Durchmesser betragende, meist konkav-konvex gewölbte Schlackenkalotten auf, die als am Herdboden vor der Düse gebildete Rückstände von einem oder mehreren Schmiedevorgängen angesehen werden können. Kalotten, die fast vollständig aus Fayalit (Fe_2SiO_4), Wüstit (FeO) und Glas aufgebaut sind, weisen aufgrund von gelegentlichen Eiseneinschlüssen, die selbst noch Schlackereste enthalten, auf das Ausschmieden von Roheisenluppen hin (Abb. 5a); sie lassen sich chemisch und mineralogisch kaum von Reduktionsschlacken aus dem Rennfeuerprozeß bei der Eisengewinnung unterscheiden. Eisenoxid- und limonitreiche Kalotten mit limonitisierten Eisenteilchen, Quarzkörnern und Feuerungsresten können dagegen einer fortgeschrittenen Weiterverarbeitung zugeordnet werden. Sowohl in den die Schmiedeessen umgebenden Schlackenrinnen als auch in den Schmiederückständen selbst läßt sich *Hammerschlag* (Abb. 5b) in Form von magnetischen Eisenoxidplättchen (Wüstit, Magnetit [Fe_3O_4]) und sphärischen Schlackepartikeln (Glas, Fayalit, Eisenoxide) nachweisen²⁸.

Auffallend ist ein hoher Anteil an bis zu walnußgroßen, teilweise angeschmolzenen Gesteinsbruchstücken aus lokalem Gneis am Aufbau der heterogenen Schlackenklumpen. Offensichtlich hatte dieses Material aus der unmittelbaren Umgebung der Schmiedewerkstätten einen bestimmten Zweck bei der Prozeßführung zu erfüllen; zu denken ist z. B. an ein Zusammenhalten der Charge oder an eine Abdeckung zur Isolation²⁹.

Plattige Bruchstücke von rotgebranntem, einseitig verschlacktem Lehm können als Reste der düsennahen Herdgrubenauskleidung angesprochen werden. Bei den Ausgrabungen fanden sich in solchen Herdwandungsfragmenten gelegentlich Düsenabdrücke, die auf den Einsatz von Esseschilden aus Lehm sowie auf Metallrohrdüsen zur Luftzufuhr mit Durchmessern von zwei bis drei Zentimetern hinweisen; Reste von Tondüsen wurden nicht beobachtet³⁰. Der relativ hohe Anteil dieser Lehmfragmente am gesamten Fundspektrum läßt vermuten, daß häufige Ausbesserungen oder Erneuerungen der Lehmkonstruktionen stattgefunden haben.

In den chemischen Analysen wird die ausgesprochene Heterogenität des Fundspektrums deutlich; bedingt durch unterschiedliche Verarbeitungsstadien sowie durch die Vermischung der verschiedenen am Prozeß beteiligten Komponenten kommen alle Übergänge von einer reinen Eisensilikat/Eisenoxid-Schlacke mit hohen FeO-Gehalten bis hin zur Schlacke aus aufgeschmolzenen Gesteinsbruchstücken oder aufgeschmolzenem Herdwandungslehm mit hohen SiO_2 - und Al_2O_3 -Gehalten vor. Vereinzelt weisen manche Proben Bleianreicherungen auf, die auf eine Kontamination durch Erzreste aus dem Haldenmaterial, in das die Schmiedegruben in der Regel eingetieft sind, oder auf den Einsatz von Pochsand aus der Erzaufbereitung beim Schmiedevorgang zurückgeführt werden können.

28 Über Rückstände beim Schmieden und über Hammerschlag vgl. McDONNELL 1984.

29 Vgl. BIRINGUCCIO 1540, 76ff.

30 Zu den archäologischen Befunden auf Schmiedepätzen vgl. ZIMMERMANN 1990b, 125ff.



Abb. 5a Schlackenkalotte (Szb A 805) aus Schmiedebefund, Sulzburg, 11./12. Jahrhundert; pol. Dünnschliff (Auflicht); glasige Grundmasse (dunkelgrau), leistenförmige Fayalitkristalle (grau), Eisenoxidtropfen (hellgrau) und Luppenrest (weiß).

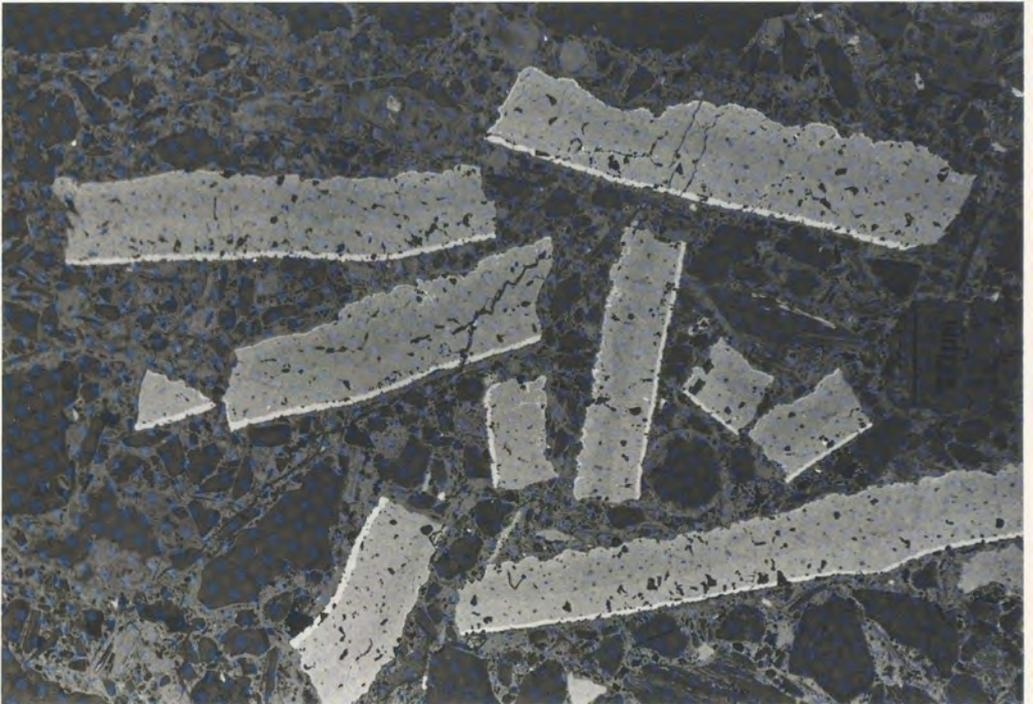


Abb. 5b Schlackenkalotte (Szb A 856) aus Schmiedebefund, Sulzburg, 11./12. Jahrhundert; pol. Dünnschliff (Auflicht); Eisenoxidplättchen »Hammerschlag« im Querschnitt (hellgrau) und scharfkantige Quarzkörner (dunkelgrau) in limonitreicher Grundmasse.

7. Eisengewinnung

Die Einbeziehung von Relikten der Eisengewinnung in die Untersuchungen diene vor allem dem Zweck, eine eindeutige Abgrenzung von Blei/Silber/Kupfer-Metallurgie einerseits und Eisen-Metallurgie andererseits anhand der auftretenden Schlackenfunde zu ermöglichen. Am Schwarzwaldrand standen hierfür Schlackenhalde von Rennfeuerplätzen bzw. von neuzeitlichen Eisenhüttenwerken zur Verfügung³¹. Diese Rückstände lassen sich in den untersuchten Fällen über die mineralogisch-chemischen Analysen zweifelsfrei von den Buntmetallschlacken unterscheiden; die Eisenschlacken weisen keine vergleichbaren Schwermetallanreicherungen auf (Tab. 1); in den Dünnschliffen konnten keine Phasen mit Buntmetallbeteiligung beobachtet werden. Vom Fundkomplex der Bergschmieden lassen sich die Rennfeuerplätze weniger durch mineralogisch-chemische Untersuchungen als vielmehr über archäologische Befundzusammenhänge und vor allem über das Fundspektrum an metallurgischen Rückständen unterscheiden. So treten die für Rennfeuer charakteristischen fayalitischen Laufschlacken auf Schmiedepätzen nicht auf.

8. Chemischer Vergleich der untersuchten Schlacken

Für einen chemischen Vergleich von metallurgischen Rückständen aus der Blei/Silbergewinnung, der Kupfergewinnung und der Eisengewinnung wurden Schlackenfunde herangezogen, die nach einem Schlackenabstich außerhalb von Öfen oder in Vorherden erstarrt sind. Analysiert wurden Proben aus der mengenmäßig jeweils deutlich vorherrschenden Fundgruppe (Tab. 1); es handelt sich hierbei um relativ homogene Silikatschlacken, die als Gläser oder in kristallisiertem Zustand vorliegen.

Abb. 6 zeigt die Verteilung von Pb, Zn und Cu in den untersuchten Schlacken. Die Einteilung in vier Gruppen: I. Kupfergewinnung 11./12. Jahrhundert, II. Blei/Silber (/Kupfer)-Gewinnung 13. bis 19. Jahrhundert, III. Eisengewinnung im Rennfeuer und im Hochofen, IV. Eisenverarbeitung in Bergschmieden erfolgte nach den archäologischen und mineralogischen Befunden sowie nach Auswertung schriftlicher Überlieferungen.

Die Interpretation der Schlacken von Münstertal-Süßenbrunn als Rückstände einer Kupfergewinnung findet in der chemischen Analyse durch den hohen Cu-Gehalt (> 1 Gew.-Prozent) gegenüber dem völlig zurücktretenden Pb seine Bestätigung. Ausschlaggebend für diese Zusammensetzung sind in erster Linie die Ausgangserze, bei denen es sich nahezu ausschließlich um Kupferkies/Pyrit gehandelt haben dürfte. Die Schlacken der Blei/Silber(Kupfer)-Verhüttung von Schlackenhalde des 13. bis 19. Jahrhunderts weisen dagegen regelmäßig Pb-Gehalte im Prozent-Bereich und schwankende, meist jedoch deutliche Zn-Gehalte von bis zu mehreren Gew.-Prozent auf. Eine Zuordnung zu bestimmten Lagerstätten bzw. einzelnen Erzgängen ist nicht immer ohne weiteres möglich, besonders dann nicht, wenn damit gerechnet werden kann, daß Erzkonzentrate aus verschiedenen Gruben gemeinsam verhüttet wurden.

Bei den Eisengewinnungsschlacken aus Rennfeuern und Hochofen sind keine vergleichbaren Konzentrationen an Pb, Cu und Zn festzustellen; dies ist vor allem auf die Rohstoffe für die Eisenerzeugung zurückzuführen, die zum überwiegenden Teil aus den sedimentären Bohnerz- und Doggererzvorkommen der Vorbergzone gewonnen wurden und sich somit von ihrer Paragenese her deutlich von den Erzen der hydrothermalen Gangerzlager-

31 Über die Eisengewinnung in Südbaden vgl. GASSMANN 1991.

Tabelle 1 Chemische Pauschalanalysen von Schlacken unterschiedlicher Fundplätze im südlichen Schwarzwald

Probe Zeitstellung	Blei/Silber/Kupfer-Gewinnung								
	Süs 89-74 11./12. Jh.	Wln 88-45 13./14. Jh.	StU 89-26 13./14. Jh.	Gsw 89-5 15. Jh.	Obr 89-10 16. Jh.	Hör 89-12 16. Jh.	Mgb 89-20 16. Jh.	Sex 89-37 18./19. Jh.	Hof 89-33 18./19. Jh.
SiO ₂	46.00	48.10	38.50	47.10	43.40	52.40	46.90	23.70	26.10
TiO ₂	0.12	0.20	0.17	0.28	0.33	0.33	0.35	0.25	0.17
Al ₂ O ₃	3.60	5.90	3.80	7.20	5.90	9.10	8.70	4.50	2.30
FeO _t	42.60	5.80	3.00	10.70	28.30	15.40	13.60	11.60	19.30
MnO	0.66	0.13	—	0.08	1.03	0.26	0.19	0.49	0.19
CaO	2.10	14.60	23.10	17.20	7.80	7.00	6.90	7.70	29.40
MgO	0.46	0.81	0.63	0.99	2.16	1.66	1.58	1.18	0.46
Na ₂ O	0.40	0.70	—	2.20	1.10	1.10	1.00	0.70	0.60
K ₂ O	1.45	1.69	1.08	2.53	1.81	3.49	3.13	2.53	0.60
P ₂ O ₅	—	nb	—	nb	nb	1.20	1.20	1.40	0.70
BaO	1.45	13.51	16.30	13.96	1.12	0.33	2.90	32.93	14.51
PbO	—	1.20	0.40	1.30	4.30	1.40	0.70	1.50	2.80
ZnO	—	1.31	0.12	1.87	0.62	7.34	7.72	0.16	1.24
Cu	1.10	—	0.10	0.04	0.20	0.30	—	0.05	—
Summe Gew.-%	99.94	93.95	87.20	105.45	98.07	101.31	94.87	88.69	98.37

Probe Zeitstellung	Eisen-Gewinnung (Rennfeuer)			Eisen-Gewinnung (Hochofen)			Eisen-Verarbeitung (Bergschmiede)	
	Sls 89-60 ?	Her 89-63 ?	Snb 89-65 ?	Ezb 89-45 17./18. Jh.	Kln 89-55 18. Jh.	Obw 89-50 16.-19. Jh.	SzbA 970 11./12. Jh.	StU A 919 13./14. Jh.
SiO ₂	32.30	36.60	33.20	50.50	65.00	50.50	27.40	24.20
TiO ₂	0.53	0.40	0.13	1.35	0.60	1.22	0.30	0.17
Al ₂ O ₃	6.20	4.70	4.30	11.70	8.30	14.00	7.00	4.50
FeO _t	58.90	67.20	65.00	3.90	3.10	2.40	47.30	62.90
MnO	0.62	0.28	2.45	0.19	1.55	0.08	0.17	0.12
CaO	2.20	1.30	1.10	19.00	27.10	29.10	9.70	1.50
MgO	0.43	0.18	0.35	13.10	0.99	0.43	1.62	0.93
Na ₂ O	0.30	—	0.30	—	—	—	1.20	—
K ₂ O	1.08	0.29	1.02	0.87	1.01	0.36	2.29	1.32
P ₂ O ₅	0.40	—	0.30	—	—	—	1.10	0.30
BaO	0.08	—	—	—	0.09	—	0.27	0.11
PbO	—	—	—	—	—	—	—	—
ZnO	—	—	—	—	—	—	0.07	—
Cu	—	—	—	—	—	—	—	0.05
Summe-Gew.-%	103.04	110.95	108.15	100.61	107.74	98.09	98.42	96.10

stätten im kristallinen Grundgebirge unterscheiden. Die Ansprache von Schmiedeschlacken wäre in den untersuchten Fällen mitunter problematisch, würde man sich nur auf die chemische Analyse beziehen, da in einzelnen heterogenen Proben deutliche Bleianreicherungen auftreten. Die für den chemischen Vergleich herangezogenen Analysen von fayalitischen Schlackenkalotten zeigen jedoch in ihren Pb, Cu, Zn-Gehalten deutliche Unterschiede zu den Verhüttungsschlacken der Buntmetallgewinnung.

Ein erster Ansatz zu einer Gruppierung von Verhüttungsschlacken der Blei/Silber- und Kupfergewinnung nach zeitlichen und verfahrenstechnischen Gesichtspunkten ist in einem erweiterten SiO₂/CaO/FeO-Diagramm (Abb. 7) dargestellt. Deutlich hebt sich die Gruppe

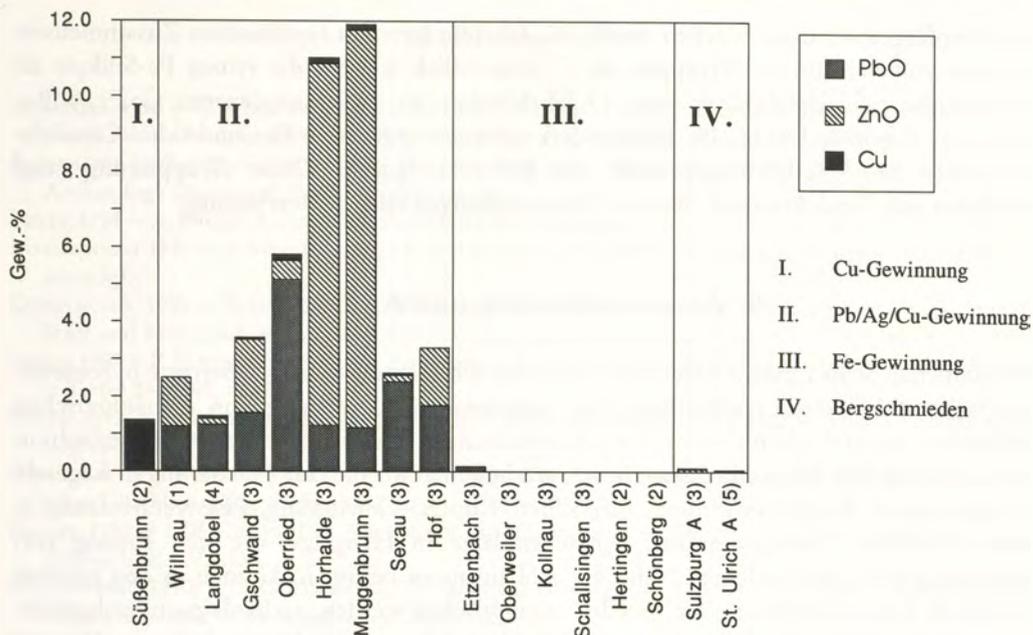


Abb. 6 Verteilung von Pb, Cu und Zn in Schlackenproben von verschiedenen Fundplätzen; Mittelwerte aus () Proben.

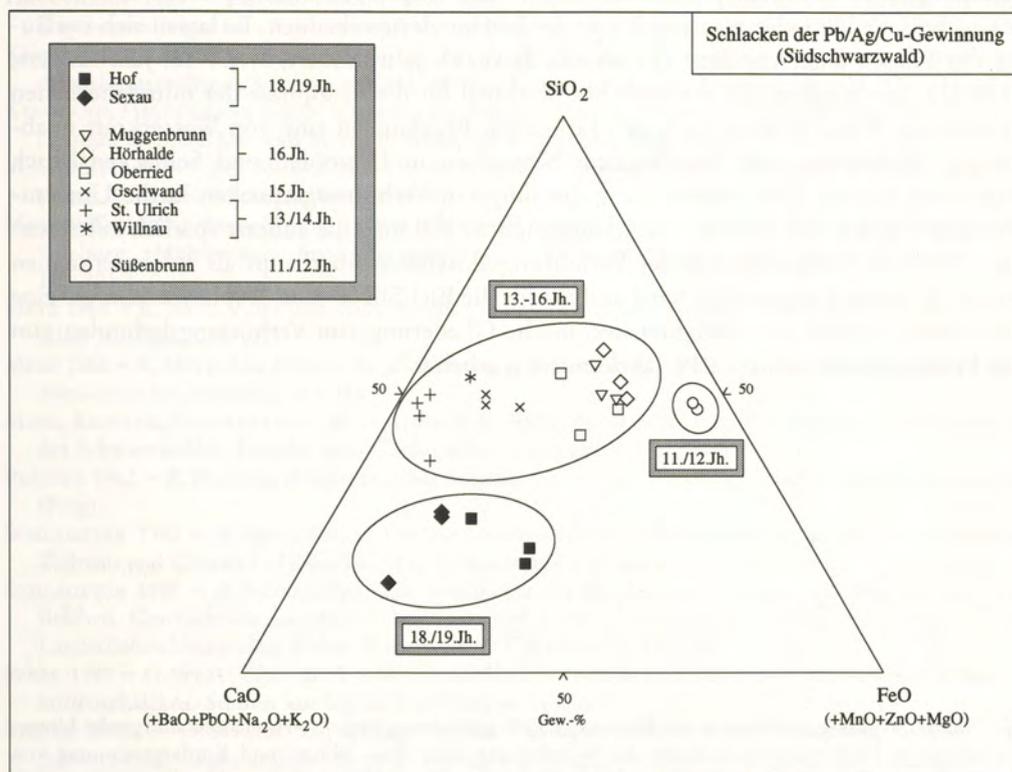


Abb. 7 Blei/Silber- und Kupfergewinnungsschlacken verschiedener Fundplätze in einem erweiterten SiO₂/CaO/FeO-Dreiecksdiagramm.

der Kupfergewinnungsschlacken des 11./12. Jahrhunderts mit fayalitischen Zusammensetzungen von den übrigen Gruppen ab. Offensichtlich werden die reinen Fe-Silikate als wesentliche Schlackenbildner vom 13. Jahrhundert an von komplexeren Ca,Fe,Al,Ba-Silikaten abgelöst. Im 18./19. Jahrhundert scheinen vor allem Ba- und/oder Ca-reiche Schlacken beim Verhüttungsprozeß eine Rolle zu spielen. Diese Gruppierung zeigt zunächst nur Tendenzen auf. Weitere Untersuchungen sind in Bearbeitung.

9. Zusammenfassung und Ausblick

Im südlichen Schwarzwald lassen sich vielerorts Schlackenhalde als Überreste pyrometallurgischer Aktivitäten nachweisen. Die gemeinsame Auswertung von archäologischen Befunden, mineralogisch-chemischen Untersuchungen und historischen Quellen erlaubt in bezug auf die Art der produzierten bzw. verarbeiteten Metalle eine Gliederung in folgende Fundgruppen: Kupfergewinnung, Blei/Silber(/Kupfer)-Gewinnung, Eisenverarbeitung in Bergschmieden, Eisengewinnung. Schlackenplätze in Hanglage, die sich entlang von Pingenzügen in unmittelbarer Nähe der Abbauspuren befinden, können in den meisten Fällen als Überreste von Bergschmieden angesprochen werden, archäologisch nachgewiesen seit dem 11. Jahrhundert; Ausnahmen bilden einige wenige bislang bekannte Verhüttungsplätze in ähnlicher Fundsituation aus dem 11./12. Jahrhundert (Schwarzwald, Vogesen). Seit dem 13. Jahrhundert wurden Hüttenwerke systematisch an Bachläufen errichtet, um die Wasserkraft zur Aufbereitung und zum Betreiben von Blasebälgen zu nutzen. Das metallurgische Fundspektrum auf Blei/Silber- und Kupferverhüttungsplätzen läßt verfahrenstechnische Veränderungen im Laufe der Jahrhunderte erkennen. Es lassen sich vorläufig vier Phasen unterscheiden: 1) römisch, 2) 11./12. Jahrhundert, 3) 13.–16. Jahrhundert, 4) 18./19. Jahrhundert. Als wesentliches Merkmal für die Frühphase der mittelalterlichen Verhüttung (Phase 2) kann nach den bisherigen Ergebnissen eine von Wasserkraft unabhängige Technologie mit fayalitischem Schmelzen in Lehmöfen und Schlackenabstich angesehen werden. Die Einbeziehung der jüngeren Verhüttungsepochen in die Untersuchungen – so hat sich gezeigt – ist unumgänglich, will man die äußerst spärlich auftretenden Überreste frühgeschichtlicher Verhüttungsaktivitäten überhaupt als solche erkennen lernen. In einem Folgeprojekt wird deshalb für die Blei/Silber- und Kupfermetallurgie eine detaillierte zeitliche und verfahrenstechnische Gliederung von Verhüttungsbefunden von der Frühgeschichte bis zum 19. Jahrhundert erarbeitet³².

32 Von der Volkswagen-Stiftung seit November 1990 gefördertes Projekt »Archäometallurgische Untersuchungen an Verhüttungsrückständen der Südschwarzwälder Blei-, Silber- und Kupfergewinnung von der Frühgeschichte bis zur Neuzeit«, durchgeführt am Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Freiburg (Prof. Dr. J. Otto, G. Goldenberg) in Zusammenarbeit mit dem Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Freiburg (Prof. Dr. H. Steuer, Dr. U. Zimmermann, H. Wagner).

10. Bibliographie

- AGRICOLA 1556 = G. AGRICOLA, *De Re Metallica Libri XII*. Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen (Basel 1556). Deutsche Übersetzung von C. SCHIFFNER, 5. Auflage (Düsseldorf 1978).
- BACHMANN 1982 = H.-G. BACHMANN, The identification of slags from archaeological sites. Institute of Archaeology Occasional Publication 6 (London).
- BEYER 1794 = A. BEYER, *Beyträge zur Bergbaukunde* (Dresden).
- BIRINGUCCIO 1540 = V. BIRINGUCCIO, *De la Pirotechnia*. Deutsche Übersetzung O. JOHANNSEN (Braunschweig).
- DÖRFLINGER 1989 = B. DÖRFLINGER, Wiederaufnahme des Bergbaus im 18. Jahrhundert. In: *Todtnau. Stadt und Ferienland im südlichen Schwarzwald* (Todtnau) 213–247.
- FLUCK 1990 = P. FLUCK, *L'archéologie des mines et de la métallurgie*. Panorama des sites vosgiens. *Pierres et Terres* 34, 1990, 68–71.
- FLUCK 1991 = P. FLUCK, *La métallurgie du cuivre et du plomb argentifère dans les Vosges Centrales* (in Vorbereitung).
- GASSMANN 1991 = G. GASSMANN, *Der südbadische Eisenerzbergbau: Geologischer und montanhistorischer Überblick*. Diss. Freiburg i. Br.
- GILLES 1952 = J. W. GILLES, *Der Stammbaum des Hochofens*. *Archiv für das Eisenhüttenwesen* 11/12 (Düsseldorf) 407–415.
- GOLDENBERG 1990a = G. GOLDENBERG, *Die montanarchäologische Prospektion – Methoden und Ergebnisse*. *Freiburger Universitätsblätter* 109, 85–113.
- GOLDENBERG 1990b = G. GOLDENBERG, *Die Schlacken und ihre Analysen – Relikte der Metallgewinnung und Metallverarbeitung*. *Freiburger Universitätsblätter* 109, 147–172.
- GOLDENBERG, STEUER, ZIMMERMANN 1989 = G. GOLDENBERG, H. STEUER, U. ZIMMERMANN, *Montanarchäologische Untersuchungen im südlichen Schwarzwald*. *Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg* 1988 (Stuttgart 1989), 194–202.
- HAUPTMANN 1985 = A. HAUPTMANN, *5000 Jahre Kupfer in Oman*. Band 1: Die Entwicklung der Kupfermetallurgie vom 3. Jahrtausend bis zur Neuzeit. *Der Anschnitt, Beiheft 4* (Bochum 1985).
- KEESMANN 1985 = I. KEESMANN, *Chemische und mineralogische Untersuchungen von Eisenschlacken aus der hallstattzeitlichen Siedlung von Niedererlbach*. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 15, 351–357.
- KEESMANN, HELLERMANN 1989 = I. KEESMANN, B. HELLERMANN, *Mineralogische und chemische Untersuchungen an Schlacken vom Morro de Mezquitilla*. *Madridrer Mitteilungen* 30, 92–120.
- MCDONNELL 1984 = J. G. McDONNELL, *The study of iron smithing residues*. In: SCOTT, B. G., CLEERE, H. (Eds.), *The crafts of the blacksmith*, 47–52.
- MARTIN-KILCHER, MAUS, WERTH 1979 = S. Martin-Kilcher, H. Maus, W. Werth, *Römischer Bergbau bei Sulzburg »Mühlematt«*, Kreis Breisgau-Hochschwarzwald. *Fundberichte Baden-Württemberg* 4, 170–203.
- METZ 1959 = R. METZ, *Alter und neuer Bergbau in den Lahrer und Emmendinger Vorbergen*. *Alemannisches Jahrbuch*, 255–277.
- METZ 1961 = R. METZ, *Der frühere Bergbau im Suggental und der Urgraben am Kandel im Schwarzwald*. *Alemannisches Jahrbuch*, 281–316.
- METZ, RICHTER, SCHÜRENBERG 1957 = R. METZ, M. RICHTER, H. SCHÜRENBERG, *Die Blei-Zink-Erzgänge des Schwarzwaldes*, Beihefte zum Geologischen Jahrbuch 29 (Hannover).
- PLEINER 1962 = R. PLEINER, *Alteuropäisches Schmiedehandwerk*. *Stand der metallkundlichen Forschung* (Prag).
- SCHLAGETER 1982 = A. SCHLAGETER, *Die vorderösterreichischen Schmelzwerke in den alten Vogteien Todtnau und Oberried (1500–1580)*. *Der Schauinsland* 101, 169–192.
- SCHLAGETER 1989 = A. SCHLAGETER, *Zur Geschichte des Bergbaus im Umkreis des Belchen*. In: *Der Belchen. Geschichtlich-naturkundliche Monographie des schönsten Schwarzwaldberges*. *Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württemberg* 13 (Karlsruhe), 127–309.
- SPEL 1980 = G. SPERL, *Über die Typologie urzeitlicher, frühgeschichtlicher und mittelalterlicher Eisenschlacken*. *Studien zur Industriearchäologie* 7 (Wien).
- STEUER 1990a = H. STEUER, *Zur Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald. Literaturübersicht und Begründung eines Forschungsprogramms*. In: NUBER, H. U., K. SCHMID, H. STEUER, Th. ZOTZ (Hrsg.), *Archäologie und Geschichte*. *Freiburger Forschungen zum ersten Jahrtausend in Südwestdeutschland, Band 1* (Sigmaringen) 387–415.

- STEUER 1990b = H. STEUER, Das Forschungsvorhaben »Zur Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald«. Freiburger Universitätsblätter 109, 23–32.
- STEUER, GOLDENBERG, ZIMMERMANN 1988 = H. STEUER, G. GOLDENBERG, U. ZIMMERMANN, Untersuchungen zur Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1987 (Stuttgart 1988) 328–336.
- SUHLING 1976 = L. SUHLING, Der Seigerhüttenprozeß. Die Technologie des Kupferseigers nach dem frühen metallurgischen Schrifttum (Stuttgart).
- WESTPHALEN 1989 = P. WESTPHALEN, Die Eisenschlacken von Haithabu. Bericht über die Ausgrabungen in Haithabu 26 (Neumünster).
- ZIMMERMANN, GOLDENBERG, 1990a = U. ZIMMERMANN, G. GOLDENBERG Mittelalterlicher Kupferbergbau und Kupferverhüttung in Münstertal-Süßenbrunn, Kreis Breisgau-Hochschwarzwald. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1989 (Stuttgart 1990) 230–235.
- ZIMMERMANN 1990b = U. ZIMMERMANN, Die Ausgrabungen in alten Bergbaurevieren des südlichen Schwarzwaldes. Freiburger Universitätsblätter 109, 115–146.
- ZOLLINGER, MÄCKEL 1989 = G. ZOLLINGER, R. MÄCKEL, Quartäre Geomorphodynamik im Einzugsgebiet des Sulzbaches und der Möhlin, Südbaden. Berichte Naturforsch. Ges. Freiburg i. Br., 77/78, 81–98.

Historischer Erzbergbau im Schwarzwald und Schwermetalle in Böden der Staufener Bucht (südliche Oberrheinebene)

VON ANDREAS HOPPE, ANSGAR FOELLMER UND THOMAS NOELTNER

Zusammenfassung

Schwermetallbelastungen der südlichen Oberrheinebene sind seit längerer Zeit bekannt. In einer zusammenfassenden Auswertung analysierter Oberbodenproben zeigen sich vor allem erhöhte Gehalte an Blei, Zink und Cadmium in den Talauen der Flüsse (mit Ausnahme der Möhlin), sowie in den Schwemmfächern von Sulzbach und Möhlin/Neumagen. Wenig bis unbelastet sind hingegen die Rhein-Niederterrasse und die lößbedeckten Hochflächen zwischen den Talauen. Zwar lassen sich durch die ungleichmäßige Verteilung der Probenpunkte die verschiedenen Teilgebiete bislang nur ungenau charakterisieren, ein deutlicher Bezug der Schwermetall-Konzentrationen zum alten Schwarzwälder Bergbau ist jedoch unverkennbar.

1. Einleitung

Erhöhte Schwermetallgehalte in Böden der südlichen Oberrheinebene sind aus Untersuchungen verschiedener öffentlicher und privater Stellen seit längerer Zeit bekannt. Vor allem Erhebungen des Regierungspräsidiums Freiburg, der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt Augustenbourg (LUFA), der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) und des Geologischen Landesamtes brachten eine weitflächige Belastung der Böden durch Schwermetalle zutage. Vorhandene Daten wurden daher kompiliert, Gebiete mit erhöhten Schwermetallgehalten gegenüber unbelasteten Bereichen abgegrenzt sowie bezüglich der Bodenart, des genetischen Bodentyps und der geomorphologischen Lage (Talauen, Schwemmfächer, lößbedeckte Hochflächen) charakterisiert (Foellmer & Hoppe 1992).

Geologisch-geomorphologisch wird die etwa 10 km südlich von Freiburg gelegene Staufener Bucht von zwei Großeinheiten geprägt: dem Schwarzwald im Osten und dem Oberrheingraben mitsamt Vorbergzonen im Westen (Abb. 1). Der Schwarzwald besteht aus paläozoischen kristallinen Gesteinen, die von zahlreichen Blei-Zink-Kupfer-Erzgängen durchzogen sind (vgl. Metz et al. 1957, Groschopf et al. 1981, Schreiner 1991). Auf diesen Erzgängen hat in den vergangenen Jahrhunderten ein reger Bergbau stattgefunden, der von der Römerzeit (Sulzbach) bis in das 20. Jahrhundert (Münstertal) reichte. Der Oberrheingraben ist durch die Schwarzwaldrandverwerfung und die Innere Grabenrandverwerfung in eine Innere und Äußere Grabenzone unterteilt. Zwischen den beiden Verwerfungen treten im Westen die Innere Vorbergzone und im Osten die Äußere Vorbergzone auf, die aus mesozoischen und tertiären Sedimenten aufgebaut sind. In der Äußeren Grabenzone lagern, unter einer bis zu 20 m mächtigen Lößbedeckung, pleistozäne Schwarzwaldschotter. Durch eine nach Westen abfallende, 20 bis 60 m hohe Geländestufe, schließt

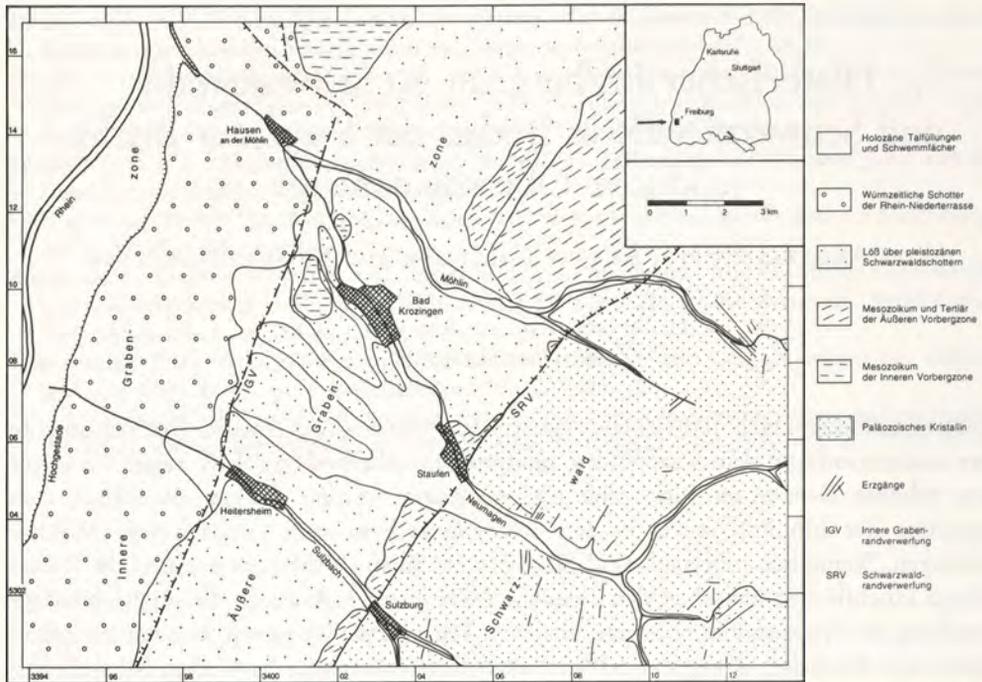


Abb. 1 Vereinfachte geologische Karte des Untersuchungsgebiets (nach GROSCHOPF et al. 1981 und SCHREINER 1991).

sich an die Innere Vorbergzone die Rhein-Niederterrasse an; sie besteht aus alpinen Schottern, die während der Würm-Eiszeit vom Rhein abgelagert wurden. In die lößbedeckten Schwarzwaldschotter haben sich Flüsse mit holozänen Talfüllungen eingeschnitten. Beim Eintritt in die Niederterrasse (Innere Grabenzone, Abb. 1) bildeten die Flüsse kleine Schwemmfächer aus, während der Neumagen schon beim Austritt aus dem Schwarzwald einen größeren Schwemmfächer abgelagert hat. In die Niederterrasse hat sich wiederum die holozäne Rheinaue eingetieft. Eine etwa 3 m hohe Geländestufe (Hochgestade) trennt die Rheinaue von der Niederterrasse.

Die Böden lassen sich grob einteilen in a) terrestrische Böden (außerhalb des Grundwassereinflusses), die sich auf den lößbedeckten Hochflächen und der Niederterrasse entwickelt haben und b) semiterrestrische Böden mit zum Teil reliktschem Grundwassereinfluß und Auendynamik, die sich in den holozänen Talauen und Schwemmfächerbereichen der Flüsse gebildet haben (vgl. Waldmann 1988).

2. Material und Methoden

Bislang wurden an ungefähr 550 Punkten im weiteren Umfeld der Staufener Bucht Oberbodenproben entnommen und auf Schwermetalle analysiert. Es sind Mischproben aus einer Entnahmetiefe von 0 bis 25 cm (Acker) bzw. 0 bis 10 cm (Grünland), tiefere Horizonte wurden an etwa 20 Stellen beprobt. Die Mehrzahl der Proben wurde der Oberrheinebene entnommen, während nur fünf Probenpunkte im Münstertal und fünf am Ausgang des Sulzbachtals liegen; besonders viele Proben entstammen den Schwemmfächern des Sulzbaches und der Möhlin (Abb. 3). Neben den Oberböden wurden auch

Messungen an Bachsedimenten und Abraumhalden des historischen Schwarzwälder Bergbaus (Hurrle 1983) zu Vergleichszwecken herangezogen.

Alle 577 Proben wurden in einer Datenbank zusammengeführt. Dabei wurde unter anderem die Lage mit Rechts- und Hochwerten beschrieben, die Entnahmetiefe angegeben und der Bodentyp gemäß der bodenkundlichen Aufnahme von Waldmann (1988) zugeordnet. Dabei zeigte sich, daß 75 Prozent der Probenpunkte (soweit sie sich im Bereich der Karte von Waldmann befinden) auf Böden der Talauen und auf Schwemmfächern liegen. 25 Prozent der Probenpunkte liegen auf den terrestrischen Böden der Niederterrasse und der lößbedeckten Hochflächen, womit sie bezüglich ihrer flächenmäßigen Verteilung unterrepräsentiert sind. 49,6 Prozent der Oberbodenproben haben die Bodenart Lehm, 32,1 Prozent sandiger Lehm, 9,1 Prozent sandig-toniger Lehm und 5,6 Prozent sandiger Lehm bis Lehm. Andere Bodenarten sind nur vereinzelt vertreten.

Die Oberbodenproben waren in Königswasser (DIN 38414, Teil 7), die Proben von Hurrle (1983) mit einem Flußsäure-/Perchlorsäure-Gemisch aufgeschlossen und mit Hilfe der Atomabsorptions-Spektrometrie auf ihre Schwermetallgehalte analysiert worden.

3. Schwermetallgehalte

Die höchsten Gehalte an Blei wurden in Haldenmaterial gemessen. Fast alle Proben haben Gehalte von mehr als 1000 mg/kg Blei, einige sogar Bleigehalte im Prozentbereich. Bei den Bachsedimenten macht sich ein Verdünnungseffekt gegenüber dem Haldenmaterial bemerkbar. 40,6 Prozent dieser Proben haben Bleigehalte zwischen 100 und 300 mg/kg, 15,6 Prozent liegen über 1000 mg/kg. Die Variationsbreite der Bleigehalte in den Oberböden reicht von 22 bis 10484 mg/kg, wobei 37 Prozent der Proben Gehalte kleiner, 63 Prozent größer als 100 mg/kg Blei enthalten, 11,9 Prozent davon mit mehr als 1000 mg/kg.

Zink hat eine ähnliche Häufigkeitsverteilung wie Blei. Die meisten Proben des Haldenmaterials enthalten mehr als 1000 mg/kg Zink, auch wenn ähnlich hohe Werte wie bei Blei nicht erreicht werden. Bei den Bachsedimenten sind Werte von 100–300 mg/kg Zink mit 37,5 Prozent der Proben am häufigsten. 50 Prozent der Proben liegen über 300 mg/kg. In den Oberböden wurden Werte von 39 bis 1235 mg/kg Zink gemessen; dabei sind Gehalte kleiner 100 mg/kg mit 41,6 Prozent aller Proben am häufigsten, gefolgt von Werten zwischen 100–300 mg/kg mit 36,7 Prozent.

Das Haldenmaterial hat, wie bei Blei und Zink, auch die höchsten Gehalte an Cadmium (fast immer mehr als 3, meist sogar mehr als 10 mg/kg Cadmium). Die Bachsedimente enthalten etwas geringere Mengen an Cadmium: Mit jeweils 26,7 Prozent der Proben liegen die Bereiche 0,5–1 und 1–2 mg/kg bei den Bachsedimenten an der Spitze, 23,4 Prozent enthalten mehr als 3 mg/kg Cadmium. In den Oberböden treten Cadmiumgehalte zwischen 0,1 und 4,1 mg/kg auf, 59 Prozent der Proben haben Gehalte kleiner 0,5 mg/kg Cadmium.

Bezogen auf den Bodentyp fanden sich die höchsten durchschnittlichen Gehalte an Blei, Zink und Cadmium in Böden, die sich in den Talauen und auf den Schwemmfächerbereichen der Flüsse entwickelt haben.

Um zu testen, ob der Schwarzwald Liefer- und die Rheinebene Ablagerungsgebiet der genannten Schwermetalle ist, wurden Ost-West-Profile der Schwermetallgehalte erstellt. Dazu wurde das Untersuchungsgebiet in 2 km breite Nord-Süd-verlaufende Streifen unterteilt (»Rechtswertebereiche«). Für jeden Rechtswertebereich wurden die mittleren Schwermetallgehalte berechnet (Abb. 2; zur Orientierung vgl. Abb. 1). Der Rechtswertebereich bis 3410 umfaßt im wesentlichen den Bereich mit dem Haldenmaterial und den

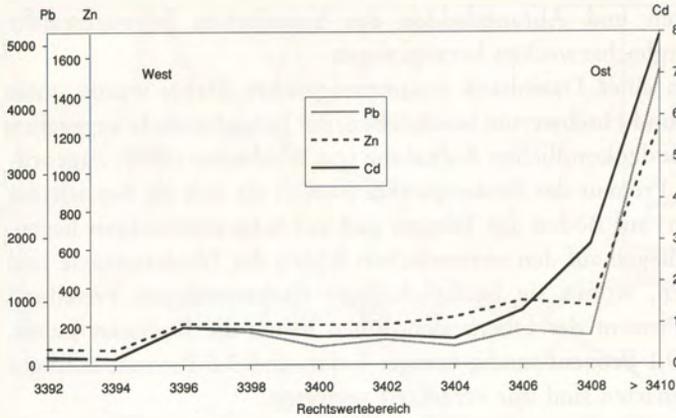


Abb.2 Mittlere Gehalte an Blei, Zink und Cadmium in mg/kg in verschiedenen Teilgebieten vom Liefer- (rechts) zum Ablagerungsgebiet (links). Einteilung nach Rechtswerten, weitere Erläuterungen im Text.

Bachsedimenten in unmittelbarer Nähe der Halden. Die Oberläufe der Flüsse reichen ungefähr bis zum Rechtswert 3406; zwischen 3400 und 3396 befinden sich größtenteils die Schwemmfächer von Sulzbach und Möhlin, die Ablagerungsgebiete des aus dem Schwarzwald herangeführten Materials.

Für alle drei Elemente – Blei, Zink und Cadmium – ergaben sich die gleichen Bilder: Sehr hohe Gehalte im Bereich der Halden, dem Liefergebiet für die Schwermetalle, ein deutliches Absinken im Oberlauf der Flüsse auf ein noch erhöhtes Niveau, ein weiteres schwächeres Absinken im Bereich der Talauen im Vorland, danach ein leichter Anstieg der mittleren Schwermetallgehalte im Schwemmfächerbereich, und schließlich ein Rückgang auf niedrige Werte zum Rhein hin (Abb. 2).

Zur Darstellung der Flächen mit hohen Schwermetallgehalten in Oberböden wurden (in einer ersten semiquantitativen Annäherung) Linien gleicher Gehalte konstruiert. Diese Isolinien wurden mit Hilfe eines Computer-Programmes erstellt und danach von Hand »geglättet« (Abb. 3): Hohe Schwermetallgehalte finden sich im Oberlauf des Neumagens (Münstertal), im weiteren Verlauf des Neumagens bis zum Zusammenfluß mit der Möhlin und im Schwemmfächer von Möhlin/Neumagen westlich von Hausen a.d.M.. Der Schwemmfächer des Sulzbachs westlich von Heitersheim weist ebenfalls sehr hohe Schwermetallgehalte auf, genauso wie die Talaue des Sulzbachs am westlichen Ortsausgang von Sulzburg. Die Werte für Blei liegen in diesen Bereichen über 300 mg/kg, oft deutlich darüber (über 1000 mg/kg), Zink hat Gehalte von mehr als 300 mg/kg, und Cadmium überschreitet in weiten Gebieten 1 mg/kg. Auffallend niedrige Gehalte sind in den Oberböden entlang der Möhlin bis zum Zusammenfluß mit dem Neumagen festzustellen, nur Blei zeigt leicht erhöhte Werte zwischen 100 und 300 mg/kg. Niedrige Werte zeigen auch die Proben auf der Rhein-Niederterrasse und den lößbedeckten Hochflächen zwischen den Talauen der Flüsse. Die Zinkgehalte liegen in diesen Gebieten unter 300 mg/kg, größtenteils unter 100 mg/kg. Die Cadmiumgehalte unterschreiten 0,5 mg/kg. Die Talaue des Sulzbachs hat zwischen Heitersheim und Sulzburg ebenfalls niedrige Schwermetallgehalte, allerdings sind hieraus nur sehr wenige Proben vorhanden. Ebenso fehlen zusätzliche Proben aus den Oberläufen von Möhlin und Sulzbach.

Aufgrund der Untersuchungen an 20 Bodenprofilen bis 1 m Tiefe ist im Bereich der fluviatilen Sedimente der Schwarzwaldflüsse und der Rheinniederterrasse mit geogenen Grundgehalten (ohne historischen Bergbaueinfluß) im Bereich von 30–80 mg/kg für Blei, 0,1–0,3 mg/kg für Cadmium und 50–100 mg/kg für Zink zu rechnen.

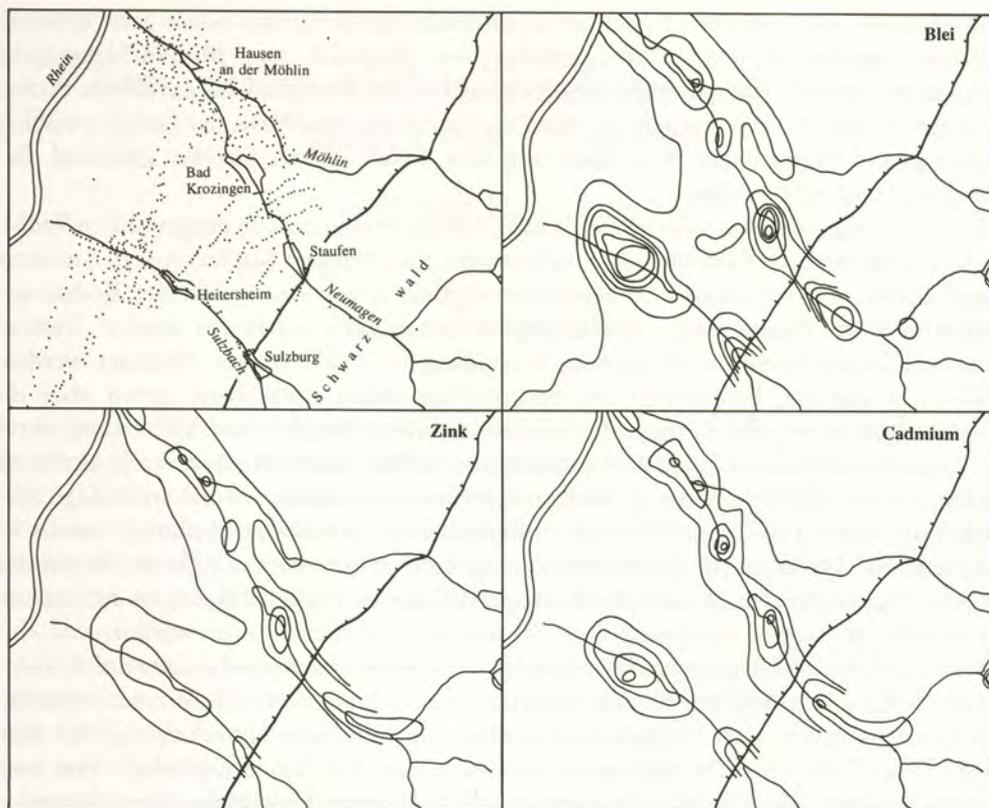


Abb. 3 Schwermetallgehalte in Oberbodenproben der Staufener Bucht (Kartenausschnitt wie in Abb. 1). a) Verteilung der Proben, b) bis d) Isolinien der Schwermetallgehalte (der Abstand der Isolinien beträgt für Blei und Zink 200, beginnend mit 100, für Cadmium 0,5 beginnend mit 0,5 mg/kg).

4. Diskussion und Schlußfolgerungen

Auf der Basis der vorhandenen Daten lassen sich für die Oberböden der Staufener Bucht folgende Aussagen bezüglich ihrer Gehalte an Blei, Zink und Cadmium treffen (Abb. 3): Es existieren Teilgebiete mit stark erhöhten Schwermetallgehalten. Dazu gehören die gesamte Talau des Neumagens vom Oberlauf im Münstertal bis zum Zusammenfluß mit der Möhlin, die Talau des Sulzbachs (soweit sie beprobt wurde) und die Schwemmfächer von Sulzbach und Möhlin/Neumagen. Diese Teilgebiete lassen sich von Gebieten mit geringeren Schwermetallgehalten abgrenzen. Dazu gehören die Bereiche der Rhein-Niederterrasse ohne Bedeckung durch holozäne Sedimente, die lößbedeckten Hochflächen zwischen den Talauen und die Talau der Möhlin bis zum Zusammenfluß mit dem Neumagen. Diese Gebiete weisen zum Teil nur für Blei leicht erhöhte Gehalte auf. Die mittleren Schwermetallgehalte der einzelnen Bodentypen spiegeln die räumliche Verteilung der Schwermetalle wider. Böden der Talauen und Schwemmfächer weisen hohe durchschnittliche Gehalte an Blei, Zink und Cadmium auf. Böden außerhalb dieser Bereiche haben im Mittel deutlich geringere Gehalte. Allerdings kommen in diesen Böden einzelne hohe Werte vor, die durch die Mittelwerte überdeckt werden. Die Proben mit solchen »Ausreißerwerten« entstammen jedoch der unmittelbaren Nachbarschaft von Bodentypen mit höherer Belastung.

Die Aussagekraft dieser Feststellungen wird durch die ungleichmäßige Verteilung der

Probenpunkte eingeschränkt, zumal bevorzugt Verdachtsflächen mit hohen Schwermetallgehalten beprobt wurden (Schwemmfächer von Sulzbach und Möhlin/Neumagen). Gebiete mit hoher Probenpunktdichte stehen solchen mit wenigen oder gar keinen Proben entgegen (s. Abb. 3). Dies betrifft vor allem die Oberläufe der Flüsse, das Gebiet zwischen Sulzburg und Heitersheim und einen ungefähr 2 km breiten Streifen zwischen Bad Krozingen und Heitersheim.

In derzeit angelaufenen, weiteren Arbeiten soll das Probennetz in ausgewählten Teilbereichen verdichtet, das Elementspektrum erweitert (zum Beispiel Kupfer, Arsen, Antimon, Quecksilber), das Verhältnis von Schwermetallgehalten zur Korngröße der Böden und Sedimente sowie Bindungsarten und Transportmechanismen untersucht werden. Desweiteren soll insbesondere die Schwermetallverteilung im Profil stärker erkundet werden: Bohrungen und die Beprobung von Bachprofilen sollen Aufschlüsse geben über die zeitliche Einordnung des Eintrages von Schwermetallen. Bergbau und Verhüttung waren zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Stellen unterschiedlich stark aktiv. Im Einzugsbereich der Möhlin kam er, nach dem derzeitigen historischen und archäologischen Forschungsstand (Institut für Ur- und Frühgeschichte, Universität Freiburg), bereits im ausgehenden Mittelalter (15. Jahrhundert) weitgehend zum Erliegen. Falls es sich bei den Oberbodenproben (0 bis 25 cm Entnahmetiefe) entlang der Möhlin um jüngere Ablagerungen handelt, so können darunter höhere Schwermetallgehalte vermutet werden.

Detaillierte Untersuchungen der Sedimente der Flüsse und Nebengerinne auf Schwermetalle sind wichtig. Sie können nicht nur Hinweise auf historische Schwermetallbelastungen liefern, sondern auch auf heutige Einträge. Die räumliche Verteilung und die Bindungsart der Schwermetalle entscheiden außerdem über ihre Bioverfügbarkeit. Erst nach Kenntnis solcher Daten werden Aussagen möglich, ob unter Umständen über Nutzungsänderungen (zum Beispiel Flächenstillegungen) und damit verbundene Änderungen des Säuregrades oder Redox-Potentiales, Schwermetalle erneut mobilisiert werden können.

Wir danken Dr. Frank Waldmann für die Überlassung und Diskussion seiner bodenkundlichen Karte und ihm sowie Dipl.-Min. Gert Goldenberg für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

5. Literatur

- FOELLMER, A. & HOPPE, A. (1992): Schwermetalle in Böden der Staufener Bucht (südliche Oberrheinebene). Kompilation und Auswertung vorhandener Datensätze. – unveröff. Bericht, 56 S., Karlsruhe (Landesanstalt für Umweltschutz).
- GROSCHOPF, R., KESSLER, G., LEIBER, J., MAUS, H.-J., OHMERT, W., SCHREINER, A. & WIMMENAUER, W. (1981): Erläuterungen zur Geologischen Karte Freiburg i. Br. und Umgebung 1:50 000, 2. Aufl., 354 S., Stuttgart (Landesvermessungsamt Baden-Württemberg).
- HURRELE, H. (1983): Über den Einfluß des früheren Bergbaus auf die Schwermetallgehalte in den Bachsedimenten des Südschwarzwaldes. – Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 25, 43–54, Freiburg.
- METZ, R., RICHTER, M. & SCHÜRENBERG, H. (1957): Die Blei-Zink-Erzgänge des Schwarzwaldes. – Beih. geol. Jb., 29, 277 S., Hannover.
- SCHREINER, A. (1991): Geologie und Landschaft. – In: A. HOPPE (Hrsg.): Das Markgräflerland, Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 81, 11–24, Freiburg.
- WALDMANN, F. (1988): Bodenübersichtskarte der Flußgebiete von Möhlin, Neumagen und Sulzbach (Reg.-Bez. Freiburg) 1:25 000. – unveröff. Karte Geol. Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg.

Zum mittelalterlichen Blei-Zink-Silber-Bergbau südlich von Heidelberg

VON LUDWIG H. HILDEBRANDT

1. Einleitung

Im Gebiet um Wiesloch, 15 km südlich von Heidelberg, ging fast 2000 Jahre lang intensiver Bergbau um. Je nach Abbauperiode wurden die im Muschelkalk vorkommenden Blei-, Silber-, Zink- oder Eisenerze genutzt. Vererzungen sind im Muschelkalk-Revier sowohl aus dem Oberen Muschelkalk (Trochitenkalk) als auch in geringerem Maße aus dem Unteren Muschelkalk (Schaumkalkzone) bekannt. Wenn auch im Mittelalter Versuchsbaue im Unteren Muschelkalk angelegt wurden, so war und ist nur die Vererzung im Trochitenkalk bauwürdig.

Die vorneuzeitlichen Bergwerke liegen zwischen Wiesloch und Nußloch im Gewinn »Hessel«, eine Fläche von etwas mehr als einem Quadratkilometer umfassend. Einzelne hochmittelalterliche Abbaue befinden sich auch weiter östlich in den Gewannen »Stockäcker« und »Kobelsberg«.

Intensiver neuzeitlicher Bergbau hat diese alten Betriebsteile leider fast vollkommen unkenntlich gemacht; unglücklicherweise sind auch nie genauere Untersuchungen der mittelalterlichen Untertageanlagen durchgeführt worden. Alte Befahrungsberichte und Beschreibungen von Augenzeugen aus dem letzten Jahrhundert sind nur vereinzelt bekannt¹.

Häufiger dagegen sind Reste der mittelalterlichen Erzverhüttung in Wiesloch, Nußloch, Leimen und Sandhausen anzutreffen. In dieser Betriebsperiode war hauptsächlich der Silbergehalt des Bleiglanz das Abbauziel. Die Bleierze wurden zuerst zu silberhaltigem Werkblei verhüttet. Die dabei anfallenden Schlacken lassen sich optisch und chemisch leicht identifizieren.

Um Silber zu gewinnen, wird das silberhaltige Werkblei durch die sog. Treibarbeit in Bleioxide übergeführt. Diese werden aus dem Tiegel oder Treibherd – je nach Größe der Verhüttungseinrichtung – abgeschöpft und ergeben eine weiße bis rote, schwere Masse, die sog. Bleiglätte. Das Silber läßt sich nicht oxidieren und bleibt demnach im Restblei des Tiegels zurück. Ist auch dieses in Bleioxid übergeführt, so erscheint plötzlich ein helles, metallisches Blinken am Tiegelboden – der Silberblick.

Verschiedene historische Untersuchungen des Wieslocher Bergbaus liegen bis heute vor². Da die jüngste Veröffentlichung den Untersuchungsstand von Mitte des Jahres 1987 widerspiegelt und in den letzten vier Jahren wichtige, neue Erkenntnisse gewonnen werden konnten, soll hier eine Zusammenfassung des derzeitigen Kenntnisstandes gegeben werden.

1 BRONNER 1822; BRONNER 1853; HERTH 1851; GLA 190/11–16.

2 SCHMIDT 1880; SLOTTA 1983; HILDEBRANDT 1985; HILDEBRANDT 1989.

2. Die Betreiber der Bergwerke im Mittelalter

Schon früh wurde aufgrund der reichen Silber- und Bleivorräte des Klosters Lorsch im 8. bis 10. Jahrhundert vermutet, daß diese aus den Wieslocher Bergwerken stammen müßten³. Die Reichsabtei Lorsch war in und um Wiesloch reich begütert, demnach könnte durchaus eine gewisse Einflußnahme auf die Bergwerke bestanden haben. Gegen einen direkten Betrieb oder zumindest vollen Besitz durch das Kloster spricht jedoch die äußerst spärliche Erwähnung in dem um 1183/95 entstandenen Codex Laureshamensis. In zwei Urkunden⁴ aus der Zeit des späten 11. Jahrhunderts werden relativ unbedeutende Zinsabgaben (2 bzw. 3 Mark Silber pro Jahr) genannt, d.h. 0,2 Prozent der für das 11. und 12. Jahrhundert vermuteten jährlichen Produktionsmenge. Da die Bergwerke und Verhüttungseinrichtungen zur Zeit der Entstehung des Codex nachweislich noch in Betrieb waren, wären doch wohl zur Sicherung des Besitzanspruches auf solche reiche Einnahmequellen die Schenkungsurkunden in den Codex aufgenommen worden. So kann auch ein Abbau unter königlichem Regal nicht ausgeschlossen werden.

Tabelle 1 Datierungen zum mittelalterlichen Bergbau südlich Heidelberg

Datierung ca.	Ort	Betrieb	Nachweis durch
1474 / 1476	Nußloch	Galmeibergbau	Urkunden
1270 / 1350	Nußloch	Blei-Roherzverhüttung	Grabung
1184 / 1227	Wiesloch	Bergbau auf Bleierze	Grabung
1080 / 1120	Wiesloch	Silberbergbau	Urkunden
950 / 1230	Wiesloch	Blei-Roherzverhüttung	Grabung
		Entsilberung von Rohblei	
980 / 1000	Nußloch	Erzförderung und -aufbereitung	Grabung
870 / 980	Sandhausen	Entsilberung von Rohblei	Grabung
785 / 950	Leimen	Blei-Roherzverhüttung	Grabung

Zur Beachtung: Die Jahreszahlen geben nur den ungefähren Zeitraum der Tätigkeiten wieder und sind in keinem Fall als absolute Daten zu verstehen! Den Zeiteinstufungen liegen zwar umfangreiche Datierungen durch Keramik, Münzen, Dendrochronologie, C14-Methode und Urkunden zugrunde, die zeitlichen Unter- und Obergrenzen sind aber teilweise noch unsicher.

3. Frühmittelalterliche Verhüttungsreste

3.1 Blei-Roherzverhüttung in Leimen

Der erste Nachweis frühmittelalterlicher Bergwerkstätigkeit gelang im Jahre 1986 durch den Fund von Schlacken einer Blei-Roherzverhüttung in der Größenordnung von mehreren hundert Tonnen in Leimen⁵. Durch verschiedene Neufunde kann die Gesamtmenge der Schlacken in Leimen mittlerweile mit weit mehr als tausend Tonnen angegeben werden. Datierungen durch Keramik und 14C-Analysen ergeben einen Produktionszeitraum vom späten 8. bis zum frühen 10. Jahrhundert. Alle Anzeichen einer Silbergewinnung aus dem dort erzeugten silberhaltigen Werkblei fehlen jedoch. Die Erze mußten von dem über 5 km südlich gelegenen Wiesloch/Nußlocher Grubengebiet antransportiert werden. Für eine gut entwickelte Infrastruktur spricht auch der Nachweis von gepflasterten Straßen

3 FREISE 1907.

4 GLÖCKNER 1929, CL 139; GLÖCKNER 1936, CL 3670.

5 HILDEBRANDT, GROSS 1987; HILDEBRANDT 1989.

aus dieser Zeit in Leimen. Nach verschiedenen Befunden scheinen diese aber im 11. und 12. Jahrhundert nicht mehr genutzt worden zu sein. Erst für das 13. Jahrhundert sind in Leimen wieder steinerne Straßenpflasterungen nachzuweisen.

3.2 Silberraffination in Sandhausen

Neueste Funde zu dieser bergbaulichen Betriebsperiode stammen aus Sandhausen (etwa 3 km westlich von Leimen). Unter 1,6 Metern Schwemmlöß und 0,8 Metern verlagertem Dünenand traf man eine Schicht mit Holzkohle, Asche und mit durch große Hitze verziegeltem Lehm an. Diese Schicht kann durch Funde von Keramikresten der »Wieslocher Ware«⁶ in das späte 9. bis 10. Jahrhundert datiert werden, wobei im Vergleich zu anderen Fundkomplexen eine relativ frühe Stellung innerhalb dieses Zeitraums wahrscheinlich ist⁷. Das gesamte Keramikspektrum läßt aufgrund eines größeren Fernimportanteils aus dem Elsaß, dem Raum Mayen und aus Pingsdorf bei Köln eine relativen Wohlstand erahnen.

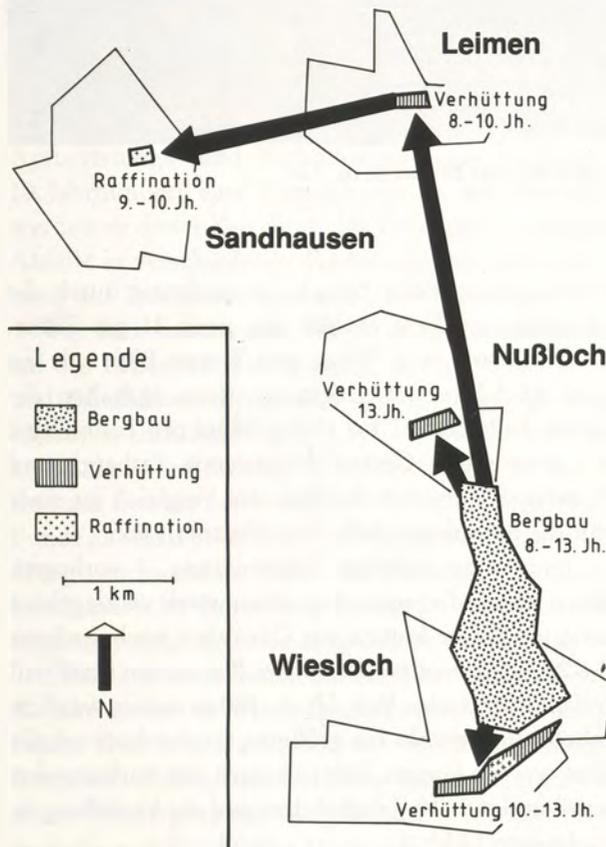


Abb. 1 Generalisierte Zusammenhänge der mittelalterlichen Bergbaurelikte zwischen Wiesloch und Leimen.

6 Eine Untergruppe der »Älteren gelbtonigen Drehscheibenware«, vgl. HEUKEMES, GROSS 1983; HILDEBRANDT, GROSS 1990.

7 Wie z. B. Wiesloch-Kurpfalzstr.; Wiesloch-Tuchbleiche und Leimen-Turmstraße. Dafür spricht auch die zwar geringe, aber deutliche Menge von rollstempelverzierter Keramik des 8. bis frühen 9. Jahrhunderts im Fundkomplex.

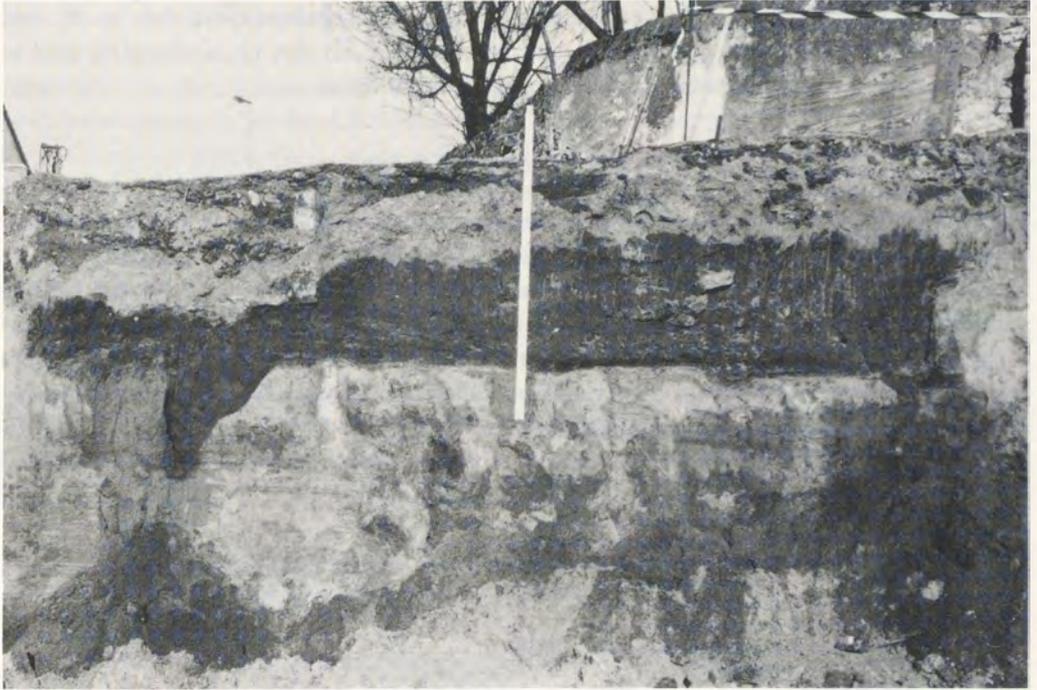


Abb. 2 Sandhausen; Grubenhaus des 9./10. Jahrhunderts; Bildbreite ca. 7 m.

Eine Silbergewinnung zur Zeit der Ablagerung dieser Schicht ist eindeutig durch die Funde von über 10 kg Bleiglätte nachgewiesen. Diese enthält nur noch 11 g/t Silber. Bezogen auf den Bleigehalt entspricht dies etwa 16 g Silber pro Tonne Blei; wie zu erwarten, ist das Blei also extrem arm an Silber. Im Gegensatz dazu enthalten die Bleischlacken aus Leimen und die Bleiglanz-Roherze 930 bis 1100 g Silber pro Tonne Blei.

An Mineralphasen in der Bleiglätte konnte sicher Cerussit, Massicotit, Lithargit und Plattnerit nachgewiesen werden; Hydrocerussit ist wahrscheinlich. Im Vergleich zu einer römischen Bleiglätte von Sulzburg⁸ fehlt die Menninge, dafür tritt Plattnerit auf.

Daß tatsächlich Verhüttungsreste – und keine zufällige Deponierung – vorliegen, beweisen Schlackenfunde mit Einschlüssen von gediegenem Blei sowie stark verziegeltem Lehm und angeschmolzenem Buntsandstein. Bisher konnte ein Ofenplatz nachgewiesen werden. Es handelt sich um ein etwa 10 × 20 m messendes künstliches Plateau am Ostabfall einer Sanddüne oberhalb eines heute verlandeten Bachs. Von der ca. 100 m weiter westlich auf dem Dünenkamm gelegenen Wohnbebauung wurde ein größeres Grubenhaus erfaßt. Da dieses zur Zeit noch nicht ausgegraben werden konnte, läßt sich nach den vorliegenden Funden die Benutzungszeit nur annähernd in das 9./10. Jahrhundert und die Verfüllung in das späte 10. und frühe 11. Jahrhundert datieren (Abb. 2).

Da jedoch bei allen bisher in Sandhausen vorgenommenen Notbergungen keinerlei Bleischlacken einer Roherzverhüttung gefunden werden konnten und andererseits aus den etwa gleichaltrigen Bleischlacken von Leimen keine Funde von Bleiglätte vorliegen, läßt dies nur den Schluß zu, daß das silberhaltige Werkblei in Leimen zwar gewonnen, aber in

8 MARTIN-KILCHER, MAUS, WERTH 1979.

Sandhausen auf Silber weiterverarbeitet wurde. Damit schließt dieser Befund eine große Lücke in der frühmittelalterlichen Entwicklung des Silberbergbaus in Nordbaden. Des weiteren erlaubt das Ergebnis wichtige Aussagen zur Organisation der Bergbaubetriebe. Offensichtlich waren die einzelnen Betriebseinheiten im frühen Mittelalter stark verstreut. Mögliche Gründe hierfür sind:

- Nutzung der Wasserkraft (Leimbach, Rösbach) an allen möglichen Orten,
- Verteilung der Produktionseinheiten, da das erforderliche Menschenpotential an einem Ort nicht zusammengezogen werden konnte (Wohnplätze, Ernährung),
- Plazierung der sicherheitsempfindlichen Betriebsteile (Silbererzeugung!) an leicht zu überwachenden Lokalitäten,
- Mangel an geeigneten Grundstücken in Wiesloch.

Dieser Befund einer räumlichen Trennung der Betriebsteile Bergbau und Verhüttung im frühen Mittelalter ist in Mitteleuropa allerdings nicht einzigartig. So liegen die frühmittelalterlichen Verhüttungseinrichtungen von Düna im Vorharz ebenfalls etliche Kilometer von den Lagerstätten entfernt⁹. Trotzdem erscheint es aus heutiger Sicht ökonomisch unsinnig, die Bleierze zuerst von Wiesloch nach Leimen (5 km) und dann das Werkblei nach Sandhausen (3 km) zu transportieren (Abb. 1). Der wahrscheinlichste Grund hierfür ist wohl darin zu sehen, daß die – leider unbekannt – Betreiber der Bergwerke in Wiesloch im späten 8. bis frühen 10. Jahrhundert keine geeigneten Grundstücke zum Aufbau von Aufbereitungs- und Verhüttungsanlagen besaßen. Und tatsächlich läßt sich im späten 10. Jahrhundert eine Umorganisation der Betriebe archäologisch erfassen. In Wiesloch werden zu dieser Zeit direkt am Leimbach umfangreiche Verhüttungsanlagen erbaut, deren Abfälle in verschiedenen Grabungen nachgewiesen wurden. Dies führte zu einer Verkürzung des Transportweges von 8 auf 1,5 km.

Wie auch heute noch, haben solche Produktionsverlagerungen einen direkten Einfluß auf das Leben der Bevölkerung. Hüttenfachleute und Transporteure mußten von Leimen und Sandhausen abgezogen und in Wiesloch angesiedelt werden. Ein wichtiges Indiz hierfür ist auch der archäologisch einwandfreie Nachweis des Niedergangs von Sandhausen und Leimen im 11. und 12. Jahrhundert. Aus der Zeit des 8. bis frühen 10. Jahrhunderts sind aus Leimen heute sieben z. T. recht ausgedehnte archäologische Fundstellen bekannt. Funde aus dem 11. und 12. Jahrhundert sind bisher nur aus drei Lokalitäten und in geringer Menge nachweisbar. Nach den bisher aus Sandhausen vorliegenden Ergebnissen ist eine kontinuierliche Besiedlung in der Zeit des 11. und frühen 12. Jahrhunderts überhaupt fraglich, zumal die erste urkundliche Erwähnung des Ortes erst in das Jahr 1262 datiert.

Offensichtlich konnten die Betreiber der Wiesloch/Nußlocher Bergwerke also im späten 10. Jahrhundert in Wiesloch geeignete Aufbereitungs- und Verhüttungseinrichtungen aufbauen. Dies führte aufgrund der verkürzten Transportwege zu einer Rationalisierung des Betriebes; als Begleiterscheinung kam es zu einem Aufschwung der Stadt Wiesloch und zu einem Niedergang der Gemeinden Leimen und Sandhausen. In diesem Zusammenhang ist auch die auffallend frühe Marktrechtsverleihung an das Kloster Lorsch für Wiesloch durch Kaiser Otto I. im Jahre 965 zu sehen sowie die Erlangung der Stadtrechte im 13. Jahrhundert.

9 BROCKNER, KOLB, KLAPPAUF 1989.

4. Hochmittelalterliche Verhüttungsreste; Aufbereitungs- und Verhüttungsanlagen in Wiesloch

Die erste Erwähnung der ausgedehnten Schlackenvorkommen im Leimbachtal südlich des mittelalterlichen Stadtkerns von Wiesloch datiert in das Jahr 1605¹⁰. Gedruckte Nachrichten liegen aus den Jahren 1822, 1842 und 1851 vor¹¹. Wegen der fehlerhaften Analyse der Angaben des Jahres 1851 – es wurden keine Gehalte von Blei oder Zink gefunden – stellen alle späteren Autoren die Schlacken zu einer undatierbaren Eisenverhüttung bzw. datieren sie in römische Zeit¹². Erst in den Jahren 1985 und 1989 wurde die hochmittelalterliche Zeitstellung nachgewiesen, obwohl bereits seit 1949 datierende Funde vorlagen. Diese blieben aber bis 1986 in Privatbesitz und waren somit nicht zugänglich¹³.

Im Verlaufe umfangreicher Ausschachtungsarbeiten anlässlich des Baus einer neuen Stadthalle konnten 1989 im Gewinn »Tuchbleiche« auf einer Fläche von einem Hektar über 90 Schichtprofile aufgenommen und punktuelle Notbergungen durchgeführt werden. Dabei zeigt sich, daß allein dort ca. 90 000 t Schlacken einer Bleiverhüttung aus dem späten 10. bis frühen 13. Jahrhundert lagerten. Die Mächtigkeit der Schlackenschichten von maximal 3,5 m verringert sich relativ kontinuierlich zum südlich gelegenen Hang. Im Bereich des Auskeilens dieser Schichten fanden sich randlich undeutliche Bebauungsreste des 12. bis 17. Jahrhunderts.

Bisher nicht zufriedenstellend zu erklären sind spitzwinklig in Fließrichtung vom Leimbach abzweigende Kanäle von durchschnittlich 2 m Breite und örtlich noch erkennbarer seitlicher Dammaufschüttung mit vereinzelter Steinauflage. Da sie von Schlacken über- und unterlagert werden, sind sie in das 11. oder 12. Jahrhundert zu stellen. Eventuell könnte hier an Treidelkanäle zum Transport der Schlacken gedacht werden (Abb. 3).

Die Untergrenze der Schlackenhorizonte ist im untersuchten Areal etwa auf die Zeit um 1000 n. Chr. oder etwas früher zu datieren. Unter den Schlacken befindet sich ein karolingisch-ottonischer Horizont. Daß in dieser Zeit schon Erzverhüttung betrieben wurde, beweisen Schlackenspritzer auf Keramik des 10. Jahrhunderts sowie einzelne Funde von Schlacken und Pochwerksabgängen¹⁴.

Die Zeitstellung der geschlossenen Schlackenlagen in das 11. bis 12. evtl. noch frühe 13. Jahrhundert ist durch Funde von Keramik und Münzen, 14C-Analysen und dendrochronologischen Untersuchungen gesichert (Abb. 4). Importkeramik, so z. B. Pingsdorfer Ware, spricht für gewissen Wohlstand in damaliger Zeit. Ein Fund von ortsfremdem, vermutlich aus dem kristallinen Odenwald stammenden Erz in Schichten des 11. Jahrhunderts bezeugt weitreichendere, montane Verbindungen. Aussagen über nahegelegene handwerkliche Tätigkeiten erlauben Funde von Keramikfehlbränden und ledernen Halbfabrikaten. Ebenso konnten gut erhaltene Gewebereste aus Schichten des 10. bis 11. Jahrhunderts geborgen werden.

Daß zu dieser Zeit in Wiesloch auch eine Silberraffination durch Treibarbeit durchgeführt wurde, beweisen einzelne Brocken von Bleiglätte. Die Schlacken selber bestehen fast ausschließlich aus glasigen Fließschlacken und Schlackenfladen, die meist bis zu einer

10 GLA 190/11.

11 BRONNER 1822, 33; BRONNER 1842, 139; HERTH 1851.

12 SCHMIDT 1880; THÜRICH 1904; GODERT 1922; SLOTTA 1983.

13 HILDEBRANDT 1985; HILDEBRANDT 1989.

14 Wieslocher Ware, vgl. Anm. 7. Ob in der damaligen Zeit schon mit Pochwerken gerechnet werden kann, ist fraglich; es kann sich auch um Abgänge eines Scheidevorganges handeln.

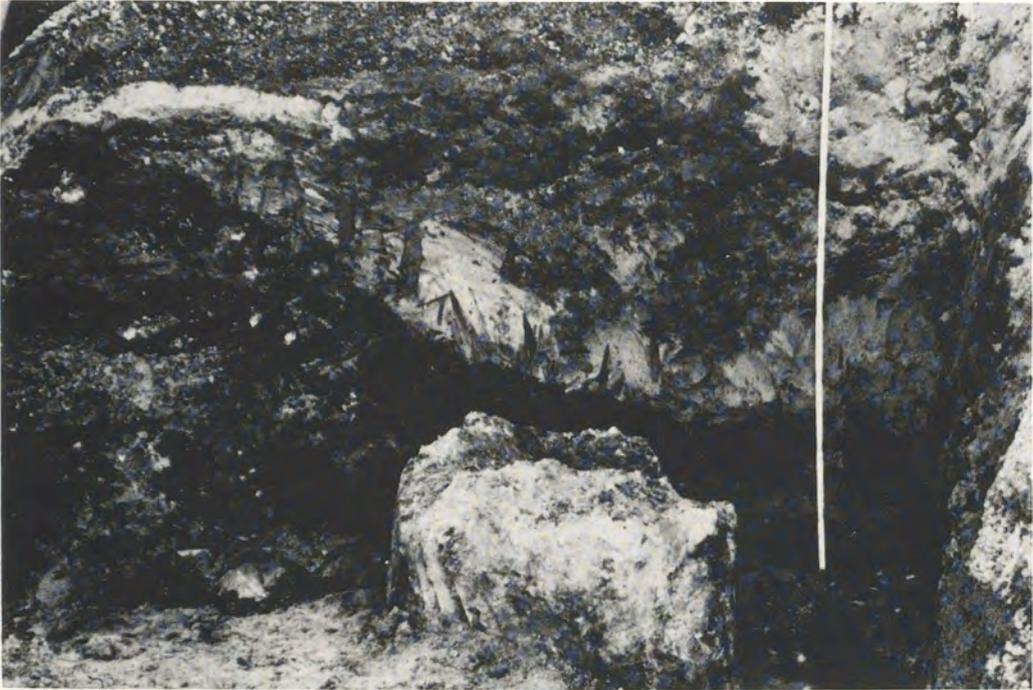


Abb. 3 Wiesloch, Tuchbleiche; angeschnittener Kanal mit lehmiger Verfüllung.

Größe von 3 bis 6 cm zerschlagen sind. Seltener sind Ofenwandschlacken, Schlackenzapfen und Speise. In letzterer konnten typische Eisenarsenide nachgewiesen werden¹⁵. Roherze sind im Kernbereich der Schlackendeponierungen sehr selten und finden sich häufiger nur am südlichen Rand; dementsprechend müssen die reinen Aufbereitungsanlagen an anderen Orten gesucht werden. Etwas häufiger sind dagegen durch Hitze stark gerötete Buntsandsteinquader, wohl Reste der Öfen.

Die Fließschlacken der untersten Schlackenschicht weisen gegenüber den restlichen eine etwas andere äußere Erscheinung auf, die wahrscheinlich auf höhere Viskosität und damit auf noch nicht perfektes Beherrschen der Prozeßbedingungen der Verhüttung hinweist. Nur randlich, am südlichen Auskeilen der Schichten, konnten gewisse horizontale Differenzierungen der Deponierung nachgewiesen werden. So liegen dort deutlich getrennt einzelne Haufen von klein zerschlagenen Schlacken neben Schüttungen von armen Roherzen in Nachbarschaft zu Resten einer leichten Holzbebauung. In letzterer wird man wohl eine Hütte zum Handklauben oder Scheiden sehen dürfen. Beigefundene Keramik und eine ¹⁴C-Analyse datieren diesen Befund in das 12. Jahrhundert (Abb. 4 u. 5).

Einer Abschätzung der Produktionsmengen kann man sich von zwei Seiten nähern. Greift man die im Codex Laureshamensis im späten 11. Jahrhundert bezeugten Abgaben auf, so zinst das Bergwerk 3 Mark (= 702 g) Silber pro Jahr¹⁶. Nimmt man diese Menge als Zehnt-Abgabe, so ließen sich ca. 7 kg Silber pro Jahr als Ausbeute vermuten, wenn vorausgesetzt werden kann, daß alle Betriebe dem Kloster zinspflichtig waren und die Überlieferungen genau sind. Dem widersprechen allerdings die riesigen Mengen an Schlacken. Wie verschiedene Grabungen und Sondagen gezeigt haben, muß die Schlackenmenge

15 Schriftliche Mitteilungen Prof. Zwicker, Erlangen.

16 GLÖCKNER 1936, CL 3670.

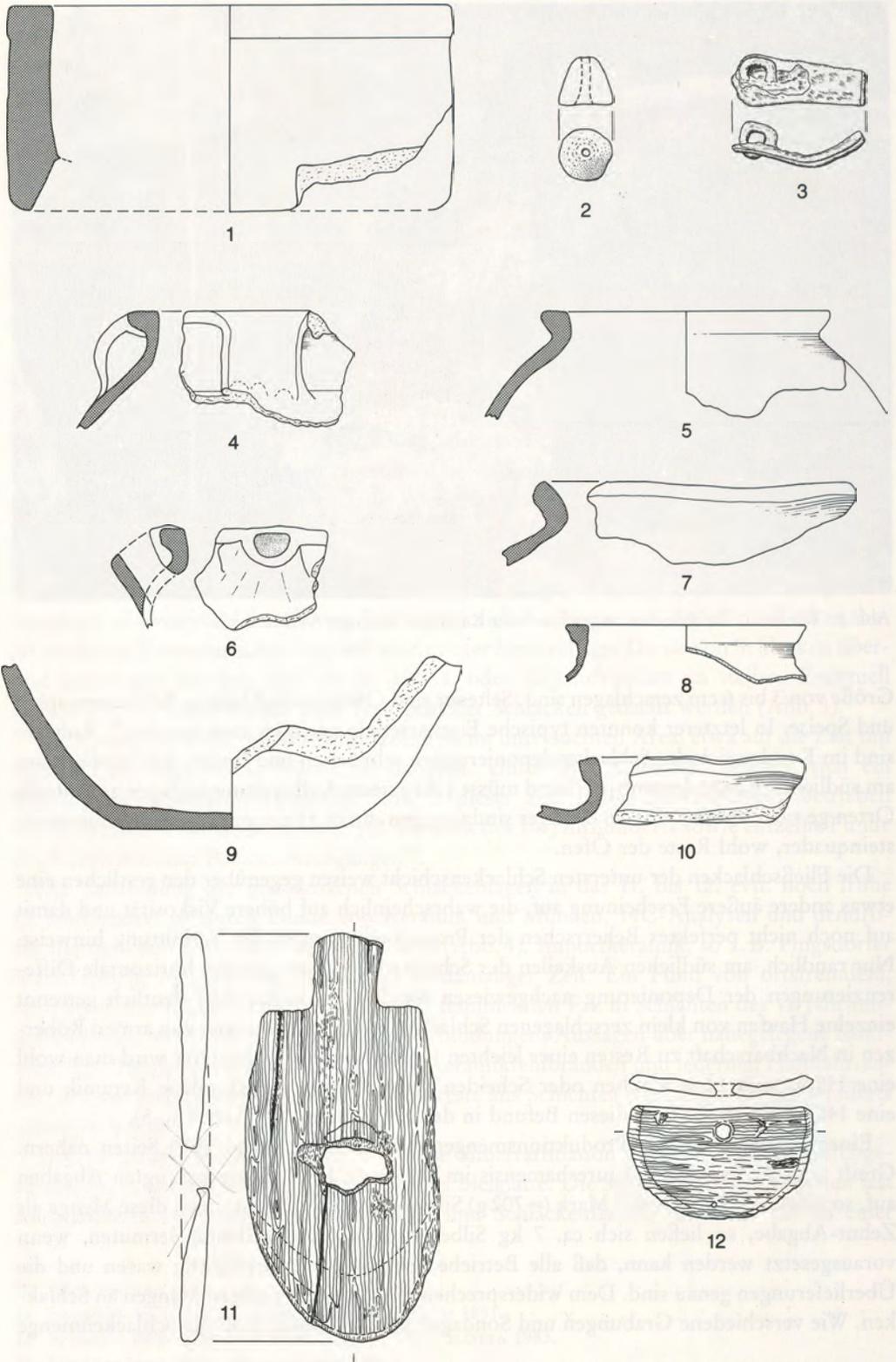
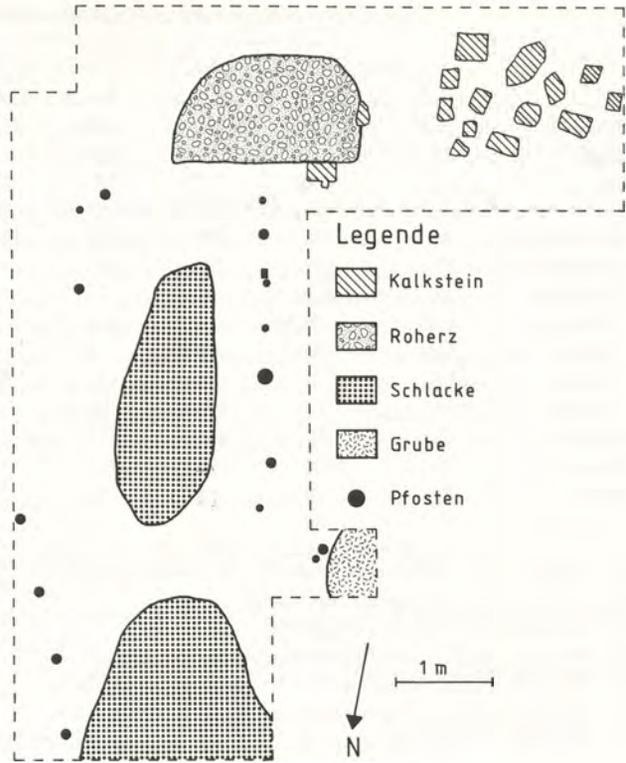


Abb. 4 Wiesloch, Tuchbleiche; Funde aus den Schlacken, spätes 10. bis frühes 13. Jahrhundert; 1-2 und 4-10: Keramik; 3: eiserner Kastenverschluß; 11-12: Holzreste; verschiedene Maßstäbe.

Abb. 5 Wiesloch, Tuchbleiche;
Holzbebauung und Deponierungen
von Roherz und Schlacken.



der Verhüttungsbetriebe des späten 10. bis frühen 13. Jahrhunderts mindestens mit ca. 220 000 t angenommen werden. Eine Gesamtmenge von 350 000 t erscheint durchaus noch realistisch. Nach den Schlackenanalysen handelt es sich ausschließlich um Schlacken einer Blei-Silber-Verhüttung. Eine – wenn auch selbstverständlich ungenaue – Rückrechnung auf der Basis von 220 000 t Schlacken einer Bleiverhüttung läßt auf eine Silbermenge in der Größenordnung von 250 kg pro Jahr schließen¹⁷. Dies würde immerhin einem Viertel der für das 13. und 14. Jahrhundert errechneten Produktionsmenge der gesamten Bergwerke des Schwarzwaldes entsprechen¹⁸.

Aufgelassen wurden die Bergwerke – und damit natürlich auch die gesamten Aufbereitungs- und Verhüttungsanlagen – wahrscheinlich wegen der Erschöpfung der Lagerstätten. In allen Erfahrungsberichten des 19. Jahrhunderts ist von dem fast völligen Abbau der reicheren Bleierz in den alten Strecken die Rede. Dafür sprechen auch die in die Jahre 1184/1227 datierten Versuchsbaue im Unteren Muschelkalk, die vermutlich einen letzten Versuch darstellen, noch bauwürdige Bleiglanzvorkommen zu erschließen¹⁹.

17 Kurze Erläuterung des Rechenweges: Nach Vortrag von H.-G. Bachmann in Freiburg 1990 liegt das Verhältnis Werkblei zu Schlacken bei ca. 23/77. So entsprechen 220 000 t Schlacken 65 400 t Werkblei; rechnet man dazu die im Mittel 1,45 Prozent in den Schlacken verbleibenden Bleimengen, so waren im verhütteten Roherz (Bleiglanz) etwa 68 600 t Blei, entsprechend 79 200 t abgebautem reinen Bleiglanz. Dieser enthielt, wie aus verschiedenen Analysen hervorgeht, in den damaligen Grubengebieten im Mittel 900 g/t Silber, also eine theoretisch gewinnbare Gesamtmenge von 71,3 t. Zieht man davon einen geschätzten Verhüttungsverlust von 10 Prozent ab, so verbleiben 64 t Silber, die in der Zeit vom späten 10. bis frühen 13. Jahrhundert gewonnen wurden.

18 METZ 1985.

19 Dokumentation durch B. HEUKEMES, Kurpfälzisches Museum Heidelberg. Ortsakten im Kurpfälzischen Museum und im Landesdenkmalamt Karlsruhe; Foto bei Mayer 1972. Datierungen durch dendrochronologische Untersuchungen der hölzernen Stollenverzimierung.

Tabelle 2 Ausgewählte Analysen der Verhüttungsreste

		1	2	3	4	5	6	7
Eisen %	Fe	18,8	11,8	1,25	24,6	19,5	6,16	1,89
Zink	Zn	5,21	4,2	0,17	7,22	9,92	9,11	10,85
Blei	Pb	2,68	0,73	67,4	1,45	1,77	1,45	1,25
Arsen ppm	As	998	846	1742	16200	2500	2400	3100
Antimon	Sb	129	299	188	711	96	98	110
Thallium	Tl	< 5	49	27	51	170	27	61
Cadmium	Cd	29,5	< 2	< 2	63	381	38	602
Kobalt	Co	35	16,4	3	—	—	—	—
Nickel	Ni	174	155	136	1787	413	460	390
Chrom	Cr	134	226	90	—	—	—	—
Kupfer	Cu	140	468	415	—	—	—	—
Mangan	Mn	2200	2158	961	—	—	—	—
Silber	Ag	29	8	11	—	—	—	—
Vanadium	V	85	—	—	—	—	—	—

- 1 Leimen, 9. Jh.; schaumige Schlacke mit glasigen Bereichen
- 2 Leimen, 9. Jh.; glasige Fließschlacke
- 3 Sandhausen, 9./ 10. Jh.; Bleiglätte
- 4 Wiesloch, 11. Jh.; Mischprobe mit Anteil von Speise
- 5 Wiesloch, 11. Jh.; Mischprobe von glasiger Fließschlacke
- 6 Wiesloch, 11. Jh.; Mischprobe von glasiger Fließschlacke
- 7 Wiesloch, 11. Jh.; schaumige Schlacke mit Sekundärmineralien

5. Danksagung

Besonderer Dank gebührt den Stadt- und Gemeindeverwaltungen Wiesloch, Leimen und Sandhausen, die einen großen Teil der Kosten der Untersuchungen übernommen haben. Durch den intensiven Arbeitseinsatz von Schülern des Gymnasiums Sandhausen unter Leitung von Dr. Löscher und Herrn Heinzmann konnten dort größere Flächen geöffnet und über 100 t Aushub durchgesehen werden. Dr. Gross, Landesdenkmalamt Stuttgart, war mit verschiedenen Keramikbestimmungen und Auskünften behilflich. Die Schlackenanalysen und röntgenographischen Bestimmungen wurden im Institut für Sedimentforschung der Universität Heidelberg (Prof. Dr. Müller, Dipl.-Biol. Rehrauer) angefertigt. Die Zeichnungen der Keramikfunde führte Frau U. Hanel, Mannheim, durch.

6. Bibliographie

- BROCKNER, KOLB, KLAPPAUF 1989 = W. BROCKNER, H. KOLB, L. KLAPPAUF, Archäometrie Harzer Hüttenprodukte und Lagerstätten. In: Archäometallurgie der Alten Welt. Der Anschnitt, Beih. 7, 163–169.
- BRONNER 1822 = J. P. BRONNER, Die Amtsstadt Wiesloch mit ihren Umgebungen. Verhandlungen des großherzoglichen badischen Landwirtschaftsvereins Ettlingen 2, 21–38.
- BRONNER 1842 = J. P. BRONNER, Der Weinbau in Süddeutschland (Heidelberg).
- BRONNER 1853 = J. P. BRONNER, Das wieder aufgefundenene Bergwerk in Wiesloch. Der Bergwerksfreund 15, 713–717.
- FREISE 1907 = F. FREISE, Zur Entwicklung des Erzbergbaus in den deutschen Rheinlanden. Zeitschrift für praktische Geologie 15, 1–19.

- GLÖCKNER 1929 = K. GLÖCKNER, Codex Laureshamensis. Bd. 1 (Darmstadt).
- GLÖCKNER 1936 = K. GLÖCKNER, Codex Laureshamensis. Bd. 3 (Darmstadt).
- GOEDERT 1922 = N. GOEDERT, Die Zinklagerstätte Wiesloch-Baiertal. Diss. Heidelberg.
- HERTH 1851 = G. HERTH, Über das Vorkommen des Galmei's bei Wiesloch (Heidelberg).
- HEUKEMES, GROSS 1983 = B. HEUKEMES, U. GROSS, Ein Töpferofen der »älteren gelbtonigen Drehscheibenware« aus Wiesloch, Rhein-Neckar-Kreis. Forschungen und Berichte der Archäologie des Mittelalters in Baden-Württemberg 8, 301–318.
- HILDEBRANDT 1985 = L. HILDEBRANDT, Der Bergbau bei Wiesloch. Lapis, H. 12, 15–22.
- HILDEBRANDT 1989 = L. HILDEBRANDT, Der mittelalterliche Blei-Zink-Silber-Bergbau im nordwestlichen Kraichgau südlich Heidelberg. In: Archäometallurgie der Alten Welt. Der Anschnitt, Beih. 7, 241–246.
- HILDEBRANDT, GROSS 1987 = L. HILDEBRANDT, U. GROSS, Frühmittelalterliche Erzverhüttung in Leimen, Rhein-Neckar-Kreis. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1986, 311–314.
- HILDEBRANDT, GROSS 1990 = L. HILDEBRANDT, U. GROSS, Frühmittelalterliche Siedlungsspuren in Wiesloch, Rhein-Neckar-Kreis. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1989, 274–276.
- MARTIN-KILCHER, MAUS, WERTH 1979 = S. MARTIN-KILCHER, H. MAUS, W. WERTH, Römischer Bergbau bei Sulzburg »Mühlematt«, Kreis Breisgau-Hochschwarzwald. Fundberichte aus Baden-Württemberg 4, 170–203.
- MAYER 1972 = G. MAYER, Carl Christian Gmelins geologisch-mineralogische Reisen und Exkursionen. Teil III. Der Aufschluß 23, 75–78.
- METZ 1985 = R. METZ, Gewinnung von Bodenrohstoffen im Schwarzwald. Beiwort zur Karte XI, 10. Historischer Atlas von Baden-Württemberg.
- SCHMIDT 1880 = A. SCHMIDT, Die Zinkerzlagertstätten von Wiesloch (Baden). Verhandlungen des naturhistorisch-medizinischen Vereins Heidelberg 2, 369–490.
- SLOTTA 1983 = R. SLOTTA, Grube Segen Gottes 6908 Wiesloch. In: DERS., Technische Denkmäler in der Bundesrepublik Deutschland. Bd. 4, 1142–1164.
- THÜRACH 1904 = H. THÜRACH, Erläuterungen zu Blatt Wiesloch (Nr. 41) der Geologischen Specialkarte des Großherzogtums Baden.
- Archivalien im Generallandesarchiv Karlsruhe (GLA)

Montanarchäologische Forschungen in den Vogesen

Eine Zwischenbilanz

VON PIERRE FLUCK¹

1. Die Grundlagen²

1961 erwachte in Sainte-Marie-aux-Mines das Bewußtsein, daß die früheren Silbergruben ein Studienobjekt darstellen, das in den Rahmen des kulturellen Erbes gesetzt werden kann. Anlaß war der Einbau einer unterirdischen Geophysik-Station in einen alten, vollständig durch Schlägel- und Eisenarbeit vorgetriebenen Stollen. In den folgenden Jahren entwickelte sich die Bergbau-Speleologie³, die in einer künstlich in den Fels gehauenen, unterirdischen Welt die Arbeitsweisen der Karsthöhlen-Forschung zur Anwendung bringt. Bis 1980 wurden allein im Gebiet von Sainte-Marie-aux-Mines beinahe 50 km alte Strecken erforscht, wurden Stollensysteme aus dem 16., 17. und 18. Jahrhundert aufgewältigt, fotografiert und systematisch dokumentiert. So setzten die örtlichen Arbeitsgruppen die empirischen Grundlagen für einen Fachbereich, der sich im Laufe der Zeit zur Montanarchäologie herausbildete.

2. Das Projekt H27 (heute H3) für archäologische Grabungen auf nationaler Ebene⁴

Nach ihrer ersten Jahresversammlung (Sultz, April 1981) schlossen sich die elsässischen Gruppen dem von Paul Benoit gegründeten Projekt H27 »Bergbau und Hüttenkunde in Ost-Frankreich von der Antike bis in die Neuzeit« an. Seitdem wurden über 60 offizielle Unternehmungen mit Unterstützung des Ministeriums für Kultur (sowohl Testschnitte und Notgrabungen als auch Großgrabungen und Erkundungen über Tage) durchgeführt. 1986 wurde der »Verband für das Montanerbgut« gegründet, der gegenwärtig 14 Vereine aus dem Elsaß, Lothringen und der Franche-Comté (»Freigrafschaft«) zusammenführt. Das Hauptinteresse dieses Verbandes gilt der archäologischen Erforschung der Bergbaurelikte auf interdisziplinärer Ebene sowie deren Sicherung. Die Auswertung und Präsentation der Forschungsergebnisse in verschiedenster Form reicht bis zu einem gewissenhaft gelenkten Bergbautourismus⁵.

1 Université de Technologie de Compiègne à Sévenans, Unité Propre de Recherche, CNRS AO 423 »Paléoméallurgie et Cultures«. Die Übersetzung des Beitrages aus dem Französischen besorgte dankenswerterweise Henri SCHOEN.

2 P. FLUCK, L'archéologie minière en Alsace: bref panorama. Soc. Industr. de Mulhouse 806, 1987, 107-114.

3 P. FLUCK, La spéléologie minière, une activité méconnue. Spelunca, 1975, 2, 5-10; DERS., Spéléologie minière: bilan et prolongements. Spéleo L, Nancy, 15, 1985, 8-29.

4 P. BENOIT, Mines et métallurgie dans l'Est de la France. Programme d'archéologie historique. Dossiers Histoire et Archéologie 107, 1986, 30-33.

5 P. FLUCK, Bergbau-Denkmäler der Renaissance; ihre Revalorisierung im Osten Frankreichs. Eine Zukunft für unsere Vergangenheit, Europarat 37, 1990, 17-19.

2.1 Archivbestände: Ein »Abseilen« in die Geschichte

Erstes Hilfsmittel der Bergbau- und Hüttenarchäologie ist selbstverständlich die Schriftquellenforschung⁶. Auf diese soll jedoch an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Was die ikonographischen Künste anbelangt, ist das »Bilderbuch« von Heinrich Gross (um 1530 entstanden)⁷ als regelrechtes Nachschlagewerk allgegenwärtig; dazu kommen zeichnerische Darstellungen von Bergwerken und sonstigen Arbeitsstätten, Risse, Profile und technische Abbildungen (von diesen entfallen neun Stück auf die Renaissance, 36 auf das Ende des 17. und auf das 18. Jahrhundert und mehr als 60 – allein über Grubenbaue – auf das 19. Jahrhundert). Nur diese ermöglichen eine genauere Bestätigung der Geländebe-funde⁸.

2.2 Erkundung im Gelände: Die Prospektion

Die archivalischen Quellen führen selbstverständlich dazu, in den betreffenden Gebieten vor Ort nach Spuren der beschriebenen oder abgebildeten Montantätigkeiten zu suchen. Für die jüngsten Perioden sind solche Spuren noch auffällig; aber das Sehen und Verstehen der Bergbaulandschaft⁹ erfordert ein geschulteres Auge, sobald man in die Vergangenheit vorstößt; viele der Spuren sind aus der Landschaft verschwunden, vor allem die Aufbereitungs- und Verhüttungsanlagen. Mündliche Befragungen konnten im Rahmen dieser Prospektion ansehnliche Informationen einbringen¹⁰.

In 23 Jahren Arbeit konnten die elsässischen, lothringischen und freigräfschaftlichen Arbeitsgruppen einen thematischen Atlas erstellen:

- Bergbauspuren (Halden, Mundlöcher, Pingen, Tagebaue) wurden im Maßstab 1:1000 kartiert oder auf Übersichtskarten im Maßstab 1:10 000 übertragen (mehr als 2000 Lokalitäten, die Hälfte davon bei Sainte-Marie-aux-Mines) (Abb. 1). Diese Aufnahmen wurden bei der Darstellung der Erzlagerstätten auf der geologischen Karte Frankreichs 1:50 000 verwendet.
- Aufbereitungs- und Verhüttungsanlagen, Werkstätten; hier sind die verfügbaren Daten weniger umfangreich und stehen vor allem für die Gegend um Sainte-Marie-aux-Mines zur Verfügung sowie – auf breiterer Ebene – für die Cu-Pb-Ag-Schmelzhütten der mittleren Vogesen (siehe unten). 1990 wurde eine überregionale Katalogisierung unter Verwaltung des Verbandes begonnen, die Erzwäschen, Pochen, Schmelzen, Schmieden und Wohnstätten erfassen soll.
- Wassertechnische Infrastruktur und Verkehrswege sind im erwähnten Datenfonds inbegriffen.

6 P. FLUCK, L'activité minière dans les Vosges à l'époque moderne. *Ann. Litt. Univ. Besançon* 410, 1990, 203–220.

7 P. BENOIT, La place du manuscrit de Heinrich Gross dans l'iconographie minière germanique. *Pierres et Terre* 25/26, 1982, 67–83.

8 P. FLUCK, La représentation graphique de la mine au XVIII^e siècle, dans les Vosges et en Forêt-Noire. *Pierres et Terre* 33, 1990, 65–108.

9 P. BENOIT, Le concept de paysage et l'histoire des mines et de la métallurgie. *Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest* 96, 2, 1989, 233–236; P. FLUCK et B. ANCEL, Le paysage minier des sites métalliques des Vosges et de la Forêt-Noire, *ibid.*, 183–201.

10 Z.B. Forschungsgrabung in Fertrupt, 1989 (P. Fluck).

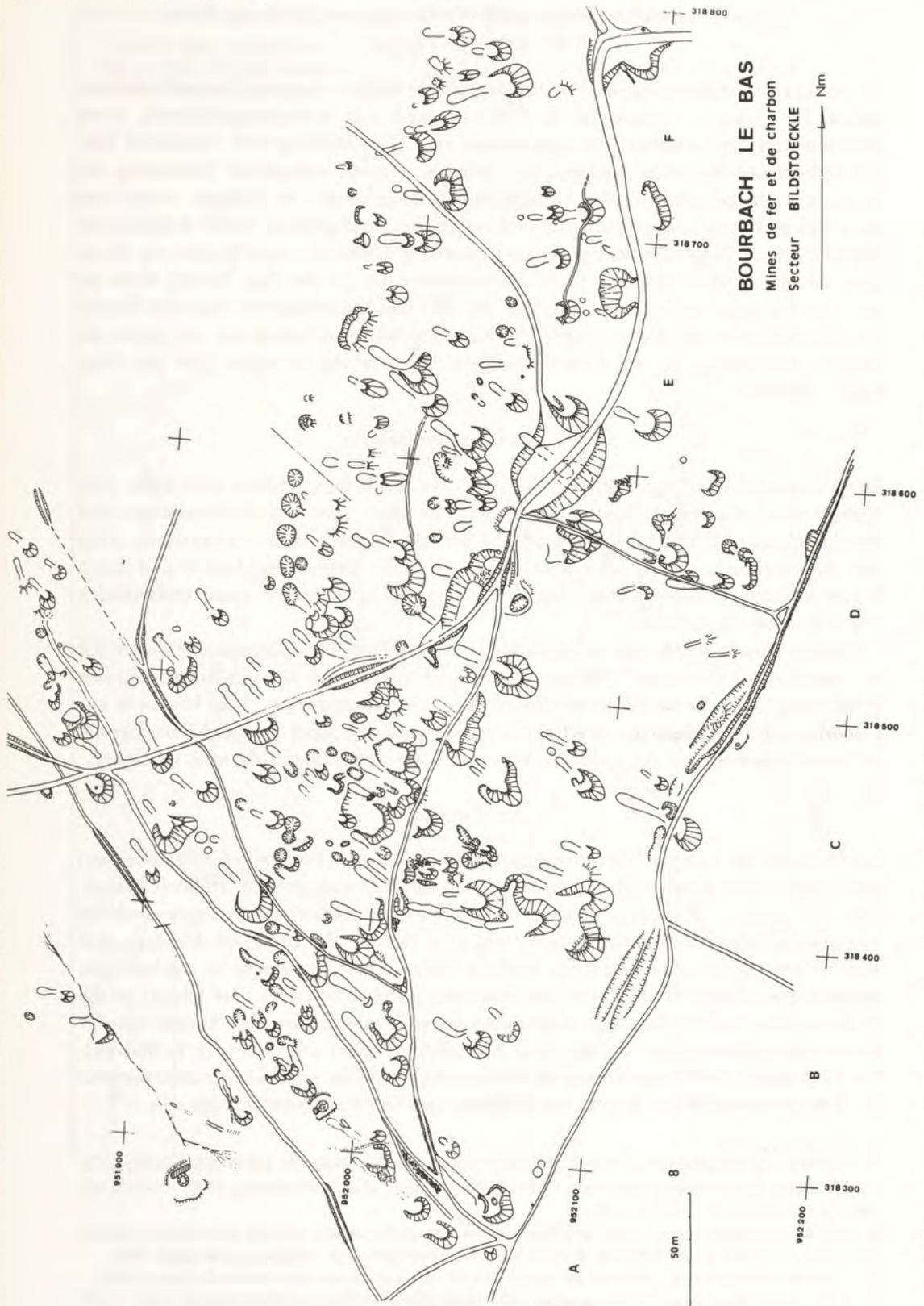


Abb. 1 Übersichtskarte des Eisenbergwerksrevier Bildstöckle bei Bourbach-le-Bas mit Halden, Pingen und Stollenmundlöchern (B. Bohly).

2.3 Ein Sonderfall der Prospektion: Verhüttung von Cu-Pb-Ag-Erzen in den mittleren Vogesen

In den drei Gewinnungszentren des »Hauptgebietes« Mittlere Vogesen (Sainte-Marie-aux-Mines, La Croix-aux-Mines, Val de Villé) entstand eine Verhüttungsindustrie, deren Beziehung zu den natürlichen Gegebenheiten eine Untersuchung wert erscheinen läßt. Urkundlich sind nur einige wenige Plätze belegbar. Um die tatsächliche Verbreitung der Verhüttungsanlagen des 16. und 17. Jahrhunderts eingehender zu erfassen, wurde eine »strategische Erkundung« entlang des Gewässernetzes durchgeführt, wobei Schlackenansammlungen als Wegweiser dienten. Diese Erkundung brachte in einem Radius von 20 km rund um die Gruben mehr als 45 Schlackenvorkommen an den Tag. Häufig weist ein einzelnes Gewässer eine »Kette« von drei, vier oder fünf hintereinander liegenden Plätzen auf. Hauptursache für die geographische Streuung bildete offensichtlich vor allem die massive Entwaldung, die eine Übersiedlung der Hüttenwerke in andere Täler zur Folge hatte¹¹ (Abb. 2).

2.4 Die detaillierte Prospektion

Der Vorprospektion entgeht eine große Zahl von Strukturen. Halden sind mehr oder weniger stark abgetragen, Pingen eingeebnet. Vor allem aber von Aufbereitungs- und Verhüttungsanlagen sind an der Oberfläche oft keine Spuren mehr zu erkennen. Zum Vorschein kommen sie nur noch über geophysikalische Messungen (Abb. 3) und durch Sondiergrabungen. Allein deren allgemeine Anwendung kann zu einer umfassenden Bestandsaufnahme verhelfen.

Unseres Wissens wurde eine auf diese Methoden gestützte Bestandsaufnahme bisher nur im Fortelbachtal (Fertruft)¹², Revier Altenberg (Ursprungsort der renaissancezeitlichen Bergbautätigkeit in Sainte-Marie-aux-Mines), mit Erfolg durchgeführt. Hier konnte es zur Feststellung des damaligen industriellen Netzes kommen. Bei Mont-Jean und Teutschgrund im Revier Giromagny in den südlichen Vogesen ist diese Inventarisierung noch im Gange.

2.5 Der Wasserbau

Die Mehrzahl der früheren Wasserbauanlagen ist heute noch in Form von Gräben (Reusen) und Staudämmen erhalten (besonders zahlreich bei Giromagny und Thillot/Château-Lambert, südliche Vogesen). Weitere, offensichtlich mittelalterliche Anlagen sind bei Fluruntersuchungen und Sondierungen festgestellt worden (La Croix-aux-Mines¹³). Auf dem Hohen Altenberg brachten eine Reihe solcher Versuchsgrabungen in regelmäßigen Abständen eine hydraulische Trasse zum Vorschein (Graben von über 1 km Länge), an die ein Kunstrad sowie Waschanlagen angebunden waren¹⁴. In manchen, über Kanäle versorgten Bergbaurevieren verwertete man diese Antriebskraft später anderweitig (z. B. Mühlen). Die Erforschung der Umgestaltung der Wirtschaftsgeographie im Laufe der Zeit wird für die Zukunft ein ergiebiger Aspekt der Bergbau- und Verhüttungsarchäologie sein.

11 P. FLUCK, La métallurgie de l'argent dans les Vosges centrales. Voies de recherches historiques et archéologiques. In: Catalogue Exposition »Vivre au Moyen Age«, Musées Strasbourg, 1990, 301–313; vgl. auch Pierres et Terre 34, 1990, 122–126.

12 Eine breit angelegte geophysikalische Erkundung, acht magnetometrisch und vier geoelektrisch vermessene Plätze, N. FLORSCH, in: P. FLUCK, Bericht über montanarchäologische Forschungsgrabungen 1990.

13 P. FLUCK et H. SCHOEN, L'histoire des mines de La Croix-aux-Mines avant Heinrich Gross (1991).

14 P. FLUCK, Le Haut-Altenberg (campagnes 1982–1987). Pierres et Terre 34, 1990, 68–73.

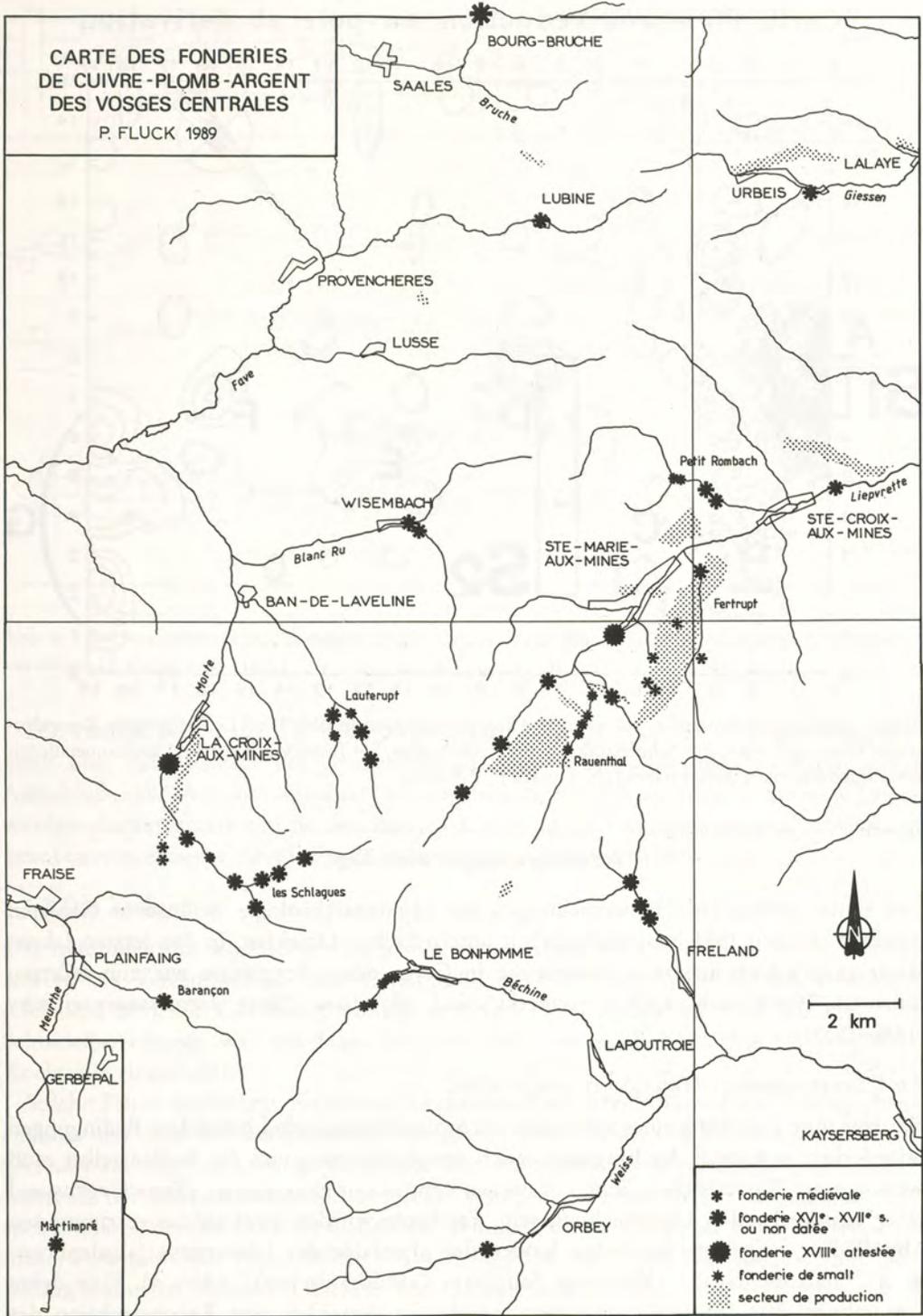


Abb.2 Lage der Kupfer-Blei-Silberschmelzhütten in den mittleren Vogesen.

Carte F3 apres reduction au pole et derivation

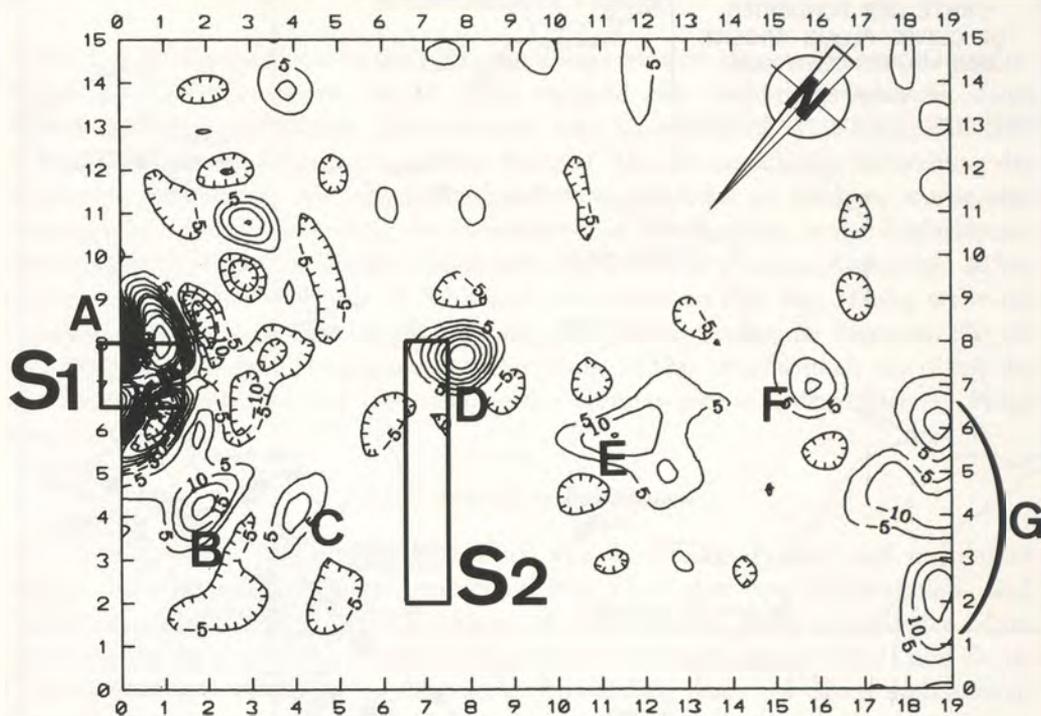


Abb. 3 Magnetische Anomalien auf einer der 4 Terrassen (Schlackenhalde 3) bei Le Bonhomme, Zentralvogesen; vermutlich ehemalige Schmelzhütte (A-G = Anomalien, S = Testschnitte, die 1991 archäometallurgisches Fundmaterial geliefert haben) (N. Florsch u. P. Fluck).

2.6 Ausgrabungen über Tage¹⁵

Die ersten »offiziellen« Untersuchungen der Montanarchäologie in unseren Gebieten befaßten sich seit 1981 hauptsächlich mit unterirdischen Objekten. In den letzten Jahren setzte man jedoch klassische Grabungen in Gang, deren Ergebnisse wir nun erörtern möchten. Wenn nicht anders vermerkt, sind alle diese Plätze »renaissancezeitlich« (1480–1635).

2.6.1 Erzgewinnung: Mundlöcher und Halden

Für eine gute Erhaltung eines verzimmerten Stolleneingangs sind besondere Bedingungen erforderlich: u. a. muß der Eingangsbereich verschüttet sein, und der Stollen selbst muß ständig unter Wasser stehen. Schon deswegen können nur ganz wenige Plätze Gegenstand einer entsprechenden Untersuchung sein. Bis heute wurden zwei solche verzimmerten Mundlöcher freigelegt: der tiefste Stollen der »Fontaine des Chouettes« (»Eulenbrunnen«)¹⁶ und die Grube »Mare aux Sangliers« (»Wildsaulache«)¹⁷ (Abb. 4). Eine dritte Ausgrabung war für 1991 vorgesehen, an die im Anschluß eine Rekonstruktion des Objekts erfolgen soll. Alle drei genannten Lokalitäten liegen bei Sainte-Marie-aux-Mines.

15 Dazu besonders B. BOHLY, *Le carreau minier au XVI^e siècle: activités artisanales et vie quotidienne*. In: *Vivre au Moyen-Age. Catalogue Exposition Strasbourg (1990)* 315–325.

16 Ausgrabung Grandemange 1982.

17 P. Fluck, B. Angel, Ausgrabung Haut-Altenberg im Jahr 1986; vgl. P. FLUCK, H. SCHOEN (wie Anm. 13).

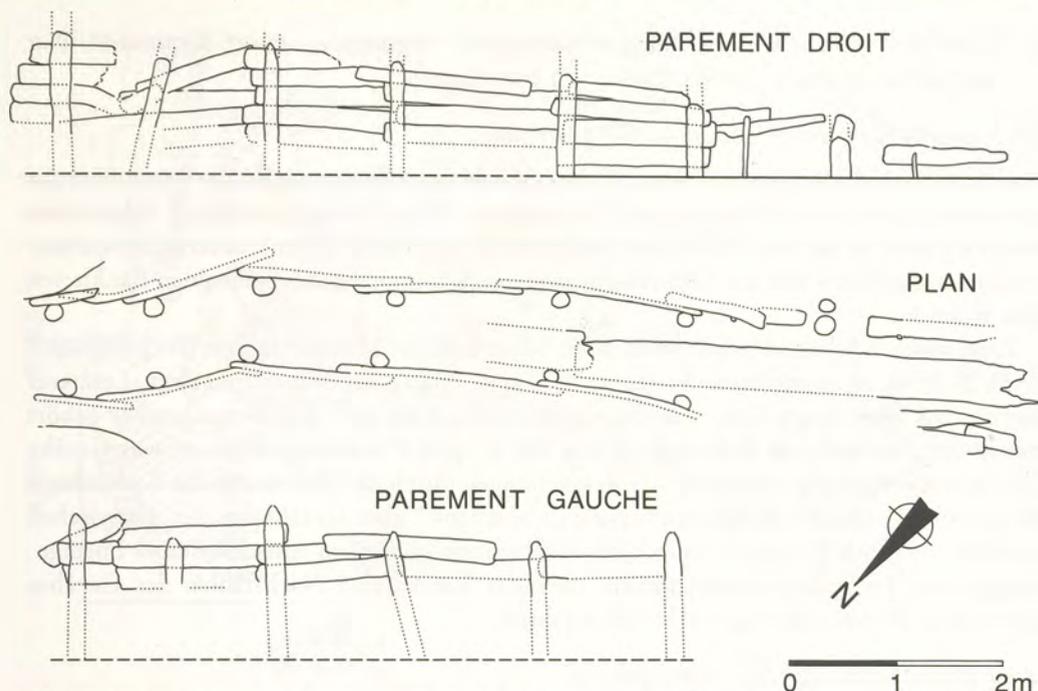


Abb. 4 Holzverzimmertes Stollenmundloch der Grube »Mare aux Sangliers«, Altenberg, Sainte-Marie-aux-Mines (B. Ancel u. P. Fluck).

Die Halden bilden sozusagen die »Visitenkarte« einer Grube: ihr Volumen gibt Auskunft über die Ausmaße des Grubengebäudes, und evtl. vorhandene Erzspuren geben Aufschluß über Art und Qualität der abgebauten Erze. Verschiedene Formen-Typen wurden charakterisiert und für den Bereich Altenberg ein Verfahren zur qualitativen und quantitativen Analyse samt ihren Auswertungsgrundlagen erstellt¹⁸.

2.6.2 Das Zechenhaus

Oft irrtümlich als Wohnstätte bezeichnet, diente diese bessere »Kau« den Arbeitern sowohl als Versamlungs- und Speisestube als auch zur Lagerung des Unschlitts (Geleucht etc.) und Gezähes (Stufeisen etc). Sehr einfach gestaltet, meist aus Holz mit Schindelbedachung, war das Häuschen mit einem prunkvollen Kachelofen und einer Kochstelle eingerichtet.

Solche Plätze sind relativ einfach zu lokalisieren dank ihrer Nähe zu der Hauptgrubeneinfahrt und ihrer archäologischen Hinterlassenschaft in Form von Keramikscherben vor Ort oder auf einer Schutthalde. Viele dieser Zechenhäuser wurden bei der Prospektion und während der Bestandsaufnahme entdeckt, weniger als zehn bisher ausgegraben. Ein spektakuläres Beispiel liegt bei Urbeis im Weilertal (Val de Villé) und weist ein Trockenmauerwerk mit einer Grundfläche von 4,80 × 5,50 m auf¹⁹. Die Zechenhäuser mit dem bislang schönsten Mobiliar (Geschirr- und Ofenkeramik, Scheiben- und Gefäßglas, metallische Objekte und weitere Funde) befinden sich im Silberwald, Münstertal²⁰ (Abb. 5) und

18 P. FLUCK, Les haldes dans le paysage minier. In: Vivre au Moyen-Age, Catalogue Exposition Musées Strasbourg (1990) 287–293.

19 D. METZGER, Sept années de recherches et d'observations sur le site minier du Champ Brêcheté à Urbeis. Ann. Soc. Histoire du Val de Villé 1986, 140–166; vgl. auch Pierres et Terre 34, 1990, 126–129.

20 B. BOHLY, Munster, le Silberwald: la plateforme de la mine Tiergarten. Pierres et Terre 34, 1990, 47–56.

in Wattwiller²¹. Diese Untersuchungen haben dazu beigetragen, unsere Kenntnisse über die Sachkultur zuzeiten der Renaissance zu erweitern²².

2.6.3 *Bearbeitung des Gezähes: die Bergschmiede*

Auf dem Gelände der Grube Samson (Sainte-Marie-aux-Mines) wurden die erstaunlich gut erhaltenen Reste einer Bergschmiede²³ ausgegraben. Diese bestand aus einem Hauptraum von 8 × 6 Metern, der mit drei Herden ausgestattet war, die eingehend untersucht wurden. Hieran angegliedert war ein Kohlenschuppen; zwei Schmiedeschlackenhalden flankierten den Komplex.

Zwei weitere Schmiedeherde wurden im Silberwald bei Münster in den Hochvogesen²⁴ (Abb. 5) bzw. im Fortelbach (Fertrupt) bei Sainte-Marie-aux-Mines freigelegt. Letzterer besteht aus einer Kuppel, die aus Ziegelsteinen aufgebaut ist²⁵. Die Bergschmiede gehört neben den Grubenbauen sicherlich zu den bevorzugten Forschungsobjekten, was Gezähe und Eisengerätschaften anbelangt. Untersuchungen durch die Universität für Technologie in Compiègne und der Tochteruniversität in Sévenans²⁶ über Gezähe aus den elsässischen Gruben sowie aus der Bergschmiede der Grube Samson bringen Aufschluß über Formgebungs- und Instandsetzungstechniken, über das Stählen und Nachstählen des Gezähes sowie über die verschiedenen Schweißverfahren.

2.6.4 *Erzaufbereitung: Die Waschanlagen*

Die bemerkenswerteste bisher ausgegrabene Erzaufbereitungsanlage befindet sich bei der Samson-Bergschmiede; sie zeigt eine Kette von Wasch- und Absatzbecken, die sich über etwa 10 Meter hinziehen²⁷. Weitere Plätze wurden nur ausschnittsweise untersucht. Ein Profil in Kleinleberau (Petite Lièpvre) im Revier Neuenberg bei Sainte-Marie-aux-Mines zeigt einen Querschnitt durch insgesamt drei Waschbassins und drei Tröge²⁸ (Abb. 6). In Fortelbach (Fertrupt), Revier Altenberg, wurde ein Waschgraben mit Resten von Bleiglanz-Schlich untersucht²⁹. Eine kleinere Waschanlage liegt im Silberwald bei Münster³⁰ (Abb. 5).

Interessante Ergebnisse erbrachten im Revier des Hohen Altenbergs einige Sondierungen in konisch zulaufenden Schlämmbecken mit gebänderten Ablagerungen, die im späten Mittelalter in die Halden des 10. Jahrhunderts eingegraben wurden. Korngrößenspektren und Verteilungskurven belegen einen Zusammenhang zwischen den Ablagerungen und den Schwankungen in der Wasserführung³¹.

21 B. BOHLY, Wattwiller: la mine de l'Erzgrubenthal (fouille 1983–1989). *Pierres et Terre* 34, 1990, 32–37.

22 B. BOHLY, D. MARTIN et G. PROBST, Le mobilier archéologique des sites miniers, reflet de la vie quotidienne. In: *Vivre au Moyen-Age, Catalogue Exposition Musées Strasbourg* (1990) 326–330.

23 J. et Y. GRANDEMANGE, La fouille du carreau minier du Samson à Sainte-Croix-aux-Mines. *Soc. Histoire du Val de Lièpvre* 13, 1988, 43–64; vgl. auch *Pierres et Terre* 34, 1990, 116–120.

24 Vgl. B. BOHLY (wie Anm. 20).

25 P. FLUCK, Sainte-Marie-aux-Mines, secteur de l' Altenberg: la Vallée de Fertrupt (première campagne: 1989). *Pierres et Terre* 34, 1990, 74–78.

26 Besonders durch die Technik der Metallographie. Dazu z.B. I. GUILLOT, Ph. FLUZIN, P. BENOIT et G. BERANGER, Mise en forme et utilisation de marteaux de mineurs du XVI^e siècle: apport de la métallographie. In: *Archaeometallurgy of Iron. Sympos. internat. Comité pour la Sidérurgie ancienne, Liblice, 5–9 octobre 1987, Actes* (Prague 1989) 459–474.

27 J. et Y. GRANDEMANGE (wie Anm. 23).

28 B. BOHLY et P. FLUCK, Fouille de sauvetage d' une laverie. *Pierres et Terre* 34, 1990, 105–107.

29 P. FLUCK (wie Anm. 25).

30 B. BOHLY (wie Anm. 20).

31 P. Fluck, Ausgrabungen 1986 und 1987.

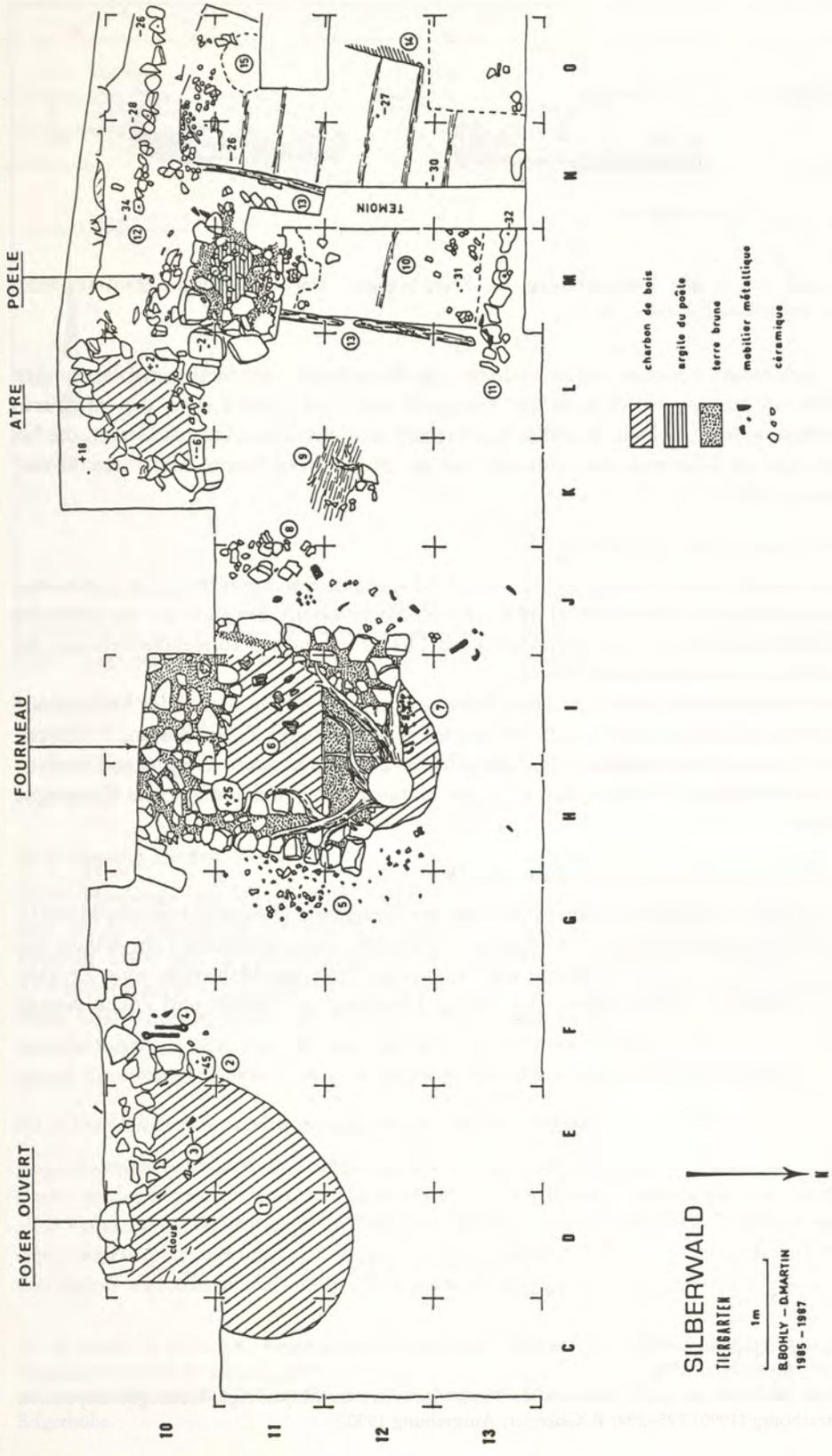


Abb. 5 Gelände der Grube »Tiergarten« am Silberwald bei Munster mit Schmiedeherd, Feuerherden, Zechenhaus, Öfen und Erzwäscheanlage (rechts) (B. Bohly).

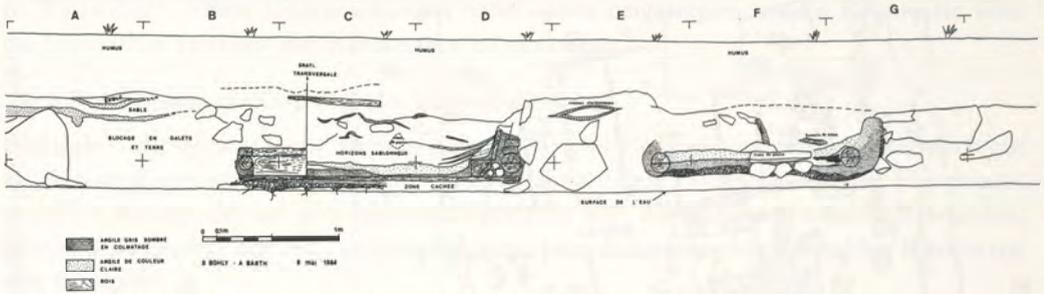


Abb.6 Profil durch eine Erzwaschanlage in Klein-Leberau, Neuenberg, Sainte-Marie-aux-Mines (B. Bohly, A. Barth u. P. Fluck).

Auch andernorts konnten »Waschhalden« als Rieselfelder mit Schlammablagerungen festgestellt werden (so bei Fortelbach, Fertrupt) und, auf einer Länge von mehreren hundert Metern, bei Musloch. Erwähnt seien ferner zwei Scheidesteine aus Granit, die bei Ausgrabungen im Silberwald bei Münster und am Blüttenberg (Sainte-Marie-aux-Mines) gefunden wurden.

2.6.5 Die reduzierende Verbüttung

Bis heute wurde noch keine Grabung auf Hüttenplätzen durchgeführt; eine Ausnahme bildet der untersuchte Schmiedeherd im Silberwald (siehe oben), der auch zur Verarbeitung von Antimonglanz diente. Dies wird durch vor Ort aufgefundene Tongefäße bezeugt, die geschmolzenen Antimonglanz enthalten.

Zu vermerken sei auch der Fund eines Bruchstücks (1,29 × 1,06 m) aus der Verkleidung eines Treibeofens, das aus vier Lagen ineinander verschachtelter Ziegel bestand³² (Fortelbach 1963). Das archäometallurgische Material war bisher nur selten Gegenstand analytischer Untersuchungen³³. Hier ist für 1991 eine systematische, archäometrische Kampagne vorgesehen.

2.6.6 Ein Sonderfall: die Kobaltfarbenindustrie

Erst vor kurzem wurden beim Christian-Gang am Neuenberg (Sainte-Marie-aux-Mines) – einzig wichtiger Kobaltlieferant der Vogesen – Überreste einer Farbmühle vom Anfang des 18. Jahrhunderts gefunden: Mühlsteine aus Granit, ein Trog und Mahlsteine zum Zerkleinern des Kobaltblaus, Infrastruktur der Anlage bestehend aus Mühle und Poche, Smaltstücke³⁴.

32 P. Fluck, Ausgrabung 1989.

33 P. Fluck, Ausgrabung 1985.

34 P. FLUCK et B. GOERGLER, L'industrie de l'azur. In: Vivre au Moyen-Age. Catalogue Exposition Musées Strasbourg (1990) 295–299; B. Goergler, Ausgrabung 1990.

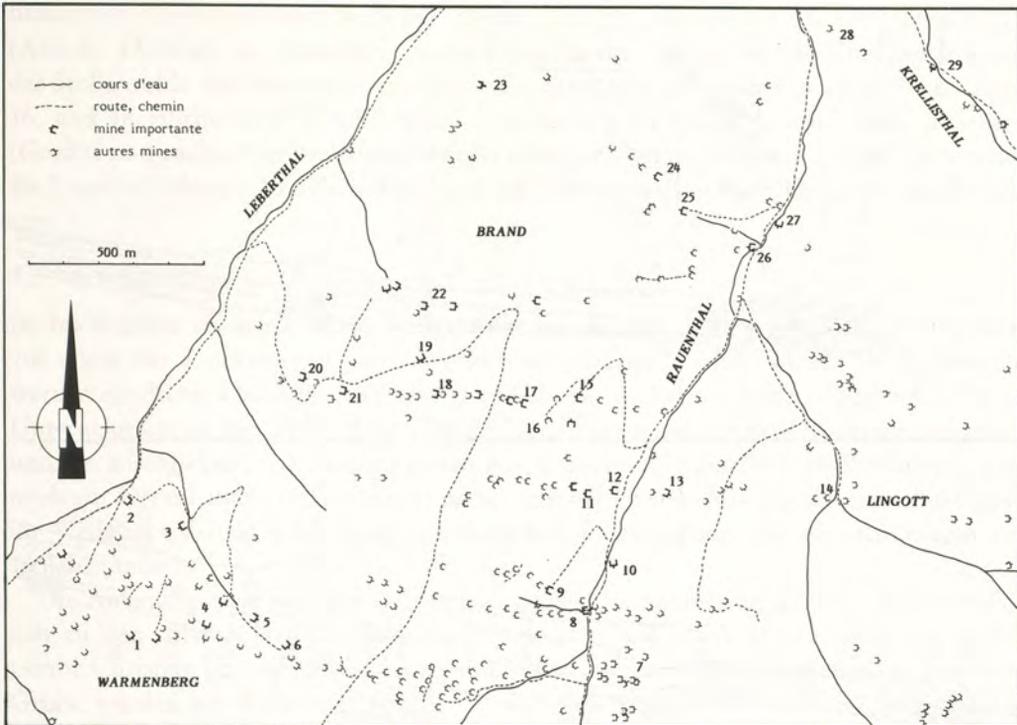


Abb.7 Lage der Stollenmundlöcher des Neuenbergs, Sainte-Marie-aux-Mines.

3. Montanarchäologie unter Tage³⁵

3.1 Die Methoden

3.1.1 Zugang zu den Bauen

Erstes Hindernis bei dem Versuch, in die alten Baue vorzudringen, ist meist die Verschüttung des Mundlochs. In den letzten 30 Jahren wältigten die verschiedenen Gruppen in den Vogesen etwa 300 Stollen-Mundlöcher auf, wobei die verschiedenartigsten Mittel zur Anwendung kamen. Die Arbeitskampagnen erstreckten sich manchmal über mehrere Jahre. Nach Überwindung dieses ersten Hindernisses begegnet dem Bergbau-Archäologen noch manche Schwierigkeit, wie z. B. instabile oder verbrochene Bereiche. So hat er nur Zugang zu seinen Forschungsobjekten, wenn er zugleich ein erfahrener Höhlenforscher ist³⁶.

3.1.2 Darstellung des Grubengebäudes im großen Maßstab

Logischerweise gehört dem Fotografen der Vorrang beim Zugang in die neu aufgewältigten Baue: er dokumentiert eine seit Jahrhunderten unberührte Landschaft unter Tage. Trotz aller Vorsicht der Forscher beim Befahren können Spuren der alten Bergleute verwischt oder zertrampelt werden (z. B. Fußspuren im Schlamm). Eine systematische Fotodokumentation und eine umfassende Vermessung im Maßstab 1:200 ergeben ein genaues Bild

35 B. ANCEL et P. FLUCK, Archéologie et spéléologie minière. In: Vivre au Moyen-Age. Catalogue Exposition Musées Strasbourg (1990) 271-286.

36 So verteilt sich z. B. die 9 km Streckengesamtlänge des Grubenbaus St. Johann (Neuenberg) auf 350 m Seigerhöhe.

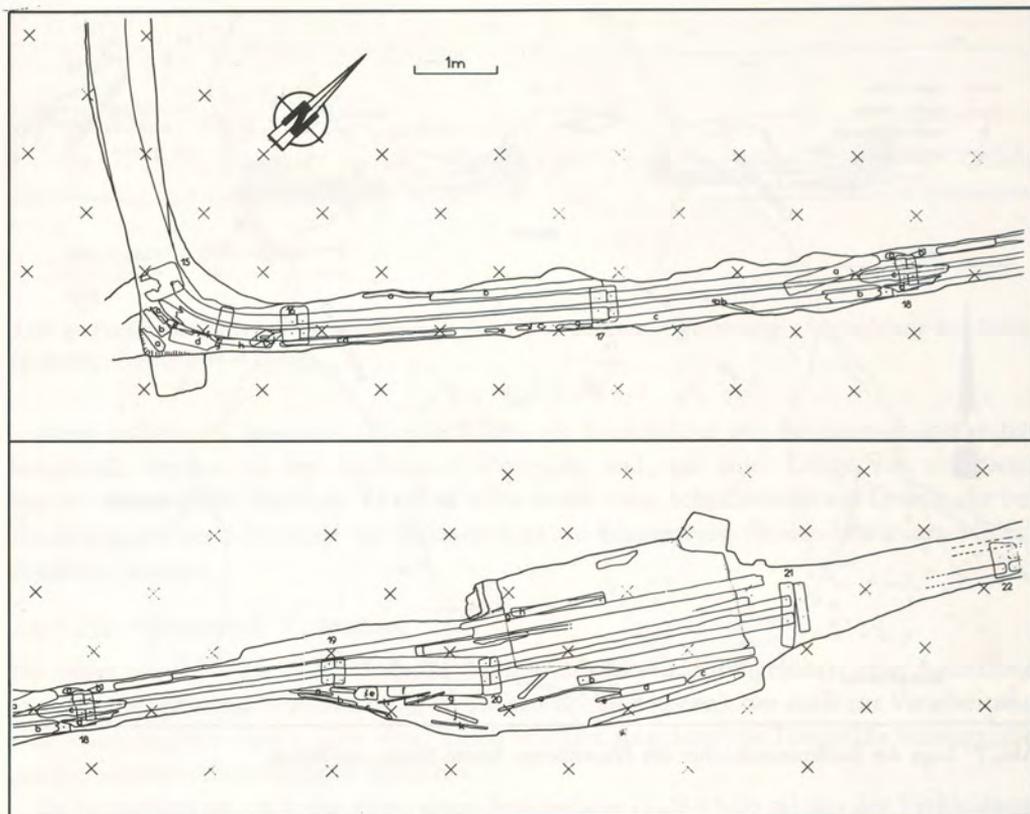


Abb. 8 Fördergestänge in der Grube »Vieux Rimpy«, Altenberg, Sainte-Marie-aux-Mines; unten: Stollen-erweiterung (Hornstatt) im Bereich eines mittelalterlichen und mit taubem Gestein verfüllten Gesenkes (B. Ancel u. P. Fluck).

von den Anlagen. Die zeichnerische Dokumentation (bis heute sind 85 km Streckenlänge erfaßt) geht jeder weiteren Untersuchung voraus, da sie dieser als Grundlage dient (so z. B. die räumliche Einordnung des archäologischen Mobiliars). Am anderen Ende der Maßstabs-Skala gibt die Grubenkarte im Maßstab 1:5000 eine Übersicht über die alten Arbeiten (Abb. 7) und ermöglicht eine Gegenüberstellung mit der lokalen Geologie.

3.1.3 Detailbetrachtungen

Wie erwähnt, verschafft der Zugang zum untertägigen Bau Einsicht in Arbeitsbereiche, deren Erscheinungsbild seit ihrem Verlassen gewissermaßen erstarrt ist. Der Kontakt mit der Vergangenheit ist hier unmittelbar gegeben; das Auge des Montanarchäologen spielt die Rolle der Kelle und des Pinsels bei klassischen Grabungen. Die Richtung des Vortriebs (durch Schräm Spuren an den Stößen erkennbar), eingehauene »Stuf« (Kreuze) des »Verdinghäuers«, Spuren der »Wetterlutte« oder unter Wasser erhaltene hölzerne Fördergestänge bilden einige der Untersuchungsobjekte. Hierzu gehören auch die Stollenquer-schnitte, die für eine typologische Systematik unerlässlich sind.

3.1.4 Grabungen unter Tage

Oft ist die archäologisch interessante Schicht verschüttet oder unter Versatz verborgen. So wurde erst durch die Räumung einer meterdicken Schuttschicht eines der schönsten

bekannten Fördergestänge freigelegt (Vieux Rimpy, Revier des Hohen Altenberg)³⁷ (Abb. 8). Ebenfalls am Altenberg, in der Grube Sankt-Martin, brachte eine Grabung auf der Stollensohle drei übereinanderliegende Tätigkeitsschichten zum Vorschein (Mittelalter, 16. und 18. Jahrhundert)³⁸. Schließlich ist es bei der Suche nach metallischen Objekten (Gezähe und andere Gerätschaften) oftmals nötig, den nassen Schlamm auf der Sohle unter die Lupe zu nehmen. In diesem Fall kann der Gebrauch eines Metalldetektors angebracht sein.

3.1.5 *Großeinsätze*

In den Rahmen solcher Untersuchungen, für die »Knochenarbeit« erforderlich ist, gehört vor allem das Trockenlegen von »abgesoffenen« Bauen³⁹. Allein durch dieses Sumpfen werden erhaltene Schachtverzimmerungen (Abb. 9a, b) der Forschung zugänglich (etwa 15 Unternehmungen seit 1980). Das Filmen durch eine ferngesteuerte Unterwasserkamera und das anschließende »Befahren« durch Berufstaucher gewährten erste Einblicke in eine noch vor Ort erhaltene Pumpenkunst im Schacht der Grube »Haus Österreich« bei Lalaye im Weilertal (Val de Villé), einem technischen Denkmal aus der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts⁴⁰.

Die Aufwältigung einer Strecke bei gleichzeitiger Verzimderung gehört selbstverständlich zu den aufwendigen Großeinsätzen. So waren z. B. 30 Aktionen nötig, um in der Grube Christian bei Sainte-Marie-aux-Mines einen Verbruch zu überwinden. In derselben Grube wurden bei Aufwältigungsarbeiten auf einer Schachtsohle in 40 m Teufe etwa 20 Kubikmeter Schutt ausgeräumt.

3.1.6 *Gegenüberstellung von Geländebefunden und Archivmaterial*

Die Untertage-Archäologie ermöglicht es uns, den Schauplatz von schriftlich festgehaltenen Begebenheiten vor Ort aufzusuchen, aber auch die räumliche und zeitliche Entwicklung eines Abbaus zu erfassen⁴¹. Das Archiv selbst gibt den Anreiz »voranzukommen«, da oft Grubenabschnitte beschrieben werden, die zunächst noch unzugänglich sind (und es zum Teil auch für immer bleiben werden). Umgekehrt bringt die Befahrung eines Grubenbaus vielerlei Informationen, die in den historischen Quellen nicht erscheinen. Manche markscheiderische (= vermessungstechnische) Fragen⁴² und bergrechtliche Probleme (Fortelbach) konnten auf diese Weise beantwortet bzw. gelöst sowie geschichtliche Tatsachenberichte für einzelne Bergwerke aufgestellt werden.

37 Ausgrabung P. FLUCK, B. ANCEL 1985; P. FLUCK, H. SCHOEN (wie Anm. 13).

38 J. et Y. GRANDEMANGE, Rapport de prospection sur les communes de Sainte-Croix-aux-Mines et Sainte-Marie-aux-Mines. *Pierres et Terre* 27, 1983, 47–65.

39 Z. B. erforderte die Sumpfkation Engelsburg im Jahre 1989 etwa 500 m Kabel, das Abseilen und Eintauchen einer 45 kg schweren Pumpe in 100 m Teufe, zwölf Tage Arbeitseinsatz von Freiwilligen, um 73 Stunden lang sumpfen zu können. Ausgrabung B. ANCEL 1989.

40 P. FLUCK, A. FRECHARD, R. MAURER et M. DEPIERREPONT, Lalaye, mine de la Maison d'Autriche. *Pierres et Terre* 34, 1990, 130–131.

41 B. ANCEL, P. FLUCK, Une exploitation minière du XVI^e siècle dans les Vosges. *Documents d'Archéologie Française* 16, 1988, 123 p.; P. FLUCK, B. ANCEL, L'exploitation d'un filon: sa dynamique, vue à travers les sources écrites. In: 113^e Cong. Nat. Soc. Savantes, Coll. Intern. Techn. Minières, Strasbourg, avril 1988, Ed. Comité des Travaux historiques et scientifiques (Paris 1992) 443–455.

42 Z. B. der Riß der Grube »die Aich« am Neuenberg aus dem Jahre 1560, der sich Punkt für Punkt mit den topographischen Aufnahmen der Archäologen deckt; vgl. B. ANCEL, P. FLUCK (wie Anm. 41).



Abb. 9a Verzimmerung (um 1673) eines Schachtes bei Fortelbach, Sainte-Marie-aux-Mines (von unten nach oben gesehen). Einige Bretter sind verkippt (Photo P. Fluck).

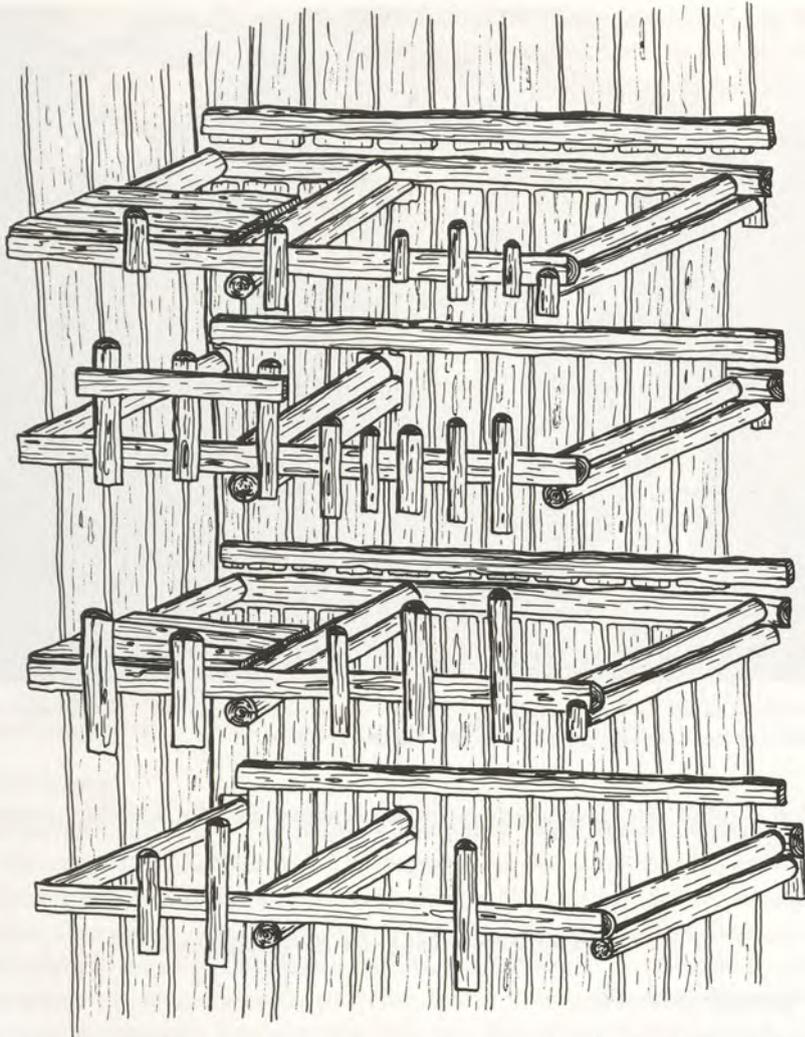


Abb. 9b Verzimmerung im abgesoffenen Schacht der vermutlichen Grube »Ulmer Zech«, Fortelbach, Sainte-Marie-aux-Mines, zwischen 11,35 und 15,60 m Teufe; freigelegt durch Sumpfen. Der Querschnitt des Schachtes beträgt $3,70 \times 1,50$ m.

3.1.7 Ein interdisziplinäres Vorgehen

Der Montanarchäologe darf nicht aus den Augen verlieren, was den Anlaß zum Abbau gab: ein Erzkörper. Die Rekonstruktion der Abbaudynamik wird erst sinnvoll, wenn sie in den geologischen Rahmen eingebunden wird; hierzu gehören auch die dazu notwendigen Untersuchungen im Grubenbau. In manchen Fällen führen solche Arbeiten zur Entdeckung von über Tage noch unbekanntem Objekten; umgekehrt verhilft die Bestandsaufnahme der Abbaurelikte im Gelände zur Erkennung geologisch wichtiger Strukturen: Musterbeispiel des interdisziplinären Vorgehens.

Form und Inhalt der Erzkörper, ihre quantitativ-mineralogische Zusammensetzung, bedingen – ebenso wie wirtschaftliche Parameter (Konjunktur, Entfernung der Energiequellen und Bevölkerungspotential) – das Aufblühen der bergbaulichen Unternehmungen;



Abb. 10 Kreuzung in der Grube Engelsburg bei Sainte-Marie-aux-Mines; links: Schrägstollen aus dem 16. Jahrhundert, rechts: moderne Strecke von 1898 (Photo P. Fluck).

hier ist der Einfluß der geologischen Gegebenheiten auf die Geschichtsentwicklung unverkennbar⁴³.

3.2. Ergebnisse, Erforschung der Bergbautechniken⁴⁴

3.2.1 Der Vortrieb (Abb. 10)

Gezähspuren an Streckenstoß und Ortsbrust dokumentieren die Vortriebstechnik; Stufe (= eingeritzte Kreuze) bezeugen das Gedingsesystem (= Akkordarbeit)⁴⁵; kleinere Bühnlöcher belegen den Gebrauch des »Sitzpfahls« durch den »Häuer« vor Ort⁴⁶. Als verbreitete Vortriebsart kann der First- und Sohlevortrieb angesehen werden, bei dem ein Häuer mit kurzem Abstand die Sohle eines vor ihm liegenden »Sitzortes« nachreißt. Für das Mittelalter sowie für das 16. und 17. Jahrhundert sind in den ganzen Vogesen Feuersetzarbeiten nachgewiesen. Mittelalterliche Strecken zeigen im allgemeinen einen recht kleinen, eiförmigen Querschnitt, unregelmäßige Steigung und manchmal unerklärliche Verirrungen in der Orientierung des Vortriebes. Untersuchungen in Le Thillot (südliche Vogesen) belegen den erstmaligen Gebrauch der Schießarbeit ab 1617 (früheste Erscheinung dieser Technik

43 P. FLUCK, L'adaptation des travaux miniers aux structures géologiques. Exemples de gîtes en terrains cristallins. In: 113^e Cong. Nat. Soc. Savantes, Coll. Intern. Techn. Minières, Strasbourg, avril 1988, éd. C. T.H.S. (Paris 1992) 35–53.

44 B. ANCEL, Les techniques d'extraction dans les mines au 16^e siècle. In: Vivre au Moyen-Age. Catalogue Exposition Musées Strasbourg (1990) 277–284.

45 Z.B. 153 registrierte Stufe in den »Zinkgruben« am Neuenberg; B. ANCEL, Le filon des Mines de Zinc. Pierres et Terre 34, 1990, 91–131.

46 Insbesondere Untersuchungen von B. Ancel und H. Schoen.

in Frankreich). Für dieses Revier konnte eine chronologische Typologie für Bohrlöcher erarbeitet werden⁴⁷. Es ist zu betonen, daß die Erforschung der manchmal sehr kurzen, aber zahlreichen Suchstrecken nicht vernachlässigt werden sollte, da auch hier überraschend reichhaltige Ergebnisse auftreten können.

3.2.2 Hereingewinnungsarbeit

Im wesentlichen sind es Untersuchungen zur Abbaudynamik, die genauere Einblicke in die Methoden bei der Hereingewinnungsarbeit geben. Der Abbau im Revier Neuenberg erfolgte generell von oben nach unten in der Schlägel- und Eisenepoche (bis zum 30jährigen Krieg) und von unten nach oben – von einer Vorrichtungsstrecke zur anderen hinauf – bei der Schießarbeit des 18. Jahrhunderts⁴⁸. In den jüngeren Abbauen ist vor allem die Systematisierung von Verzimmerung und Versatz (Kastenbau) hervorzuheben. Mittelalterliche Abbaue wurden am Altenberg untersucht (insbesondere die Grube »Eisenthür« in Fortelbach); hier entsteht der Eindruck eines »opportunistischen« Betriebes, ausgehend von Tagschächten und abhängig von der Geometrie und Mächtigkeit der Erzfälle⁴⁹.

3.2.3 Die Auszimmerung

Abschnitte in »schwimmendem« Gebirge (vor allem in Mundlochnähe) oder Verbruchzonen sowie Unterfahrungen von aufgelassenen Abbauen (Alter Mann) wurden verzimmert (zur Verzimmerung der Mundlöcher siehe oben). Vor allem die Schachtverzimmerung, die zugleich den Förder- und Fahrhölzern als Stütze dient und das Gebirge stützt, ist Gegenstand eingehender Forschung mit spektakulären Ergebnissen.

3.2.4 Wasserlösung

Zwei Tauchunternehmungen führten zur Entdeckung und Erforschung von Pumpenanlagen mit dazugehörigen Kolben und Zugstangen; bei der einen handelt es sich um eine handgetriebene Pumpe (Grube Lingoutte im Revier Neuenberg), bei der anderen um eine Wasserkunst über einem Tagschacht, deren Antriebskonstruktion über Tage nicht erhalten ist (Grube Haus Österreich, Weilertal). In Château-Lambert⁵⁰ wurde eine Radstube unter Tage topographisch aufgenommen, an deren Decke zwei große bogenförmige Aushiebe zwei übereinanderliegende Antriebsräder belegen. Teile dieser Pumpenanlage, die in alten Dokumenten erwähnt ist⁵¹, sind vor Ort noch vorhanden. Das Sumpfen eines Teils der Grubenbaue im Christian erbrachte eine kompliziertere Anlage aus dem 18. Jahrhundert mit horizontaler Kraftübertragung (durch Bruchschwingen). Eine der Zugstangen wurde noch aufgefunden⁵². Im Bau von St. Jean d'Auxelles (Revier Giromagny) erfolgten simultane Nachforschungen in den Urkunden⁵³ und vor Ort zu einer Kraftübertragung durch Seile aus dem ausgehenden 17. Jahrhundert⁵⁴. Weitere Feldstangenkünste wurden in

47 F. PIERRE, Les recherches en archéologie minière dans le sud des Vosges lorraines. Le Pays Lorrain 70, 4, 1989, 233–242.

48 B. ANCEL (wie Anm. 44).

49 B. ANCEL et P. FLUCK, Etude souterraine de la Porte de Fer, un réseau médiéval repris au XVI^e siècle. Pierres et Terre 34, 1990, 79–80.

50 Vgl. Pierres et Terre 11, 1977, 3–8.

51 B. BOHLY, Les mines de Château-Lambert en 1648. Cahier Rech. Musée A. Demard (1983) 61 p.

52 Entspricht der Darstellung in MONNET, Traité de l'Exploitation des Mines (1773, reprint Sévenans 1990) Taf. 14; Goergler, Grabungsbericht 1990.

53 F. LIEBELIN, Mines et mineurs du Val de Rosemont. Centre Culture de Giromagny éd. (1986) 377 p.

54 J. THOMAS et M. RILLIOT, Auxelles-Haut, le travers-bancs de la mine Saint-Jean. Pierres et Terre 34, 1990, 13.

Steinbach⁵⁵ und Fresse-sur-Moselle (Lagerungen der Schwengel)⁵⁶ untersucht. Schließlich führte das Sumpfen eines Gesenkes in einer Grube bei Le Thillot zur Entdeckung eines zergliederten Satzes von kleinen Pumpenröhren⁵⁷.

Über Tage wurden in Thillot spektakuläre Befunde freigelegt; es handelt sich hierbei um die noch erhaltenen Lagerblöcke eines Feldgestänges, ein für die Vogesen einmaliger Fund⁵⁸. Um mit dem Thema der Wasserhaltung abzuschließen, sind noch die zahlreichen und die in den Fels gehauenen Rinnen zu nennen, deren Funktion darin bestand, die Grubenwässer abzuleiten.

3.2.5 Wetterführung

Strecken aus dem 16. Jahrhundert weisen auf mehreren Kilometern Länge an beiden Streckenstößen etwa 30 bis 40 cm unterhalb der Firste eine durchgehende Lettenspur auf, die auf eine Abdichtung der einstigen hölzernen Wetterlutten zurückzuführen ist. In Sainte-Marie-aux-Mines liegen zwei Beispiele dicht übereinander vorgetriebener Stollen vor, deren Trennfläche, der anstehende Fels, in regelmäßigen Abständen zum Zweck der Wetterführung durchschlagen ist. Schließlich zeigt ein Erbstollen in Sainte-Marie-aux-Mines auf einer Länge von 170 m das einmalige Beispiel einer unter der Stadt vorgetriebenen Strecke, bei der die Wetterführung über fünf Wetterschächte erfolgte⁵⁹.

3.2.6 Förderung

Mehrere hundert Meter Fördergestänge (=Holzschienen) wurden detailliert untersucht (Abb. 8); sie bestehen fast ausnahmslos aus Tannenholz, nur gelegentlich aus Buchenholz. Bis heute konnte ein vollständiger »Grubenhund« (=hölzerner Förderwagen) noch nicht aufgefunden werden, lediglich »Einzelteile« wie Eisenbeschläge, kleines Vorderrad, großes Hinterrad, Splinte, Scheiben und zahlreiche Leitnägel. Die morphometrisch-statistische Bearbeitung der Gestängeelemente aus einem Stollen bei Sainte-Marie-aux-Mines belegt eine Periodizität des Ausbaus: jeweils nach 15 Metern Vortrieb wurde ein neuer Gestängeabschnitt gelegt⁶⁰. Die Schachtförderung konnte bisher nur durch Funde von Haspelwellen und -hörnern (=Kurbeln) nachgewiesen werden sowie durch Ketten- und Seilreste. Auf der anderen Seite sind Rollschächte bekannt (z.B. Grube St. Wilhelm am Neuenberg). »Treibschächte« mit Tonnen und wassergetriebener Förderkunst sind in den Vogesen sehr selten.

3.2.7 Geleucht⁶¹

Einige Talglampen konnten aufgefunden werden.

55 B. BOHLY et G. PROBST, Table-Ronde G.H.M.M. sur l'hydraulique dans les mines et la métallurgie, l'Alpe d'Huez, sept. 1989, Actes. Pierres et Terre (à paraître).

56 F. PIERRE, Les mines du cours supérieur de la Moselle. Pierres et Terre 34, 1990, 62–65.

57 F. PIERRE (wie Anm. 56).

58 F. PIERRE, Grabungsbericht 1990.

59 B. ANCEL et P. LEJAY, L'Erbstollen de la maison de Cure. Soc. Hist. Val de Lièpvre 11^e Cah., 1986, 51–54.

60 B. ANCEL, Le quartier de Saint-Pierremont-Ouest. Pierres et Terre 34, 1990, 113–115.

61 B. BOHLY, L'éclairage dans les mines. In: Vivre au Moyen-Age. Catalogue Musées Strasbourg (1990) 286–286.

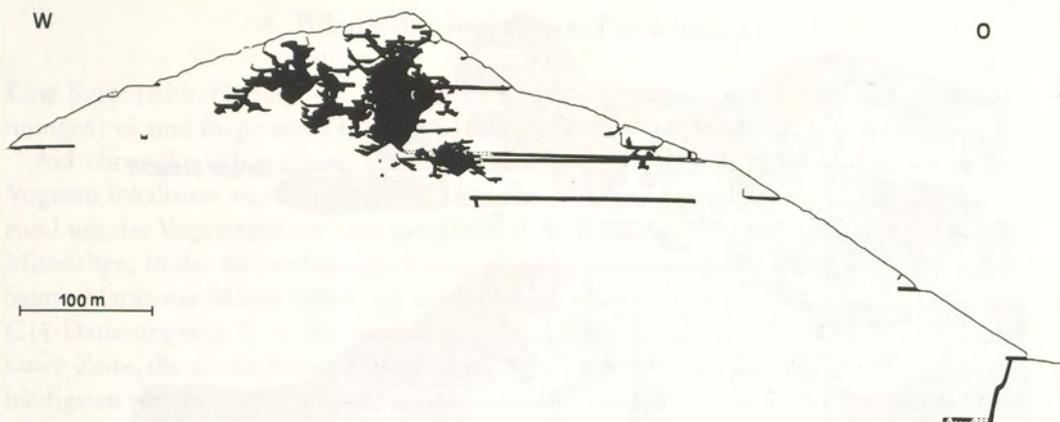


Abb. 11 Seigerriß (vereinfacht) durch die Abbaue des St. Ludwig-Ganges, Neuenberg, Sainte-Marie-aux-Mines (B. Ancel u. P. Fluck).

3.2.8 Räumliche Organisation, dynamische Entwicklung des Abbaus in Zeit und Raum

Für diesen Bereich erbrachte der Vergleich von Bergbauarchäologie und historischem Schriftmaterial sowie graphischen Darstellungen die besten Ergebnisse. Eine systematische Betrachtung der Vortriebsspuren in den Strecken sowie in Abbauen und Schächten ermöglicht die Rekonstruktion der Abbaugeschichte. Diese hängt von verschiedenen Parametern ab: Aufteilung in Konzessionen (häufig in den Anfängen zu beobachten, erst später entsteht durch Kauf eine Zusammenlegung), Aufbau der Lagerstätte, Geographie des Geländes, Beschaffenheit des Gebirges usw.⁶². Die Untersuchungsergebnisse sind entweder dreidimensional dargestellt⁶³ oder, wie bei den Gängen am Neuenberg, in einem Seigerriß in der Gang-Ebene⁶⁴ (Abb. 11 und 12). Schematisch gesehen erfolgt der Abbau in diesen Gängen durch ein Netzwerk von horizontal angelegten Strecken (in einem vertikalen Abstand von 25 bis 30 m) und vertikalen Schachtsystemen (bis zu 15 übereinander). Die Schächte sind dabei häufig auf der Scharung der Gänge mit Verwerfungen abgeteuft; die einzelnen Schachtsysteme liegen in streichenden Abständen von 50 bis 100 Metern. Die Frage nach der mehrphasigen Abbautätigkeit (z.B. in Altenberg: Mittelalter, 16. und 18. Jahrhundert) stellt ein eigenes Untersuchungsproblem dar. In einigen Gruben können die Lösungswege nachvollzogen werden, die die Bergleute wählten, um mit dem oft verstürzten oder verbrochenen »Alten Mann« zurechtzukommen. Die neuzeitlichen bergbaulichen Aufwältigungsarbeiten hatten teilweise die von den Alten zurückgelassenen Erzkörper zum Ziel; als Beispiel hierfür sind die arsen- und kobalthaltigen Erzfälle im Neuenberg besonders hervorzuheben. Hierdurch wird gleichzeitig die Notwendigkeit einer interdisziplinären Zusammenarbeit bei der Lösung dieser Forschungsprobleme deutlich.

3.2.9 Schürfarbeiten

Die Schürftechniken lassen sich am besten in Suchstollen untersuchen. Das Gebiet um St. Pierremont-West im Revier Sainte-Croix-aux-Mines weist z.B. Suchstollen von 2 bis 209 m Länge auf. Die auf tauben Gängen und Verwerfungen ausgerichteten Strecken

62 P. FLUCK, B. ANCEL (wie Anm. 41).

63 System der Bleigruben bei Sainte-Marie-aux-Mines, vgl. P. FLUCK, B. ANCEL, *Pierres et Terre* 28, 1984.

64 Ancel, Fluck, *Ausgrabungen* 1983, 1987, 1988. *Doc. Archéol. Franç.*, 1988, op. cit.; B. ANCEL, *Le secteur minier du Neuenberg*, *Pierres et Terre* 34, 1990, 85–99.

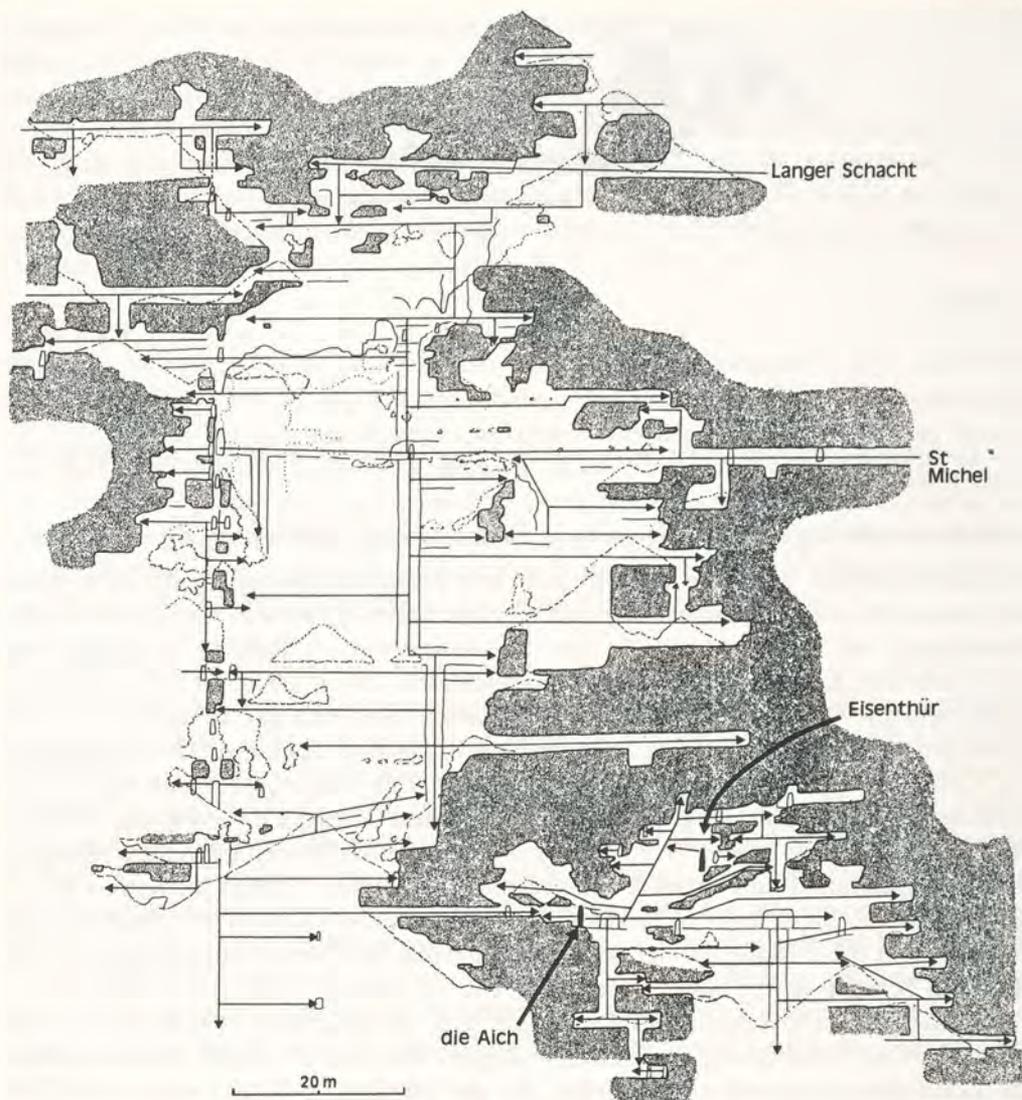


Abb. 12 Ausschnitt aus dem Seigerriß St. Ludwig (Abb. 11) mit den Abbauen von St. Michael (oben und links) und Die Aich (unten rechts); oben: Berghang. Die Pfeile entsprechen den Vortriebsrichtungen (B. Ancel u. P. Fluck).

erbrachten zahlreiche Erkenntnisse über einen geologisch wichtigen Sektor, was abermals die Interdisziplinarität hervorhebt⁶⁵.

Auch andere Untersuchungen tragen zur Dokumentation der Schürfarbeiten bei. Am Hohen Altenberg können z. B. etwa 30 kleinere Halden beobachtet werden, die eine systematische Suche über Tage nach den Ausbissen des »Bleigruben-Gangzuges« bezeugen. Hier belegt ein archäologischer Testschnitt, daß hier Anfang des 10. Jahrhunderts der Gang und seine Salbänder an dieser Stelle zuerst sorgfältig freigelegt wurden, bevor man mit der Gewinnungsarbeit begann⁶⁶.

65 Ancel, Fluck und Herr, Notgrabung 1985.

66 Fluck, Ausgrabung 1986.

4. Bilanz der bisherigen Forschungen

Eine Karte (Abb. 13) zeigt die Lage der verschiedenen montanarchäologischen Unternehmungen; es sind insgesamt 74, die in 66 Lokalitäten zusammengefaßt werden können.

Auf chronologischer Ebene konnten bisher noch keine antiken Bergauspuren in den Vogesen lokalisiert werden; lediglich Eisenverhüttungsplätze aus den Sedimentargebieten rund um das Vogesenmassiv sind aus dieser Periode bekannt. Besser dokumentiert ist das Mittelalter; 16 der 66 bearbeiteten Fundstellen stammen aus dieser Zeit. Schachtpingen in Sainte-Marie-aux-Mines (allein auf dem Traugott-Zug sind es über 100) lassen sich nach C14-Datierungen z.T. in die erste Hälfte des 10. Jahrhunderts einordnen. Die »Renaissance-Zeit«, die als die Blütezeit des Bergbaus in den Vogesen gelten kann, ist natürlich am häufigsten vertreten und bildet daher in diesem Beitrag den Schwerpunkt. Schließlich fallen 29 der bearbeiteten Plätze in die zweite Hälfte des 17. und in das 18. Jahrhundert, 18 in das 19. Jahrhundert und in die Zeit der Jahrhundertwende. Nur am hohen Altenberg, auf dem vier Jahre lang Grabungskampagnen stattgefunden haben, war es möglich, Bergauspuren vom Mittelalter bis in das 20. Jahrhundert hinein durchgehend zu verfolgen.

Was die abgebauten Erze betrifft, so beziehen sich fast alle Plätze auf Blei-, Silber- und Kupfergewinnung. Bei zwei dieser Lokalitäten war Ziel des Bergbaus ausschließlich Kupfer, bei elf das Eisen, bei zwei Antimon, bei einem Kobalt, bei einem Arsen und bei zwei Molybdän (20. Jahrhundert). Vier dieser Plätze sind als ergebnislose Sucharbeiten zu bezeichnen, und bei einem handelt es sich um einen Erbstollen.

Die Grabungen und die in noch unveröffentlichten Berichten festgehaltenen Ergebnisse reichen als Abschluß der Forschungsarbeiten nicht aus. Sehr schnell wurde erkannt, daß dieses kulturelle Erbe derart reichhaltig ist, daß eine umfangreiche Erforschung und Publikation angestrebt werden muß. Es werden daher Vortragsveranstaltungen und Ausstellungen organisiert, Veröffentlichungen geschrieben, Museen eingerichtet, die Plätze restauriert und ganze Reviere unter Schutz gestellt. Unter den Veröffentlichungen ist die Herausgabe der Zeitschrift »Pierres et Terre« hervorzuheben, die als gegenwärtig einzige in Europa gleichzeitig Montanarchäologie und Bergbaupaleologie, Bergbau- und Hüttengeschichte sowie Geowissenschaften behandelt. Was das Museumswesen betrifft, sind vor allem das Bergbaumuseum in Giromagny (Gründung im Jahr 1987) und das »Maison du Pays du Val d'Argent« in Sainte-Marie-aux-Mines zu nennen. Der Ausbau der historischen Stätten betrifft Schaubergwerke lokaler und regionaler Größe (Grandfontaine, Urbeis, Giromagny, Sainte-Marie-aux-Mines), wobei das Montanerbgut des »Val d'Argent« (»Silbertal«, touristischer Name für das Tal von Sainte-Marie-aux-Mines), ganz besonders gefördert wird: Bergbauwanderpfad am Neuenberg, »Schulbergwerk« St. Ludwig (das ganze Jahr über zugänglich), Restaurierung der Anlagen der Grube Samson, Projekt eines »Bergbauparks« europäischen Ranges.

Schließlich sind der »Verband für das Montanerbgut« in Sainte-Marie-aux-Mines sowie das »Haus der Geologie und der Umwelt des Oberelsasses« in Sentheim zu nennen. Aufgrund der großen Nachfrage wird die Öffentlichkeit mit einbezogen, auch mit dem Ziel, die vorhandenen Kräfte in harmonische Bahnen zu leiten. Dies ist untrennbar mit einer Politik der Unterschutzstellung verbunden, wie sie bereits für einige Objekte durch die Erhebung zu Kulturdenkmälern praktiziert wurde (Bereich Neuenberg bei Sainte-Marie-aux-Mines, Château-Lambert, Entwässerungsschacht von Lalaye).



Abb.13 Lage der bisherigen montanarchäologischen Forschungen in den Vosges (Prospektion und Ausgrabungen).

5. Zusammenfassung

Bergbauarchäologie bzw. Archäometallurgie weichen durch ihre besonderen Aufgaben und durch die Vielfalt der Themenbereiche von der traditionellen Archäologie ab.

Im Elsaß und in den Vogesen sind die Grundlagen für diese Forschungen bereits in den 60er Jahren entwickelt worden, die Offizialisierung erfolgte jedoch erst 1981. Was Frankreich – und wahrscheinlich ganz Europa – betrifft, findet sich in diesem Raum die größte Dichte an archäologischen Unternehmungen dieser Art. Diese Operationen haben zunächst dem »unter Tage«-Bereich der auf polymetallischen Vererzungen angelegten Grube (i.w. Silbergruben) gegolten; die in dieser Domäne entwickelten innovativen Arbeitsmethoden verdanken sehr viel dem vorangegangenen Aufbau der Bergbau-Speleologie, über die der Zugang zu einem derart schwierigen Schauplatz geschaffen wurde.

Die Oberflächenspuren, die der Bergbau zurückgelassen hat, sind erst in einer zweiten Phase angegangen worden, auch wenn deren Erfassung bis heute sehr weit vorangekommen ist. Die bislang am wenigsten erforschten Bereiche sind momentan noch die Verhüttungsplätze der Eisen- und Buntmetallproduktion. Der Verband für das Montanerbgut hat sich für die kommenden Jahre zur Aufgabe gestellt, auch diese Problematik anzugehen und somit eine Archäologie aufzubauen, die sich durch umfassende Untersuchungen sowie durch den multidisziplinären Charakter auszeichnet und eine Vorreiterrolle in dieser Domäne spielen kann.

Archäologische und metallurgische Untersuchungen zur mittelalterlichen Bunt- und Edelmetallverarbeitung in Höxter und Corvey

VON SABINE KLEIN, HANS URBAN, HANS-GEORG STEPHAN, ANDREAS KÖNIG
UND HALDIS JOHANNE BOLLINGBERG

1. Der archäologisch-historische Rahmen*

Im Umfeld der von Kaiser Ludwig dem Frommen im Jahre 822 gegründeten Reichsabtei Corvey entwickelte sich eine der umfangreichsten Siedlungskonzentrationen des frühen und hohen Mittelalters in Norddeutschland. Grundlage für diese ungewöhnliche Entwicklung waren allem Anschein nach der außerordentlich große Grundbesitz, die Zehnten und die sonstigen Einkünfte des Klosters, die führende Rolle Corveys unter den monastischen Gründungen im sächsischen Stammesgebiet und die daraus resultierenden engen Verbindungen zu den führenden Familien des Stammes und zum Herrscherhaus. Während die kirchliche und politische Stellung der Reichsabtei sowie die Besitzrechte anhand der Schriftzeugnisse annähernd erfaßt werden können, wurde das Siedlungsgeschehen im wesentlichen erst im Rahmen der seit 1964 von H.-G. Stephan durchgeführten archäologischen Stadt- bzw. Wüstungs- und Klosterforschung rekonstruiert.

Im Rahmen eines von der Volkswagen-Stiftung geförderten Forschungsprojektes stehen die im Zeitraum zwischen 1964 und 1989 bei archäologischen Untersuchungen in der Altstadt von Höxter an der Weser sowie in Stadtwüstung und Kloster Corvey geborgenen Relikte der Bunt- und Edelmetallverarbeitung im Vordergrund. Sie sollen naturwissenschaftlich und archäologisch unter Einbeziehung der historischen Quellen untersucht werden. Die Funde gehören in den Zeitraum vom 8./9. Jahrhundert bis zur frühen Neuzeit, wobei der Schwerpunkt im 8.–13. Jahrhundert liegt.

Indizien für Metallverarbeitung liegen von etwa 60 Fundstellen vor (Abb. 1), wobei nach der ersten Durchsicht des Fundmaterials nicht allein Reste der Bunt- und Edelmetallverarbeitung, sondern bemerkenswerterweise auch solche der Verhüttung zu erwarten sind.

Als Grundlage für die unerwartet umfangreiche und über Jahrhunderte hinweg bedeutende Buntmetallverarbeitung ist ein enger Zusammenhang mit einer oder mehreren Lagerstätten zu vermuten. In der unmittelbaren Umgebung von Corvey sind keine Lagerstätten vorhanden, die für einen nennenswerten Abbau in Frage kommen. Auch die Verbindungen zum Harz sind hinsichtlich der Besitzrechte nicht besonders eng und zudem erst im späteren 11. Jahrhundert mit einer Goslarer Vitusbruderschaft und der dortigen Vitikapelle, über die der Abt das Patronat besaß, hinreichend belegt. Unter den wirtschaftlichen und sozialen Verhältnissen des frühen und hohen Mittelalters ist gerade auch bei Klöstern davon auszugehen, daß möglichst viele der materiellen Bedürfnisse im Rahmen der »familia«, mithin vorrangig des klösterlichen Grundbesitzes, der Zehntrechte und sonstigen Einkünfte befriedigt wurden. Insofern kommen als Herkunftsgebiete ganz besonders in Betracht die Eisen, Kupfer, Blei – in nicht geringen Mengen auch Silber und Gold – enthaltenden Vorkommen des »Corveyer Südlandes« im östlichen Sauerland und in der Egge sowie in Waldeck, wo Corvey bis ins 13. Jahrhundert hinein ein wichtiger

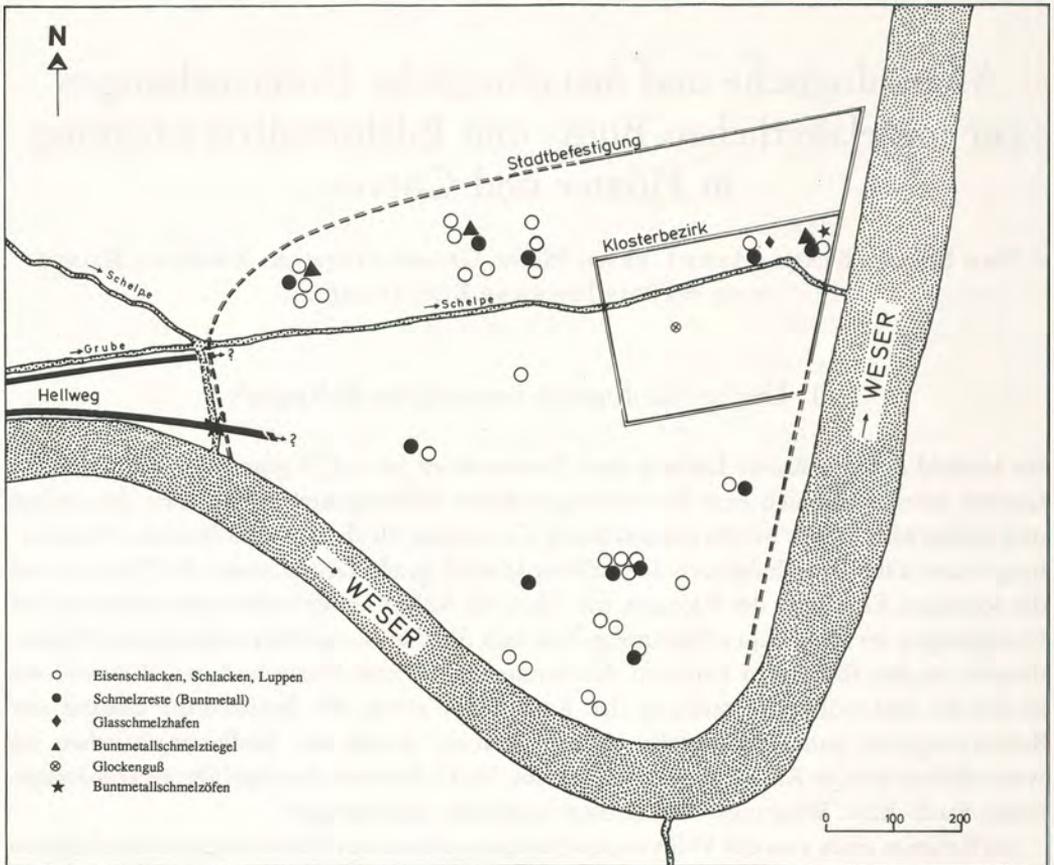


Abb.1 Archäometallurgische Funde und Relikte der Glasverarbeitung in Stadtwüstung und Klosterbezirk von Corvey (9.–13. Jh.).

Grundherr war. Diese von Corvey etwa 40–80 Kilometer entfernten Besitzschwerpunkte reichten von der Stadtwüstung Blankenrode (Landkreis Paderborn) im Norden über Hoppecke (Landkreis Brilon) im Westen sowie Korbach und insbesondere Goddelsheim im Süden bis Volkmarsen im Osten. Das wichtigste Zentrum bildete jedoch die Eresburg mit der zugehörigen Propstei und dem im Tal gelegenen Horhusen. Der Ursprung des dortigen Bergbaus ist nicht genau festzulegen; gesicherte Corveyer Schriftzeugnisse belegen aber indirekt den Abbau für das 11. Jahrhundert. Dabei stellt sich die Frage, ob die herausragende Bedeutung der Eresburg in den Sachsenkriegen Karls des Großen möglicherweise nicht allein mit der strategischen Lage im Süden des sächsischen Stammesgebietes zusammenhängt, sondern hier auch die Erzlagerstätten bereits eine Rolle spielten.

Demnach müssen Erze, vermutlich aus Marsberg, möglicherweise auch von anderen Lagerstätten, zum Kloster und Klostermarkt Corvey bzw. nach Höxter transportiert worden sein, um dort der Weiterverarbeitung zugeführt zu werden. Da Funde aus Marsberg/Horhusen bislang fehlen, besitzen die Befunde aus Corvey und Höxter, der grundherrschaftlichen, politischen und kirchlichen Zentrale für Marsberg bis zum 13. bzw. 15. Jahrhundert, eine Schlüsselstellung für die Erforschung dieser wichtigen westdeutschen Kupferlagerstätte.

Somit deuten sich in ersten Umrissen höchst interessante, zunächst kaum erwartete, komplexe Wechselbeziehungen zwischen Lagerstätte und grundherrschaftlichem Zentral-

ort an. Neben die mutmaßlich umfangreiche Erzverhüttung und Weiterverarbeitung vor Ort tritt offenbar der Transport auch von Roherzen zum Zentralmarkt in immerhin etwa 50–80 km Entfernung. In diesem Zusammenhang ist hervorzuheben, daß die Nachweise in Höxter/Corvey die höchst plausible, aber faktisch bisher nicht belegte Annahme zur Gewißheit erhärten, daß der Bergbau in Marsberg (die Eresburg wurde 826 aus Königsbesitz an Corvey geschenkt) mindestens bis in die Karolingerzeit zurückreicht.

Dabei ist selbstredend davon auszugehen, daß Altmaterial und möglicherweise auch Erze und Barren anderer Provenienz ebenfalls verarbeitet wurden. Hier ist besonders an den Harz zu denken, in dessen Vorland die Reichsabtei, insbesondere im Raum Halberstadt und im Leinetal, über Güterbesitz verfügte. Das Mansfelder Revier kommt ebenfalls in Frage. Dieser Aspekt erscheint um so beachtenswerter, als sich – vor der vollen Herausbildung des Oberharzer Reviers seit etwa 1200 und der montanen Zentrale Goslar im 11. Jahrhundert – die Verarbeitung in stärkerem Ausmaß an Orte im Harzrand und im weiteren Vorland gebunden war. Von den grundherrschaftlichen Verhältnissen her erscheint weiterhin ein besonderes Augenmerk auf den Bereich der späteren Grafschaft Waldeck zu richten sein.

2. Die Bedeutung der Metallurgie im Siedlungskomplex Höxter/Corvey

Schriftliche Nachrichten zum Bergbau und zur Metallverarbeitung in Marsberg und Höxter/Corvey liegen aus dem frühen und hohen Mittelalter nur vereinzelt vor. In Anbetracht der großen Seltenheit direkter und indirekter Schriftzeugnisse zum Metallgewerbe dieses Zeitraums in Mitteleuropa dürfen diese Quellenaussagen nicht ohne weiteres als repräsentativ bewertet werden. Sie setzen jedoch bemerkenswert früh ein und können zusammen mit den archäometallurgischen Befunden und Funden z. T. neu bzw. fundierter als bisher interpretiert werden.

Klöster des frühen und hohen Mittelalters gelten in der Kunstgeschichte und Mediävistik allgemein als Pflegestätten anspruchsvoller Metallhandwerke. Sie werden vielfach als Herstellungsorte erhaltener bedeutender Objekte sakraler Kunst dieses Zeitraumes angesehen. Ein hervorragendes Beispiel ist hierfür das bei seiner Gründung 977 mit Corveyer Mönchen besetzte und diesem auch später in vielfältiger Weise verbundene Reichskloster Helmarshausen an der Diemel (etwa 25 km von Corvey entfernt). Es beherbergte im späten 11. und 12. Jahrhundert eines der bedeutendsten Zentren der sakralen Kunst in Norddeutschland. Mutmaßlich dort entstand bald nach 1100 das wichtigste Kompendium des Kunsthandwerks und der Technologie des hohen Mittelalters durch den maasländischen Mönch Roger (Theophilus).

Wichtige Hinweise auf das Vorhandensein metallverarbeitender Handwerke in karolingerzeitlichen Klöstern enthalten der Plan von St. Gallen (um 820) und die Statuten des nordfranzösischen Klosters Corbie (822), dem Mutterhaus von Corvey. Allerdings treten diese oder gar der Spezialzweig Bunt- und Edelmetallverarbeitung dort nicht besonders hervor. Es mußten bestimmte Voraussetzungen vorliegen, um dieser Sparte eine stärkere Ausbildung zu ermöglichen. Zum einen konnten besondere Fähigkeiten einzelner Personen oder das Wissen um komplizierte Technologien eine spezielle Entwicklung in der Metallurgie begründen. Schließlich wird der Aspekt des Verbrauches und Absatzes nicht zu vernachlässigen sein.

Nach Meinung von H.-G. Stephan lagen für Corvey in mehrfacher Hinsicht günstige Rahmenbedingungen vor. Corbie und das Tochterkloster Corvey dürfen als besondere

Pflegestätten der »artes liberales« mit Einschluß der naturwissenschaftlichen Überlieferung der Antike angesehen werden. Die relative Weltoffenheit und hochentwickelte Wirtschaftsorganisation dieser und anderer auf westfränkischer Tradition und besonderer Nähe zum karolingischen Königshaus aufbauenden Klöster ist trotz schwieriger Quellenlage in einigen Aspekten noch annähernd erkennbar. Die komplexe Güterverwaltung, die sich in den Heberollen und Güterverzeichnissen des 11. und 12. Jahrhunderts manifestiert, und das bekannte Münzprivileg von 833 für Corvey, sind dafür ebenso Beispiele wie die Marktrechtsverleihung mit Münz- und Zollrecht an den Corveyer Abt für Horhusen aus dem Jahre 900 (Abb. 2).

Indizien für eine entwickelte Metallurgie in Corvey oder dessen Einzugsgebiet bilden die Aufstellung etwa 4,5 m hoher Bronzesäulen in der Abteikirche gegen Ende des 10. Jahrhunderts und der Guß einer großen Glocke in der ersten Hälfte des 11. Jahrhunderts. Erste eindeutige Hinweise auf Metallverarbeitung in Horhusen (»fabrica«) und Bleilieferungen aus Hoppecke bei Brilon liegen aus der zweiten Hälfte des 11. Jahrhunderts vor. In der Mitte des 12. Jahrhunderts handelte ein Mann aus Horhusen mit Metallgeräten (u. a. mit buntmetallenen Gefäßen). 1150 wird Corvey vom König das Bergregal für Gold, Silber, Kupfer, Blei und Zinn in Horhusen bestätigt und 1192 für den gesamten Corveyer Grundbesitz verbrieft. Im 13. Jahrhundert besaßen die Panzerschmiede in Horhusen und Marsberg überregionale Bedeutung. Nach Einschätzung westfälischer Landes- bzw. Städtehistoriker gehörte Horhusen mit Marsberg bis zum 12. Jahrhundert in die kleine Gruppe früher stadtartiger Siedlungen Westfalens und stellte wahrscheinlich den bedeutendsten Bergbau- und Metallgewerbeort dieses gesamten, für die Metallverarbeitung hoch bedeutsamen Raumes dar.

Für die früh- und hochmittelalterliche Bunt- und Edelmetallverhüttung und -produktion in Corvey und Höxter liegen – wie in anderen Orten auch – keine eindeutigen



Abb. 2 Münzprägungen des 11. Jhs. aus Corvey (nach Dannenberg).

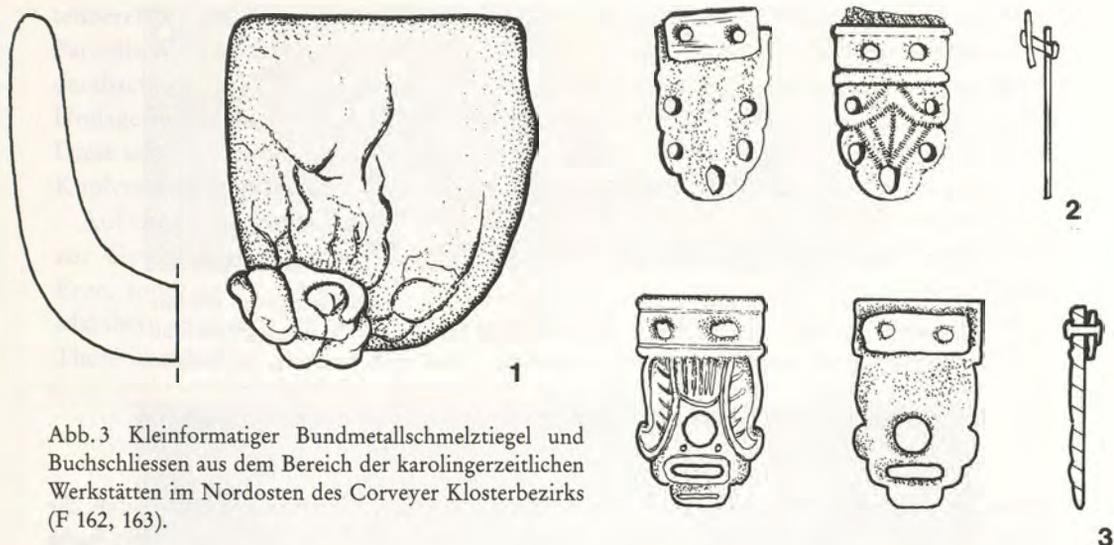


Abb. 3 Kleinformatiger Bundmetallschmelztiegel und Buchschliessen aus dem Bereich der karolingerzeitlichen Werkstätten im Nordosten des Corveyer Klosterbezirks (F 162, 163).

schriftlichen Zeugnisse vor. Allenfalls dürfte die zwischen 1189 und 1203 faßbare »aurifabrica« des Klosters als Indiz für Edelmetallverarbeitung in dieser oder älterer Zeit anzusehen sein.

Wie eine Buntmetallwerkstatt der Zeit um 1100 ausgestattet sein sollte, beschreibt Roger von Helmarshausen in seiner »Schedula Diversarum Artium«. Die konkrete Gestalt von Klosterofficinae ist allenfalls durch Grabungen zu erhellen. Mehr noch gilt dies für weltliche Werkstätten in deren Umkreis, für deren Standorte, ihre Rohstoffe und Produkte, ihre Einrichtung und Organisation.

Funde von Buntmetallschlacken und Ofenwandungsresten in einem etwa 50–100 m breiten und 150 m langen Streifen im nördlichen Randbereich des Corveyer Klosterbezirks weisen auf eine dort über Jahrhunderte hinweg betriebene Buntmetallverarbeitung hin (Abb. 1 u. 3). Da Funde aus anderen Bereichen des Klosterbezirks weitgehend fehlen, kann im Nordostteil auf eine Konzentration der Bunt- und Edelmetallverarbeitung geschlossen werden.

Weitere Hinweise auf Metallverarbeitung liegen aus dem Bereich der Stadtwüstung Corvey vor (Abb. 1). Im Rahmen von Prospektionen konnte an der Nordseite der Hauptstraße ein etwa 60 × 80 m großes Areal eingegrenzt werden, in dem massiert Eisen- und Buntmetallschlacken des 12. und 13. Jahrhunderts auftreten. Weitere, schwächer ausgeprägte Konzentrationen von Metallverarbeitungsrelikten konnten an verschiedenen Stellen im Südtteil der Stadtwüstung festgestellt werden. Eine offenbar großflächigere Streuung von Schlacken und Gußtiegelfragmenten wurde bei Oberflächenkartierungen im Nordwesten der Stadtwüstung lokalisiert; die Keramik gehört hier ins 9.–12. Jahrhundert.

In erheblicher Anzahl liegen Bodenaufschlüsse aus dem Stadtgebiet von Höxter, im wesentlichen aus der Altstadt, vor. Dort war seit der Karolingerzeit, begünstigt durch das benachbarte Kloster Corvey, ein mehrkerniger Siedlungskomplex von ungewöhnlich großer Ausdehnung entstanden. Er bildete den Schwerpunkt der profanen Bebauung, des Klostermarktes im Vorfeld des Klosters (1–2 km Entfernung). Relikte der Bunt- und Edelmetallverarbeitung finden sich weit gestreut über den Bereich der 42 Hektar großen

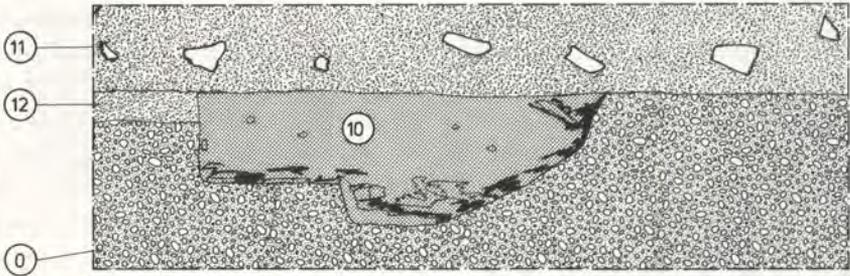


Abb. 4 Höxter, Möllingerplatz (1983), Fundstelle 7 mit hochmittelalterlichem Buntmetallschmelzofen (ca. 11. Jh.). Legende: 0 glazialer Schotter; 10 Schnitt durch Buntmetallschmelzanlage mit partiell erhaltenem verziegeltem Boden und Wandung, im humosen mit Buntsandsteinen vermischten Füllmaterial Ofenwandungs- und Kuppelreste sowie Holzkohle; 12 mittelalterliche Humusschicht; 11 spätmittelalterliche und neuzeitliche Humusschicht. M. 1:40.

Altstadt (Abb. 4 u. 5). Evident ist bereits beim derzeitigen Forschungsstand, daß die Mehrzahl der Funde in das 9.–13. Jahrhundert gehört und für das frühe und hohe Mittelalter weiterhin deutliche topographische Konzentrationen der Metallgewerbe festzustellen sind.

Generell ist eine Schwerpunktbildung in den Randbereichen der verschiedenen Siedlungskomplexe zu beobachten. Die markantesten Fundhäufungen liegen im Nordwesten, am nördlichen Mündungsarm des Bollerbaches mit Einschluß der Straßensiedlung am nördlichen Hellwegarm (Grube), daneben am Rodewiek und am Südostrand der Kernsiedlung zwischen Weser und Wegetalstraße.

3. Das Kupfererzvorkommen in Marsberg

Die Marsberger Kupfererzvorkommen stellen mit einem Lagerstätteninhalt von 3,23 Mio. Tonnen bisher geförderten Erzes und ca. 1 Mio. Tonnen Reserven neben den Rammelsberger und den Kupferschiefererzen die drittgrößte Kupfererzlagstätte in der alten Bundesrepublik Deutschland dar. Die Durchschnittsgehalte der Erze liegen bei 1,6 bzw. 1,3 Prozent Kupfer. Das Vorkommen stand spätestens seit dem 11. Jahrhundert bis zum Jahr 1945 im Abbau. Schichtgebundene, niedrig gehaltige Kupfermineralisationen treten im Lagerstät-

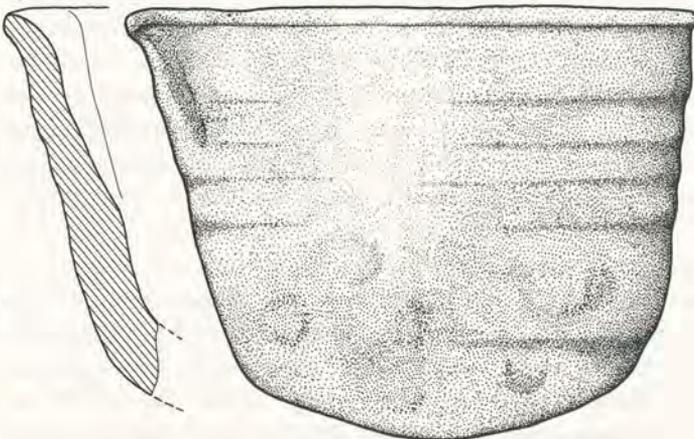


Abb. 5 Buntmetallschmelztiegel des 12./13. Jhs. aus einer Kloake an der Holenbergstraße in Höxter. M. 1:2.

tenbereich sowohl im gefalteten Unterkarbon als auch im permischen Deckgebirge auf. Partielle Mobilisationen von primär in Sulfiden konzentrierten Metallen und deren Wiederabsetzung in Störungszonen und in der Diskordanzfläche führten neben intensiven Umlagerungen durch Oxidations- und Zementationsprozesse zur Bildung von Reicherzen. Diese sekundären Erze, die im wesentlichen aus gediegenem Kupfer, Malachit, Azurit und Kupfersulfaten bestanden, waren bis in das 19. Jahrhundert hinein Hauptfördererze.

Auf diesen Erkenntnissen basierend liegt die Vermutung nahe, daß in früheren Zeiten zur Gewinnung der Metalle und Edelmetalle durch Schmelzprozesse nicht sulfidische Erze, sondern vielmehr oxidische, karbonatische und metallische Erze aus dem Gebiet Marsberg eingesetzt worden sind. Das Forschungsvorhaben soll unter anderem auch diese These überprüfen.

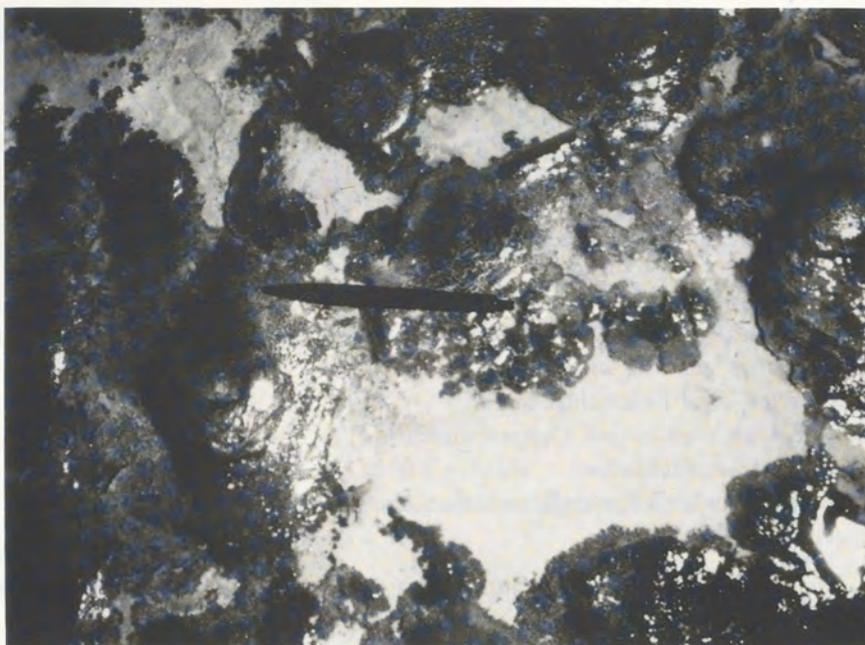


Abb. 6 Niedermarsberg, Grube Mina, Friedrich-Stollen. Rezent ausgeschiedenes, gediegenes Kupfer.

Da sich H. Urban und seine Arbeitsgruppe seit einigen Jahren mit der Entstehung der Kupfererzlagerstätte von Marsberg und den Gold-, Selen- und Kupfervorkommen von Korbach-Goldhausen im Rahmen eines DFG-Schwerpunktprogrammes beschäftigten, liegt ausreichendes Probenmaterial aus den Marsberger Kupfererzlagerstätten für Referenzmessungen vor. So existiert z.B. eine Sammlung von metallischen Kügelchen (Kupfer und Kupferlegierungen in großer Variationsbreite) aus Flußsanden im Raum Marsberg. An diesen Proben wurden bereits erste mikrosondenanalytische Untersuchungen durchgeführt sowie Schiffe für die Auflichtmikroskopie angefertigt und untersucht. Weiterhin liegt ausreichend metallisches Kupfer vor, das rezent in Marsberg aus Grubenwässern abgeschieden wird (Abb. 6).

Mit diesen sekundären Erzen wurden erste Schmelzversuche zur Rekonstruktion der mittelalterlichen Verfahren zur Kupfergewinnung mit zufriedenstellendem Erfolg durchgeführt. Dazu wurden jeweils 50 g Probe mit Flußmittel, Quarz und Reduktionsmittel versetzt und bei 1150°C geschmolzen. Sodann wurde das gewonnene Metall mechanisch

Tabelle 1: Schmelzversuche an Kupfer-Zement aus Marsberg

Nr.	Proben- einwaage	Flußmittel	Quarz	Reduktions- mittel	Kupfer- ausbeute	Bem.
WZ 1	50 g	10 g	1 g	8 g	36,75 g	gew.
WZ 2	50 g	20 g	1 g	8 g	37,20 g	gew.
WZ 3	50 g	30 g	1 g	8 g	36,49 g	gew.
WZ 4	50 g	50 g	2 g	8 g	33,84 g	ungew.
WZ 5	50 g	50 g	2 g	8 g	34,29 g	ungew.

von der Schlacke getrennt und ausgewogen. Die Ausbeuten an metallischem Kupfer bewegten sich dabei bei zuvor gewaschenen Proben zwischen 37,20 g und 36,75 g, bei ungewaschenen Proben erwartungsgemäß etwas niedriger (Tab. 1).

4. Erste archäometallurgische Untersuchungen an Funden aus dem Siedlungskomplex Höxter/Corvey

Die archäometallurgischen Untersuchungen werden sich in dem hier vorgestellten Forschungsvorhaben auf die Relikte der Buntmetall-Verarbeitung und eventuell -Gewinnung konzentrieren. Das aus einem wesentlich umfangreicheren Bestand ausgewählte Fundmaterial läßt sich dazu in einzelne Gruppen unterteilen, die sich aus stofflichen Kriterien ergeben. Zur Untersuchung lagen vor:

- 400 Buntmetall- und Eisenschlacken
 davon $\frac{2}{3}$ Eisenschlacken und Luppen
 $\frac{1}{3}$ Buntmetallschlacken
- 150 Legierungsfunde (Rohmetall, vornehmlich Gebrauchsgegenstände u. ä.)
- 40 Tiegelrestfunde
- 40 Stück Ofenwandmaterial
- 30 Stück Holzkohlen und Kohlen
- 50 sonstige Proben, noch nicht einzuordnen.

Selten finden sich unter dem Fundmaterial Proben, die als Erze angesprochen werden können. Hinweis auf die Erze können aber auch einige Schlacken geben, da diese noch Bruchstücke von Erzresten in ihrer inhomogenen Matrix aufweisen (Abb. 7).

Weiterhin sind in der Stadt Höxter und im Klosterbereich sowohl Buntmetallschmelzplätze lokalisiert als auch Öfen ausgegraben worden. Besonders die Öfen gilt es, in dem vorliegenden Forschungsvorhaben zu untersuchen, da es sich hierbei der Bauweise nach um Öfen handeln muß, die für metallurgische Prozesse eingesetzt worden sind. Sie können Hinweise auf die Art der Metallurgie und ihre Durchführung geben.

Zur Untersuchung der Funde sollen folgende naturwissenschaftlichen Analysemethoden eingesetzt werden:

- A. Methoden zur Elementanalyse
- Röntgenfluoreszenzanalyse
 - Atomabsorptionsspektrometrie
 - Optische Emissionsspektroskopie
 - Mikrosondenanalysen
 - Coulometrie
 - Isotopengeochemie

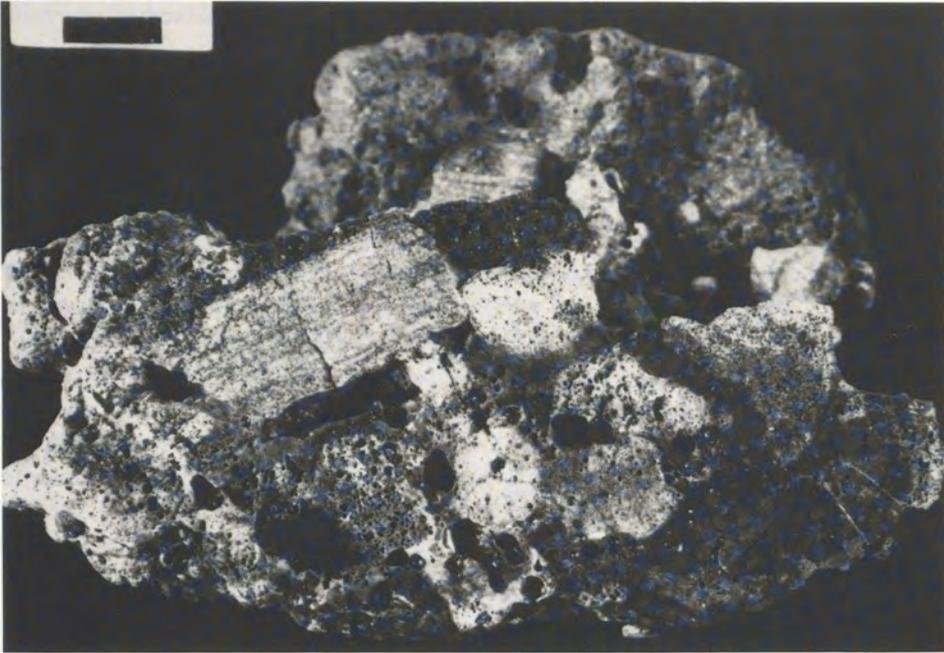


Abb.7 Ausschnitt einer inhomogenen Schlacke mit Holzkohle- und Gesteinsbruchstücken; Höxter, Grabungsfund.

- B. Methoden zur Phasenanalyse*
- Diffraktometrie
 - Metallographie
 - Auf- und Durchlichtmikroskopie

- C. Metallurgisch-experimentelle Untersuchungen*
- Durchführung von Schmelzversuchen

Bei der Durchsicht des Schlackenmaterials läßt sich erkennen, daß die Schlacken immer Reste einer metallischen Phase (meist Kupfer oder Kupferlegierungen) aufweisen. Dies ist bemerkenswert insbesondere deshalb, weil es darauf schließen läßt, daß der zuvor durchgeführte Schmelzprozeß zur Gewinnung von Kupfer nicht quantitativ verlaufen sein kann. Interessant ist auch, daß bei der Vielzahl der Schlackenfunde kaum Fließschlacken und keinerlei glasige Schlackenreste zu finden sind. Es handelt sich ausnahmslos um sehr inhomogenes Material.

An einzelnen Metallfunden und Gebrauchsgegenständen des frühen und hohen Mittelalters (teilweise Belegmaterial aus dem Museum Höxter/Corvey) wurden erste emissions-spektralanalytische Untersuchungen im Spektallabor der Universität Kopenhagen durchgeführt. Die Analysen beinhalten dabei die qualitative und quantitative Bestimmung von Neben- und Spurenelementen in den Metallfunden, die Legierungsbestandteile sowie Gold- und Silbergehalte. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Tab. 2 zusammengestellt. Dabei kann festgestellt werden, daß die Silbergehalte in den Kupferlegierungen unerwartet hoch liegen (bis zu 0,1 Prozent). Goldgehalte sind gering, jedoch vorhanden. Die Arsen- und Antimonergehalte können bis in den Prozentbereich gelangen, liegen aber in

Tabelle 2: Erste Untersuchungen an Metallfunden aus dem Raum Höxter/Corvey mittels optischer Emissionsspektralanalyse

Probe-Bez.	Cu %	Sn %	Pb %	Zn %	Fe %	Ni %	Mn %
KuB (1)	97.2000	0.1080	0.5800	0.6300	0.8200	0.0350	0.0008
KuB (2)	97.4600	0.1150	0.4400	0.7100	0.6000	0.0330	—
G 46 (1)	84.2700	2.9000	4.2000	4.5000	0.7200	1.4500	0.0009
G 46 (2)	84.6200	2.8500	3.7000	4.5000	0.6670	1.5500	0.0006
SVB (1)	98.6000	0.1550	0.0090	1.0000	0.2200	0.0100	0.0003
SVB (2)	97.0000	0.1270	—	2.4400	0.4175	0.0100	—
G 44 (1)	79.5500	18.0000	1.3000	—	0.1600	0.0430	0.0066
G 44 (2)	79.5500	17.8000	1.4500	—	0.1500	0.0395	0.0022
KHX 14-2/1	73.1000	18.5000	7.8000	—	0.0420	0.0295	—
KHX13-1/7b	99.2100	0.0435	0.0940	0.2200	0.0220	0.0200	0.0003
KHX 13-	—	—	—	—	—	—	—
1/23a	86.3800	9.5000	0.5800	—	0.0950	0.0360	—
KHX 13-	—	—	—	—	—	—	—
1/23b	89.9700	9.5000	0.0540	—	0.0430	0.0420	0.0002
KHX 13-	—	—	—	—	—	—	—
1/23c	87.4900	11.5000	0.1750	—	0.0105	0.0780	—
KHX 11-5/1	74.6900	22.5000	1.5000	0.7000	0.2300	0.0340	0.0002
G 25	81.0000	9.8000	6.0000	—	0.9900	0.5500	0.0006
G 12	73.8100	0.3800	1.5500	23.5000	0.2450	0.3200	0.0165
G 24	84.6700	12.8000	1.5500	—	0.8400	0.0050	0.0059
G 30	98.9500	0.0470	0.4800	—	0.0245	0.0290	—
G 4	87.5800	4.4000	0.9400	5.4000	0.2450	0.0440	0.0008

Probe-Bez.	Co %	As %	Sb %	Bi %	Ag %	Au %
KuB (1)	—	0.0900	0.3400	0.0135	0.1700	0.0105
KuB (2)	—	0.0760	0.4300	0.0115	0.1200	0.0092
G 46 (1)	0.0110	0.5000	1.3500	0.0270	0.0760	0.0004
G 46 (2)	0.0115	0.6050	1.4000	0.0290	0.0720	—
SVB (1)	—	—	0.0014	0.0007	0.0036	—
SVB (2)	—	—	0.0059	0.0008	0.0031	—
G 44 (1)	0.0058	0.2700	0.5400	0.0245	0.0980	0.0017
G 44 (2)	0.0068	0.3900	0.4800	0.0340	0.1000	0.0028
KHX 14-2/1	0.0247	0.1800	0.2210	0.0240	0.0790	—
KHX 13-1/7b	—	0.0820	0.2050	0.0230	0.0840	0.0002
KHX 13-	—	—	—	—	—	—
1/23a	—	3.0500	0.2550	0.0060	0.0950	—
KHX 13-	—	—	—	—	—	—
1/23b	—	0.1450	0.1550	0.0015	0.0850	—
KHX 13-	—	—	—	—	—	—
1/23c	—	0.2250	0.3700	0.0063	0.1500	—
KHX 11-5/1	—	—	0.2350	0.0078	0.1000	—
G 25	0.0125	0.5200	1.0500	0.0105	0.0600	0.0023
G 12	—	0.1050	0.0275	0.0020	0.0470	—
G 24	—	0.0470	—	0.0004	0.0790	—
G 30	—	0.0590	0.3100	0.0120	0.0920	0.0005
G 4	0.0038	0.7000	0.5200	0.0550	0.1100	0.0006

der überwiegenden Zahl der Proben darunter. Die Legierungsbestandteile zeigen eine gewisse Variabilität, im wesentlichen handelt es sich um Zinnbronzen mit Gehalten bis zu 22 Prozent Zinn, aber auch Zink und Blei kommen in bedeutenden Konzentrationen vor (Zink bis 5 Prozent, eine Probe mit 23,5 Prozent; Blei bis 7 Prozent).

5. Ausblick

Die Untersuchungen stehen erst am Anfang, deshalb können bisher noch keine statistisch abgesicherten Aussagen getroffen werden. Sicher ist jedoch schon jetzt, daß die große Zahl und die Häufung der Buntmetallverarbeitungsrelikte auf ein intensives Metallhandwerk im Siedlungskomplex Höxter/Corvey schließen läßt. Mit einer breit angelegten Untersuchungskampagne hoffen die Autoren, konkrete Ergebnisse zu erzielen und Antworten auf archäologisch-historisch-technikgeschichtliche Fragestellungen geben zu können. Dabei steht die Problematik der Herkunft der Erze ebenso im Vordergrund wie die Rekonstruktion der Verhüttungs- und Produktionsabläufe; die Frage nach der Stellung der metallverarbeitenden Handwerke im Siedlungsverband sowie die Klärung des Umfangs von Einsatz und Handel der gewonnenen Produkte sollen zumindest reflektiert und ansatzweise behandelt werden.

6. Literatur

- HANNEKEN, H.: Der Kupferbergbau in Marsberg. Die Bemühungen einer genossenschaftlichen Nutzung in den Jahren 1935–1956. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt für die Sekundarstufe II (Münster 1986).
- KAMINSKI, H.H.: Studien zur Reichsabtei Corvey in der Salierzeit. Veröffentlichungen der Historischen Kommission Westfalens 10 (Köln 1972).
- LEGNER, A. (Hrsg.): Ornamenta ecclesiae. Kunst und Künstler der Romanik. Katalog zur Ausstellung des Schnütgen-Museums in der Josef-Haubrich-Kunsthalle Köln (Köln 1985).
- STEPHAN, H.-G.: Archäologische Beiträge zur Frühgeschichte der Stadt Höxter. Münstersche Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte 7 (Hildesheim 1973).
- STEPHAN, H.-G.: Archäologische Stadtforschung in Niedersachsen, Hamburg und Bremen. In: C. MECKSEPER (Hrsg.): Stadt im Wandel. Kunst und Kultur des Bürgertums in Nordwestdeutschland 1150–1650. Ausstellung des Landes Niedersachsen, Bd. 3 (Braunschweig 1985) 29–79.
- STEPHAN, H.-G.: Archäologische Studien zur Siedlungsentwicklung von Stadtwüstung und Kloster Corvey (800–1680). Denkmalpflege und Forschung in Westfalen (in Druckvorbereitung für 1994).
- STOOB, H. (Hrsg.): Westfälischer Städteatlas, Lieferung I, Blatt 10 (Marsberg 1975).
- STRIBRNY, B.: Die Kupfererzlagerstätte Marsberg im Rheinischen Schiefergebirge – Rückblick und Stand der Forschung. Erzmetall 40, Nr. 7/8 (Weinheim 1987).
- STRIBRNY, B.: Die Kupfererzlagerstätte Marsberg im Rheinischen Schiefergebirge, ein Beispiel intraformationaler Lagerstättenbildung innerhalb der unterkarbonischen Schwarzschieferserie. Habilitationsschrift (Frankfurt 1989).
- THEOBALD, W.: Technik des Kunsthandwerks im zehnten Jahrhundert. Des Theophilus Presbyter *Diversarium Artium Schemata* (Berlin 1933).

* Im vorliegenden Beitrag wird auf Einzelbelege verzichtet. Die bis 1988 in Stadtwüstung und Kloster Corvey geborgenen Metallfunde, die zugehörigen Befunde und die einschlägigen schriftlichen Zeugnisse zur Wirtschaftsgeschichte werden im Rahmen allgemeinerer Entwicklungen in Mitteleuropa in der Arbeit von H.-G. STEPHAN (in Vorbereitung für 1994) behandelt. Dort findet sich auch die weiterführende Literatur, die hier nur in einigen wenigen weiterführenden Titeln nochmals angeführt wird. Die älteren höxteraner Befunde werden bei H.-G. STEPHAN (1973) kurz erwähnt, neuere Literatur und ein Überblick zur Siedlungsgeschichte findet sich bei H.-G. STEPHAN (1985). Die wichtigsten historischen Quellen zu Marsberg/Horhusen sind mit der einschlägigen Literatur bei H.H. KAMINSKI (1972) und H. STOOB (1975) aufgeführt.

Schlacken und Tiegel aus dem Adlerturm in Dortmund: Zeugen einer mittelalterlichen Messingproduktion

VON THILO REHREN, EGON LIETZ, ANDREAS HAUPTMANN
UND KARL HEINRICH DEUTMANN

Zusammenfassung

Bei einer stadttarchäologischen Grabung in Dortmund wurden zwischen den Fundamenten des Adlerturms zahlreiche Tiegelfragmente und glasige Bleisilikatschlacken geborgen. Sie datieren stratigraphisch gesichert vor etwa 1200 n. Chr.

Die chemisch-mineralogische Untersuchung der Tiegel belegt die Produktion von Messing aus bleihaltigem Kupfer und Zinkoxid; dieser Befund ist in ausgezeichneter Übereinstimmung mit einer Beschreibung der Messingherstellung bei Theophilus Presbyter, deren Entstehung auf etwa 1100 geschätzt wird.

Die Zuordnung der Bleisilikatschlacken ist nicht eindeutig; diskutiert werden eine Bleigewinnung bzw. die Raffination bleihaltigen Kupfers. Der archäologische Zusammenhang sowie metallurgische Überlegungen legen das Modell der Kupferraffination nahe, die als Vorstufe der Messingproduktion diente. Das gemeinsame Auftreten von Tiegelscherben und Schlacken läßt sich so gut erklären.

1. Archäologischer Befund

Der Adlerturm war als mächtiger steinerner Wachturm Teil der östlichen mittelalterlichen Stadtbefestigung Dortmunds (Abb. 1). Seine Fundamente wurden in mehreren Kampagnen vom Museum für Kunst und Kulturgeschichte der Stadt Dortmund ausgegraben¹. Sie sind heute noch teilweise sichtbar (Abb. 2) und von einem modernen, historischen Vorlagen nachempfundenen Turmnachbau überdeckt.

Der Zeitpunkt der Errichtung des Adlerturms läßt sich nach Aussage der aus dem Turminneren geborgenen Bodenfunde an das Ende des 13. bzw. an den Beginn des 14. Jahrhunderts stellen. Damals wurde der dreiviertelrunde, in mittelalterlicher Zweischaalenmauertechnik errichtete Turm an die schon bestehende Stadtmauer angesetzt.

Der größte Durchmesser des Turmes beträgt 12,80 m, seine Fundamente sind größtenteils bis in eine Tiefe von ca. 6 m erhalten. Unter einer Schicht im Innenraum, die außer Gegenständen des Alltagslebens und Münzen hauptsächlich ein breites Spektrum mittelalterlicher Keramik führte, wurden mehrere Füllschichten aus der Bauzeit des Turmes beobachtet (Abb. 3). Diese überdeckten eine von Holzasche dunkelgrau bis schwarz gefärbte, stark tonhaltige Schicht (Abb. 4), aus der mehrere 100 kg schwarze und rote Schlackenstücke und keramische Tiegelfragmente geborgen werden konnten. Diese Schicht muß durch Abkippen über eine stadtauswärts gerichtete Böschung eines Bachlaufes

¹ Die Grabungen erfolgten als Arbeitsbeschaffungsmaßnahme des Museums für Kunst und Kulturgeschichte Dortmund, die 1986/87 von N. Zielsing und 1989/90 von H. Brink-Kloke geleitet wurden.

Dortmund vor 300 Jahren (1610)

A. S. Reinoldi
 B. an der Frauen } Pharkirch
 G. S. Nicolai }
 O. S. Peters
 R. S. Martini Ksch.

C. Der Frenschener }
 N. S. Catharinens } Kloster.
 P. Der Dominicaner }
 D. S. Margarithen
 E. Der Heilig Geiste.

Q. Das Gekhaus.
 F. Das Knechtbaus.
 T. Das Archbaus.
 H. W. f. strasse Pfortz.
 I. Neue Pfortz.

X. Offen Pfortz.
 L. Kockelike Pfortz.
 M. Borch Pfortz.
 S. W. f. strasse Pfortz.

Abb. 1 Dortmund im Jahre 1610. Perspektivplan von Detmar Mülher. Unten rechts der Adlerturm (im Kreis).

entstanden sein, zu einem Zeitpunkt, an dem die ausweislich der historischen Quellen gegen 1200 erbaute Stadtmauer noch nicht existierte. Die Stratigraphie belegt, daß diese in die schwarze Schüttschicht, die also vor 1200 entstanden sein muß, hineingesetzt wurde. Die nur vereinzelt in der Schicht auftretende graue Irdenware bestätigt diese Einschätzung. Nur im Turminnenraum blieb die schwarze Schicht ungestört, geschützt durch die sie umgebende Turmmauer und die darüberliegenden Füllschichten. Doch auch im weiteren Verlauf der Stadtmauer entlang der genannten, später vom Stadtgraben überformten Böschung läßt sich die Fundschicht noch verfolgen, so daß insgesamt sicher mehr als 1 Tonne Schlacken nachzuweisen sind.

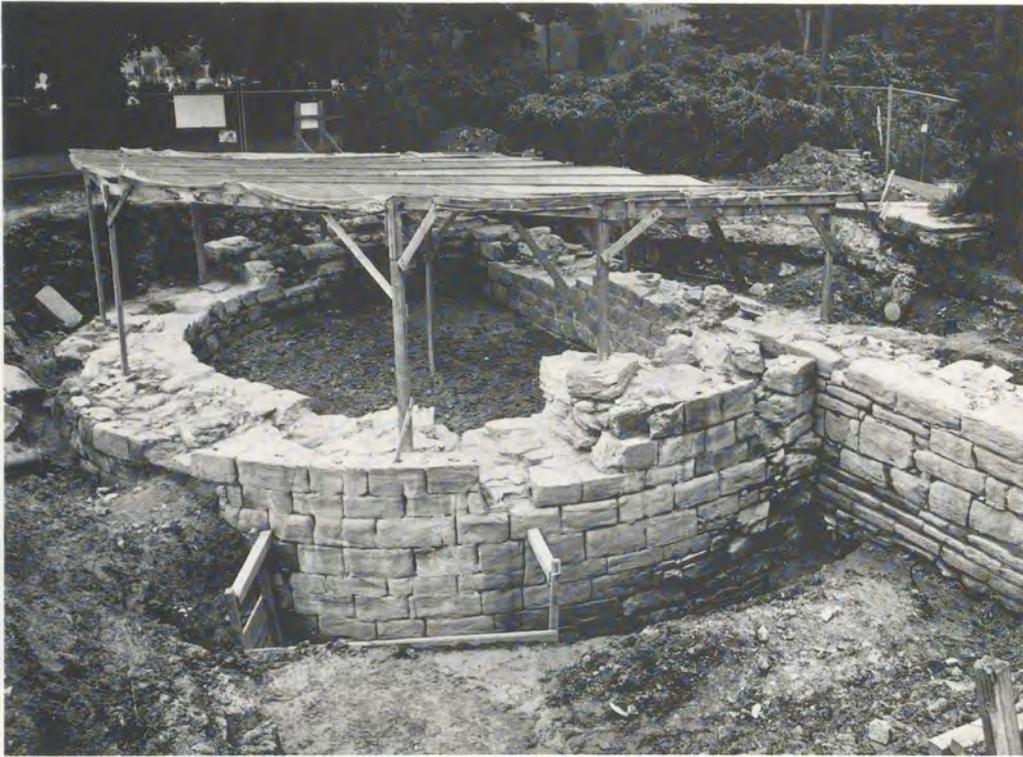


Abb. 2 Dortmund, Adlerturm. Blick von Südosten gegen Turm und Stadtmauer, an der die Schlacken und Tiegelfragmente gefunden wurden.

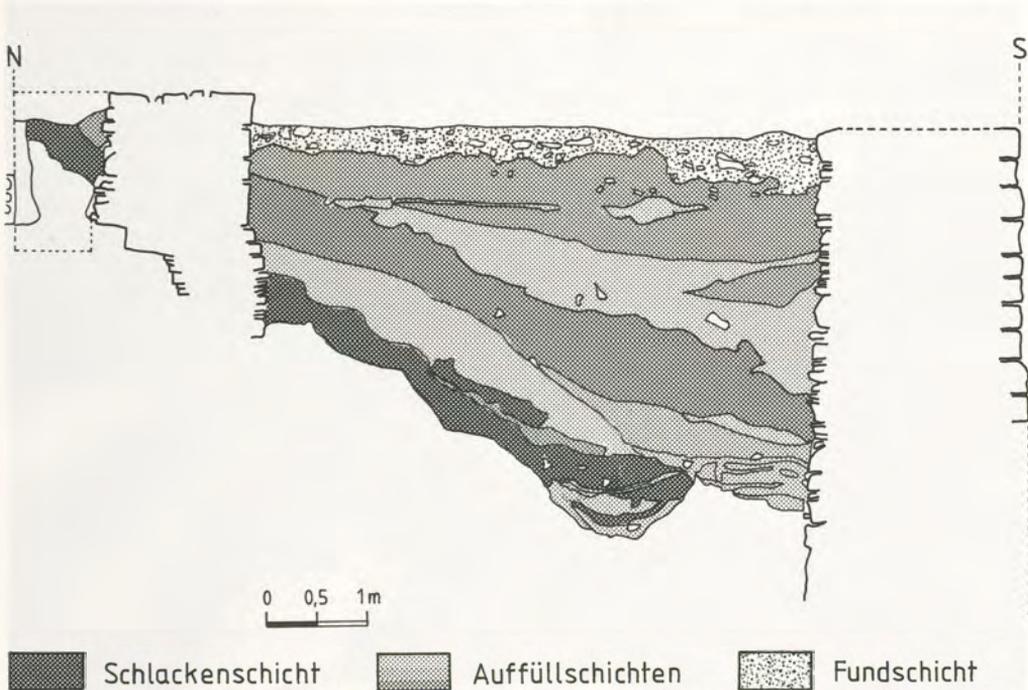


Abb. 3 Dortmund, Adlerturm. Zeichnung des Grabungsprofils. Dunkel eingetragen ist die Fundschrift der archäometallurgischen Reste (Schlacken und Tiegel).

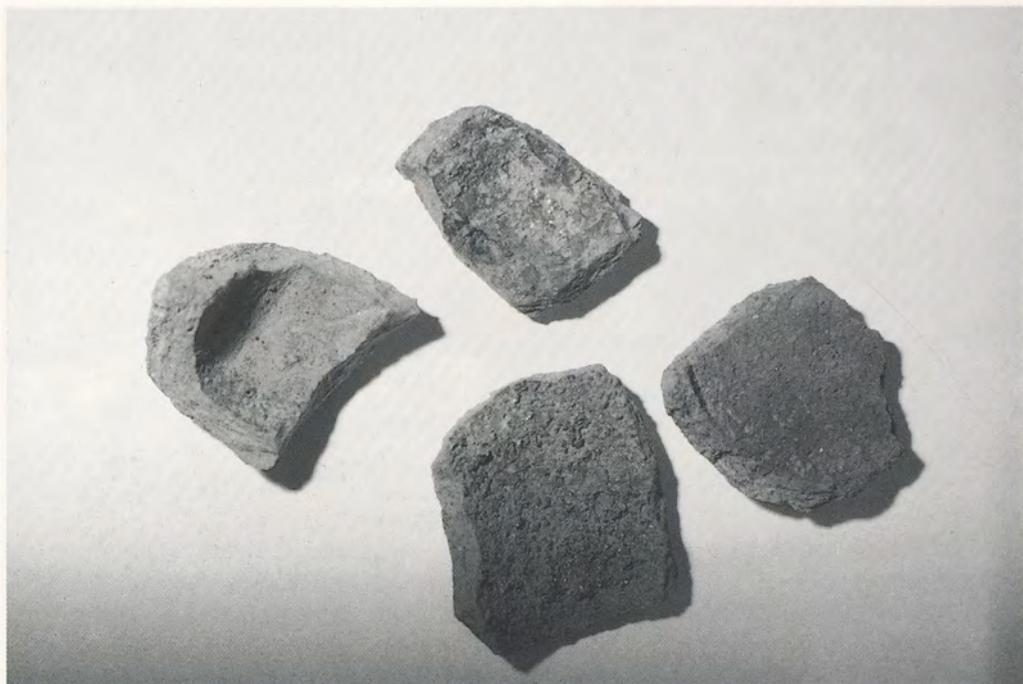


Abb. 4 Dortmund, Adlerturm. Fragmente der Messingziegel.

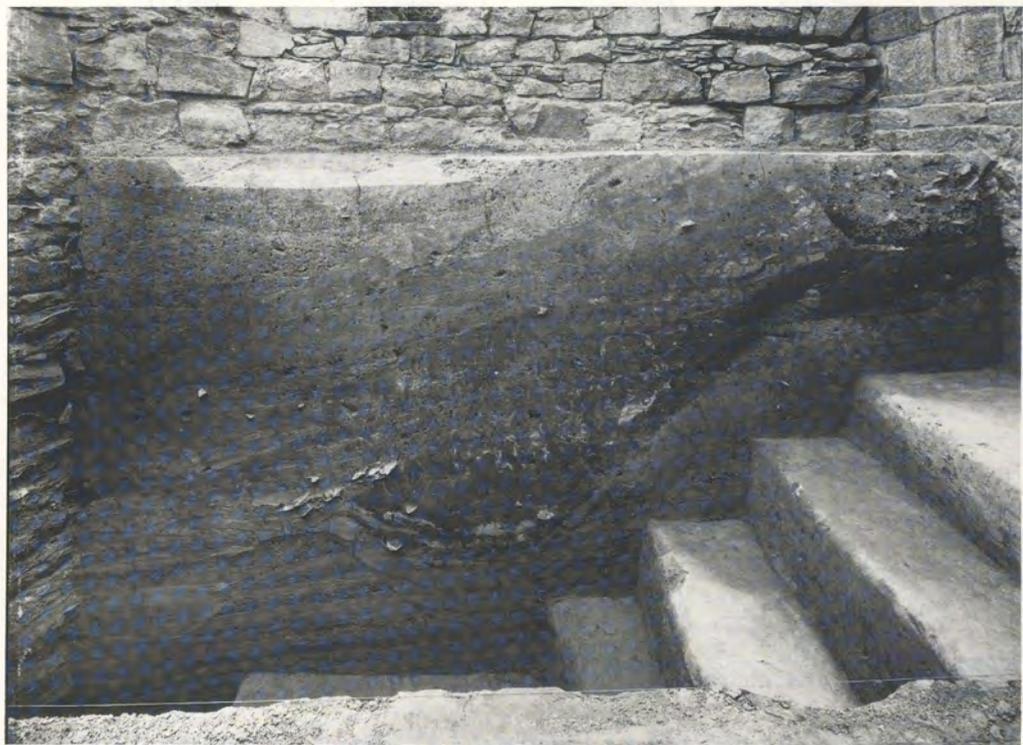


Abb. 5 Dortmund, Adlerturm. Grabungsprofil mit der dunkel gefärbten Fundschicht.

Abb.6 Dortmund, Adlerturm. Rekonstruktionszeichnung der Tiegel.

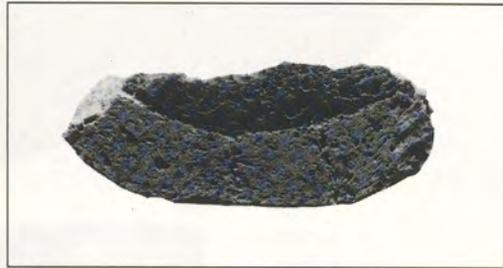
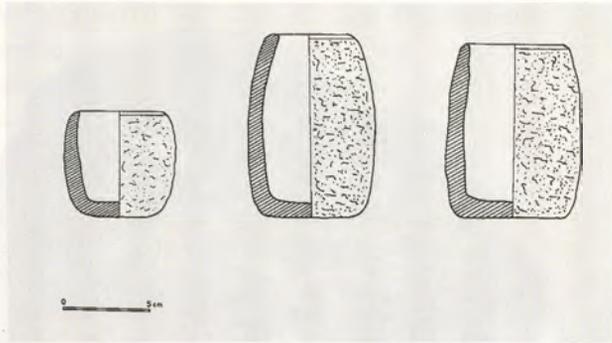


Abb. 7a und b Dortmund, Adlerturm. Tiegelfragmente mit anhaftenden Schlackenresten; (untere Bildkante 4 bzw. 5 cm).

2. Beschreibung der archäometallurgischen Funde

Die Tiegelfragmente bestehen aus einer groben, hochgebrannten Keramik, die durch einen charakteristischen lila Farbton gekennzeichnet ist (Abb. 5). Sie fügen sich zu Tiegeln mit einem Durchmesser von maximal 5 cm zusammen (Abb. 6). Die konkaven inneren Wandungen sind oft bimsartig aufgebläht und wesentlich stärker verglast als die äußeren konvexen Seiten. Viele der Tiegelscherben sind an ihrer Außenseite von einem dünnen Schlackenfilm überzogen. Von besonderem Interesse sind die an vielen Stücken erhaltenen, bis zu 1 cm starken Schlacken an der Innenseite der Tiegel (Abb. 7a und b) sowie die zahlreichen Metalltröpfchen, die die Schlacken und die keramische Masse der Tiegel durchsetzen.

Die Schlackenstücke, die neben den Tiegelfragmenten aus der Fundschicht geborgen wurden, sind meist rot oder schwarz gefärbt, teils schlierig gestreift. Sie sind glasig und nahezu blasenfrei. Viele Stücke zeigen eine typische Fließoberfläche mit seilartigem Gefüge



Abb. 8 Dortmund, Adler-turm. Bleisilikatschlacke mit deutlich erkennbarer Fließstruktur; (untere Bildkante 5 cm).

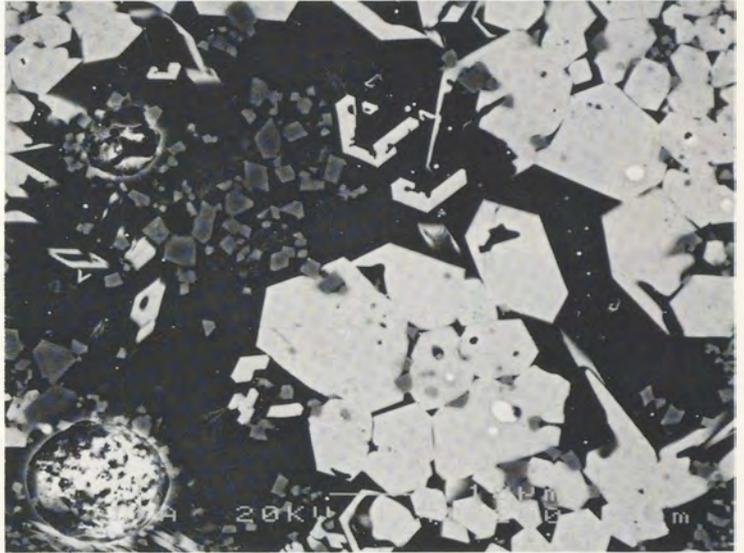


Abb. 9 Dortmund, Adler-turm. Willemite (groß, hellgrau) und Gahnite (dunkelgrau) in Tiegelschlacke REM-Aufnahme; (untere Bildkante 50 μm).

(Abb. 8), doch überwiegen glattkantig gebrochene Stücke mit wenigen cm Durchmesser. Eine Rekonstruktion der ursprünglichen Gesamtform unzerbrochener Schlacken ist bislang nicht möglich; jedoch sind schon viele der vorliegenden Bruchstücke zu groß, um sie aus den Tiegeln herleiten zu können.

2.1 Chemie und Mineralogie der Tiegelschlacken

Aus mehreren Tiegelfragmenten wurden die anhaftenden Schlackenreste herauspräpariert und naßchemisch untersucht. Zudem wurden von weiteren Proben polierte Dünnschliffe für die optische und elektronenmikroskopische Untersuchung hergestellt.

Tabelle 1: Gesamtanalysen freipräparierter Schlacken aus dem Tiegelinneren; Analysen gravimetrisch, AAS, ICP. Niedrige Analysensummen durch nicht analysierte Gehalte an Kohlenstoff, Phosphor etc.

	1	2	3	4	5
SiO ₂	13,6	36,9	22,2	40,9	24,9
TiO ₂	0,22	0,66	0,42	0,50	0,37
Al ₂ O ₃	3,74	21,13	8,63	8,85	7,30
Fe ₂ O ₃	28,10	11,28	0,86	1,74	0,57
MnO	0,52	0,31	0,77	1,57	0,52
MgO	0,48	0,68	0,91	0,86	0,75
CaO	1,09	3,93	3,52	3,72	4,12
Na ₂ O	0,04	n.b.	0,08	0,28	0,18
K ₂ O	0,19	n.b.	0,62	0,85	1,22
PbO	7,43	0,73	3,05	4,42	4,56
CuO	10,18	0,48	4,45	1,88	5,85
ZnO	22,62	10,66	32,12	14,01	30,78
Summe	88,21	86,76	77,63	79,58	81,12 %
Ba	130	n.b.	370	260	370
Sb	2020	n.b.	2860	900	3250
As	275	n.b.	230	325	120 ppm

Ag, Bi, Cd, Co, Cr, Mo, Ni, Se und Sn unter 100 ppm.

Die Pauschalanalysen der Schlacken sind durch ZnO- und SiO₂-Gehalte zwischen 10 und 30 bis 40 Prozent charakterisiert; FeO, Al₂O₃ und CuO erreichen in den Proben 1 und 2 ebenfalls über 10 Prozent (Tab. 1). Die starke Streuung der Analysenwerte ist auf unterschiedlich zusammengesetzte Bereiche mit wechselnden Anteilen an Schlackenphasen und unreaktierten Chargenbestandteilen zurückzuführen, wie sie in den Dünnschliffen zu erkennen sind. So ist der hohe Gehalt an Kupfer und Blei in Analyse 1 vermutlich auf größere Metalleinschlüsse zurückzuführen (s. u.). Die niedrigen Analysensummen gehen u. a. auf nicht analysierte Gehalte an Kohlenstoff, Phosphor etc. zurück, die sich mikroskopisch nachweisen lassen.

Im Dünnschliff zeigen sich die Schlacken scharf abgesetzt von der eigentlichen Tiegelkeramik, die sie als Film überziehen. Nur vereinzelt gibt es schlierige Übergänge zu verglasteter Keramik. In der glasigen Schlackenmatrix treten als kristalline Phasen² idiomorph Zinksilikat (Zn₂SiO₄, »Willemit«) und Zinkspinell (ZnAl₂O₄, »Gahnit«) (Abb. 9) sowie rundlich geformtes Zinkoxid (ZnO, »Zinkit«) auf, alle mit wechselnden Eisengehalten anstelle von Zink. Tabelle 2 zeigt halbquantitative, auf 100 Prozent normierte EDX-Analysen von Willemit und Gahnit aus den Tiegelschlacken sowie, zum Vergleich, einen Gahnit aus Brasilien. Neben eisenhaltigem Zinkit ist auch fast reiner Wüstit (FeO) vertreten. Oft umschließen größere Willemitkristalle Zinkitkörner; auch Gahnitkristalle werden von Willemit umschlossen, so daß Willemit sicher die jüngste Bildung ist.

Sowohl die Tiegelkeramik als auch die anhaftende Schlacke sind von unregelmäßig verteilten Metalltröpfchen durchsetzt. Es sind entweder Kupfer- oder Messingpartikel mit wechselnden Gehalten an Zink. Größere Tropfen sind meist zweiphasig, sie bestehen in

² Phasenbestimmung lichtoptisch und nach EDX-Analysen, Formeln eisenfrei idealisiert; Bezeichnung in Anlehnung an entsprechend zusammengesetzte Minerale.

Tabelle 2: Halbquantitative EDX-Analyse von Willemit und Gahnit aus den Tiegelschlacken sowie ein Gahnit aus Brasilien mit Meß- und Sollwert (nach Jarosewich et al. 1980) (Gew. %)

	Willemit (n = 3)	Gahnit (n = 4)	Gahnit (Brasilien) (Soll)
SiO ₂	24,4 ± 0,3	0,0	(0,0)
Al ₂ O ₃	0,0	47,5 ± 0,4	(55,3)
FeO	1,1 ± 0,3	3,6 ± 0,5	(1,9)
CaO	0,0	0,1 ± 0,1	(0,0)
ZnO	74,5 ± 0,2	48,8 ± 0,8	(42,5)

der Regel aus Messing und Blei. Als Ausnahmen wurden vereinzelt metallisches Eisen und Silber identifiziert.

In offensichtlich nicht durchreagierten Bereichen der Schlacken wurden vielfach Holzkohle und Quarzkörner, aber auch Splitter von Bleisilikatglas gefunden.

2.2 Chemie und Mineralogie der schwarz-roten Schlacken

Zur chemischen Charakterisierung der Schlacken, die im archäologischen Befund neben den Tiegelscherben lagen, wurden mehrere rote und schwarze Stücke getrennt aufgemahlen und naßchemisch analysiert. Zusätzlich wurden mehrere Anschliffe für die mikroskopische Untersuchung hergestellt.

Tabelle 3a: Gesamtanalysen der roten Bleisilikatschlacken;
Analysemethoden: gravimetrisch, AAS, ICP

	1	2	3	4	5	Mittel
SiO ₂	34,4	33,6	35,9	30,4	31,1	33,08
TiO ₂	0,31	0,30	0,28	0,28	0,27	0,29
Al ₂ O ₃	4,40	3,77	3,93	3,35	3,63	3,82
Fe ₂ O ₃	2,65	3,43	3,29	2,74	2,80	2,98
MnO	0,15	0,14	0,21	0,13	0,19	0,16
MgO	0,52	0,56	0,61	0,52	0,58	0,56
CaO	2,41	2,51	2,71	2,21	2,67	2,50
Na ₂ O	0,34	0,39	0,36	0,34	0,34	0,35
K ₂ O	1,85	2,07	2,12	1,82	2,15	2,00
PbO	46,22	45,45	44,88	55,90	50,16	48,52
CuO	2,04	1,96	1,58	2,39	1,61	1,92
ZnO	1,02	2,21	2,40	0,75	1,48	1,57
Summe	96,31	96,39	98,27	100,83	96,98	97,76 %
Ba	375	385	1000	372	852	
Sb	650	735	800	665	810	
As	435	445	516	445	550 ppm	

Ag, Bi, Cd, Co, Cr, Mo, Ni, Se und Sn unter 100 ppm.

Tabelle 3b: Gesamtanalysen der schwarzen Bleisilikatschlacken;
Analysemethoden: gravimetrisch, AAS, ICP

	1	2	3	4	Mittel
SiO ₂	36,7	36,4	30,3	26,1	32,38
TiO ₂	0,32	0,32	0,28	0,25	0,29
Al ₂ O ₃	4,27	4,25	3,57	3,37	3,87
Fe ₂ O ₃	6,51	6,23	3,55	8,37	6,17
MnO	0,26	0,26	0,22	0,23	0,24
MgO	0,77	0,75	0,61	0,56	0,67
CaO	4,45	4,31	4,50	3,19	4,11
Na ₂ O	0,42	0,40	0,32	0,28	0,36
K ₂ O	2,84	2,76	2,16	1,86	2,41
PbO	33,52	36,35	49,29	45,85	41,25
CuO	1,49	1,85	1,89	1,61	1,71
ZnO	4,22	4,28	3,50	7,10	4,78
Summe	95,77	98,16	100,19	98,77	98,22 %
Ba	300	315	330	315	
Sb	776	800	800	1115	
As	600	570	500	410 ppm	

Ag, Bi, Cd, Co, Cr, Mo, Ni, Se und Sn unter 100 ppm.

Es handelt sich bei allen Proben einheitlich um Bleisilikatgläser mit Gehalten an Al₂O₃, FeO, CaO, K₂O, Cu₂O und ZnO im unteren Prozentbereich (Tab. 3a und 3b). Von den Spurenelementen sind Barium, Antimon und Arsen mit mehr als 100 ppm vertreten. In drei weiteren Proben wurde Silber gesondert zu jeweils unter 5 ppm bestimmt.

Die Gegenüberstellung der Analysenwerte von roten und schwarzen Schlacken zeigt bei aller Ähnlichkeit der beiden Typen auch deutliche Unterschiede. Die schwarzen Schlacken enthalten etwa doppelt so viel Eisen, Calcium und Zink wie die roten Proben und haben entsprechend weniger Blei. Der Gehalt an Silizium, Aluminium und Kupfer ist für beide Schlackentypen etwa gleich. Die Trennung ist jedoch nicht scharf durchzuhalten, wie die Analyse 3 der schwarzen Schlacken zeigt, die eine Übergangsform darstellt. Außerdem treten immer wieder Stücke mit schwarz-roten Schlieren auf, die ebenfalls die enge Zusammengehörigkeit beider Typen belegen.

Mikroskopisch sind die Schlacken durchgehend glasig und dicht erstarrt. Die schon makroskopisch erkennbaren Schlieren sind im optischen Mikroskop wie im REM deutlich zu sehen. Sie gehen auf ungleichmäßig verteilte Gehalte an PbO, FeO, CaO und ZnO zurück und belegen eine relativ hohe Viskosität der Schmelze.

Die Schlacken sind durchstäubt von feinsten Kupfertröpfchen, deren Durchmesser unter etwa 10 μm liegt. Die wenigen größeren Metalleinschlüsse sind zweiphasige Kupfer-Blei-Legierungen, oft an Gasblasen gebunden (Abb. 10), die offenbar das Absetzen der Legierung aus der Schlacke verhindert haben. Der Anteil an metallischem Blei am Gesamtbleigehalt der Analysen läßt sich auf Grund des Schliffbildes auf unter 5 Prozent schätzen. Vereinzelt sind in den Schlacken randlich aufgeschmolzene Quarzkörner erhalten; weitere Kristallphasen konnten nicht nachgewiesen werden.

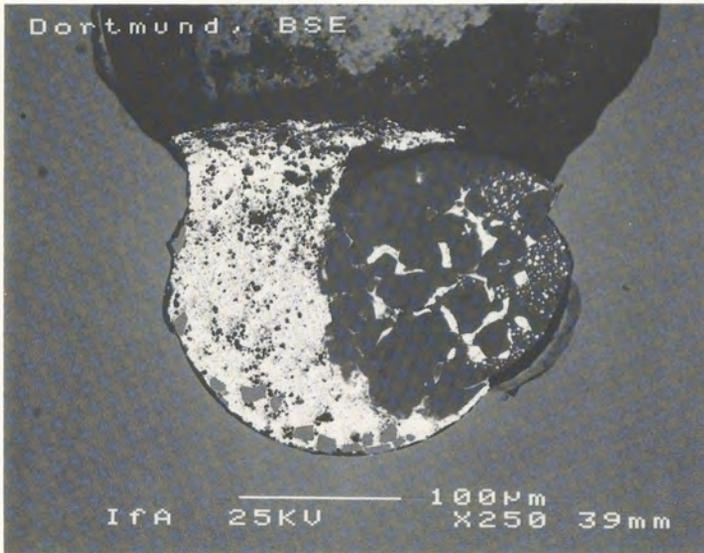


Abb. 10 Dortmund, Adler-turm. Zweiphasiger Blei-Kupfer-Einschluß in Bleisilikatschlacke mit anhaftender Luftblase. REM-Aufnahme, Rückstreuelektronenbild.

3. Interpretation

3.1 Die Tiegel: Zeugen einer Messingproduktion

Die Untersuchung der Tiegelscherben zeigt, daß in den Tiegeln unter stark reduzierenden Bedingungen gearbeitet wurde; dafür spricht neben der Farbe des Scherbens auch das Auftreten von metallischem Eisen.

Die Zuordnung der Funde zur Messingmetallurgie ergibt sich klar aus den Pauschalanalysen der Schlackenreste in den Tiegeln, der Mineralogie dieser Schlacken sowie aus der Zusammensetzung der Metalleinschlüsse in den Tiegelscherben und den anhängenden Schlackenresten. Stets herrschen Zink und Kupfer vor; Blei, das silikatisch gebunden in der Tiegelschlacke ebenso wie als zweiphasige Kupfer-Blei-Legierung vorkommt, kann von der Menge her nur Begleitelement oder Verunreinigung sein.

Anhand des Phasenbestandes und der Zusammensetzung der Kupfer-Messing-Einschlüsse in den Tiegelschlacken läßt sich belegen, daß hier Messing aus Kupfer und Zinkoxid produziert und nicht fertiges Messing umgeschmolzen wurde. Die Zusammensetzung der Kupfereinschlüsse reicht von fast reinem Kupfer bis zu Messing mit über 20 Prozent Zink; zugleich ist in nicht vollständig durchreagierten Bereichen der Charge neben Holzkohle verbreitet Zinkoxid erhalten, wie es sich gelegentlich auch in kleinen Klumpen im Fundmaterial findet, wo es als »Hüttenrauch«, kondensiertes ZnO , angesprochen wird.

Offenbar wurde also in diesen Tiegeln metallisches Kupfer mit Holzkohle und Zinkoxid versetzt und dann unter stark reduzierenden Bedingungen zu Messing umgesetzt, wie dies von Theophilus Presbyter in seiner Schrift »Diversarum Artium Schedula« detailliert beschrieben wird (Theobald 1933, Buch III, Kap. 6.5). Danach wird in kleinen Tiegeln eine Wechselfolge von Zinkoxid oder Galmei, fein verrieben mit Holzkohle, und Kupferstückchen aufgeschichtet und mit Holzkohle bedeckt (Abb. 11). Mehrere dieser Tiegel werden dann in einem größeren, von oben zugänglichen Ofen geheizt, um nach dem Zementationsprozeß Messing zu bilden.

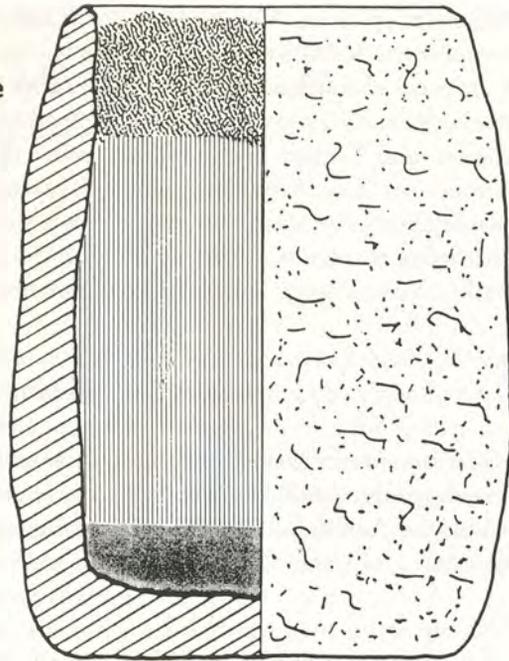
Hier haben wir erstmals für diese Zeit eine Übereinstimmung bis ins Detail von Feld- und Laborbefund einerseits und technikgeschichtlicher Quellenlage andererseits, was ganz wesentlich für die Einschätzung der Zuverlässigkeit der Texte des Theophilus Presbyter ist.

Abb. 11 Messingherstellung nach Theophilus Presbyter, skizziert in einen rekonstruierten Dortmunder Tiegel: 1 Teil Galmei, mit Holzkohlepulver vermischt, darüber 6 Teile Kupferstücke und alles mit Holzkohle im offenen Tiegel bedeckt.

Holzkohle

Kupfer

Galmei



3.2 Die bleireichen Gläser: Schlacken der Kupfer- oder der Blei-Metallurgie?

Der hohe Bleigehalt der schwarzroten Schlacken legt es zunächst nahe, diese Schlacken einer Bleigewinnung zuzuschreiben. Bleisilikatschlacken mit vergleichbar hohen Bleigehalten, wie sie am Adlerturm vorliegen, werden regelmäßig an Bleiverhüttungsplätzen unterschiedlicher Zeitstellung beobachtet (Atkinson, Taylor 1924; Craddock et al. 1985; Hauptmann et al. 1988; Dierkes 1990; Heimbruch 1990; Goldenberg 1990). Im Gegensatz zu dem hier beschriebenen Material machen sie dort jedoch niemals den Hauptteil der produzierten Schlackenmenge aus, sondern sind nur in kleinen Mengen und ausnahmsweise beobachtet worden. Neben lagerstättenspezifischen Unterschieden etwa im Gehalt an Barium und Fluor sind dabei trotz makroskopisch ähnlicher Ausbildung stets auch die Eisen-und/oder Calcium-Gehalte deutlich höher als hier; zudem sind die hohen Bleigehalte vielfach auf Einschlüsse von metallischem Blei zurückzuführen.

In dem Dortmunder Material dominieren dagegen feinverteilte Kupfertropfen als Metalleinschlüsse; nur in den wenigen größeren Einschlüssen kommt Blei mit Kupfer als zweiphasige Legierung vor. Dies kann als Indiz für die Zugehörigkeit der Schlacken zur Kupfermetallurgie gewertet werden. Von besonderem Interesse für den vorliegenden Befund ist der Vergleich mit dem Hobokener Verfahren, das in den Niederlanden zur Trennung von Blei und Kupfer durchgeführt worden ist (Tafel 1951). Dabei wurde ein blei- und kupferhaltiger Stein nach vorangehender Röstung unter Zuschlag von Sand oder anderem SiO_2 -reichen Material geschmolzen, wobei das Blei verschlackt und bleiarmer Rohkupfer produziert wurde. Die Zusammensetzung der dabei bewusst produzierten Bleisilikatschlacke ist mit der des Adlerturms vergleichbar. Auch Th. Presbyter erwähnt die Notwendigkeit der Entbleiung von bleireichem Kupfer, wenn man hochwertiges Messing herstellen möchte; seine Beschreibung dazu ist jedoch nicht so präzise wie die der Messingherstellung selbst.

Die Synthese der vorgestellten Interpretationen führt zu der Annahme, daß – in der

Nähe des späteren Adlerturms – am Rande der Siedlung Dortmund eine auf Messing spezialisierte Metallwerkstatt betrieben wurde. Dort verwendete man zur Herstellung von Kupfer ein bleireiches Vorprodukt, etwa eine Kupfer-Blei-Legierung, bleihaltigen Kupferstein oder ein Erzkonzentrat. Anschließend wurde aus dem nur noch schwach bleihaltigen Kupfer und Galmei oder »Hüttenrauch« in kleinen Tiegeln Messing hergestellt. Der Befund der naturwissenschaftlichen Untersuchung deckt sich dabei sehr gut mit der Beschreibung der Messingherstellung, wie sie etwa gleichzeitig von Theophilus Presbyter überliefert worden ist. Denkbar ist auch die gleichzeitige Produktion von Blei aus einem Erzkonzentrat, wozu jedoch keine unmittelbaren Parallelen bekannt sind.

4. Danksagung

Unser besonderer Dank gilt Prof. Bachmann (Hanau) und Prof. Brockner (Clausthal) für die anregenden Diskussionen, der Firma Hoesch Stahl AG (Dortmund) für die Erlaubnis, zahlreiche Analysen durchführen zu können, sowie Herrn N. Zielsing (Xanten) für die Rekonstruktion und Zeichnung der Tiegel.

5. Literaturverzeichnis

- ATKINSON, TAYLOR 1924 = D. ATKINSON, M. U. TAYLOR, Flint excavation report. Roman lead furnaces from Pentre, Flint. Flints, HS 10,1. Zit. nach TYLECOTE 1985.
- CRADDOCK et al. 1985 = P. T. CRADDOCK, I. C. FREESTONE, N. GALE, N. D. MEEKS, B. ROTHENBERG, M. S. TITE, The investigation of a small heap of silver smelting debris from Rio Tinto, Huelva, Spain. In: Furnaces and Smelting Technology in Antiquity. Eds. P. T. CRADDOCK, M. J. HUGHES, British Museum Occasional Paper 48 (London) 199–218.
- DEUTMANN 1990 = K.-H. DEUTMANN, Geschichte und Ergebnisse der mittelalterlichen Stadtgrabung Dortmunds. In: Vergessene Zeiten – Mittelalter im Ruhrgebiet. Hrsg. F. SEIBT et al. Ausstellungskatalog Ruhrlandmuseum Essen.
- DIERKES 1990 = L. DIERKES, Geologische und mineralogische Untersuchungen an Bleischlacken der Sierra de Gador, Provinz Almeria, Spanien. Unveröff. Diplomarbeit Universität Mainz.
- GOLDENBERG 1990 = G. GOLDENBERG, Die Schlacken und ihre Analysen. Freiburger Universitätsblätter 109, 147–172.
- HAUPTMANN et al. 1988 = A. HAUPTMANN, E. PERNICKA, G. A. WAGNER, Untersuchungen zur Prozesstechnik und zum Alter der frühen Blei-Silbergewinnung auf Thasos. In: Antike Edel- und Buntmetallgewinnung auf Thasos. Hrsg. G. A. WAGNER, G. WEISGERBER, Der Anschnitt, Beiheft 6 (Bochum) 88–112.
- HEIMBRUCH et al. 1989 = G. HEIMBRUCH, St. KOEFER, W. BROCKNER, Archäometrische Untersuchungen an Erz-, Schlacken-, Metall- und Bleiglättefinden der Grabung 1987. Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 9, 103–110.
- JAROSEWICH et al. 1980 = E. JAROSEWICH, J. A. NELEN, J. A. NORBERG, Reference Samples for Electron Microprobe Analysis. Geostand. Newsletter 4, 43–47.
- TAFEL 1951 = V. TAFEL, Lehrbuch der Metallhüttenkunde. Bd. 1 (Leipzig).
- THEOBALD 1933 = W. THEOBALD (Hrsg.), Technik des Kunsthandwerks im Zehnten Jahrhundert. Des Theophilus Presbyter Diversarum Artium Schedula (Berlin).
- TYLECOTE 1985 = R. F. TYLECOTE, The Early History of Metallurgy in Europe (London, New York).

Der Altenberg bei Müsen (Siegerland)

Eine Bergbauwüstung des 13. Jahrhunderts

VON UWE LOBBEDEV

Der Grabungsort (Abb. 1) liegt auf dem Gebiet der heutigen Städte Hilchenbach und Kreuztal im Kreis Siegen-Wittgenstein, also inmitten des Siegerlandes, das als südlichster Teil zu Westfalen gehört. Bis in unser Jahrhundert hinein spielte in diesem Gebiet der Bergbau auf Eisen und andere Metalle eine sehr wichtige Rolle. Bei dem Grabungsgelände handelt es sich um eine Paßhöhe (490 m NN) zwischen zwei benachbarten Mittelgebirgsmassiven, die Grenze zwischen den Gemarkungen der in den Tälern liegenden Orte Müsen und Littfeld. Von beiden Talorten aus wurden in neuerer Zeit (zuletzt bis 1914) die silberhaltigen Blei- und Zinkerze des Altenberger Ganges abgebaut.

Seit 1963 waren Heimatfreunde auf der Paßhöhe auf Steinmauern, mittelalterliche Keramik und einen Münzschatz gestoßen. Ein Straßenbauprojekt gab dann den Ausschlag dafür, daß das westfälische Denkmalamt im Jahr 1970 eine Rettungsgrabung ansetzte, deren örtliche Leitung in den Händen von Prof. Dr. C. Dahm lag. Gleich der erste Schnitt erbrachte einen für die Beurteilung des Objekts entscheidenden Befund, nämlich die stratigraphische Verzahnung einer Pinge, also eines bergbaulichen Reliktes, wie sie im Bereich der Paßhöhe obertägig das Erscheinungsbild heute noch prägen, mit den Befunden einer Siedlungstätigkeit, die durch Keramik und sonstige Funde in das 13. Jahrhundert datiert werden kann.

In zwei weiteren Grabungskampagnen und während kleinerer Nachuntersuchungen stellte sich heraus, daß alle Siedlungsspuren auf diesem Gelände durchweg in die Zeit zwischen dem Beginn und dem Ende des 13. Jahrhunderts fallen. Abgesehen von den Spuren des rezenten Maschinenschachtes und der zugehörigen Halde gilt das auch für die obertägig sichtbaren kleineren Pingem im engeren Paßbereich.

Seit 1971 untersuchte das Deutsche Bergbau-Museum Bochum in mehreren Kampagnen bis 1980 Schächte, Verhüttungsspuren und Siedlungsreste. Die Leitung dieser Arbeiten lag seit 1973 in den Händen von Dr. G. Weisgerber.

Für die Befunde am Altenberg ist charakteristisch, daß die Siedlungselemente und die Bergbaurelikte nicht nur einander benachbart sind, sondern sich in dichter Folge auch gegenseitig überlagern, d. h. daß z. B. Bergehalden auf Werk- und Siedlungsflächen aufgeschüttet und umgekehrt Wohngebäude über Halden und sogar über verfüllten Schächten errichtet wurden. Dieser Vorgang hat sich während der insgesamt nur kurzen Lebensdauer der Bergbausiedlung zuweilen sogar mehrfach wiederholt.

Reste von Gebäuden sind in einer Ausdehnung von ca. 80 × 120 m erfaßt. Vorgefunden wurden ebenerdige Häuser in Pfosten- und Schwellbalkenkonstruktion (Fst. 2: 4,20 × 3,40 m groß; Fst. 1: etwa 5 × 7 m; Fst. 33: etwa 7 × 7 m). Ein aus Pfosten und Flechtwerk konstruiertes kleines Gebäude (3 × 2,70 m) war grubenhausartig in eine Bergehalde eingetieft. Besonders markante Befunde waren die Keller, deren Größe von etwa 2 × 3 m (Fst. 32) bis etwa 4 × 4 m schwankt. Ebenso schwankt die Eintiefung: teils nur wenig in den schrägen Hang eingearbeitet, teils bis zu ca. 2 m. In den ebenerdigen Gebäuden

gab es Feuerstellen, in einem besonders kleinen Haus sogar einen Kachelofen, von dem das Fundament und zahlreiche Kacheln gefunden wurden. Die Keller wiesen dagegen keine Feuerstellen auf. Sie waren verfüllt mit dem eingestürzten Schutt von Steinen, Lehm und Bauhölzern. In drei Kellern fanden sich jeweils wenige Erzbröckchen. Da sich im unmittelbaren Anschluß an die Keller keine zugehörigen Spuren ebenerdiger Häuser fanden, wird angenommen, daß auf den Kellermauern selbst obertägige Wohngebäude standen, vermutlich in einer Mischkonstruktion aus Stein (Mörtelreste!) und Holz, und daß die Keller zur Aufbewahrung dienten, vermutlich vor allem von Erzen. Ein Gebäudekomplex zeichnet sich durch besondere Größe und durch seine Zweiteiligkeit aus. Er lag unmittelbar an der höchsten Paßstelle auf einem aus Bergematerial aufgeschütteten Hügel. Auf dem Hügelplateau befand sich das verhältnismäßig massive Steinfundament eines innen $4,20 \times 4,20$ m großen Gebäudes. Zwei Eckstrebpfeiler sollten das offensichtlich zwei- oder mehrgeschossige Bauwerk gegen Abrutschen am Hang sichern. Im Innern lagen entlang den Steinfundamenten Schwellbalken für eine Holzkonstruktion. Im Osten war ein tiefer Keller ($4 \times 3,50$ m) angebaut. Das Gebäude, das vor allem im Kellerbereich mehrere Reparaturphasen aufwies, überlagerte nicht nur die Bergehalde, sondern auch unter der Bergehalde verschüttete ältere Keller und eine Schachanlage. Es gehört mithin in die jüngere Phase der Siedlungszeit. Naheliegend ist der Gedanke, daß mit diesem Gebäude eine besondere Funktion verbunden war.

Einzelfunde belegen, daß die Siedlung nicht nur zeitweilig Schutzhütten für Bergleute bot, sondern eine mehr oder weniger dauerhafte Bewohnung aufwies. Dafür sprechen die Funde: ein Kachelofen, reichlich Keramik – in der Überzahl Import rheinischer Herkunft –, der Läuferstein einer Mühle und zwei hölzerne Schuhleisten, die zusammen mit zahlreichen Lederresten in dem genannten Grubenhaus gefunden wurden und damit eine handwerkliche Produktion bezeugen. Auch eine Schmiede ist nachgewiesen. Hangparallele Terrassen am östlichen Rand der Siedlung deuten sogar auf Ackerbau. Die Pollenanalyse spricht für Roggenanbau. Als Freizeitbeschäftigungen sind durch Funde Kegelspiel und Würfeln bezeugt. Auf bergbauliche Arbeitsbereiche weisen Eisenkeile (sog. Fimmel), kleine Hacken (sog. Krätzer) und eine hölzerne Schaufel.

Ein wesentlicher Teil der heutigen Geländeoberfläche ist durch die Ablagerung von Bergematerial bestimmt. Mehrfach angeschnitten wurden hölzerne Rinnen, oft von Steinen eingefast (Gerinne), wie sie nach den einschlägigen Darstellungen in einem Bergbaugelände zu erwarten sind. In einem Falle, und zwar westlich des erwähnten größeren Gebäudes, stand ein Gerinne in Verbindung mit einer teichartigen Mulde, die vor allem mit den schlammigen Anteilen des Bergematerials gefüllt war und die vielleicht mit einer Schlammung des gefördert Materials zusammenhängt.

Mehrfach wurden in Schnitten und kleinen Flächen Arbeitsebenen erfaßt, meist mit Holzkohle bedeckt. Geringe Reste hölzerner und steinerner Konstruktionen in diesen Arbeitsebenen konnten bislang nicht gedeutet werden. Es gab auch keine Einzelfunde, die Aufschluß über die hier ausgeübte Tätigkeit boten. An zwei Stellen wurden ganz in der Nähe von steinernen Kellern kleine Ofenkonstruktionen aufgedeckt, die als Probieröfchen anzusprechen sind; Erzreste und Schlacken fehlen hier allerdings.

Eine größere Ofenanlage fand sich etwa 75 m östlich des Siedlungsrandes. Es handelt sich um zwei einander überlagernde, ringartige Fundamente, von denen das ältere oval, das jüngere hufeisenförmig ist, mit einem Innendurchmesser von etwa 3 m. Der jüngere Ofen besaß noch Teile einer verziegelten Lehmtenne und am Rande Staklöcher einer Kuppelkonstruktion aus Holz und Lehm. Als Unterfütterung der Lehmtenne war Eisenschlacke

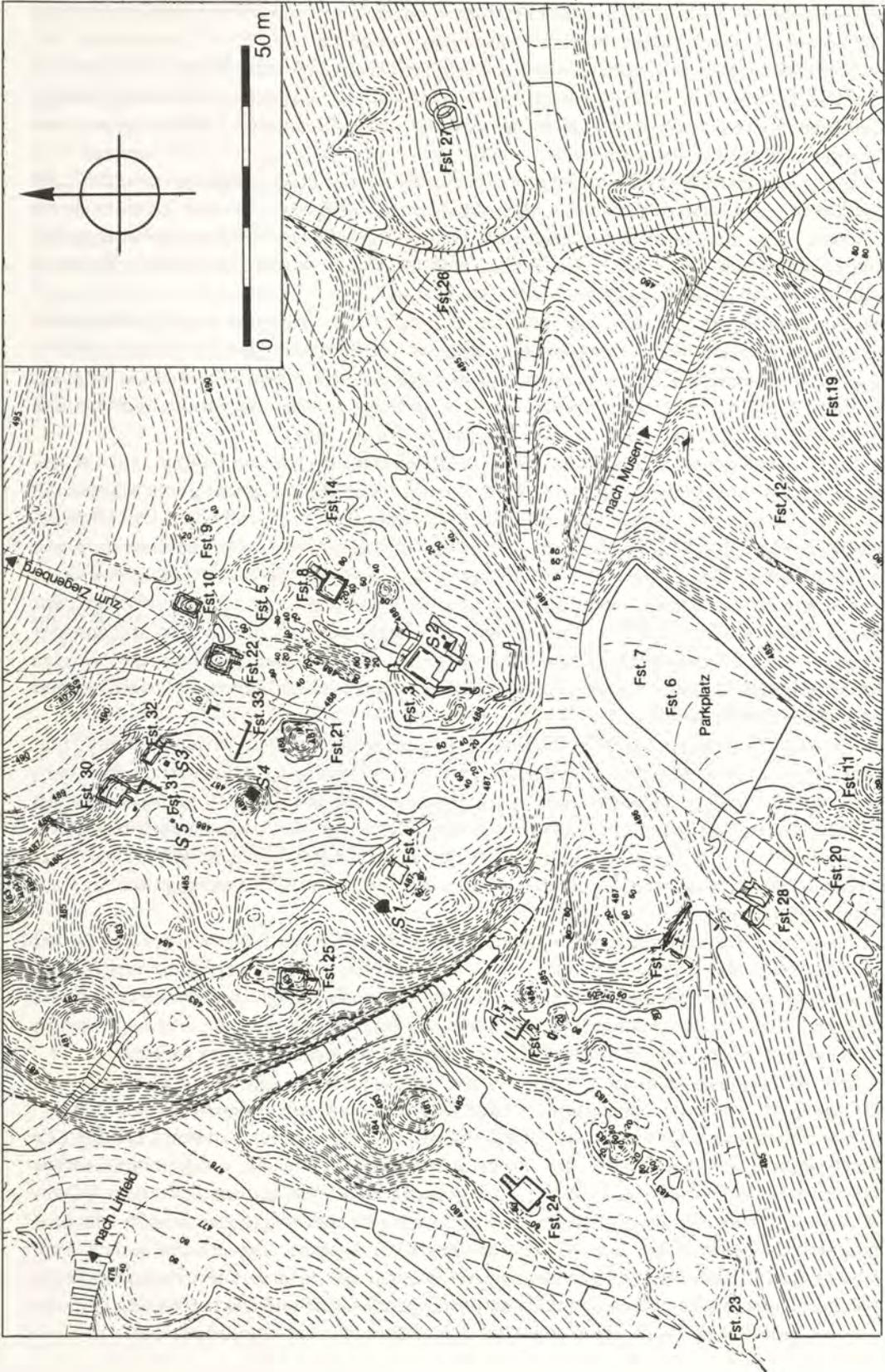


Abb. 1 Der Altenberg bei Müsen mit den montanarchäologischen Fundstellen

eingbracht. Ob diese etwas mit dem Produktionsprozeß in jenen Öfen zu tun hat oder nur als Bestandteil hierhergebracht wurde, ist einstweilen offen.

Untersuchungen am Bachlauf im Tal östlich der Bergbauwüstung haben Schlackenreste und mit Holzkohle bedeckte Arbeitsniveaus, dazu Keramik des 13. Jahrhunderts, zutage gefördert. Öfen wurden nicht gefunden, doch ist anzunehmen, daß Verhüttungsprozesse hier im anliegenden Tal stattfanden.

Das Deutsche Bergbau-Museum, Bochum, führte die Untersuchung von drei der insgesamt sechs archäologisch erfaßten Schächte durch. Von diesen erwies sich einer als ein ehemals nicht fündig gewordener Schacht. Mit immer enger werdendem und unregelmäßig-gewundenem Verlauf endet er in 16,50 m Teufe. Einen Ausbau hat er nicht besessen, nur wenige Rundhölzer stützten lockere Stellen ab.

Die Hauptarbeit galt dem bei der Grabung unter dem Keller des großen Gebäudes gefundenen Schacht. Er hatte einen vollständigen hölzernen Ausbau. Der Schacht wurde bis in eine Teufe von 22,50 m untersucht, ohne daß der Schachtsumpf erreicht wurde. Bis in diese Teufe wurden zwei Strecken erfaßt. Dendrochronologische Proben datieren den Schachtausbau auf das Jahr 1213 (Fällungszeit im Winter 1212).

Im Erzgang steht der Schacht in einem sehr mürben und tonigen Gestein. Er war mit ebensolchem tonigen Bergematerial verfüllt, was einerseits die Ausgrabung sehr erschwerte, andererseits zu einer vollständigen Erhaltung des alten Ausbaus geführt hat. Die Untersuchung erfolgte durch Niederbringen eines Schachtes mit neuem hölzernem Ausbau von etwas größerem Querschnitt als der vorhandene alte, der Stück für Stück geborgen wurde.

Der alte Ausbau aus Eichenholz hatte eine lichte Weite von $1,35 \times 1,35$ m. Er bestand aus horizontalen Rahmenhölzern, die viereckig bearbeitet und an den Enden miteinander verzapft waren. Ihr senkrechter Abstand betrug gut 1 m. Senkrechte Bohlen von 2 m Länge waren so gesteckt, daß sie gegen den oberen Rand von innen und gegen den unteren Rand von außen drückten.

Die obere Strecke ging in 15 m Teufe ab. Sie stand in sehr mürbem, tonigen Gebirge und besaß einen dichten hölzernen Ausbau. Die Stempel bestanden aus halbierten Eichenstämmen von 22 bis 28 cm Durchmesser und standen im Abstand von 0,40 m. Sie waren mit Firstkappe und Sohlenbrett verzapft. Der lichte Querschnitt hatte ursprünglich eine Höhe von 1,05 m und eine Breite von 0,50 m. Durch den Druck des Gebirges, insbesondere des einquellenden Tones, war der Ausbau stark verzogen. Eine Untersuchung war nur auf 1,50 m Länge möglich.

Etwa 3 m tiefer wurde eine zweite Strecke angetroffen. Sie stand in festerem Gebirge und war nicht so stabil ausgebaut wie die obere. Sie war etwas mehr als zur Hälfte verfüllt und konnte auf 6 m eingesehen werden. Die Querschnittsmaße entsprechen denen der oberen Strecke. Die 10×20 cm starken Stempel waren mit den Kappen verzapft. Die horizontalen Verzugshölzer lagen an der Firste dicht an dicht, an den Seiten dagegen lockerer.

Der Schachtquerschnitt hatte sich in dieser Teufe verringert. Die Rahmenhölzer waren bis zu 40 cm abgesackt, was bereits in alter Zeit zu Stützkonstruktionen geführt hatte.

Ein dritter untersuchter Schacht stand, wie der zuerst genannte, in festem Gebirge. Er besaß deshalb in seinem oberen Teil keinen durchgehenden Ausbau, sondern nur einzelne Spreize oder Spreizrahmen. In etwa 15,50 m Teufe wurde ein Rahmen mit einer lichten Weite von $0,80 \times 1,00$ m angetroffen und darunter eine holzausgebaute Strecke mit dem gleichen Querschnitt wie bei dem zuvor genannten Schacht. Die Strecke endete nach 1,50 m blind. Nach unten folgte ein weiterer Ausbau des Schachtes mit Rahmenhölzern von geringerer Stärke als bei dem eben besprochenen Schacht und mit regelmäßig gesteckten Verzugshölzern. Auch hier konnte der Schachtsumpf nicht erreicht werden.

Die Ausgrabungen auf dem Altenberg haben viele Fragen offen gelassen. So konnte z. B. die naheliegende Hypothese, daß jeweils eine Schachtanlage und eines der unterkellerten Gebäude miteinander eine Einheit bildeten, nicht verifiziert werden, weil die vielfältigen gegenseitigen Überlagerungen beim bisherigen Grabungsstand kein sicheres Urteil erlauben. Auch die Frage, ob das Ende der Siedlung von kriegerischen Katastrophen begleitet oder herbeigeführt wurde, bleibt offen. Die meisten der überaus zahlreich angetroffenen Brandschichten gehörten offensichtlich zu Werkplätzen. Zwei Münzschatze, die um 1290 deponiert und nicht wieder geborgen wurden, könnten für ein gewaltsames Ende der einstigen Besitzer sprechen. Insgesamt dürften aber die technischen Bedingungen, d. h. die Unmöglichkeit, den Abbau mit Schächten erfolgreich fortzusetzen und des einsickernden Wassers Herr zu werden, für das Ende des Bergbaus und der Siedlung an dieser Stelle bestimmend gewesen sein.

Über die Art und Qualität des im Mittelalter gewonnenen Erzes liegen noch keine abschließenden Untersuchungen vor. Hauptsächlich ging es vermutlich um die Gewinnung von Silber.

Literatur

- Altenberg. Geschichte und Archäologie einer mittelalterlichen Bergbausiedlung im Siegerland. Hrsg. vom Heimat- und Verkehrsverein Müsen e.V. Mit Beitr. von H. CADEL, C. DAHM, U. LOBBEDEY, G. SCHOLL (1971).
- Die Bergbauwüstung Altenberg. Hrsg. vom Verein Altenberg e.V. Mit Beitr. von C. DAHM, F.-R. KÜHN, U. LOBBEDEY, M. LUSZNAT, G. WEISGERBER (Müsen 1979).
- C. DAHM, Die mittelalterliche Bergbausiedlung Altenberg. *Siegerland* 50, 1973, 7–22.
- C. DAHM, Die Bergbauwüstung Altenberg. In: W. MÜLLER-MÜSEN (Hrsg.), *Ich gab dir mein Eisen wohl tausend Jahr ... Beiträge zur Geschichte, speziell zur Wirtschafts- und Kulturgeschichte des Bergbezirks Müsen und des nördlichen Siegerlandes* (Müsen 1979) 89–97.
- W. KROKER, Bericht über die Grabung auf dem Altenberg. *Erzmetall* 25, 1972, 143.
- G. WEISGERBER, Kegeln, Kugeln, Bergmannssagen. *Der Anschnitt* 31, 1979, 194–214.
- Jährliche Berichte des Deutschen Bergbau-Museums Bochum (von G. WEISGERBER u. a.) in: *Jahresbericht der Westfälischen Berggewerkschaftskasse Bochum* 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976. – Die folgenden in: *Der Anschnitt* 31, 1979, 29f.; 32, 1980, 220f.; 33, 1981, 117f.

Archäologische Forschungen in mittelalterlichen Bergbausiedlungen des Erzgebirges

VON WOLFGANG SCHWABENICKY

Die Lagerstätten vor allem silberhaltiger Blei- und Kupfererze des sächsischen Erzgebirges und seines Vorlandes dürften eine der Ursachen der schnellen Erschließung des Gebietes im Hochmittelalter gewesen sein. Das sächsische Erzgebirge war im wesentlichen bis in das 12. Jahrhundert hinein unbesiedeltes Land. Während der bäuerlichen Kolonisation nach 1250 bestanden im sächsischen Erzgebirge hauptsächlich zwei Machtbereiche, und zwar einmal mit dem Zentrum Meißen das Herrschaftsgebiet der Wettiner, d. h. der Markgrafen von Meißen, und zum anderen das durch Kaiser Friedrich Barbarossa 1158 geschaffene Reichsland Pleißen mit dem Zentrum Altenburg. Von den Wettinern und von dem im Pleißenland ansässigen Reichsadel wurde in der zweiten Hälfte des 12. Jahrhunderts eine planmäßige Erschließung des Erzgebirges und seines Vorlandes durch Ansetzung deutscher Bauern betrieben. Wie neuere archäologische Funde belegen, wurde dabei der Erzgebirgskamm noch vor Ende des 12. Jahrhunderts erreicht (Geupel 1988). Die wettinischen Gebiete wurden durch den Meißner Markgrafen Otto von den Burgwarden Mochau und Döbeln aus und durch seinen Bruder Dedo von der Grafschaft Rochlitz aus besiedelt. Dazwischen schob sich der Kolonisationsstreifen der Reichsministerialen von Mildenstein (Billig 1981). Außerdem waren die Herrschaftsträger im Pleißenland, die in ihren Bereichen landesherrliche Rechte ausübten, siedelführend. Die Grenze zwischen den wettinischen und den reichsländischen Gebieten wird in etwa durch die Flüsse Chemnitz und Flöha bestimmt.

Mit der Gründung des Klosters Marienzella (Altzella) im Jahre 1162 war ein größeres Stück Land zwischen Striegis und Freiburger Mulde aus den Besitzungen der Meißner Markgrafen herausgelöst worden, um es zur Ausstattung dieses wettinischen Hausklosters zu verwenden. Um das Jahr 1168 wurden im Bereich der in diesem Gebiet gelegenen Dörfer Christiansdorf, Tuttendorf und Berthelsdorf silberhaltige Erze entdeckt, was einen Rücktausch dieser Dörfer einschließlich der zugehörigen Fluren vom Kloster an den Meißner Markgrafen zur Folge hatte (Herrmann 1953). Der sich schnell entwickelnde Bergbau führte zur Entstehung der Bergstadt Freiberg. Nach unserem jetzigen Kenntnisstand scheint dies im 12. Jahrhundert der einzige Bergbau im sächsischen Erzgebirge gewesen zu sein. Zu bemerken ist, daß dieser für das sächsische Erzgebirge offenbar früheste Bergbau archäologisch bisher noch nicht nachgewiesen werden konnte, wobei allerdings eine planmäßige Montanarchäologie im Bereich Freiberg über sehr bescheidene Anfänge noch nicht hinausgekommen ist.

Erst für das 13./14. Jahrhundert sind dann zahlreiche urkundliche und archäologische Belege vorhanden, die die Behauptung rechtfertigen, daß in dieser Zeit im gesamten Erzgebirge Bergbau getrieben worden ist. Mit diesem Bergbau waren Siedlungsvorgänge verbunden, die eine Fortführung des Landesausbaus darstellten. Eine wichtige Erkenntnis der hier seit 1977 laufenden montanarchäologischen Untersuchungen (Schwabnicky 1988a) ist, daß im Hochmittelalter im sächsischen Erzgebirge bedeutende Bergbausiedlungen

gen zu Bergstädten wurden. Diese sind größtenteils nicht mit den heute existierenden Städten identisch, sondern sie wurden mit dem Niedergang des Silberbergbaus nach 1350 – bis auf wenige Ausnahmen – wieder wüst.

Im folgenden soll auf die untersuchten wüsten Bergstädte etwas näher eingegangen werden. Bei dem ehemaligen Rittergut Gersdorf (Gde. Etdorf, Kr. Hainichen) befinden sich an den südlichen Hängen der Freiburger Mulde umfangreiche mittelalterliche Bergbaureste. Inmitten der Bergbaureste liegt ein größerer Schlackenplatz. Durch zahlreiche Keramik, die als Lesefunde nach forstwirtschaftlichen Arbeiten geborgen werden konnten, datiert der ganze Montankomplex in das 13./14. Jahrhundert (Schwabnicky 1987). Neben den typischen Schachtpingen mit ringwallartigen Halden scheinen flachere Gruben Hausstellen anzudeuten. Archäologische Grabungen haben bislang nicht stattgefunden. Bemerkenswert ist aber die örtliche Überlieferung. Eine Sage berichtet, daß hier im Jahre 734 von einem Ritter und einem Mönch Erze entdeckt worden sind, worauf sie eine Stadt gründeten, die nach der Frau des Ritters namens Gertrud Gerschberg genannt worden sei (Peschel um 1840, 170). Das Feld östlich des Rittergutes (Schmiedefeld) trug noch um 1800 den Namen »Der alte Marktfleck«¹. Über dieses Feld streut außerordentlich viel mittelalterliche Keramik. Im 19. Jahrhundert hieß ein Gehölz »Der Kramerbusch« (Krämer=Händler); ebenso war noch die Überlieferung lebendig, daß in der Nähe des Hofes der Markt der Stadt Gerschberg gelegen habe (Peschel um 1840, 170). Um die große, wüste Bergbausiedlung bei Gersdorf herum befinden sich zahlreiche kleinere Gruben, die aufgrund archäologischer Funde ebenfalls in das 13./14. Jahrhundert zurückgehen.

Das Gebiet um Gersdorf gehörte zum Besitz des Klosters Altzella; in Gersdorf selbst befand sich ein klösterlicher Wirtschaftshof, der allerdings erst für das Spätmittelalter urkundlich überliefert ist. Zur Zeit der Entdeckung der Freiburger Lagerstätten hat man ganz offenbar von Erzvorkommen bei Gersdorf noch nichts gewußt; andernfalls wäre dieses Gebiet wohl wieder aus dem Klostergebiet herausgelöst worden. Aufgrund von Streitigkeiten zwischen dem Rat zu Freiberg und dem Kloster Altzella, die 1241 im sog. »Krummenhennersdorfer Vertrag« geschlichtet worden sind (Kube 1957), ist bekannt, daß in der ersten Hälfte des 13. Jahrhunderts montane Aktivitäten auf klösterlichem Territorium (vielleicht bei Gersdorf) stattgefunden haben. In der erwähnten Urkunde von 1241 wird unter den Zeugen des Klosters ein »Gerhardus magister montium« genannt. Verlockend ist die Annahme, daß dieser klösterliche Bergmeister namensgebend für die Bergbausiedlung Gerschberg bzw. Gersdorf gewesen sein könnte.

Eine weitere mittelalterliche Bergbausiedlung befindet sich auf dem Ullersberg bei Wolkenburg (Kr. Glauchau). Als montane Geländereликte sind heute nur noch kleine Teile der ursprünglichen Anlagen erhalten (Abb. 1). In einem Wäldchen auf der über dem Tal der Zwickauer Mulde gelegenen Anhöhe befinden sich eine Pingenreihe, Reste von Hausstellen, zwei Schlackenhalde und ein z. T. eingeebener Turmhügel (Motte). Im Jahre 1989 wurden hier archäologische Sondierungen durchgeführt, die u. a. ergaben, daß der Bergbau in der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts umging, und daß der Turmhügel in unmittelbarem Zusammenhang mit der Bergbausiedlung steht (Schwabnicky 1990). Das Bergwerk Ulrichsberg kommt im 14. Jahrhundert einige Male in der schriftlichen Überlieferung vor. Von Bedeutung ist vor allem ein Vertrag zwischen Markgraf Friedrich III. von Meißen und Volrad und Busso von Colditz als örtliche Grundherren (Ermisch 1886, 10), in welchem auf dem Ulrichsberg Brotbänke, Fleischbänke, Kramhandel – und der Zoll daran – sowie ein Schrotamt als typische städtische Einrichtungen bzw. Einnahmequellen genannt werden.

1 Staatsarchiv Dresden, Flurnamenverzeichnis AH. Döbeln Nr. 48 Gersdorf.

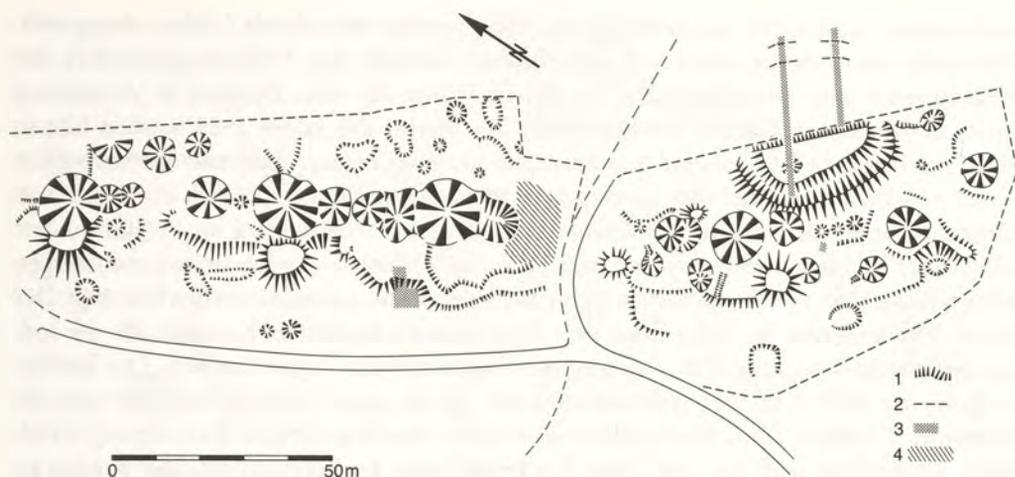


Abb. 1 Wolkenburg, Kr. Glauchau, Ullersberg. Plan der Bergbaureste und des Turmhügels; 1 = Böschungen, 2 = Waldrand, 3 = Lage der Testgrabungen, 4 = moderne Müllhalde (nach Schwabenicky 1990, 87).

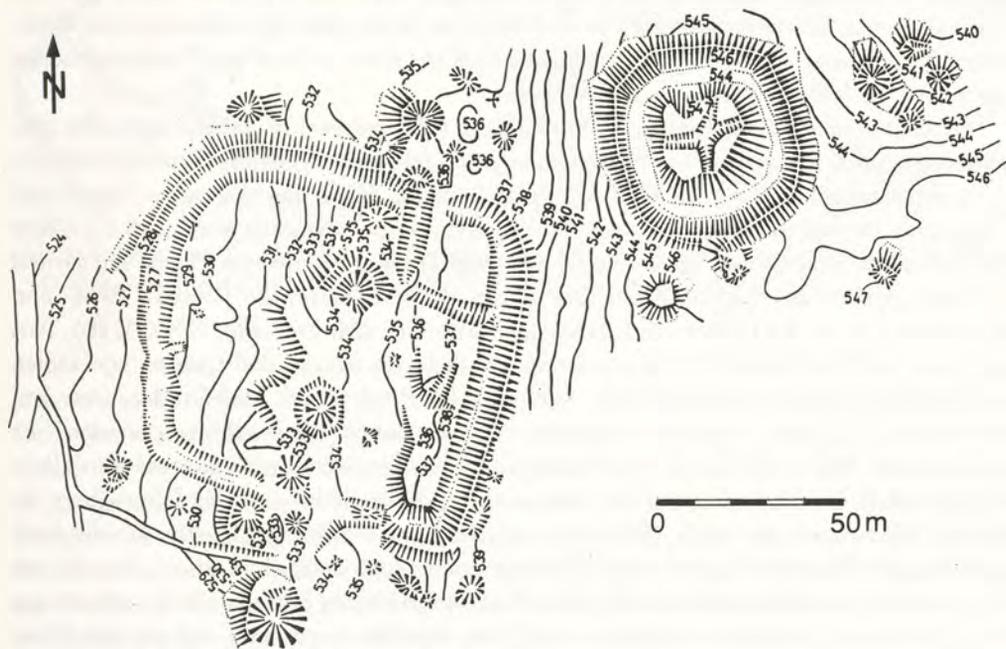


Abb. 2 Hartmannsdorf, Kr. Zwickau, Hohenforst (Fürstenberg). Plan des Turmhügels und des umwallten Areals (nach Thuss, Coblenz 1965, 99).

Bereits im oberen Erzgebirge gelegen befinden sich im Hartmannsdorfer Forst (bei Kirchberg, Kr. Zwickau) als eindrucksvolle Bodenaltertümer die Reste der ehemaligen Bergstadt Fürstenberg (Abb. 2). Es handelt sich um ein langgestrecktes Pingenfeld von etwa 500 m Ausdehnung, von dem ein Teil als extra abgegrenztes Areal von 95×100 m mit Wall und Graben befestigt ist. Im gesamten Pingenfeld befinden sich zahlreiche Hausgruben. In der NO-Ecke dieses grabenumzogenen Areals ist ein Geviert von ca. 20×20 m

noch einmal extra durch rechtwinklig zum Hauptgraben verlaufende Gräben abgegrenzt. Oberhalb dieser Anlage liegt auf dem flachen Gelände des Höhenzugausläufers des Hohenforstes eine Turmhügelburg, die bereits früher mit dem Bergbau in Verbindung gebracht worden ist (Thuss, Coblenz 1965). Im Herbst des Jahres 1989 wurden hier in einer zweiwöchigen Kampagne Sondierungen an zwei Hausgruben und im umwallten Areal vorgenommen². Bei den untersuchten Hausstellen handelte es sich um Reste von Grubenhäusern, die während der Existenz der Bergstadt Fürstenberg im 14. Jahrhundert aufgelassen und teilweise verschüttet worden waren. Offenbar wurden sie von ebenerdigen Häusern abgelöst, von denen allerdings bislang keine Reste gefunden werden konnten. Der Beginn des Bergbaus am Hohenforst liegt nach Ausweis der älteren Keramik, die der sog. »geglimmerten Erzgebirgsware« zuzuordnen ist, bereits im 13. Jahrhundert. Die Sondierung in der NO-Ecke des grabenumzogenen Areals ergab, daß es sich hier um ein steinernes Gebäude handelte, das innerhalb einer turmhügelartigen Befestigung stand. Nach der Keramik scheint es erst einige Zeit nach Beginn des Bergbaus errichtet worden zu sein. Außerdem konnte im Hangbereich, südöstlich des umwallten Areals, eine ausgedehnte Schlackenstreuung beobachtet werden. Eine grobe Analyse ergab einen hohen Fe-Gehalt sowie rund 4 Prozent Pb und 0,5 Prozent Cu³; es dürfte sich damit um Schlacken aus der Buntmetallverhüttung handeln, wenn auch über die Prozesse keine genauen Angaben gemacht werden können. Zu erwähnen ist noch, daß die Schlacken vom Hartmannsdorfer Forst äußerlich den verschiedentlich im Harz gefundenen Plattenschlacken (Brockner, Heimbruch, Koerfer 1989) ähneln.

Die urkundliche Überlieferung für Fürstenberg (Hohenforst) ist außergewöhnlich gut; erstmalig wird das Bergwerk »zcu Vurstemberg« im Jahre 1316 genannt (Ermisch 1886, 5). Ein Jahr später schließt der Meißner Markgraf Friedrich I. mit den Vögten zu Plauen und Gera einen Vertrag über das Bergwerk Fürstenberg, wobei festgelegt wird, daß die Vögte die Hälfte des Bergzehnten erhalten und daß Vogt Heinrich Reuß von Plauen ein Drittel des Berggerichts, das Kirchlehn auf dem Berge, das Schrotamt, die Fleisch-, Brot- und Schuhbänke sowie Badstuben und Erzmühlen zustehen (Müller 1882, XXXIV ff.). Aus dem Jahre 1318 schließlich ist eine Urkunde erhalten, die besagt, daß Conrad von Dölen und Albrecht von Lichtenstein von Markgraf Friedrich einen Hof in der »stat zcu fürstenberg« zu Lehen erhalten haben und dafür die Bergwerke beschützen werden⁴. Es wäre möglich, daß es sich bei dem verliehenen Hof um das abgeteilte Geviert im umwallten Areal handelt. In den weiteren Urkunden des 14. Jahrhunderts wird der Fürstenberg als Hohenforst bezeichnet. Nach 1350 endet aufgrund der archäologischen Funde die erste Bergbauperiode am Hohenforst. Der Niedergang wird auch deutlich in einer Urkunde von 1355, laut der Markgraf Friedrich III. Hans Bach und Albrecht Lazan als Bergmeister »zcu dem Honfurste« einsetzte und ihnen und ihren Gesellen zugestand, daß sie das Silber verkaufen können, wo sie wollen, und es nicht in die landesherrliche Münze geben müssen (Ermisch 1886, 7).

Die umfangreichsten montanarchäologischen Untersuchungen fanden bisher in der wüsten Bergstadt »Bleiberg« auf dem Treppenhauer bei Sachsenburg (Kr. Hainichen) statt

2 Die Grabungen fanden als Gemeinschaftsprojekt des Städtischen Museums Zwickau (Abt. Ur- und Frühgeschichte) und der Kreisarbeitsstelle für Bodendenkmalpflege Mittweida unter der Leitung von W. STOYE und dem Verfasser statt; dabei ist besonders der Mitarbeit von R. HOFMANN, W. ULLMANN und T. WALTHER zu danken.

3 Die Analyse führte in dankenswerter Weise Herr R. Kowar (Saxonia AG. Freiberg) durch; für die freundliche Vermittlung danke ich Herrn B. Ziegler (Freiberg)

4 Staatsarchiv Dresden OU Nr. 2139 v. 21. August 1318.

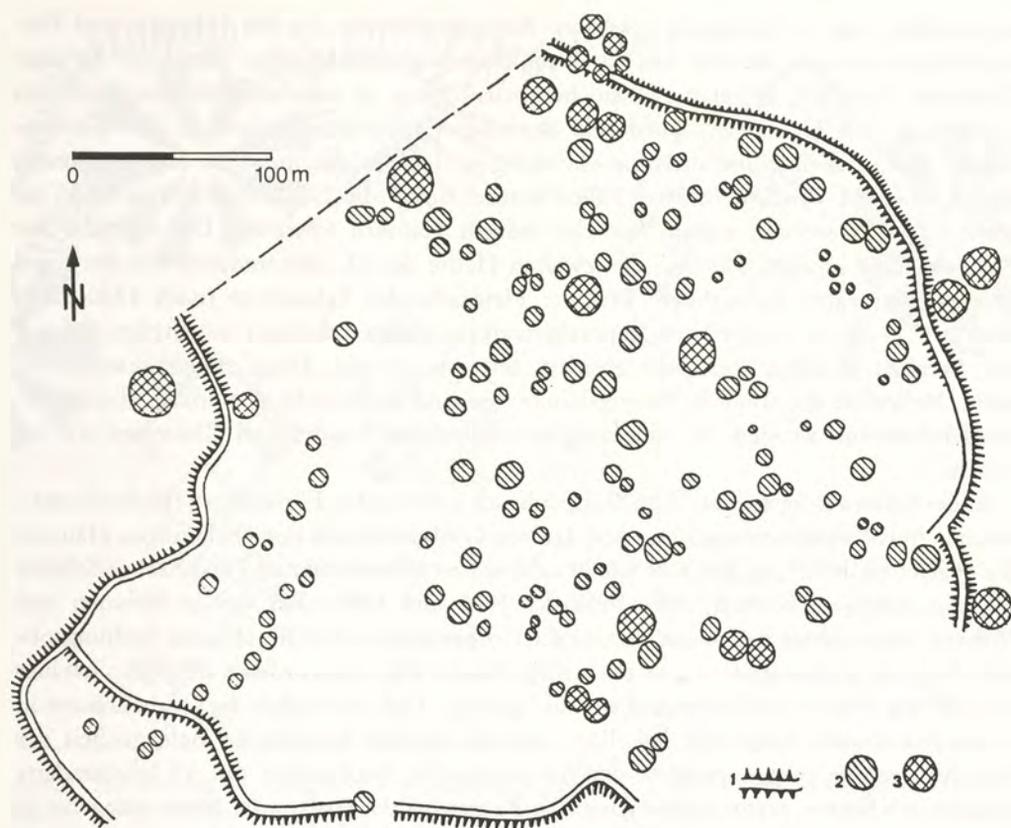


Abb. 3 Sachsenburg, Kr. Hainichen, Treppenhauer. Vereinfachter Plan der wüsten Bergstadt »Bleiberg«; 1 = Graben, 2 = mittelalterliche Schachtpingen, 3 = jüngere Pingen (nach Schwabenicky 1988c).

(Schwabenicky 1988b). Zu den seit über zehn Jahren laufenden Grabungen kann an dieser Stelle nur eine summarische Übersicht gegeben werden.

Auf der weit sichtbaren bewaldeten Anhöhe befindet sich auf einer Fläche von rund 12 ha ein mittelalterliches Pingengebiet, das von Graben und Wall umgeben ist (Abb. 3). Zwischen den Bergbauresten wurden an mehreren Stellen die Reste von Wohn- und Produktionsstätten freigelegt. Nach Ausweis der Funde dauerte die erste Bergbauperiode auf dem Treppenhauer von frühestens vor der Mitte des 13. Jahrhunderts bis zur Mitte des 14. Jahrhunderts.

In der ersten Phase der Bergbausiedlung auf dem Treppenhauer wurden als Wohneinrichtungen zunächst Grubenhäuser angelegt. Der Nachweis solcher Grubenhäuser in städtischem Milieu des 13. Jahrhunderts ist für Sachsen ein Novum. Im Zentrum der Siedlung wurden vier in einer Reihe angeordnete Grubenhäuser ausgegraben (Abb. 4); ein weiteres, das noch nicht untersucht ist, sich aber bereits andeutet, setzt diese Reihe fort. Die Häuser waren einheitlich ca. 2 m tief in den anstehenden Phyllit eingetieft. Sie haben alle einen annähernd quadratischen Grundriß; ihre Maße bewegen sich zwischen etwa 3×3 und 4×3 m. In einem Falle sind zwei derartige quadratische Räume zu einem »Doppelgrubehaus« mit Verbindungstür vereinigt. Alle Häuser sind gleichermaßen orientiert, indem die Ecken nach den Himmelsrichtungen weisen; die Eingänge befinden sich grundsätzlich an der SO-Seite. Auf den Fußböden wurde ein Trampelhorizont mit viel Holzkohle

angetroffen, was auf Feuerung in diesen Räumen hinweist. In den Häusern sind Pfostengruben erhalten, die von den das Dach tragenden Standpfosten herrühren. In einer kleineren, ebenfalls mittelalterlichen Bergbausiedlung in der benachbarten Flur von Schönborn (Kr. Hainichen) wurde ein ähnliches Grubenhaus freigelegt. Alle Grubenhäuser sind noch im Mittelalter von ebenerdigen Häusern, die meist ein Steinfundament hatten, abgelöst worden. In zwei Fällen wurden sogar die Grubenhäuser, nachdem sie restlos verfüllt worden waren, mit ebenerdigen Häusern überbaut. Die Aufgabe der Grubenhäuser erfolgte während der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts, wie der Fund etlicher Brakteaten einheitlicher Prägung Heinrichs des Erlauchten (nach 1260–1288) ausweist. Nach der zahlreichen Importkeramik in diesen Schichten zu urteilen, scheint der Bergbau in dieser Zeit sehr ergiebig gewesen zu sein. Die Grubenhäuser waren keine Nebenbauten, sondern Wohngebäude. Sie sind auch nicht von sozial Niedrigstehenden bewohnt worden, wie eindeutig aus zahlreichen Funden von Glasresten ersichtlich ist.

In der wüsten Bergstadt auf dem Treppenhauer – ebenso bei Fürstenberg (Hohenforst) – wurden hinsichtlich der zeitlichen Abfolge von Grubenhäusern und ebenerdigen Häusern die gleiche Beobachtung gemacht wie in zahlreichen böhmischen und mährischen Städten (zusammenfassend Michna 1988; Velínský 1989 und 1990). Bei den in Böhmen und Mähren untersuchten Beispielen wurden die Grubenhäuser ebenfalls als erste Siedlungsobjekte erkannt, welche später durch ebenerdige Bauten abgelöst worden waren. Man hat hier deshalb den Begriff »Lokationsgrubenhaus« geprägt. Daß man bisher die Grubenhäuser in Deutschland nicht festgestellt hat, liegt offenbar in einer bestimmten Befangenheit der Archäologen; es mag angesichts der hochstehenden Architektur des 13. Jahrhunderts paradox erscheinen, wenn ausgerechnet die Bürger bei der Anlage der Städte zunächst in der Erde gewohnt haben sollen. Zu erwähnen ist aber, daß im bulgarischen Donaugebiet derartige Grubenhäuser noch bis in das 20. Jahrhundert hinein als Wohnungen dienten (Vakarelski 1962, 291 ff.; Frolec 1987, 51 f.).

Die ebenerdigen Häuser waren meist Blockbauten bzw. Bauten mit Schwellbalken. Sie standen entweder auf steinernen Unterlagen oder auch direkt auf dem Boden. Das größte bis jetzt ausgegrabene ebenerdige Haus (Abb. 4, 6E/01), das als Sitz eines Bergbeamten (Bergmeister?) gedeutet wird, bestand offenbar aus Pfostenbohlenwänden (Schwabnicky 1988b, 251 ff.). In den Ecken der ebenerdigen Häuser befinden sich rechteckige Öfen mit zusammengebrochenen, größtenteils aus Lehm und Rollsteinen bestehenden Kuppeln. Es handelt sich wahrscheinlich um Mehrzwecköfen, in denen auch kleinmaßstäbliche pyrometallurgische Prozesse stattgefunden haben.

Neben der Aufgewältigung eines mittelalterlichen Schachtes und der Untersuchung eines Stollens aus dem 14. Jahrhundert wurden auch Anlagen der Erzaufbereitung ausgegraben. Besonders sind dabei ein Erzausschlagplatz mit Unterlageplatte und die Reste einer Erzmühle zu nennen. Funde von silberfreiem Blei und Bleiglätte belegen, daß auf dem Treppenhauer die Erze bis zum Endprodukt Silber verarbeitet worden sind. Außerdem wurden Abfälle aus einer Messinggießerei gefunden.

Die archäologischen Prospektionen und Ausgrabungen an mittelalterlichen Bergbausiedlungen im sächsischen Erzgebirge und die Neudurchsicht der zugehörigen Urkunden ergaben, wie bereits eingangs erwähnt, daß in den einzelnen Montanbereichen im 13./14. Jahrhundert – neben Städten (Nahhandelsorte) für die ländliche Umgebung – Bergstädte existierten, die für die umgebenden Bergwerke zentrale Funktion erfüllten. Diese zentralen Funktionen waren Sitz der Bergverwaltung (Bergmeister), Pfarrkirche, Schrotamt und Nahhandel (Brot-, Fleischbänke u. a.). Umfangreiche Fernverbindungen,

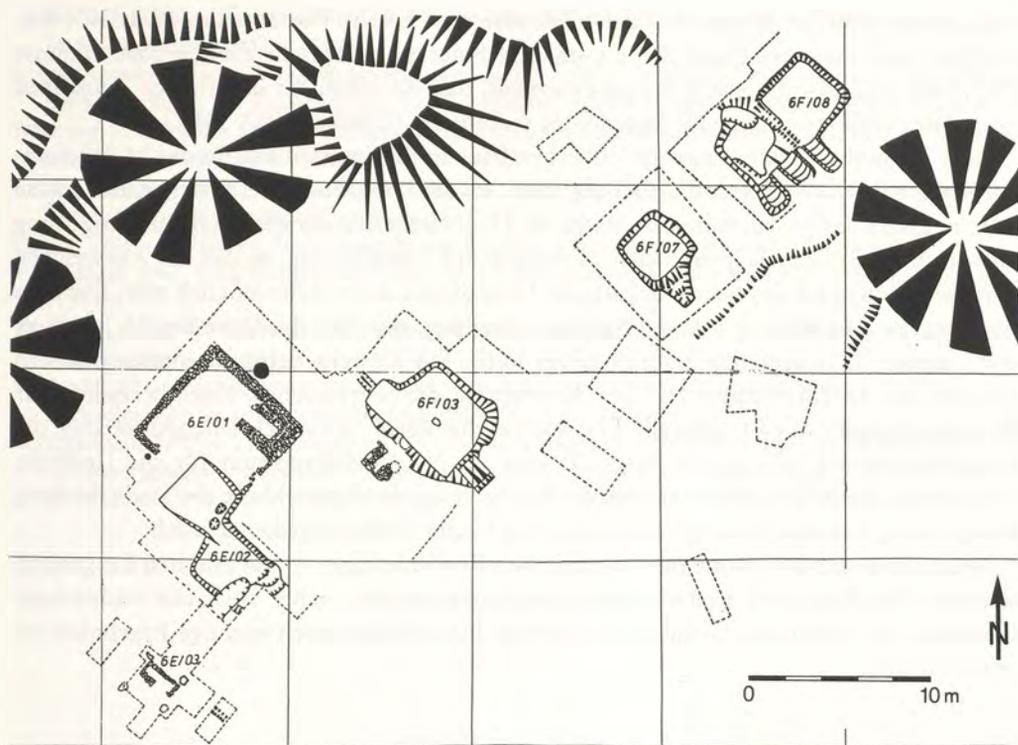


Abb. 4 Sachsenburg, Kr. Hainichen. Treppenhauer. Häuser im Zentrum der wüsten Bergstadt. Grubenhäuser: 6E/02, 6F/03, 6F/07, 6F/08; ebenerdiges Haus: 6E/01; Probierofen (?): 6E/03 (Zeichnung: R. Hofmann).

die offenbar mit dem Metallhandel in Verbindung stehen, werden durch zahlreiche Importkeramik angezeigt.

Nach der Mitte des 14. Jahrhunderts ist – wie allgemein in Mitteleuropa – auch im Erzgebirge ein Niedergang des Silberbergbaus festzustellen. Dieser Niedergang wurde bisher auf verschiedene technische Schwierigkeiten zurückgeführt. Auch wurde kurzzeitig die These vertreten, daß eine wesentliche Ursache für die Regression ein zunehmender Holzangel war, da bei der Untersuchung der auf dem Treppenhauer gefundenen Holzkohlen größtenteils nur schnell wachsende Arten (Pappel, Birke, Hasel u. ä.) enthielt, was auf eine starke Dezimierung des natürlichen Waldbewuchses schließen läßt (Lange 1989, 34ff.). Ähnliches wurde auch am Ullersberg bei Wolkenburg festgestellt. Überraschend ist aber, daß sich das Holzartenspektrum innerhalb älterer und jüngerer Schichten gleicht. In der Zeit der höchsten Blüte des Bergbaus ist der Holzbedarf durch Niederwaldwirtschaft, d.h. durch schnell wachsende, sich aus Wurzelausschlag regenerierende Arten, gedeckt worden. Am Hohenforst (Kr. Zwickau) waren noch in den jüngsten Schichten hauptsächlich Tanne und Rotbuche zu finden. Hier hat demnach Holzangel nie bestanden. Wenn auch technische Schwierigkeiten den Niedergang begünstigt haben, so ist die Hauptursache der rückläufigen Entwicklung des Edelmetallbergbaus in der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts doch in der allgemeinen Krise zu sehen, die vor allem durch die Pestepidemie um 1350 hervorgerufen worden ist. Nach der Mitte des 14. Jahrhunderts stand der durch die Pest um mehr als ein Drittel verringerten Bevölkerung die gesamte vorhandene Edelmetallmenge zur Verfügung, was zu einer rasch sinkenden Nachfrage

nach diesen Metallen führte. Auf diese Tatsache wies bereits Westermann (1971, 253) hin. Gestützt wird dies auch durch den Umstand, daß der erzgebirgische Zinnbergbau in dieser Zeit einen Aufschwung nahm, wobei es scheint, daß vor allem der untertägige Zinnabbau gegenüber der Gewinnung aus Seifen jetzt dominierte (Löschner 1957, 141 f.).

Eine Folge des Niedergangs des Silberbergbaus in der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts war das Wüstwerden etlicher Bergstädte. In der Umgebung dieser Bergstädte hatten sich im Laufe des 14. Jahrhunderts Städte als Handelszentren für die ländliche Umgebung entwickelt, z. B. beim Treppenhauer, Mittweida und Frankenberg, so daß ein Ausweichen der Bergbauorte auf andere wirtschaftliche Grundlagen nicht mehr möglich war. Die alles überragende Ausnahme bildet die Bergstadt Freiberg, die über die Mitte des 14. Jahrhunderts hinaus als bedeutende Stadt bestehen blieb. Die Ursache dafür ist einmal, daß sich Freiberg im 14. Jahrhundert mit der Ausweitung des wettinischen Machtbereiches zur »Berghauptstadt« des Erzgebirges entwickelte; vor allem zu berücksichtigen ist aber die Doppelfunktion Freibergs als Bergstadt und als Nahhandelszentrum für die ländliche Umgebung. Diese Tatsache wurde bei der Erforschung der Entwicklung der Stadt Freiberg bisher wenig beachtet, obwohl sie bereits von Unger (1963) angedeutet wird.

Nach den bisherigen montanarchäologischen Beobachtungen im sächsischen Erzgebirge scheinen sich hier noch weitere wüste Bergbausiedlungen, sicher auch mit städtischem Charakter, zu verbergen, so daß durch künftige Forschungen noch wichtige Ergebnisse zu erwarten sind.

Literaturverzeichnis

- BILLIG 1981 = G. BILLIG, Burgenarchäologische und siedlungskundliche Betrachtungen zum Flußgebiet der Zschopau und der Freiburger Mulde. Zeitschrift für Archäologie 15, 265–297.
- BROCKNER, HEIMBRUCH, KOERFER 1989 = W. BROCKNER, G. HEIMBRUCH, S. KOERFER, Geheimnisvolle Plattenschlacken. Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 9, 111–114.
- ERMISCH 1886 = H. ERMISCH, Urkundenbuch der Stadt Freiberg, Bd. II (Leipzig).
- FROLEC 1987 = V. FROLEC, Vesnická stavební kultura mezi středověkem a novověkem. Archaeologia historica 12, 47–83.
- GEUPEL 1988 = V. GEUPEL, Neue archäologische Funde aus der Besiedlungszeit des Erzgebirges. Aus der Arbeit des Bezirksfachausschusses Ur- und Frühgeschichte, Karl-Marx-Stadt, 8–15.
- HERRMANN 1953 = W. HERRMANN, Der Zeitpunkt der Entdeckung der Freiburger Silbererze. In: Freiburger Forschungshefte D2, 7–22.
- KUBE 1957 = S. KUBE, Der Bergbau in der werdenden markgräflichen meißnischen Landesherrschaft (Interpretation des Vertrages von Krumm-Hennersdorf, 8. August 1241). In: Freiburger Forschungshefte D21, 11–30.
- LANGE 1989 = E. LANGE, Aussagen botanischer Quellen zur mittelalterlichen Landnutzung im Gebiet der DDR. In: Umwelt in der Geschichte (Göttingen) 26–39.
- LÖSCHNER 1957 = H. LÖSCHNER, Vom Bergregal im sächsischen Erzgebirge. In: Freiburger Forschungshefte D22, 122–156.
- MICHNA 1988 = P. MICHNA, K poznání zahloubených obydlí doby velké kolonizace. In: Rodná země (Brno) 222–284.
- MÜLLER 1882 = J. MÜLLER, Urkunden und Urkundenauszüge zur Geschichte Plauens und des Vogtlandes. Mitteilungen des Altertumsvereins zu Plauen e. V. 2, 1–102.
- PESCHEL um 1840: = C. R. PESCHEL, Etzdorf. In: Sachsens Kirchen-Galerie. 5. Band, 6. Abtheilung, 165–171.
- SCHWABENICKY 1987 = W. SCHWABENICKY, Mittelalterliche Bergbaureste und Verhüttungsplatz in der Gemarkung Etzdorf-Gersdorf, Kr. Hainichen. Ausgrabungen und Funde 32, 48–51.
- SCHWABENICKY 1988a = W. SCHWABENICKY, Altbergbauforschung als Aufgabe der Archäologie. Archäologie und Heimatgeschichte 3, 54–61.
- SCHWABENICKY 1988b = W. SCHWABENICKY, Die mittelalterliche Bergbausiedlung auf dem Treppenhauer

- bei Sachsenburg (Kr. Hainichen). Ein Vorbericht. Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege 32, 237–266.
- SCHWABENICKY 1988c = W. SCHWABENICKY, Die mittelalterliche Bergbausiedlung auf dem Treppenhauer bei Sachsenburg, Kr. Hainichen. In: Archäologische Feldforschungen in Sachsen (Berlin) 470–473.
- SCHWABENICKY 1990 = W. SCHWABENICKY, Die mittelalterliche Bergbausiedlung Ullersberg bei Wolkenburg, Kr. Glauchau. Der Anschnitt 42, 86–91.
- THUSS, COBLENZ 1965 = H. THUSS, W. COBLENZ, Die Burg Hohenforst im Zwickauer Land und der Bergbau. Ausgrabungen und Funde 10, 98–102.
- UNGER 1963 = M. UNGER, Stadtgemeinde und Bergwesen Freibergs im Mittelalter (Weimar).
- VAKARELSKI 1962 = C. VAKARELSKI, Über die Volksarchitektur bei den Bulgaren. Ethnographica 3/4, 283–316.
- VELÍMSKÝ 1989 = T. VELÍMSKÝ, K problematice počátku českých měst – prostorovy vyvoj a nejstarší zástavba. Archaeologia historica 19, 67–93.
- VELÍMSKÝ 1990 = T. VELÍMSKÝ, Archäologie und Anfänge der mittelalterlichen Städte in Böhmen. In: Archäologische Stadtkernforschung in Sachsen (Berlin) 121–158.
- WESTERMANN 1971 = E. WESTERMANN, Der Goslarer Bergbau vom 14. bis zum 16. Jahrhundert. Forschungsergebnisse – Einwände – Thesen. Jahrbuch für die Geschichte Mittel- und Ostdeutschlands 20, 251–261.

Geophysikalische Untersuchungen zur Erkundung einer hochmittelalterlichen Bergbausiedlung am Treppenhauer in Sachsen

VON HARALD LINDNER UND ROLF KÄPPLER

1. Einleitung

Geophysikalische Untersuchungen zur Erkundung archäologischer Situationen sind seit längerem in Anwendung. Dabei werden im wesentlichen drei unterschiedliche Zielstellungen verfolgt. Auf der einen Seite geht es um eine Prospektion größerer Gebiete durch flächendeckende geophysikalische Messungen. Diese Verfahrensweise soll konkrete Anhaltspunkte für die Zweckmäßigkeit und den gezielten Ansatz archäologischer Untersuchungen erbringen. Es ist vielfach wünschenswert, die geophysikalische Durchmusterung vor der Grabung durchzuführen. In einer nachfolgenden Bearbeitung sind aufgefundene geophysikalische Anomalien, welche auf archäologische Befunde hinweisen, durch Spezialuntersuchungen mit höherer Punktdichte im Detail zu erkunden. Dieser Schritt strebt eine direkte Umsetzung der geophysikalischen Anomalie in eine stoff- und objektbezogene Aussage an. Die Zweckmäßigkeit einer solchen Spezialuntersuchung ist auch dann gegeben, wenn dies entsprechende Grabungsbefunde rechtfertigen.

Eine dritte Aufgabe besteht in der Altersbestimmung ergrabener Funde. Hier kommen ausschließlich magnetische Laboruntersuchungen an gebrannter Keramik und an Ziegeln zur Anwendung. Die Methode erfordert die Entnahme orientierter Proben und wurde bereits von Folgheraiter im Jahr 1896 praktiziert.

Die Tab. 1 zeigt unterschiedliche Anwendungsgebiete geophysikalischer Untersuchungen in der Archäologie und, stellvertretend für zahlreiche weitere Autoren, einige ausgewählte Publikationen. Die in Tab. 1 genannten Publikationen beziehen sich auf die kursiv gedruckten geophysikalischen Verfahren.

Tabelle 1: Einsatz geophysikalischer Verfahren in der Archäologie

Situation	geophysikalische Verfahren	Autoren
Eisenobjekte	<i>Magnetik</i>	Pleslová et al. 1978
Mauern	<i>Elektrik, Magnetik, Geothermie</i>	Adlung 1987
Hohlräume	<i>Gravimetrie, Radar, Geothermie</i>	Lindner 1983
Öfen, Feuerstellen	<i>Magnetik</i>	Stanley et al. 1976
Eisenschmelzplätze	<i>Magnetik</i>	Göhrsdorf 1983
Kupferschmelzplätze	<i>Magnetik</i>	Presslinger et al. 1980
Altersbestimmung	Paläomagnetik	Thellier 1981

2. Untersuchungsobjekt

Parallel mit archäologischen Grabungen erfolgten geophysikalische Untersuchungen innerhalb einer mittelalterlichen Bergbausiedlung in Sachsen. Diese liegt in der Nähe von Frankenberg als Wüstung auf einer bewaldeten Anhöhe (Treppenhauer). Nach Angaben von Schwabenicky (1988) wird die Siedlung von einem Wall mit Graben umschlossen und enthält auf einer Fläche von etwa 12 ha mehr als 180 Pingen. Es handelt sich um Spuren eines intensiven Bergbaus, der seine Blüte vom 12. bis zum 14. Jahrhundert erlebte. Grabungen und archäologische Forschungen belegen, daß innerhalb der Siedlung neben der Förderung der Erze auch deren Verhüttung stattgefunden hat (Schwabenicky 1988 und in diesem Band S. 321 ff.). Allem Anschein nach ging es um die Gewinnung von Silber, Blei und Kupfer.

Für die Geophysik besteht hier die Aufgabe, Hinweise auf Feuerstellen und auf Schlackenansammlungen zu liefern. Anhand aufgefundener Anomalien soll daran anschließend eine zielgerichtete Grabungstätigkeit erfolgen. Für diese Aufgabe kommen ausschließlich magnetische Messungen in Betracht (vgl. Tab. 1).

Nach den bisherigen Kenntnissen besteht keine Klarheit über den Verlauf der Wallanlage im Nordwest-Teil der Siedlung. Der Wall ist hier eingeebnet und das vorhandene Material im Graben verstürzt worden. Es erschien zweckmäßig, mittels geoelektrischer Messungen zu prüfen, ob sich der ehemals vorhandene Graben trotz intensiver landwirtschaftlicher Überprägung noch nachweisen läßt.

3. Ergebnisse der geomagnetischen Untersuchungen

3.1 Petrophysikalische Grundlagen

Voraussetzung für das Auftreten geomagnetischer Anomalien über archäologischen Befunden ist das Vorhandensein einer ausreichenden Differenz der Magnetisierung M gegenüber dem Nebengestein. Diese setzt sich aus einem induzierten M_{ind} und einem remanenten Anteil M_{rem} zusammen.

$$M = M_{\text{ind}} + M_{\text{rem}} = \kappa H_0 + M_{\text{rem}} \quad (1)$$

κ – magnetische Suszeptibilität des Objektes, H_0 – Feldstärke des magnetischen Erdfeldes.

Bestimmend für das Auftreten geomagnetischer Indikationen bei archäologischen Objekten ist nach Gl. (1) die magnetische Suszeptibilität. Diese hängt zunächst von der Konzentration ferrimagnetischer Minerale (Fe-Ti-Oxide) im Ausgangsgestein für gebranntes Material und für erschmolzene Metalle ab. Die Tab. 2 verdeutlicht die geringen Suszeptibilitätswerte der Ausgangsmaterialien.

Unter dem Einfluß des Brennvorgangs kommt es bei reduzierender Atmosphäre zu einer Umwandlung der Eisenoxide und Hydroxide zu stärker magnetischen Mineralen. Beispielsweise vollzieht sich dabei die Umwandlung

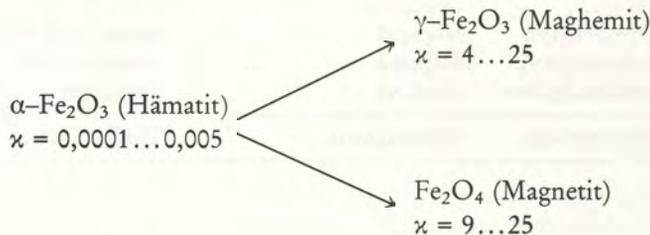


Tabelle 2: Mittlere Suszeptibilitätswerte der Ausgangsgesteine gebrannter Fundmaterialien nach Militzer, Scheibe 1981

Gestein	κ in 10^{-5}
Sandstein	40
Kalkstein	30
Lehm	50
Ton	50
polymetallische Erze	5 bis 1000

Dominierend ist dabei die Entstehung von Magnetit, dessen Konzentration neben dem primären Mineralgehalt von der Dauer der Erwärmung und der erreichten Temperatur abhängt. Erreicht die Temperatur beim Brennen oder Schmelzen den Curie-Punkt des Magnetits bei 578°C bzw. den des Maghemits bei etwa 675°C, verlieren alle Objekte ihre Magnetisierung. Der Grund dafür ist die temperaturbedingte Erhöhung der Ionenbeweglichkeit, welche zu einer statistischen Unordnung der Richtungen des magnetischen Moments der Ionen in den Mineralkörnern führt. Sinkt nach Beendigung des Brennvorgangs des eingebrachten Gutes die Temperatur im Ofen unter die Curie-Temperatur ab, so kommt es zu einer Ausrichtung der magnetischen Momente unter dem Einfluß des magnetischen Erdfeldes und zur Bildung Weiss'scher Bezirke. Bei weiter abnehmender Temperatur erfolgt ein Anwachsen dieser erworbenen Magnetisierung. Diese besitzt eine hohe Koerzitivkraft und damit eine außerordentlich große Stabilität. Bei gebranntem Material ist diese remanente Magnetisierung (vgl. Gl. 1) im allgemeinen größer als die induzierte Magnetisierung. Dieser Effekt begründet das Auftreten deutlicher magnetischer Anomalien über gebranntem Material in der archäologischen Prospektion und erlaubt aus dem Vergleich der Richtung der »eingefrorenen, remanenten Magnetisierung« mit der des heutigen Erdfeldes eine Altersdatierung der Funde (vgl. Schurr et al., 1984).

3.2 Bestimmung der magnetischen Suszeptibilität

Für die Einschätzung der Aussagemöglichkeiten geomagnetischer Messungen zur archäologischen Prospektion in der o.g. Bergbausiedlung wurden an Lesesteinen und an ergrabenem Fundmaterial Suszeptibilitätsmessungen durchgeführt. Diese zeigen das in Abb. 1 ersichtliche Ergebnis. Danach läßt sich deutlich die durch Thermoremanenz erworbene Magnetisierungszunahme gebrannten Materials gegenüber dem Ausgangsmaterial erkennen.

Der dargestellte Wert von $3,8 \times 10^{-4}$ für Keramik ist unsicher und muß durch weitere Messungen präzisiert werden. Die Ergebnisse aus Abb. 1 zeigen, daß durch das anstehende Gesteinsmaterial mit Werten von $0,05 \times 10^{-3}$ keine nennenswerte Störung der magnetischen Messungen zu erwarten ist. Für den Nachweis von Feuerstellen, Schlackenansammlungen

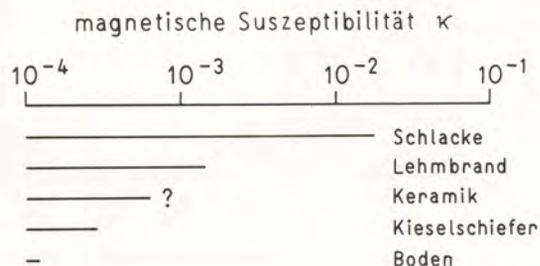


Abb. 1 Mittelwerte der magnetischen Suszeptibilität von Material aus der Bergbausiedlung auf dem Treppenhauer.

Tabelle 3: Mittlere Suszeptibilitätswerte an Schlackenmaterial

Verhüttung	Fundort	κ in 10^{-4}	Autor
Eisenerz	Loitzendorf (Österreich)	400	Cech et al., 1988
polymet. Erze	Treppenhauer (Sachsen)	274	Lindner, Käppler 1990
Kupfererz	Paltental (Österreich)	650	Presslinger et al., 1980

und ferromagnetischen Objekten bestehen daher gute Voraussetzungen. Auffällig ist der hohe Wert der ergrabenen polymetallischen Schlacke (vgl. Tab. 3).

Die Abb. 2 enthält das Histogramm, welches die Streuung der gemessenen Suszeptibilitätswerte der Schlacken vom Treppenhauer verdeutlicht. Es ist erkennbar, daß offenbar unterschiedliche Magnetitmengen in den einzelnen Proben gebunden sind. Möglicherweise können durch Messung der magnetischen Suszeptibilität und weiterer petrophysikalischer Parameter wie Dichte, Porosität, elektrische Leitfähigkeit, Radioaktivität usw. zusätzliche Kriterien für eine stoffliche Bewertung des Materials erschlossen werden. So kann z. B. in sehr vereinfachender Darstellung aus

$$V = \frac{\kappa_G}{\kappa} \frac{1 + \kappa P}{1 + \kappa_G P}$$

- κ_G – Suszeptibilität des Gesteins bzw. der Schlacke
- κ – Suszeptibilität des Magnetits (vgl. Tab. 1)
- P – Entmagnetisierungsfaktor (empirisch bestimmbar)

der Volumenanteil (V) des magnetisch wirksamen Materials bestimmt werden. Dieser Zusammenhang läßt sich möglicherweise für die Beurteilung archäometallurgischer Prozesse nutzen.

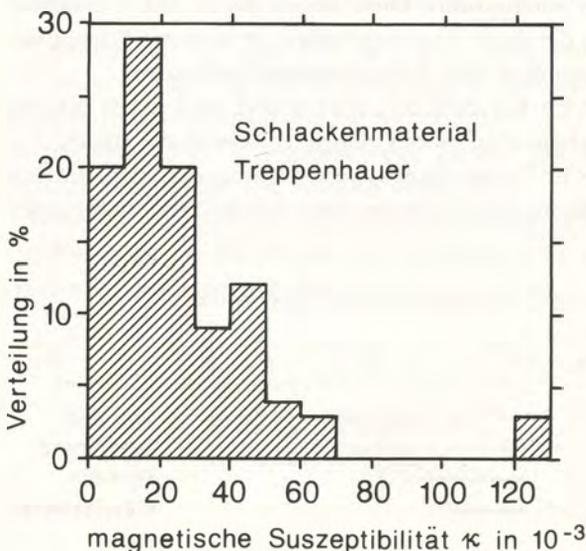


Abb. 2 Verteilung der magnetischen Suszeptibilität an polymetallischen Schlacken.

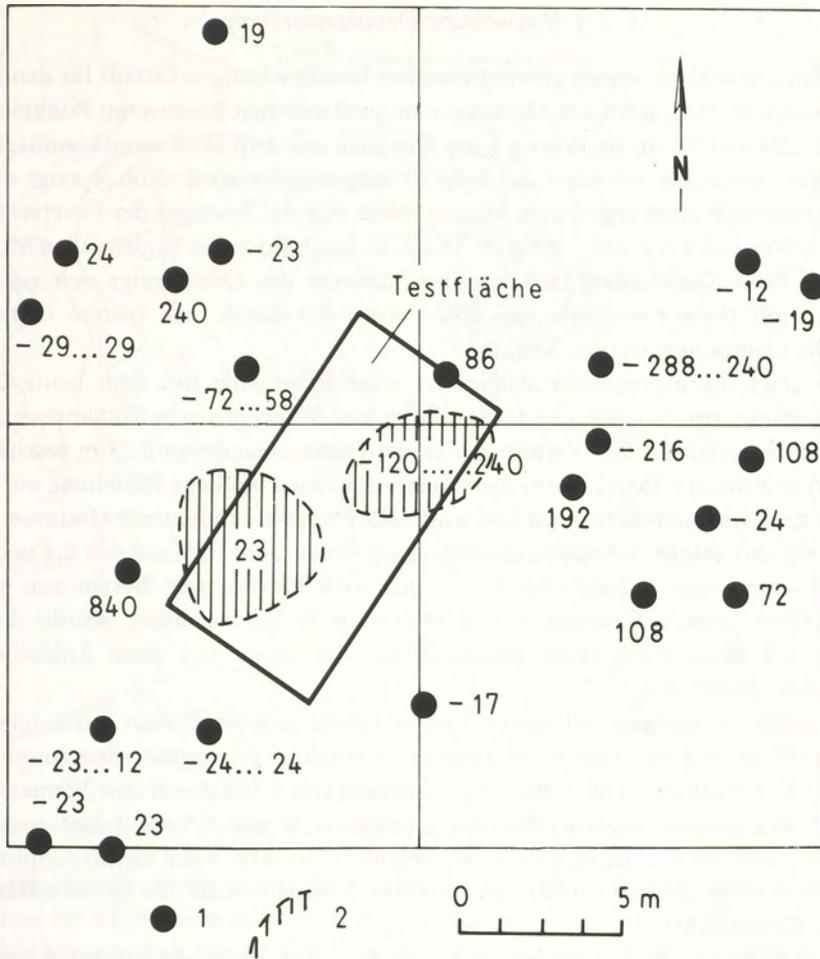


Abb.3 Anomaliensuche mit dem Saturationskernmagnetometer (Meßwerte in 10^{-2} A/m). 1 lokale Anomalie, 2 flächenhafte Anomalie.

3.3 Magnetische Übersichtsvermessung

Im Mittelpunkt der Untersuchungen stand innerhalb der Bergbausiedlung die Prospektion auf ferro- und ferrimagnetische Objekte. Es erschien daher im Sinne einer rentablen Arbeitsmethodik zweckmäßig, zunächst ein rasch arbeitendes Verfahren mit verminderter Meßgenauigkeit einzusetzen, welche die Entdeckung von magnetischen Anomalien sichert und damit eine räumliche Bewertung des Untersuchungsobjektes gestattet. Für diese Zwecke kam ein Saturationskernmagnetometer mit Doppelsondenanordnung zur Erhöhung des Auflösungsvermögens zum Einsatz. Meßgröße ist hier die Vertikalkomponente der magnetischen Feldstärke in der Einheit A/m.

Die Aufteilung der Meßfläche erfolgte in Planquadrate von 10×10 m. Inzwischen konnten mit dieser Technik etwa 4000 m^2 der Bergbausiedlung kartiert werden. Abb. 3 zeigt das Ergebnis der Vermessung von vier Planquadraten. Es sind sowohl eine Vielzahl lokaler Einzelanomalien als auch ein Bereich mit flächenhaften Anomalien (bezeichnet mit »Testfläche«) ersichtlich. Daneben erscheinen auch Gebiete ohne Anzeichen für ferro- und ferrimagnetische Objekte. Diese sollten bei künftigen Grabungsarbeiten vorerst zurückgestellt werden.

3.4 Magnetische Detailvermessung

Zur Klärung, inwieweit mittels geomagnetischer Untersuchungen Details für den Archäologen deutlich werden, erfolgten Messungen in quadratischen Rastern mit Punktabständen zwischen 0,25 und 0,5 m. Im Prinzip kann dies auch mit dem Saturationskernmagnetometer erfolgen, wenn die erforderliche Sorgfalt aufgewendet wird. Abb. 4 zeigt dafür ein Beispiel. Innerhalb eines ergrabenen Hauses bildet sich das Zentrum der Feuerstelle durch eine lokale Anomalie von $4 \cdot 10^{-2}$ A/m ab. Die südliche Position des begleitenden Minimums deutet auf hohe Thermoremanenz hin. Im Südosten des Ofens zeigt sich ein zweites Maximum mit einer Amplitude von $5 \cdot 10^{-2}$ A/m, das durch eine spätere Grabung als Feuerstelle identifiziert werden konnte.

Abb. 5 zeigt die magnetische Aufnahme einer Feuerstelle mit dem heute üblichen Kernpräzisionsmagnetometer. Die Meßgröße ist hier die magnetische Totalintensität in der Einheit nT (nanoTesla = 10^{-9} Vs/m²). Bei einem Punktabstand von 0,25 m erscheint eine kräftige Anomalie mit 35 nT, wobei die 0-Isanomale eine räumliche Beziehung zur Kontur der Mauerung erkennen läßt. Auch hier zeigt sich wieder ein induktives Minimum. Abb. 6 verdeutlicht eine magnetische Spezialmessung mit einem Punktabstand von 0,5 m über der in Abb. 3 ausgehaltenen Testfläche. Es werden zwei Maxima mit Werten von mehr als 50 nT sichtbar. Durch Grabungen von Herrn Dr. W. Schwabenicky wurde die obere Anomalie mit einer Schlackenansammlung und die untere mit einer Anhäufung von Eisenfunden identifiziert.

Es ist damit zu rechnen, daß durch spätere Grabungen ein Verlust ferrimagnetischen Materials erfolgt, d. h. es ist mit einer Amplitudenabnahme geomagnetischer Anomalien zu rechnen (vgl. Presslinger et al., 1980). Abb. 7 demonstriert dies durch eine Vermessung des in Abb. 4 angegebenen und mittlerweile ergrabenen Ofens. Obwohl hier eine andere Feldgröße gemessen wurde, ist durch den Vergleich mit Abb. 5 die kleine Amplitude der Anomalie sichtbar. Abb. 8 enthält eine typische Lokalanomalie für ein oberflächennah gelegenes Eisenobjekt.

In einer Reihe von Fällen ergeben sich jedoch auch Schwierigkeiten bei der richtigen Zuordnung der gemessenen Anomalien zur archäologischen Situation. Abb. 9 enthält eine

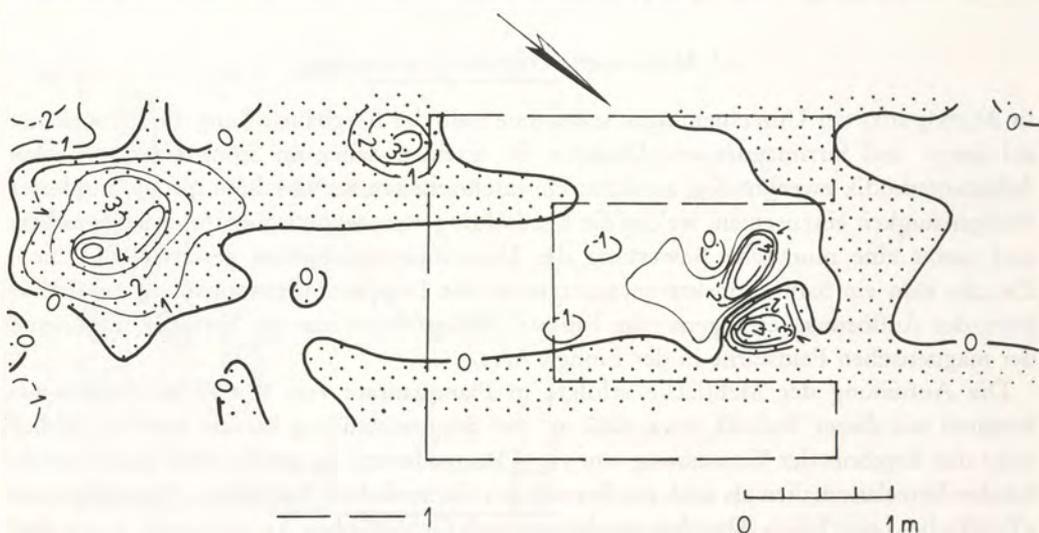


Abb. 4 Feuerstellennachweis mit dem Saturationskernmagnetometer, Isanomalienabstand: $1 \cdot 10^{-2}$ A/m. 1 Ummauerung.

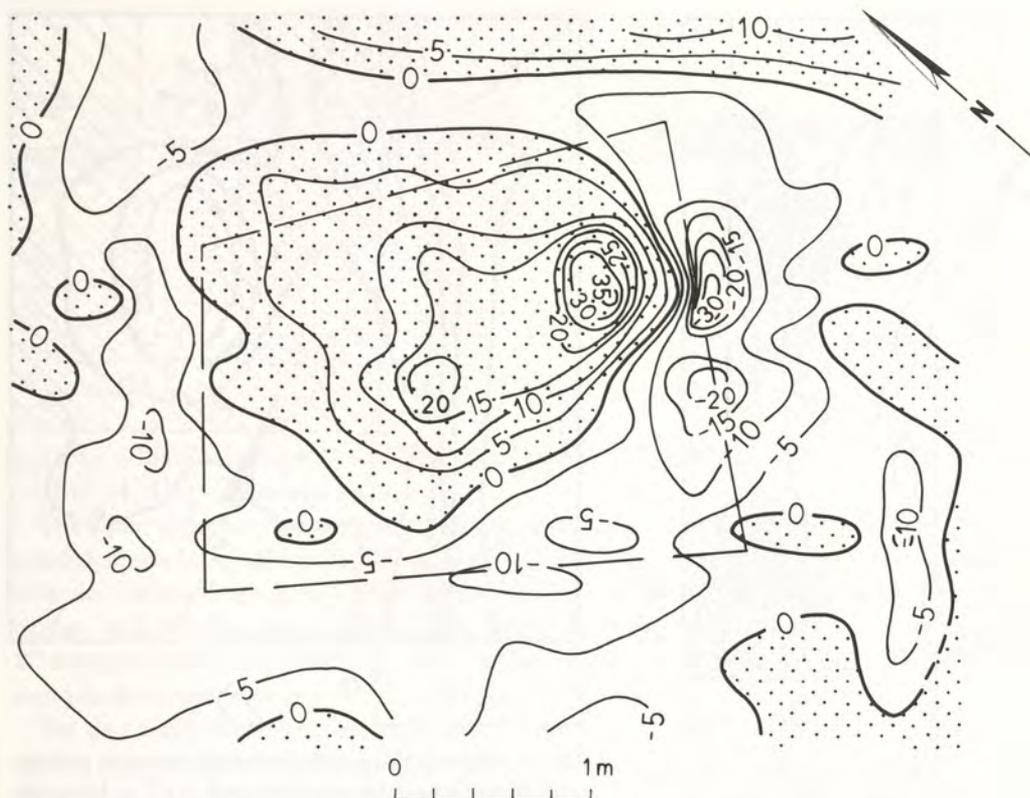


Abb. 5 Feuerstellennachweis mit dem Kernpräzessionsmagnetometer, Isanomalienabstand: 5 nT.

magnetische Aufnahme mit einem Punktabstand von 0,25 m. Die schmalen Maxima mit Werten von 10 nT betonen anscheinend verschlepptes Ofenmaterial; die bereits länger freiliegende Feuerstelle bildet sich nicht ab. Dagegen ergeben sich räumliche Beziehungen zwischen der -20 nT-Isanomale und dem Verlauf einer ergrabenen Mauer. Weitere archäologische Befunde stehen hier noch aus.

4. Ergebnisse der geoelektrischen Untersuchungen

Geoelektrische Widerstandskartierungen wurden zur Erkundung des verfüllten Wallgrabens auf einer Wiesenfläche im NW-Teil des ehemaligen Siedlungsgebietes eingesetzt. Die Einebnung des Grabens erfolgte vor ca. 150 Jahren. Im Waldbereich des Untersuchungsobjektes sind Wall und Graben teilweise noch erhalten; der Graben ist hier V-förmig, etwa 2 m tief und 4 m breit. Magnetische und elektrische Testmessungen über einer bekannten Grabenstruktur (Schurfgraben) im Waldgebiet sollten die Deutung der Anomalien in den Meßkurven unterstützen.

4.1 Methodische und petrophysikalische Grundlagen

Bei geoelektrischen Widerstandsmessungen wird dem Untergrund über zwei Elektroden (A und B) ein niederfrequenter Wechselstrom I eingespeist. Mit zwei Sonden (M und N) erfolgt die Messung der sich auf Grund der Widerstandsverhältnisse einstellenden Spannungsdifferenz ΔU . Der scheinbare spezifische elektrische Widerstand ρ_s ergibt sich nach

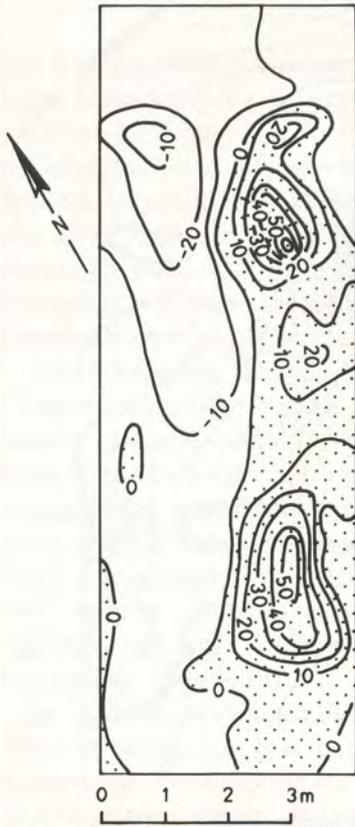


Abb. 6 Magnetische Spezialvermessung über der »Testfläche« (Abb. 3); Isanomalienabstand 10 nT.

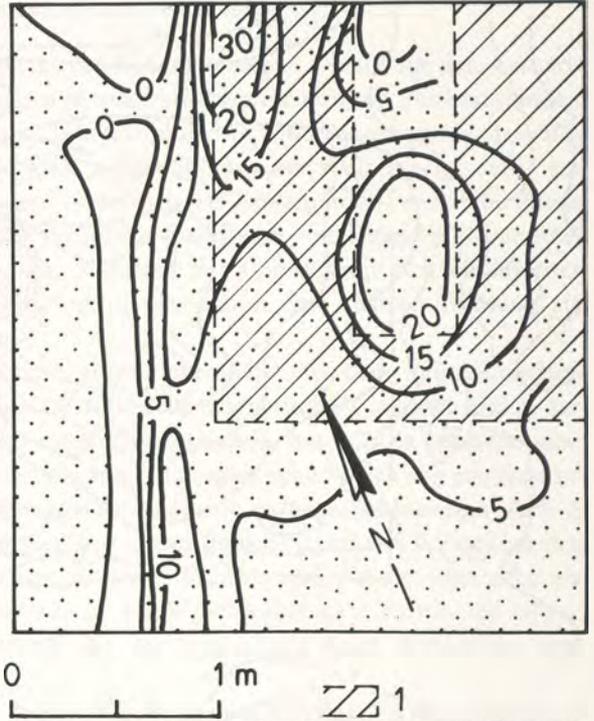


Abb. 7 Magnetische Spezialvermessung über dem ergrabenen Ofen (Abb. 4); Isanomalienabstand 5 nT. 1 Ummauerung.

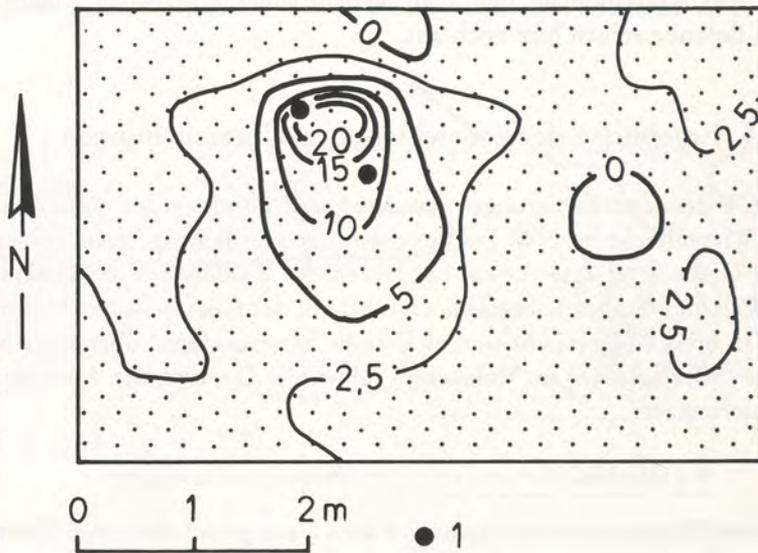


Abb. 8 Detailerkundung einer mit dem Saturationskernmagnetometer aufgefundenen Lokalanomalie, Isanomalienabstand 2,5 ... 5 nT. 1 Meßpunkt mit dem Saturationskernmagnetometer.

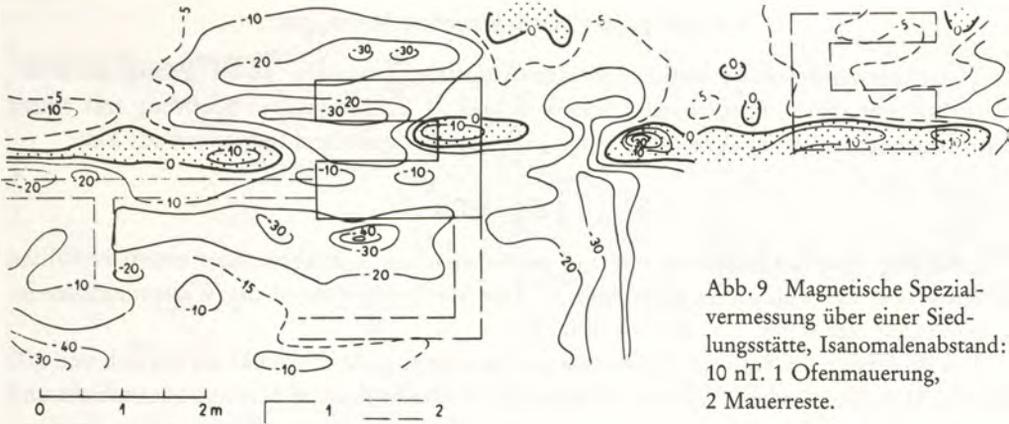


Abb.9 Magnetische Spezialvermessung über einer Siedlungsstätte, Isanomalenabstand: 10 nT. 1 Ofenmauerung, 2 Mauerreste.

$\rho_s[\Omega \cdot m] = R[\Omega] K [m]$ mit $R = \Delta U/I$ – Ohmscher Widerstand und $K = 2\pi / (1/AM - 1/AN - 1/BM + 1/BN)$ – Geometriefaktor.

Für einen elektrisch inhomogenen Untergrund stellt der scheinbare spezifische Widerstand ρ_s einen Integralwert der Widerstandsverhältnisse des Halbraumes bis zur Wirkungstiefe der verwendeten Elektroden-Sonden-Konfiguration dar. Die Versetzung von Elektroden und Sonden unter Beibehaltung ihrer Abstände entlang von Profilen wird als Widerstandskartierung bezeichnet. Im Ergebnis von Kartierungen werden laterale Widerstandsänderungen bis zur gewählten Wirkungstiefe erfaßt.

Bei den Geländemessungen wurde mit einer zweiseitigen Dreielektroden-Aufstellung AMN; C_∞ und BNM; C_∞ ($L = AB/2 = 2,5 \text{ m}$; $MN/2 = 0,5 \text{ m}$) kartiert. Im Prinzip besteht diese Elektroden-Sonden-Konfiguration aus zwei halben Schlumberger-Anordnungen und durch Mittelung von ρ_s (AMN, C_∞) und ρ_s (BNM, C_∞) kann an jedem Meßpunkt der scheinbare spezifische Widerstand für die konventionelle Schlumberger-Vierpunktanordnung berechnet werden.

Nach analytischen Berechnungen (Telford et al., 1976) ergeben sich für die halbe Schlumberger-Anordnung über einem vertikalen, hochohmigen Gang geringer Mächtigkeit ($b/L = 0,5$; $b = \text{Breite des Ganges}$; $\rho_1/\rho_2 = 5,67$) hinsichtlich der Kurvenform und der Störampplitude die deutlichsten Ergebnisse. Das Zentrum der eingelagerten Inhomogenität wird durch den Kreuzungspunkt der beiden ρ_s -Graphiken festgelegt (Militzer, Weber, 1985).

Für den erfolgreichen Einsatz von geoelektrischen Widerstandsmessungen ist ein ausreichend großer Kontrast im spezifischen elektrischen Widerstand ρ der unterschiedlichen Gesteinsmaterialien Voraussetzung. Er wird von der Gesteinsart, der Porosität, dem Poreninhalt, dem Sättigungsgrad und den Lagerungsparametern Druck und Temperatur bestimmt. Die spezifischen Widerstände der einzelnen Gesteinsarten besitzen eine sehr große Streubreite über mehrere Zehnerpotenzen (Schön, 1983).

In der Kontaktzone zwischen verfülltem Graben und gewachsenem Boden ist mit sehr geringen Widerstandsunterschieden zu rechnen. Widerstandsindikatoren sind zu erwarten, wenn

- die Lagerungsdichte des gewachsenen Bodens im Grabenbereich noch nicht wieder erreicht ist (Auflockerungszone),
- die Verfüllung eine abweichende Materialzusammensetzung gegenüber dem gewachsenen Boden besitzt (grobkörnigere Füllung, Haldenmaterial).

Beide Situationen bzw. ihre Überlagerung würden bei trockenen Bodenmaterialien zu relativ hochohmigen Bereichen in der Meßfläche führen.

4.2 Anlage der geoelektrischen Messungen

Mit der verwendeten Elektroden-Sonden-Anordnung wurden zwölf Profile in E-W-Richtung mit einem Profilabstand von 5 m und 21 Profile in N-S-Richtung mit einem Profilabstand von 10 m vermessen (Abb. 11). Der Punktabstand betrug jeweils 1 m.

4.3 Ergebnisse

Das Meßergebnis der magnetischen und geoelektrischen Aufnahme über einem verfüllten Schurfgraben im Waldgebiet zeigt Abb. 10. Der Meßpunktabstand der Widerstandskartierung betrug hier 0,5 m.

Das Widerstandsniveau der Schlumberger-Anordnung (B) schwankt im Bereich von 300 bis 900 $\Omega \cdot m$. Diese relativ hohen ρ_s -Werte sind auf das Fehlen der Mutterbodenschicht und auf den geringen Durchfeuchtungsgrad des Waldbodens zurückzuführen. Über der Grabenstruktur tritt ein Maximum in den gemessenen Widerstandswerten bei 8 m auf. Die

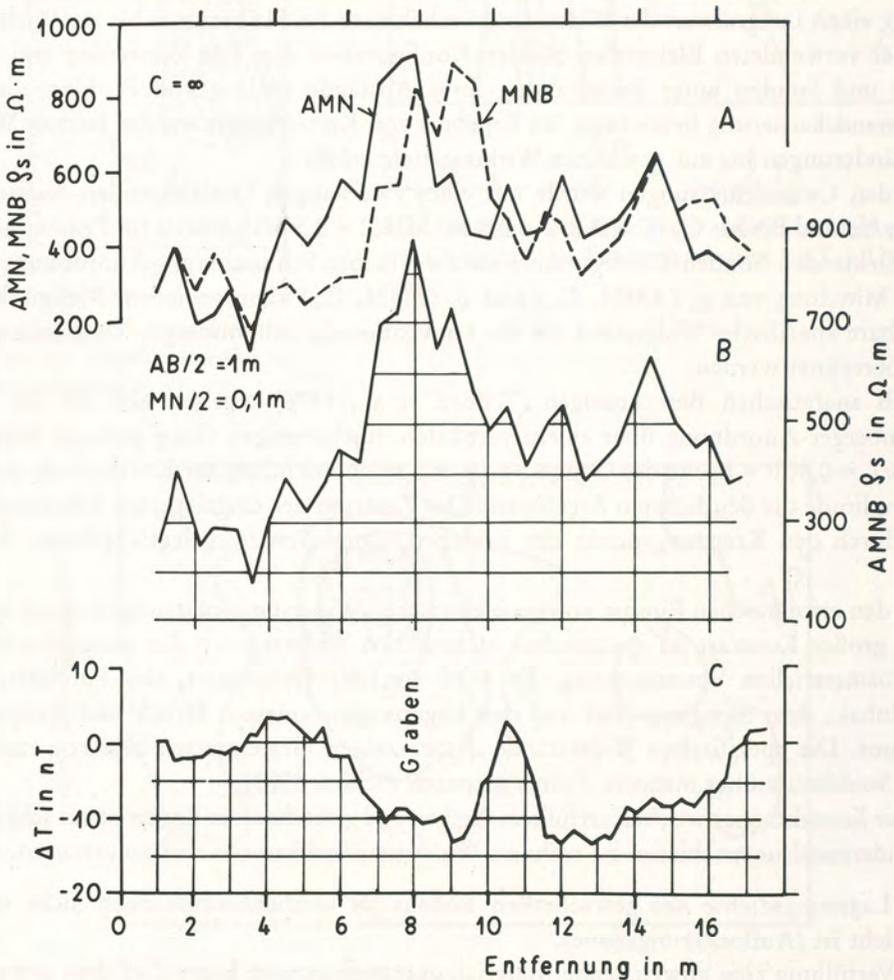


Abb. 10 Geoelektrische und magnetische Messungen über einem bekannten Schurfgraben.
 A: zweiseitige Dreielektroden-Anordnung
 B: errechnete Schlumberger-Vierpunktanordnung
 C: Verlauf der magnetischen Totalintensität ΔT

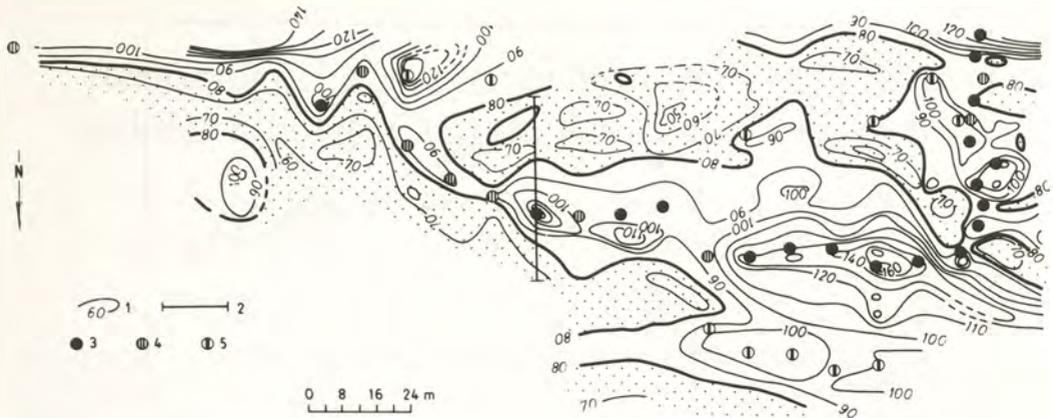


Abb. 11 Flächenhafte Darstellung der Widerstandsverhältnisse im Bereich der Bergbausiedlung.

- 1 Isohmen
- 2 geoelektrisches Profil (Abb. 12)
- 3 Indikation der Dreielektroden-Anordnung – sicher
- 4 Indikation der Dreielektroden-Anordnung – gut
- 5 Indikation der Dreielektroden-Anordnung – unsicher

Anomalie besitzt eine Amplitude von etwa $300 \Omega \cdot m$. Der Kreuzungspunkt im Verlauf der zweiseitigen Dreielektroden-Anordnung (A) legt das Zentrum des Grabens bei 8,5 m fest. Das Verhältnis von Anomalienbreite zu Grabenbreite beträgt für die verwendete Aufstellung etwa 1,5. Unter Berücksichtigung des markanten Minimums im Verlauf der magnetischen Totalintensität ΔT (C) muß im Grabenbereich mit einer Auflockerungszone gerechnet werden. Der vor etwa 30–40 Jahren verfüllte Schurfgraben zeigt somit noch eine abweichende Lagerungsdichte gegenüber dem gewachsenen Boden.

In Abb. 11 sind die Isolinien des scheinbaren spezifischen Widerstandes (Isohmen) auf der Meßfläche dargestellt. Die Variationsbreite der ρ_s -Werte ist gering und liegt im Bereich von etwa 50 bis $160 \Omega \cdot m$. Das niedrige Widerstandsniveau wird hier durch die anstehende niederohmige Mutterbodenbedeckung wesentlich beeinflusst. Die zu verfolgende Grabenstruktur wurde im Isolinienbild als Bereich mit erhöhten ρ_s -Werten interpretiert. Rückschlüsse auf den wahrscheinlichen Verlauf des Wallgrabens vermitteln die in der Isohmenkarte markierten Indikationen der Dreielektroden-Anordnung in den hochohmigen Bereichen.

Die Meßkurve eines ausgewählten Profils (Abb. 11) zeigt Abb. 12. Die Störampplitude des Grabens im berechneten Widerstandsverlauf der Schlumberger-Anordnung bei 31 m liegt in der Größenordnung von etwa $70 \Omega \cdot m$. Die niederohmige Bedeckung auf der Wiesenfläche führt somit zu einer deutlichen Verringerung der Widerstandsindikation um den Faktor 4 gegenüber dem Schurfgraben im Wald. Die Dreielektroden-Kurven besitzen einen analogen Verlauf zur Messung über dem Schurfgraben mit einer deutlichen Indikation (Kreuzungspunkt) bei 31 m. Eine Übereinstimmung liegt auch beim ermittelten Verhältnis von Grabenbreite zu Anomalienbreite von etwa 1,5 vor.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß sich der Wallgraben vermutlich als hochohmige Zone in der oberflächennahen Widerstandsverteilung widerspiegelt. Der wahrscheinliche Grabenverlauf konnte durch die Indikationen der Dreielektroden-Anordnung rekonstruiert werden. Die Ursachen für die Widerstandserhöhungen werden in einer Materialumlagerung des ehemaligen Grabenbereichs gegenüber dem gewachsenen Bodenmaterial bzw. in einer abweichenden, grobkörnigen Materialfüllung des Wallgrabens gesehen.

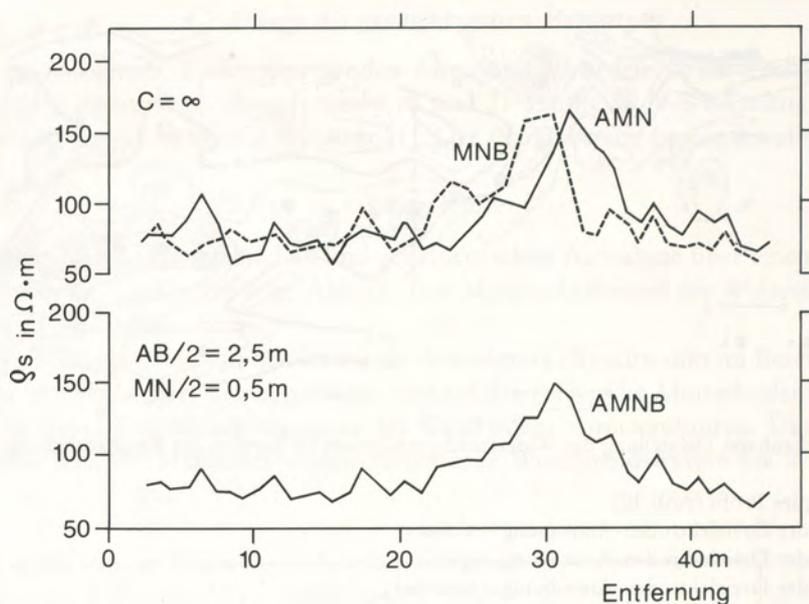


Abb. 12 Meßkurven auf einem ausgewählten geoelektrischen Profil. Oben: Dreielektroden-Anordnung, unten: errechneter ρ_s -Verlauf für die Schlumberger-Anordnung.

Literatur

- ADLUNG 1987 = A. ADLUNG, Archäologie und Geophysik. Kleine Schriften des Landmuseums für Vorgeschichte Dresden 6 (Dresden).
- CECH et al. 1988 = B. CECH, G. WALACH, H. PRESSLINGER, G. SPERL, Eine La Tène-zeitliche Eisenverhüttungsanlage in Loitzendorf am Jauerling, Niederösterreich. *Archaeologia Austriaca* 72, 143–152.
- GÖHRSDORF 1983 = J. GÖHRSDORF, Erfahrungen bei der magnetischen Erkundung archäologischer Objekte. *Geofyzika a Archeologie* 1983, 201–208.
- LINDNER 1983 = H. LINDNER, Ergebnis und Deutung mikrogravimetrischer Messungen an der Burgruine Tharandt. *Ausgrabungen und Funde* 28, 50–54.
- MILITZER, SCHEIBE 1981 = H. MILITZER, R. SCHEIBE, Grundlagen der angewandten Geomagnetik. Freiburger Forschungshefte C 352 (Leipzig).
- MILITZER, WEBER 1985 = H. MILITZER, E. WEBER (Hrsg.), *Angewandte Geophysik. Band II* (Wien, New York und Berlin).
- PLESLOVÁ et al. 1978 = E. PLESLOVÁ, F. MAREK, J. WALDHAUSER, J. CHOCHOL, Keltský hrob bojovníka objevený geofyzikální prospekci u Makotras (O. Kladno). *Archeologické rozhledy* 30, 133–149.
- PRESSLINGER et al. 1980 = H. PRESSLINGER, C. EIBNER, G. WALACH, G. SPERL, Ergebnis der Erforschung urnenzeitlicher Kupfermetallurgie im Palental. *Berg- und Hüttenmännisches Monatsheft* 125, 131–142.
- SCHÖN 1983 = J. SCHÖN, *Petrophysik* (Berlin).
- SCHURR et al. 1984 = K. SCHURR, H. BECHER, H. C. SOFFEL, Archaeomagnetic studies of medieval fireplaces at Mannheim-Wallstedt and ovens from Herrenchiemsee and the problem of magnetic refraction. *Zeitschrift für Geophysik* 56, 1–8.
- SCHWABENICKY 1988 = W. SCHWABENICKY, Die mittelalterliche Bergbausiedlung auf dem Treppenhauer bei Sachsenburg, Kr. Hainichen. In: *Archäologische Feldforschung in Sachsen* (Berlin) 470–473.
- TELFORD et al. 1976 = W. M. TELFORD, L. P. GELDART, R. E. SHERIFF, D. A. KEYS, *Applied Geophysics*. (London, New York, Melbourne).
- THELLIER 1981 = E. THELLIER, Sur la direction du champ magnétique terrestre, en France, durant les deux derniers millénaires. *Phys. Earth Planet. Inter.* 24, 89–132.

Archäologische Belege zur Frühzeit des Bergbaus und des Hüttenwesens im Revier Freiberg/Sachsen

VON WOLFGANG DALLMANN UND ARNDT GÜHNE

1. Zur historisch-topographischen Entwicklung

Freiberg, die älteste Bergstadt im Erzgebirge, ist heute eine Kreisstadt von 50 000 Einwohnern und liegt im nordöstlichen Zipfel des Regierungsbezirkes Chemnitz, etwa auf halbem Wege zwischen Dresden und Chemnitz. Der mittelalterliche Stadtkern bedeckt eine Fläche von etwa 46 ha und nimmt eine geographische Höhe von etwa 410 mNN ein.

Die Wurzeln der Stadtgründung liegen in der um die Mitte des 12. Jahrhunderts unter dem aus wettinischem Hause stammenden Meißnischen Markgrafen Otto einsetzenden Kolonisation des zwischen Freiburger Mulde und Striegis südwärts ins Mittelgebirge stoßenden Landstreifens (Abb. 1). Etwa im Zentrum der an das Familienkloster Cella St. Marien (Altzella bei Nossen) dotierten Rodungsfläche lagen die drei Hufendörfer Berthelsdorf, Tuttendorf und Christiansdorf (urkundlich 1185). In den Fluren des letztgenannten wurden 1168 silberreiche Erzgänge entdeckt¹. Das führte zur Herauslösung der genannten Dörfer aus der Dotation an die Cisterze und zur Förderung des einsetzenden Bergbaus durch den Markgrafen als Regalherr. Der Grundsatz der jedermann gewährten Bergbaufreiheit² bedingte einen regen Siedlerzustrom; der agrarische Charakter Christiansdorfs wurde durch die Bildung mehrerer Siedlungskerne überprägt (Abb. 2):

- die Bergbausiedlung (urkundlich 1241 »civitas Saxonum«)³ noch nicht eindeutig lokalisiert⁴,
- die Händler- und Gewerbetreibendensiedlung St. Nikolai zur Versorgung der »nichtagrarischen Konsumenten«⁵,
- die Wehranlage im Gebiet des späteren Schlosses Freudenstein⁶ zum Schutz und zur Überwachung der entstehenden Siedlungen mit dem Burglehen und der Kirche St. Marien (Dom), dabei der Untermarkt,
- die Rechtsstadt mit der Kirche St. Petri, dem (Ober-)Markt und dem Rathaus.

Etwa 1220 ist der Stadtwerdungsprozeß abgeschlossen, das gesamte Areal wird von einem Befestigungsring umgeben. Teile des inzwischen als Siedlung bedeutungslos gewor-

1 O. WAGENBRETH, Von den Anfängen des Freiburger Bergbaus. Stadt- und Bergbaumuseum Freiberg, Schriftenreihe Heft 1, 1973, 5–17.

2 H. ERMISCH (Hrsg.), Das sächsische Bergrecht des Mittelalters (Leipzig 1887), Bergrecht A § 9.

3 E. BEYER, Das Cistercienser-Stift und Kloster Alt-Zelle in dem Bisthum Meißen (Dresden 1855) 543.

4 Vgl. H. DOUFFET, A. GÜHNE, Die Entwicklung des Freiburger Stadtgrundrisses im 12. und 13. Jh. Stadt- und Bergbaumuseum Freiberg, Schriftenreihe Heft 4, 1982, 15–40, bes. 27 ff.

5 M. UNGER, Stadtgemeinde und Bergwesen Freibergs im Mittelalter. Abhandlungen zur Handels- und Sozialgeschichte 5, 1963, 12.

6 A. GÜHNE, Ein Rundturmfragment im Schloß Freudenstein in Freiberg. Ausgrabungen und Funde 32, 1987, 37–43.

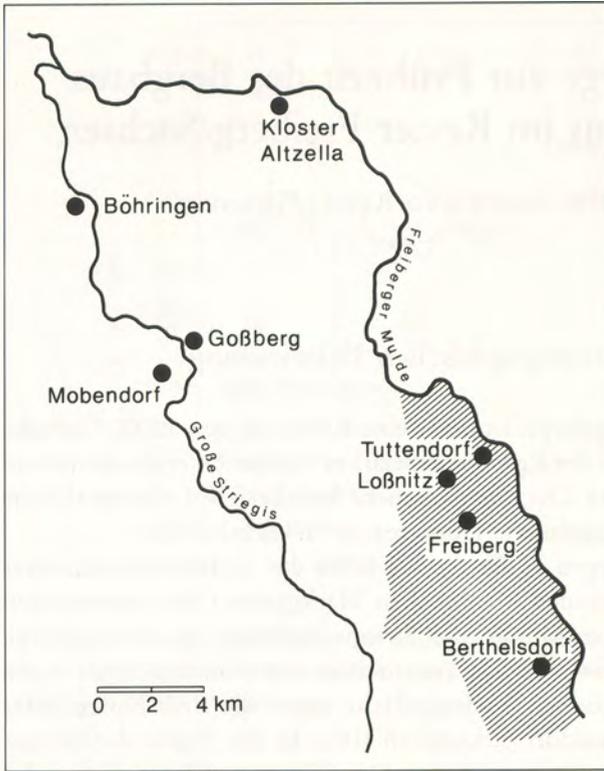


Abb. 1 Das Rodungsgebiet zwischen Freiburger Mulde und Striegis mit den nach Entdeckung der Erze um 1170 ausgegliederten Fluren (schraffiert); (nach H. DOUFFET).

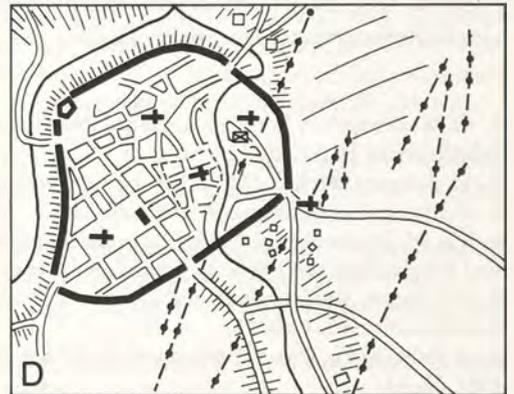
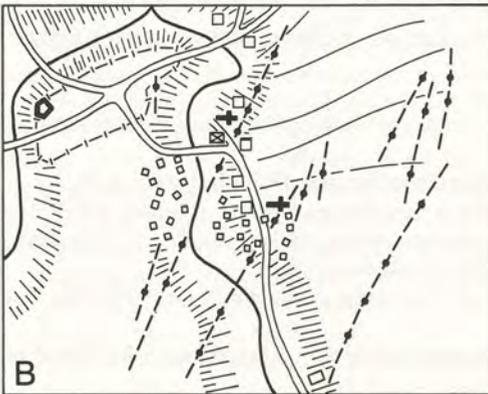
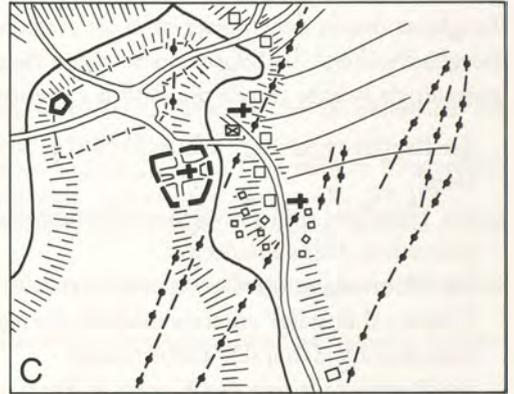
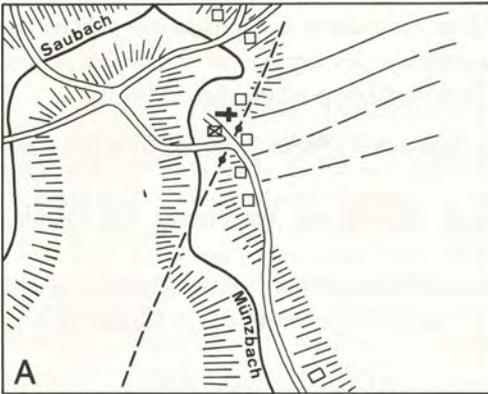
Abb. 2 Die Stufen der Stadtentwicklung Freibergs (nach DOUFFET, GÜHNE 1982 und WAGENBRETH, WÄCHTLER 1986):

A. Christiansdorf mit Hufengütern am rechten Münzbachhochufer (Lage hypothetisch), der Kirche St. Jacobi und benachbartem Erbrichtergut sowie den ersten Erzfundpunkten auf dem Hauptgang

B. Siedlungsverdichtung im Bereich weiterer Fundpunkte, Bergleutesiedlung um St. Donatus, Wehranlage am Saubachufer und Burglebensbildung (strichpunktiert)

C. Händler- und Gewerbetreibendensiedlung um St. Nikolai mit Umweh- rung (hypothetisch), Marktausbildung (mit St. Marien) im Burglebensbereich

D. Abschluß der Stadtentwicklung mit Gesamtumweh- rung.



denen Dorfes bleiben innerhalb der Mauer, so die ehemalige Dorfkirche St. Jacobi. Die Stadt Freiberg (der Name zuerst 1218 erwähnt)⁷ wird sehr schnell wirtschaftliches und monetäres Zentrum der wettinischen Landesherrschaft und bleibt etwa 800 Jahre mit dem Bergbau und dessen wechselndem Geschick verbunden⁸. Im gleichen Maße entwickelte sich die Stadt zu einem wichtigen Warenumserschlagplatz. So sind Silberausfuhren nach Italien, Tucheinfuhren aus Flandern, Lebensmittelbezüge aus Böhmen, Bleiexporte aus dem Revier Olkusch (Südpolen) und Kontakte zu den Hansestädten bezeugt⁹.

2. Zum Stand der archäologischen Arbeit (Abb. 3)

Der vor allem aus dem Bergbau gewonnene Reichtum manifestiert sich in Freibergs repräsentativen sakralen und bürgerlichen Baudenkmalern, aber auch in einem seit 1964 zunehmend zielgerichtet geborgenen archäologischen Sachgut. So wurden aus bisher etwa 75, zumeist kleinflächigen Bodenaufschlüssen umfangreiche Bestände an Keramik, u. a. auch glasierte frühe Importe, Metall, z. B. drei sog. Brakteatenschalen¹⁰, Holz¹¹, Gläser und anderes geborgen. Besonders ergiebig waren dabei die über 120 Brunnen und Abfallgruben/Kloaken¹².

Grabungen des Archäologischen Landesamtes Sachsen und des beim Stadt- und Bergbaumuseum Freiberg tätigen Stadtarchäologen U. Richter erbrachten wichtige Erkenntnisse zur sozialen und zeitlichen Ordnung des geborgenen Fundgutes. Von besonderem Interesse in einer Bergstadt sind naturgemäß die Bodenfunde, die einen Bezug zum Montanwesen und zur eng damit verbundenen Verhüttung ausweisen.

3. Befunde und Funde

Der Bestand an Sachzeugen des mittelalterlichen Bergbaus und Hüttenwesens wird gruppiert in:

- Zeugnisse in der Landschaft (z. B. Haldenzüge),
- durch archäologische Untersuchungen erschlossene Befunde (Schürfgruben, Schüttungen von Gangmaterial),
- Funde bergmännischen Sachgutes (Schalenlampen),
- Funde der Probiertätigkeit (z. B. Schmelzschalen),
- Rückstände der beiden letztgenannten Tätigkeitsbereiche (z. B. Erzbrocken, Schlacken).

Markante Zeugen des Bergbaus sind zahlreiche, heute teilweise bewaldete Halden unterschiedlicher Größe, die aufgrund der Lagerungsverhältnisse der Erze in Gangzügen

7 Codex Diplomaticus Saxoniae Regiae, III, 13. Urkundenbuch der Stadt Freiberg. Nachträge (Leipzig 1891) 477.

8 H.-H. KASPER, E. WÄCHTLER (Hrsg.), Geschichte der Bergstadt Freiberg (Weimar 1986).

9 M. UNGER, Die Herausbildung des meißnisch-sächsischen Territorialkomplexes und seine sozialökonomischen Grundlagen, 10. bis 15. Jahrhundert. In: Sächsische Geschichte im Überblick. Beiträge des Kurses Sächsische Landesgeschichte, Teil 1 (Leipzig 1982) 24.

10 A. BECKE, H. FRIEBE, Drei Brakteatenschalen in Freiberg gefunden (Vorbericht). Numismatische Beiträge 20, 1987, 157f.

11 A. GÜHNE, Stadtkernforschungen in Freiberg. Teil 1: Holzfunde (Berlin 1991).

12 Bekannt geworden durch die Tätigkeit der Interessengemeinschaft Bodendenkmalpflege im wiederbe-gründeten Freiburger Altertumsverein e. V., Leitung Dr. W. Dallmann.



Abb. 3 Freiberg. Die Fundstellen im Stadtgebiet (Plan nach einer Vorlage von H. A. SCHIPPAN 1835)

Fundpunkte mit Gegenständen des Berg- und Hüttenwesens (Auswahl):

- 04 Marstall/Nonnengasse, verfülltes Stollenmundloch
- 25 Berggasse 14, Tonlampenreste
- 36 Dom, Probierschalenreste (sekundär?)
- 41 östlich des Donatsturms, alter Tagschacht (außerhalb des Plans)
- 45 Untermarkt 19 und 21, Tonlampenreste, Probiergefäße
- 47 Heubnerstraße 14–18, Tonlampenreste
- 55 Schloß Freudenstein, Erzbrocken, Probiergefäß, Schmelzschalen
- 62 Quartier beiderseits der Engen Gasse, Tonlampen, Probiergefäße, Schlacken, Forkel (Erztrog?)
- 63 Obermarkt 16/17, Tonlampen, Schlacken, Gießgefäße
- 64 Peterstraße 19, Schalenlampe, Erzstücke, Schlacken
- 67 Pfarrgasse 34, Erzstücke, Kapellen
- 68 Obermarkt 15, Nonnengasse 2, Schalenlampe
- 69 Untermarkt 12, Tagschacht, verfüllt
- 70 Enge Gasse 10, Haldenschutt, Gußtiegel
- 71 Berggasse 5, Kapellen.

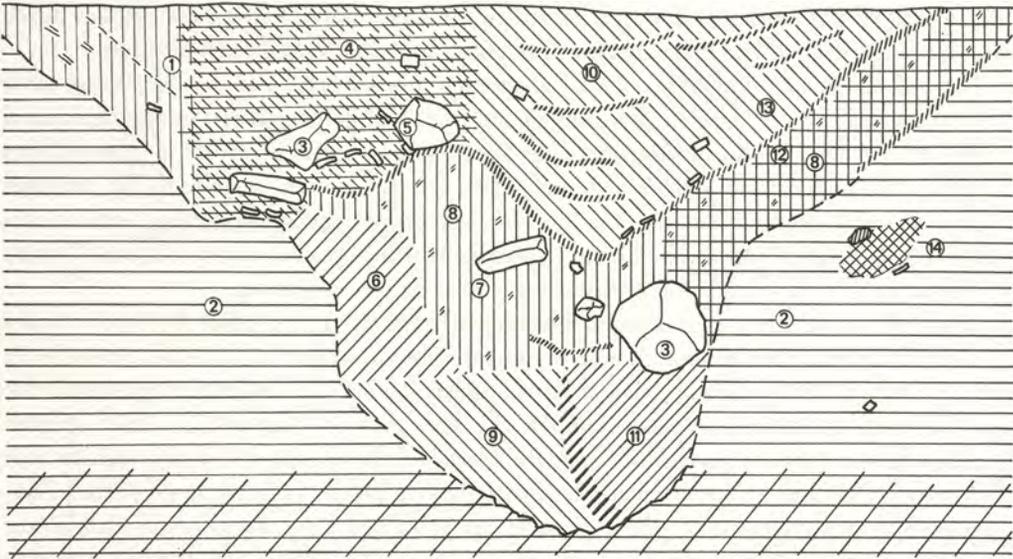


Abb. 4 Freiberg, Seilerberg. Befundaufnahme eines Schurfgrabens mit Scherben des 13. Jahrhunderts. In den Gneisverwitterungsboden (2) und den darunter liegenden Gneis v-förmig eingetieft und später mit unterschiedlichen, von Brandlehm- und Holzkohlestraten sowie Gangmaterial (3, 5, 7) durchsetzten Bodengemengen wieder verfüllt.

und der bergrechtlich bedingten Verleihung der Grubenfelder wie auf einer Schnur aufgereiht in der Landschaft liegen¹³. Ältestes technisches Denkmal des Freiburger Bergbaus ist der als Entwässerungsstollen angelegte »Fürstenstollen«, 1384 urkundlich erwähnt, aber sicher schon früher angelegt. Älter sind möglicherweise die kleinen Halden auf dem Hauptstollengang zwischen der Grube »Reiche Zeche« und Tuttendorf. In dessen Verlauf im heutigen Stadtgebiet begann nach einer Sage¹⁴ und den geologischen und geomorphologischen Gegebenheiten wahrscheinlich der Freiburger Bergbau¹⁵. Archäologische Untersuchungen von Halden wurden bisher noch nicht intensiv betrieben.

Zeugen des Bergbaus im innerstädtischen Bereich kamen bei Schachtungen in Hinterhöfen in Form von Gangmaterialschüttungen zutage. Dabei muß man sowohl von sekundärer Verfüllung zum Ausgleich des Geländes ausgehen, aber auch von einer primären Ablagerung in der Nähe ursprünglicher Schachtanlagen, ohne daß es dafür schon eindeutige Belege gibt. Die historische Überlieferung erwähnt alte Gruben im Bereich des Münzbachtals¹⁶, ein Bezug dieser zu dem bei stadttarchäologischen Untersuchungen in den Fundstellen 9, 14, 15, 16, 67 und 70 angetroffenen Gangschutt läßt sich jedoch bisher nicht herstellen. Ähnlich verhält es sich mit dem in Fundstelle 64 freigelegten Bergbauschutt, wogegen es sich bei den Fundstellen 4 und 41 zwar eindeutig um Schacht- bzw. Stollenreste handelt, eine Datierung jedoch nicht möglich ist. Das gilt auch für die historische

13 O. WAGENBRETH, E. WÄCHTLER (Hrsg.), *Der Freiburger Bergbau. Technische Denkmale und Geschichte* (Leipzig 1986) 22 ff.

14 Text der Sage bei G. AGRICOLA, *Erzlagerstätten und Erzbergbau in alter und neuerer Zeit*. In: G. AGRICOLA, *Ausgewählte Werke*. Hrsg. v. H. PRESCHER. Bd. VI (Berlin 1961) 85 f.

15 O. WAGENBRETH (wie Anm. 1) 8.

16 O. WAGENBRETH, E. WÄCHTLER (wie Anm. 12) 111–114.

Forschung im Untertagebereich. Offensichtlich sind alle ältesten Spuren des Abbaus durch den späteren, expandierenden Vortrieb überfahren und damit vernichtet worden.

Es muß daher als glücklicher Zufall angesehen werden, daß bei der Begehung einer Rohrtrasse südlich der Stadt ein v-förmig in den Boden eingeschnittener, mit Gangmaterial und Keramik des 13. Jahrhunderts gefüllter Schurfgraben entdeckt wurde, der bis auf den anstehenden Untergrund reichte (Abb. 4). Hier scheint es sich um ein Relikt einstiger Prospektionstätigkeit zu handeln. Leider war wegen des schnellen Fortgangs der Verlegetarbeiten eine Grabung in den beiderseits anschließenden Bereichen nicht möglich. Weitere Untersuchungen bzw. Geländebeobachtungen sind daher notwendig.

Der Ausbau der bereits erwähnten ehemaligen Brunnen und Abfallgruben weist in der Art der Zimmerung einige Bezüge zum bergmännischen Schachtbau auf (Abb. 5). So findet sich in Freiberg häufig die sog. (Voll-)Schrotzimmerung, bei der ein aus vier gegeneinander »verklinten« Hölzern gebildeter Rahmen auf dem anderen liegt und so einen stabilen Ausbau bildet (Abb. 5a)¹⁷. Bei der sog. Bolzenschrotzimmerung (Abb. 5b) werden vier Eckstempel (»Bolzen«) durch zwei oder mehr Balkenrahmen auseinandergespreizt. Zwischen das so entstandene Gerüst und die Schachtwandung wurden Bretter oder Halbhölzer gesteckt und verhinderten das Hereinbrechen lockeren Erdreichs. Selbst wenn derartige Konstruktionen auch außerhalb von Bergbauregionen auftreten, muß man davon ausgehen, daß Erfahrungen und Fertigkeiten der Bergleute hier genutzt wurden.

Negativ blieb bisher die Fundsituation in bezug auf die klassischen Arbeitsgeräte des Bergmanns, auf Schlägel und Eisen. Der in Freiberg bei der Befahrung älterer Grubenbaue gefundene Schlägel ist undatiert¹⁸, ebenso die im Stadt- und Bergbaumuseum verwahrten Eisen¹⁹. Man muß wohl davon ausgehen, daß sie vielfach nach dem Gebrauch in einen »recycling«-Kreislauf eingingen. Zukünftige Untersuchungen in den alten Halden dürften am ehesten eines Tages entsprechende Funde liefern.

Überraschend häufig, nämlich in 18 Exemplaren von zehn Fundstellen, sind die als bergmännisches Geleucht zu charakterisierenden Schalenlampen mit Grifftülle und Schneppe im Stadtgebiet gefunden worden²⁰. Sie können in die Zeit vom ausgehenden 13. Jahrhundert bis in das 15./16. Jahrhundert datiert werden. Neben deren Vorkommen im Freiburger Revier sind weitere Fundorte im sächsischen Erzgebirge²¹, aber auch in Böhmen [Kutna Hora – Kuttenberg, Gemarkung Cinovec – Zinnwald, Stare Mesto bei Banská Stiavnica (Schemnitz), Kasperske Hory (Sumava – Böhmerwald)]²² bis hin nach Nordungarn (Rudabanya)²³ bekannt. Sie fehlen dagegen bisher in den Bergbaurevieren des Harzes²⁴. Obwohl man zunächst das Auftreten dieser Funde nur an den Lagerstätten vermuten sollte, wird diese Zweckform auch in den städtischen Haushalten und wohl nicht allein bei Bergleuten sinnvoll genutzt worden sein, wie ihre weite Streuung im Stadtgebiet vermuten läßt. (Nachweis: Fdst. 25, 45, 47, 55, 62.1–2, 63, 64, 68, 70).

17 Untersuchung und Befundaufnahme durchgeführt durch den Bodendenkmalpfleger B. Standke, Freiberg.

18 Frdl. Mitteilung von Herrn A. Becke, Freiberg.

19 Frdl. Mitteilung von Herrn U. Richter, Stadt- und Bergbaumuseum Freiberg.

20 A. GÜHNE, Spätmittelalterliche Tonlampen aus dem Stadtkern Freiberg. In: Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte II. Festschrift W. Coblenz (Berlin 1982) 339–346.

21 Vgl. F. BRENDL, Über das alte bergmännische Geleucht. Eine kulturgeschichtlich-volkskundliche Untersuchung. Freiburger Forschungshefte D 11, 1955, 119–146.

22 Frdl. Mitteilung v. Herrn Prof. Dr. G. Billig, Dresden.

23 T. PODANYI, Rudabánya und Telkibánya. Die wechselvolle Geschichte zweier alter ungarischer Bergstädte. Der Anschnitt 26, 1974, Heft 2, 3–9.

24 Frdl. Mitteilung v. Herrn H.-J. Griep, Goslar.

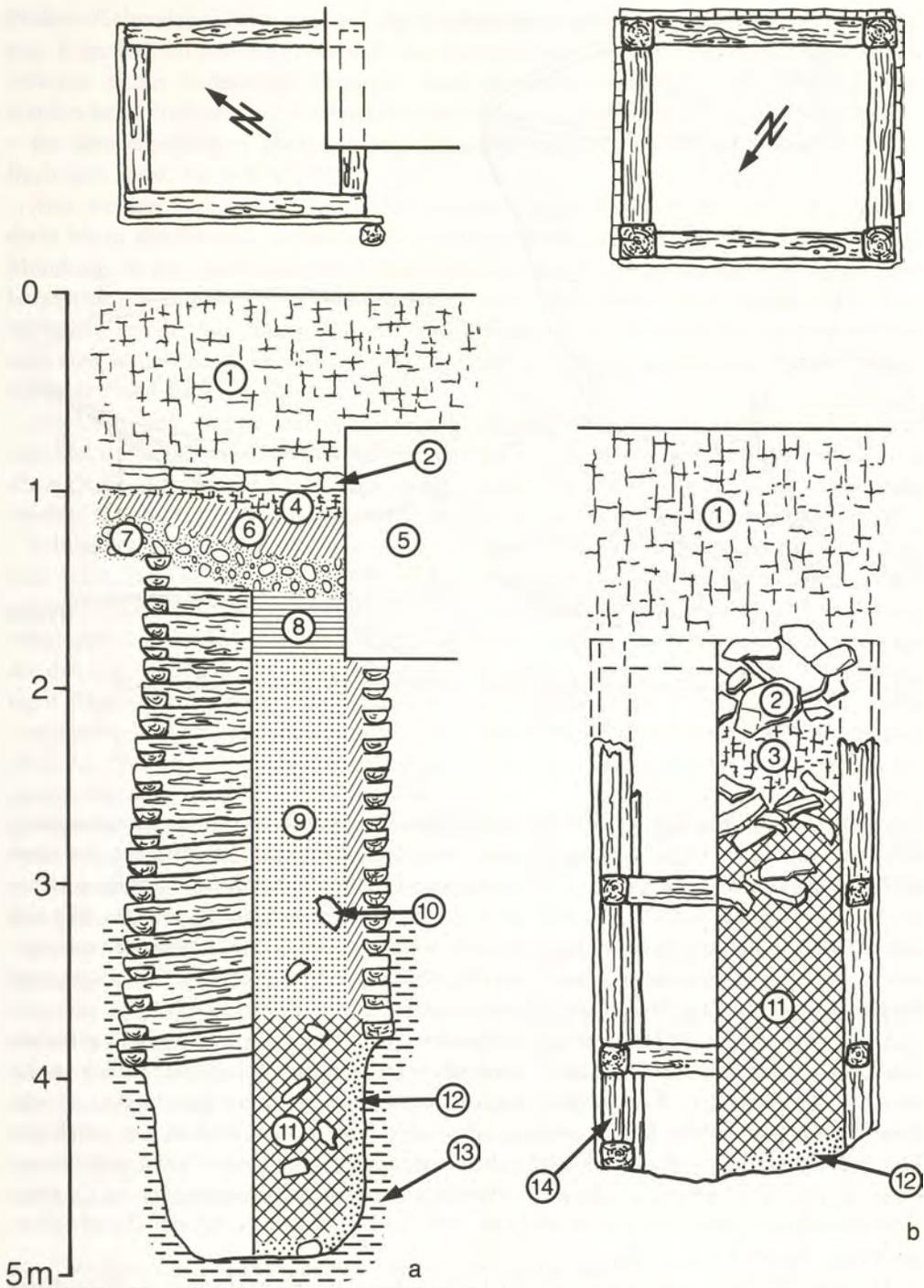


Abb. 5 Freiberg. Enge Gasse 10. Typische Zimmerung des Grubenausbaus. a (Voll-)Schrotzimmerung (Grube 4), b Bolzenschrotzimmerung (Grube 10). Aufnahme: B. Standke
 1 Bauschutt, braun, humos; 2 Gneisplatten; 3 Bauschutt, Gneisgrus; 4 Brandschutt, Ziegelbruch; 5 Störung; 6 Gneisbruch, lehmig; 7 Geröllhorizont, hellbraun, ocker; 8 Lehm, humos, graubraun; 9 Lehm/Gneisgrus, graubeige; 10 Quarzitrundlinge; 11 Gülle, schwarz, kompakt, in Grube 4 auch im oberen Wandbereich, wohl nach Leerungen haften geblieben; 12 Gneisgrus; 13 anstehender Lehm, hellblaugrau; 14 Stützen für den Spreizrahmen

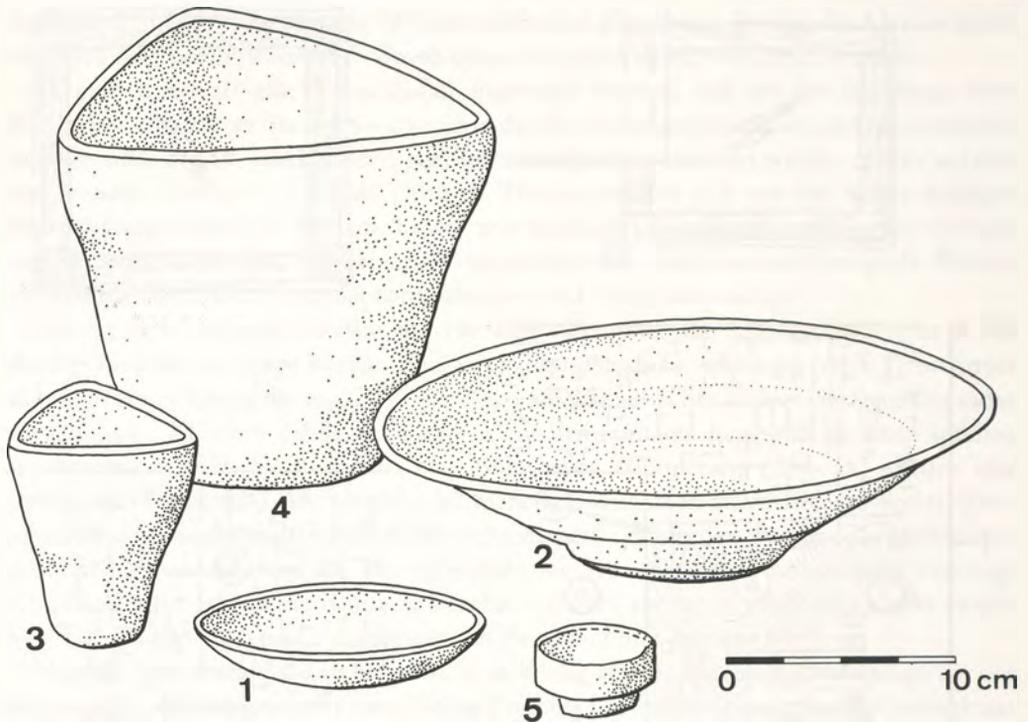


Abb. 6 Freiberg. Verschiedene Typen von Probiert- und Schmelzgefäßen und Schalenlampen.

Vielfältig sind schließlich die Zeugen der Probiertätigkeit, der Verfahren zur quantitativen Bestimmung wichtiger Erzbestandteile. Nach Agricola²⁵ war diese Aufgabe vor allem auch für die Bergleute bedeutungsvoll. Inwieweit die hierbei genutzten Gefäße auch im eigentlichen Schmelzprozeß, z. B. bei der sog. Kupellation, verwendet wurden, läßt sich nur von Fall zu Fall am Stück nachweisen; eine Nutzungsvielfalt muß zweifellos vorausgesetzt werden, wie die anhaftenden, unterschiedlich zusammengesetzten Schlacken- und Metallreste belegen (vgl. Beitr. von Strienitz und Ullrich in diesem Band).

Als älteste, auf das 13. Jahrhundert beschränkte Form kennen wir flache, roh geformte Tonschalen²⁶, die vielfach durch Sekundärbrand (»gemantelter« Scherben) farblich verändert wurden (Abb. 6,1). Reste dieser Schalen treten oft in größerer Anzahl auf, sie sind daher als ausgesprochene Massenware zu betrachten. Dies kommt auch in der erwähnten Herstellungsweise zum Ausdruck, wahrscheinlich wurden sie in vielen Fällen vom Nutzer selbst angefertigt. Auffällig ist hier die Konzentration auf mehrere Fundstellen im Quartier Borngasse/Enge Gasse; die Funde im Dom sind wohl sekundär verlagert²⁷ (Fundstellenachweis: 36, 55, 62. 1–2, 70).

Als weiterer, seit dem Ende des 13. Jahrhunderts als Zweckform²⁸ nachweisbarer

25 A. AGRICOLA (wie Anm. 13) Bd. VIII (Berlin 1974) 299.

26 A. GÜHNE, Neue Ergebnisse zur Stadtkernforschung in der Bergstadt Freiberg-Borngasse. Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege 29, 1985, 343.

27 H.-J. VOGT, Zu einigen Bodenfunden. In: H. MAGIRIUS, Der Freiburger Dom. Forschungen und Denkmalpflege (Weimar 1972) 53–55.

28 Fundkomplex Borngasse 5, Grube 6, vgl. A. GÜHNE (wie Anm. 25) 335.

Probiert-/Schmelzgefäßtyp sind auf der Töpferscheibe geformte, weitmundige Schüsseln, sog. Kupellen, zu nennen (Abb. 6,2). Sie bestehen aus Ton bzw. Schamotte und weisen teilweise dicke, fladenartige Schmelz- bzw. Fließschlackenkrusten auf. Diese Schalen wurden beim Probieren auf Edelmetalle, zum Ansieden, Rösten und Garen verwendet, um – vor dem eigentlichen Treibeprozess – Verunreinigungen zu verschlacken oder zu verflüchtigen (FdSt. 62. 1–2, 63, 70).

Eine weithin verbreitete und zeitlich seit dem 14. Jahrhundert über mehrere Jahrhunderte bis in die Neuzeit unverändert verwendete Form sind Gießgefäße mit dreieckiger Mündung, in der überwiegenden Anzahl aus hochtemperaturbeständigem (Graphit-)Ton hergestellt. In einigen Fällen sind Hersteller- oder Herkunftsmarken eingestempelt. Das Spektrum reicht von dünnwandigen, knapp 8 cm hohen Formen bis zu kompakten, schweren und etwa 20 cm hohen Gefäßen (Abb. 6.3–4). Zeitgenössische Formen bilden Agricola²⁹ und Ercker³⁰ ab.

Als letzte und jüngste, ebenfalls unter der Bezeichnung Kupelle subsummierte Form sind kleine, vielfach weißtonige, unglasierte Schälchen zu erwähnen, die, dann aber glasiert, oft auch im Apothekenbereich Verwendung fanden. In Freiberg sind sie seit dem ausgehenden 15. Jahrhundert, z. B. in den Fundstellen 62, 63, 67, 71 nachweisbar (Abb. 6,5).

Schließlich sind Spuren bergmännischer Tätigkeit im weitesten Sinn, nämlich Erzstücke und Schlacken, zu nennen, von deren metallographischer Untersuchung weitere Aufschlüsse über Hintergründe und Zusammenhänge zwischen dem Förder- und dem Aufbereitungsprozess in der mittelalterlichen Produktionssphäre erwartet werden. Angemerkt sei, daß diese Methode in Freiberg erst in den Anfängen ist, so daß noch keine aussagekräftigen Ergebnisse vorliegen. Ohnehin muß mit Schlüssen, z. B. aus dem Verhältnis von Analyseergebnis und ehemaliges Ziel des Verfahrens oder aus der Verteilung von Funden, ihrer Analyse und möglichen sozialtopographischen Schlüssen äußerst vorsichtig umgegangen werden. Im Stadtgebiet von Freiberg sind zudem bisher nur Einzelstücke bzw. geringe Mengen der betreffenden Fundgruppen geborgen worden, die noch nicht auf Verhüttungs- bzw. Aufbereitungsplätze schließen lassen.

Die Breite der Befunde und die Schwierigkeit der Interpretation sollen deshalb abschließend an zwei Beispielen dargestellt werden:

In der Petersstraße 19 fanden sich in Grube 6, datiert durch die begleitenden Keramikfunde an das Ende des 14. Jahrhunderts³¹, zwei Gangerzstufen von insgesamt 5,76 kg Gewicht. Ihr Hauptmineral ist Bleiglanz, beiderseits eingefasst von der Gangart (Gneis). Neben weiteren Mineralien wie Pyrit, Markasit und anderen Sulfiden sind vor allem edle Silbererze wie Argentit, Stephanit und Pyrargirit von Bedeutung, die Teile der Bleiglanzoberfläche mit einer 1–3 mm dicken Kruste bedecken. Vereinzelt ist mikroskopisch feines Haarsilber auf Argentit erkennbar³². Die Bedeutung dieses Erzmusters liegt darin, daß es entsprechend seiner zeitlichen Einordnung zu den ältesten Belegen längst abgebauter und nicht mehr verfügbarer Lagerstättenteile gehört³³.

29 G. AGRICOLA (wie Anm. 13) Bd. VIII (Berlin 1974) 566 und 588.

30 P. R. BEIERLEIN, Lazarus Ercker, Bergmann, Hüttenmann und Münzmeister im 16. Jahrhundert. Freiburger Forschungshefte D 12 (Berlin 1955).

31 W. DALLMANN, Bodenfunde des Bergbaus. In: M. BACHMANN, H. MARX, E. WÄCHTLER (Hrsg.), Der silberne Boden (Stuttgart, Leipzig 1990) 161–164.

32 Das mineralogische Gutachten verdanken wir Herrn Dr. G. Sansoni, Freiberg.

33 W. DALLMANN, B. STANDKE, G. SANSONI, Belege des mittelalterlichen Erzbergbaus aus einer Abfallgrube des 14. Jahrhunderts in Freiberg. Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege. Bd. 34, 1991, 251–262.

Weiterhin wurde im Grundstück Enge Gasse 10 eine den gesamten Hofbereich bedeckende Haldenschicht von etwa 0,2 bis 0,3 m Mächtigkeit beobachtet. Während dieses Material auf eine Korngröße unter 50 mm zerkleinert und weitgehend erzfrei war, fanden sich dazwischen eine Vielzahl relativ großer Erzstücke (Korngröße bis max. 300 mm). Eine Erklärung für diesen Befund konnte bisher nicht gegeben werden und wird von weiteren Beobachtungen abhängig sein.

Zu den ersten Untersuchungsergebnissen der in ihren äußerlichen und stofflichen Merkmalen unterschiedlichen Schlackenfunden vgl. den Beitrag von Strienitz und Ullrich (in diesem Band S. 353 ff.).

Archäometallurgische Untersuchungen zum mittelalterlichen Bergbau und Hüttenwesen im Revier Freiberg/Sachsen

VON ROLF STRIENITZ UND BERND ULLRICH

Die stoffanalytischen Untersuchungen, die bisher an Freiburger Fundmaterial durchgeführt wurden, sind mehr oder weniger stichpunktartig erfolgt und keinesfalls schon umfassend und systematisch angelegt. Es kam vorerst darauf an, vorhandene Analysemethoden zu testen und gegebenenfalls an das Untersuchungsmaterial anzupassen. Die verfügbaren Analysemethoden werden bislang vor allem für silikatische und oxidische, aber auch metallische Roh- und Werkstoffe eingesetzt. Eine umfassende Untersuchung des archäologischen Fundmaterials war auch vorerst aus zeitlichen und finanziellen Gründen noch nicht möglich, da die bisherigen Untersuchungen ohne finanzielle Unterstützung und Förderung erfolgten.

Wesentlich für den Einsatz der Methoden war dabei, neben der erforderlichen Leistungsfähigkeit, vor allem eine zerstörungsfreie oder zumindest nahezu zerstörungsfreie Präparateuntersuchung. Für eine möglichst komplexe analytische Begutachtung des Fundmaterials sind sowohl element- als auch phasen- und gefügeanalytische Untersuchungen notwendig.

Für die Elementanalyse kamen zwei Methoden, die nach dem Prinzip der Röntgenfluoreszenz arbeiten, zur Anwendung. Unterschiedlich sind Aufbau und Aussagekraft; bei der verwendeten Röntgenfluoreszenzanalysenapparatur (RFA) wird die Probe mittels Radioisotope angeregt, hier mit Cd-109. Dies erfolgt bei normaler Atmosphäre, wodurch nur die schwereren Elemente mit Ordnungszahlen ≥ 19 (K) nachweisbar sind. Von Vorteil ist, daß das Verfahren keinerlei aufwendiger Probenvorbereitung bedarf und auch größere Objekte untersucht werden können (Bothe, Ullrich 1990). Außerdem ist die Apparatur transportabel und kann prinzipiell auch im Gelände genutzt werden. Das zu untersuchende Flächenelement beträgt etwa 5×5 mm. Mit diesem Verfahren werden vor allem die Schwermetalle bestimmt, deren Gehalte vom ppm-Bereich bis zu 100 Prozent betragen können. Genutzt wurde die Methode deshalb vor allem für die schwereren Hauptelemente und für die Untersuchung von Spurenelementgehalten (Gühne et al. 1989).

Für die leichteren Elemente mit einer Ordnungszahl < 19 wurde die Elektronenstrahlmikroanalyse (ESMA) verwendet. Die angeregte Fläche auf der Probe liegt dabei allerdings nur im mm- bis μm -Bereich. Das hat dann Vorteile, wenn nur kleine Probemengen zur Verfügung stehen oder kleine Bereiche des Objektes untersucht werden sollen. Probleme bringt die Methode bei sehr inhomogenen Proben, wie es Schlacken u. ä. meist sind, da es sich um eine ausgesprochene Mikroanalyse handelt. Der gesamte Vorgang der Untersuchung findet hier im hermetisch abgeschlossenen Mikroskop statt, wodurch die Größe der Probe auf etwa Faustgröße ($5 \times 10 \times 10$ cm) begrenzt ist. Meist werden jedoch winzige Bruchstücke des Untersuchungsgegenstandes für die Untersuchung verwendet. Als Gerät diente ein Rasterelektronenmikroskop BS 340 von Tesla (Brünn, ČSFR) mit dem energie-dispersiven Analysator Kevex 7000 aus den USA.

Mit beiden Methoden können sowohl qualitative als auch quantitative Bestimmungen durchgeführt werden (Schulle, Ullrich 1985; Ullrich 1990). Für die Phasenanalyse ist es

üblich, entweder polarisationsmikroskopische oder besser Röntgendiffraktometerverfahren einzusetzen. Bei den vorliegenden Untersuchungen kam ein übliches Horizontaldiffraktometer zur Anwendung. Bezüglich der Probenpräparation gelten die Anforderungen, daß man entweder von einer ebenen Präparatoberfläche von wenigstens etwa 5×10 mm oder von einem Pulver ausgehen muß. Wenn auch die Methode die Probe selbst nicht verbraucht, so bedingt sie doch im Falle des Pulverisierens eine zumindest teilweise Zerstörung des Objektes. Die notwendigen Probemengen sind allerdings auch hier gering. Für eine Gefügeanalyse zur Begutachtung der Struktur des Stoffes, also der Korngrößen und -formen, der Porosität, sowie der Anordnung der Teilchen zueinander, werden lichtmikroskopische Verfahren verwendet oder heute in vielen Fällen besser das Rasterelektronenmikroskop eingesetzt. Von Vorteil ist, daß mit letzterem ein breiter Vergrößerungsbereich möglich ist, alles an einem Objekt und ohne aufwendige Probenpräparation. Als Untersuchungsgerät ist das schon genannte REM BS 340, das gleiche wie für die ESMA, verwendet worden.

Wie den Ausführungen zu den archäologischen Forschungen in Freiberg/Sachsen (Beitrag A. Gühne, W. Dallmann in diesem Band) zu entnehmen ist, handelt es sich bei den Funden der montanarchäologischen Untersuchungen fast ausschließlich um Einzelfunde oder um Funde jeweils weniger Stücke, die dabei selten einem »Typ« zugeordnet werden können. Demzufolge ist eine Systematisierung besonders problematisch und erschwert. Nachfolgend wird trotzdem versucht, nach äußeren Kennzeichen ähnliche Objekte jeweils zusammenzufassen. Die Ergebnisse sind dabei nicht alle eindeutig und vor allem nicht einheitlich. Da sogar die Materialuntersuchung an heute anfallenden Schlacken als schwieriges Problem gilt, ist nicht zu erwarten, daß sich dies bei ausgegrabenen Schlacken einfacher darstellt. Allgemein sind Schlacken inhomogen, das um so mehr, je niedriger die Temperatur war, die zu ihrer Entstehung führte. In vielen Fällen liegen gar keine glasigen und in etwa homogenen Schlacken vor, sondern die Fundstücke bestehen aus einer zusammengesinterten Masse, in der selbst Gesteinsbrocken, Metallanreicherungen und Holzkohlereste von »glasigem« Material verkittet werden. Demzufolge kann erst nach weiteren Messungen versucht werden, eine engere Typisierung vorzunehmen, um mögliche Schlußfolgerungen technologischer Art ziehen zu können. In allen Objekten sind die typischen Elemente silikatischer Schlacken, wie Si, Al, Ca, z.T. Mg, in unterschiedlichen Anteilen enthalten.

1. Derbe Schlackenstücke

Diese Schlacken zeichnen sich durch einen glatten, meist muscheligen Bruch aus. In der mehr oder weniger glasigen Grundmasse sind teilweise angeschmolzene Reste, wie z. B. Quarzkörner, bereits makroskopisch erkennbar. Die Färbung ist unterschiedlich und reicht von grün über braun und grau bis zu schwarz. An der Oberfläche treten auch dünne Schichten anderer Färbungen, wie hellgrün, blau und rot, auf. Ebenso zeigen manche Stücke eine äußere Schicht der Umwandlung oder Verwitterung. Nach der chemischen Zusammensetzung können sie in zwei Gruppen getrennt werden. Die eine enthält, außer den üblichen Elementen einer stark silikatischen Schlacke und geringen Mengen Zn und Cu, noch größere Mengen an Pb (Tab. 1), das bei der zweiten Gruppe stark zurücktritt oder so gut wie fehlt (dann treten auch Zn und Cu stark zurück).

Für die »schweren« Elemente ergeben sich nachfolgende relative Rangfolgen der Gehalte in den beiden Gruppen:

1. Pb Fe Zn ((K)) Ca ((Ti)) (Mn) Cu ((As Rb)) Sr Zr (Ba)
2. Fe K Ca (Ti) Mn ((Cu Zn As Pb)) (Rb) Sr ((Y)) Zr ((Nd))

links: Hauptelemente (außer Si, Al, Na, Mg)

rechts: Spurenelemente; von links nach rechts abnehmende Gehalte.

() : nicht in allen Objekten nachgewiesen

(()): nur in einzelnen Objekten nachgewiesen

Tabelle 1: Derbe, glasige Schlackenstücke (Werte in Masse-Prozent)

	10-3 grün	13-1 grau	13-2 grün	3 schwarz	10-5 schwarz	14 schwarz
SiO ₂	70,7	34,0	70,8	65,4	70,2	44,3
TiO ₂	0,3	2,7	0,5	0,7	1,1	0,7
Al ₂ O ₃	9,5	14,8	7,1	12,5	17,1	7,2
FeO	2,1	3,1	5,5	6,6	5,1	37,2
MnO	0,2	0,1	0,5	0,2	0,1	0,7
CaO	1,2	30,4	5,2	7,0	n.b.	2,9
MgO	n.b.	1,5	n.b.	1,3	0,7	1,0
Na ₂ O	n.b.	n.b.	n.b.	0,7	1,0	0,0
K ₂ O	7,0	1,9	2,3	5,6	4,1	1,0
PbO	4,9	10,9	2,3	n.b.	n.b.	1,3
ZnO	0,3	0,4	1,9	n.b.	n.b.	1,1
CuO	0,5	0,3	0,1	n.b.	n.b.	0,6

n. b. = nicht bestimmt (< 0.1 %)

3 = August-Bebel-Str., jetzt Petersstr. 19, Grube 7

10 = Borngasse 1, unter d. Straße vor d. Haus

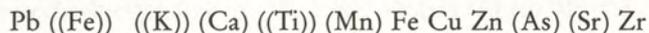
13 = Borngasse 5, Grube 6b

14 = Obermarkt 16, Brunnen 2

2. Schmelzreste in Kupellen

Die chemische Zusammensetzung der Schmelzreste in Kupellen ist mehr oder weniger einheitlich und zeigt vor allem sehr hohe Bleigehalte, zwischen etwa 40 und 60 Prozent als PbO, daneben stark schwankende Zinkgehalte bei relativ geringen Kupfergehalten. Fast in allen untersuchten Kupellen ist ein merklicher Silbergehalt nachweisbar. Tab. 2 zeigt einige typische Analysen der Schmelzreste.

Bei Einbeziehung der gefundenen Spurenelemente ergibt sich folgende Reihenfolge:



3. Schmelzkuchen in flachen Schalen

Schmelzkuchen und Schmelzreste in flachen, grauen Schalen sind ebenfalls überaus blei- reich, doch ausgesprochen zinkarm. Sie enthalten aber teilweise bedeutende Mengen Kupfer (bis über 15 Prozent als CuO). Ebenso konnte in den meisten Objekten Silber nachgewiesen werden (Tab. 3).

Tabelle 2: Schmelzreste in Kupellen

	5 dunkelbraun- honiggelb	6 braun	17-1 schwarz	17-2 schwarz- braun
SiO ₂	30,6	19,4	35,0	21,5
TiO ₂	0,4	0,3	0,3	0,4
Al ₂ O ₃	13,8	25,1	11,7	11,7
FeO	2,8	2,9	7,3	4,6
MnO	< 0,1	< 0,1	0,7	0,2
CaO	0,2	0,7	1,9	0,2
MgO	5,3	2,3	3,0	1,2
K ₂ O	0,2	0,2	< 0,1	< 0,1
PbO	45,1	43,6	38,6	58,3
ZnO	0,4	4,6	0,6	1,1
CuO	0,2	0,6	0,6	0,4
Ag ₂ O	0,9	0,5	0,4	0,4

5 = Berggasse 5, Grube 2

6 = Berggasse 5

17 = Enge Gasse 13, Grube 25

Tabelle 3: Schmelzreste in flachen Schalen

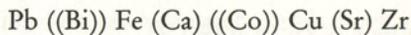
	2 schwarz	9 graubraun	15-1 grau	15-2 schwarz
SiO ₂	3,9	28,0	21,2	11,3
TiO ₂	< 0,1	< 0,1	0,5	n. b.
Al ₂ O ₃	35,5	40,8	15,3	8,9
FeO	3,2	1,8	2,0	0,4
CaO	1,1	0,2	0,4	4,7
MgO	3,4	3,2	n. b.	3,5
K ₂ O	0,0	0,1	1,0	n. b.
PbO	46,5	23,4	51,0	69,9
ZnO	1,0	1,1	n. b.	n. b.
CuO	4,7	1,3	8,8	1,3
Ag ₂ O	0,7	n. b.	0,0	0,3

2 = Borngasse 5, Grube 6b

9 = Obermarkt 16/17, Grube 3

15 = Enge Gasse 10, Kulturschicht

Bei Einbeziehung der Spurenelemente zeigt sich folgende relative Reihenfolge:



4. Weitere Fundobjekte

In eine vierte Gruppe werden vorerst all die Fundobjekte gestellt, die nicht zu den ersten drei Typen gerechnet werden können, selbst aber vom makroskopischen Befund her so heterogen sind, daß sie nicht als eigene Gruppe aufgefaßt werden können. Meist handelt es sich um Schmelzreste unterschiedlicher Dicke und Ausbildung an Tiegelmateriale. Nach der chemischen Zusammensetzung ist trotz der Inhomogenitäten eine grobe Zweiteilung

möglich, nämlich Proben mit deutlichen Buntmetallgehalten und Proben ohne oder mit nur geringen Gehalten an Pb, Zn und Cu (Tab. 4).

Tabelle 4: Schlacken in Tiegeln und an Tiegelbruchstücken

	1 schwarz	4 braungrau	12 dkl.-braun	7 braun-schwarz	18 braun
SiO ₂	1,1	3,1	7,9	69,9	19,7
TiO ₂	n. b.	n. b.	2,9	0,7	0,3
Al ₂ O ₃	10,9	82,4	23,5	20,0	12,1
FeO	9,9	0,7	34,9	4,0	44,1
MnO	n. b.	0,1	0,4	n. b.	n. b.
CaO	26,3	0,4	1,2	0,3	n. b.
MgO	1,4	6,3	n. b.	0,5	1,7
Na ₂ O	n. b.	n. b.	n. b.	1,0	n. b.
K ₂ O	n. b.	n. b.	n. b.	3,6	3,7
PbO	n. b.	0,5	19,5	n. b.	n. b.
ZnO	n. b.	1,6	4,3	n. b.	n. b.
CuO	4,6	0,5	2,5	n. b.	0,4
Ag ₂ O	15,7	2,5	n. b.	n. b.	n. b.

1 = Borngasse 5, Grube 6b

4 = Obermarkt 16/17, Schicht v. d. Durchbruch

7 = Obermarkt 15, über Grube 4

12 = Enge Gasse 13, Grube 23

18 = Obermarkt 16, Brunnen 2

Relativ ergeben sich für die zwei Gruppen folgende Reihenfolgen:

1. Cu Zn Pb Fe ((K Ca Ba Mn As Rb Sr Zr Nb Th U))
2. Fe K Ca Ti (Mn) ((Cu)) (Zn Pb) ((As)) (Rb Sr Y) Zr (Nb)

Untersucht wurden auch einige wenige Scherben und Tiegelmaterien. Auffällig ist, daß neben reinem Schamotte material mit Al₂O₃-Gehalten zwischen 20 und 40 Prozent häufig ein graphithaltiges Schamotte material auftritt, in Form größerer und kleinerer Tiegelreste. Beschrieben ist graphithaltige Schamotte aus vielen Lokalitäten. Graphit verbessert wesentlich die Eigenschaften der Schamotte. Er wird zwar bereits ab 700°C oxidiert und brennt damit ab, wird aber durch eine schützende Haut des beigemengten Tones vor weiterem Abbrand bewahrt. Dadurch wird der Sauerstoff von der Metallschmelze ferngehalten, und es entstehen weniger Metalloxide, die wiederum die Schamotte stärker angreifen würden (indirekte Wirkung). Die geringe thermische Dehnung erhöht die Temperaturwechselbeständigkeit. Weitere Vorteile eines Graphitzusatzes sind erhöhte Schlackenbeständigkeit und Wärmeleitfähigkeit.

Erstaunlich ist, daß die Hüttenleute des Mittelalters diese positiven Eigenschaften bereits zu nutzen wußten. Interessant wäre, die Herkunft des in Freiburger Hüttenbetrieben verwendeten Graphits zu ergründen. Hierfür würden sich evtl. die Spurenelementgehalte eignen. Unwahrscheinlich ist, daß die unbedeutenden Vorkommen von Graphitquarziten des sächsischen Raumes Ausgangsmaterial waren. In Frage kommen eher die südböhmischen, ostbayerischen oder gar die österreichischen Graphite. Eine genaue Zuordnung würde auch Hinweise auf Handelsbeziehungen zulassen.

Die Phasenanalyse der Schlackenproben war nicht sehr aufschlußreich. In den eisenrei-

chen Schlacken treten neben etwas Magnetit vor allem der Fayalit auf (Abb. 1). Gefundene Blei- und Kupferverbindungen, wie Bleikarbonat und Kupferhydrogenkarbonat, sind sicher Sekundärbildungen. Eindeutig konnte in zahlreichen Tiegelscherben Graphit nachgewiesen werden (Abb. 2). Daneben treten aber wenige typische Phasen der Schamotte auf, wie Mullit oder Cristobalit, was für einen relativ schwachen Brand der Tiegel spricht.

Literatur

- GÜHNE et al. 1989 = A. GÜHNE, B. STANDKE, R. STRIENITZ, B. ULLRICH, Eine Abfallgrube des 13. Jahrhunderts mit zwei Fürspanen von Freiberg. Ausgrabungen und Funde 34, Heft 1, 40–45.
- SCHULLE, ULLRICH 1985 = W. SCHULLE, B. ULLRICH, Orientierende Untersuchungen an Glasuren von historischen Meißner Porzellanproben. Silikatechnik 36, Heft 6, 170–173.
- ULLRICH 1990 = B. ULLRICH, Vergleichende Untersuchungen an historischen deutschen und chinesischen Steinzeugen des frühen 18. Jahrhunderts. Silikatechnik 41, Heft 10, 328–330.
- BOTHE, ULLRICH 1990 = H.-K. BOTHE, B. ULLRICH, Beurteilung historischer keramischer Erzeugnisse mit der Röntgenfluoreszenzanalyse. Keramische Zeitschrift 42, Heft 12, 900–903.

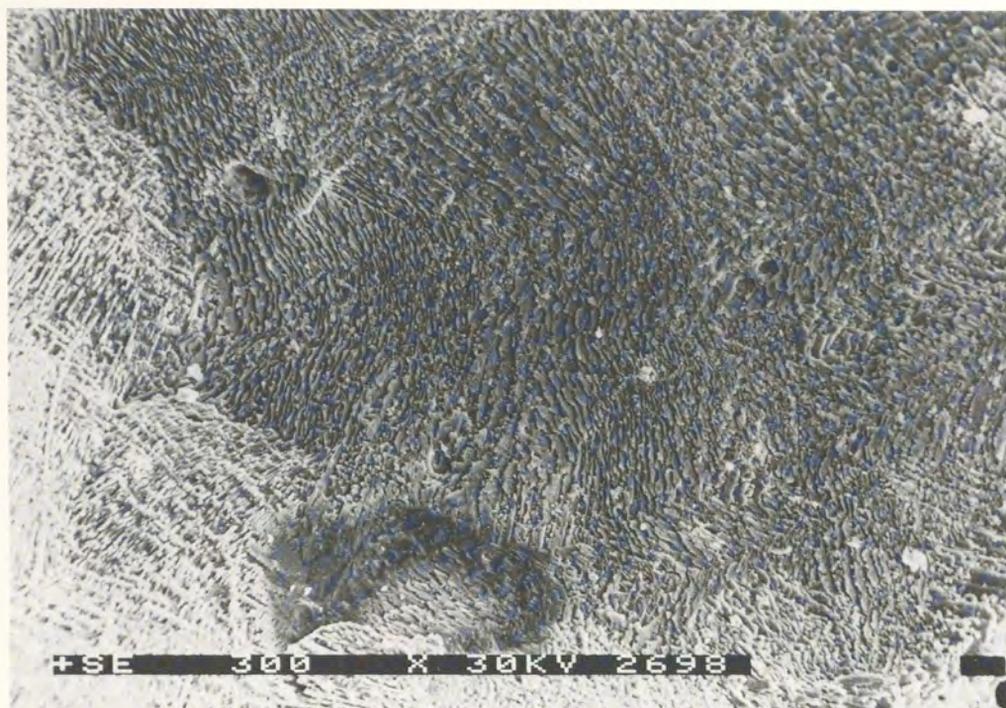


Abb. 1a Fayalitkristalle; Dichte Schlacke; schwarzes, dünnplattiges Schlackestück mit Fließstrukturen (FO: Brunnen 2, Obermarkt 16, Freiberg/Sachsen); Präparat 12 min. mit Flußsäure geätzt. REM-Aufnahme, Sekundärelektronenbild, Abbildungsmaßstab 182:1.

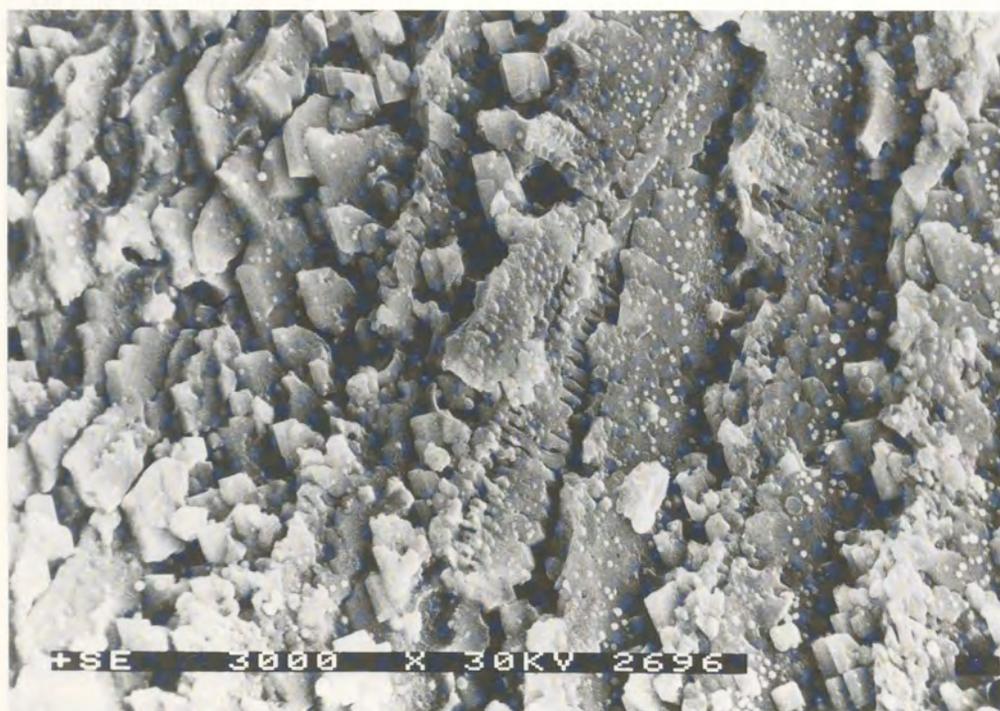


Abb. 1b Skelettartige Fayalitkristalle (wie Abb. 1a) Abbildungsmaßstab 1820:1.

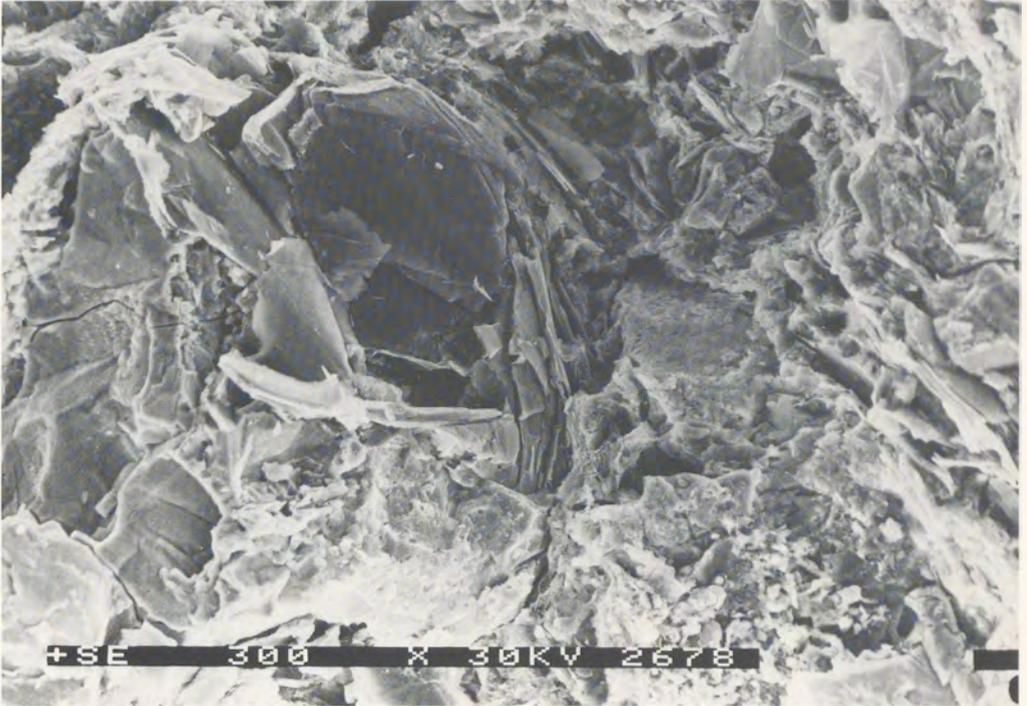


Abb. 2a Graphithaltige Schamotte; Fragment eines größeren Gießgefäßes, Wandstärke 20–23 mm (FO: Grube 6b, Borngasse 5, Freiberg/Sachsen); Präparat 12 min. mit Flußsäure geätzt. REM-Aufnahme, Sekundärelektronenbild, Abbildungsmaßstab 182:1. Deutlich sind die Graphitblättchen (Flinze) in der Bildmitte, links unten und rechts oben, erkennbar.

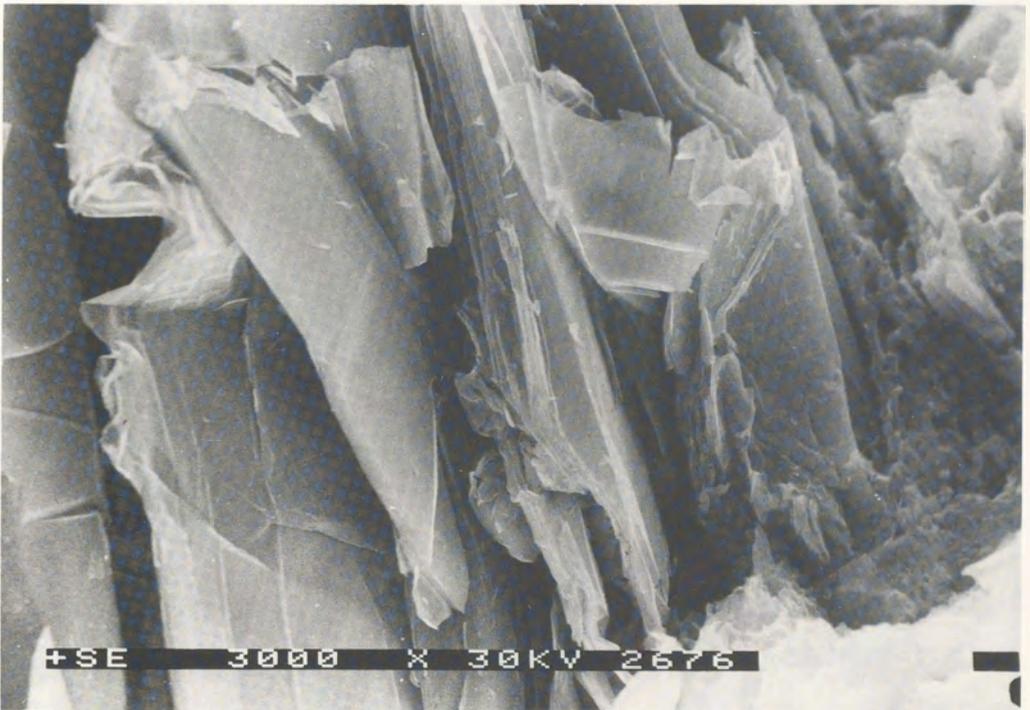


Abb. 2b Graphitblättchen (wie Abb. 2a), Abbildungsmaßstab 1820:1.

Mittelalterlicher Erzbergbau in Oberschlesien und seine Bedeutung für die örtliche Besiedlung

VON JERZY SZYDŁOWSKI

Oberschlesien, besonders sein östlicher Teil, ist heute vor allem als ein industriell stark entwickeltes Gebiet bekannt mit zahlreichen Kohlengruben, Eisenhütten und weiteren metallverarbeitenden Betrieben. Dies bildet natürlich ein Forschungsproblem der neuzeitlichen bzw. neuesten Geschichte. An dieser Stelle soll jedoch die Aufmerksamkeit auf ältere Traditionen wirtschaftlicher Aktivität und auf manche ihrer Folgen gelenkt werden. Genauer gesagt geht es um den Erzbergbau, der hier im Mittelalter umging. In einem kurzen Beitrag ist es schwer, diese Problematik ausführlich zu behandeln; denn es wäre dann notwendig, nicht nur die Problematik selbst genauer zu umreißen, die Quellen und das Schrifttum zu charakterisieren, die geologischen Verhältnisse anzudeuten, sondern auch die Rohstoffgewinnung während jüngerer Zeiten – vom Ende des 14. Jahrhunderts bis Mitte des 16. Jahrhunderts – wäre zu berücksichtigen, wobei wiederum solche Fragen auftreten, wie die Aussonderung der Bergbauzentren, ihre Größe und Bedeutung, die Bergbautechnik und ihre Entwicklung, die Organisation der Produktion sowie die administrativ-rechtlichen Grundlagen des Bergbaus.

Da eine solch umfassende Behandlung der angedeuteten Problematik hier nicht möglich ist, werden sich die Darlegungen hauptsächlich auf den Raum von Bytom (Beuthen) und die Verknüpfung zwischen Erzbergbau und Besiedlungsvorgang beschränken. Dabei ist zu betonen, daß bei diesem Ansatz die Erfahrungen und Erfordernisse der Siedlungsarchäologie von großer Bedeutung sind (Jankuhn 1977). Wie bekannt, stützt sich die Erforschung des Besiedlungsvorganges in vorgeschichtlichen Zeitperioden vor allem auf die Auswertung archäologischer Quellen im engen Zusammenhang mit den entsprechenden Umweltverhältnissen. Für geschichtliche Zeitabschnitte erweitern sich die Erfordernisse, und unentbehrlich ist die Berücksichtigung aller zugänglichen historischen Quellen (literarische Angaben, ikonographische Daten usw.), wobei auch weitere Befunde nicht auszuschließen sind (z. B. Architektur). Dies hat ebenfalls seine sachliche Bedeutung für unsere Ausführungen, obwohl es kaum möglich wäre, alle Elemente von Relevanz eingehend zu analysieren.

Das hier in Frage kommende ostoberschlesische Gebiet liegt ungefähr im Bereich der Wasserscheide zwischen der oberen Oder und der Weichsel; sie ist als die schlesische Hochebene bekannt. Abgesehen von weiteren spezifischen Verhältnissen in dieser Region (Bodenkunde, Hydrographie, Hipsometrie usw.) erscheint die geologische Lage dieses Raumes hier besonders wichtig aufgrund der Erze enthaltenden Dolomiten, die unter diluvialen Schichten lagern (Siedlecki 1955). Solche Lagerstätten bergen Zink- und Bleierze (Ekiert, Galkiewicz 1960; Molenda 1963). Sie konzentrieren sich hauptsächlich in drei Bereichen: im nordöstlichen Teil der schlesischen Hochebene, in der Gegend von Bytom und Tarnowskie Góry und weiter östlich in der Krakauer Hochebene im Raum Olkusz und Chrzanów (Abb. 1). Wegen starker tektonischer Störungen, die in diesem Raum



Abb. 1 Bereich der Erzlagerstätten in Ostoberschlesien.

erfolgten, bildeten sich an manchen Stellen leicht zugängliche Aufschlüsse von Lagerstätten. Der gesamte Bereich der Lagerstätten, die im Mittelalter als zugänglich betrachtet werden können, wird auf ungefähr 500 km² geschätzt, obwohl an einzelnen Stellen die Lagerstätten gewiß nicht mehr als einige 10 km² umfaßt haben. In größerer Tiefe treten Zink-Bleierzze auf, die aus Bleisulfiden bestehen, also Galenit und Zink-Blende enthalten. In höheren, leichter zugänglichen Schichten kommen die Erze als Cerrusit und Galmei vor. Diese lassen sich mit einfachen Mitteln reduzieren und verarbeiten. Für den uns interessierenden Zeitabschnitt (12.–14. Jahrhundert) kommt vor allem der Galenit (Bleiglanz) in Frage. Es ist das hauptsächlich Bleierz – silbrig und metallisch im Aussehen –, welches im Gestein unschwer bemerkbar ist. An reichen Lagerstätten konnte es sogar mit der Hand leicht sortiert werden. Solches Erz enthielt bis zu 70 Prozent Blei, wobei auch in bescheidenen Mengen Silber gewonnen werden konnte.

In der Umgebung von Bytom, wie auch im östlich anschließenden Gebiet, bestanden also nicht nur natürliche Voraussetzungen für eine Erzgewinnung, sondern an manchen Stellen (z. B. in Bytom) waren sie sogar recht günstig. Diese Tatsache führt uns zu der Frage, inwiefern archäologische und geschichtliche Nachweise den Erzbergbau in diesem Gebiet bezeugen.

Erste archäologische Spuren, welche mit der Ausbeutung örtlicher Erzbestände in Verbindung gebracht werden können, bilden aus Blei verfertigte Erzeugnisse (hauptsächlich Schmuckstücke), die auf einigen Gräberfeldern und in einem Depotfund (Jankowice) der oberschlesisch-kleinpolnischen Gruppe der Lausitzer Kultur aus der späten Hallstattzeit angetroffen wurden (Pfütenreiter 1942; Szydłowska 1964, 1982, 1988). Auffallend ist dabei ihre Verbreitung, die ziemlich genau dem Bereich der Erzlagerstätten entspricht. Obwohl es bisher nicht gelungen ist, Spuren einer Bleierzgewinnung oder einer Bleiverarbeitung aus dieser Zeit archäologisch nachzuweisen, erscheint die Vermutung berechtigt, daß hier der örtliche Rohstoff benutzt wurde. Dies um so mehr, als es an Hinweisen fehlt, die einen Bleiimport bezeugen können. Es scheint, daß hier der beschränkte Zugang zu Bronze bzw. zu Bronzegegenständen, was die Grabinventare der großen Gräberfelder und Befunde in Siedlungen ziemlich deutlich bezeugen, in gewissem Maße durch örtliches Blei ersetzt wurde. Dieses konnte lediglich zur Erzeugung von Schmuck benutzt werden, was die Funde eindeutig nachweisen.

Mit einer weit mehr ausgebauten Erzgewinnung, die durch zahlreiche Quellenangaben

besser bezeugt ist, haben wir in dem schon umrissenen Gebiet im Mittelalter zu tun und zwar in der Zeit vom 12. bis 14. Jahrhundert. Der bisherige Forschungsstand stützt sich hauptsächlich auf historische Quellen, die bereits in einigen Beiträgen und Bearbeitungen vorgelegt worden sind (Battaglia 1936; Maleczyński 1953; Dziekoński 1963; Molenda 1963). Archäologische Nachforschungen wurden bisher nur in einem sehr beschränkten Umfang als Notgrabungen in zwei wichtigen Stadtzentren durchgeführt und zwar in Bytom (oberschlesische Hochebene) und in Olkusz (kleinpolnische Hochebene). Davon wurden eingehender nur die Grabungsergebnisse aus Bytom bearbeitet (Szydłowski 1966), was diese Region als besser erforscht gelten läßt. Abgesehen davon ist die Tatsache wichtig, daß im ganzen Bereich der Erzlagerstätten aus der Zeit bis zum ausgehenden 16. Jahrhundert der Bergbau in ca. 60 Ortschaften urkundlich nachgewiesen ist (Molenda 1963, Karte). Dies ergibt eine Vorstellung vom Ausmaß der mittelalterlichen Produktion, die hauptsächlich Blei, zum Teil aber auch Eisen und Silber umfaßte. Besonders der Bleigewinn deckte nicht nur vollkommen den regionalen Bedarf; Blei wurde auch in bedeutenden Mengen exportiert, über Danzig nach Flandern, über Breslau nach Dresden, Leipzig, Freiberg, nach Böhmen und Mähren, über Krakau in die Slowakei und weiter nach Ungarn. Anzumerken ist auch, daß sich der örtliche Erzbergbau in zwei aufeinander folgenden Etappen entwickelt hat; zunächst (vom 12. bis 14. Jahrhundert) konzentriert er sich hauptsächlich in der Gegend von Bytom; seit dem 14. Jahrhundert erfolgt eine Verschiebung der Erzgewinnung in die Gegend von Olkusz und Tarnowskie Góry, wobei auch die Bedeutung von technischen Neuerungen nicht zu übersehen ist.

Wenden wir jedoch unsere Aufmerksamkeit dem schon erwähnten Beuthener Zentrum zu, wo der Beginn am frühesten bezeugt ist. In der Zeit zwischen dem 12. (vielleicht sogar schon ab dem ausgehenden 11. Jahrhundert) und dem 14. Jahrhundert ist Bytom nicht nur als bedeutendes Erzbergbau-, sondern auch als wichtiges Siedlungszentrum bekannt. Inwiefern dies begründet ist und der wirtschaftliche Aufschwung mit dem Besiedlungsvorgang in Verbindung steht, soll hier im kurzen Überblick zu den archäologischen und historischen Quellen berücksichtigt werden.

In der Chronik der Stadt Beuthen, die der Beuthener Lehrer Franz Gramer in den 60er Jahren des 19. Jahrhunderts geschrieben hat (Gramer 1863), finden wir die Nachricht, daß bei Bau- und Renovierungsarbeiten in der Altstadt, z. B. in den Kellern alter Häuser, des öfteren Spuren früherer Bergbau- und Hüttenarbeiten gefunden wurden. Dabei kamen auch Bleischlacke, Feuerstellen, Töpfe und Kamine mit Blei- und Silberüberresten zu Tage. Diese wissenschaftlich schwer auswertbaren Bemerkungen konnten später z. T. bestätigt werden.

Als in den Jahren 1932, 1936 und 1956 in der Altstadt von Bytom wieder Bauarbeiten unternommen wurden, gelang es, kleinere archäologische Notgrabungen (Abb. 2) durchzuführen (Pfützenteiler 1937; 1941; Szydłowski 1958, 1966). An einigen Stellen konnte dank freigelegter Holzüberreste der mittelalterliche Wohn- und Straßenverbau nachgewiesen werden, obwohl durch neuzeitliche Einebnungs- und Tiefbauarbeiten vieles zerstört worden war. In der Nachbarschaft erwähnter Fundobjekte wurden auch Schächte mit Holzverbau entdeckt, von denen wenigstens fünf als Bergbauschächte zu deuten sind. Alle hatten, soweit es genauer überprüft werden konnte, eine ähnliche Größe und waren nach denselben Regeln gebaut; sie zeigten einen quadratischen Grundriß mit einer Seitenlänge von 1,0 bis 1,2 m und hatten einen Wandverbau aus senkrecht gezimmerten Brettern, der durch rahmenförmig eingebaute, dicke Leisten von innen befestigt war. Zwischen der Bretterwand und dem gewachsenen, sandigen Boden befand sich eine 20 bis 40 cm starke Lehmschicht. Einerseits stabilisierte diese Lehmschicht den Bretterverbau, andererseits

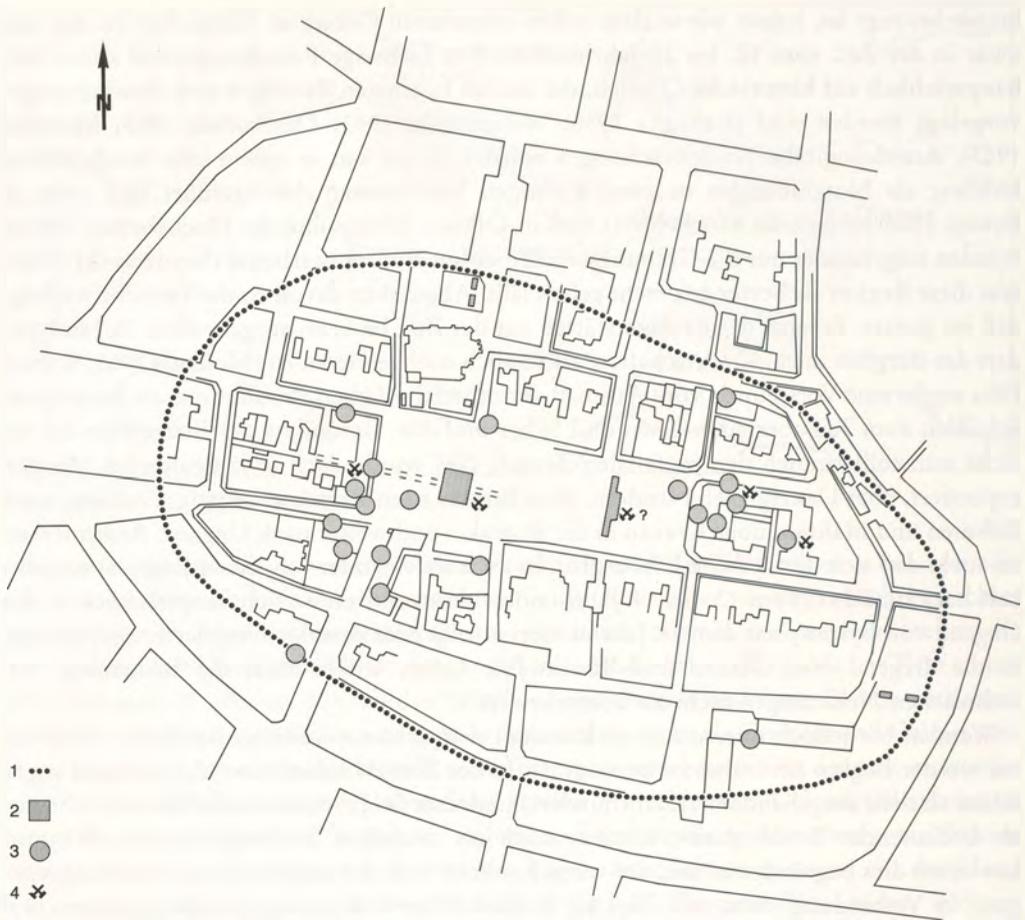


Abb. 2 Bytom-Altstadt

1 Bereich der mittelalterlichen Stadt; 2 Rettungsgrabungen; 3 Baugrubenbeobachtungen;
4 mittelalterliche Bergbauschächte.

bildete sie eine Art Isolation, welche den Zugang des Wassers in den Schacht verhinderte. Bemerkenswert ist die Lage eines freigelegten Schachtes, mitten in einem Holzbau (Abb. 3), der die Fläche von 17,5 qm umfaßte. Das in die Erde eingetiefte Fundament dieses Gebäudes bildeten zwei aufeinander blockartig gelegte Balkenrahmen. Darauf waren noch Reste einer senkrecht aufgebauten Konstruktion nachweisbar, auf die sich leichte, schräg aufgestellte Wände stützten, die auch zugleich das Dach bildeten. Man konnte feststellen, daß es teilweise Bretter-, teilweise Flechtwände waren. Die Bauweise unterscheidet sich auffallend vom Wohnbau, der ausnahmslos – soweit es die Grabungen erkennen ließen – in der Blockbauweise erfolgte. Der erwähnte Schacht befand sich an der Westwand des Gebäudes. Dicht an seiner Seite, aber an der Außenseite der Westwand, konnte man zwei starke, senkrecht eingetiefte Balken feststellen. Sie waren abgebrochen und lagen über dem Schacht im Innern des Hauses. Allem Anschein nach handelt es hier um Überreste einer Einrichtung, die zur Förderung der Erze aus dem Schacht bestimmt war.

Als weitere Zeugen der durch Grabungen in Bytom nachgewiesenen Bergbautätigkeit sind auch einige Funde zu erwähnen. Zu diesen gehören vor allem eiserne Bergmannseisen verschiedener Größe (mit Abnutzungsspuren), ein eiserner Keil, eine eiserne, stark abgenutzte Kratze, kleine schalenförmige Tonlampen und mehrere Lederstücke verschiedener

Größe, von denen einige als Reste bergmännischer Lederschürzen zu deuten sind. In enormer Menge wurden auf dem ganzen Grabungsgelände verschiedene Schlackenklumpen, viel seltener kleine Bleiklumpen, gefunden, was einer Bearbeitung des gewonnenen Erzes an Ort und Stelle vermuten läßt. Hauptsächlich wurde Blei erzeugt, wobei aber auch als wichtiges Nebenprodukt Silber gewonnen wurde. Zahlreiche Eisenschlacken bezeugen, daß hier dieser Rohstoff ebenfalls reduziert wurde, wofür in diesem »Industriegebiet« gewiß ein großer Bedarf bestand. Obwohl auch viele große Lehmfragmente gefunden wurden, ist es doch schwer, auf dieser Basis zu entscheiden, aus welcher Art Einrichtung sie stammen. Was aber das Bleischmelzen betrifft, gibt es Hinweise, daß dieser Arbeitsprozeß sogar in Wohnhütten durchgeführt wurde. Bei den Grabungen im Jahre 1936 konnte in der Ecke eines Wohnhauses ein rechteckiger, flacher Steinherd (80×80 cm) freigelegt werden, der flächig mit geschmolzenem Blei bedeckt war (Pfüzenreiter 1937, 183). In diesem Zusammenhang gefundene Keramik erlaubt, das Wohnhaus ins 12. bis 13. Jahrhundert zu datieren. Manche Anzeichen deuten darauf hin, daß bei der Durchführung des Schmelzverfahrens auch Tongefäße benutzt wurden. Dies scheint auch bei der Silbererzeugung in Frage zu kommen. Einen Hinweis ergibt das in der Nähe von Bytom (Stroszek) gefundene Gefäß, das seinerzeit von H. Seger veröffentlicht wurde, in dem sich geschmolzene Silberreste befanden (Seger 1931, 74). Archäologisch nachgewiesene Spuren der Silbergewinnung verbleiben im Einklang mit einer späteren Überlieferung in der Długosz Chronik (15. Jahrhundert), welche nur in Verbindung mit dem Beuthener Bergbau von »plumbum argenti permixti«, sonst aber immer hinsichtlich anderer Lagerstätten von »montes plumbi« spricht.

Diese kurze Übersicht der archäologischen Quellenbestände zeigt eindeutig, daß im Beuthener Gebiet nicht nur mit einer Erzgewinnung, sondern auch mit einer Weiterverarbeitung der Erze zu rechnen ist. Das bedeutet zugleich, daß es hier um einen wichtigen Faktor der örtlichen Wirtschaft geht, dessen Bedeutung noch zu berücksichtigen sein wird.

Bemerkenswert ist aber auch eine andere Tatsache; die westlich und östlich am Ring der Altstadt in Bytom entdeckten Schächte sind meist nicht weit von einander entfernt, was übrigens auch aus anderen Fundstellen mit Schachtgruben, die in der Umgebung von Bytom vorhanden sind, ersichtlich ist. Dies muß durch bestimmte Gründe verursacht worden sein. In Frage kommt hier die schon erwähnte Tatsache, daß die Erzbestände nicht immer schichtartig, sondern auch in Nestern auftreten. Weiter ist an technische Voraussetzungen zu denken; inwiefern war es z. B. möglich, bei den bestehenden Verhältnissen den Abbaubereich durch Stollen zu erweitern? Besonders wichtig ist jedoch die Grundwassergrenze, welche bei den damaligen technischen Mitteln schwer zu überschreiten war und die deshalb die Bergmänner dazu zwang, nachdem das Grundwasser erreicht war, neue Schächte zu graben. Wenn man diesen Umstand berücksichtigt, erscheint die Vermutung berechtigt, daß die Erzausbeutung in dieser Zeit überhaupt nur in solch einem Gebiet möglich war, in dem die Erzlagerstätten verhältnismäßig seicht gelegen waren. Mit einem günstigen Zustand ist eben in der Gegend von Bytom zu rechnen. In anderen erwähnten Gebieten der schlesisch-krakauer Hochebene (Olkusz, Sławków, Tarnowskie Góry) liegen die Erzbestände meistens tiefer. Ihre Ausbeutung wurde zum großen Teil erst dann möglich, als man im späten Mittelalter (frühestens seit der 2. Hälfte des 14. Jahrhunderts) über technische Mittel – die sog. Wasserkunst – verfügte, die es ermöglichte, die Grundwassergrenze zu unterfahren. Dies scheint jedoch für das Gebiet von Bytom nicht mehr in Betracht zu kommen, was sowohl aus der Datierung der archäologischen Funde (12.–14. Jahrhundert), wie auch aus anderen Angaben, die hier noch kurz erwähnt werden sollen, ersichtlich ist. Zu diesen zählen selbstverständlich vor allem die literarischen

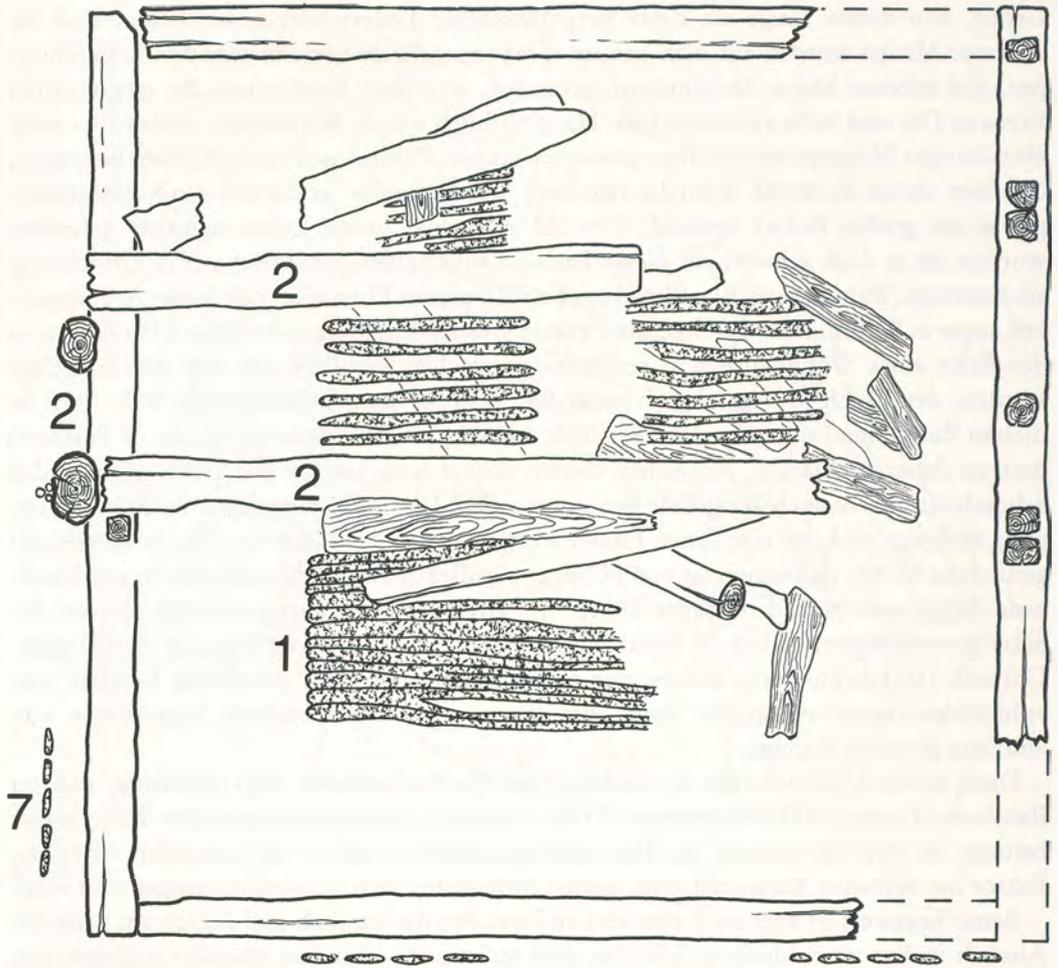


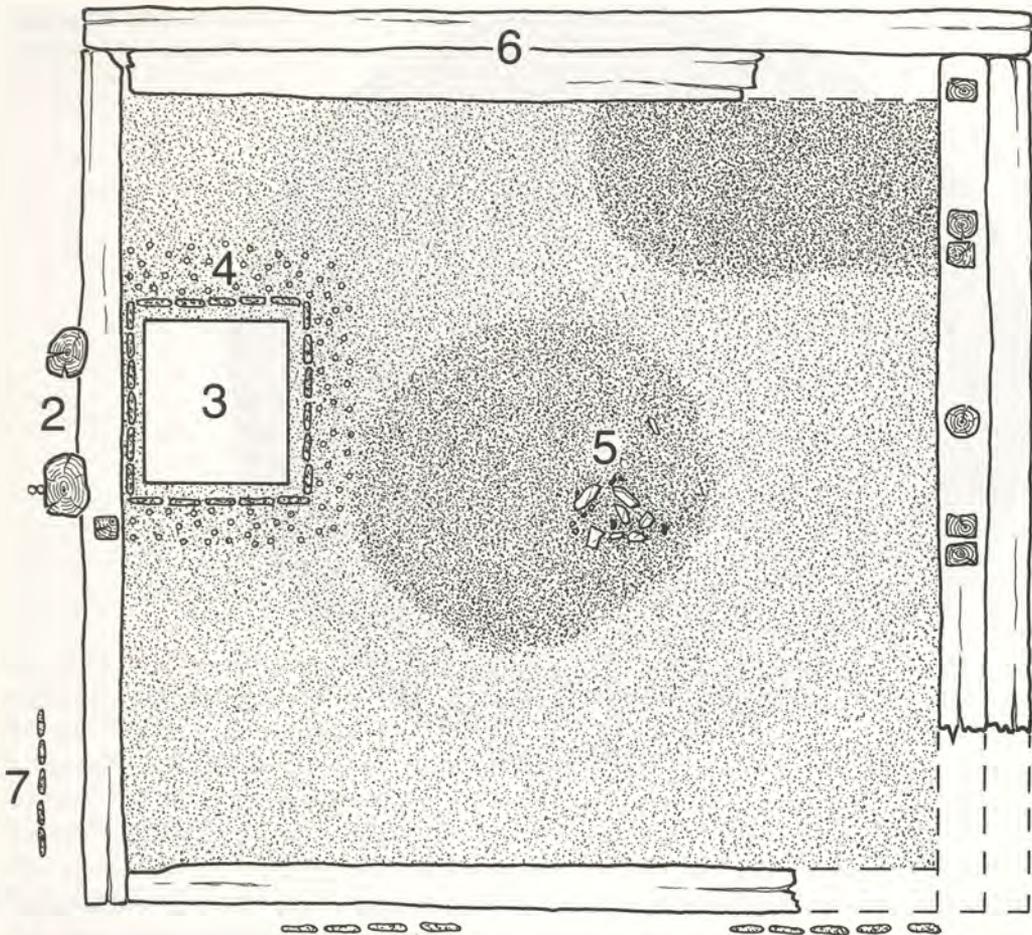
Abb. 3 Bytom, mittelalterlicher Holzschuppen

a – oberes Planum

1 Flechtwandüberreste; 2 Balkenkonstruktion einer Transporteinrichtung; 3 Schacht mit Holzverbau; 4 Lehm-schichtisolation; 5 Feuerstelle; 6 zwei blockartig gelegte Balkenrahmen mit eingezapften Pfosten; 7 schräg aufgestellte Außenwände.

Überlieferungen und einige ikonographische Hinweise, die aus sfragistischen und numismatischen Materialien zu entnehmen sind.

Die Bemühungen, das alte Urkundenschriftentum zusammenzustellen und auszuwerten, reichen zurück bis in das 19. Jahrhundert; danach ist es möglich, im »Kodeks Dyplomatyczny Wielkopolski« (Kodeks 1877) und im »Codex Diplomaticus Silesiae« (Wutke 1900) Bergbau in der Gegend von Bytom in 12. Jahrhundert nachzuweisen. In vielen nachfolgenden Berichten wurde immer wieder auf diese Nachrichten als die frühesten schriftlichen Überlieferungen über Bergbau im frühmittelalterlichen Königreich Polen hingewiesen. In dieser Hinsicht ist man sich auch heute in der Literatur einig. Was aber eine genauere Lokalisierung des erwähnten Bergbaugesbietes betrifft, so wurde eine Anzahl von Hypothesen aufgestellt, die jedoch kaum näher begründet wurden (Ortschaften: Chorzów, Siewierz, Siersza, Świerklaniec u. a. m.).



b - unteres Planum

0 100 cm

Die erwähnte Urkunde selbst stammt aus einem Protektionsschreiben des Papstes Innozenz II. aus dem Jahre 1136 für das Erzbistum Gnesen (Kodeks 1877, 12; Wutke 1900, 1). In ihr wird eine Ortschaft »Zversov« bei Bytom genannt, die mit Bauern, Silberbergmännern und zwei Gasthäusern der Justiz des Erzbischofs unterliegt. »*Ite villa ante Bitom que Zversov dicitur cum rusticis argentifossoribus et cum duabus tabernis non nisi ad archiepiscopi pertinet iurisdictionem.*« Diese Überlieferung korrespondiert teilweise mit einer noch früheren Urkunde aus der Zeit von 1123 bis 1125, in der aber nur die Gaststätten und der Markt erwähnt werden »... in Bytom thargove due taberne« (Kodeks 1875, 1; Cieślowa 1958, 167). Andere literarische Angaben aus der Zeit bis zur Mitte des 14. Jahrhunderts, die den Erzbergbau bezeugen, sind schnell zu erwähnen; da gibt es die Nachrichten aus den Jahren 1201 und 1247, durch die dem Vinzentstift in Aubin bei Breslau der Gewinn von Bleiproduktion aus der Ortschaft Repty (bei Bytom) vom Fürsten gesichert wird; weiterhin ein ähnliches Privileg, das 1260 dem Breslauer Bischof Thomas das Einkommen von Bleiproduktion aus der Ortschaft Biskupice sichert. Im Jahre 1295 werden als fürstliche Zeugen zwei Bergknappen aus Chropaczow erwähnt, und in der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts wird der Stadt Bytom vom Fürsten das Recht zugesichert, auf dem Ring eine Waage für Blei zu besitzen. Die Entwicklung Bytoms zu



Abb. 4 Bytom, Silberhaller mit Bergmann (M. 10:1).

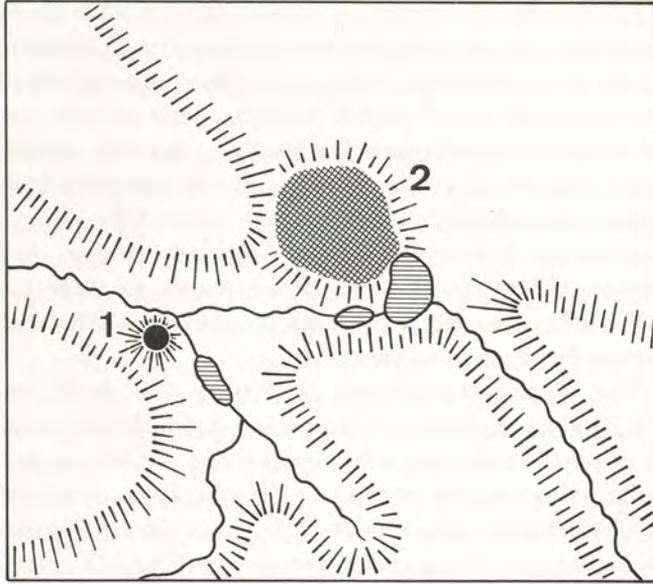
einem bedeutenden Handelszentrum wurde hierdurch begünstigt; 1369 wird das Beuthener Fürstentum und die Stadt selbst geteilt. In der betreffenden Urkunde wird auch das Einkommen aus der Bleiproduktion einiger Ortschaften erwähnt. Über Blei- und Silberlagerstätten und ihre Ausbeutung finden wir einige Angaben in der späteren Długosz Chronik, was sich jedoch auf die Zeit vor dem Ausgang des 14. Jahrhunderts bezieht (Długosz, Bd. XII, 310).

Ergänzend sind in diesem Zusammenhang einige ikonographische Angaben zu beachten. Da ist vor allem das Schöffensiegel der Stadt Bytom zu nennen, auf dem sich neben dem oberschlesischen Piastenadler die Gestalt eines arbeitenden Bergmannes befindet (Gumowski 1936, 383–384 und 401), weiterhin die Bürgermeistersiegel mit drei bergmännischen Kratzen (Saurma 1870, 397) und endlich der in Bytom geprägte silberne Haller (Abb. 4) wiederum mit der Gestalt eines mit der Pickel hauenden Bergmannes (Szydłowski 1966, 143).

Diese Angaben zusammenfassend (geologische Gegebenheiten, archäologische und historische Quellen) bleibt festzuhalten, daß sie sich gegenseitig weitgehend ergänzen und den Erzbergbau, wie auch die damit verbundene Blei- und Silbergewinnung, eindeutig belegen. Es wäre nun zu überprüfen, inwiefern der Erzbergbau den Besiedlungsvorgang im Raum von Bytom veranlaßt und begünstigt hat. Selbstverständlich können hier nur in Kürze die wichtigsten Aspekte umrissen werden.

Bereits seit dem 11. Jahrhundert ist in der Beuthener Gegend mit einem Siedlungskomplex zu rechnen (Abb. 5), der laut vorliegenden Quellenangaben aus einem Burgwall (auf dem sog. Margarethenhügel) und einer sich in der Nähe befindenden offenen Dorfsiedlung

Abb. 5 Bytom, Lage des Burgwalles und der Dorfsiedlung; 1 Burgwall; 2 Dorfsiedlung (seit 1254 Stadt).



mit Markt und zwei Gaststätten besteht. Nach den recht spärlichen Quellenbeständen scheint der Burgwall (Kastellanei) schon in der ersten Hälfte des 11. Jahrhunderts bestanden zu haben. Die Dorfsiedlung entwickelte sich wohl erst in der 2. Hälfte dieses Jahrhunderts. Meist wird darauf hingewiesen, daß die Entstehung und die schnelle Entwicklung dieses Siedlungskomplexes vor allem durch seine geographische Lage gefördert wurde; besondere Bedeutung wird hier der Kreuzung zweier Handelswege zugemessen, von Krakau nach Oppeln und Breslau sowie von Süden durch die Mährische Pforte in Richtung Polen. Gewiß ist dieser Umstand nicht zu übersehen, vor allem, wenn es um das Anfangsstadium geht, da in den Quellen sowohl der Markt wie die Gaststätten deutlich in den Vordergrund treten. Aus den historischen Überlieferungen ist auch zu entnehmen, daß die Dorfsiedlung Zversov genannt wurde und daß sich diese in der Nähe des Burgwalls befand, auf den damals die Bezeichnung Bytom zukommt. Besonders in der Urkunde aus dem Jahre 1136 kommt dies deutlich zum Ausdruck »... villa Zversov ante Bitom ...«. In späteren Urkunden wird aber diese »villa« nicht mehr erwähnt.

Obwohl mit den Anfängen der Erzausbeutung vielleicht schon im ausgehenden 11. Jahrhundert zu rechnen ist, kommt es zum eigentlichen Anwachsen des Bergbaus erst im 12. Jahrhundert. In dieser Zeit ist der wirtschaftliche und räumliche Aufschwung des Siedlungskomplexes in den Quellenangaben wenig ersichtlich, dafür ist aber seine politisch-administrative Position besser bezeugt.

Die Kastellanei Bytom kommt in den Besitz einer der wichtigsten Adelsfamilien, des Adels aus Wierzbna (Würben), welcher aus dem kleinpolnischen Geschlecht der Gryfiten stammt (Birkenmajerowa 1936). Noch vor 1173 wurde in Bytom (wohl in der Kastellanei?) vom polnischen König Boleslaus IV. (Kedzierzawy) eine romanische, longitudinale Kirche errichtet, was auf dem romanischen Tympanon des Vinzentstiftes in Aubin bei Breslau eindeutig dokumentiert ist (Maćzewska-Pilch 1973, 28–29; Szydłowski 1966, 61). Kurz darauf (1177) wird vom folgenden polnischen König (Kazimir der Gerechte) u. a. auch das Fürstentum Bytom dem Stammvater der oberschlesischen Piastenlinie Mieszko Płatonogi übergeben. Daß im Verlauf des 12. Jahrhunderts mit einer Entwicklung der Siedlung beim Burgwall doch gerechnet werden muß, ist aus einer Überlieferung, die sich auf das Jahr

1200 bezieht, zu ersehen; in dieser Zeit hat nämlich der erwähnte Piastenfürst »*Bytom edificat*«. Da seit 1136 die Bezeichnung der Dorfsiedlung »Zversov« in den Urkunden nicht mehr erscheint, besteht die Deutungsmöglichkeit, daß die Bezeichnung Bytom, früher nur für den Burgwall zuständig, jetzt auf den ganzen Siedlungskomplex, vor allem aber auf die aufblühende Dorfsiedlung mit den »*argentifossoribus*« erweitert wurde. In allen späteren Urkunden ist nämlich nur diese Bezeichnung zu finden. Im übrigen wird schon ein halbes Jahrhundert später, genau 1254, diese Siedlung als Stadt Bytom auf »*ius teutonicale*« lokalisiert. Aus der Lokationsurkunde, die durch den oberschlesischen Piastenfürst Wladislaus I. unterzeichnet wurde, ist eindeutig zu entnehmen, daß es hier nicht um eine neu angelegte Siedlung geht, sondern um eine neue Rechtsverordnung für eine bereits bestehende Siedlung.

Das Wirtschaftswachstum der Stadt Bytom im 13. Jahrhundert – vor allem durch den Erzbergbau angeregt – ist besonders durch den weiteren Ausbau in der Stadt und durch ihre zunehmende politisch-administrative Bedeutung ersichtlich. Einige ausgewählte Beispiele erlauben, dies besser zu veranschaulichen; noch vor der Lokation wird in der Stadt die Pfarrkirche gebaut (vor 1253), kurz darauf kommen die Minoriten und bauen die Nikoleikirche. Etwas später werden beim Osttor der Stadt die Heiligengeistkirche und das Hospital errichtet. Eine Zeit lang regierte der oberschlesische Piastenfürst Wladislaus aus Bytom und befestigte die Stadt. Nach seinem Tode wird das oberschlesische Fürstentum geteilt; im ostoberschlesischen Teil, das auf seinen Sohn Kazimir II. kommt, wird der Fürstensitz nach Bytom verlegt und ein Schloß in der Stadt gebaut. Dieses wird mit Mauern umringt. Seit dem ausgehenden 13. Jahrhundert werden in Bytom Münzen geprägt, zunächst in der fürstlichen Münze, die aber später von der Stadt übernommen wird.

An der schnellen wirtschaftlichen und politischen Entwicklung der Stadt Bytom ist somit nicht zu zweifeln. Der wirtschaftliche Aufschwung wurde hauptsächlich durch den Erzbergbau angeregt; der Bergbau sowohl in der Stadt selbst, vor allem aber derjenige in der Umgebung, sicherte dem mittelalterlichen Bytom bedeutende Einflüsse. Dies um so mehr, als sie über das Privileg verfügte, eine Waage für Blei zu besitzen, was den ganzen Bleihandel durch die Stadt leitete. Dabei ist natürlich auch der Gewinn an Silber nicht zu übersehen. Noch in der im 15. Jahrhundert verfaßten Chronik berichtet Długosz, daß die Blei- und Silberbestände hier »... *in abundantia copia*« vorhanden waren und deshalb wurde die Stadt das »silberne Bytom« genannt. Die Bürger waren angeblich so reich, daß sie die Wiegebetten aus Silber fertigen ließen. Obwohl solch eine Meinung gewiß als übertrieben zu bezeichnen ist, bezeugt sie doch, welche Bedeutung dem Erzbergbau zugeschrieben werden muß.

Die weitere Durchsicht des Quellenmaterials zeigt, daß seit dem ausgehenden 14. Jahrhundert sowohl archäologische Funde, besonders aber historische Nachrichten über Erzbergbau, Bleigewinn und damit verbundene Einkommen kaum noch vorhanden sind. Es drängt sich die Frage nach den Ursachen einer solchen Entwicklung auf. Die Frage ist um so mehr berechtigt, da es in derselben Zeit, besonders aber im 15. Jahrhundert im Bereich anderer Erzlagerstätten nördlich von Bytom, in der Gegend von Tarnowskie Góry zum bedeutenden Aufblühen des Erzbergbaus kommt. Zwar wissen wir, daß in der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts Bytom einige Rückschläge erfahren mußte, wie z. B. 1355 das Erlöschen der fürstlichen Linie der Beuthener Piasten; einige Jahre später wird die Stadt mit Kirchenbann belegt und 1369 wird nicht nur das Fürstentum Bytom, sondern auch die Stadt selbst zwischen zwei Fürstentümern aufgeteilt. Diese und andere politische Geschehnisse ergeben jedoch keine eindeutigen Anhaltspunkte, die uns den wirtschaftli-

chen Zusammenbruch und den starken Rückgang der Erzgewinnung überzeugend erklären könnten. Obwohl die erwähnten Umstände gewiß nicht unwichtig waren, so scheint die entscheidende Ursache des wirtschaftlichen Zusammenbruchs eng mit dem Bergbau verbunden zu sein.

In diesem Zusammenhang scheint es wichtig, die Aufmerksamkeit auf die schon angedeuteten Bedingungen der Erzausbeutung zu lenken. Es wurde darauf hingewiesen, daß der Bereich der Abbaue in entscheidendem Maße wohl durch den Grundwasserspiegel begrenzt war. Da man diese Grenze technisch nicht bezwingen konnte, war es notwendig, neue Schächte zu graben. Auf diese Weise wurden aber die seicht liegenden Erzbestände verhältnismäßig schnell ausgebeutet. Technische Neuerungen, die es erlaubten, die Wassergrenze zu bezwingen (die sog. Wasserkunst) verbreiteten sich frühestens seit der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts, in der Zeit also, in der die zugänglichen Lagerstätten in der Umgebung von Bytom schon weitgehend ausgebeutet waren. Die neuen technischen Möglichkeiten wurden deshalb nicht mehr hier, sondern an neuen Lagerstätten angewendet; dies vor allem nördlich von Bytom in der Gegend Tarnowskie Góry und weiter östlich im Raum Olkusz und Sławków, wovon Bytom aber nicht mehr profitieren konnte, da sich die erwähnten Ortschaften inzwischen entwickelt hatten, Olkusz sogar als Lokationsstadt.

Der starke Rückgang der Erzgewinnung im Beuthener Gebiet und die anwachsende Konkurrenz führten zu einem akuten wirtschaftlichen Niedergang, von dem sich die Stadt Bytom bis ins 20. Jahrhundert kaum erholen konnte und ihren provinziellen, kleinstädtischen Charakter behielt.

Die Gefahr, welche das Grundwasser für die Bergleute bildete, hat sich auch in der Mentalität der örtlichen Bewohner stark eingepreßt. Sie ist sogar heute in der Volkstradition als eine Fabel erhalten; danach soll seinerzeit der Berggeist Scharlej aus Zorn über den Übermut der reichen Bürger von Bytom eines Tages alle Berggruben mit Wasser überflutet und so ihrem Wohlstand ein Ende bereitet haben.

Wenn wir abschließend die eher kurz erwogenen Angaben und Verhältnisse, die den mittelalterlichen Erzbergbau in der Beuthener Gegend betreffen, zusammenfassen, ergeben sich einige Schlußfolgerungen:

- 1) Der wirtschaftliche Aufschwung, der seit dem 12. Jahrhundert in weiten Teilen Mitteleuropas zu beobachten ist und der einen anwachsenden Bedarf an Metallen, dabei auch Edelerzen, zur Folge hatte, womit auch die schnelle Bergbauentwicklung verbunden ist, findet ein weiteres Beispiel im mittelalterlichen Erzbergbau des Beuthener Gebietes. Gewiß ist es mit den großen Bergbauzentren dieser Zeit (z. B. Goslar, Freiberg, Kutna Hora) nicht zu vergleichen, im schlesisch-kleinpolnischen Bereich spielte es jedoch eine bedeutende Rolle.
- 2) Die seit dem 12. Jahrhundert anwachsende Erzgewinnung im Beuthener Raum ist eng mit dem Siedlungsvorgang, der sich besonders in der schnellen Entwicklung und wirtschaftlich-politischer Bedeutung (Fürstentum) der Stadt Bytom zeigt, verbunden. Obwohl auch andere Gründe nicht zu übersehen sind, wird diese Parallele wiederum im ausgehenden 14. Jahrhundert deutlich, als der Niedergang der Bergbauproduktion eine wirtschaftliche und politische Krise der Stadt verursachte, was auch eine wesentliche Bedeutung für das ganze Bergbaurevier hatte.
- 3) Besonders ist der interessante Umstand zu erwähnen, der den Niedergang der Erzgewinnung in der Beuthener Gegend verursacht zu haben scheint. Allem Anschein nach ist er auf die Ausbeutung der seicht über dem Grundwasserspiegel liegenden Erzbestände zurückzuführen. Dies erfolgte wohl in der Zeit bis nach der Mitte des 14. Jahr-

hunderts, bevor die hiesigen Bergleute sich die nötigen technischen Erfahrungen zur Anwendung der Wasserkunst aneignen konnten. Zu dieser Zeit lohnte es sich wahrscheinlich aber nicht mehr, mit solchen Einrichtungen im teilweise ausgebeuteten Gebiet zu arbeiten. Deshalb verlegte man den Bergbau in Gebiete außerhalb des Beuthener Reviers.

Literatur

- BATTAGLIA 1936 = A. BATTAGLIA, *Górnictwo śląskie* (Katowice).
- BIRKENMAJEROWA 1936 = Z. BIRKENMAJEROWA, *Rodowód średniowiecznych Gryfitów śląskich*. In: *Rocznik Towarzystwa Przyjaciół Nauk na Śląsku*. Bd. 5 (Katowice) 215–226.
- CIEŚŁOWA 1958 = I. CIEŚŁOWA, *Taberna wczesnośredniowieczna na ziemiach polskich*. *Studia Wczesnośredniowieczne* 4, 159–225.
- DŁUGOSZ 1876 = J. DŁUGOSZ, *Historia Polski*. Opera Omnia. Hrsg. A. PRZEŹDZIECKI. Bd. 12 (Kraków).
- DZIEKOŃSKI 1963 = T. DZIEKOŃSKI, *Metalurgia miedzi, ołowiu i srebra w Europie środkowej od XV do końca XVIII w* (Wrocław).
- EKIERT, GAŁKIEWICZ 1960 = F. EKIERT, T. GAŁKIEWICZ, *Śląsko-krakowskie złoża rud cyny i ołowiu*. In: *Geologia złóż surowców mineralnych Polski*. Surowce metaliczne (Warszawa) 276–302.
- GRAMER 1863 = F. GRAMER, *Chronik der Stadt Beuthen in Oberschlesien* (Beuthen).
- GUMOWSKI 1936 = M. GUMOWSKI, *Pieczęcie śląskie do końca XIV wieku*. In: *Historia Śląska od najdawniejszych czasów do roku 1400*. Bd. 3 (Kraków) 247–440.
- JANKUHN 1977 = H. JANKUHN, *Einführung in die Siedlungsarchäologie* (Berlin, New York).
- KODEKS 1877 = *Kodeks dyplomatyczny Wielkopolski*. Ed. J. ZAKRZEWSKI, Bd. 1 (Poznań).
- KODEKS 1875 = *Kodeks dyplomatyczny klasztoru tynieckiego*. Ed. W. KETRZYŃSKI, S. SMOLKA (Lwów).
- MAŁECZYŃSKI 1953 = K. MAŁECZYŃSKI, *Z dziejów górnictwa śląskiego w epoce feudalnej*. In: *Szkice z dziejów Śląska* (Warszawa) 175–218.
- MAĆZEWSKA-PILCH 1973 = K. MAĆZEWSKA-PILCH, *Tympanon fundacyjny z Olbina na tle przedstawień o charakterze donacyjnym* (Wrocław).
- MOLENDĄ 1963 = D. MOLENDĄ, *Górnictwo kruszcowe na terenie złóż śląsko-krakowskich do połowy XVI wieku* (Wrocław).
- PFÜTZENREITER 1937 = F. PFÜTZENREITER, *Alt-Beuten im Lichte der Spatenforschung*. *Altschlesische Blätter* 12, Nr. 7/8, 181–185.
- PFÜTZENREITER 1941 = F. PFÜTZENREITER, *Baufunde aus der Gründungszeit von Beuthen, OS*. *Nachrichtenblatt für deutsche Vorzeit* 17, H. 1–2, 55–56.
- PFÜTZENREITER 1942 = F. PFÜTZENREITER, *Früheisenzeitlicher Schmuck aus Blei*. *Altschlesische Blätter* 17, H. 1, 20–23.
- SAURMA 1870 = H. SAURMA, *Wappenbuch der schlesischen Städte und Städtel* (Berlin).
- SEGER 1931 = H. SEGER, *Nachträge zu den schlesischen Silberfunden der spätslawischen Zeit*. *Altschlesien* 3, 67–75.
- SIEDLECKI 1955 = S. SIEDLECKI, *Zarys historii geologicznej Górnego Śląska*. In: *Górny Śląsk*. *Prace i materiały geograficzne* (Kraków) 11–62.
- SZYDŁOWSKA 1964 = E. SZYDŁOWSKA, *Wyroby ołowiane kultury łużyckiej w Polsce*. *Przegląd Archeologiczny* 8, H. 1, 44–63.
- SZYDŁOWSKA 1982 = E. SZYDŁOWSKA, *Eksploracja i przetwórstwo metali kolorowych na Górnym Śląsku u schyłku epoki brązu i w początkach epoki żelaza*. *Pamiętnik Muzeum Miedzi* 1, 131–145.
- SZYDŁOWSKA 1988 = E. SZYDŁOWSKA, *Zagadnienie eksploatacji ołowiu w kulturze łużyckiej w Polsce*. In: *Surowce mineralne w pradziejach i we wczesnym średniowieczu Europy środkowej* (Wrocław) 41–52.
- SZYDŁOWSKI 1958 = J. SZYDŁOWSKI, *Archeologiczne prace terenowe Muzeum Górnośląskiego w latach 1945–1957*. *Biuletyn Śląskiego Instytutu Naukowego* 4, 5–22.
- SZYDŁOWSKI 1966 = J. SZYDŁOWSKI, *Bytom – pradzieje i początki miasta*. *Rocznik Muzeum Górnośląskiego w Bytomiu*, *Archeologia* 4 (Bytom).
- WUTKE 1900 = K. WUTKE, *Schlesiens Bergbau und Hüttenwesenkunde* (Breslau).

Historisch-archäologische Untersuchungen zur mittelalterlichen Buntmetallgewinnung in Polen

VON DANUTA MOLEND A

1. Einleitung

Die wichtigsten Buntmetallagerstätten Polens befinden sich im südlichen und zentralen Teil des Landes, hauptsächlich in Schlesien und in Kleinpolen (Abb. 1). Für das Mittelalter sind Goldseifen und Goldbergbau in Niederschlesien sowie Blei- und Silberbergbau im westlichen Teil Kleinpolens und in Oberschlesien nachgewiesen. Im Spätmittelalter begann man auch mit Gewinnung von silberhaltigem Kupfer in Niederschlesien und in Kleinpolen, aber nur in geringem Maße.



Abb. 1 Die wichtigsten Bergbaureviere des Mittelalters in Südpolen
1 Olkuszer und Beuthener Revier; 2 Kielcer Revier; 3 Tatra Revier; 4 Niederschlesisches Revier.

Folgende Bemerkungen betreffen vor allem die Bleigewinnung. Mit der Geschichte dieses Bergbaus beschäftige ich mich seit vielen Jahren. Natürlich interessieren mich aber auch die anderen Bergreviere in Polen sowie in Mitteleuropa¹.

1 D. MOLEND A, *Górnictwo kruszcowe na terenie złóż śląsko – krakowskich do połowy XVI wieku* (Wrocław, Warszawa, Kraków 1963); DIES, *Kopalnie rud ołowiu na terenie złóż śląsko – krakowskich w XVI–XVIII wieku* (Wrocław, Warszawa, Kraków, Gdańsk 1972); DIES., *Der Erzbergbau Polens im Mittelalter*. Der Anschnitt 32, 1980, 235–244; DIES., *Der Erzbergbau Polens vom 16. bis 18. Jahrhundert*. Der Anschnitt 37, 1985, 196–205.

Der chronologische Rahmen umfaßt im polnischen Bleibergbau den Zeitraum vom 12. bis zum 15. Jahrhundert. Seit Mitte des 12. Jahrhunderts ist die Silbergewinnung aus Bleierzen durch schriftliche Quellen verbürgt, aber durch archäologische Quellen schon seit der Hallstattzeit nachgewiesen. Es gibt außerdem mehrere, aber sehr unterschiedliche Spuren des Bleibergbaus aus dem 16. und 17. Jahrhundert, die also zur Epoche der Renaissance gehören.

Als Historikerin habe ich für meine Forschungen vor allem die schriftlichen sowie kartographische und ikonographische Quellen genutzt. Aber ich studiere auch archäologische Funde und Befunde in Museen und im Gelände. Meistens ziehe ich solche heran, die durch meine Kollegen der Archäologie entdeckt wurden. Aber auch ich habe an einem Vorhaben teilgenommen, das die Registrierung der im Gelände erhaltenen Überreste des Bergbaus zum Ziel hatte. Auf Grund der Erfahrungen einer Montanhistorikerin, die mit unterschiedlichen Quellengattungen arbeitet, möchte ich einige Bemerkungen formulieren, die die historisch-archäologischen Untersuchungen zum mittelalterlichen Erzbergbau betreffen.

2. Forschungsstand

Einleitend möchte ich darauf aufmerksam machen, daß die Spuren der mittelalterlichen Bergarbeiten auf verschiedene Weise entdeckt worden sind und erforscht werden:

A. Nur bei einigen Befunden handelt es sich um Ergebnisse gezielter, planmäßiger archäologischer Untersuchungen. Solche werden in Polen systematisch schon seit langem auf dem Gebiet des Salzbergbaus durchgeführt, aber auch zum Bergbau älterer Epochen, z. B. zum neolithischen Flintbergbau, liegen Untersuchungen vor. Dagegen ist der mittelalterliche Buntmetallbergbau erst später und nur begrenzt erforscht worden. Seit 1973 wurden von Archäologen aus Wrocław Ausgrabungen in den Gebieten der Goldseifen und des Goldbergbaus durchgeführt. Diese Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen, und die Ergebnisse werden noch laufend veröffentlicht².

Dagegen haben die archäologischen Untersuchungen silberhaltiger Bleierzlagerstätten im kleinpolnischen und oberschlesischen Revier hauptsächlich den Charakter von Rettungsarbeiten, da bei Stadterweiterungen, beim Ausheben von Gebäudfundamenten oder beim Straßenbau Spuren des alten Bergbaus zufällig freigelegt werden. Obwohl solche Rettungsarbeiten ungeplant und kurzfristig durchgeführt wurden, brachten sie wichtige Ergebnisse. Dagegen zeigten die geplanten Forschungen im Olkuzer Revier nur geringe Erfolge³.

B. Die zweite Gruppe von Forschern, die alte Bergbauspuren untersuchen, sind die Geologen und Speleologen. Eigentlich entdecken sie diese zufällig, während ihrer normalen Berufstätigkeit. Allgemein erregen sie aber ihre Aufmerksamkeit, was eine Analyse und Beschreibung der Überreste hervorruft. Als Ergebnis erhält der Montanhistoriker wertvolle Angaben. So entdeckten z. B. Geologen, die im Kielcer Revier in Świętokrzyskie Gebirge arbeiteten, einige mittelalterliche Buntmetallgruben, und Höhlenforscher fanden

2 J. KAŹMIERCZYK, A. GRODZICKI, *Górnictwo złota koło Złotoryji*. *Studia archeologiczne* 7, 1976, 205–248; J. KAŹMIERCZYK, *Znaki naskalne w górach śląskich*. *Materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, Seria Archeologiczna* 25, 1978, 195–203; DERS., *Głucholaskie Zagłębje Złota*, In: *Szkice nyskie* 3 (1986) 43–79.

3 F. GRAMER, *Chronik der Stadt Beuthen in Ober-Schlesien (Beuthen 1863)* 317; J. SZYDŁOWSKI, *Bytom. Pradzieje i początki miasta (Bytom 1966)* 70; W. STADNIK, *Badania archeologiczno-górnice w Olkuszu w 1964 roku*. *Kwartalnik Historii Kultury Materialnej* 134, Nr. 3, 1965, 655–656; *Informator archeologiczny (Warszawa 1978)* 197–198; *Informator archeologiczny (Warszawa 1979)* 256–257.

in der Tatra, in den Beskiden und in den Sudeten an den Höhlenwänden Zeichen, die von ehemaligen Erzsuchern stammen⁴.

C. Die dritte Forschergruppe bilden neben den Archäologen und Geologen bei uns schon lange die Montanhistoriker. Bereits seit dem Ende des 18. Jahrhunderts, aber besonders im 19. Jahrhundert, entstanden einige Arbeiten zur Geschichte des Bergbaus, die sich nicht nur auf schriftliche und kartographische Quellen stützten, sondern auch die Feldforschungen berücksichtigten, die zwar nicht immer fachmännisch geführt wurden, aber doch wertvolle Ergebnisse geliefert haben⁵.

1963–1970 wurde eine Registrierung hauptsächlich der oberflächlichen (manchmal auch unterirdischen) Spuren des Bergbaus im Olkuszer und Tarnowitzer Revier durchgeführt. Unter den Forschern waren Wirtschafts-, Kunst- und Technikhistoriker, aber leider keine Archäologen. Das Ergebnis war ein »Katalog der Bergbaudenkmäler« mit Text, Bildern und Karten, veröffentlicht in der Reihe »Katalog der Industriedenkmäler in Polen«, herausgegeben vom »Institut für Geschichte der materiellen Kultur«⁶.

D. Bedeutende Entdeckungen der alten Spuren wurden am Ende des 18. Jahrhunderts und im 19. Jahrhundert bei der Wiederaufnahme der Prospektion derjenigen Erzlagerstätten gemacht, die schon im Mittelalter ausgebeutet wurden. Die dabei angetroffenen alten Abbaue erregten das Interesse der damaligen Ingenieure und Bergleute und wurden von ihnen fachmännisch beschrieben und dokumentiert. Das Interesse verband sich oft mit Anerkennung der Erfahrung ihrer Vorgänger, die doch wesentlich bescheidenere technische Möglichkeiten hatten⁷. So blieben wertvolle Quellen für heutige Historiker erhalten. Der Wert dieses Materials, das durch diese »zufälligen« Montanarchäologen gesammelt wurde, ist um so größer, als die ehemals beschriebenen Geländebefunde jetzt vorwiegend unzugänglich oder zerstört sind.

3. Bergbauspuren

Die Überreste des mittelalterlichen Bergbaus in Polen sind im Prinzip denen in anderen Revieren ähnlich. Das sind unter Tage Schächte, Strecken, Gewinnungsorter, Kammern, aber auch Ausbau und Versatz. An der Oberfläche sind es Pingen (Abb. 2), Halden, verfallene Tagebaue, Reste von Erzwäschen. Zu den Montandenkmälern sollte man auch Siedlungen und Bergstädte zählen, die ein wertvolles Zeugnis des vergangenen Bergbaus darstellen⁸.

4 T. WRÓBLEWSKI, Metody terenowych badań stanowisk górnictwa i hutnictwa kruszcowego w Górach Świętokrzyskich. In: Dzieje i technika świętokrzyskiego górnictwa i hutnictwa kruszcowego (Warszawa 1972) 185–190; J. JOST, O górnictwie i hutnictwie w Tatrach Polskich (Warszawa 1962).

5 H. ŁABECKI, Górnictwo w Polsce, Bd. I–II (Warszawa 1841); H. KOWNACKI, O starożytności kopalni kruszców i wyrabiania metallow (Warszawa 1791); K. KOZŁOWSKI, O przemyśle górniczym w dawnej Polsce. Wszechświat 7, 1877, 272–315.

6 E. KRYGIER, D. MOLENDĄ, A. SAŁADZIAK, Katalog zabytków budownictwa przemysłowego w Polsce, Bd. 3, Heft 4. Kreis Olkusz. 1. Teil – Bergbaudenkmäler (Wrocław, Warszawa, Kraków, Gdańsk 1971).

7 W. HÜBNER, Über uralte Bleierzbergbau im Felde der Königlichen Friedrichsgrube bei Tarnowitz. Zeitschrift des oberschlesischen Berg- und Hüttenvereins 38, 1899, 399–302; W. SCHULTZ, Bemerkungen über das Vorkommen des Bleyglanzes, Braunsteins und Gallmeys bei und um Tarnowitz in Oberschlesien (Hameln 1813); J. KARWACIŃSKI, Odnowienie dawnej sztolni Ponikowskiej. Przegląd górniczy 22, 1885, 29–30; A. ALBRECHT, Kopalnie galmanu bolesławsko-olkuskie. Przegląd techniczny 39, 1901, 396–396; B. JASIŃSKI, Osuszenie kopalń olkuskich. Wszechświat 3, 1884, 656.

8 D. MOLENDĄ, Bergbaudenkmäler in Polen und ihre Bedeutung für die Geschichtsforschung. In: II. International Congress on the Conservation of Industrial Monuments, Transactions, bearb. von W. KROKER (Bochum 1978) 209–215.



Abb. 2 Pingenfeld bei Olkusz in Kleinpolen; 13. Jahrhundert.

Da unsere Bleierze in Flözlagerstätten auftreten und unter großen Sandschichten im recht flachen Relief des Geländes liegen, war die Hauptmethode der Erzgewinnung der Schachtbau. Stollen, schon bekannt in Niederschlesien und im Tatragebirge, wurden in diesem Revier erst im 16. Jahrhundert als lange Wasserlösungsstollen gebaut.

Die Entdeckung alter Abbauräume aus dem 13. Jahrhundert hat gezeigt, daß die Schächte (Abb. 3) in den damaligen Bleierzgruben vorwiegend quadratisch sind, mit Seitenlängen von 1,1 bis 1,5 m. Es gab aber auch runde Schächte. Der Ausbau bestand aus Holz, das von außen mit einer Tonschicht isoliert wurde, weil die Schächte meist in weichem oder verwittertem Gestein, oft sogar in Sand und Schwemmsand, abgeteuft waren.

Die gleichzeitigen Schächte in den niederschlesischen Goldgruben sind dagegen rechteckig, oval oder rund, manchmal trichterförmig. Der Durchmesser beträgt ca. 1,2 bis 3,5 m, sogar bis 10 m; der Ausbau bestand aus der Abfolge Holz-Ton-Holz. Die Gänge und Strecken waren niedrig, die Gewinnungsgänge sogar nur 0,4 bis 0,5 m hoch, diejenigen für den Transport etwas höher. Seltener sind aber auch bis zu 2,5 m hohe Strecken bekannt. Die Bergleute, die sie im 19. Jahrhundert entdeckten, konnten sich eine Arbeit dort kaum vorstellen und bezeichneten sie als sehr »mühsam«. Diese niedrigen und engen Strecken mit unebenen Sohlen und Firsten hatten natürlich schwere Arbeitsbedingungen zur Folge. Die Bergleute konnten nur kriechen, und der Abbau mußte halbbliegend vorgenommen werden⁹.

9 H. HÜBNER (wie Anm. 7) 300.

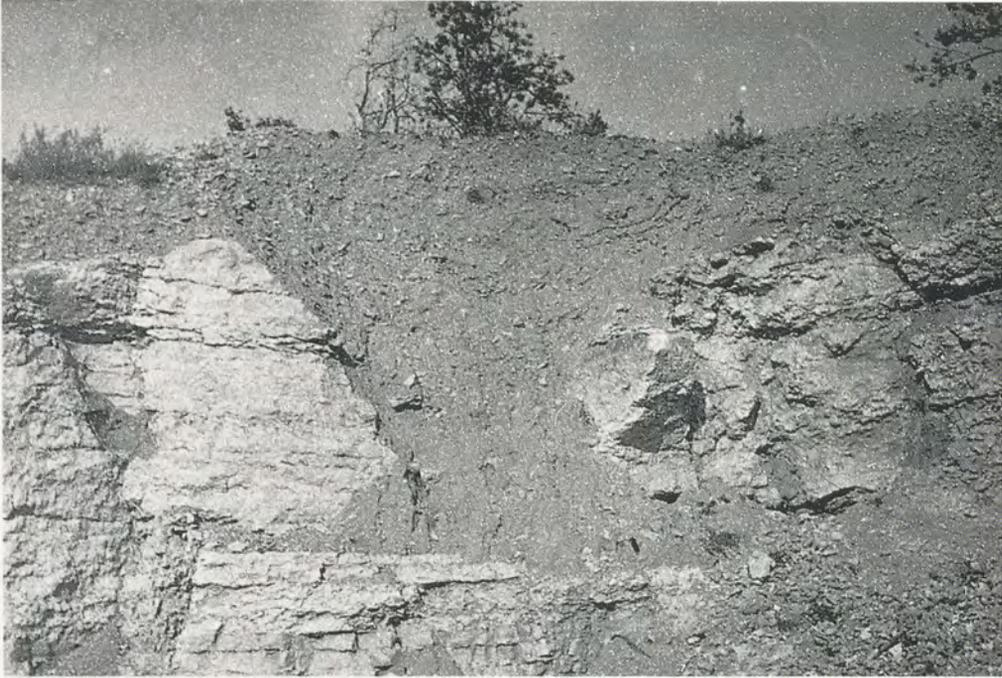


Abb. 3 Mittelalterlicher Schacht in Olkusz.

Der Ausbau der Gewinnungsstrecken war sehr schwach (Abb. 4). Oft waren sie nur durch Stempel an den schwächsten Stellen gestützt, obwohl sie in weiches, verwittertes Gestein getrieben wurden. Das zeigt, wie gefährlich die Arbeit des mittelalterlichen Bergmanns war. Ganz anders war der Ausbau bei den im 16. und 17. Jahrhundert gebauten langen Wasserstollen. Der Ausbau bestand hier aus guter, fester Verzimmerung aus Eichenstämmen. Im festen Gestein waren die »künstlerisch polierten« Wände, Seiten, Stöße, Firste und Sohlen vollkommen glatt gehauen und sogar zierlich ausgestuft. Die Ingenieure des 19. Jahrhunderts bezeichneten die ältere Eichenzimmerung als »wunderlich« und »besonders«¹⁰. Es gab auch Versatz aus taubem Gestein oder aus ärmeren Erzen, manchmal auch Stützpfiler.

Das Netz der mittelalterlichen Strecken war unregelmäßig. Sie folgten nur den Erzvorkommen über eine Entfernung bis zu 10 m vom Schacht. Bergleute, die sie im 19. Jahrhundert entdeckten, hatten trotz ihrer großen Erfahrung Angst davor, sich in dem verwirrenden Streckenbau zu verlieren. Erstaunlich ist, wie nahe unter der Erdoberfläche die Arbeiten ausgeführt wurden. Die mittelalterlichen Strecken im Alt-Olkusz, die vor kurzem durch einen Steinbruch entdeckt wurden, befanden sich nur einige Meter unter der Erde (Abb. 5).

Die alten Geländespuren geben uns nicht nur Informationen über die Technologie, sondern auch über die Organisation der Bergarbeit. Aus der Lage der Schächte sowie aus der Aufteilung der Halden und der Analyse des Gehalts kann man Folgerungen über die in diesem Gebiet auftretende Größe der Grubenfelder, ihrer Bewirtschaftung und über die Funktionen der einzelnen Schächte ziehen.

10 W. SCHULTZ (wie Anm. 7) 64.



Abb. 4 Mittelalterliche Abbaustrecke bei Olkusz.



Abb. 5 Mittelalterliche Abbauräume in Olkusz, einige Meter unter der Oberfläche.

Die mittelalterlichen Schächte in Bytom waren innerhalb der Holzgebäude in denen man Spuren von Feuerstellen mit Bleischlacke fand, abgeteuft (s. Beitrag von J. Szydłowski in diesem Band, S. 361 ff.). Das weist darauf hin, daß die Erze gleich neben dem Schacht geschmolzen wurden. In den Gebäuden fand man sonst keine Siedlungsspuren. Die

Situation war also anders als in den Bleigruben von Altenberg (Westfalen) und auf dem Treppenhauer in Sachsen, die beide in das 12.–13. Jahrhundert datieren. Vergleichbar ist aber, daß dort die Gruben von einem Haus-Turm bewacht wurden. In Alt-Olkusz entdeckte man eine Burg, die wahrscheinlich eine ähnliche Funktion für das ganze Revier innehatte, wie die in Altenberg. Aber es fehlen bis heute direkte Beweise dafür, daß diese Burg Verbindung mit dem Bergbau hatte.

Die Untersuchungen zur Größe und dem Volumen der Halden und zu deren Gehalt gestatten Rückschlüsse auf den Umfang der Erzerzeugung. Durch eine Analyse der in den Halden belassenen Erze oder der zurückgebliebenen Teile der Erzlager in den unterirdischen Abbauräumen kann man feststellen, welches Erz damals für den Abbau als rentabel und welches als unrentabel galt; einige Probleme der Ökonomie des Bergbaus lassen sich auf diese Weise untersuchen.

4. Datierung

Besondere Schwierigkeiten bei der Registrierung und Auswertung der Überreste des alten Erzbergbaus bereiteten uns ihre Unzugänglichkeit sowie die Datierung. Die Befahrung der alten Abbaue unter Tage ist häufig mit Gefahren verbunden, da sie sich in diesem Revier – wie erwähnt – in weichem und verwittertem Gestein befinden. Der seltene und dann inzwischen verrottete Holzausbau drohte oft einzubrechen. Erschwerend kamen Luftmangel und hohe Temperaturen in den schlecht bewetterten Abbauräumen hinzu.

Die Datierung der Denkmäler ist aus folgenden Gründen beim Erzbergbau immer besonders kompliziert:

A. Die Konstruktions- und die technischen Eigenschaften gestatten es nur, die grundlegenden Entwicklungsetappen zu bestimmen. Dies ist durch die Kontinuität der mittelalterlichen Montantechnologie bedingt.

B. Datierungsschwierigkeiten werden auch dadurch hervorgerufen, daß die Lagerstätten in verschiedenen Jahrhunderten immer wieder abgebaut wurden. Das ist bei polymetallischen Erzlagerstätten eine häufige Erscheinung. Man baute sie periodisch ab, gemäß dem Fortschritt der Montanwissenschaft, den immer besseren Methoden der Erzaufbereitung, aber auch der Kenntnis von neuen Mineralien und Metallen. In Polen, wo die Lagerstätten Silber, Blei, Zink und Eisen enthalten, baute man z. B. zuerst die reichsten Bleierzlager mit Silbergehalt ab (Bleiglanz, Galena, PbS), später kam man auf ärmere Erzlager zurück, deren Ausbeutung vorher als unrentabel galt. Seit Mitte des 16. Jahrhunderts, aber im größeren Ausmaße seit dem Anfang des 19. Jahrhunderts, begann man in den gleichen Abbauräumen mit der Galmeigewinnung, also der Zinkerze, die bisher als taubes Gestein angesehen worden waren. Seit Anfang des 20. Jahrhunderts erregte das Interesse auch Blende, das zweite Hauptzinkerz. Eben deshalb wurden die gleichen Strecken und Gänge im Verlauf von einigen Jahrhunderten mehrmals zum Abbau genutzt. Man wechselte ihren Ausbau, um sie den neuen Anforderungen anzupassen. Die mittelalterlichen Spuren wurden dadurch größtenteils überlagert und zerstört. Die Halden wurden mehrmals ausgeklaut, da sie noch bedeutende Mengen an ärmeren Erzen enthielten. Ähnlich baute man die mittelalterlichen Erzwäschen im 16. Jahrhundert und wieder im 19. Jahrhundert erneut aus. Die alten Erzreste wurden dann für die Zinkgewinnung genutzt.

Auf diese Situation, die zu einer Vernichtung der älteren Spuren führte, machten schon

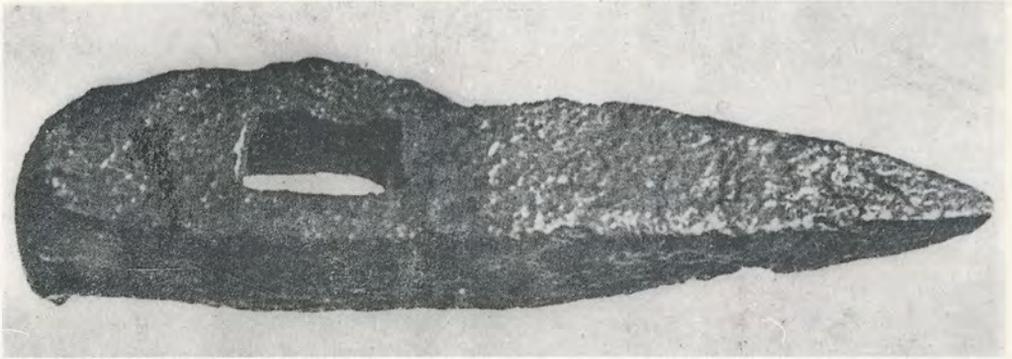


Abb. 6 Mittelalterliches Bergeisen aus Beuthen/Oberschlesien.

am Ende des 18. Jahrhunderts die Montanhistoriker aufmerksam¹¹. Deshalb können weder heutiges Aussehen der Bergbaudenkmäler noch in den Gruben gefundene Objekte, die oft zur Datierung benutzt werden (Geräte, Münzen, Keramik), in diesem Fall völlig ausreichen (Abb. 6 und 7). Bei der Datierung muß man also sehr vorsichtig sein. So wurde z. B. am Ende des 19. Jahrhunderts in einem alten Schacht einer Bleigrube in Kleinpolen eine schwedische Münze aus der Mitte des 17. Jahrhunderts gefunden. Schnell wurde daraus die Schlußfolgerung gezogen, daß aus dieser Zeit die Bergarbeiten stammen müßten. Diese Ansicht wurde in der Literatur festgehalten und bis heute mündlich in der lokalen Tradition überliefert. Es stellte sich aber anhand der schriftlichen Quellen heraus, daß diese Grube schon im Mittelalter in Betrieb war und daß man im 17. Jahrhundert auf sie zurückkam, um das verbliebene Galmei zu fördern.

Für die Datierung der Montanbefunde ist es daher sehr wichtig festzustellen, ob sie mehrmals genutzt wurden und zu welchen Zeiten. Günstig für montanarchäologische Untersuchungen sind Fundorte, an denen während jüngerer Zeit kein oder nur geringer Bergbau stattfand.

Bei der Datierung war für uns die Untersuchung der Abbaumethoden hilfreich: so zeigt z. B. die Benutzung von Sprengstoff beim Abbau, daß diese Arbeiten in das Ende des 18. Jahrhunderts oder jünger zu datieren sind. Der Abbau mit Schlägel und Eisen (Abb. 6) sowie mit Feuersetzen deuten auf das Mittelalter und in das 16./17. Jahrhundert, in Polen sogar noch in die 1. Hälfte des 18. Jahrhunderts.

Von der Anwendung dieser Methoden zeugen nicht nur die direkten Spuren in den Abbauräumen, sondern auch die Analyse der Form und der Lage der Gesteinsstücke in den Halden. Beim Abbau mit Schlägel und Eisen entstanden einige Zentimeter große Stücke, bei der Sprengarbeit dagegen größere Stücke von spezifischer Form. Aus dem Aussehen des Gesteinsschuttes kann man auch folgern, ob die Abbauräume sekundär genutzt wurden.

Hilfreich bei der Datierung unserer Bergbaudenkmäler kann die Ergründung des Abbauzieles sein. War dies ausschließlich Bleierz, und Zinkerz wurde zurückgelassen, so stammen diese Gruben aller Wahrscheinlichkeit nach aus dem Mittelalter. Später kam man auf sie nicht mehr zurück. Die Feststellung von Galmeigewinnung legt nahe, daß die Abbauräume aus dem 18. bis 19. Jahrhundert stammen. Man kann vielleicht auch mit der Möglichkeit des Abbaus im 16. und 17. Jahrhundert rechnen, aber er ist bestimmt nicht älter.

11 D. MOLENDĄ, R. W. WOŁOSZYŃSKI, Memoriał P. M. Hennina o górnictwie olkuskim w połowie XVIII w. Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa 9, 1965, 63–64.

Abb. 7 Eisengeleucht aus
Tarnowitz/Oberschlesien;
16. Jahrhundert.



5. Ergebnisse

Die Eigenart der Bergbaudenkmäler bewirkt also, daß deren Entdeckung und Erforschung – von der Montanarchäologie unternommen – über die Anwendung spezieller Methoden erfolgen sollte. Darauf verwies schon die frühere Literatur, z.B. F. Freise¹². Aus unserer Erfahrung resultiert, daß die Arbeitsweise interdisziplinär angelegt sein muß. Sie beruht auf der Beteiligung von Archäologen, Historikern, Geologen und Montanexperten sowie auf der Auswertung aller zugänglichen Quellentypen. Es scheint, daß nur eine solch komplexe Betrachtung eine exakte Identifizierung und Datierung der entdeckten materiellen Spuren des alten Bergbaus ermöglichen kann.

12 F. FREISE, Geschichte der Bergbau- und Hüttentechnik, Bd. 1 (Berlin 1908) 168–180; D. MOLEND, O stosowaniu metod kompleksowych w badaniach zabytków górnictwa. Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 27, Nr. 1, 1982, 107–124; DIES., Confrontation et interprétation des sources dans le domaine de l'archéologie minière. L'étude et la mise en valeur du patrimoine industriel. In: 4^e Conférence internationale, Lyon–Grenoble, septembre 1981, édition du C. N. R. S. (Paris 1985) 217–223.



Abb. 8 Darstellung eines Bergmannes; Holzchnitt Anfang 17. Jahrhundert; aus: W. ROZDZIŃSKI, *Officina ferraria* (Kraków 1612).

Bei unseren Forschungen ergab sich, daß die genaue Kenntnis der historischen Literatur bezüglich des Bergbaus sowohl aus Polen als auch aus ganz Europa besonders bedeutend ist. Sie enthält oft wichtige Informationen über die mittelalterliche Technologie und Organisation der Erzgewinnung, entstanden durch sorgfältige und gute Analyse der schriftlichen Quellen, besonders von Bergordnungen, die schon am Ende des 12. Jahrhunderts herausgegeben wurden¹³. Besonders wertvoll ist die ikonographische Überlieferung (Abb. 8), die häufiger erst am Ende des 16. Jahrhunderts einsetzt, aber doch frühere Jahrzehnte betrifft.

Die sorgfältige Interpretation von Bergbaudenkmälern durch die Montanarchäologie erfordert auch Vergleiche. Man stößt nämlich häufig auf die nicht immer bestätigte Feststellung vom »einmaligen Charakter« der entdeckten Befunde. Dies ist aus emotionaler Sicht erklärlich, findet aber nicht immer eine Bestätigung in den Quellen und in der Literatur. Deshalb versuchen wir, unsere Entdeckungen mit anderen, z. B. mit denen aus dem Gebiet des kleinpolnischen Salzbergbaus oder des niederschlesischen Goldbergbaus, aber auch mit den Ausgrabungen aus dieser Zeit in anderen Ländern, z. B. in Altenberg bei

13 B. GILLE, *Problemy średniowiecznej techniki górniczej*. *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki* 12, Nr. 3, 1967, 513–529; J. PAZDUR, a. a. O. 531–540.

Montanarchäologische Forschungen im Erzbergbaurevier von Banská Štiavnica (Schemnitz)

VON JOZEF LABUDA

In der bisherigen Geschichte der archäologischen Forschung auf dem Gebiet der Slowakei wurde den Bergbauregionen noch nicht die gebührende Aufmerksamkeit gewidmet. Einerseits folgt daraus, daß man hier noch wissenschaftliche Überraschungen erwarten kann; andererseits muß man mit der Vernichtung vieler Bergbaurelikte, ja sogar ganzer Areale infolge der neuzeitlichen oder gegenwärtigen Bergbautätigkeit rechnen.

Die Anfänge der Montanarchäologie in der Slowakei kann man in den archäologischen Forschungsarbeiten in Špania Dolina (Herrengrund) im Bezirk Banská Bystrica (Neusohl) sehen¹. Dieser Forschung gingen die wichtigen Untersuchungen von M. Novotná zur frühen Kupfer- und Bronzeindustrie voraus, vor allem in den Bergbauregionen der Slowakei². Erst im Jahre 1981 ging das Slowakische Bergbaumuseum in Banská Štiavnica zu systematischen archäologischen Prospektions- und Konservierungsarbeiten über, und zwar in der westlichen Region des Erzreviers von Banská Štiavnica und von Banská Hodruša³. Dieser regionale Forschungsschwerpunkt wurde durch die thematische Festlegung der Aufgaben des Slowakischen Bergbaumuseums bestimmt.

1. Geologische Charakteristik des Untersuchungsgebietes

Das Erzrevier von Banská Štiavnica und von Banská Hodruša, worin Banská Štiavnica eine zentrale Position einnimmt, besitzt eine Ausdehnung von rund 100 qkm (Abb. 1). Auf dieser Fläche sind mehr als 120 Erzgänge und Klüfte registriert, die vorwiegend in Nord-Südrichtung streichen⁴. Die Mächtigkeit der Erzgänge ist variabel und beträgt durchschnittlich 1,2 bis 1,4 m, ihre Länge erreicht manchmal bis 10 km. Zu den bekanntesten und seit langem ausgebeuteten Erzgängen gehören der Spitaler-, der Theresien- und der Biebergang, ferner der Grüner-, der Johann-, der Ochsenkopf-, der Bärenleuten- und der Rummelgang. Zu den Hauptmineralen der Gangauffüllung gehören Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Eisenkies sowie auch Silbererze, wie Polybasit, Pyrargyrit, Proustit. Auch Gold kommt in kleineren Mengen vor⁵.

1 A. TOČÍK, H. BUBLOVÁ, Príspevok k výskumu zaniknutej ťažby medi na Slovensku (Beitrag zur Untersuchung des stillgelegten Kupferbergbaues in der Slowakei). *Štúdijské zvesti AÚ SAV* 21, 1985, 47–135.

2 M. NOVOTNÁ, Medené nástroje a problém najstaršej medi na Slovensku (Kupfergeräte und das Problem der ältesten Kupfergewinnung in der Slowakei). *Slovenská archeológia* 3, 1955, 70–100.

3 J. LABUDA, Najnovšie výsledky archeologického výskumu SBM v regióne Banskej Štiavnice (Neuere Ergebnisse der archäologischen Forschungen des Bergbaumuseums im Banská Štiavnica). *Zborník Banského múzea* 14, 1989, 7–22.

4 J. BURIAN et al., Metalogenéza neovulkanitov Slovenska (Metallogenesis of neovolcanites in Slovakia). (Bratislava 1985) 62.

5 Banská Štiavnica (Banská Bystrica 1964) 19.

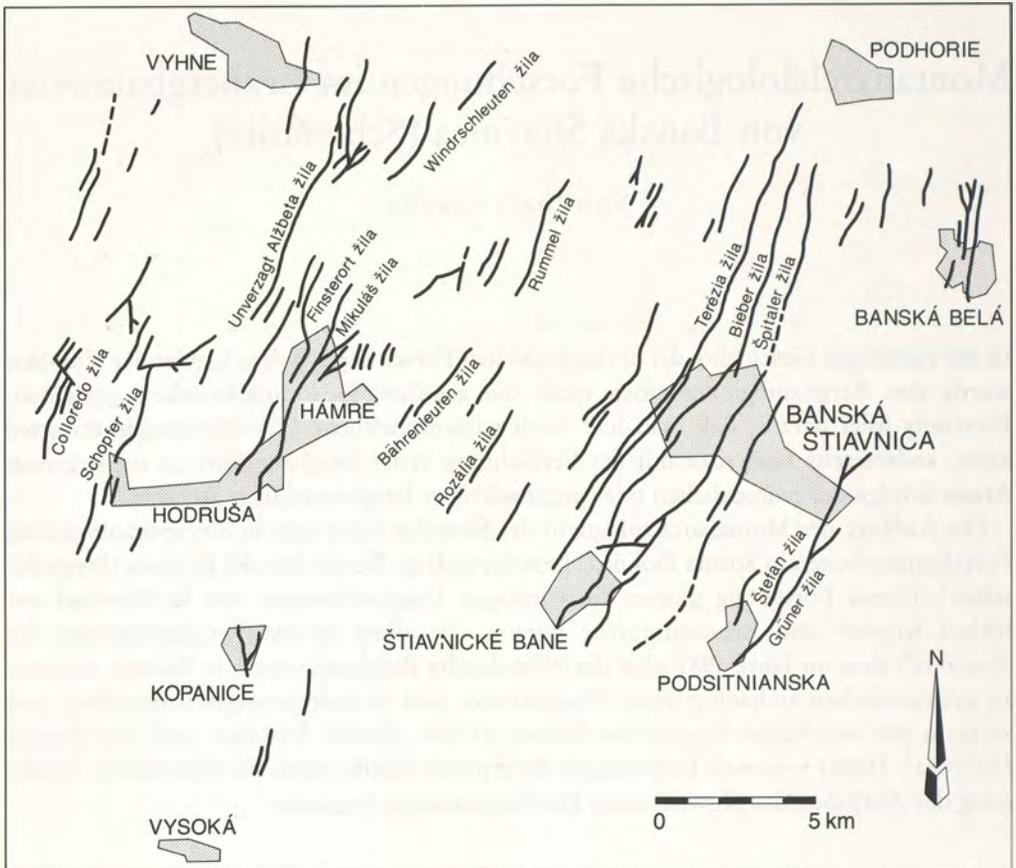


Abb. 1 Das Erzrevier von Banská Štiavnica.

2. Prospektion im Gelände

Die geologischen Kenntnisse über die Region und die Analyse der Flur- und Ortsnamen haben – in Verbindung mit der Geländeinspektionen – zur Auswahl der Methoden für die archäologischen Forschungsarbeiten geführt. Zur Zeit erscheint es erfolgversprechend, bei den archäologischen Arbeiten Gangzüge im bewaldeten Gelände zu verfolgen. Es handelt sich um das Terrain zwischen den Siedlungsgebieten Banská Štiavnica (Schemnitz) – Horná Roveň (Eben) und Štiavnické Bane (Sieglisberg, Windschacht) und besonders um jene Abschnitte des Theresianganges, welche der intensive Bergbau des Mittelalters und der Neuzeit unberührt gelassen hat.

3. Die Anfänge der Besiedlung

Das Erzrevier von Banská Štiavnica und Banská Hodruša bildet einen Teil des Schemnitzer Gebirgszuges und liegt in seinem zentralen Teil.

Die Struktur des Erzreviers von Banská Štiavnica erlaubte es nicht, Kupfererze (Azurit, Malachit) zu fördern, da diese nur in beschränkter Menge und nur stellenweise (z. B. in Banská Hodruša) vorkamen. Eine Zunahme der Zahl von Siedlungen im Zusammenhang mit dem Bergbau in der jüngeren Bronzezeit kann weder bestätigt noch widerlegt werden.

Eine unterschiedliche Situation spiegelt die Anwesenheit keltischer Bevölkerungsgruppen in der Randzone des Erzreviers, die man in einen Zusammenhang mit der berg- und hüttenmännischen Tätigkeit bringen kann. Es handelt sich um Siedlungen, die in das 3. bis 2. Jahrhundert v. Chr. datiert werden. Sie liegen noch im Flachland (Beluj, Ladzany) und haben im Hintergrund eine befestigte Höhsiedlung (auf dem Berg Sitno). In der Nähe der aus der Latènezeit stammenden Siedlung Bardinová, unweit von Beluj, befindet sich der Flecken Banište (d.h. ein Ort, an dem Bergbau betrieben wird), wo einst leicht schmelzbare Erze (Roteisenstein, Magnesit) vorkamen und wo auch Spuren von Gold und Silber festgestellt worden sind.

Von einer konkreten Besiedlung des Erzreviers von Banská Štiavnica kann man erst für die Zeit von der Wende vom 11. zum 12. Jahrhundert n. Chr. ausgehen. Neben der zunehmenden Zahl von Archivalien aus dieser Zeit stehen uns auch archäologische Funde zur Verfügung. In einer Urkunde der Sankt Benedikter Abtei aus dem 11. Jahrhundert werden königliche Goldwäscher am Granfluß erwähnt⁶. Als älteste Angabe, die mit einer Bergbauregion im Zusammenhang steht, kann man die Beschreibung des weiteren Territoriums, der sog. »terra banensium«, aus dem Jahre 1156 betrachten. Diese Beschreibung bezieht sich offensichtlich auf das Erzrevier von Banská Štiavnica. Im Jahre 1217 erhält der Magnat Alexander für eine dem König gewährte Anleihe dreihundert Pfund in Silber »aus Bana«⁷. Aus dem erwähnten Zeitabschnitt vom 12. und 13. Jahrhundert stehen uns auch archäologische Funde aus dem Areal der Stadt Banská Štiavnica zur Verfügung.

4. Archäologische Erforschung technischer Objekte und die Ergebnisse naturwissenschaftlicher Analysen

Es ist leicht begreiflich, daß der in einem Bergbaurevier arbeitende Archäologe hauptsächlich solche Funde und Befunde dokumentiert, die mit der Grubenarbeit und der Technologie des Probier- und Hüttenwesens im Zusammenhang stehen (Abb. 2 und 3). Auch aus dem Gebiet des Erzreviers von Banská Štiavnica verfügen wir vor allem über Funde von technischer Keramik sowie von Hütten- und Schmelzschlacken. Diese Stücke sind naturwissenschaftlichen Untersuchungen unterzogen worden.

Die wissenschaftlichen Mitarbeiter des Preßburger Dionys Štúr Geologischen Instituts (Dr. J. Határ) studierten die ausgewählten Muster mit Hilfe von Dünnschliffen, die dann optisch mit einem Polarisationsmikroskop im reflektierten Licht untersucht wurden. Darauf folgte eine Untersuchung der Proben mit dem Elektronenmikroskop JSM-840, wobei Aufnahmen von Kompositionen gefertigt wurden, die eine Unterscheidung der vorliegenden Phasen ermöglichen. Man untersuchte geeignete Objekte zur Analyse der chemischen Zusammensetzung. Diese Analysen wurden im energiedispersen Spektrometer EDAX-9100/75 durchgeführt.

Es wurden ausgewählte Funde von folgenden Fundstellen analysiert:

- A. Banská Štiavnica – Staré Mesto (Glanzenberg): Graphitkeramik aus dem Areal eines Verhüttungsplatzes; Analysen von zwei unterschiedlichen Verhüttungsschlacken.
- B. Banská Štiavnica – Kammerhof: Einer Analyse sind die verschiedenen Typen von Probierkapellen und Tiegeln unterzogen worden, die vor allem einen hohen Prozentsatz an Blei aufwiesen.

6 N. KAUZ, (Hrsg.), Monumenta ecclesia Strigoniensis 1-2 (Strigonii 1874) 55.

7 G. FEJER, Codex diplomaticus III/1, 205-206.

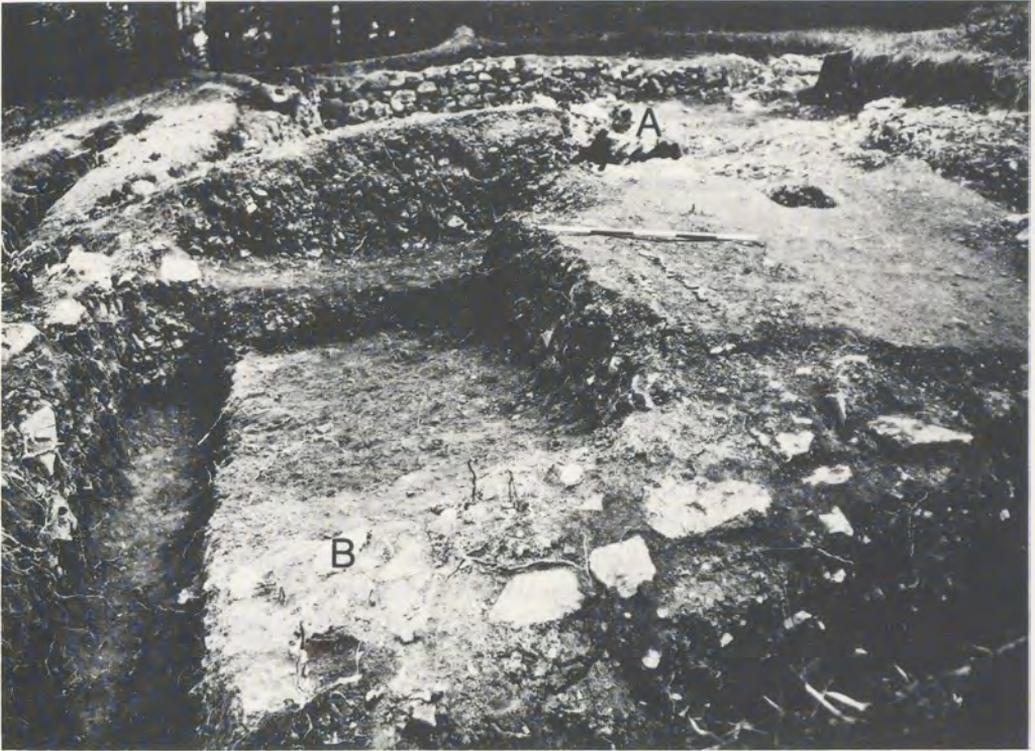


Abb. 2 Banská Štiavnica – Staré Mesto/Glanzenberg; Grabungsbefund mit A: Verhüttungsplatz und B: Reste des Erzprobierens. 15./16. Jahrhundert.

- C. Banská Štiavnica – städtische Denkmalreservation: Analysen von Verhüttungsschlacken. Im Areal der Stadt wurden Kupfererze geschmolzen, die im Schemnitzer kupfer-, blei- und zinkführenden Erzrevier gefördert worden waren.
- D. Banská Štiavnica – Objekt Nummer 20/III: Analysen von Verhüttungsschlacken.
- E. Ilija – Sitno: Chemische Analyse einer amorphen Hüttenschlacke. Das Fehlen einiger Metallelemente (Pb, Zn, Cu) dürfte vielleicht darauf hinweisen, daß an diesem Platz Eisenerze verhüttet wurden.
- F. Sklené Teplice (Glashütten) – Na huti (Am Hüttenwerk): Analysen von Schlacke. Es handelt sich um silikatreiche Reste einer Verhüttung von Blei-Kupfer-Zinkerzen, die aus dem unweit liegenden Schemnitzer Erzrevier geliefert wurden.

5. Schlußwort

Die Ergebnisse lassen sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

1. Die ältesten archäologisch belegbaren Funde aus dem Gebiet der Stadt Schemnitz und dem gesamten Erzrevier stammen aus dem 12. Jahrhundert. Für diese Zeit kann man die Anfänge einer organisierten bergmännischen Tätigkeit annehmen. Diese Tatsache hängt offensichtlich mit der Wirtschaftspolitik des ungarischen Königs Bela III. (1172–1196) zusammen.

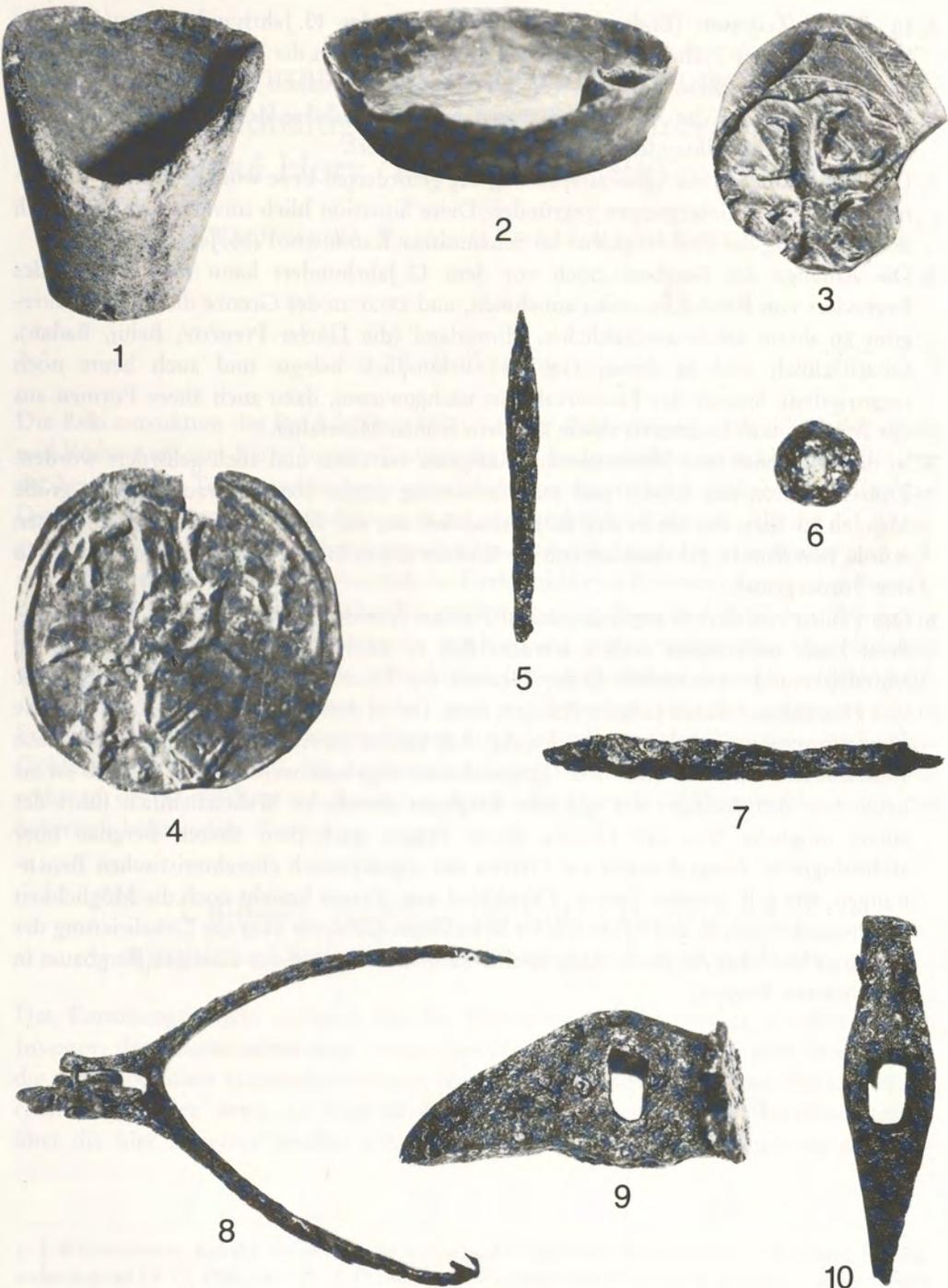


Abb.3 Banská Štiavnica – Staré Mesto/Glanzenberg; Grabungsfunde aus dem Verhüttungsplatz; ohne Maßstab.

2. In diesem Zeitraum (Ende des 12. und Beginn des 13. Jahrhunderts) wurden die Siedlungen in die Nähe der technischen Anlagen (z. B. in die Nähe von Schmelzöfen) verlegt, wobei die Besiedlung aus verstreuten, locker verteilten Strukturen bestand. Die Erzförderung und die Verhüttung waren auf die Ausbisse der Erzgänge mit leicht schmelzbaren Metalloxyden und Sulfiden konzentriert.
3. Die Probieranlagen zur Qualitätsprüfung der geförderten Erze wurden auch in verhältnismäßig hohen Gebirgslagen gegründet. Diese Situation blieb unverändert auch nach der Gründung des Probiergadens im Schemnitzer Kammerhof (16. Jahrhundert).
4. Die Anfänge des Bergbaus noch vor dem 12. Jahrhundert kann man südlich des Erzreviers von Banská Štiavnica annehmen, und zwar an der Grenze dieser Bergbauregion zu ihrem landwirtschaftlichen Hinterland (die Dörfer Preňčov, Beluj, Badan). Oberflächlich sind in diesen Gebieten urkundlich belegte und auch heute noch registrierbare Spuren des Eisenerzabbaus nachgewiesen, dazu auch ältere Formen aus der Bronze- und Latènezeit sowie aus dem frühen Mittelalter.
5. In diesem Revier sind Silbererze am häufigsten vertreten und auch gefördert worden. Zum Probieren des Silbers und zur Verhüttung dieses Metalls brauchte man große Mengen an Blei, das bis in das 16. Jahrhundert aus der Bleiglanzförderung gewonnen wurde. Seit dem 16. Jahrhundert trat die Einfuhr dieses Metalls aus Polen immer mehr in den Vordergrund.
6. Das Fehlen von älteren archäologischen Funden (aus der Epoche vor dem 12. Jahrhundert) kann auch damit erklärt werden, daß es infolge des intensiven Bergbaus im Mittelalter und vornehmlich in der Neuzeit zur Überdeckung der älteren Bergwerke und Hüttenlagen durch jüngere Anlagen kam. Die in der Nähe der Oberfläche liegende Oxidationszone dieser Vererzung (Fe, Ag, Au) konnte im Anfangsstadium des Bergbaus vielleicht nur auf zwei oder drei Gangausbissen abgebaut werden, und deshalb ist sie heute von den Anlagen des späteren Bergbaus überdeckt. Wahrscheinlich führt der einzig mögliche Weg zur Lösung dieser Fragen nach dem älteren Bergbau über archäologische Ausgrabungen auf Plätzen mit toponymisch charakteristischen Benennungen, wie z. B. Banište, Peciny, Ofenhübel usw. Ferner besteht noch die Möglichkeit für Prospektionen in den heute wieder bewaldeten Gebieten über die Lokalisierung der Erzgänge und über die im Gelände noch erkennbaren Spuren des einstigen Bergbaues in der weiteren Region.

Eine hochmittelalterliche Aufbereitungsanlage für goldhaltige Erze im Bergbaurevier von Kašperské Hory (Bergreichenstein) in Böhmen

VON JIŘÍ WALDHAUSER, VLADIMÍR DANĚČEK UND KAREL NOVÁČEK

1. Einleitung

Die Rekonstruktion des Produktionszyklus von der Erzförderung über die Aufbereitung und Verhüttung von Erzen bis zur Gewinnung des Endproduktes stellt ohne Zweifel eine der bevorzugten Tendenzen in der gegenwärtigen montanarchäologischen Forschung dar. Dies bezieht sich selbstverständlich auch auf nichterzhaltige Rohstoffe, für die der Aussagegrad der entsprechenden Informationsquellen ein wenig höher liegt. So konnte man z. B. in den Jahren 1978–1986 für latènezeitliche Drehmühlsteine Böhmens den ganzen Produktionsprozeß rekonstruieren von der Rohstoffgewinnung über die Abbau- und Werkstatt-Technik sowie von der Distribution bis zur Nutzung in den Siedlungen¹. Der Nachweis der Goldgewinnung während der keltischen und mittelalterlichen Zeit stellt seit dem Jahre 1987 ein weiteres Forschungsziel dar, und wir bemühen uns, den oben erwähnten Produktionszyklus auf den beiden Ebenen der Fundstelle und der Region zu erschließen. Goldgewinnung während der Latènezeit erforscht man in Böhmen², Goldgewinnung während des Mittelalters am Fundplatz Kašperské Hory im Böhmerwald, unweit der bayarisch-böhmischen Grenze.

2. Bisherige Ergebnisse zur Goldgewinnung und schriftliche Quellen zum Bergbaurevier Kašperské Hory

Das Forschungsprojekt entstand bei der Eröffnung des Bergwerkes »Naděje«, deren Investor, das Staatsunternehmen »Geoindustria«, zusammen mit mehreren Institutionen die archäologischen Montanforschungen ermöglichte, zunächst im Bereich des umfangreichen Pingengebietes³ sowie der noch erhaltenen Stollen, weiterhin der Aufbereitungsanlage, über die hier berichtet werden soll. Vorgesehen ist auch die Untersuchung einer der

1 J. WALDHAUSER, Keltické rotační mlýny v Čechách – Keltische Drehmühlen in Böhmen. Památky archeologické PA 72, 1981, 153–221; J. FRÖHLICH, J. WALDHAUSER, Příspěvky k ekonomice českých Keltů (Kamenictví a distribuce žernovu) – Beiträge zur Keltenuirtschaft in Böhmen (Steinmetzerei und Distribution der Dreh-Handmühlen). Archeologické rozhledy 41, 1989, 16–58.

2 J. WALDHAUSER, Keltisches Gold in Boiohaemum: Einführung in die Goldgewinnung, -verarbeitung und -verteilung während der Hallstatt- und Latènezeit in Böhmen. Zeitschrift für Schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte 47, 1990.

3 J. WALDHAUSER, Montánní archeologický výzkum zlatodolu v Kašperských Horách v r. 1989 – Montanarchäologische Erforschung der Goldbergwerke in Kašperské Hory i. J. 1989. In: Hornická Příbram ve vědě a technice, Báňská historie. Hrsg. A. RYČL (Příbram 1989) 107–123.

lokalisierten Golderzmühlen⁴ und eventuell auch einer Goldschmelzstätte. Der von uns berücksichtigte Zeitabschnitt umfaßt das Ende des 13. Jahrhunderts und besonders das 14. Jahrhundert, als es zu einem Gewinnungsboom in der Luxemburger Zeit kam und als das Bergbaurevier von Kašperské Hory ohne Zweifel zu den wichtigsten Goldproduzenten in Europa zählte, wodurch es eine der wichtigsten Finanzquellen für die böhmischen Könige und für die deutschen Kaiser darstellte⁵.

Bereits die erste Nachricht über Kašperské Hory in der Antwort des Iglauer Berggerichts auf eine Rechtsanfrage aus den Jahren 1320 bis 1325 nennt die Golderzzerkleinerung in Mühlen (»minera auri de moldendinis«)⁶ sowie die Goldschmelze. Dank der ziemlich intensiven Goldgewinnung (Erwähnung eines relativ tiefen Stollens »elf Lachter tief«; Information über 600 Bergleute, die 1345 an der Eroberung des schlesischen Landhuta durch Johann Luxemburger teilgenommen hatten)⁷ wurde Kašperské Hory im Jahre 1345 zu einer freien Bergstadt erklärt und 1356 eine königliche Burg, Kašperk/Karlsberg, in ihrer Nähe zum Schutz der Goldgruben gegründet. Im Laufe des ganzen 14. Jahrhunderts sind die Namen der Stadtpatrizier ausschließlich deutsch. Kurz vor den Hussitenkriegen waren am Anfang des 15. Jahrhunderts im Bergbaurevier Kašperské Hory 37 Bergwerke und Gruben in Betrieb⁸. Nach den genannten Kriegen und insbesondere im 16. Jahrhundert kam es zu einem ständigen Niedergang der Goldgewinnung, obwohl im Jahre 1584 Kašperské Hory (erneut?) zur freien königlichen Bergstadt erklärt wurde⁹. Außerdem könnten die Funde zweier keltischer Münzen aus Gold sowie Keramik eine prähistorische Goldgewinnung signalisieren, da sonst diese Berglandschaft außer den in 900 bis 1000 m NN gelegenen hallstatt- und latènezeitlichen Burgwällen Sedlo (Hefenstein) und Obří Hrad (Riesenschloß) bis ins 13. Jahrhundert völlig unbesiedelt gewesen war¹⁰.

3. Aufbereitungsanlage

Die Fundstelle liegt an einem mäßigen Abhang, etwa 15 m über einem Bach, zwar am Rande der heutigen Stadt Kašperské Hory, aber nur etwa 200 m von dem nächsten Relikt der hiesigen Bergbautätigkeit entfernt, einem Stollen, in dessen Umgebung Keramikbruchstücke des 14. bis 15. Jahrhunderts gefunden wurden. Vom anderen Stollen in südöstlicher Richtung stammt der Teil einer Grubenlampe des Hochmittelalters¹¹.

Gegenstand der Ausgrabung war ein Holzbau mit einer beidseitig gefaßten Untermauerung aus trocken, ohne Mörtel gelegten Steinen (Abb. 1). Die Abmessungen erreichten 11,3 × 12,3 m, die Breite des steinernen Fundaments beträgt 0,85 bis 1,5 m mit einem

4 J. KUDRNÁČ, Rýžoviště, zlatodoly a zlatorudné mlýny v Pootaví – Goldseifenhügel, -bergwerke und -erzmühlen in Otava-Flußgebiet. In: Sborník vlastivědných prací o Šumavě. Hrsg. V. HORPENIAK (Kašperské Hory 1980) 59–74.

5 V. HORPENIAK, Hornické Kašperské Hory v době předhusitské – Bergmännische Stadt Kašperské Hory in der Vorhussitenzeit. In: Sborník vlastivědných prací o Šumavě. Hrsg. V. HORPENIAK (Kašperské Hory 1980) 75–97.

6 V. HORPENIAK (wie Anm. 5) 83.

7 Ebenda, 81.

8 Ebenda, 88–89.

9 E. PANNI, Die königliche freie Goldbergstadt Bergreichenstein (Kašperské Hory 1875).

10 M. SLABINA, J. WALDHAUSER, L. KONEČNÝ, Pravěké ohrazení Obří Hrad – Vorzeitliche Umzäunung Riesenschloß. Vlastivědné zprávy Muzea Šumavy 2, 1990, 5–36; B. DUBSKÝ, Pravěk jižních Čech – Vorgeschichte Südböhmens (Blatná 1949) 325–332; J. WALDHAUSER (wie Anm. 3) 112–113.

11 J. KUDRNÁČ (wie Anm. 4) 61.

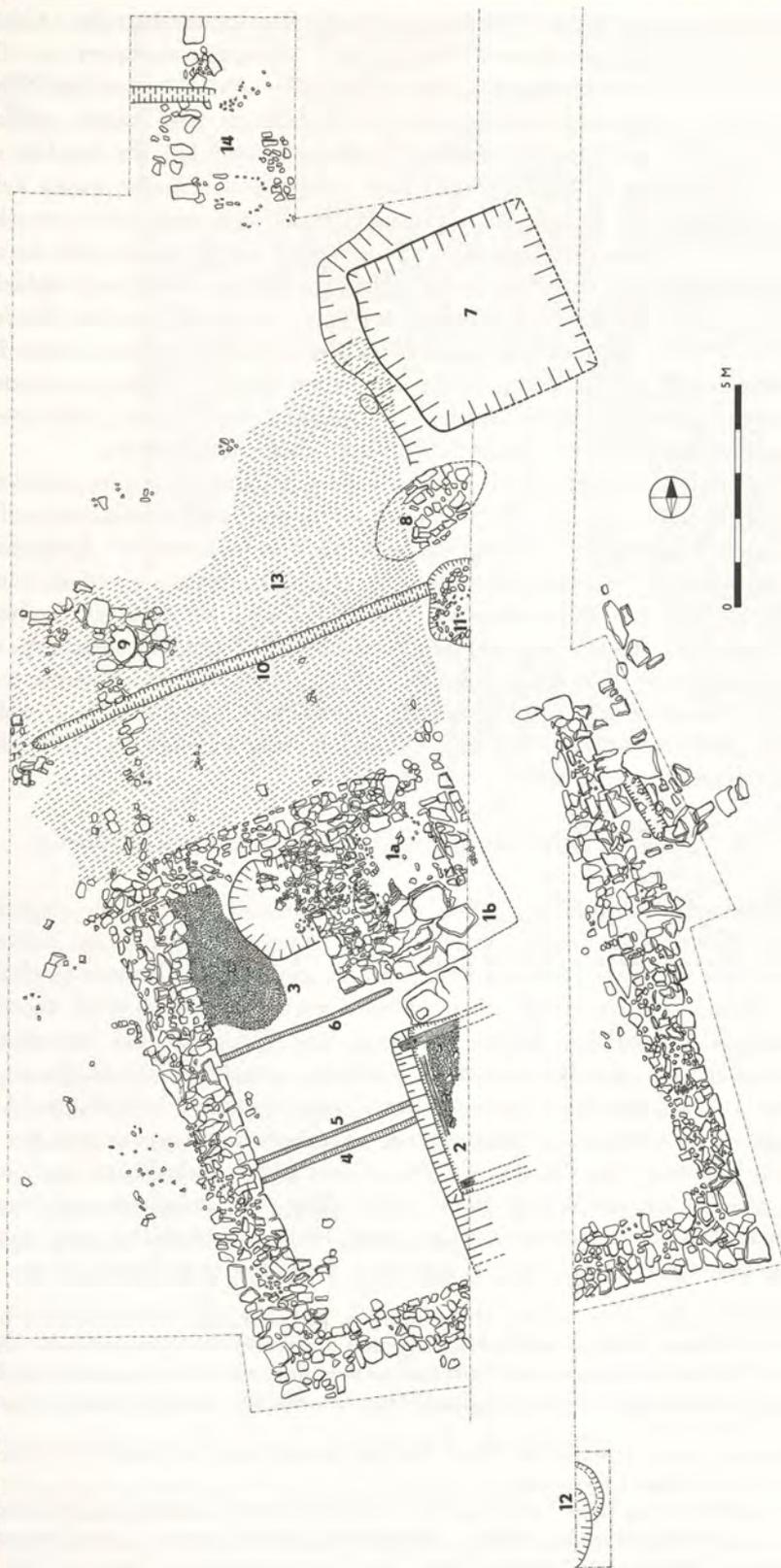


Abb. 1 Kasperské Hory (Bez. Klatovy). Plan der Aufbereitungsanlage. Erklärungen zur Numerierung im Text.

Mittelwert um 1,2 m. An der Nordseite in diesem Bau lag ein Röstofen (Abb. 1,1) mit den Abmessungen 3,6 × 4,2 m, dessen Öffnung nach Südwesten orientiert war. Das steinerne Objekt bestand erstens aus einem 1,65 m tiefen Keller (Abb. 1,1a) mit drei Niveaus, die mit flachen Steinen und am Rande ausnahmsweise auch mit den Ziegeln gepflastert waren, zweitens aus einer um etwa 0,2 m erhöhten Fläche (Abb. 1,1b), die ebenfalls mit größeren Steinen gepflastert war. Im Gegensatz zum erstgenannten Keller wurde kein steinernes Gewölbe festgestellt. Südlich vom Röstofen befand sich eingetieftes viereckiges Objekt (Abb. 1,2), auf dessen erhaltenem Boden Holzbalken nachgewiesen sind, die auf der Sohle mittels Holzpflocken befestigt waren. Diese viereckige Eintiefung enthielt zahlreiche größere Bruchstücke von goldhaltigem Erz (Dm 5–7 cm), während ein Haufen (Abb. 1,3) in der Nordostecke des Baus von in der Regel kleineren Stücken bis zu einem Durchmesser von 2 cm bestand, für den aber derselbe Goldgehalt von 0,7 Gramm pro Tonne nachgewiesen werden konnte. Der Boden des Baus wurde durch drei Rinnen (Abb. 1,4–6) gegliedert und mit einer bis zu 10 cm dicken Schicht aus gelbem Ton bedeckt.

Außer dem beschriebenen Bau einer Aufbereitungsanlage gelang es, in deren Umgebung eine schachtförmige Zisterne (Abb. 1,7) von 4,8 m Tiefe zu identifizieren, auf deren Sohle Holzschindeln gefunden wurden, wahrscheinlich vom Dach der Aufbereitungsanlage. Daneben fanden wir weitere Überreste von zwei Heizanlagen, ebenfalls mit einer Steinpflasterung (Abb. 1,8–9), sowie eine Rinne (Abb. 1,10), die in einer Grube, gefüllt mit Geröll (Abb. 1,11), endete, und südöstlich vom Bau der Aufbereitungsanlage eine fast 2 m tiefe Fäkaliengrube (Abb. 1,12)¹². Der Raum zwischen Bau und Zisterne war von einer mehrere Zentimeter mächtigen Holzkohleschicht bedeckt (Abb. 1,13). Nordwestlich der Zisterne scheint ein weiterer Bau angeschnitten worden zu sein (Abb. 1,14), der aber nicht näher untersucht worden ist.

4. Zweckbestimmung des erforschten Komplexes

Der Holzbau mit Steinfundament hat, wie die technische Aufmessung zeigt, im Aufbereitungsprozeß eine Rolle gespielt, was auch von der inneren Einrichtung, insbesondere vom Röstofen und von zwei eindeutig bergmännisch gewonnenen Haufen goldhaltiger Erze – petrographisch handelt es sich um graublau Quarze –, bestätigt wird. Verarbeitet wurde ohne Zweifel goldhaltiges Erz in der Form von Fördergut, das wärmebehandelt und wahrscheinlich mit dem Wasser aus der Zisterne nachgekühlt wurde. Dieses Scheidungsverfahren ist auch in späteren schriftlichen Quellen belegt und abgebildet (Abb. 2–3).

Besonders paßt hierzu die Beschreibung eines Aufbereitungsprozesses der goldhaltigen Erze von L. Ercker¹³ aus dem Jahre 1574: »Weiter gibt es auch Quarz- und Gesteinsgänge, in denen Gold ganz subtil bzw. dünn¹⁴ ist ..., diese sind am besten so zu verarbeiten, daß man derartige Quarze (falls es am Ort genug Holz gibt) zunächst ganz hart und gut in einem geeigneten Röstofen brennt, und wenn dieser in der größten Glut ist, begießt man

12 Weitere Fäkaliengruben wurden in der heutigen Stadtbebauung von Kašperské Hory festgestellt, obwohl im Rahmen Böhmens solche Fäkaliengruben ausschließlich für das städtische Milieu spezifisch sind (vgl. F. FRÝDA, V. ROŽMBERSKÁ, PŘÍSPĚVEK K CHRONOLOGII STŘEDOVĚKÉ KERAMIKY KAŠPERSKÝCH HOR – Beitrag zur Chronologie der hochmittelalterlichen Keramik von Kašperské Hory. Vlastivědné zprávy Šumavy 2, 1990, 17–27).

13 L. ERCKER, Kniha o prubřívství – Buch über die Metallprüfung, II (Praha 1574). Nachdruck, Hrsg. P. VITOUŠ U. A. (PRAHA 1974) 47–48.

14 Eine Goldvererzung dieses Typs ist gerade für Kašperské Hory spezifisch, vgl. M. PUNČOCHÁŘ, Nové poznatky o zlato-scheelitovém zrudnění v Kašperských Horách a okolí – Neue Erkenntnisse über die Gold-Scheelit-Vererzung um Kašperské Hory. Vlastivědné zprávy muzea Šumavy 1, 1989, 5–16.

Abb.2 Röstöfen
für goldhaltige
Erze nach L. Ercker
(wie Anm. 13, 93).



ihn mit Wasser ... Der Quarz wird infolge dieser Kühlung so spröde, daß man ihn dann in großen Mengen zerbrechen und abschneiden kann.« Ähnlich berichtet ein Fachmann des Bergwerkes von Jílové/Eulau in Mittelböhmen; B. Drechsler (1721) empfiehlt, »Erz reich an Sahne zu nehmen, im Pochwerk auf kleine Bruchstücke zu zerkleinern und diese mit voller, sechs bis acht Stunden dauernder Glut auszurosten, und dann erst diesen Stoff fein naßzureiben.«¹⁵ Das so aufbereitete und sortierte Erz wurde entweder zu den zahlreichen Golderzmühlen transportiert, die in einer Entfernung von 1,5 bis 4 km am Flußlauf von Zlatý potok (Zollerbach) oder Losenice (Lossnitz) archäologisch festgestellt worden sind¹⁶, oder es wurde unmittelbar in einer viereckigen Vertiefung innerhalb des Baus zu Pulver zermahlen. Auffallend ist die Ähnlichkeit der Balkenkonstruktion auf der Sohle der viereckigen Eintiefung mit der Darstellung des Erzermahlens in einem Bau bei G. Agricola¹⁷ aus dem Jahr 1556 (Abb. 4). Jedenfalls kann man sagen, daß die Aufbereitungsanlage abseits der Stadt und in der Nähe der Goldbergwerke gelegen war.

15 J. BARVÍŘ, *Ze zlatých hor Jílovských – Von den Goldbergen bei Jílové* (Jílové 1927) 35.

16 J. KUDRNÁČ (wie Anm. 4) 63–69.

17 G. AGRICOLA, *De re metallica libri XII* (Basel 1556, Nachdruck, Hrsg. B. JEŽEK, J. HUMMEL, Praha 1979) 252–254.



Abb. 3 Röstöfen nach
G. Agricola
(wie Anm. 17, 239).

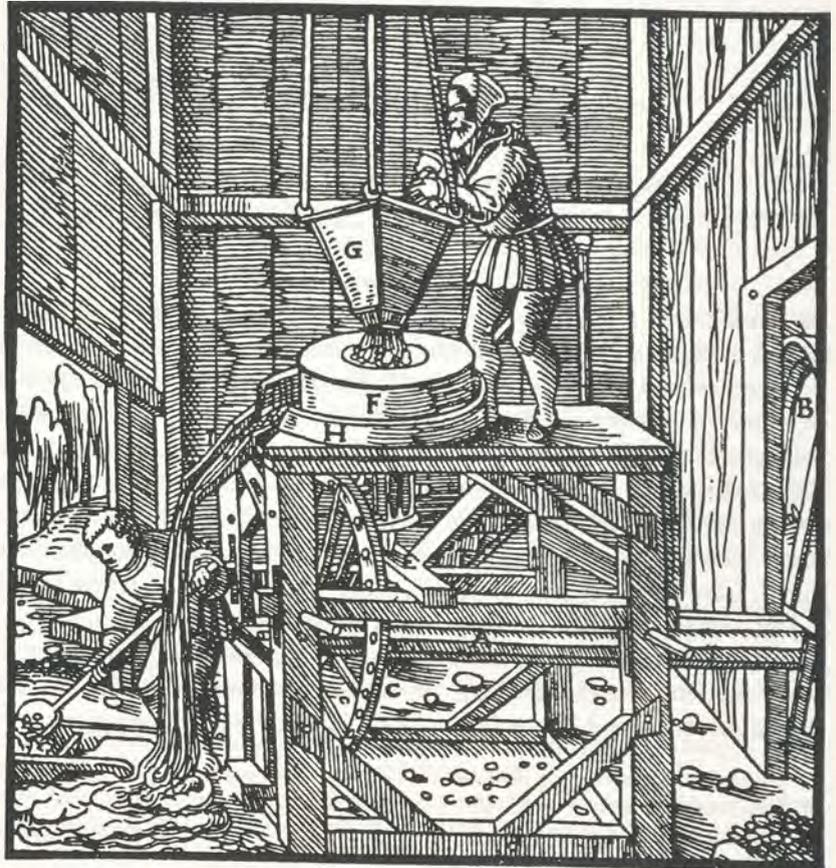


Abb. 4 Erzmühle
nach G. Agricola
(wie Anm. 17, 253).

5. Funde und Datierung

Über die aus der Aufbereitungsanlage stammenden Funde kann nur vorläufig berichtet werden, denn das Material ist noch nicht komplett ausgewertet worden. Die Keramik spiegelt die relativ lange Nutzungsdauer wider, was mit einigen Geländebeobachtungen, z. B. der dreiphasigen Erneuerung der Steinpflasterung im Röstofen, übereinstimmt.

Der übliche Töpfer-ton, der in der Keramik überwiegt (Abb. 5,1), weist klare technische und morphologische Veränderungen auf, die in Böhmen seit der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts stattgefunden haben. Die Keramikbruchstücke aus der Fäkaliengrube erwiesen sich als homogene, reduzierend gebrannte und dünnwandige Ware¹⁸, die spätestens vom Ende des 14. Jahrhunderts an in Gebrauch war. Als älteste Ware gibt es in Böhmen die traditionelle, oxydierend gebrannte, körnige Keramik, z. B. Flaschenformen (Abb. 5,6; 5,9). Neben den keramischen Standardformen (Abb. 5,2–5; 6,1–2) liegen hier auch viele atypische Exemplare vor (2–3 Prozent des Ensembles), ja sogar Einzelstücke, die teilweise auf den technischen Betrieb zurückzuführen sind. Gemeint sind damit z. B. zwei qualitativ unterschiedliche Gruppen von Grubenlampen der Bergleute (Abb. 6,9), weiterhin südböhmische Graphittonvorratsgefäße mit keulenförmigem Rand (Abb. 5,11), eine Reihe importierter vasenförmiger Miniaturgefäße aus feingeschlammtem, kreidefarbigem bzw. vereinzelt hellgelbem Ton (Abb. 6,5) – einschließlich eines Gefäßes mit Ausgußröhre für Säuglinge? (Abb. 6,3) –, weiter einzelne Stücke der Steinzeugware mit braungelber Glasur (Abb. 6,8) und »Donaugebiet«-Keramik mit Stempelverzierung auf den Henkeln (Abb. 6,6). Nur ein Stück rotbemalten Steinzeugs/»Halbsteinzeugs« weist auf Kontakte mit dem Rheinland hin. Der verhältnismäßig hohe Anteil von Fremdelementen im keramischen Inventar deutet darauf hin, daß ausländische Kolonisten mindestens in der Anfangszeit des Goldbergbaus und der Golderzverarbeitung beteiligt waren.

Von den nichtkeramischen Gegenständen ist ein dunkelgrünes, ringförmiges Glasstück zu erwähnen (Abb. 6,11). Ähnliche Funde werden manchmal als kleine Ersatzmünzen aus der Zeit der Münzkrisis des 13. und frühen 14. Jahrhunderts interpretiert¹⁹, obwohl auch eine kleine Silbermünze, wahrscheinlich der luxemburgischen Zeit, gefunden wurde²⁰. Auf der Sohle der schachtförmigen Zisterne fand man auch organische Gegenstände, Holzschindeln vom Dach, lederne Kleidungsstücke und Holzbretter. Der Fund eines steinernen Spinnwirtels (Abb. 6,11) signalisiert, daß in der Umgebung der Aufbereitungsanlage auch Wohnhäuser zu vermuten sind. Mehrere Eisengegenstände sind noch bei der Konservierung.

6. Schlußwort

Eines der Ergebnisse des bis jetzt laufenden Forschungsprojektes zur hochmittelalterlichen Goldgewinnung im Bergbaurevier von Kašperské Hory ist die Entdeckung einer Aufbereitungsanlage für goldhaltige Erze, die vorläufig in die zweite Hälfte des 13. Jahrhunderts datiert worden ist. Es handelt sich um einen fast quadratförmigen Holzbau mit Steinuntermauerung, in dem ein großer Röstofen stand, der zur Wärmezerkleinerung des goldhaltigen

18 F. FRÝDA, V. ROŽMBERSKÁ (wie Anm. 12) 18–24.

19 B. Nechvátal, P. Radoměský, Archeologický výzkum na tvrzi v Tleskách u Jesenice (okr. Rakovník) – Archäologische Erforschung einer Festung in Tlesky bei Jesenice (Bez. Rakovník). Časopis Národního musea 132, 1963, 4–13.

20 Vorläufige Bestimmung von Dr. K. Kurz.

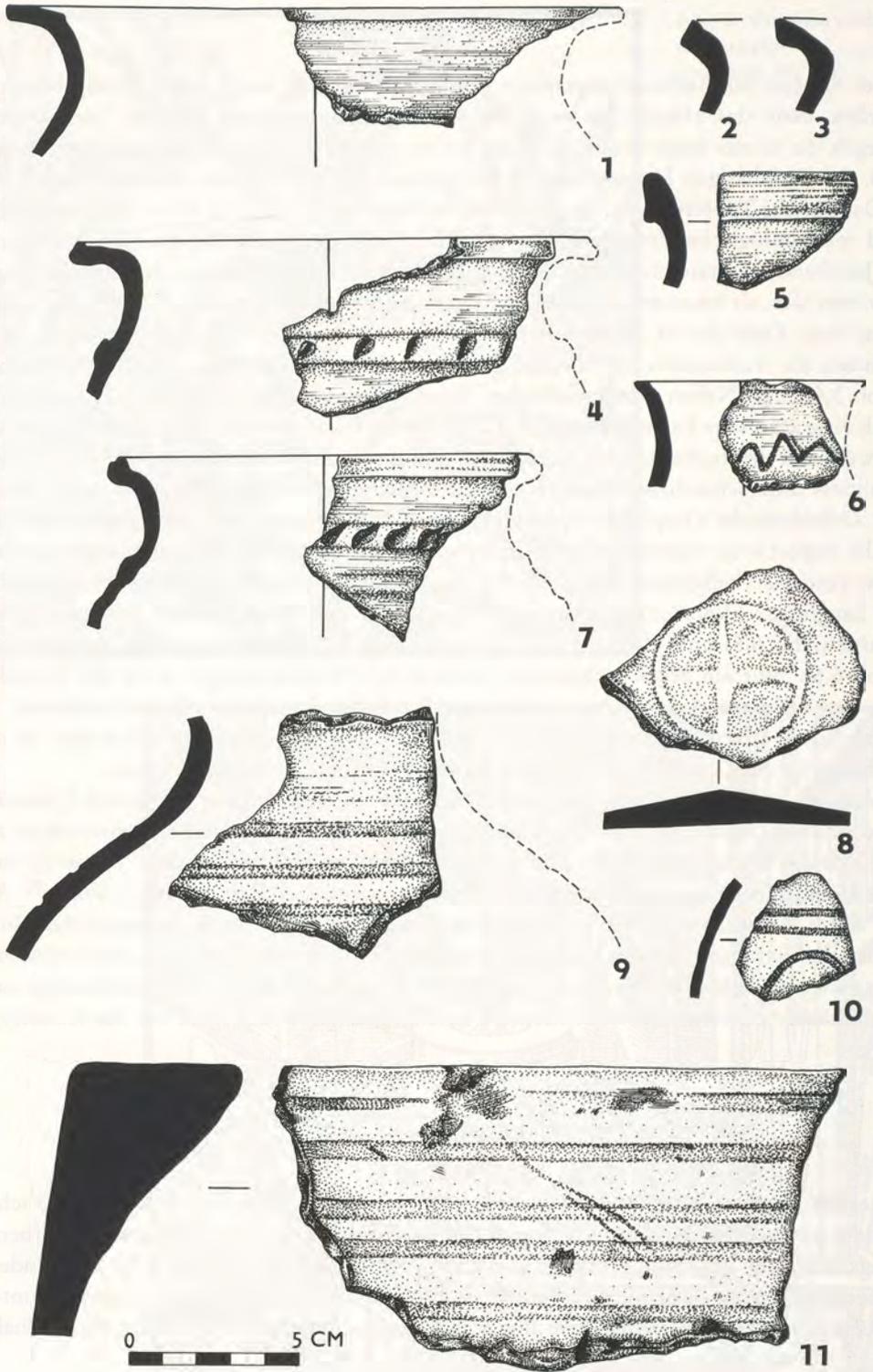


Abb. 5 Kašperské Hory. Funde aus der Aufbereitungsanlage.

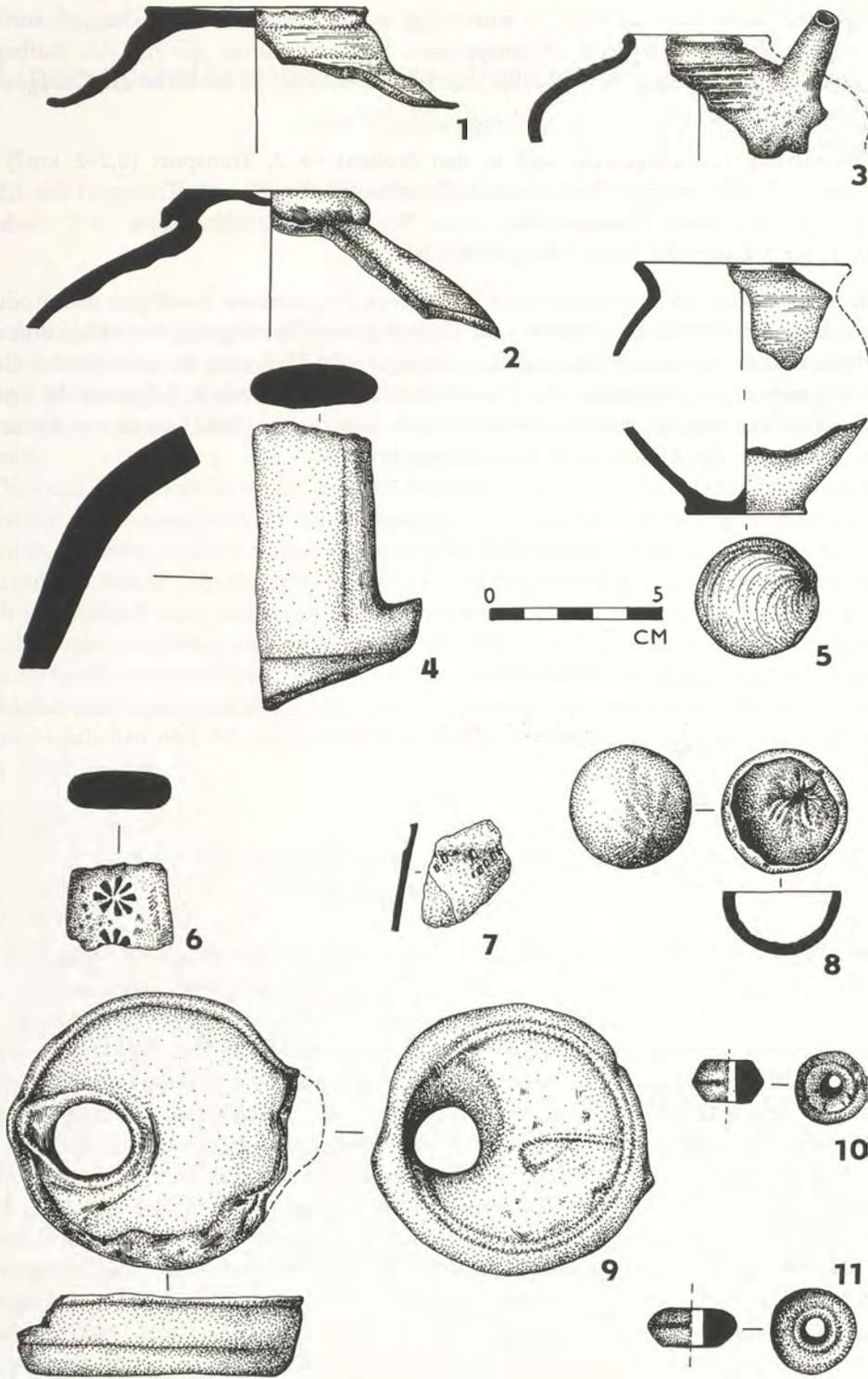


Abb. 6 Kašperské Hory. Funde aus der Aufbereitungsanlage. Alle Zeichnungen Andrea Myslivcová.

gen Quarzes bestimmt war. Das Erz wurde hier wahrscheinlich auch mechanisch sortiert und zur weiteren Verarbeitung abtransportiert. Vielleicht haben wir mit der Aufbereitungsanlage von Kašperské Hory ein bis jetzt fehlendes Glied in der Kette des Goldgewinnungsprozesses vor uns:

1. Förderung (im Pingenfeld und in den Stollen) → 2. Transport (0,2–2 km?) → 3. Rösten – Zerkleinerung – Sortierung (Aufbereitungsanlage)? → 4. Transport (bis 1,5–4 km?) → 5. Zermahlen (Wassermühle) → 6. Waschen(?)/Amalgamation → 7. Verhüttung(?) (Stadt Kašperské Hory? Burg Kašperk?).

Die im Areal der Aufbereitungsanlage gefundenen Gegenstände bestätigen den produktionstechnischen Charakter und bieten die Grundlage für Überlegungen zur Herkunft der Bergleute und des weiteren Personals. Die archäologische Datierung hat gezeigt, daß Gold im Bergbaurevier von Kašperské Hory aus Primärlagerstätten etwa 50 Jahre vor der ersten schriftlichen Erwähnung, d.h. vor 1320 bis 1325, gewonnen wurde, wenn wir die keltischen Spuren bei den Goldquellen nicht dazurechnen.

Urgeschichtliche und mittelalterliche Goldgewinnung in Südböhmen

VON JAROSLAV KUDRNÁČ UND JAN MICHÁLEK

Schon im Jahre 1967 begannen das Archäologische Institut der ČSAV in Prag und andere Institutionen (Museen) mit der Untersuchung von Denkmälern, die mit der Goldgewinnung (-förderung) in Böhmen in Zusammenhang stehen. Die Anregung hierzu gab eine Rettungsgrabung in Písek, wo sich eine mittelalterliche Aufbereitungsanlage für Golderz befand.

Die rund 700 Fundstellen, die auf einer Fläche von einigen hundert Quadratkilometern registriert worden sind und auf denen ehemalige Goldwäschen und Goldgruben festgestellt wurden, beweisen, daß Böhmen in bezug auf den Umfang der Goldgewinnung einst zu den führenden Ländern Europas gehörte. Die Erkundung der Seifen und Goldgruben stellt auch im Ausland eine neue Richtung der archäologischen Forschung dar, und zwar der sog. Montan- oder Bergbauarchäologie. Sie illustriert eine Tätigkeit, von der in bedeutendem Maße die wirtschaftliche, soziale und auch kulturelle Entwicklung beeinflußt wurde. In Südböhmen konzentriert sich die Montanarchäologie vor allem auf die Erforschung der urgeschichtlichen und der mittelalterlichen Goldgewinnung und auch auf das Auffinden von Archivquellen.

1. Entstehung und Vorkommen von Goldlagerstätten im Flußgebiet der Otava

Im Flußgebiet der Otava befinden sich sowohl primäre als auch sekundäre Goldlagerstätten. Die primären werden durch goldhaltige Tiefenformations-Quarzgänge repräsentiert, die genetisch mit späten variskischen Eruptivgesteinen der mittelböhmischen und mol-danubischen plutonischen Massen zusammenhängen. Es handelt sich um kleine, unregelmäßige Quarzgänge mit stark schwankendem Goldgehalt, der durchschnittlich 5 g/t nicht überschreitet. Aus der Analyse der Quarzbruchstücke, die bei den Erzmühlen aus dem 13. bis 15. Jahrhundert gefunden wurden, wird deutlich, daß die geförderten Quarzadern 10 bis 15 g Gold pro Tonne Quarz enthielten. Die Erzlagerstätten häufen sich in größerem Maß in folgenden Erzrevieren: Kasejovice-Bělčice, Písek und Hartmanice-Kašperské Hory. Sekundäre Goldlagerstätten sind im Flußgebiet der Otava in Quartärflußsedimenten vertreten. Größte Bedeutung in dieser Hinsicht haben die jungpleistozänen und vielleicht postglazialen Ablagerungen der niedrigen Flußterrassen. Ihr Goldgehalt schwankt zwischen 0,05 bis 1 g pro m³ und erreicht in 3 bis 5 m Tiefe unter der Oberfläche der Talsohle die größten Werte. In der Urzeit und im Mittelalter enthielt der durch Förderung noch unberührte Schottersand jedoch mehr Edelmetall. Im Bereich der goldführenden Erzreviere findet man Gold auch in den Holozänsedimenten kleiner Bachläufe, ja sogar in den Abspülsedimenten. Im Flußgebiet der Otava haben die sekundären, sedimentären Goldlagerstätten größere Bedeutung als die Primärlagerstätten.

In vergangenen Jahrzehnten unternahmen die Archäologen Forschungen im Rahmen eines Forschungsprogramms vorwiegend in Südböhmen, wobei auch die anderen Gebiete in Böhmen aus den Untersuchungen nicht ausgeklammert wurden. Zeugnis von Goldförderung in Südböhmen sind vor allem ehemalige Goldseifen, Bergwerke und dazugehörige technische Anlagen:

1. Goldseifen, von denen Halden und dabei halb verschüttete Gruben und Gräben erhalten sind, durch die die Goldwäscher zu den goldhaltigen Anschwemmungen vordrangen und Wasser zu den Waschanlagen herbeiführten;
2. Bergwerke mit teilweise verschütteten Schächten und Stollen, die bei der Förderung des Golderzes (d.h. des Aderquarzes, der winzige Goldkörner und Goldblechfitter enthält) entstanden;
3. technische Anlagen zur Erzaufbereitung, wobei es sich um Mühlen, kleine Öfen, Goldseifenwehre, Siebe und Steine mit künstlichen Vertiefungen zur Durchführung der Amalgamierung handelt.

2. Goldseifen

Die umfangreichste Erforschung eines Goldwaschplatzes fand in Modlešovice bei Strakonice statt. Sie erstreckte sich ursprünglich auf einer Fläche von mindestens 35 ha. Die goldhaltigsten Schichten liegen hier in einer Tiefe von 2,6 bis 3,1 m. Insgesamt wurden 52 Seifenhügel erforscht (Abb. 1). Einige davon sind auf der sog. Siedlungsschicht aus der jüngsten Phase der Knovízzer Kultur (Ha B) angehäuft. Ihr Verlauf ist durch ausgehobene



Abb. 1 Modlešovice bei Strakonice. Seifenhügel Nr. 2 während der Ausgrabung.



Abb. 2 Kvida (Außergefeld), Bez. Prachatice. Seifenhügel aus dem 14. Jahrhundert.

Fördergruben unterbrochen, die nach den Funden keramischer Bruchstücke ins Mittelalter zu datieren sind. Unter anderen Halden verläuft eine kleine Schicht aus der Spätbronzezeit, und in diesen Seifen befanden sich nur die Scherben der Knovízter Kultur, was darauf hindeuten würde, daß sie im Zusammenhang mit Goldwäscherei während der Spätbronzezeit entstanden sind.

Eine weitere archäologisch nachgewiesene Periode der Goldgewinnung ist die Latènezeit. Den Beweis dafür lieferte die Rettungsgrabung B. Dubskýs im Jahr 1940. Ihm ist es gelungen, eine Grube zu untersuchen, in der sich in einer Tiefe von 1,7 m Überreste von Hanfstengeln befanden. Mittels Durchspülung und Amalgamation ist hier Goldstaub gewonnen worden. Das Hanfbündel wurde wahrscheinlich zum Einfangen des feinen goldhaltigen Sandes benutzt. Weiter befanden sich hier – zusammen mit Scherben typischer keltischer Gefäße und mit zwei Armbändern aus Bronze (LT B2/C) – Reste einer Seifenabflußrinne. Auch Bruchstücke von Werkzeug, z.B. Krätzer, haben sich dort erhalten. Zum Einfangen der Goldteilchen und Goldkörner könnte auch ein Schaffell benutzt worden sein, das in der Grube aufgefunden wurde. Neue überzeugende Beweise einer keltischen Goldwäsche ließen sich nicht erbringen.

Den größten Umfang erreichte die Gewinnung von Waschgold erst im Mittelalter, und zwar vom Ausgang des 12. bis zum 16. Jahrhundert. Schriftliche Quellen verzeichnen Goldgewinnung in der näheren und weiteren Umgebung von Modlešovice im 14. Jahrhundert (z. B. bei Pracejovice und Únice im Jahr 1308, für den mittleren Flußlauf der Otava im Jahr 1321, eine Goldwäschestelle bei Horázdovice im Jahr 1344).

Weitere Untersuchungen der durch Terrainarbeiten gefährdeten Goldseifen mußten auch an anderen Flußstellen vorgenommen werden, z. B. in Lažišťe und Zatoň, bei Saládín, Horská Kvida und Kvida (Abb. 2), bei Staré Kestřany, Dolní Pořící, Pracejovice, Smet-

anova Lhota, Písek und in der Umgebung von Písek (keramische Funde aus der jüngeren Bronzezeit, der Hallstattzeit, der Latènezeit und aus dem 12. bis 17. Jahrhundert).

Bei der Rettungsgrabung in der Rinne für die neue Erdgasleitung wurde in der Nähe des Zusammenflusses der Otava mit der Blanice unweit von Písek im Jahr 1982 unter dem Lehm ein gut erhaltener Teil eines mittelalterlichen Goldseifenwehrs, sowie eine mit Brettern ausgelegte Rinne für die Wasserzufuhr freigelegt.

3. Goldbergwerke

Als zweite Quelle der Goldgewinnung in Südböhmen (und auch in ganz Böhmen) schloß sich der untertägige Abbau von goldhaltigen Quarzgängen im 13. Jahrhundert an das obertägige Goldwaschen an. Dadurch konnte die Goldproduktion bedeutend gesteigert werden. Zusammen mit dem Aufschwung der Silberförderung zählte der böhmische mittelalterliche Staat zu den führenden Edelmetalle produzierenden Ländern. Überraschend ist die Tatsache, daß nach schriftlichen Quellen in der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts an mindestens 25 Stellen nach Gold geschürft wurde. In Südwestböhmen geschah dies vor allem bei Kašperské Hory (Bergreichenstein), Hartmanice, in der Umgebung von Písek, bei Bělčice und Kasejovice sowie bei Nepomuk, in Mittelböhmen, dann insbesondere in der berühmten Zone der Goldgruben und Seifen bei Jílové (Eulau). Den Umfang der untertätigen Förderung im 13. bis 14. Jahrhundert zeigen die durch archäologische Forschungsarbeiten entdeckten Golderzmühlen zur Zerkleinerung des goldhaltigen Quarzes und die dazugehörigen weiteren technischen Anlagen, die einen unentbehrlichen Bestandteil des Goldbergbaus bildeten.

Die ersten, vornehmlich archäologischen Forschungsarbeiten im Gebiet der ehemaligen Goldgruben sind bei Písek in der Gemarkung »Havírky« (Häuerwald) unternommen worden. Am Rande zweier halbverschütteter Schächte wurde die Siedlungsschicht untersucht, die aus Abfällen in der Zeit entstanden war, als dort geschürft wurde. Sie enthielt überwiegend Keramikbruchstücke, die für das Ende des 15. und die erste Hälfte des 16. Jahrhunderts bezeichnend sind. Eine Untersuchung der überfluteten Stollen in »Havírky« soll in Zusammenarbeit mit Tauchern vorgenommen werden (Abb. 3). Weitere Funde, vor allem Keramikbruchstücke, und auch die schriftlichen Quellen weisen die dortige Goldförderung für das 13. bis 19. Jahrhundert nach. Im Zusammenhang mit den mittelalterlichen Bergbauunternehmen in der Umgebung von Písek steht auch ein historisch-künstlerisches Denkmal in Písek: ein Grabstein aus dem 14. Jahrhundert, auf dem Friedhof bei der Dreifaltigkeitskirche, auf dem außer einem Kreuz charakteristische bergmännische Werkzeuge ausgehauen sind: Krätzer, Schlägel und Eisen.

4. Technische Anlagen zur Erzaufbereitung

Die dritte Gruppe von montanarchäologischen Denkmälern im Untersuchungsgebiet sind die Aufbereitungsanlagen von Golderz, die sog. Golderzmühlen. Die bisher am vollständigsten erhalten gebliebene Aufbereitungsanlage aus der zweiten Hälfte des 13. bis zum Beginn des 14. Jahrhunderts ist bei der Stadt Písek in den Jahren 1966–67 erforscht worden. Dort sind die Grundbalken der Golderzmühle entdeckt worden, und vom Wasserrad sind Bruchstücke der Bretterschaufeln, seine 4 m lange Welle sowie weitere Überreste erhalten geblieben. Die größtenteils in Bruchstücken aufgefundenen Granitmühlsteine befanden



Abb. 3 Písek, Goldbergwerke »Havírky«. Ein Taucher bei der Untersuchung der Goldminen aus dem 14. bis 16. Jahrhundert.



Abb. 4 Písek. Mahlsteine aus einer Golderzmühle (zweite Hälfte des 13. Jahrhunderts bis Anfang des 14. Jahrhunderts).

sich bei den Balken (Abb. 4); beachtenswert ist ihre Zahl – insgesamt 170 Exemplare. Sie weisen einen Durchmesser von beinahe 1 m auf und erreichen eine Höhe von bis zu 60 cm. Alle zeichnen sich durch Rillen an der Innenseite aus, die beim Mahlen der goldhaltigen Quarze entstanden sind. Bei einer Seifenabflußrinne blieb in der Nähe der Grundbalken ein leicht geneigter Holzboden übrig, der von Pfählen mit Querlöchern umgeben war. Er ist fast 3 m lang und 1 m breit. Auf den Brettern sind Leistenreste erhalten, die auf dem Boden eine Scheidewand bilden. Unweit der Holzrinne sind Überreste eines Siebes aus Weidenruten erhalten geblieben. Über diese Siebe schreibt F. Agricola (Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen, Basel 1556), daß sie zum Inventar der Seifen- und Erzaufbereitungsanlagen gehören. Bei den untersuchten Objekten befanden sich auch zahlreiche Quarzbruchstücke aus einem bergmännisch abgebauten Gang. Die Neutronen-Aktivierungsanalyse hat in fünf zufällig ausgesuchten Stücken Goldspuren nachgewiesen. Auch die chemische Analyse von fünf weiteren Quarzproben ergab Goldbestandteile. In einem der Bruchstücke entfielen bis 13,2 g Edelmetalle auf eine Tonne Quarz.

Zur Ausstattung der untersuchten Anlage von Písek gehörten noch zwei kleine Öfchen. In ihnen wurde der Quarz wahrscheinlich leicht geröstet, damit er besser zu zermahlen war.

In den Jahren 1972–1989 bzw. 1990 wurde auch in der Umgebung von Písek und von Kašperské Hory (Bergreichenstein) eine Reihe von Fundstellen mit charakteristischen Funden registriert, bei denen die angeführten technischen Anlagen nachgewiesen werden konnten. In den goldhaltigen Gebieten Böhmens wurden über 30 Plätze mit Golderzmühlen dokumentiert. Auch die Schmieden, in denen bergmännisches Werkzeug gefertigt und repariert wurde, hat man untersucht. Ein besonders gewichtiger Beitrag war die Erforschung der zweiten Golderzmühle in Písek, in der Nähe einer der dortigen ältesten Steinbrücken Mitteleuropas und unweit der ehemaligen königlichen Burg. Außer den Mahlsteinen, wieder mit typischen konzentrischen Rillen, sind auch Balken und Pfosten erhalten. Dabei wurden zahlreiche Keramikfragmente aus der zweiten Hälfte des 14. und aus dem Beginn des 15. Jahrhunderts gefunden. Es kamen dort auch Splitter von Aderquarz vor, womit die Beziehung der entdeckten Mühlenreste zu den historischen Berichten, die über den untersuchten Raum sprechen, gefunden werden konnte. Zu den neuen Ausgrabungen in der Umgebung von Kašperské Hory (Bergreichenstein) vgl. den Beitrag von J. Waldhauser in diesem Band (S. 391 ff.).

5. Ergebnisse

In den Jahren 1967–1990 erschienen neben zahlreichen Monographien, Studien und vielen Abhandlungen in Fachzeitschriften über die Tätigkeit der Montanarchäologie in ganz Böhmen, besonders in Süd- und Mittelböhmen, auch in der Tagespresse viele Artikel über die Forschungen und über den Zweck der archäologischen Arbeiten zur Geschichte der Goldgewinnung. In der ČSFR und im Ausland wurde die ständige Ausstellung »Gold im Gebiet von Písek« bekannt. Auch die neu gestalteten Sammlungen der Museen in Strakonice, Sušice und Kašperské Hory stellen archäologische und schriftliche Belege für die dortige Goldgewinnung aus.

Die Montanarchäologie in Böhmen gelangte zu neuen und gewichtigen Erkenntnissen über die Geschichte des Bergbaus. Die Kenntnis der Geschichte der Förderung von Metallen, vor allem von Edelmetallen, erklärt die wirtschaftliche und kulturelle Entwicklung der einzelnen Gebiete in der Zeit der Gewinnung. Durch die Montanarchäologie wird

auch das Spektrum der Auswertungsmethoden für die eventuelle Eröffnung einer modernen industriemäßigen Förderung der Golderzlagerstätten vervollständigt. Deshalb werden die archäologischen Beobachtungen zu wichtigen Ergänzungen für die Geologen zu einer komplexen Auswertung der einzelnen Lager, die in der Vergangenheit teilweise abgebaut wurden. Ein Montanarchäologe muß nicht nur die geläufige und mittelalterliche Archäologie ausgezeichnet kennen, sondern er muß auch Kenntnisse aus weiteren Wissensgebieten (besonders Geologie der Lagerstätten, Mineralogie, Bergbau, urzeitliche und mittelalterliche Erzaufbereitung, handschriftliche Archivquellen usw.) schöpfen. Das Ergebnis der Zusammenarbeit verschiedener Wissensgebiete ist z. B. die Erklärung des Ursprungs des Namens Zlatá stezka (= der Goldene Steig). Dieser war einer der bedeutendsten Kommunikationswege in Mitteleuropa. Der Name wurde von den Goldseifen und Goldminen abgeleitet, die entlang der ganzen Trasse lagen. Dies wurde jetzt mit Hilfe der archäologischen Untersuchungen, des Studiums der schriftlichen Berichte und der geologisch-mineralogischen Befunde bestätigt.

Die Goldseifen und Goldminen sowie auch die weiteren Geländebefunde der urzeitlichen und mittelalterlichen Förderung von Metall und anderen Gesteinen stehen unter Denkmalschutz. Sie stellen nämlich eine einzigartige Quelle für die Erforschung eines wichtigen Gebietes der menschlichen Tätigkeit dar, d. h. der Gestein- und Metallgewinnung. Auch aus ökologischen Gründen ist es angebracht, die Goldseifen zu erhalten. Während der Jahrhunderte entstand nämlich auf den ehemaligen Goldseifen in der Umgebung von Flüssen und Bächen ein spezifisches Biotop. Dieses zeichnet sich durch seltene Xerophyten und Sumpfpflanzen aus. Sie wurden erhalten, weil ein Teil der Goldseifen nicht intensiv landwirtschaftlich bearbeitet wurde. Würde man die Goldseifen zerstören, von deren ursprünglichen Menge in Böhmen nur ein Viertel erhalten geblieben ist, bedeutet dies auch die Vernichtung eines der letzten Überreste der ursprünglichen Umwelt. Der Denkmalschutz und die damit verbundene Erforschung der Goldseifen sowohl auf der böhmischen, als auch auf der bayerischen Seite des Böhmerwaldes könnte zu einer Aufgabe werden, die die Fachleute aus den beiden benachbarten Ländern in gegenseitiger Zusammenarbeit lösen sollten.

Die Bergbauarchäologie in Böhmen wendet sich jetzt der Lösung von weiteren, bisher unerforschten Fragen zu. Man hat z. B. mit der Auswertung der Keramik und weiterer Funde aus einigen Goldseifen und -minen begonnen, die darauf hindeuten, daß man die ethnische Zugehörigkeit der Bergleute und Goldseifer wird feststellen können. An der Förderung des teuersten Metalls nahmen offensichtlich Fachleute verschiedener Nationalitäten teil. Die Goldseifer waren die ersten Bewohner der Berggebiete des Böhmerwaldes. Es ist sicher, daß sie sich teilweise auch der Viehzucht widmen mußten. Sie haben Wasserbecken errichtet, die genug Wasser nicht nur zum Waschen des goldhaltigen Sandes, sondern auch zur Fischzucht enthielten. Damit haben sie begonnen, die Berglandschaft für die Bedürfnisse weiterer Siedler vorzubereiten. Die Aschenschichten unter den untersuchten Seifen im Böhmerwald beweisen, daß man, um die Goldseifenarbeit beginnen zu können, erst den Waldbestand durch Abbrennen beseitigen mußte. Auch die Gebiete mit besonders rauhem Klima waren kein Hindernis für die Goldseifer bei der Suche nach Edelmetall. Der Beweis dafür sind die Seifen entlang des Baches Roklanský südlich von Modrava in einer Höhe von 1200 m ü. d. M. Eine wichtige Feststellung, die die böhmischen und deutschen Archäologen bei der gemeinsamen Untersuchung im Jahre 1990 gemacht haben, ist, daß die Goldseifen von der böhmischen Seite des Böhmerwaldes nach Niederbayern hinüberreichen. Ob die Seifen an beiden Seiten der Staatsgrenze gleichzeitig entstanden sind, das könnte nur eine gemeinsame Untersuchung der böhmischen und deutschen Archäologen nachweisen.

6. Literaturverzeichnis

Abgekürzt zitierte Literatur

- AVJČ – Archeologické výzkumy v jižních Čechách (Sborník archeologické komise Krajské muzejní rady), České Budějovice
- PA – Památky archeologické, Praha
- RozpNTM – Rozpravy Národního technického muzea, Praha
- SDH – Studie z dějin hornictví, Praha
- BENEŠ, A.: Sibliškova mapa archeologických nalezišť a rýžovišť zlata na Blatensku – Siblišks Karte von archäologischen Fundstellen und Goldseifen in der Umgebung von Blatná – Siblišks's map of archaeological sites and gold placer mines in the region of Blatná. SDH 20, RozpNTM, 1988, 31–36, 227–228.
- BENEŠ, A., MICHÁLEK, J., ZAVŘEL, P.: Archeologické nemovité památky v okrese České Budějovice. Soupis a sborník studií, díl I–II – Urzeitliche Bodendenkmäler im Gebiet von České Budějovice, Band I–II, im Druck.
- FRÖHLICH, J., WALDHAUSER, J.: Pokusné rýžování zlata na Otavě – Experimentelle Goldwäsche am Fluß Otava. In: Sborník Zkoumání výrobních objektů a technologií archeologickými metodami. Archeologia technica (Brno 1990) 42–50.
- KUDRNÁČ, J.: Excavations of mining plants for gold, silver and precious stones in Bohemia. In: Archaeology in Bohemia 1981–1985 (Praha 1986) 275–278.
- DERS.: Ochrana archeologických památek po pravěké a středověké těžbě nerostných surovin v Čechách – Der Schutz der archäologischen Denkmäler der urzeitlichen und mittelalterlichen Rohstoffgewinnung in Böhmen. Památky a příroda 11, 1986, 329–332, 352.
- DERS.: Hornická archeologie v Čechách v r. 1985 – Bergbauarchäologie Böhmens im Jahre 1985 – Bohemian mining archaeology in 1985. SDH 19, RozpNTM 109, 1987, 20–27.
- DERS.: Montánní archeologie a jižní Čechy – Die Montanarchäologie und Südböhmen. AVJČ 6, 1989, 155–170.
- DERS.: K původu jména Zlaté stezky – Zum Ursprung des Namens »Goldener Steig«. PA 81, 1990, 434–446.
- DERS.: Dvacet let hornické archeologie v Čechách – Zwanzig Jahre der Montanarchäologie in Böhmen. SDH, RozpNTM, im Druck.
- DERS.: Zlatá stezka ve vztahu k těžbě drahého kovu v jižních Čechách – Der Goldene Steig in bezug auf die Förderung von Edelmetall in Südböhmen. AVJČ 8, 1991, im Druck.
- DERS.: Výklad ke kupní listině zlatorudného mlýna v Kašperských Horách v osmdesátých letech 15. století – Eine Erläuterung zu der Kaufurkunde der Golderzmühle in Bergreichenstein aus den 80er Jahren des 15. Jahrhunderts. In: Vlastivědné zprávy muzea Šumavy 3 (Kašperské Hory – Sušice, im Druck).
- DERS., MICHÁLEK, J.: Archäologische Forschungen zur Erhellung der Goldgewinnung in Südböhmen. Ostbairische Grenzmarken, Passauer Jahrbuch für Geschichte, Kunst und Volkskunde 29, 1987, 9–19, Taf. I–VI.
- MICHÁLEK, J., FRÖHLICH, J.: Archeologické nemovité památky v okrese Prachatice – Archäologische Bodendenkmäler im Kreis Prachatice (Prachatice 1987).
- DERS.: Terénní průzkum a evidence rýžovišť zlata v okrese Prachatice – Geländeaufnahmen und Erfassung der Goldseifen im Kreis Prachatice. In: Sborník Zkoumání výrobních objektů a technologií archeologickými metodami (Brno 1988) 40–54.
- MICHÁLEK, J., ZAVŘEL, P.: Archeologické nemovité památky v okrese Český Krumlov – Vorgeschichtliche und mittelalterliche Geländedenkmäler im Kreis Český Krumlov (Krumau), Südböhmen (Český Krumlov, im Druck).
- WALDHAUSER, J., FRÖHLICH, J.: Rýžovnícký splav a prospektorská základna Keltů k rýžování zlata u Modlešovic na Strakonicku – Goldwäschendurchlaß sowie Prospektorenbasis der Kelten zur Goldwäsche bei Modlešovice in der Gegend von Strakonice. In: Sborník Zkoumání výrobních objektů a technologií archeologickými metodami, Archeologia technica (Brno 1990) 51–67.

Archäologische, mineralogische und archäometallurgische Forschungen zur mittelalterlichen Blei- und Silbergewinnung in Serbien

VON DRAGAN BOGOSAVLJEVIĆ UND SOFIJA VUKOVIĆ

1. Einleitung

Die Mineralfülle der Berge Serbiens hat es ermöglicht, daß hier Erze zur Gewinnung von Metallen (Eisen, Kupfer, Blei und Silber) von der Antike an bis in die Gegenwart abgebaut wurden. Die Entwicklung der Erzabbau- und Verhüttungstechniken in diesen Räumen geht allerdings auf das Mittelalter zurück. Es war der römische und byzantinische Bergbau, der von den Serben nach ihrer Ansiedlung im Balkan im kleinen Maße fortgesetzt wurde. Eine schnelle Entwicklung ist erst nach der Ankunft der deutschen Bergleute aus Sachsen zu beobachten. Diese sind nach den Überlieferungen sicher vor dem Jahr 1254 gekommen (erstmalige Erwähnung in einer Urkunde des Königs Urosch I). Die Umstände, unter welchen sich die Einwanderung abgewickelt hat, sind ungeklärt¹.

Durch die deutschen Bergleute wurden Bergbauzentren, Städte, Ansiedlungen, Marktplätze (z.B. Novo Brdo, Trepča, Brskovo, Srebrnica, Rudnik, Plana u.a.) begründet (Abb. 1). Mit dem Rückgang der Produktion in den europäischen Bergwerken nach der Mitte des 14. Jahrhunderts hat die Nachfrage nach serbischem Silber und Gold auf dem europäischen Markt wesentlich zugenommen. In der ersten Hälfte des 15. Jahrhunderts hat das serbische Bergbaugeschehen seinen wirtschaftlichen Höhepunkt erreicht². Die zugewanderten Spezialisten, neue Technologien bei der Gewinnung und Verhüttung der Erze sowie das Bergmannsrecht waren die Voraussetzungen, daß der Erzabbau, die Aufbereitung und der Metallexport einen starken Impuls für den Aufstieg des serbischen mittelalterlichen Staates ergaben. Das bedeutendste schriftliche Denkmal des mittelalterlichen Bergrechts ist das »Gesetz über Bergwerke« des Despoten Stefan Lazarević, das in Novo Brdo im Jahr 1412 verabschiedet worden ist³.

Bei der Darstellung der montanarchäologischen Forschungen in den mittelalterlichen Bergbaurevieren Serbiens ist unbedingt zu betonen, daß diese durch die annähernd 100jährige Forschungstradition anderer wissenschaftlicher Disziplinen, vor allem der Geschichte, der Wirtschaft und Rechtskunde, Linguistik und Mineralogie, gut unterstützt worden sind. Die Interessen der Archäologen für das Studium dieses Themas stammen aus neuerer Zeit. Erst ab 1986 sind diese älteren Forschungen durch die Ausgrabungen im Rahmen des Projektes »Archäologische Forschungen der alten Bergbautätigkeiten auf Rudnik in der Frühzeit, Antike und im Mittelalter« unter der Leitung von B. Jovanović aus Beograd fortgesetzt worden. Hinzu kamen Untersuchungen in Kopaonik.

1 M. DINIĆ, Za istoriju rudarstva u srednjovekovnoj Srbiji i Bosni I. In: SANU, Posebna izdanja knj. 240, Odeljenje društvenih nauka knj. 14 (Beograd 1955) 1–2.

2 D. KOVAČEVIĆ-KOJIĆ, Srbija, majdan srebra i zlata. Istorija srpskog naroda 2 (Beograd 1982) 268.

3 N. RADOJČIĆ, Zakon o rudnicima despota Stefana Lazarevića (Beograd 1962).



Abb.1 Die wichtigsten Bergbauzentren im mittelalterlichen Serbien.

Abb.2 Rudnik, Trnovite lazine.



2. Rudnik

Der Berg Rudnik ist das zweitgrößte mittelalterliche Bergbauzentrum Serbiens, das in den schriftlichen Überlieferungen oftmals erwähnt ist. Die erste schriftliche Notiz stammt aus dem Jahr 1293. Die Ankunft der Bergleute aus Sachsen und die Gründung der Bergbauansiedlung fallen in die Zeit unmittelbar vor dem erwähnten Jahr. In Rudnik wurden hauptsächlich Blei, Silber und Kupfer gewonnen⁴. Für die montanarchäologische Prospektion wurden zunächst die Regionen um Trnovite Lazine, die Senokovitz'schen Wiesen und das Flußtal Jasenica ausgewählt.

2.1 Trnovite Lazine

Beim Ausroden des örtlichen Waldweges im Jahr 1981 wurde eine bisher unbekannte Bodenöffnung entdeckt. Da es sich um ein Gebiet mit zahlreichen Halden und Pinggen (nördlicher Ausgang des Berges Veliki Šturac) handelt, ist ein Zusammenhang mit dem Bergbaugeschehen wahrscheinlich. 1986 wurde ein kleinerer Testschnitt angelegt, der zeigte, daß die ehemalige Vertiefung mit Schotter aufgefüllt war. Anschließend wurde eine Zugangsrampe entdeckt, die treppenartig von der ehemaligen Geländekante zum Erzabbau führte. Diese Rampe besteht aus einigen flachen Trittplätzen, die mit plattenförmigen Steinen belegt sind. Dicht an der Rampe wurde eine Mauer freigelegt, die als Stützkonstruktion für die Zugangsrampe gebaut worden ist (Abb.2). Die gegenüberliegende westliche Stützmauer konnte nicht freigelegt werden, da die technischen Sicherheitsbedin-

⁴ M. DINIĆ, Za istroju rudarstva u srednjovekovnoj Srbiji i Bosni II. In: SANU, Posebna izdanja knj. 355. Odeljenje društvenih nauka knj.41 (Beograd 1962) 1-26; B. HRABAK, Rudnik pod Šturcem i njegova dubrovačka kolonija. Zbornik radova Narodnog muzeja 14, 1984, 5-86.

gungen nicht mehr vorhanden waren⁵. Trotzdem konnte hier der Eingang zu einem Erzabbau fast vollständig freigelegt werden.

2.2 *Senakovitz'sche Wiesen*

In dem erwähnten Gebiet mit zahlreichen Pinggen und Halden wurde das ehemalige Siedlungsgelände mit möglichen Stolleneingängen für die Prospektion ausgewählt. In Nord-Süd-Richtung wurde hier der Abhang in einer Länge von 8,60 m und bis in eine Tiefe von 1,80 m angeschnitten. Das Profil zeigt folgende Stratigraphie: 1. dünne Humusschicht, 2. sedimentierte oder aufgetragene Schicht aus gebrochenen Steinen (0,60 bis 1,20 m tief), 3. Gemisch aus dunklem Erdreich und gebrochenen Steinen (0,60 m mächtig) und 4. gelber Erdboden⁶.

Während der Begehungen in den Jahren 1987 und 1988 wurde der ehemalige Erzabbau leider nicht gefunden. Die zahlreichen plattenförmigen Steine haben vermutlich aber als Abstützung für die Holzpfeiler unter Tage gedient, um die Senkung der Pfeiler in den lockeren Untergrund zu verhindern⁷. Zukünftige Forschungen sollten die Eigenschaften des Fundplatzes untersuchen und die mögliche Funktion der Steinplatten überprüfen.

2.3 *Flußtal Jasenica*

Entlang des linken Ufers, auf den ebenen Terrassen, wurde eine große Anzahl von Schlackenhalde festgestellt, die, nach ihrer Anzahl und Größe zu urteilen, auf intensive Verhüttungstätigkeiten hinweisen. Auf der Lokalität »Pumpenstation« wurden im Profil beim Ausroden des Weges die Reste einer früheren Feuerstelle und Brandschichten beobachtet. Durch einen 10 m langen Suchschnitt ist im Ostteil ein Steinofen freigelegt worden, dessen Fugen aus Tonerde bestehen. Nach der Lage der Steine ist mit einer ehemaligen Ofenkuppel zu rechnen (Abb. 3). Die erhaltenen Abmessungen betragen 2,60 × 1,10 m. Es ist anzunehmen, daß dieser Ofen zur Gewinnung von Holzkohle gedient hat. Es ist interessant zu erwähnen, daß unterschiedlich große Schlackenblöcke als Bauelemente eingesetzt wurden. Im Laufe der zweijährigen Arbeiten (1987–1988) wurden zehn Keramikscherben auf der Oberfläche und im Profil gefunden, die aus dem ausgehenden 14. und bis Mitte des 15. Jahrhunderts stammen könnten⁸.

Etwa 100 m oberhalb des Meilerofens wurde ein Befund freigelegt, dessen Reste zum ersten Mal bereits bei der Verlegung der Wasserleitungen beobachtet worden sind. In dem Testschnitt (4 × 4 m) befanden sich zwei fast parallele Mauern in NW/SO-Richtung mit einer erhaltenen Länge von 50 cm (Abb. 4). Die Mauern bestehen aus größeren, plattenförmigen und durch Ton verbundenen Steinen. An der Westmauer sind zwei Gruben für Holzpfeiler, vermutlich die Dachkonstruktionsträger, entdeckt worden. Aufgrund der Kleinräumigkeit des Testschnitts sind nur Vermutungen zur Umfassung dieser Konstruktion und zur Funktion des Befundes möglich.

5 B. JOVANOVIĆ, D. MRKOBRAD, Istraživanje starog rudarstva na Rudniku. Glasnik Srpskog arheološkog društva 3, 1986, 77–81, Abb. 2–4; D. MRKOBRAD, D. BOGOSAVLJEVIĆ Istraživanje srednjovekovnog rudarstva i metalurgije na Rudniku. Zbornik radova Nardnog muzeja 18, 1988, 42–43, Abb. 1–3.

6 Aus technischen Gründen sind wir nicht in der Lage, die entsprechenden Abbildungen beizufügen.

7 B. JOVANOVIĆ, D. MINIĆ, D. MRKOBRAD, Spomenici starog rudarstva i metalurgije na Rudniku. Glasnik Srpskog arheološkog društva 4, 1987, 50–51, Abb. 2–4; D. MRKOBRAD, D. BOGOSAVLJEVIĆ (wie Anm. 5) 43–46, Abb. 4–7.

8 B. JOVANOVIĆ, D. MINIĆ, D. MRKOBRAD, Spomenici starog rudarstva i metalurgije na Rudniku II. Glasnik SAD (vgl. Anm. 7) 5, 1989, 37; D. MRKOBRAD, D. BOGOSAVLJEVIĆ (wie Anm. 5) 46–48, Abb. 8–11.

Abb. 3 Rudnik, »Pumpenstation«.



Abb. 4 Rudnik, Dolina Jasenice.



Die Profile mit einer Höhe von 1,5 m zeigen Zonen mit Holzkohle und rotgebrannten Bodenschichten, die im Zusammenhang mit der Bauphase des Objektes stehen dürften. Die dunkelrot verfärbten Bodenstellen mit den Ferro-Erzoxyden sind vermutlich aber auf die metallurgische Metallverarbeitung zurückzuführen. Die endgültige Beurteilung des Befundes werden zukünftige archäologische Forschungen und die chemischen Analysen erbringen. Das ganze Objekt kann nach der Keramik in das 14. und in die erste Hälfte des 15. Jahrhunderts datiert werden.⁹

3. Kopaonik

Der größte Berg Serbiens hat seinen Namen vermutlich durch die mittelalterliche Erzgewinnung erhalten (*kopa-ti* = graben). Im Mittelalter gab es viele Silberbergwerke auf Kopaonik (Plana, Kovači, Zaplanina, Koporici, Belasica), von denen das älteste und größte Bergwerk Trepča zum ersten Mal 1303 erwähnt worden ist.

Die Aktivitäten des modernen Bergwerks mit dem Tagebau für die Blei- und Silbergewinnung Kiževak haben dieses Gebiet als günstig für die montanarchäologische Erforschung des mittelalterlichen Bergbaus gekennzeichnet. Im Laufe des Jahres 1988 wurden zunächst die alten Grubenrisse mit den restlichen Bergbaustrecken studiert, die durch die Tätigkeit des aktiven Bergwerks im Laufe der Testarbeiten oder direkt bei der Ausgrabung freigelegt worden sind. Durch die Prospektion der modernen Halden wurden Grubenerze, eine Anzahl von Bergbaustreben, Ausrüstungsgegenstände und Werkzeuge gesichert. Die Abstützung der Stollen wurde mit Hilfe von trapezförmigen, aus massiven Rundhölzern bestehenden Rahmenausbauten ausgeführt (Abb. 5). Die Gangabmessungen betragen rund $1 \times 0,75$ m. Im geschütteten Erdreich wurden die Strecken mit Schnitt- und Resthölzern verschalt. Die Schächte sind durch viereckige Rahmenausbauten (kranzförmig) gesichert, die aus dem ersten etwas größeren Kranz von unten nach oben zusammengesetzt worden sind (Abb. 5). Die Schachtgröße, die den Rahmen aufnimmt, beträgt $0,90 \times 0,70$ m, und der Innenraum zeigt die Abmessungen von $0,70 \times 0,50$ m. Diese Verbindungsweise ergibt eine feste und dichte Zusammensetzung der Bauelemente. Drei unterschiedliche Verbindungsmethoden sind nachgewiesen: Überlappungsverbindung, Zahnverbindung und eine Verbindung durch ausgekreiste Stücke. Sie wurden entsprechend den unterschiedlichen Umgebungsgesteinen und Druckverhältnissen unter Tage angewandt.

Von den freigelegten Bergbauausrüstungen sind besonders die Holzleiter-Balken mit fünf eingeschnittenen Trittflächen (Abb. 6) und Holzschlitten aus ausgehöhlten Buchenstämmen zu erwähnen (Abb. 7). Auf der Außenseite sind zwei Schlitten unten mit je drei Holzkeilen befestigt. Die Leitern waren für die Fahrung unter Tage bestimmt, und die Schlitten dienen der Förderung der Erze und des Gesteins.

Der Bergbau Kiževak erscheint nicht in den mittelalterlichen Schriftquellen. Im Wortstamm dieses Namens steht aber das deutsche Wort »Kies«, also ein Relikt der sächsischen Bergbauterminologie, die wir mit dem Zeitraum des ausgehenden 14. und Anfang des 15. Jahrhunderts in Zusammenhang bringen¹⁰.

9 B. JOVANOVIĆ, D. MINIĆ, D. MRKOBRAD (wie Anm. 8) 37–40, Abb. 5–7; D. MRKOBRAD, D. BOGOSAVLJEVIĆ (wie Anm. 5) 48–50, Abb. 12–17.

10 V. BOGOSAVLJEVIĆ, D. MRKOBRAD, D. BOGOSAVLJEVIĆ, Istraživanje srednjovekovnog rudarstva na zapadnom Kopaoniku (okolina Kiževaka). Naša prošlost 3, 1988, 9–48.

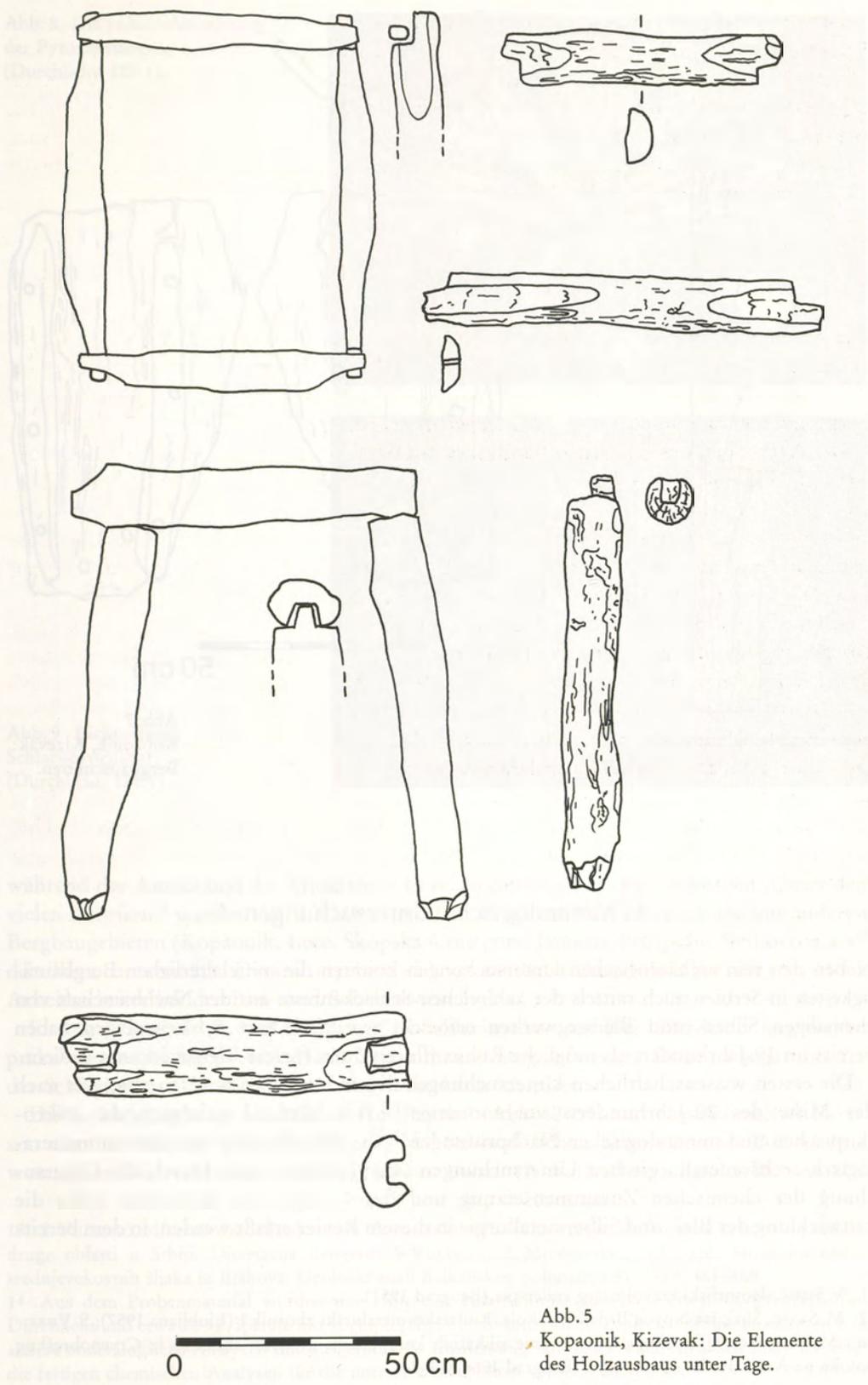


Abb. 5
Kopaonik, Kizevak: Die Elemente
des Holzausbaus unter Tage.

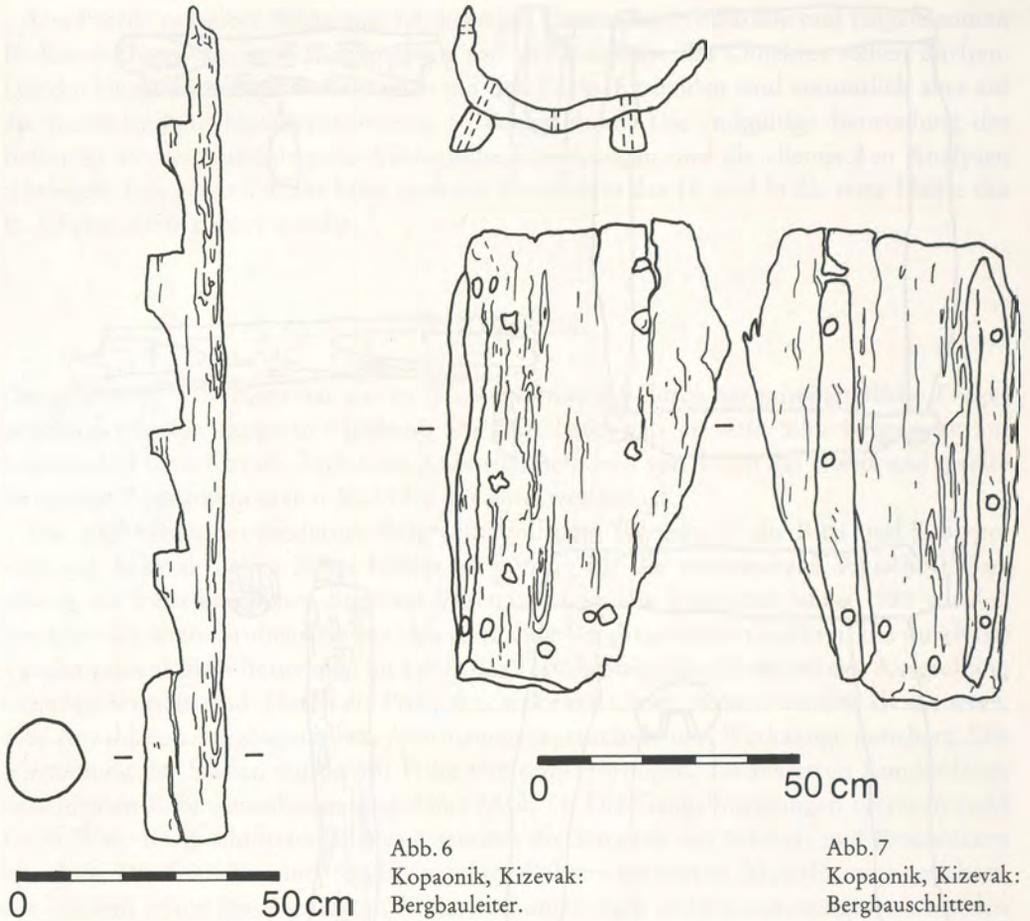


Abb. 6
Kopaonik, Kizevak:
Bergbauleiter.

Abb. 7
Kopaonik, Kizevak:
Bergbauschlitten.

4. Mineralogische Untersuchungen

Neben den rein archäologischen Untersuchungen konnten die mittelalterlichen Bergbautätigkeiten in Serbien auch mittels der zahlreichen Schlackenreste aus der Nachbarschaft von ehemaligen Silber- und Bleibergwerken erforscht werden. Diese Schlackenlagen haben bereits im 19. Jahrhundert als mögliche Rohstofflagerstätten für die Bleigewinnung gedient.

Die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen dieser Schlacken wurden aber erst nach der Mitte des 20. Jahrhunderts vorgenommen¹¹. Anschließend erfolgten die mikroskopischen und mineralogischen Nachprüfungen¹², die schnell in die spezifischen mineralogisch-archäometallurgischen Untersuchungen übergegangen sind. Durch die Untersuchung der chemischen Zusammensetzung und des Gefüges der Schlacken sollte die Entwicklung der Blei- und Silbermetallurgie in diesem Revier erfaßt werden, in dem bereits

11 V. SIMIĆ, Isotorijski razvoj našeg rudarstva (Beograd 1951).

12 M. SAVIĆ, Šljakišta Novog Brda i Kačikola. Rudarsko-metalurški zbornik 1 (Ljubljana 1957); S. VUKOVIĆ, M. VUKOVIĆ, Mikroskopsko ispitivanje silikatnih komponenti u starim šljakama iz Crvenobreškog potoka na Avali. Rudarski glasnik 1 (Beograd 1966) 79–84.

Abb. 8 Die radiale Anordnung der Pyroxenstangen;
(Durchlicht, 125:1).

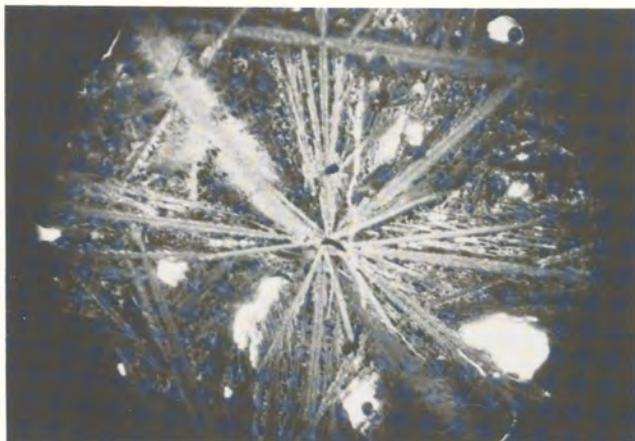
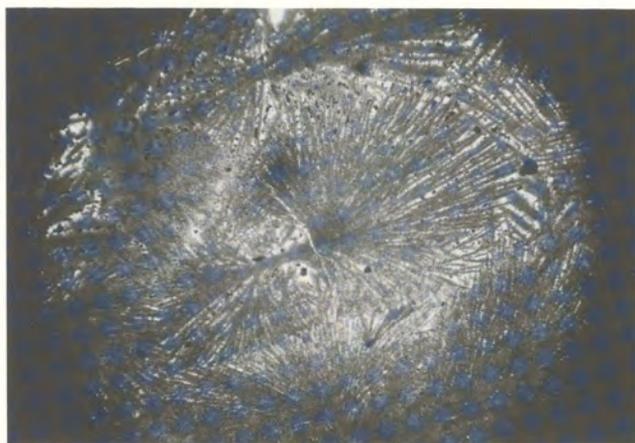


Abb. 9 Fächerartige Schlackenstruktur;
(Durchlicht, 125:1).



während der Antike und des Mittelalters Erze abgebaut und verhüttet wurden. Unter den vielen Arbeiten¹³ wurden die Schlacken aus dem Bergbaurevier Šumadija und aus anderen Bergbaugebieten (Kopaonik, Lece, Skopska Crna gora, Janjevo, Prijepolje, Brskovo u. a.)¹⁴ detailliert untersucht. Daraus ergeben sich wesentliche Angaben über die einzelnen Arbeitsschritte bei der Blei- und Silbergewinnung.

Es wurde festgestellt, daß alle geprüften Schlacken aus den Blei- und Silberbergwerken praktisch die gleiche mineralogische Zusammensetzung aufweisen. Diese ist sogar mit der der Schlacken aus der Antike und dem Mittelalter identisch.

Die Grundminerale sind Fe-Olivin (Fayalit) (Abb. 12–13) und monoklinischer Pyroxen mit überwiegend hedenbergitischer und ferrosalitischen Komponenten. Das nächste wesentliche Mineral bei der alten Schlacke ist Leuzit (Abb. 10–11). Es handelt sich um das

13 S. VUKOVIĆ, Mineralne asocijacije starih olovo-cinkovnih šljaka – troskvi u Šumadiji sa osvrtom naneke druge oblasti u Srbiji. Disertacija Beograd; S. VUKOVIĆ, R. MILOJKOVIĆ, S. DURIĆ, Mineralni sastav srednjeevokovnih šljaka iz Brskova. Geološki anali Balkanskog poluostrva 51, 1988, 461–469.

14 Aus dem Probenmaterial wurden mit Hilfe des Polarisationsmikroskops etwa 300 Präparate mit Durchlicht und etwa 200 Präparate mit abgspiegeltem Licht untersucht. Zahlreiche Röntgenanalysen und andere mineralogische Analysen sind ausgeführt. Es wurden ungefähr 250 Proben chemisch analysiert oder die fertigen chemischen Analysen für die normalen oder Massenproben ausgenutzt.

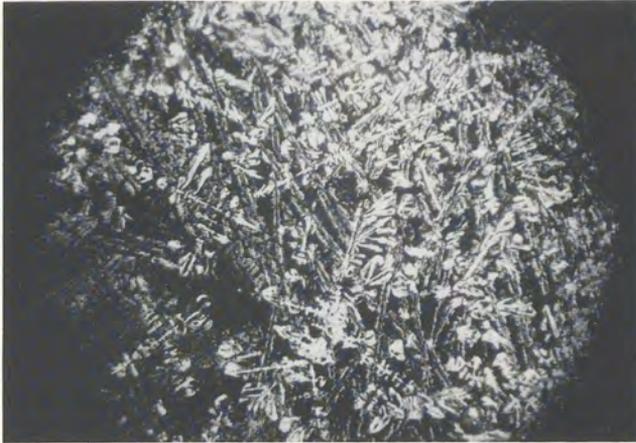


Abb. 10 Skelettkristalle des Leuzits (weiß); (Durchlicht, 125:1).

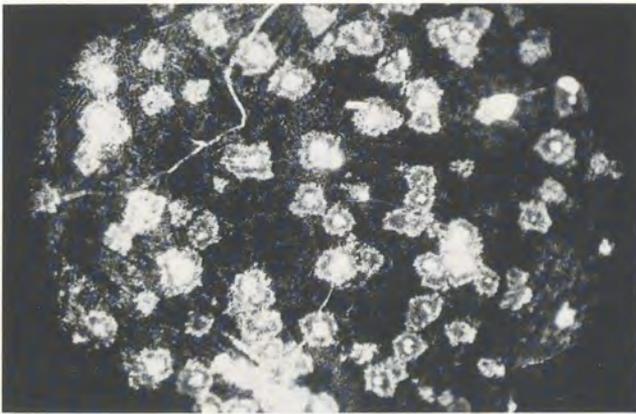


Abb. 11 Porphyrtartige Schlackenstruktur. Grobe Zonenschlackenkristalle in der Grundlage aus den Skelettkristallen des Leuzits, Magnetits und Olivins mit dem beigemischten Glas. Die dunkle Zone in den Leuzitkristallen stellt die Mischung der Wüstit-Magnetitkörnchen mit Leuzit dar; (Durchlicht, 125:1).

spezifische Mineral in den alten Schlacken, das in modernen Schlacken sehr selten und nur als mineralische Erscheinung zu beobachten ist. In den alten Schlacken ist der Leuzit eine jeweils anwesende und reich vertretene Komponente. Das zur Bildung von Leuzit erforderliche Kalium stammt meistens von im Altertum und im Mittelalter genutztem Brennholz. Immer anwesende und mengengemäß gut vertretene Komponenten sind die Ferroxide Magnetit und Wüstit (Abb. 14–15), die sich häufig in Form der gemischten Kristalle zeigen, wobei Wüstit den Mittelteil und Magnetit eine Randzone einnimmt. Wichtige, aber selten feststellbare Schlackenminerale sind Anorthit und Melilith mit überwiegender Fe-Akermanitkomponente. Die Schlacke enthält auch verschiedene Sulfide und Oxide des Bleis, Kupfers, Arsens, Zinks sowie sehr oft Troilit (Fe-Monosulfid).

Metallisches Blei und Kupfer, Gold (selten) sowie Eisenlegierungen sind in der Schlacke nachweisbar. Sie zeigen sich zweiartig: als kleine Tropfen (Metalle) und als kristallisierte Körner (Sulfide und Oxide), die in Skelettkristallen von Silikaten (Olivin, Pyroxen, seltener Leuzit, nie im Anorthit) (Abb. 14–15) regelmäßig angeordnet sind. Die andere Form ist der Stein mit dem Metall und den metallischen Mineralien (Blei, Galenit, Sphalerit, Magnetit, Troilit, Kupfer, Covellin, Chalkopyrit, Chalkosin, Bornit, Cuprit u. a.).

Daneben sind in den Schlacken immer die verschiedenen Glasstoffe und manchmal die ausschließlich aus dem Glas bestehenden Proben abgesondert. Alle diese Minerale sind Neubildungen, d. h. die aus der Schlackenlösung auskristallisierten und durch Liquefaction aus dem abgesonderten, geschmolzenen Metall abgetrennten Neumineralien. Die einzigen

Abb.12 Die nadelförmigen Körnchen des Olivins und Leuzits (weiß) bilden die pseudophitischen Schlackengefüge; (Durchlicht, 125:1).



Abb.13 Die Skelettstangen aus Olivin mit plumpen Pyroxenkörnchen und dem Glas in der Grundlage. Die weißen Partien weisen auf den Leuzit hin; (Durchlicht, 125:1).



Reste von der metallurgischen Charge sind die kleinen Spinellkörnchen mit der Mg-Komponente. Das sind immer sehr extensive, obwohl in unwesentlichen Mengen anwesende Körnchen, die sich als Einschlüsse bei allen Silikaten und im Glas zeigen. Obwohl diese Körnchen im Laufe des metallurgischen Vorganges nicht geschmolzen oder gelöst werden, haben sich in ihrem Inneren verschiedenen Reaktionen im festen Zustand abgewickelt und eine Magnetitumrandung hervorgerufen. Bei einer Fundstelle (Rudnik) wurde durch Rtg-Strahlen – wahrscheinlich zonenweise – die Anwesenheit des Zu-Spinells (Gahnit) festgestellt. Neben den schon erwähnten Resten verkohlten Holzes (Holzkohle) befinden sich in den Schlacken auch die Einschlüsse von Gestein, das im allgemeinen unverändert geblieben ist oder mehr oder weniger metamorphisiert wurde.

Alle Mineralneubildungen in der Schlacke zeigen sich in verschiedensten Skelettformen; in Form der gut auskristallisierten Körnchen können Leuzit (Abb.11) und Magnetit zusammen mit Wüstit sowie die Blei-, Zink-, Kupfer- und Arsensulfide vorkommen.

Die mikroskopischen Untersuchungen der alten Schlacken haben eine große Anzahl von Strukturformen mit unzähligen Varianten gezeigt, die sich nicht einfach beschreiben lassen. Die Skelettentwicklung bei fast allen Mineralien, ausgeprägte Inhomogenität der Masse mit häufiger Änderung der Strukturvarianten, zahlreiche Poren und Einschlüsse sowie relativ oft bemerkbare Phänomene der Zustände ohne Gleichgewicht, können als allgemeine Eigenschaften der alten Schlackenstruktur bezeichnet werden. Unter den Schlacken sind zuerst solche mit Glasanteilen von den fast vollkommen aus Glas bestehenden Typen zu

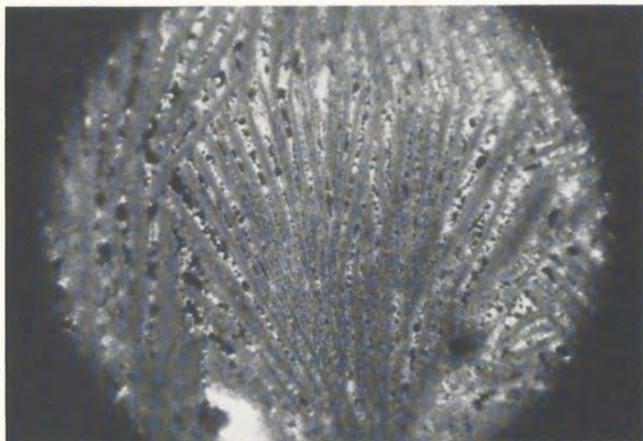


Abb. 14 Die fächerartige Anordnung des nadelförmigen Pyroxens (grau) mit dem Leuzit (weiß) und den Sulfid- und Metallkörnchen (schwarz); (Durchlicht, 250:1).

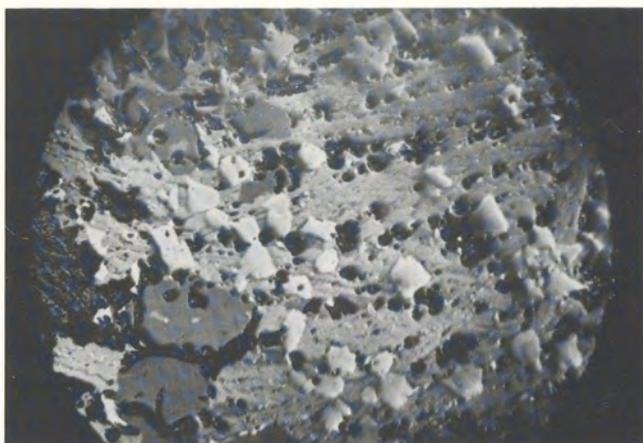


Abb. 15 Die stangenförmigen Olivinkörnchen (hellgrau), die gerundeten Leuzitkörner (dunkelgrau), tropfenförmige Sulfid- und Metallpartikel (weiß), Tesselalmagnetit häufig mit dem Wüstit in der Mitte (weiß) und Spinellkörnchen mit Magnetitumrandung (grau mit weiß). Die dunklen Stellen bedeuten Risse und Verunreinigungen.

unterscheiden. Darüber hinaus lassen sich die Form und Anordnung der Skelettkristalle von Silikaten nach den sphärolithischen, fächerartigen, radialen, pseudokornförmigen, porphyrtartigen Gefügeformen unterscheiden. Einige dieser Strukturen sind den beigelegten Mikrofotos zu entnehmen (Abb. 8–9, 11–12).

Höchst unterschiedliche Paragenesendiagramme sind beobachtet worden; eine ganze Reihe der Mineralvergesellschaftungen mit einer großer Anzahl der verschiedenen Eutektika, Umwandlungen, Anschwellungen und relevanten genetischen Phänomenen sind festgestellt worden. Von den zahlreichen Vergesellschaftungen erwähnen wir hier nur die Olivin-Leuzit-, Pyroxen-Anorthit-, Olivin-Pyroxen-Anorthitvergesellschaftung.

Auf Grund der mineralischen Vergesellschaftungen, Paragenesendiagramme, beobachteten Eutektika, Umwandlungen im festen Zustand und anderen relevanten Phänomenen ist die komplexe Sukzession der Bildungen von Schlackenmineralien vom Anfang der Lösungsabkühlung bis zur Temperatur von unter 100°C rekonstruierbar¹⁵. An dieser Stelle können wir nicht alle Details durchsprechen, müssen aber die Feststellung unterstreichen, daß die Lösung vor der Abkühlung relativ hohe Temperaturen von $1400\text{--}1500^{\circ}\text{C}$, meistens etwa $1450 \pm 20^{\circ}\text{C}$, erreicht hat.

15 S. VUKOVIĆ, Minerale asocijacije starih olovo-cinkovnih šljaka u Šumadiji. Glasnik Prirodnjačkog muzeja, ser. A, 38, 1983, 11–87.

Mehr als 100 statistisch ausgewertete chemische Analysen der mittelalterlichen Schlacken aus Serbien haben einen Mittelgehalt für Blei von 4,61 Prozent mit dem mind. Gehalt von 0,30 Prozent Pb und dem max. Pb-Gehalt von 15,0 Prozent ergeben. Es ist zu betonen, daß mehr als 40 Prozent der analysierten Proben aus den mittelalterlichen Schlacken den gleichen Bleigehalt wie die Schlacken der modernen Bleimetallurgie enthalten. Etwa 10 Prozent dieser Proben zeigen sogar geringere Bleiinhaite¹⁶.

Die Untersuchungen der alten Schlacken im Gelände des Reviers Šumadija haben es ermöglicht, die Mengen der alten Schlacken zu berechnen, die durch die Verhüttung der Erze aus einzelnen Silberbergwerken des Mittelalters und der Antike entstanden sind. Auf Grund dieser Angaben und des Mittelgehaltes von Fe, Pb, Ag und K in den alten Schlacken und in den im Altertum und Mittelalter gewonnenen Erzteilen wurden durch die originalen Methoden¹⁷, die Mengen des gewonnenen Bleis und Silbers sowie die Flächengröße der ausgehauenen Wälder ermittelt, deren Holzmassen für den metallurgischen Brennstoff eingesetzt worden sind¹⁸. Es ist unmöglich, in diesem Bericht auf die Details dieser auf exakten Messungen stehenden Methode einzugehen; beispielhaft seien nur die Ergebnisse aus drei Blei-Silberbergwerken vorgestellt.

1. Die Lokalität Kosmaj-Babe ist eine während römischer Zeit abgebaute Blei- und Silberlagerstätte »Metalla Aurelliana«. Die Erze wurden hier ab Ende des 1. bis zur Mitte des 4. Jahrhunderts – etwa 300 Jahre – gefördert. Im Mittelalter wurde dieses Revier wegen der Erschöpfung der Oberflächenlagen nicht benutzt. Sie liegt ca. 40 km südlich von Beograd. Die ursprünglichen Mengen betragen ca. 1500000 t an antiken Schlacken und nur 5000 t mittelalterliche Schlacken. Es wurden 588000 t Blei und 4750000 kg Silber gewonnen. Die Jahresproduktion betrug im Durchschnitt etwa 1950 t Blei und 15850 kg Silber¹⁹. Zur Herstellung der Holzkohle für die metallurgischen Prozesse mußten ca. 24000000 t Holz eingesetzt bzw. ca. 950 qkm der Buchen- und Eichenwälder gerodet werden²⁰.
2. Die Lokalität Avala ist ein mittelalterliches Blei- und Silberbergwerk. Das Bergbaugeschehen dauerte im Mittelalter von 1420 bis 1521, d. h. ca. 100 Jahre. Der Fundort liegt etwa 20 km südlich von Beograd. Die ehemaligen Schlackenmengen betragen ca. 140000 t. Die Produktion betrug ca. 35000 t Blei, etwa 100000 kg Silber, d. h. im Durchschnitt ca. 350 t Blei und ca. 1000 kg Silber pro Jahr²¹. Als metallurgische Brennstoffe sind etwa 3000000 t der besonders guten Holzmasse verkohlt bzw. etwa 115 qkm des Eichen- und Buchenwaldes gefällt worden²².
3. Die Lokalität Rudnik ist ein mittelalterlicher Blei- und Silberbergbau, wo die mittelalterliche Ausnützung von 1290 bis 1454, d. h. ca. 150 Jahre, dauerte. Es wurden ca. 20000 t Blei und ca. 100000 kg Silber bzw. ca. 130 t Blei und ca. 700 kg Silber im jährlichen Durchschnitt gewonnen²³. Für die Verhüttung sind ca. 1500000 t der besonders guten

16 S. VUKOVIĆ, Frekvencija sadržaja olova u starim šljakama olovocinkovnih rudnih oblasti Srbije, Zapisnici Srpskog geološkog društva za 1985–1986 godinu. (Beograd 1988) 263–274.

17 S. VUKOVIĆ, M. VUKOVIĆ, Obim antičke i srednjevekovne eksploatacije srebrnosnih ruda Avale. Kosmaja i Rudnika. Vesnik 44, ser. A (Geozavod, Beograd 1988) 215–238.

18 S. VUKOVIĆ, M. VUKOVIĆ, Procena potrošnje drveta kao metalurškog goriva u starom i srednjem veku na primeru srebrnosnih rudnika u Šumadiji. Geološki anali Balloanskog poluostrva 51, 1988, 481–491.

19 S. VUKOVIĆ, M. VUKOVIĆ (wie Anm. 17).

20 S. VUKOVIĆ, M. VUKOVIĆ (wie Anm. 18).

21 S. VUKOVIĆ, M. VUKOVIĆ (wie Anm. 17).

22 S. VUKOVIĆ, M. VUKOVIĆ (wie Anm. 18).

23 S. VUKOVIĆ, M. VUKOVIĆ (wie Anm. 17).

Holzmasse verkohlt bzw. ca. 60 qkm des Eichen- und Buchenwaldes ausgehauen worden²⁴.

Das äußerliche Aussehen der Schlacken, die Menge der Einschlüsse und das Porenvolumen stellen die Grundlage für die Unterscheidung der antiken von der mittelalterlichen Schlacke dar. Die antiken Schlacken sind durch eine stark ausgeprägte Porenbildung und große Mengen an kleinen Einschlüssen aus der Charge charakterisiert. Massive und glasähnliche Schlackenstücke sind selten zu beobachten. Die mittelalterlichen Schlacken haben weniger ausgeprägte Poren, häufig massive und glasähnliche Teile (nach dem mikroskopischen Aussehen) und relativ kleine Mengen an Einschlüssen aus der Unterlage und Holzkohle. Der harzige, glasartige und halbmattische Glanz der sauberen Flächen ist kennzeichnend.

Diese Unterschiede des äußeren Aussehens sind die Folgen des Schlackenabstichs. Die mittelalterlichen Metallurgen haben die Schlacke durch eine Ofenöffnung bereits im flüssigen Zustand abgelassen, wobei die Gase stufenweise aus der Schlacke entweichen konnten. Die antiken Metallurgen haben die Ofenmauer zum Schlackenablassen zerstört. Der Abfluß der flüssigen Schlacke ist gekennzeichnet durch eine heftige Reaktion mit Gasbefreiung und Schaumbildung²⁵.

5. Zusammenfassung

Die bisherigen archäologischen Untersuchungen zum mittelalterlichen Bergbaugeschehen und zur Metallurgie in Serbien haben bisher nur eine kleine Auswahl von Fundstellen mit guten Erhaltungsbedingungen erfaßt. Obwohl diese Untersuchungen in einem kurzen Zeitraum und in begrenztem Umfang vorgenommen worden sind, haben sie ermöglicht, eine Klassifizierung der Abbaue vorzunehmen, Werkzeuge und technisches Gerät, das bisher nur aus historischen Quellen bekannt war, archäologisch zu untersuchen sowie methodische Erfahrungen zu sammeln.

Die umfangreichen mineralogisch-archäometallurgischen Untersuchungen der alten Schlacken aus den mittelalterlichen und antiken Blei- und Silberbergwerken Serbiens haben auf die Möglichkeiten der Archäologie bei der Entdeckung einer der wichtigsten Wirtschaftstätigkeit der menschlichen Zivilisation hingewiesen.

Die dabei angewandten Methoden haben es ermöglicht, viele Details zu entdecken, mit denen die Rekonstruktion der unbekanntesten Aspekte des mittelalterlichen Lebens und die Überprüfung und Ergänzung der historischen Angaben möglich werden (z. B. technologische Details, Produktion der Bergwerke und mögliche Beeinflussung der Landwirtschaft und Wirtschaftsentwicklung, Umfang der Forstwirtschaft und mögliche ökologische und gesellschaftliche Einflüsse, soziale Veränderungen durch die Bergwerke).

Wir meinen, daß die hier dargestellten Ergebnisse Ausgangspunkt für weitere interdisziplinäre Forschungen zum mittelalterlichen Bergbaugeschehen und zur Metallurgie Serbiens sein können.

24 S. VUKOVIĆ, M. VUKOVIĆ (wie Anm. 18).

25 S. VUKOVIĆ (wie Anm. 15); S. VUKOVIĆ, Rekonstrukcija drevne metalurške tehnologije na osnovu mineralnih asocijacija starih šljaka (im Druck).

Zur Gründungsgeschichte des Südtiroler Landesbergbaumuseums

VON RUDOLF TASSER

Tirols große Zeit als europäisches Bergbauzentrum liegt weit zurück. Die meisten der einst blühenden Bergwerke sind geschlossen, und nur wenige sind derzeit noch befahrbar. Da erwacht nun, als es schon fast zu spät ist, das Interesse an der Bergbaugeschichte des Landes und an den Zeugnissen dieser Geschichte. Der Erfolg der Tiroler Landesausstellung 1990 in Schwaz bestätigt das.

In Südtirol entschloß man sich, ausgehend von Anregungen und Initiativen, die aus ehemaligen Bergwerksorten kamen, zur Errichtung eines eigenen Landesbergbaumuseums. Die Erstellung eines Konzeptes für dieses Museum hat längere Zeit in Anspruch genommen, weil auch unterschiedliche lokale Bedürfnisse berücksichtigt werden mußten. Das Museum wird nun aus drei räumlich getrennten Bereichen bestehen; im Jöchlsturn in Sterzing, einem alten Gewerkenhaus, ist die Direktion und die Verwaltung untergebracht, zudem soll dort ein Bergbaumuseum eingerichtet werden, das auch Hinweise gibt auf die zwei anderen Museumsbereiche in Ridnaun-Schneeberg und in Prettau-Steinhaus.

1. Der Jöchlsturn in Sterzing¹

Der Jöchlsturn wurde in mehreren Bauphasen errichtet. Die wichtigste war wohl jene in der 1. Hälfte des 15. Jahrhunderts, als Hans Jöchl, ein durch den Bergbau im Bergergericht Gossensaß reich gewordener Silbergewerke, einen zum Sterzinger Stadtbefestigungssystem gehörenden Turm zum Ansitz ausbaute. Die Ausstattung mit dekorativer Freskenmalerei und mehreren kostbaren Holzdecken erfolgte noch im 15. Jahrhundert. Zwischen 1470 und 1474 wurde die St. Peter- und Pauls-Kirche gebaut, die noch heute zum Ensemble gehört. Der Jöchlsturn blieb bis Mitte des 16. Jahrhunderts im Besitz der Jöchls. Nach dem Erlöschen des Geschlechts ging er an die Familie Schenk von Schenkenstein über und 1610 von dieser auf die Familie Söll von Aichberg. 1643 erwarb die Familie Enzenberg den Ansitz, in deren Besitz er heute noch ist. Seit 1836 war der Jöchlsturn Sitz des Bezirksgerichts, er blieb es auch, als Südtirol zu Italien kam. Vor etwa zehn Jahren begannen die Restaurierungsarbeiten, die im Jahr 1990 abgeschlossen wurden. Seither ist der Ansitz vom Land Südtirol angemietet und dem Landesbergbaumuseum übergeben worden. Die Ausstellungen im Jöchlsturn werden sich vor allem auf die Geologie und die Mineralogie der verschiedenen Bergbaugebiete Südtirols beziehen, auf die Münzkunde (Trientner, Meraner, Haller und Lienzer Prägungen), auf die Arbeit im mittelalterlichen Bergbau, den Handel mit den Metallen der Tiroler Bergwerke, auf das Bergrecht und

¹ O. R. DIETRICH, Die Bauten Sterzings (Borna, Leipzig 1914) 28 ff.; O. KOFLER, Die Jöchl und der Jöchlsturm in Sterzing. Der Schlern 3, 1923, 211–215; S. ENZENBERG, O. PREUSCHL-HALDENBURG, Jöchlsturn in Sterzing. Der Schlern 33, 1959, 83–92.

schließlich auf den Ort Sterzing als Bergbauzentrum. Außerdem soll im Jöchlsthorn eine Forschungsstätte zur Südtiroler Bergbaugeschichte eingerichtet werden.

2. Ridnaun-Schneeberg²

Von den vielen Bergbauen im alten Berggericht Gossensaß war nur jener am Schneeberg nach Blei und Zinkblende bis in die jüngste Vergangenheit in Betrieb. Der Schneeberg ist kein eigener Berg; man bezeichnet die Gegend zwischen Ridnauntal im Norden und dem Passeirer Tal im Süden in etwa 2200–2500 m Meereshöhe als Schneeberg.

Der Schneeberg gehört mit dem Pfunderer Berg bei Klausen zu den Tiroler Edelmetallbergwerken, die schon im Hochmittelalter in Betrieb waren. 1237 nennt ein Bozener Notariatsbuch das »*argentum bonum de Sneberch*« als Tauschmittel; es dauert dann allerdings bis ins 15. Jahrhundert, ehe man vom Schneeberg wieder hört. Inzwischen war das Silber vom Blei als Haupterz abgelöst worden. Über die Zahl der am Schneeberg tätigen Knappen wissen wir bis ins 17. Jahrhundert hinein nicht genau Bescheid; es mögen aber, wie vermutet wird, in der Blütezeit an die 1000 gewesen sein. Das Verleihungsbuch des Bergrichters von Gossensaß zählt in der Zeit zwischen 1481 und 1514 insgesamt 3280 Verleihungen auf, die mehr als 200 verschiedene Orte betreffen. Über 500 davon entfielen auf den Schneeberg³. Bereits damals wohnten zumindest jene Knappen, die mit dem Abbau und der Förderung des Erzes zu tun hatten, ganzjährig im Knappendorf St. Martin am Schneeberg in 2354 m Meereshöhe. Auch als Ende des 18. Jahrhunderts der Bergbau am Schneeberg eingestellt wurde, blieb das Knappendorf bewohnt, denn zwischen 20 und 50 Freigrübler und Haldenkutter waren auch danach noch am Berg tätig (Abb.1).

Zu einem regelrechten Wiederaufblühen des Schneeberger Bergbaus kam es nach 1870, als der österreichische Generalinspektor für Bergbau Conrad von Beust auf die reichen Zinkblendelager des Schneeberges aufmerksam wurde, und der Staat in der Folge viel Geld in eine neue Erztransport- und Erzaufbereitungsanlage investierte. Die zwischen 1871 und 1874 erbaute Transportanlage ist eine Kombination von sehr steil verlaufenden Bremsbergen (insgesamt acht) bei einer Hangneigung von bis zu 59,33 Prozent! Das gesamte System beginnt auf der Passeirer Seite des Schneeberges und endet nach etwa 27 km in Sterzing. Die eindrucksvollen Überreste der Anlage sind als Lehrpfad eingerichtet, der von Jahr zu Jahr weiter ausgebaut wird. Diese Transportanlage war nur 50 Jahre in Betrieb. Als nach dem 1. Weltkrieg eine italienische Firma den Bergbau am Schneeberg übernahm, wurde eine Materialeilbahn gebaut, die später verstärkt und modernisiert wurde und heute noch steht. Einst hatte man das Erz mit Tragtierkolonnen in etwa sechs Stunden vom Schneeberg nach Maiern im hintersten Ridnaun gebracht; mit der kombinierten Transportanlage verkürzte sich diese Zeit auf die Hälfte, und mit der Materialeilbahn war das Erz dann nur mehr eine Stunde unterwegs.

Das Knappendorf St. Martin verließen die Knappen erst 1967. Damals begann man auf der Ridnaunerseite auf fast genau 2000 m Meereshöhe, einen Stollen in südliche Richtung zu treiben, um das Erz von dort aus abzubauen. Der Stollen (3,5 km lang) war 1974 fertig, aber schon sechs Jahre später wurde der Betrieb eingestellt. Das Knappendorf, in dem es

2 H.M.VOELCKEL, Chronik vom Schneeberg. Ein mittelalterlicher Erzbergbau hoch über Passeier (Innsbruck, München 1976); H.M.VOELCKEL, Schneeberg. 800 Jahre Bergbau zwischen Ridnaun und Passeier. Hrsg. von den Gemeinden Ratschings und Moos in Passeier (1989); Künstlerprojekt Bergwerk Schneeberg 1987. Hrsg. vom Forum ARGE Kunst, Galerie, Museum (Bozen).

3 G.MUTSCHLECHNER, Das Berggericht Sterzing. Schlern-Schriften 232 (1965) 105 ff.

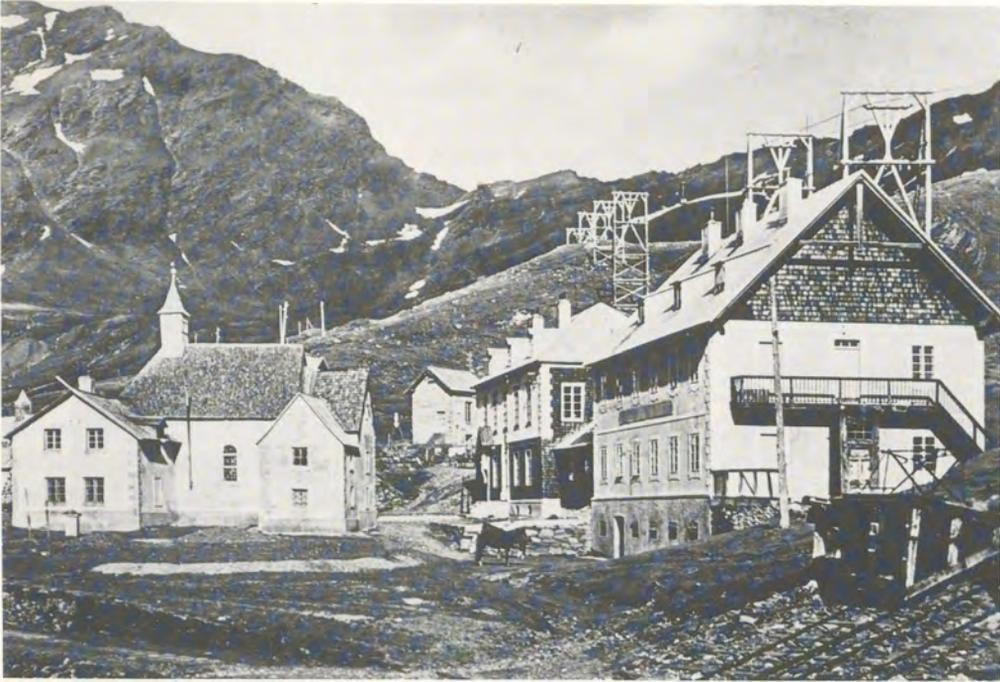


Abb. 1 St. Martin am Schneeberg (2354 m NN) in der Zwischenkriegszeit.

eine Kirche, ein Wirtshaus, ein Spital mit einer Leichenkammer und zeitweise sogar eine Schule gegeben hat, verfiel indessen immer mehr. Nun werden nach einem bereits ausgearbeiteten Projekt in nächster Zukunft jene Gebäude saniert, für die sich eine Nutzungsmöglichkeit finden ließ; die anderen sollen als Ruinen erhalten bleiben. Im früheren Verwaltungsgebäude, das Schutzhütte ist und bleiben wird, sind auch Ausstellungenräume vorgesehen, in denen die abwechslungsreiche Geschichte des Schneeberges dokumentiert werden soll.

Am weitesten fortgeschritten sind die Ausbaurbeiten zum Museum in der Erzaufbereitungsanlage in Maiern im hintersten Ridnauntal. Erst seit 1875 war das Schneeberger Erz dort aufbereitet worden, vorher hatte man es zur Verarbeitung nach Brixlegg in das Unterinntal gebracht. Die italienische Betreibergesellschaft SAIMT erbaute die heute noch bestehende Flotationsanlage im Jahre 1926. Sie ist an den Hang gebaut, um die Wasserkraft besser ausnützen zu können (Abb. 2).

Bei der Flotation wird das Erz zunächst in mehreren Gängen bis zu einer Korngröße von 0,2–0,1 mm gemahlen und der Erzstaub dann einem physikalisch-chemischen Prozeß ausgesetzt, durch den die Erzteilchen zum Aufschwimmen gebracht und als Schaum abgezogen werden.

Diese Anlage wird zu einem Industriemuseum ausgebaut mit Schau- und Ausstellungenräumen im ehemaligen Arbeiterwohnhaus. Ganz in der Nähe der Flotationsanlage wurde ein etwa 200 m langer Stollen in den Berg getrieben, der den Charakter eines Schaustollens hat. In ihm sollen die alten und neuen Abbautechniken demonstriert und der erhaltene Maschinenpark aufgestellt werden. Mit dem Abschluß der Bauarbeiten an der Aufbereitungsanlage ist im Laufe des Jahres 1992 zu rechnen.



Abb. 2 Erzaufbereitungsanlage in Maiern; alte Ansicht.

3. Der St.-Ignaz-Erbstollen in Prettau⁴

Am Rötzbach in Prettau im Ahrntal hat man wahrscheinlich schon in prähistorischer Zeit Kupfer abgebaut. Zu Beginn des 15. Jahrhunderts n. Chr. wurde der Bergbau neu entdeckt und war von da an bis 1893 ununterbrochen in Betrieb. Die ersten Gewerken kamen aus dem Tal, später erwarben finanzkräftigere Tiroler Gewerken, wie die Tänzl, Stöckl, Welsperg, Tannenberg, Sternbach, Enzenberg u. a., Anteile in Prettau. Auch der Bischof von Brixen und der Tiroler Landesherr engagierten sich kaufmännisch im Bergbau von Prettau.

Die Erzlager des Prettauer Bergwerkes erstrecken sich auf der linken Talseite von der Höhe des Rötckreuzes auf rund 2000 m Meereshöhe in den Berg. In die obere Schieferhülle sind Erstarrungsgesteine eingelagert, das Erz ist an schuppig ausgebildete Chloritschiefer gebunden. Insgesamt waren es zwölf Erzlager in Form von bis zu 6 m mächtigen Bändern, seitlich aneinandergereiht. Sie erstrecken sich bis etwa 600 m in die Tiefe. Der Kupfergehalt des Erzes liegt bei 2,2 Prozent, daneben enthält es geringe Mengen an Eisen, Silber und anderen Mineralien.

Der Abbau des Erzes hat einst auf etwa 2000 m Meereshöhe beim Ausbiß begonnen. Die zum Erz führenden Stollen sind daher um so länger und jünger, je tiefer sie zur Talsohle hin angesetzt wurden. Die Stollenmundlöcher sind durch einen Lehrpfad erschlossen und können erwandert werden (Höhenunterschied 500 m, Gehzeit 1–1,5 Stunden).

Der Erbstollen des Kupferbergwerkes, der auf 1500 m Meereshöhe in den Berg führende St.-Ignaz-Stollen (1168 m lang), soll zum Besucherbergwerk ausgebaut werden. Das Projekt ist zur Zeit in der Genehmigungsphase. Daneben plant die Gemeinde Prettau die Unterbringung einer Asthmatherapiestation. Wegen der Weite des Grubengebäudes lassen sich beide Ziele verwirklichen.

Der St.-Ignaz-Erbstollen ist der einzige mit Schwarzpulver herausgesprengte Stollen des Bergwerkes; alle anderen Stollen sind noch geschrämt worden. Es wurde zwischen 1761 und 1805 aufgefahren. Zur Zeit wird im Stollen noch Zementkupfer gewonnen, diese Produktion reicht in Prettau bis auf das Jahr 1561 zurück. Die Anlage wird in das Ausstellungsprogramm des Besucherbergwerkes übernommen. Außerdem läuft hier ein Versuch der Universität Cagliari zur Entwicklung der bakteriellen Laugung (*Thiobacillus ferrooxidans*).

Im Stollen sollen zwei Rundgänge für die Besucher hergerichtet werden, einer von etwa 250 m auf der Sohle des Stollens und ein kürzerer etwas tiefer auf Sohle 6.

4. Die bergbauliche Sammlung Enzenberg in Steinhaus

Im Ansitz Gaßegg im Steinhaus, 12 km von Prettau entfernt, befindet sich eine wertvolle bergbaukundliche Sammlung, die von den jeweiligen Gewerken des Prettauer Bergwerkes zusammengetragen wurde und sich nun im Besitz der Familie von Enzenberg befindet, welche die letzten Gewerken von Prettau stellte. Die Sammlung besteht aus Modellen, Grubenrissen, Bildern, Geräten, Mineralien, Schmelzproben und Fachliteratur. Graf

⁴ S. ENZENBERG, O. PREUSCHL-HALDENBURG, Der Ahrner Handel. Schlern-Schriften 208 (1959) 31–55; R. TASSER, Die Geschichte des Kupferbergwerkes in Prettau von den Anfängen bis 1676. Diss. Innsbruck 1970; 25 Jahre Gemeinde Prettau. Festschrift zur Wiedererrichtung der Gemeinde. Hrsg. von der Gemeinde Prettau (1983).

Georg von Enzenberg wird diese Sammlung dem Landesbergbaumuseum leihweise zur Verfügung stellen. Sie soll im Kornkasten des Steinhaus, dem ehemaligen Pfenwertemagazin des Prettau Bergwerkes, ausgestellt werden.

Von größtem Wert für die Bergbauforschung ist das reichhaltige Archiv im Anstiz Gaßegg zur Geschichte des Prettau Kupferbergbaues vom 16. Jahrhundert bis zur Gegenwart. Es ist zum größten Teil noch nicht bearbeitet worden. Hingegen ist das Archiv des Bergrichters, es gab praktisch wegen des Kupferbergbaus von Prettau seit 1498 ein eigenes Berggericht Taufers, nach der Auflösung der Berggerichte unter Josef II. nach Klausen gekommen, wo sich die Spuren in der Optionszeit (nach 1940) verlieren. Noch gelten diese Archivbestände als verschollen.

Das Südtiroler Landesbergbaumuseum wird, wenn es in seinen verschiedenen Bereichen nach Abschluß der Bau- und Vorbereitungsarbeiten seine Tätigkeit aufnimmt, ganz sicher eine große Zeit Tirols dokumentieren, als die Bergschätze das Land reich und begehrenswert machten. Das Land Südtirol investiert sehr viel in den Aufbau des Museums, sicherlich auch deswegen, weil man das Landesbergbaumuseum als Touristenattraktion nützen will. Es wird hoffentlich allen etwas geben, den Einheimischen und den Gästen.

Mining and metallurgical activity in the Campiglia Marittima region (Tuscany) and the archaeological excavation at Rocca San Silvestro

BY RICCARDO FRANCOVICH

1. Introduction

Mining, for both mineral ores and »marbles«, has been and is a characteristic feature of the region of Campiglia (Fig. 1). The »signs« of such activity are particularly clear and marked. In some cases there are extremely significant records of the history of mining and metallurgical techniques, and of European importance; in others they are unsightly scars which disfigure an area which is exceptionally rich from both an archaeological and naturalistic point of view. It is superfluous to say that the former are those left by »historical« activity, whilst the latter are those inflicted by contemporary activities. This is not only because our judgements are conditioned by a blind »historicism«, but also because of the different methods which have been used in the various phases of exploitation. In this context it must be said that the »industrialization« of mining which began at the end of the last century, with a few notable exceptions, was not as destructive as some of the quarrying carried out in the period after the second world war.

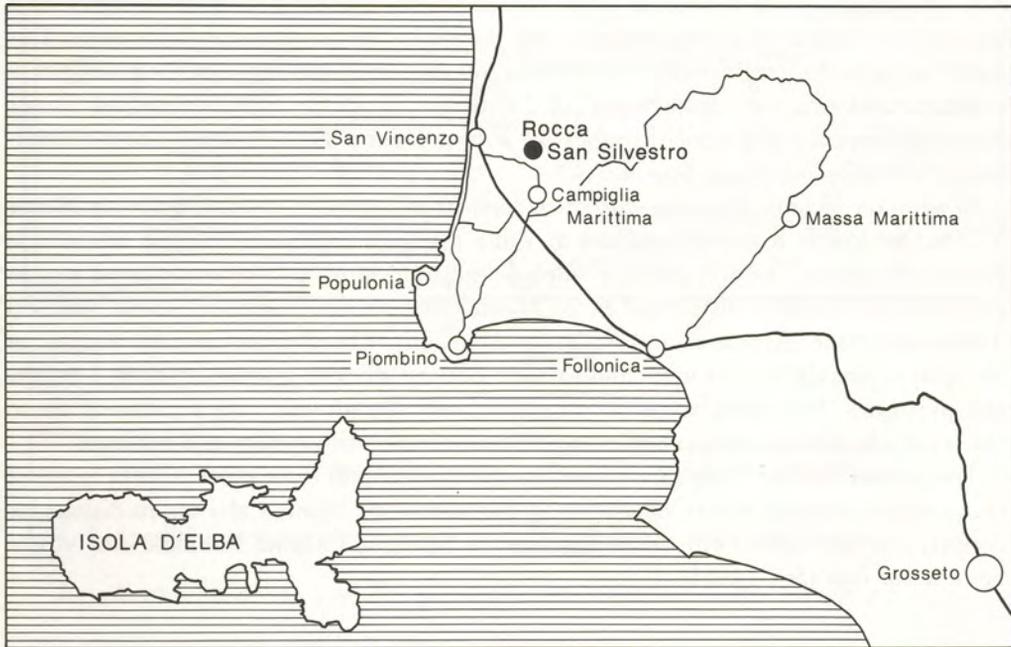


Fig. 1 The region of Campiglia with Rocca San Silvestro.

But what are the circumstances which have made the central part of the Campiglia region so important in the context of Tuscan mining and metallurgical activity, allowing the etruscologist A. Minto to suggest that Baratti's function as a port might be linked originally to the marketing of products from that area itself (Minto 1954), rather than to the working of iron from Elba?

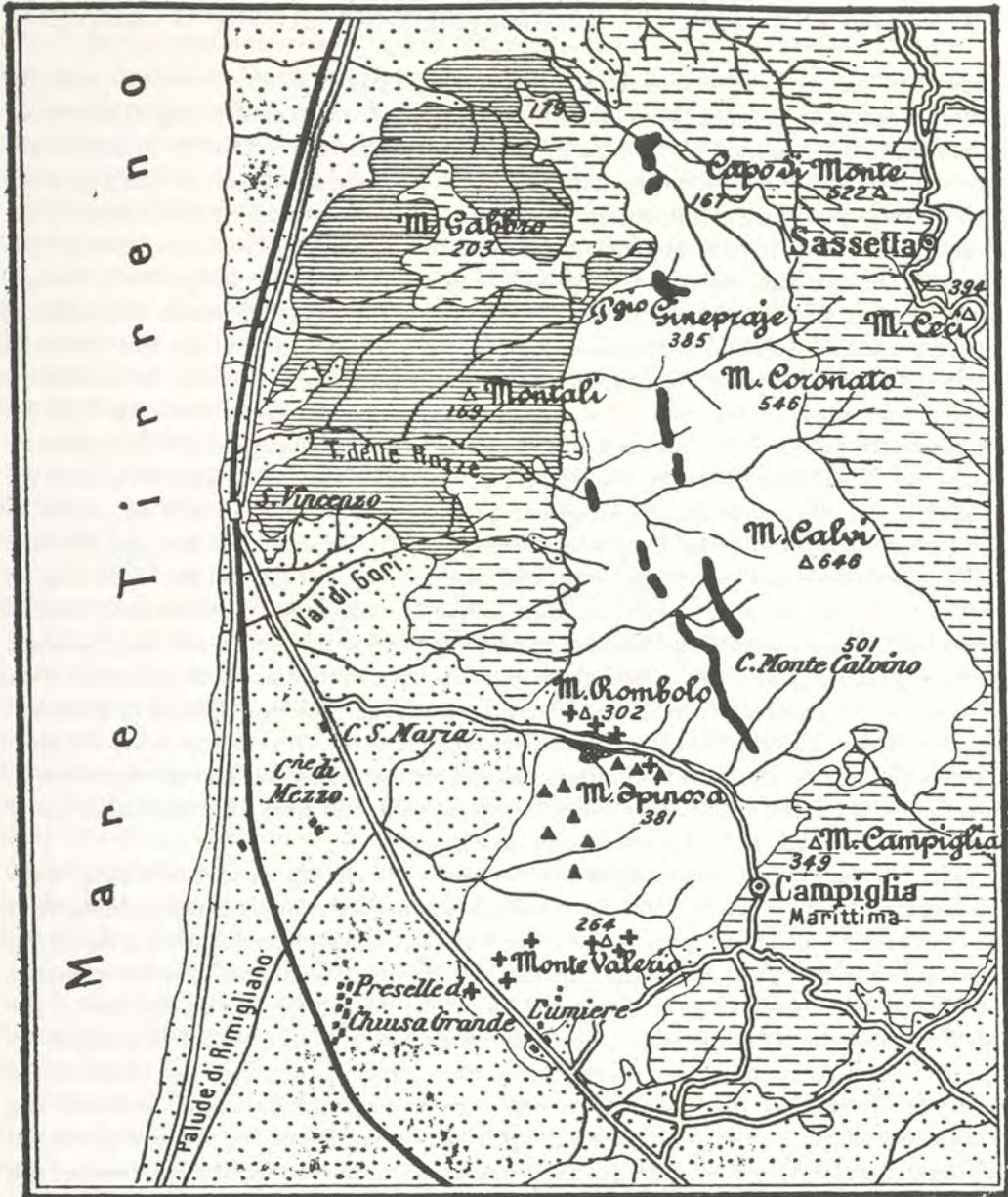
The geological formation of the Campiglia Marittima mountains (Fig. 2), which culminate in the summit of Monte Calvi (646 metres), consists of white limestones which, on Monte Rombolo (391 metres) and on Monte Spinosa (386 metres), cover a bedded grey limestone. The latter is almost always crystalline, whilst the white limestone graduates between crystalline and compact wax. The metalliferous mineralizations of the Campiglia region were, and still are in part, rich in cassiterite, limonite, haematite, pyrite, galena, chalcopyrite and blende. This therefore allows the extraction of tin – in the form of an oxide (SnO_2) –, of iron – in the form of an oxide hydrate ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), an oxide (Fe_2O_3) and of a sulphide (FeS_2) –, of lead, of copper and of zinc (the latter practically unknown in antiquity) – in the form of sulphides (PbS , CuFeS_2 , ZnS) – and also of silver contained in the galena.

The deposits of cassiterite are concentrated primarily on Monte Valerio (264 metres). Here the mineral is linked to the oxide hydrates of iron; in places where there is contact with the limestone, the surrounding rock, it is enfolded with calcite concretions. The cassiterite is found in small accumulations of various forms, within the iron-bearing veins: for this reason it is difficult to recognize. Other small deposits of lesser importance are located on Monte Rombolo, here also inserted in limonite-bearing veins, but embedded in a more ancient limestone than that of Monte Valerio.

Iron, in contrast, is present throughout the region since the superficial outcrop of each deposit, of whatever sort, is formed by limonite. Monte Spinosa is particularly rich in it. In some zones, including some close to Monte Spinosa, the underlying granitic intrusion, which can be seen clearly at Botro ai Marmi, raising the ground, has made the iron crop out. The origin of the deposit is to be related to the alteration of more complex salts transported in dissolution and precipitated in the fissures of the secondary limestones. This partly explains the irregularity of the process and the sometimes lenticular and sometimes columnar and stratiform arrangement of the deposit. At Botro ai Marmi and on Monte Rombolo there are also similar ironbearing accumulations. They probably form a continuum with those of Monte Spinosa.

In addition to limonite, there are other deposits of hematite, situated again on Monte Valerio, on Monte Rombolo and also at Vallin del Rigo on Monte Spinosa, where it is particularly dense. The poly-metallic sulphide mineralizations of copper, lead and zinc in particular are primarily distributed in the Monte Calvi district (Poggio all'Aione, Valle del Temperino, Valle dei Lanzi and Valle dei Manienti). The deposits usually consist of irregular accumulations of iron- and calcium-bearing silicates (garnet, epidote, «ilvaite» and pyroxides: hedenbergite and johannsenite, very fibrous and with a radius of up to 10 cm) in which veins and nodules of sulphides intermix with quartz and fluorspar.

The territory of the Campiglia region may be divided into three main areas in terms of the prevalent mineral: Monte Valerio for tin (but also iron), Monte Calvi and its district for copper, lead and silver (with small quantities of iron), and Monte Rombolo and Monte Spinosa for iron (Stella 1955).



- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <i>Terreni quaternari e recenti</i> |  <i>Trachiti</i> |
|  <i>Calcari vari in parte metamorfosati e scisti alternanti (secondari)</i> |  <i>Filoni porfirici mineralizzati (Solfuri misti)</i> |
|  <i>Scisti e calcari dell'eocene</i> |  <i>Granito tormalinifero</i> |
|  <i>Nuove ricerche per ferro</i> |  <i>Vecchi lavori per ferro e stagno</i> |

Fig. 2 Geological map of Campiglia's landscape (MINTO 1943).

2. A history of mining and metalworking in the territory of Campiglia

In this region evidence of mining and of metalworking is present in considerable amounts for different periods: that is, Etruscan, medieval, modern and contemporary (Fig. 3). However, a clear and neat separation of the different phases of exploitation is difficult. In fact in each period the resumption of mining took the old excavations as its starting point, resulting in the loss of any record of the earlier activity. This is one of the most characteristic features of the mineral exploitation in the Campiglia region. After the definite use of mineral resource in the Etruscan period, characterized by the working of iron and copper ores and probably also tin, which was of critical importance in manufacturing bronzes, there is at present a long silence in the written sources and in the material finds which continued until the later medieval period (end of 10th century). Even for this period there is evidence only from the excavation of the large village of San Silvestro and of the areas in front of its mines in the Valle dei Manienti. At the end of this medieval mining and metalworking enterprise, linked primarily to the use of argentiferous lead ore and of copper ore, which definitely finished around the middle of the 14th century, a long period of inactivity may be recognized. This continued until the initiatives of Cosimo I, between 1549 and 1559 in the Valle dei Lanzi and the Valle del Temperino. He had up to three hundred labourers from Germany and the Versilia region working for him intensively, under the direction of German masters and overseers and of Grand-ducal stewards (Fabretti-Guidarelli 1980). Following the Medici initiative, destined to be a big failure because of the inadequate technical capacity for transforming the lead ores, associated with blende, into metal and silver, there was again a long period of very modest mining activity. This continued until around the middle of the 19th century, when the great French mining engineers, Caillau, Burat, Simonin etc., urged by the Tuscan enterprises of the Porte in the first decades of the 19th century gave mining a fresh impetus, which finally lasted this time until 1978 (Francovich Ed., c. s.).

The 19th century descriptions form a fundamental basis for the history of mining in the mediterranean region. It is in fact in these years, when the faces of preindustrial mining work were still clearly visible, the previous activity was described with an attention to detail and an analytical approach which remain unparalleled. The major mining activities are generally ascribed to the Etruscan and medieval periods, whilst the activity during the time of the Medici is underestimated. Finally, at the end of the century, a large English firm began ten years of work concentrated in the territory of the Valle dei Lanzi, Valle dei Manienti and Valle del Temperino. They went over the various stages of Etruscan, medieval and renaissance workings, building a narrow gauge railway which linked Pozzo Govet, Earle and Walter to the plants for the smelting of the copper: the monumental remains of them are still visible at the foot of Monte Rombolo.

Copper working seems to have been characteristic of the Etruscan period. At Madonna di Fucinaia remains of structures linked to production of the Villanovan and »Orientalizante« periods are still visible today. The distribution of the production units to the west of the church have been reinterpreted recently as being indicative of structures for the roasting of chalcopyrite before it was put into the smelting furnaces which have been identified along the nearby Capattoli channel (Minto 1954, 3). This particular interpretation is now the subject of debate, although that metalworking activity did occur in this zone is not in doubt. Parts of the structures which are still visible and protected should be reanalysed and excavated according to modern archaeological criteria. As medieval copper working also took place along the Capattoli channel (Voss 1990), we are not sure of the extent of the Etruscan workings, although they are definitely present here.

As yet we do not know where they were obtaining the bronze in the Etruscan period, although it has been suggested, since the second half of the 19th century (Blanchard 1875/6, 1876), that it may have come from Monte Valerio, together with tin. This mountain, which was certainly explored in the preindustrial periods, as is shown by a particularly interesting complex such as that of the Centocamerelle, now devastated by destructive quarrying, still preserves numerous traces of »ancient« mining, linked not only to the presence of tin but also of iron.

In this area identification of an Etruscan period settlement remains problematic. There is much pottery of Etruscan date not only in the vicinity of the production units but also near the mines themselves, such as on Monte Spinosa. At the moment the lack of archaeological research in the area of present day Campiglia prevents the presence of a permanent and substantial settlement in the area being established. However, there is evidence for some small habitation sites, which may or may not be seasonal, linked to mining and metalworking.

In the medieval period mining was concentrated in the Valle dei Manienti and the Valle dei Lanzi where argentiferous galena was more abundant, although copper ores were also definitely exploited. The history and the role of this area, which is linked through the manorial family of the place, the Della Rocca, to the great power of Pisa, must be written and described on the basis of archaeology since the documentary evidence relating to production is extremely rare (Francovich et al. 1985).

The role played in Pisa by the Della Gherardesca and the Della Rocca families is, in all probability, linked to their skill and their force deriving from their expertise in the organization of mining and metalworking (in particular of copper and silver). This was obtained in this area and then »exported«, in the course of the 13th century to Sardinia with the Villa di Chiesa (Iglesias) foundation. The possibility that the power of the Della Rocca and Della Gherardesca families may have been linked to the control of the raw materials ideal for coinage cannot be excluded.

San Silvestro – after the destruction by quarrying in this century of the castle of Biserno on the hills overlooking San Carlo – is a grandios testimony to that period of signorial power when links with mining were of such importance.

We do not know if any of these phases of copper working noted in the Capattoli channel, which are attributed to the medieval period, may be the work of the inhabitants of San Silvestro or rather of those of Campiglia Marittima, of whom the written documents have left no trace.

When, in 1549, the Campiglia region was for a decade one of the most important areas for ore exploitation in Tuscany, thanks to Cosimo I, who visited amongst other places the area of which we are speaking, the memory of medieval activity had long since disappeared. Certainly many of the workings still visible today in the Valle dei Lanzi, as in the area of Ortaccio, and of Gran Cava, in the Valle del Temperino, may be referred to this period (Fabretti, Guidarelli 1980).

However, the enterprises, which are amply documented, record also that the area of the »Casaloni« of Madonna di Fucinaia, the present ruined building of which is commonly dated to the beginning of the century, is also an area with 16th century buildings. Here, amongst other things, furnaces for lead smelting were situated alongside a mill. The difficult process of smelting involves continuous adaptation of and experimentation with the structures of the furnace: as a result, when work had finished in 1559, the area was of considerable archaeological interest.

The present physical character of the region between Monte Rombolo and Temperino, which will soon be turned into an archaeological park on mining (Francovich Ed., c. s.) was

acquired from the mid 19th century, when exploitation concentrated in the areas now occupied by the Govet, Earle, Le Marchand and Walter shafts. In fact, it is possible today to travel along the route between Temperino and Lanzi, the valleys in which galena, chalcopyrite and iron oxides have been exploited, completely underground, admiring in the upper levels the »ancient« workings.

Although the mining activity linked to copper and lead ores has had this cyclic course in the Campiglia territory, the picture for iron is somewhat different. At Caldana the introduction of a furnace »alla bergamasca« in the 16th century is an event which provides continuity for the indirect production of iron. It involved the use, through the Magona (iron industry association), of iron primarily from Elba: this travelled from the coast by Baratti to Venturina, via the Fossa Calda. The presence of a permanent structure for the production of iron also provided an incentive for the exploitation of local resources. In fact when it became difficult to find Elban iron, it was the iron ores of Monte Valerio, of Campo alle Buche, of the Fierle and of Poggio all'Aione which were used. The local iron, as in the medieval period, had a supporting and integrating role, although it has never been the principal source. The hopes and the successes of the »industrialization« of Campiglia are linked not only to the fundamental »coupler« to the iron metallurgy of the Tuscan coast and the series of furnaces for the working of Elban material at Valpiana, Suvereto, Cecina etc., but to the alternative possibilities that exist for exploiting mixed sulphide ores: this has always overridden the agricultural and woodland-pastoral aspect.

Today the proposal for an archaeological park on mining, which recaptures the successful times of this region and demonstrates the historic role of the Tuscan area in certain critical periods (Etruscan, medieval, renaissance and »industrial«) may perhaps happily bring to an end one cyclic phase and start another in which the historical, archaeological and environmental resources form a permanent and systematic line of development.

3. Rocca San Silvestro

The castle of Rocca San Silvestro, so called after the Saint to whom the castrense church is dedicated, is a village founded in the second half of the 10th century as a result of signorial initiatives aimed at the exploitation of the ore deposits of the area (Francovich et al. 1985) (Fig. 4). The first written account of the castle dates to 1108, although references to a fortified site »... *in loco ubi dicitur Monte Calvi* ...« are to be found as early as 1004. The castle appears in the contemporary documents of the more well-known centre of Campiglia. However, whilst we can be certain on the basis of the archaeological evidence that San Silvestro was a new foundation, there are some indications that lead one to suggest a rather longer life for Campiglia, possibly starting in pre-Roman times. This is shown by some fragments of black slip pottery which have been found on the uppermost part of Campiglia itself.

To return to San Silvestro, the first document which explicitly refers to a tower and to specialized cultivation around the settlement with garden plots, vineyards, and olive trees, dates to 1271. A few years later we have mention of pasture within its district. Throughout the life of the village agriculture and sheep raising were a small and integrative, but important, part of the local economy, based as it was primarily on mining and metalworking.

Additionally an act from 1310 is important for indicating those districts (Biserno, Campiglia and Suvereto) which adjoin Rocca San Silvestro (whose name then was Rocca a

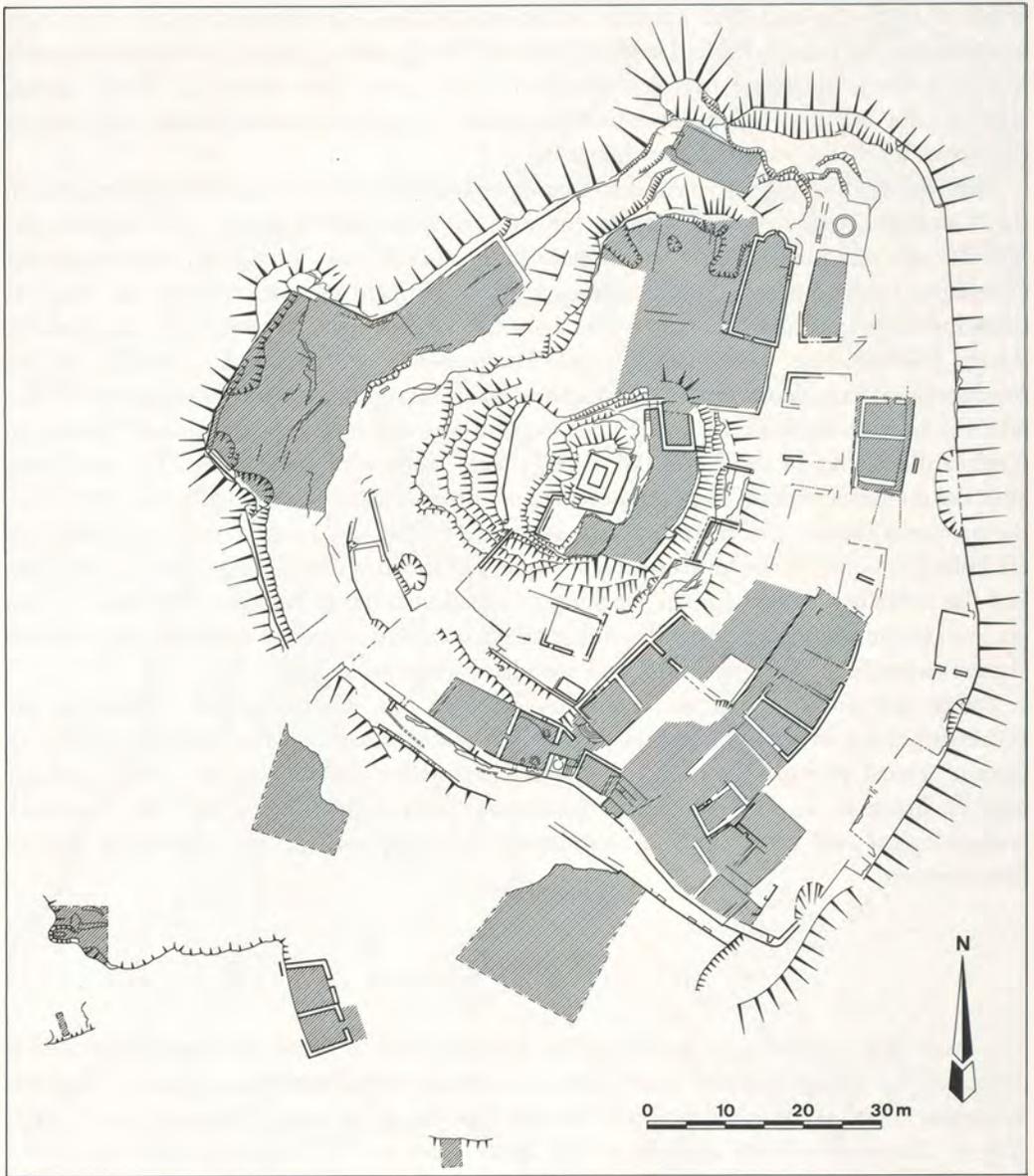


Fig. 4 Plan of San Silvestro.

Palmento, the name San Silvestro being assumed in the renaissance), it lists its principal natural resources: *«silvis ... fluminibus ... salinis ... venis, metallis»*. The last reference to the castle as a still occupied nucleus dates to 1323. However, from the archaeological evidence we know that it continued to be in use at least in part until the second half of the 14th century, and was used as living quarters, perhaps by a shepherd, until the early 15th century.

Right from the start Rocca San Silvestro was linked to the role played by the Della Rocca family, who firmly maintained their own manorial rights even in the face of Pisan political-territorial advances.

Of the village one can see, in addition to the essentially romanesque urban lay-out (divided into manorial area, residential area, industrial area, church, cemetery, metalwor-

king installations), a bloomery furnace, situated by an abandoned quarry, the forge, at the foot of the entrance to the castle, in a position which indicates that it was directly controlled by the manorial family, and the remains of copper and lead smelting furnaces, in the »industrial« area. In the Valle dei Manienti, a few hundred metres from the castle, the mines and their associated working areas, contemporary with the settlement, are still visible, whilst in the Valle dei Lanzi recent and present workings have left only a few suggestive traces of »ancient« activity.

For the investigation of this site, began in 1984, an archaeological research strategy has been formulated which foresees a balanced investigation of the different parts of the settlement, aimed at understanding the following:

- 1) The social framework during the different phases of life of the village, with particular reference to the consolidation of the manorial system and to its »weakening«, until the demise of the village itself in relation to its specific vocation and to its production infrastructure, to be studied in relation to the topographical context.
- 2) The chronological phases of the settlement, trying in particular to establish whether the origin of the »castle« is due to manorial initiative or whether it should be seen as part of the more general phenomenon which seems to characterize »incastellamento« in Tuscany. For here the fortification of a rural settlement seems to be the final phase of an earlier phenomenon of reoccupying hilltops, a process which had begun in the early medieval period and, in some cases, even in late Antiquity.
- 3) The technological aspects of building a fortified settlement, from the quarrying to the wall construction techniques.
- 4) The economic basis of the village by the study of the organic remains and the agricultural production system.
- 5) The production of metals, which from the technological point of view must be divided into at least three parts, each corresponding to an independent stage:
 - a) from the deposit to the commercial ore (mining stage),
 - b) from the ore to the semi-worked metal, pigs, bars, and ingots (metalworking stage),
 - c) from the semi-worked metal to metal objects (manufacturing stage) (Francovich, Parenti 1987).

The questions posed are, as a result of archaeological excavation at San Silvestro, receiving extremely important replies, such as to allow us to respond with extraordinary effectiveness to some historiographic questions relating not only to the technology available but also to the social context. In fact it depends on the close relationship between these two aspects that the most significant data are emerging, beginning with the matter of the end of the village, which may be related not only to the complex demographic decline which characterizes this part of Europe in the mid 14th century and the »political« clash which characterizes the end of the »manorial« system, but above all it depends on the production system and to the technological apparatus which, not being able to utilize hydraulic power, had from the 13th century already begun to be obsolete.

With regard specifically to the matter of ancient mining and metalworking, the archaeological investigations undertaken have been directed towards the following:

- 1) A systematic survey of the now wooded area surrounding the castle in order to identify ancient shafts and pits. In this respect circa 10 preindustrial mines are being surveyed analytically and an excavation has begun of a mine in the Valle dei Manienti. In addition the later phases of mining activity (16th and 19th century) are being »re-read« in an

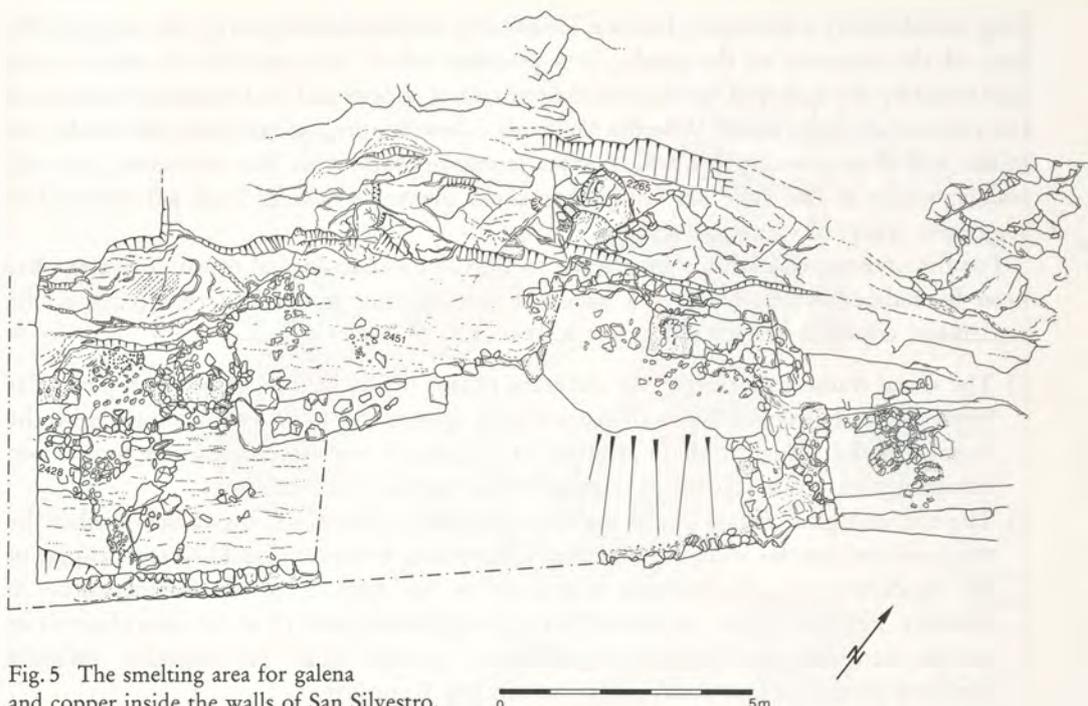
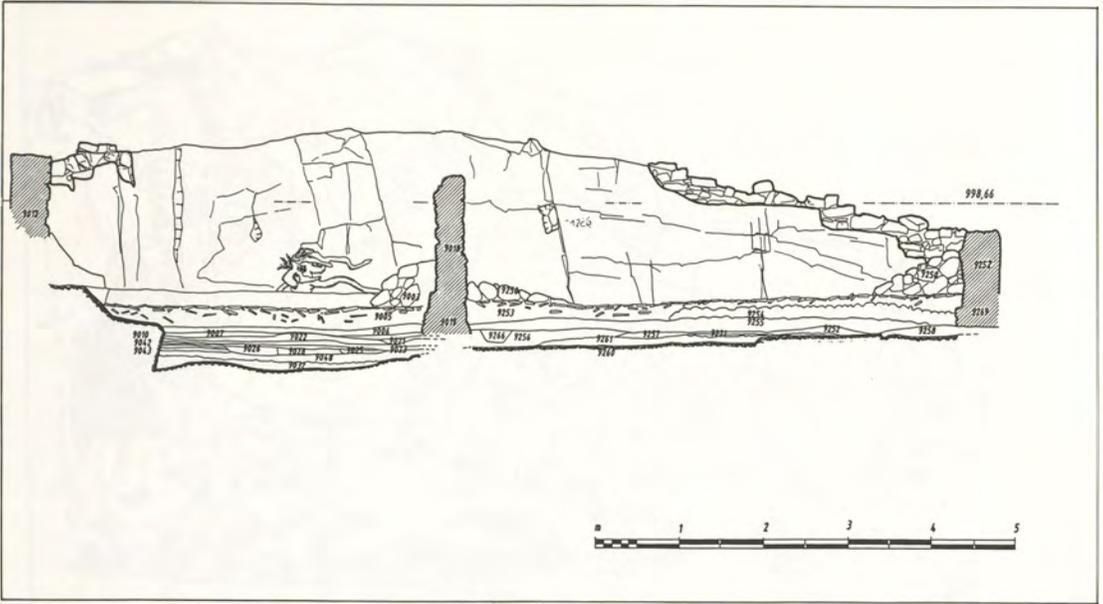


Fig. 5 The smelting area for galena and copper inside the walls of San Silvestro.

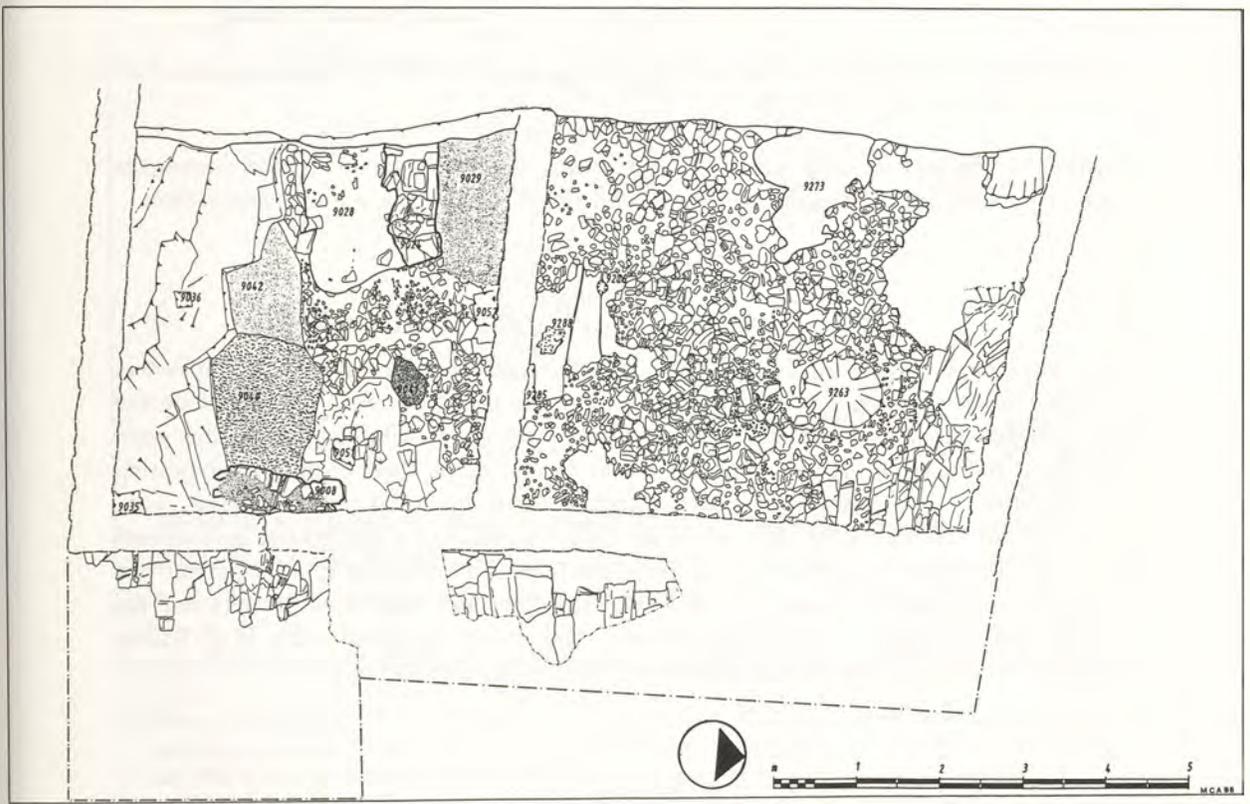
- attempt to create a »typology« of mining techniques. So far we have no clear evidence for pre-Roman mining activity, although it should be located not far from the metal-processing areas of the Temperino region (work in progress – A. Casini supervisor).
- 2) With regard to the second phase, that is metalworking, a lead processing area has been identified, from the excavation of a furnace in which there was the charge of crushed galena and of wood: it is uncertain so far whether this was a structure for roasting or for smelting (Fig. 5, n. 2265). Remains of two furnaces for the smelting of copper have been found adjacent to the lead working area (Fig. 5, n. 2428): in their vicinity small piles of roasted chalcopyrite were found (Fig. 5, inside n. 2451). These structures went out of use at the beginning of the 14th century. A further structure for the smelting of copper, dating to a century earlier, has been found on a higher terrace. These discoveries were followed by the discovery in 1985 of a furnace for the reduction of iron, published in 1987 (Fig. 6a and 6b).
 - 3) Manufacturing activity. The manufacturing stage is known only in as much as it concerns the production of iron implements. A forge was found at the foot of the single entrance to the castle, emphasizing the close manorial control over this activity (Fig. 7 and 8). It probably relates to the production of tools to be used in agricultural work or mining only by the villagers themselves.

The problems involved in an assessment of the quantity of slag, which could easily have been taken elsewhere or thrown out from the fortified structure, at present hinders any calculation of the volume of production. It poses the problem whether all production was concentrated within the walls, or if this was »assay« activity, with all »industrial« production being undertaken in nearby sites such as Madonna di Fucinaia.

It is clear that until this time the production of copper and argentiferous lead was linked to the export of ingots and pigs, destined to be worked further outside the castle. The



a



b

Fig. 6a and 6b The furnace for iron reduction outside of the wall of San Silvestro.

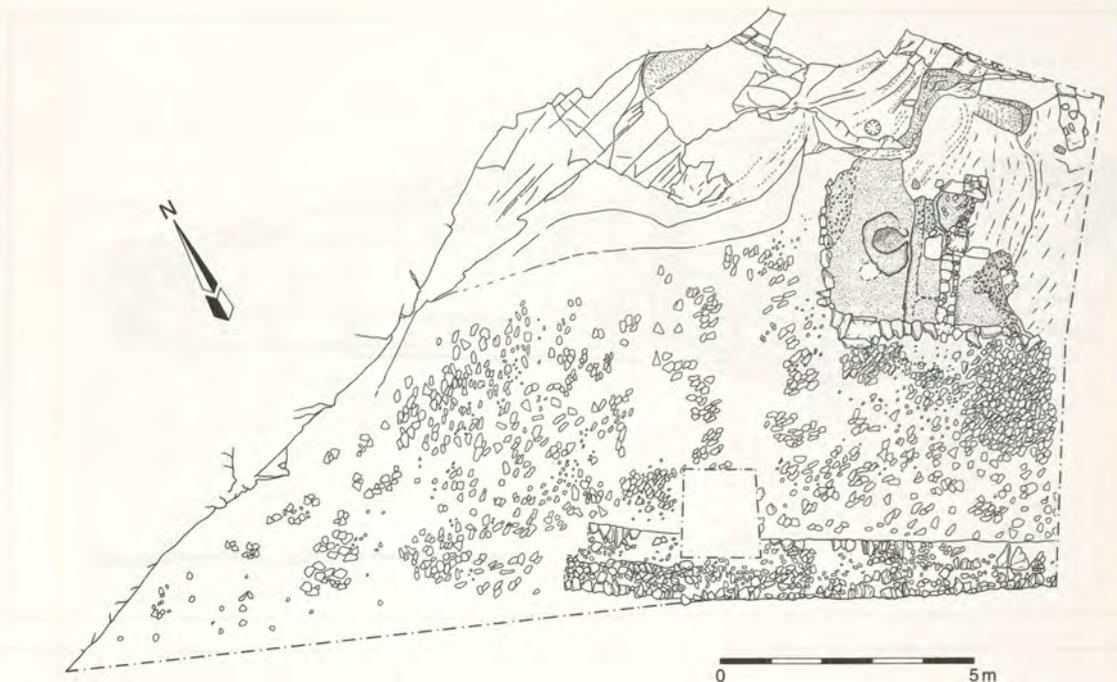


Fig. 7 General plan of the forge for iron at the foot of the gate of San Silvestro. The large area, close to the forge, is for charcoal and wood storage.

market of Pisa and its mint seems at the moment, in the absence of written documents and of possible verification through trace elements in the coinage, a likely destination.

4. Conclusions

The impressive corpus of data produced by the excavations of Rocca San Silvestro, relating to ancient mining and metalworking and the social context, has opened up the prospect of extremely revitalized research and shown the possibilities for further investigations of manorial organization in a period encompassing three centuries, advocating the expansion and reinforcing of archaeological research in this area. However, constructive answers can come only when the choice is made to make greater investments and with scientific cooperation on a European level. The dialogue thus begun on this occasion is extremely important and is the link that has been created between the researchers involved at Rocca San Silvestro and those associated with M. C. Bailly-Maître's investigations at Brandes, Grenoble (see this volume 443 pp).

5. Bibliography

- AA. VV. 1937 = AA. VV., Ricerche archeologico-minerarie in Val Fucinaia. *Studi Etruschi* XI, 305-341.
 BENEDETTINI 1983 = BENEDETTINI, Le miniere a Campiglia dagli Etruschi ai giorni nostri (Pontedera).
 BLANCHARD 1876 = F. BLANCHARD, Sulla scoperta della cassiterite a Campiglia Marittima. *Bollettino del R. Comitato Geologico d'Italia* 7, 52-54.

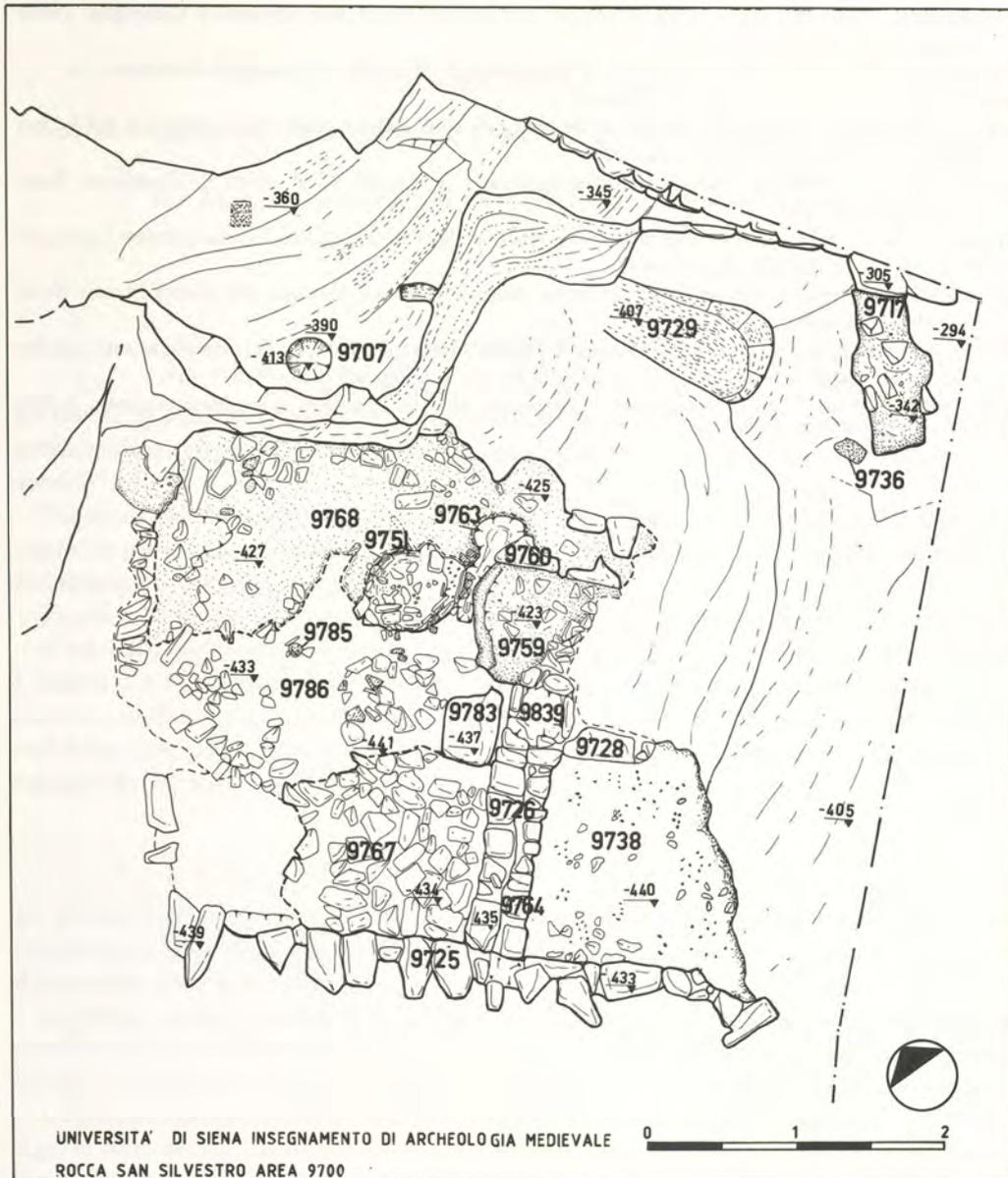


Fig. 8 The map of the smithing forge in the second phase of use.

BLANCHARD 1875/76 = F. BLANCHARD, Sur la découverte de la cassiterite de Campiglia Marittima. M. L. 2, III. L.

FABRETTI, GUIDARELLI 1980 = M. FABRETTI, A. GUIDARELLI, Ricerche sulle iniziative dei Medici nel campo minerario da Cosimo I a Ferdinando I. In: *Potere centrale e strutture periferiche nella Toscana del '500*. A cura di G. SPINI (Firenze) 141-217.

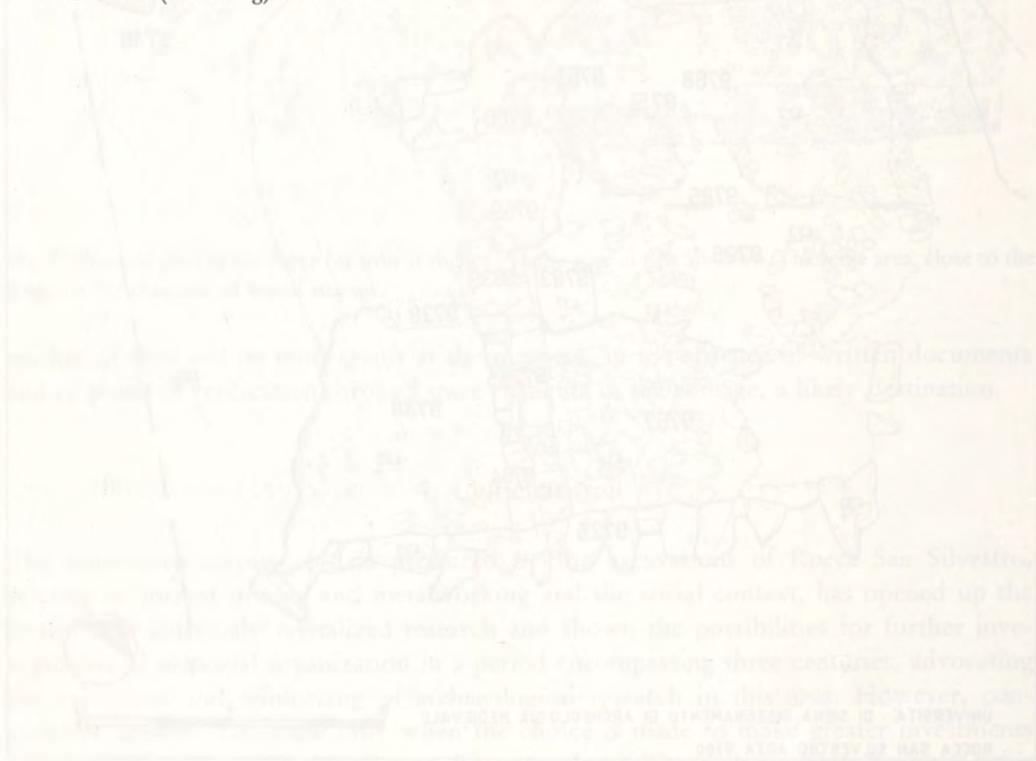
FEDELI 1983 = F. FEDELI, *Populonia. Storia e territorio* (Firenze).

FRANCOVICH 1984 = R. FRANCOVICH, Per la storia della metallurgia e l'insediamento medievale sulla costa toscana: lo scavo del villaggio minerario di San Silvestro. *Rassegna d'Archeologia* 4.

FRANCOVICH et al. 1980 = R. FRANCOVICH et al., Aspetti e problemi di forme abitative minori attraverso la documentazione materiale nella Toscana medievale. *Archeologia Medievale* 7.

FRANCOVICH et al. 1985 = R. FRANCOVICH et al., Un villaggio di minatori e fonditori di metallo nella Toscana del medioevo: San Silvestro (Campiglia Marittima). *Archeologia Medievale* 12.

- FRANCOVICH, PARENTI 1987 = R. FRANCOVICH, R. PARENTI, Rocca San Silvestro e Campiglia. Prime indagini archeologiche (Firenze).
- FRANCOVICH (Ed.) = R. FRANCOVICH (Ed.), Il Parco Arceo-Minerario di Campiglia Marittima. c.s.
- MINTO 1943 = A. MINTO, Populonia (Firenze).
- MINTO 1948/49 = A. MINTO, Per una carta archeologica sulle antiche coltivazioni minerarie del bacino Mediterraneo. Studi Etruschi 20, 303-309.
- MINTO 1954 = A. MINTO, L'antica industria mineraria in Etruria ed il porto di Populonia. Studi Etruschi 22, 291-319.
- SIMONIN 1858 = L. SIMONIN, De l'exploitation des mines et de la métallurgie en Toscane pendant l'antiquité et le moyen age. Annales des Mines 4.
- STELLA 1927 = A. STELLA, Alcune osservazioni sui minerali di ferro e di stagno dell'Antica Etruria. Studi Etruschi 1, 421-425.
- STELLA 1955 = A. STELLA, La miniera di Stagno di Monte Valerio e i giacimenti del Campigliese nel quadro della catena metallifera toscana. Bollettino della Società Geologica Italiana 74, 115-218.
- VOSS 1990 = O. VOSS, The Iron Production in Populonia. In: The First Iron in the Mediterranean. A cura di G. SPERL (Straßburg) 91-100.



Brandes en Oisans

Archéologie et paléoméallurgie d'un village de mineurs au Moyen-Age

DE MARIE-CHRISTINE BAILLY-MAÎTRE ET ALAIN PLOQUIN

1. Apport de l'archéologie

Le site de Brandes fait l'objet d'une étude historique et archéologique depuis 1977 et il est souhaitable qu'elle puisse être conduite à son terme, ce qui engage encore de nombreuses années.

Pourquoi un tel intérêt? Brandes est, à l'heure actuelle, le seul site permettant une approche quasi exhaustive du monde de la mine au XIII^e siècle, dans ses aspects techniques, économiques, politiques et sociaux.

En effet, à plus de 1800 m d'altitude, dans un pays de hautes montagnes, s'est implantée une véritable agglomération permanente autour de l'exploitation d'une mine d'argent. L'intérêt que l'on portait alors à ce métal justifie l'ampleur des aménagements mis en place pour son exploitation. La qualité des archives, certes rares, mais fiables, et celle des vestiges archéologiques permettent de comprendre comment vivaient, travaillaient et pensaient les mineurs de Brandes.

1.1 *L'Agglomération minière*

Le portrait d'une micro société bien spécifique apparaît au travers de l'étude des différentes composantes du village constitué d'environ 80 bâtiments auxquels s'ajoutent les zones d'extraction du minerai (Fig. 1 et 2).

La motte castrale surplombe le village d'une quarantaine de mètres. A son sommet, la plateforme servait de base à une tour ronde de 18m de diamètre dont il ne reste que quelques assises. Tour de guet, elle était parfaitement intégrée au réseau de fortifications de l'Oisans.

L'église paroissiale est dédiée à St. Nicolas, probable saint patron des mineurs au Moyen-Age, le culte de Ste. Barbe, patronne des artificiers, étant certainement lié à l'utilisation de la poudre en mine¹.

La nécropole entoure l'édifice religieux sur trois côtés. Plus de 180 squelettes ont été mis au jour. L'étude de ce matériel apporte des informations importantes sur ceux qui occupaient ce haut plateau. Les mineurs étaient des gens du pays, vivant en famille. Ils respectaient scrupuleusement les rites funéraires en usage à l'époque. L'anthropologie a montré que la population était à structure villageoise et familiale, sans sureffectif masculin².

Les habitations s'organisent le long du plateau, au pied du rocher qui porte la motte et le site religieux. Alignées le long de rues, elles forment trois à quatre rangées. Sans être

1 Une étude sur les rapports entre St. Nicolas et les sites miniers (spécifiquement de non-ferreux) a été réalisée par M. Chr. BAILLY-MAÎTRE dans le cadre de sa thèse consacrée à Brandes (1982). Les résultats réactualisés paraîtront avec la publication de cette recherche (courant 1992).

2 L'étude anthropologique des squelettes de Brandes a été réalisée par Madame Claude Olive du Muséum de Genève.

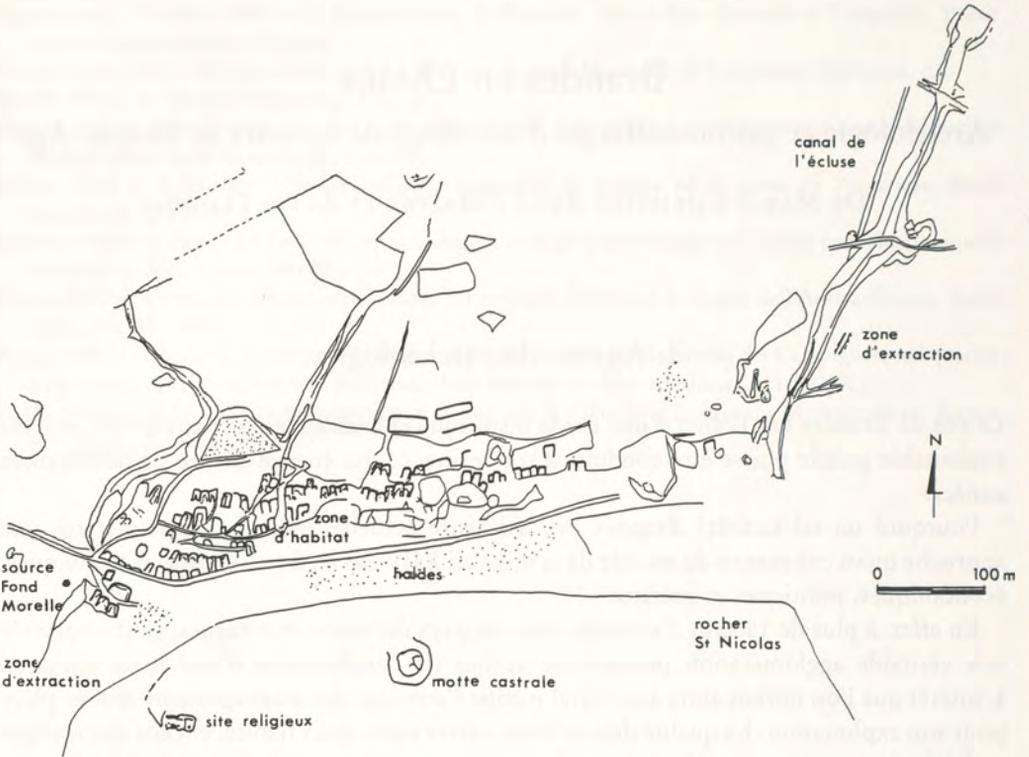


Fig.1 Organisation spatiale du village.



Fig.2 Vue générale du site de Brandes.

rigoureusement identiques, elles ont toutes le même module et paraissent avoir le même plan. Ce sont des maisons à pièce unique, en partie enterrées pour se protéger du froid. La toiture, soutenue par des poteaux, était en chaume et les aménagements intérieurs assez rudimentaires: une niche de rangement creusée dans l'épaisseur des murs, un foyer ouvert au sol, un sol en terre battue imprégnée de charbon de bois. Cependant, afin de pallier les problèmes liés à l'humidité, un système de drainage perfectionné avait été mis en place en arrière des murs et sous les niveaux d'occupation.

Un village permanent à une telle altitude est une création parfaitement artificielle. Les habitants pourvoyaient à leurs besoins en protéines (viandes et laitages)³ mais dépendaient de la vallée pour le reste de leur alimentation. Grâce à la pratique de l'élevage, ils possédaient la matière première pour le cuir et le tissu.

Malgré les relatives difficultés d'accès, le village n'était pas isolé, comme en témoigne la variété des monnaies trouvées sur le site, probablement en raison même de la production de métal précieux qui s'y faisait. Le goût du jeu et de la parure des habitants, attesté par les petits objets trouvés en fouille, montre bien le statut social du mineur médiéval, homme libre recherché pour ses compétences.

Le village de Brandes, avec ses bâtiments bien alignés, ses haldes devant les seuils, évoque une cité minière fondée d'un seul jet et vite désertée, à l'image des villes de l'Ouest américain lors de la ruée vers l'or.

1.2 La mine et la minéralurgie

Le minerai, un sulfure de plomb argentifère, était pris dans un filon de baryte qui affleurait par endroits, à la surface. Cette disposition a conduit les mineurs à exploiter à ciel ouvert et en galeries. L'extraction s'est faite principalement sur le plateau de Brandes, en contrebas du site religieux, et au Lac Blanc, à 2700 m d'altitude.

À ciel ouvert, le travail a pris la forme de dépilages plus ou moins profonds ayant parfois nécessité des paliers en bois. Sous terre, tout le réseau a été creusé dans la puissance du filon. Certaines galeries reliaient entre elles des poches de minéralisations plus riches exploitées en dépilages subverticaux mais on ne peut pas à proprement parler de travers-banc.

L'abatage mettait en oeuvre, de façon concomitante, le burin non emmanché (Fig. 4) et le feu (Fig. 5). Le stérile était parfois entassé sous terre, le long des parois, en arrière de murettes. Il pouvait également être utilisé, comme au Lac Blanc où les mineurs pratiquaient la technique de la «tranchée remblayée». Une partie de la baryte était, cependant, évacuée à l'extérieur sous forme de haldes. Pour faciliter le transport des matériaux, stérile et minerai, des aménagements avaient été mis en place. Deux galeries en ont conservé des traces. Il s'agit de rondins de bois, posés au sol, perpendiculaires à l'axe de la galerie et régulièrement espacés de trente centimètres. Chaque rondin est entaillé par deux ornières distantes de vingt-cinq centimètres. Cela correspond certainement au passage répété des patins d'un traineau, pratique qui n'aurait rien de surprenant dans un pays enneigé six mois par an (Fig. 3). Mais l'essentiel de la manutention, sous terre puis jusqu'aux ateliers situés sur le plateau, se faisait à dos d'homme, comme l'a montré l'étude anthropologique, probablement dans des hottes.

On ne sait rien ni de l'éclairage, ni de l'aération pour le moment car les opérations de désobstruction sont longues. Ce n'est qu'au cours de la campagne 1990 qu'il a été permis de

3 L'étude ostéologique du matériel osseux animal a été réalisée par Madame Claude Olive du Muséum de Genève.

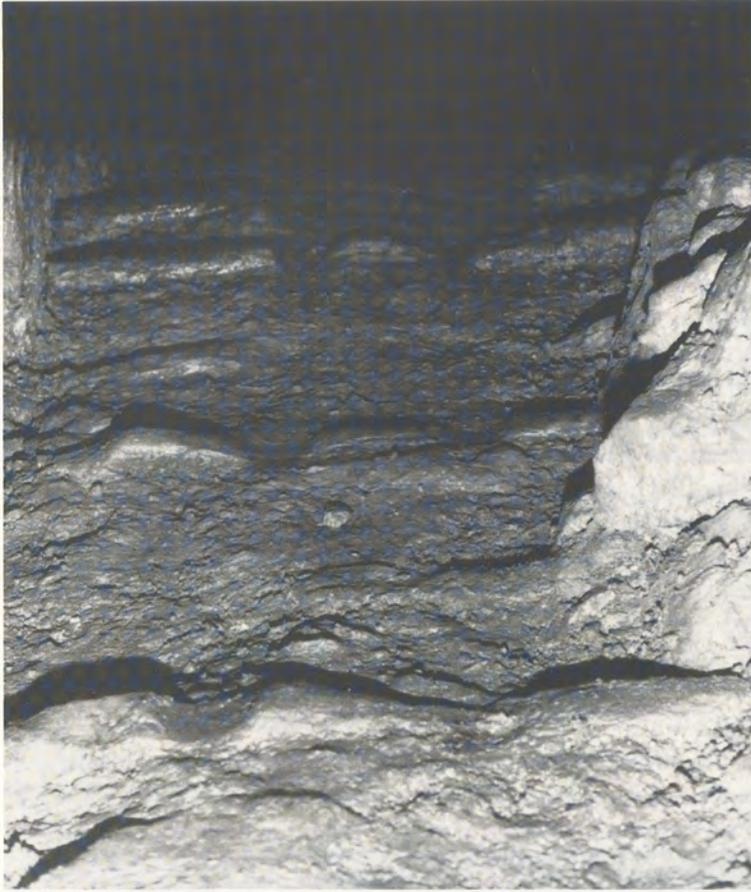


Fig. 3
Galerie du Porche,
voie de trainage.

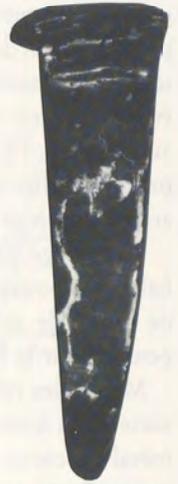


Fig. 4
Burin d'extraction.

pénétrer dans une partie de réseau profond puisque l'on est maintenant à 80 m sous terre. Les prochaines opérations livreront peut-être des renseignements sur ces deux points. Les certitudes manquent aussi pour l'exhaure. La galerie St. Philippe, la plus basse du réseau, tout en étant creusée dans le filon, faisait vraisemblablement office de galerie de récupération et d'écoulement des eaux souterraines. Elle est, encore actuellement, parcourue par un courant d'eau plus ou moins fort selon la saison. Il reste à découvrir si un système de captage avait été mis en place dans les réseaux susjaccents.

La fouille a permis de mettre au jour un « quartier industriel » composé de plusieurs ateliers de métallurgie. Seul le traitement mécanique, c'est à dire l'enrichissement du minerai, a été fait sur place. Une fois extrait, le minerai pris dans sa gangue subissait un concassage à la main sur des mortiers à l'aide de percuteurs de pierre (Fig. 6). Un broyage fin était obtenu grâce à des meules rayonnées de 0,95 m de diamètre (Fig. 7). Elles étaient probablement mues par la force hydraulique⁴. Enfin, le lavage permettait la séparation

4 Deux remarques, à propos des meules de Brandes: H. MULLER, qui a le premier entrepris des fouilles à Brandes, écrivait dans son article « Notes sur les mines et la paroisse abandonnée de Brandes », B.S.D.E.A., T. VI, Juillet 1899, Grenoble: « Près du ruisseau de l'Ouest, plusieurs meules sont restées sur place, parfois par paire, quelques-unes baignant encore dans l'eau. » Quand nous avons repris la fouille, en 1977, il n'y avait plus une seule meule en place, et il n'a pas encore été possible de définir le mode d'entraînement et de fonctionnement de ces moulins. – Bien que les meules ne soient plus en place, plusieurs d'entre elles ont été retrouvées. Elles sont de deux types dont l'un est constitué de meules peu larges (0,95 m de diamètre),

Fig. 5
Exploitation au feu.



définitive du minerai de sa gangue (Fig. 8). Les aménagements hydrauliques constituent l'un des aspects les plus spectaculaires du travail fourni par les hommes de Brandes. Trois grandes canalisations drainaient les eaux des rifs voisins et les redistribuaient dans une série de canalisations secondaires liées soit à des bassins, soit à des meules. La plus importante mesure plus de 500 m de longueur et va chercher l'eau du déversoir du Lac Blanc par une petite conduite, près de 1000 m plus haut.

Une étude a été faite sur les stériles rejetés après chacune de ces différentes phases du traitement mécanique⁵ (Fig. 9). Aucune trace de réduction et coupellation n'apparaît sur le site par ailleurs abondamment pourvu des autres déchets. Une analyse palynologique pratiquée sur les tourbières qui entourent le site indique que le plateau était dépourvu de

épaisses et surtout, rayonnées du centre vers l'extérieur. Cette morphologie semble être à relier à la fonction métallurgique de ces outils puisque des meules identiques ont été retrouvées sur des sites médiévaux comme Pampailly, dans le Lyonnais, fouillé par Monsieur P. Benoit, sur divers sites d'Europe centrale (présentés dans ce même colloque) et en Allemagne.

5 L'étude des haldes a été réalisée par Monsieur Gérard Verraes, Professeur à l'Ecole des Mines d' Alès.



Fig. 6
Concassage:
mortier et percuteur.

végétation au moment de l'exploitation minière⁶. L'absence de combustible alors même qu'une extraction au feu consomme beaucoup de bois a dû constituer un handicap majeur pour la métallurgie chimique. Par ailleurs, la réduction puis l'affinage donnaient accès au métal précieux pur. Il est certain que ces opérations étaient très surveillées et pratiquées ailleurs, dans un atelier seigneurial ou delphinal.

A travers les comptes de châtelainie⁷ et les différentes enquêtes⁸ et procès⁹ qui constituent le fond documentaire, il est possible de suivre l'histoire de cette mine pendant un peu plus d'un siècle. C'est ainsi qu'elle apparaît comme d'un rendement incertain et d'une exploitation difficile. Les années où elle ne rapporte rien mais coûte ne sont pas

6 L'étude des pollens a été réalisée par Monsieur Michel Couteaux, Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Faculté des Sciences et Techniques de St Jérôme d'Aix-Marseille.

7 Comptes de Chatellenie d'Oisans, 1320-1354, Archive Départementale Isère, sous-serie VIII B.

8 Enquête delphinale de 1250 dite Le Probus, Archive Départementale Isère, B 2662. Enquête delphinale de 1339, Archive Départementale Isère, B 3120. Enquête pontificale de 1339, Archives du Vatican, coll. 410.

9 Denis de Justice, 1337, Archive Départementale Isère, B 3333.



Fig. 7 Meule rayonnée (Photo H. Muller, coll. Musée Dauphinois).



Fig. 8 Bassin de lavage rond.



Fig. 9 Halde en place à la fin du XIX^e siècle (Photo H. Muller, coll. Musée Dauphinois).

rare. Les enquêtes delphinale et pontificale de 1339¹⁰ la disent fermée depuis une dizaine d'années.

Malgré ces handicaps, Brandes fut probablement l'une des mines les plus importantes du Dauphiné au XIII^e siècle. Produisant un métal précieux très recherché, appartenant pour partie au Dauphin, les techniques minières et métallurgiques mises en œuvre sont représentatives d'un stade de perfectionnement extrême. Grâce à ce site, il est possible de saisir une technologie au moment où elle atteint son niveau de plafonnement. Le milieu du XIV^e siècle est marqué par une crise généralisée de l'activité minière qui ne s'explique pas uniquement par la série de catastrophes qui va frapper l'Occident à ce moment là. La reprise qui s'amorce au milieu du XV^e siècle met en œuvre des techniques sensiblement différentes mais se traduit surtout par une organisation différente de l'espace souterrain permettant un approfondissement des travaux miniers.

1.3 Le travail du fer

Les exemples iconographiques, archéologiques et bibliographiques attestent sans ambiguïté le lien organique qui existe, au Moyen-Age et aux Temps Modernes, entre la mine et la forge¹¹. Brandes illustre bien cette situation. Quatre forges ont été fouillées sur le site, toutes à proximité immédiate de la zone d'extraction. Les conditions d'exploitation obligeaient le forgeron à réparer quotidiennement l'outillage des mineurs soumis à de fortes contraintes

¹⁰ Op. cit. note 9.

¹¹ Pour plus d'informations sur ce sujet, consulter l'article de M. Chr. BAILLY-MAÎTRE, Mines et forges au Moyen-Age. In: Actes du Symposium «Paléoméallurgie du fer et culture», Sévenans, Novembre 1990.

lors de l'abattage du minerai pris dans une gangue quartzo-barytique. C'est pourquoi une forge est située au Lac Blanc, malgré le coût du transport du combustible sur place et une autre est implantée dans une pente telle que d'importants travaux de terrassements ont été nécessaires. Ces forges sont toutes construites sur le même modèle (Fig. 10).

L'espace intérieur est généralement assez réduit (environ 20 à 25 m² en moyenne), recouvert d'un sol très noir, très cuit et encombré par divers aménagements. La pièce contient un foyer principal sur une sole construite, rectangulaire de 2 m × 1,20 m, légèrement surélevée. Un second foyer, plus petit, occupe un angle du bâtiment. Il est matérialisé par un simple dallage de schiste. Ce dernier devait maintenir au chaud des pièces en cours de forgeage. Dans un angle de la sole, des trous de poteaux marquent l'emplacement du bâti du soufflet et le trou du billot d'enclume est juste devant le foyer de forge. Plus énigmatique est la fosse qui occupe le mur opposé au foyer principal. La cuvette, creusée dans le substrat argileux est cernée par un cordon de grosses pierres sur une seule assise. Elle est alimentée en eau par une canalisation qui passe sous le mur de fond de l'atelier. Peut-on parler de bassin de trempe? Le fait que l'on n'ait pas une eau »stagnante« mais »courante« n'est pas aberrant puisque Agricola y fait allusion dans son traité¹². Cette particularité a été observée dans une forge minière vosgienne du XVI^e siècle – le Samson¹³. Les analogies entre les forges de Brandes et cette dernière sont d'ailleurs surprenantes¹⁴. Cette fosse était remplie d'un »gâteau« complexe de débris de scories et de battitures.

Il reste maintenant à reconstituer les gestes du forgeron, en fonction de l'organisation spatiale de la forge. Il faut également définir la nature exacte du travail réalisé à Brandes: réduction? affinage? façonnage?

Comme dans la plupart des sites médiévaux, la fouille a livré très peu d'outils. Seuls, deux burins, quelques cales, une masse et deux pinces de forgerons ont été retrouvés. Une étude métallographique a été réalisée sur l'un des burins¹⁵. Elle a montré qu'il était constitué de quatre bandes d'acier soudées entre elles à la forge et prêt à se rompre. A peu de distance du site se trouvent des mines de fer exploitées à toutes les époques¹⁶. A quel stade du processus métallurgique intervenaient les hommes de Brandes: réduction du minerai pour obtenir une loupe, épuration de la loupe pour obtenir un lingot, fabrication des outils à partir du lingot, ou bien simplement, réparation et refaçonnage des outils en cours d'utilisation? Seule la dernière opération est, actuellement, prouvée par l'archéologie. Ces forges ont produit des déchets et plusieurs tonnes de scories ont été recueillies. Une analyse a été pratiquée sur quelques échantillons provenant de l'une des deux forges du plateau.

12 G. AGRICOLA, *De Re Metallica*, Bâle, Forben et Bischoff, 1557, rééd. trad. A. FRANCE-LANORD, éd. G. KLOPP (Thionville 1987) Livre 9, 341-346.

13 J. Grandemange, *Le Samson, ateliers et habitats d'une mine d'argent du 16^{ème} siècle*, Livret-guide, C.R.A., 1989.

14 Op. cit. note 11.

15 L'étude métallographique a été réalisée par Mademoiselle F. Bertin et Monsieur Y. Guillot, Université de Technologie de Compiègne.

16 Les archives médiévales mentionnent l'existence d'un martinet à fer à Article, sur la commune d'Allemont, dans la vallée voisine de celle de Brandes.

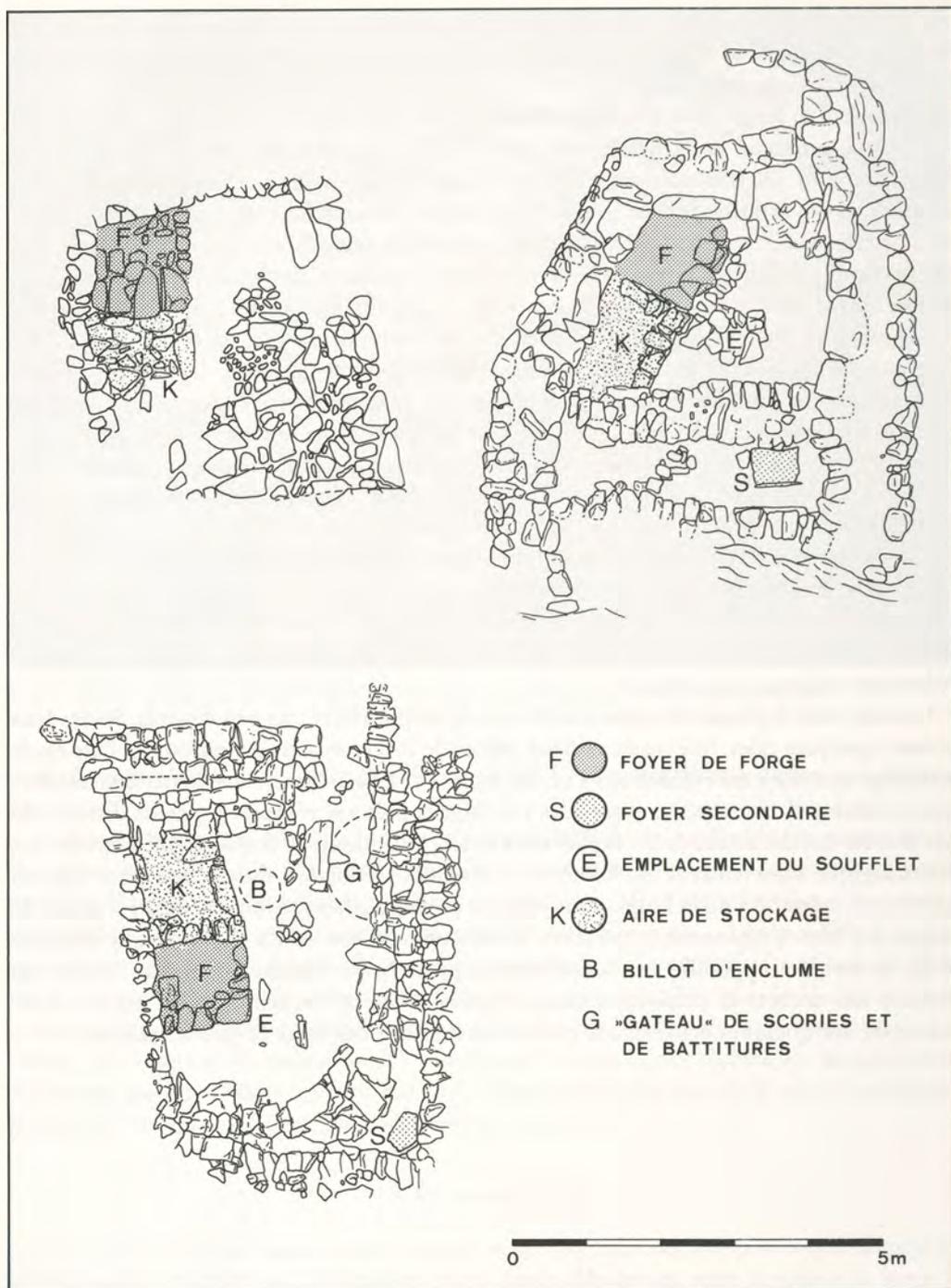


Fig. 10 Plans comparés des forges de Brandes.

2. Apport des analyses

2.1 Problème des scories de forges

a) Similarités

Actuellement, aucun critère morphologique, minéralogique ou chimique ne permet de distinguer sans ambiguïté une scorie dense de réduction directe (smelting ou bloomery) d'une scorie de forge (smithing).

Le tableau I illustre cette ressemblance chimique. Les différentes colonnes de ce tableau correspondent à des populations définies a priori sur sites et des »erreurs« de classement sont très vraisemblables. Néanmoins, les recouvrements des écarts-types n'en sont certainement pas trop augmentés. Les quelques »nuances« qui apparaissent seront discutées plus loin.

Tous les critères morphologiques parfois utilisés (notamment la forme en culot ou calotte, diamètre décimétrique) ont pu trouver leur contre-exemple, semble-t-il.

b) Position des scories de forge dans la chaîne des processus

La figure 10 illustre ce qui pourrait être la succession des processus du minerai au métal en forme et les types de déchets »normaux« que l'on peut attendre. Ce schéma est certes simplifié, par exemple le cinglage à chaud et la variante par concassage et tri à froid de la loupe ou éponge suivi d'un retraitement au four sont mentionnés mais les opérations d'affinage, c'est à dire d'ajustement de la qualité du métal, avant ou après le façonnage du lingot, ne sont pas explicitées. L'utilité d'un tel schéma est de constituer un support d'hypothèses de travail et de tests des cohérences et incohérences entre les données chimiques (en elles-mêmes ou par les paramètres physiques qu'elles permettent de fixer ou d'approcher); ce schéma est lui-même destiné à évoluer. Chaque étape de ce schéma permet d'envisager un bilan entre les matériaux »entrants« et les produits supposés obtenus (produits utiles et déchets). Cette notion de bilan matières à chaque étape conduit ipso facto à la notion d'héritage chimique selon deux filiations principales: une première à partir du minerai et des adjuvants et combustibles; une seconde à partir du métal d'oeuvre et ses adjuvants et combustibles.

c) Notion d'héritages chimiques

Les scories liées à l'élaboration du fer dans le bas fourneau sont des déchets des processus qui remanient la matière du minerai – composition globale modifiée par les traitements, les ajouts éventuels et les charbons de bois. Elles pourront donc être marquées par un certain héritage chimique puisqu'elles concentrent les éléments qui ne suivent ni le fer métal ni les gaz et vapeurs qui s'échappent.

Les compositions des scories liées à l'affinage (ou raffinage) de la loupe ou éponge doivent être très proches des précédentes, si ce n'est des effets dûs aux réactions possibles entre le fer métal et les scories de réduction antérieurement formées et associées dans la loupe ou éponge traitée.

Par contre, les scories de forge sont issues de réactions entre du fer, du charbon de bois et les »décapants« de forge. On pourrait donc espérer des différences chimiques entre les compositions des scories de forge et celles de réduction puisque leurs héritages diffèrent. Malheureusement, les »décapants« traditionnels (argiles, sables, cendres de graminées, etc.) ont des compositions proches de celles des gangues fréquentes; les différences seront donc de second ordre. En toute rigueur, leur mise en évidence demanderait une meilleure

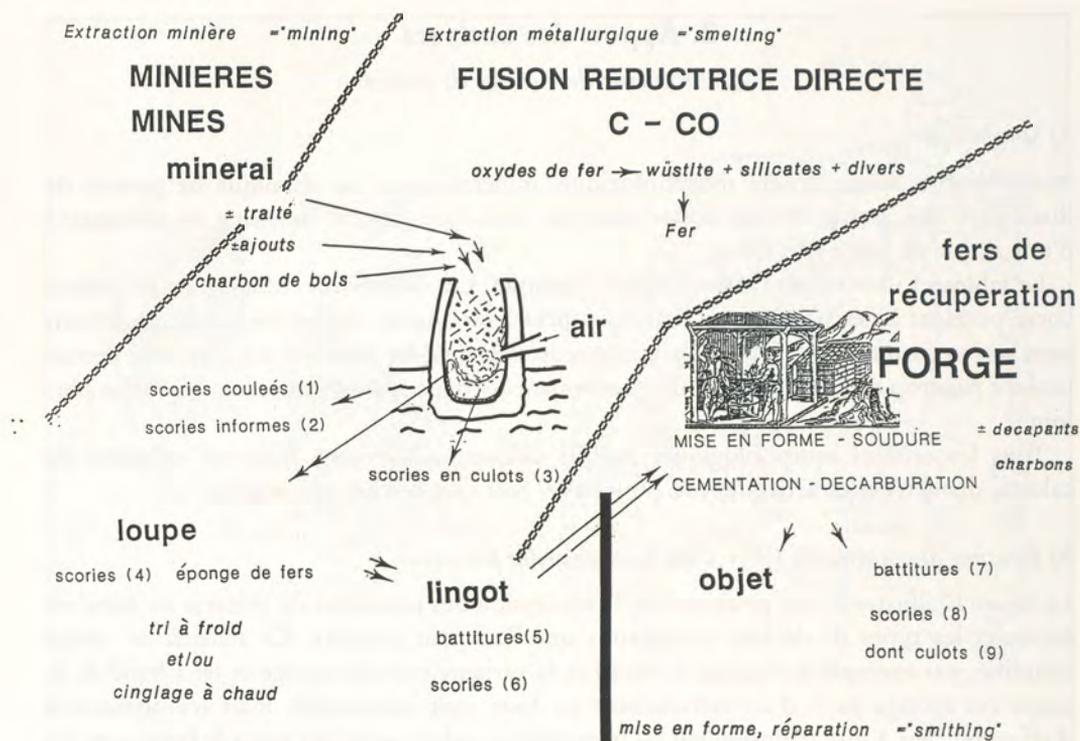


Fig. 11 La chaîne des processus.

connaissance de ces éléments, notamment des éléments mineurs en traces susceptibles de faire fonction de «traceur». Nous allons cependant discuter ce problème en fonction des données acquises à Brandes et de celles du corpus Artémise.

2.2 Chimie des scories de l'Alpe d'Huez

a) Les matériaux recueillis sur les trois forges

Scories de type dense, informes, de quelques centimètres ou en culots décimétriques, parois ou revêtements plus ou moins fondus, charbon de bois de petit calibre, battitures en paillettes ou en billes, gâteau trouvé en remplissage d'une fosse et agglomérant des débris de scories, battitures, roches, oxydes et «argiles» stockées en caisson.

b) Les données analytiques

Le tableau II rapporte les analyses chimiques effectuées sur des échantillons de ces matériaux. Ces analyses ont été réalisées au CRPG sur le quantomètre à diverses dates, d'où un nombre variable d'éléments en trace dosés – Laboratoire dirigé par K. Govindaraju, spectromètre d'émission Jobin Yvon JY70 à source plasma ICP, solution mère préparée après fusion au métaborate de Li et dissolution acide; dans les cas de difficulté de mise en solution, un ajout contrôlé de silice pure peut l'améliorer. Les courbes de dosage sont calibrées à l'aide d'étalons dont un minerai de fer groenlandais, Fiskenaeset. Des dosages complémentaires ou de contrôle peuvent être réalisés, en voie humide par exemple. Nous avons tenté d'analyser des cendres obtenues de charbons recueillis sur le site: des réactions avec les creusets n'ont pas pu être évitées et les manques au dosage sont importants. Les

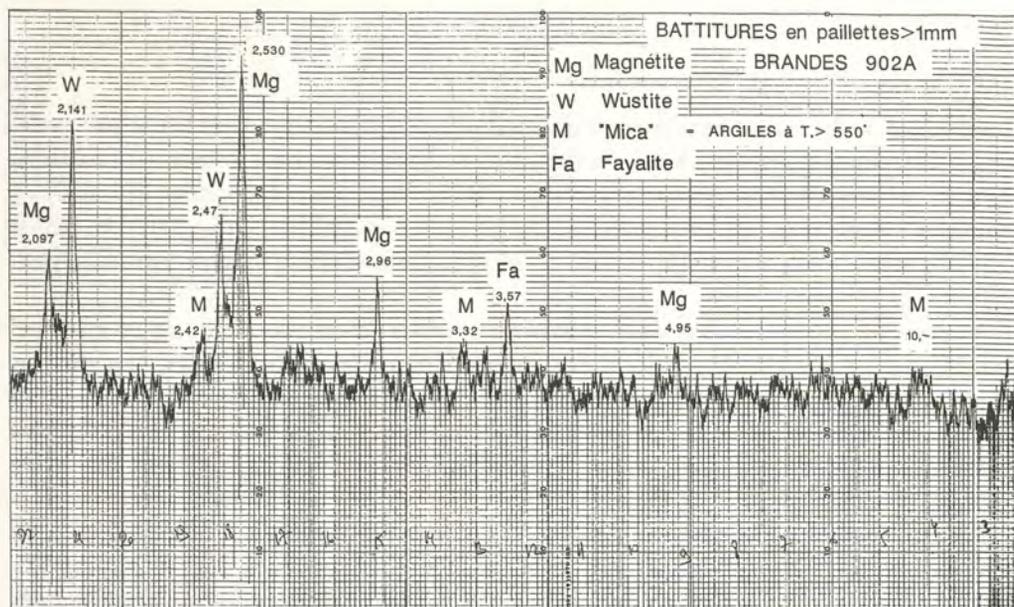


Fig. 12 Diffractogramme RX sur des battitures. Ces battitures en paillettes ont été triées une à une à partir de zones friables effritées à la main, du «gâteau» fond de bassin. Ce «gâteau» comprend également des battitures en billes, des fragments de scories, des sables et graviers, quelques morceaux de charbon de bois et des oxydes et hydroxydes. La magnétite paraît abondante, logiquement, mais aussi la wustite, ce qui est plus surprenant et signifie que les réactions sont incomplètes. Un pic est caractéristique de la fayalite, résulte d'une réaction à chaud entre de la silice et du fer ou wustite. Plusieurs pics permettent d'établir la présence d'une argile de réseau de type «mica», illite ou vraisemblablement smectite chauffée à plus de 500°.

totaux trop déficitaires sont précédés d'une*. Hormis les teneurs en baryum et en strontium, tous les éléments dosés paraissent «normaux» pour des scories ou parois. Ces excès en Ba ou Sr peuvent s'expliquer par l'environnement géologique et la mobilité de ces éléments. Par rapport aux scories de réduction directe, on pourrait les classer parmi les sites associés aux minerais de type «altération continentale».

A partir du «gâteau» prélevé dans la forge de Brandes (B68), des battitures en paillettes ou en billes ont été triées une par une. Des diffractogrammes RX ont été réalisés et l'un d'eux montre, outre les oxydes de fer, des pics caractéristiques de la fayalite et d'argile de type «mica», c'est à dire chauffée (Fig. 12). C'est là un indice sérieux d'usage de décapant.

c) Comparaison entre les forges de l'Alpe d'Huez

A Brandes et le Gua, les scories en culots sont abondantes et en épandage près de l'atelier alors qu'au Lac Blanc, les culots manquent et les scories fragmentées sont assemblées dans un caisson. Ces dernières ne sont pas de type «coulées» mais plutôt «informes».

Globalement, les scories du Lac Blanc paraissent un peu plus pauvres en P, V, Co et Ni (voire Cr, Ti ou Rb) et peut-être un peu plus riches en Ca. Les différences sur les principaux éléments, pris un à un, ne seraient pas significatives mais combinés entre eux, c'est à dire sous forme de diagramme paramétrique, des décalages apparaissent. Faut-il voir là des indices de matériaux (décapants, charbons, voire métal) ou de techniques différentes, soit entre ateliers, soit dans le temps?

2.3 Discussion

a) Comparaison avec le corpus Artémise

Dans le cadre d'une coopération entre de nombreuses équipes travaillant sur la paléosidé-rurgie, un corpus d'analyses chimiques de scories et d'autres produits associés est rassemblé dans la base de données Artémise gérée au CRPG. A ce jour, il contient 770 analyses nouvelles, dont très peu provenant de forges attestées (tableau I, fig. 13). De fait la classification actuelle devra être révisée et les valeurs moyennes par type seront améliorées.

Nonobstant cette réserve, nous pouvons constater des différences sur quelques éléments entre les trois catégories de scories denses retenues. Entre les scories denses, avec ou sans fer métal visible, les différences sont ténues et il n'y a guère que le manganèse qui pourrait être franchement significatif. Les scories cataloguées comme issues de forges sont plus nettement différentes ... mais la moitié des échantillons de ce groupe vient de l'Alpe d'Huez.

Par rapport au groupe «scories denses», les scories des forges de l'Alpe d'Huez sont nettement plus riches (hormis en Ba et Sr) en Na et K, voire en Mg, Si, Cu et Rb. Inversement, on peut estimer un léger déficit en Mn, Ti, P et la plupart des autres éléments dosés.

b) Comparaison avec le schéma

Si l'on considère les nuances chimiques rapportées ci-dessus et les compositions des cendres de charbon et d'argile prélevés en forges, il est très tentant d'attribuer la relative richesse en Mg, Cu, voire Rb au charbon de bois, celle en Si, Na, K, voire Rb à l'argile (décapant). La relative pauvreté en éléments mineurs ou en traces, par rapport aux scories de réduction directe, peut être interprétée comme l'absence d'héritage direct des minerais. Ba et Sr sont trop mobiles et trop présents sur le site pour être pris en compte, ils «imprègnent» tout. Par contre, le Cu est nettement moins abondant dans certains produits associés: argile stockée et paroi; il est donc vraisemblablement apporté par le charbon de bois. Remarquons que le charbon prélevé dans la forge du Lac Blanc est calcique ... et que deux sur quatre de ces scories sont nettement plus calciques. Tout ceci est cohérent avec le schéma présentant la notion d'héritage chimique.

Bibliographie sommaire

- ANDRIEUX, Ph.: Dix ans d'expérimentation: le Feu entre la Terre et le Métal. Dans: R. PLEINER (1989) 77-90.
- BAILLY-MAÎTRE, M. Chr.: La production d'un métal précieux au Moyen-Age - l'argent - à partir de l'exemple de Brandes-en-Oisans. Dans: Colloque Artistes, artisans et productions artistiques au Moyen-Age, Rennes II, Mai 1983. Vol. 1 (Paris 1986) 475-480.
- IBID.: Première approche des techniques minières médiévales à partir des exemples cévenols. Dans: Actes du 110e CNSS, Montpellier 1985 (1986) 149-158.
- IBID., DUPRAZ, J.: Un aperçu de l'extraction minière au Moyen-Age dans les massifs de la Chartreuse et de l'Oisans. Dans: Actes du 108e CNSS, Grenoble 1983 (1986) 165-174.
- IBID.: Le site de Brandes-en-Oisans (Huez-Isère), XIII^e-XIV^e siècles, étude historique et archéologique. Dans: Caesarodunum 22. Actes du colloque «Les mines et la métallurgie en Gaule et dans les provinces voisines» Paris 1986 (Errance 1987) 297-306.
- IBID.: Un coron du Moyen-Age, le site de Brandes-en-Oisans. Dans: Actes du congrès du Groupe d'Histoire des Mines et de la Métallurgie, St Brieuc 1988. Annales de Bretagne 1989, 133-144.

ELEMENTS ensemble des 770 produits Maxima	770 produits		PAROIS N = 76		MINERAIS N = 106		LAITIERS N = 63		SCORIES DENISES-384		IDEM, FER N = 50		FORGES N = 26		S102 Al203 Fe203t MnO MgO CaO Na2O ZnO TiO2 P2O5 P.F.
	minima	Moyenne	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	
S102	0.01	27.09	92.70	19.59	58.13	19.49	11.45	10.32	48.54	14.76	16.28	8.86	24.26	7.79	SiO2
Al203	0.03	6.46	64.20	6.01	12.09	5.66	4.40	5.69	10.91	5.26	3.92	4.01	6.24	5.21	Al203
Fe203t	0.32	25.61	99.46	25.61	11.38	11.01	67.95	15.34	21.77	6.06	70.12	15.30	60.52	17.11	Fe203
MnO	0.01	0.77	20.16	1.61	0.15	0.17	0.46	1.03	1.49	2.16	0.24	0.35	0.16	0.09	MnO
MgO	0.01	0.77	9.10	0.81	0.94	0.76	0.40	0.90	1.14	0.98	0.65	0.47	1.08	0.55	MgO
CaO	0.01	6.08	55.53	8.61	7.33	13.46	2.25	4.29	11.47	11.50	6.44	6.35	5.37	4.86	CaO
Na2O	0.01	0.20	3.29	0.36	0.62	0.69	0.03	0.06	0.29	0.27	0.12	0.13	0.53	0.36	Na2O
ZnO	0.01	1.15	9.75	1.10	2.59	1.71	0.15	0.19	1.89	1.01	0.80	0.49	1.79	0.83	ZnO
TiO2	0.01	0.45	18.82	1.06	0.78	0.44	0.21	0.35	0.61	0.22	0.23	0.22	0.26	0.17	TiO2
P2O5	0.01	0.85	9.44	0.87	0.61	1.22	0.79	0.88	0.64	0.72	0.96	0.72	0.60	0.16	P2O5
P.F.	-7.39	1.35	92.70	9.41	4.17	8.86	10.66	5.53	0.40	3.19	-0.56	4.99	-3.23	2.99	P.F.
PPM															
Ba	< 5	484	> 10000	1143	559	654	179	599	585	651	126	154	4100	3525	Ba
Be(558)	0.50	8	223	16	3	2	7	11	11	11	4	6	3	7	Be
Co	< 5	100	606	83	79	47	80	57	96	52	177	120	72	74	Co
Cr	< 5	154	4058	291	118	64	190	327	185	313	116	150	55	48	Cr
Cu	< 5	86	> 10000	418	57	116	47	107	54	126	82	146	253	172	Cu
Ga(414)	< 5	23	142	22	13	8	28	29	12	10	27	22	29	21	Ga
Nb(558)	< 5	13	90	11	21	9	10	10	18	10	9	8	13	10	Nb
Ni	< 5	111	2304	168	68	52	187	328	51	42	188	152	84	48	Ni
Rb	< 5	57	> 5000	186	175	563	29	36	67	43	32	11	59	25	Rb
Sc(558)	< 1	18	98	18	14	10	14	15	32	25	11	13	12	14	Sc
Sr	< 5	144	> 2000	184	172	168	55	108	234	167	129	124	515	433	Sr
Th(413)	< 5	12	69	12	12	7	7	6	26	19	8	8	8	8	Th
V	< 5	336	3166	456	142	85	338	333	373	509	274	453	97	63	V
Y(558)	< 1	65	> 1500	143	93	12	41	53	164	271	29	45	17	21	Y
Zn(558)	< 5	86	1060	454	97	83	248	379	56	134	29	143	16	16	Zn
Zr(558)	< 5	172	> 1000	121	289	144	106	92	282	107	121	52	113	35	Zr
	minima	Moyenne	Maxima	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	

Tableau I Corpus Artémise - 770 analyses scories et produits associés.

NUM. SITE	TYPE	%										ppm										Obs.										
		SiO2	Al2O3	Fe2O3T	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	PF	TOTAL	NiH.	Ba	Be	Co	Cr	Cu	Nb	Ni		Rb	Sc	Sr	V	Y	Zn	Zr	Pb	Ag	
284	B37	Culot	29.00	4.81	60.68	.12	1.02	3.74	.72	2.21	.21	.54	-5.26	97.79	284	5000	1.1	4.3	30	173	-	106	62	6.5	551	69	15	10	126	~300	10	
285	B37	Culot	26.07	4.81	58.55	.20	1.17	4.12	.55	2.21	.23	.73	-3.00	95.64	285	4824	1.2	4.8	30	245	-	119	65	7.5	716	75	16	21	133	~3000	~20	
422	B63	Culot	27.62	6.69	61.00	.20	1.18	3.83	.78	2.04	.30	.50	-4.64	99.50	422	4876	1.4	2.8	50	244	5	46	62	9	360	78	14	6	112			
423	B63	Culot	23.83	4.75	62.92	.50	1.02	3.62	.38	2.24	.20	.63	-3.26	96.83	423	5000	1.2	4.0	40	402	5	86	78	9	948	72	12	44	94			
424	B64	Culot	19.23	3.33	65.62	.10	.68	3.95	.28	1.12	.14	.54	-4.62	90.37	424	5000	.8	5.0	50	430	5	114	54	6	2000	64	8	6	74			Fe metal
425	B63	PAROI	52.69	12.32	17.28	.38	2.08	5.14	1.75	3.82	.56	.60	-0.30	96.30	425	5000	2.4	10.2	86	184	5	46	116	12.8	848	106	20	102	154			
682	B67	Culot	26.28	5.55	61.37	.13	1.02	3.12	.59	2.04	.22	.64	-4.63	96.33	682	~2.22%	1.1	6.4	47	281	7	60	57	7.8	837	65	2	5	105			
683	B67	Culot	31.72	6.85	49.45	.17	1.70	3.40	.86	1.77	.35	.58	-1.62	95.23	683	~1.5%	.8	5.4	58	277	8	69	53	10.3	577	74	3	44	132			
684	B67	Culot	28.83	6.50	56.10	.19	1.79	4.12	.79	2.07	.34	.56	-4.15	97.14	684	~1.5%	.8	5.6	54	214	8	55	62	10.1	703	73	4	10	109			
685	B67	Culot	19.78	4.37	68.65	.22	1.04	3.59	.51	1.67	.20	.59	-5.45	95.17	685	~1.03%	.6	6.4	40	264	7	78	53	8.6	470	73	1	5	96			Fe metal
686	B67	Culot	22.46	5.19	62.95	.16	1.45	5.99	.75	1.67	.28	.65	-3.56	97.99	686	~1.37%	1.1	5.4	34	245	8	62	45	9.8	677	73	2	5	95			
901	B37	argile	67.56	14.75	4.84	.06	.97	.17	1.63	3.47	.65	.32	4.87	99.29	901	3900	2.2	5.4	70	74	9	25	149	11.5	143	90	25	123	198			
902	B37	battit.	3.70	.89	78.94	.10	.64	.28	.04	.17	.04	.48	-1.65	83.63	902	4800	1.5	6.9	22	368	5	254	22	4.5	714	55	5	105	34			ds caisson
903	B37	battit.	4.65	1.10	84.07	.12	.66	.29	.06	.15	.05	.54	.35	92.04	903	4800	1.5	7.7	23	513	5	305	23	4.9	905	58	5	148	36			paillettes
904	B37	battit.	4.99	1.27	88.55	.11	.64	.46	.07	.24	.06	.52	-2.46	94.45	904	1%	1.5	4.5	30	470	5	129	23	5.2	408	57	5	69	44			billes
905	B37	Gateau	16.89	2.70	55.44	.14	.96	.69	.29	.69	.12	.54	3.98	82.44	905	4833	.5	6.3	30	669	5	198	43	5.5	2000	43	9	305	56			sur cendres
898	B35	charbon	47.42	13.18	4.97	.13	6.15	3.70	.15	4.17	.76	1.45	.25	82.33	898	1%	4.09	41	85	~5000	8	90	208	16.9	~2500	47	24	192	193			
286	B35	PAROI	58.75	11.76	17.30	.12	1.61	4.53	1.62	4.05	.49	.48	-1.03	99.68	286	1201	2.2	6.9	30	198	-	97	127	10.8	236	73	26	99	161			
287	B35	legere	35.85	8.22	45.74	.17	1.94	5.09	.99	2.70	.52	.58	-1.64	100.16	287	5000	1.7	5.2	30	395	-	128	81	12.5	512	100	23	52	129			
372	B25	fragn.	27.00	6.96	55.33	.17	1.45	10.47	.87	1.38	.32	.37	-4.52	99.79	372	4126	1.1	4.3	39	253	7	45	48	9.6	634	63	16	10	111			
373	B25	fragn.	16.61	3.42	78.96	.16	.52	3.95	.36	1.52	.09	.64	-6.05	100.17	373	14400	.7	3.6	17	256	5	25	43	5.9	552	45	9	10	91			
374	B25	fragn.	24.55	5.51	60.38	.19	.88	8.79	.68	2.81	.18	.45	-4.44	99.97	374	15000	1.1	3.1	19	203	6	24	64	7.3	763	54	13	10	105			
375	B25	fragn.	27.53	6.17	61.28	.14	.94	2.51	1.08	1.73	.27	.38	-2.73	99.29	375	7500	1.1	2.6	37	249	5	54	48	9.1	312	64	14	10	118			sur cendres
897	B25	charbon	7.24	7.05	6.76	.46	8.78	28.79	.22	.27	.13	7.80	3.83	471.33	897	9999	12.1	241	27	9999	5	401	102	24	9999	12	151	1222	44			

Tableau II Données analytiques des matériaux de Brandes.

- IBID., DUPRAZ, J.: Brandes-en-Oisans. Mittelalterlicher Silbererzbergbau in den französischen Alpen. *Der Anschnitt* 42, 1990, 122-130.
- IBID., PLOQUIN, A.: Un exemple d'expérimentation cistercienne à propos de la métallurgie du fer au XIII^e siècle. Dans: M. FIXOT, J. P. PELLETIER: *Porteries, bâtiments d'accueil et métallurgie aux abbayes du Thoronet et Silvacane*. *Archéologie Médiévale* 20, 1990, 181-252, spécialement 217-221 et 249-252
- IBID., CHAPON, Ph.: Un essai de grande métallurgie en Oisans, Evocations, Patrimoines de l'Isère »La pierre et l'écrit«. PUG (Grenoble 1990) 137-155.
- IBID.: Pour une histoire des mines au Moyen-Age: l'exemple des mines de la Terre d'Hierle (Gard). *Archéologie du Midi Médiéval* 7, CAML 1989, 61-71.
- IBID.: Mines et techniques extractives dans le Sud de la France. Dans: Actes du 113^e CNSS Strasbourg 1988 (à paraître).
- BENOIT, P., GUILLOT, I., PLOQUIN, A., FLUZIN, Ph.: Archéologie et Paléoméallurgie des sites de Fontenay et Minôt en Bourgogne, Symposion Archäometallurgie von Kupfer und Eisen in Westeuropa. Mainz, 12.-15. September 1986. *Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz* 35, 1988, 620-638.
- JACOB, J. P., MANGIN, M.: De la mine à la forge en Franche-Comté des origines au XIX^e siècle. *Ann. Litt. de l'Univ. de Besançon* 410, 1990, 318.
- DE LA ROCHE, H.: Revue sommaire de quelques diagrammes chimico-minéralogiques pour l'étude des associations ignées ou sédimentaires et de leurs dérivées métamorphiques. *Science de la Terre* 17, 1-2, 1972, 31-46.
- LEROY, M., FORRIERES, C., PLOQUIN, A.: Un site de production sidérurgique du haut Moyen-Age en Lorraine. *Archéologie Médiévale* 20, 1990, 141-179.
- LETERRIER, J., MARCHAL, M., DUBUIT, M., GREUX, M.: La banque de données géochimiques Artémise, exemples de valorisation scientifique. *Bulletin de la Société Géologique de France* 25, 5, 1983, 697-704.
- MANGIN, M.: La production du fer en France avant le haut fourneau: un état de la question. Dans: PLEINER (1989) 239-252.
- NOSEK, E. M.: The polish smelting experiments in furnaces with slag pits. Dans: *Furnaces and smelting technology in Antiquity*, ed. P. T. CRADDOCK and M. J. HUGHES. *British Museum Occasional Paper* 48 (London 1985) 165-178.
- PLEINER, R. (Ed.): *Archaeometallurgy of Iron*. International Symp. Liblice October 1987 (Prag 1989).

Die Entwicklung der Eisenmetallurgie von römischer Zeit bis ins Mittelalter

VON GERHARD SPERL

1. Vorgeschichte

Die Eisenmetallurgie entwickelte sich in der Bronzezeit Mitteleuropas um 1000 v. Chr. vor dem Hintergrund einer ausgereiften bodenständigen Kupfermetallurgie, wie sie die Grabungsergebnisse in der Steiermark, Salzburg, Tirol und Südtirol erkennen lassen (Sperl 1989a). Nachdem sich die ursprüngliche Datierung des Ofens von Tillmitsch bei Leibnitz (südlich Graz) und seine Funktion als Schmelzplatz für die Erze des nahegelegenen Sausal als fraglich erwiesen haben (Sperl 1983), ist der wohl älteste Eisenhüttenplatz des Alpenraumes jener von Waschenberg bei Lambach in Oberösterreich¹. Während die hallstattzeitliche Eisenmetallurgie durch Ofenfunde archäologisch sonst wenig belegt ist, finden

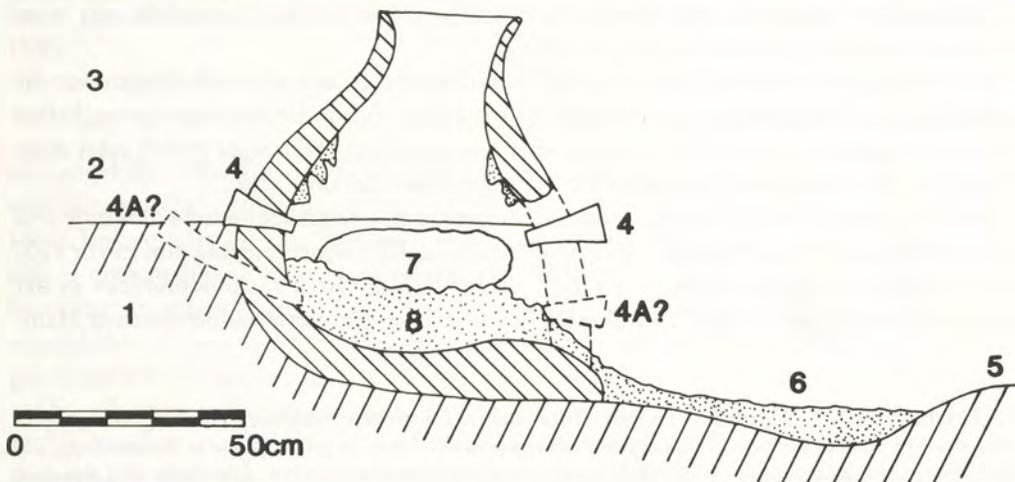


Abb.1 Eisenzeitlicher Schmelzofen vom Typ »Burgenland«, rekonstruiert nach dem archäologischen Befund für den Schmelzofen Loitzendorf (NÖ): 1 eingetiefter Teil, 2 Kuppel, 3 Gicht, 4 Düsenöffnung, (4A? anzunehmen), 5 Arbeitsgrube, 6 Fließschlacke, 7 Lupe, 8 Ofenschlacke; (SPERL 1988a).

1 Die Verarbeitungsspuren für Eisen in Tillmitsch bei Leibnitz (südlich von Graz) wurden ursprünglich als urnenfelderzeitlich eingestuft, wären also die frühesten Spuren der Eisengewinnung für Europa überhaupt gewesen; dies läßt sich nun nicht mehr aufrechterhalten (SPERL 1983); es ist latènezeitliche Eisenverarbeitung anzunehmen. Eine erste Veröffentlichung über die Ausgrabungen der hallstattzeitlichen Siedlung Waschenberg erfolgte durch den Ausgräber PERTLWIESER (1970), eine metallurgische Bewertung durch SPERL (1988 b); obwohl die gefundenen Schlacken eindeutig der Eisenverarbeitung zuzuordnen sind, ist die Deutung als Schmelzplatz nur wahrscheinlich, aber noch nicht sicher.

sich für die Latène-Periode die großen Ofenfelder im Burgenland², im angrenzenden Ungarn, auch in Kehlheim (Donau) in Bayern, sowie der Ofen von Loitzendorf nahe der Wachau³ (Abb. 1), neuerdings ergänzt durch Ofenfunde in Kärnten⁴, im Bereich des Hüttenberger Erzberges; es handelt sich um den ersten direkten Nachweis einer spätlatènezeitlichen Eisenproduktion für das »Ferrum Noricum« in diesem Raum.

Die Eisenmetallurgie der Römerzeit ist wiederum im Burgenland und angrenzenden Ungarn, vor allem aber im freien Germanien, in der heutigen Tschechoslowakei und in Südpolen besser dokumentiert als im Bereich des römischen Imperiums südlich der Donau. Im schweizerischen Waadtland, um Vallorbe, gibt es gut untersuchte Ofenfunde dieser Zeit⁵. In der Völkerwanderungszeit, aus der uns wenige Eisenerzeugungsstätten belegt sind, ist die Eisenerzeugung der Germanen auch im Alpenvorland, in Niederösterreich, durch einen Ofenfund nachweisbar⁶; aber auch aus der Schweiz und aus Westungarn gibt es Belege für eine Kontinuität der bodenständigen Eisenproduktion.

2. Entwicklung der Eisenherstellung im Mittelalter

Ausgrabungsbefunde aus dem südlichen Niederösterreich (Mayerhofer, Hampl 1958) zeigen bis ins Mittelalter die bäuerlich ausgeprägte Struktur des Eisenwesens. Auch am Hüttenberger Erzberg (Lölling) und am Steirischen Erzberg (Feistawiese) (Schmid 1932), wo sich solide, aus Bruchsteinen mit Lehm gemauerte Öfen fanden (Abb. 2), ist noch im 13. Jahrhundert höchstens mit Einzelunternehmern (Eisenbauern), keinesfalls mit einer Unternehmerklasse im Eisenwesen, zu rechnen.

Die wichtigste technische Neuerung im Eisenhüttenwesen seit seinen Anfängen war die Einführung des Wasserrades zum Antrieb der Blasbälge, verbunden mit einer sprunghaften Produktionserhöhung, die auch in Urkunden erkennbar ist; Pirchegger (1937) setzt diese Phase für den steirischen Erzberg in die Zeit zwischen 1227 und 1267.

Das Wasserrad selbst ist bereits in der Antike bekannt, wie archäologische Befunde und die Schriften von Vitruv bezeugen. Zur Anwendung in der Eisenerzeugung gibt es vor 1000 keine direkten Zeugnisse; gerne wird die Erwähnung des Ortes »Schmidmühlen« in der Oberpfalz im 11. Jahrhundert als frühestes Zeugnis für einen wasserradbetriebenen Ham-

2 Die grundlegende Publikation ist in WAB (1977) enthalten; eine weitere Publikation der Ausgrabungsergebnisse von K. BIELENIN mit den Schlackenuntersuchungen von G. SPERL ist seit längerem in Vorbereitung. Für die Anfänge der Eisenverhüttung in der Hallstattzeit gibt es nur schwache Hinweise, dafür ist für die Latènezeit, die römische Kaiserzeit und für die Arpadzeit (Hochmittelalter) Eisenproduktion eindeutig belegt.

3 Für das Gebiet Waldviertel-Kamptal, nördlich der Donau, wurde von Friesinger 1986 das Projekt »Kamptal« initiiert (FRIESINGER 1986), das alle archäologisch faßbaren kulturellen Spuren des Raumes zusammenzufassen sucht; die Gesamtpublikation dazu ist in Vorbereitung (SPERL 1991a).

4 Im Bereich des Hüttenberger Erzberges wurden 1987/88 im Möselgut bei Kanalarbeiten mehrere Kuppelöfen zur Eisenerzeugung angeschnitten, z. T. nur dokumentiert, aber auch einer ins Museum Brückl übertragen. Nach Aussage der Kärntner Archäologen sind sie als spätlatènezeitlich einzustufen; nach den verfügbaren Fotos sind sie vom gleichzeitigen Typ »Burgenland« (nach BIELENIN 1977). Eine genauere metallurgische Beurteilung steht noch aus.

5 Die Ausgrabungen um Vallorbe erbrachten nicht nur Befunde zur latènezeitlichen Eisenmetallurgie, sondern auch, wie im Burgenland, wiederholte Neuansätze in der kaiserzeitlichen und mittelalterlichen Periode (PELET 1973, 1978, 1983).

6 Im Bereiche des Kamptales, in Zaingrub, wurden von F. Daim Schlacken der Eisenerzeugung aus der frühen Völkerwanderungszeit gefunden; auch für die slawische Periode des Kamptales konnte in Thunau zumindest Eisenverarbeitung nachgewiesen werden (SPERL 1991a).

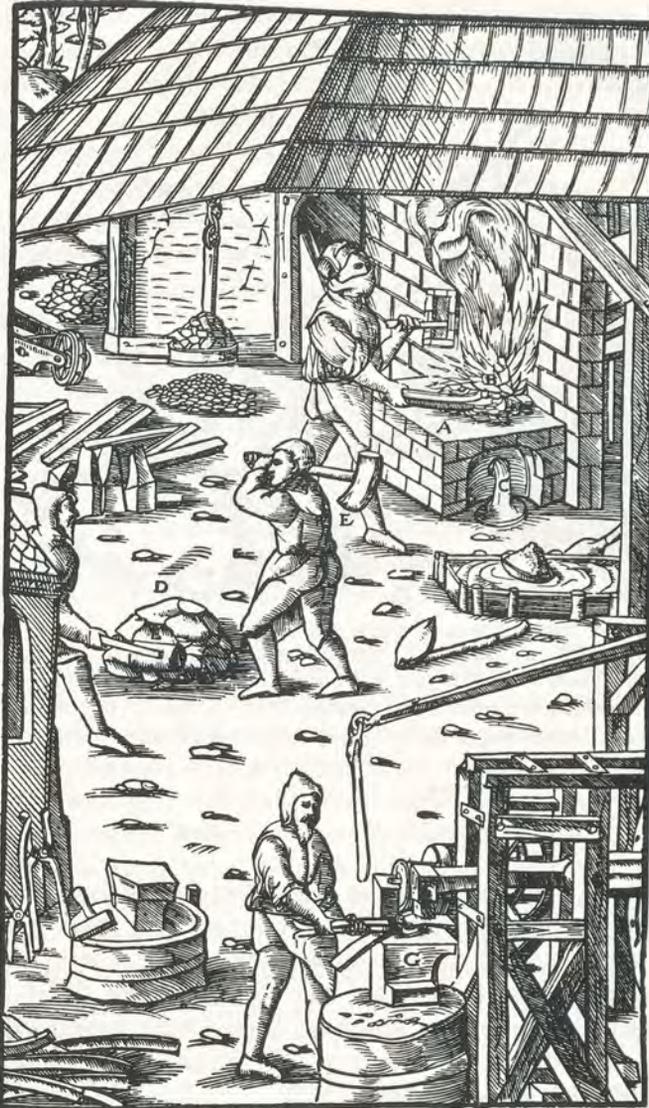


Abb. 2 Mittelalterlicher Rennofen: Die von W. SCHMID und W. SCHUSTER auf der Kreuztratte in Lölling am Hüttenberger Erzberg bzw. auf der Feistawiese 1929 am Steirischen Erzberg ausgegrabenen, mit Bruchsteinen und Lehm gemauerten mittelalterlichen Schachtöfen (SCHMID 1932, s. a. SPERL 1983) wurden von F. MAYER-BECK in Kombination mit Darstellungen des 16. Jahrhunderts rekonstruiert (SCHUSTER 1978).

mer angeführt (Sprandel 1968, 66 und 221–226). Für diese Zeit gibt es aber auch andere, weit auseinanderliegende ähnliche Erwähnungen (*molinum fornacinum* etc.) (Reynolds 1985). Insbesondere ist hier auch die Pionierrolle des Zisterzienserordens zu erwähnen, der sich – entsprechend den Vorstellungen des Hl. Bernhard von Clairvaux (gest. 1153) – bevorzugt in einsamen, zu kultivierenden Gegenden ansiedelte. Diese Lage erforderte, ja ermöglichte oft erst die eigene Eisenproduktion, bald auch zur Versorgung der zugehörigen Gutshöfe (Grangien) (Sprandel 1968, 43–52, Karlsson 1985)⁷.

Die allgemeine Einführung des Wasserrades zur Erzeugung des Gebläsewindes im 13. Jahrhundert brachte einen entscheidenden Fortschritt im Eisenhüttenwesen, da dadurch die täglichen Produktionsmengen je Ofen, anfänglich ohne große Änderungen gegenüber dem Rennofen, gesteigert werden konnten, bis schließlich am Ende des Mittelalters sich das indirekte Verfahren mit der kontinuierlichen Erzeugung von Roheisen im »Hochofen« zur Stahlherstellung im Frischherd durchsetzte (Sperl 1984a und b). Die Anfänge dieser Herstellungsmethode, Erz – Roheisen – Stahl/Weicheisen, liegen vielleicht schon in der Eisenzeit, wofür allerdings bisher jeder direkte Beweis fehlt.

⁷ Eine Beschreibung des Eisenwesens Europas im Mittelalter kann auf die umfangreiche Zusammenstellung und fachliche Sichtung in der Arbeit von R. SPRANDEL (1968) nicht verzichten. In der Zwischenzeit sind freilich in den verschiedenen Eisenzonen selbst, aber auch ausgehend von Forschungsinstituten in Europa und Übersee, Einzelberichte veröffentlicht worden, die diese Arbeit ebenso erweitern wie die Ergebnisse der in letzter Zeit zunehmenden Ausgrabungen an frühen Verhüttungsplätzen. Bezüglich der Rolle der Zisterzienser für die Eisengewinnung (die Sprandel behandelt), sind z. B. die Arbeiten von P. BENOIT (1985), BENOIT et al. (1986) und KARLSSON (1985), hervorzuheben.



Der Herd A. Der Befückungshaufen B. Der Schlackenabfluß C. Der Eisenklumpen (Maffel) D. Die Holzhämmer E. Der große eiserne Hammer F. Der Amboß G.

Abb. 3 Rennfeuer nach AGRICOLA (1556): technisch nicht ganz eindeutige Darstellung des Prozesses. Wichtig der Schlackenabstich (C).

Die schon im Mittelalter übliche Technik der Eisenherstellung im Rennfeuer einer Schmiede, wie sie auch Agricola (1556) zeigt (Abb. 3)⁸, wurde oft durch die kontinuierliche Windzufuhr durch Bottichgebläse (Trombe) ergänzt (Abb. 4). Das Bottichgebläse besteht aus einem Fallrohr, beim Wassereintritt meist trompetenförmig (Trombe!), in dem oben Lufteintrittslöcher angebracht sind; die dort eingesaugte Luft wird unten im »Bottich« beim Aufprall des Wasserstrahles auf einen Stein wieder abgetrennt.

⁸ Wenn auch in der Abbildung eine Vermischung mit dem »welschen« Frischfeuer (Walloon Forge) erfolgte (Frischen von Roheisen-Stangen), zeigt doch der Text das direkte Verfahren an: Aus Erz und Holzkohle wurden täglich mehrere Luppen erzeugt, die im hellglühenden Zustand mittels eines Holzschlägels auf einen Klumpen bereits vorher erzeugter Luppen geschweißt (gelaucht) werden; dieser Klumpen wird dann nochmals hoch erhitzt (ausgeheizt), wobei überschüssige Schlacke ausrinnt und das Metall unter dem (Aufwerf-)Hammer verdichtet und zu Stangen gestreckt wird.



Abb.4 Catalanfeuer nach DELLA FRATTA (1678): Die im Italien des 17. Jahrhunderts übliche Konstruktion des Catalanfeuers wurde von DELLA FRATTA frei nach den Bräuchen seiner Heimat gegenüber AGRICOLA (Abb.3) umgestaltet. Die Esse mit dem Schlackenabstich ist gleichartig, die Windzufuhr hier mit dem Bottichgebläse (Tromba idroeoica) dargestellt. Statt des Aufwerfhammers ist ein Schwanzhammer abgebildet.

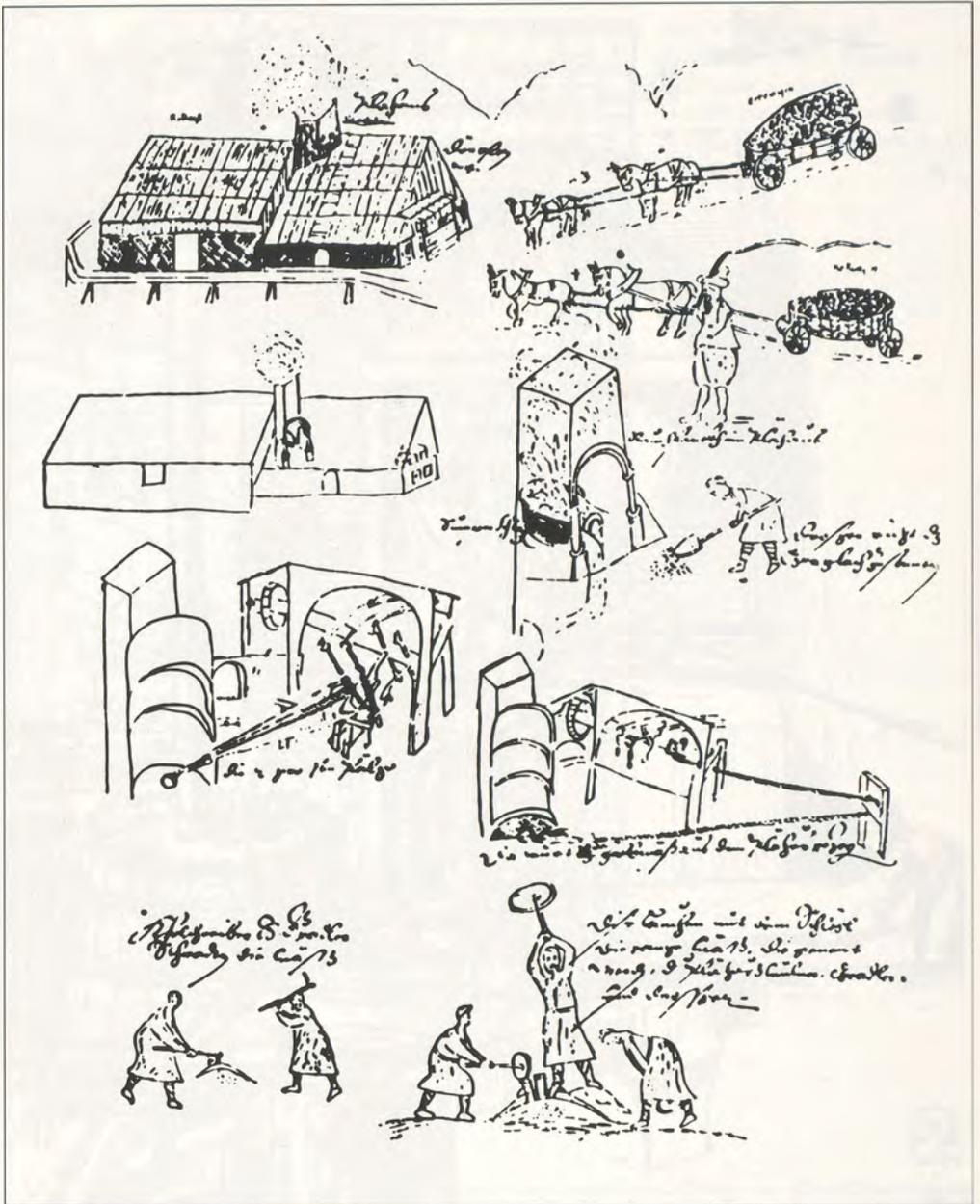
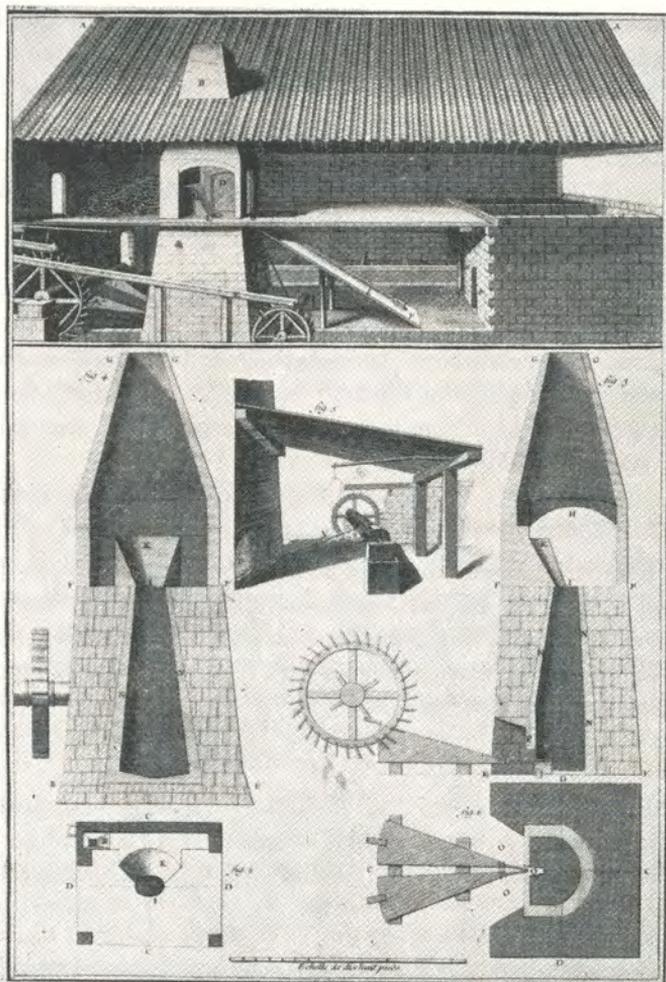


Abb. 5 Eisenerzeugung 1613, Originalzeichnung im Oberösterreichischen Landesarchiv., nach KURZEL-RUNTSCHNEINER (1949); der Text der Aufschriften lautet: Mittig, rechts oben: »Rauchfanckh im Plähaus«, »Sumperschlag«, »Der Drosger richt das Graglach zusammen«. Zeigt die von Säulen getragene Rauchhaube, den aus Lehm (Sumper) gebildeten Ofenkranz und das Zusammenrichten des wieder aufgegebenen Graglachs. Mittig, links: »Die zwei großen Pälge«. Mittig, rechts unten: »Da würt die Mäß aus dem Plähaus gezogen«. Sollte besser heißen »aus dem Ofen«. Unten links: »Kholschreiber und Gradler schraden die Mäß«. Unten rechts: »Diese lauchen mit dem Schlögl die ganze Mäß, so da heißen der Plähausmüllner, Gradler und Drosger«.

Abb. 6 Vordernberger Stuckhütte, nach Hüttenmeister ANTHES vom 10. 4. 1719; (nach SCHUSTER 1978): In Ergänzung zu Abb. 5 ist der sich nach unten erweiternde Ofenschacht mit ovalem Querschnitt zu beachten.



Solche Gebläse wurden auch für die Steiermark des 18. Jahrhunderts für Hochöfen beschrieben. Das Catalan-Verfahren⁹ erlebte, wohl infolge der niedrigen Investitionskosten und der Betriebssicherheit des Gebläses, im 18. Jahrhundert besonders im nördlichen Mittelmeerraum (Katalonien und Ligurien) eine späte Blüte (Sperl 1990).

Eine bedeutende Änderung im Eisenwesen der frühen Neuzeit erbrachte die Einführung des indirekten Eisenhüttenprozesses. War schon in eisenzeitlichen Rennöfen manchmal hochgekohltes, nicht schmiedbares Roheisen hergestellt worden, dessen Weiterverarbeitung zu Stahl man vielleicht schon verstand, wie die Darstellung des Plinius (34. Buch, vgl. Vettors 1967) erwarten läßt, so wurde im Alpenraum doch erst 1541 (Dinklage 1954) der erste »Flossofen« errichtet, der ausschließlich Roheisen erzeugen sollte. Dieses wurde dann in den Frischfeuern verarbeitet, die für die Verarbeitung des »Graglach« (unbeabsichtigt

9 Unter Catalanfeuer verstand man in der späten Phase (um 1800) einen unter einer Esse angeordneten Herd, der vor allem durch die die Winddüse enthaltende Wand und durch eine Seitenbegrenzung zu charakterisieren ist; wie beim Frischfeuer (DEN OUDEN 1981) gab es für die Wände spezielle Namen und von Ort zu Ort variierende Anordnungen und Arbeitsabläufe. Im wesentlichen handelt es sich um ein Rennfeuer, bei dem die Lupe über die Gichtöffnung entnommen wurde. Nicht immer sind Schlackenabstiche vorgesehen (Abb. 3: AGRICOLA 1556).

entstandenes Roheisen) zu Weicheisen schon vorher eingerichtet waren, nun aber vermehrt entstanden. Noch im Jahr 1760 (Dinklage 1981) streitet man sich in Kärnten um die Qualität dieses Eisens, und erst um 1775 stellt der letzte Stuckofen seine Produktion ein (Münichsdorfer 1873). Die schwedischen Ausgrabungen in Lapphyttan (Magnusson 1988; siehe auch in diesem Band 477f.) zeigen Anordnung und Bauart einer solchen integrierten Eisenhütte mit Hochofen, Frischhütte und Schmiede für das 12./14. Jahrhundert.

3. Bemerkungen zu technischen Neuerungen im Eisenhüttenwesen

Nimmt man als technische Neuerung im Hüttenwesen das an, was den Prozeß verbilligt oder vereinfacht, die Qualität verbessert oder die Zahl der verfügbaren Einsatzstoffe erweitert, so kann man folgende Liste erstellen (im wesentlichen Daten aus Tylecote 1976, Johanssen 1953) (Abb. 7):

A. Ausgangssituation¹⁰

Eisen wird von Anfang an in Schachtöfen verschiedenster Bauart (Sperl 1988a) hergestellt, die im Prinzip bis ins Mittelalter nicht modifiziert werden, wenn auch lokale und an gewisse Traditionen gebundene Bauweisen bemerkbar sind. Anzumerken sei, daß der Nachweis von Eisenerzeugung in Herdgruben für Kärnten (Münichsdorfer 1873) nicht gesichert ist (Sperl 1983).

B. 1. Wasserrad zum Antrieb der Blasbälge

Ab etwa 1000 n. Chr., ab 1250 im Erzberggebiet. Ergibt mehr Unabhängigkeit von menschlicher Arbeitskraft und Möglichkeiten zu beliebiger Produktionssteigerung; Erfordernis von Kapitaleinsatz und Lage des Ofens an Wasserläufen mit mehr als 300 l/sec.

B. 2. Wasserrad zum Antrieb der Hämmer

Ermöglicht die Verarbeitung der größer gewordenen Luppen; Sonstiges wie unter B. 1. Datum der Einführung unbekannt (auch um 1000?). Seit dem 16. Jahrhundert war es auch

¹⁰ Bezüglich der Ofenkonstruktion und dem Holzkohlendurchsatz ist die frühe Eisenerzeugung kaum von der des Kupfers zu unterscheiden, wohl aber im Prozeßablauf: Nach einer Anheizperiode folgt das Erzsetzen und schließlich das Nachheizen, um eine gute Trennung von Schlacke und Eisenluppe zu erreichen; schließlich wird die feste Eisenluppe mit Temperaturen um 1200°C gezogen und oft sofort ohne Zwischenerhitzung (Ausheizen) weiter durch Hammerschläge (lauchen) verdichtet. Bezüglich der Ofenkennzahlen sei darauf verwiesen, daß moderne Umschmelzöfen – ohne Nutzung der Verbrennungswärme im Abgas – für Produkttemperaturen um 1300°C mit Kohlesätzen von 20 Gew.-Prozent des Erz- oder Metalleinsatzes auskommen. Für die Reduktion des Eisens ist das Verhältnis Erz/Holzkohle um 1 einzustellen. Fast unabhängig von der Dimension des Ofenraumes ist die Zone, in der die Bedingungen für die Reduktion des Eisens vorliegen, vom Kohlesatz und der Eintrittsgeschwindigkeit der Luft abhängig (SPERL 1988b). Für die Blasbalgentechnik der Urzeit mag folgende Tabelle gelten:

- a. Fellbälge mit 10 l/Hub und 1 Hub/sec (zwei Bälge) ergeben 36 cbm Luft/h, die etwa 4 kg Holzkohle/ Stunde verbrennen.
- b. Für max. 100 kg C/h. qm Gestellbelastung zur Reduktion ergeben sich für einen Doppelblasbalg Ofenquerschnitte um $4/100 = 1/25$ qm entsprechend einem Ofeninnenmaß von 20 cm, für vier Blasbalg-Paare entsprechend 40 cm. Ofeninnenmaße mit mehr als 50 cm sind daher für diese Periode sinnlos. Wie Versuche zeigten (SPERL 1988a), ergibt sich dabei nicht eine zusammenhängende Luppe, sondern vor jeder Winddüse bildet sich ein Eisenklumpen entsprechend dem Windeinsatz.

üblich, die Luppe mit einer Kette, angetrieben durch ein Wasserrad, aus dem Ofen zu ziehen (Abb. 5 und 6).

C. Roheisenfrischen

Verarbeitung des ursprünglich unbeabsichtigt im Schachtofenprozeß anfallenden Roheisens (meist um 3 Prozent C) zu Weicheisen (unter 0,1 Prozent C) oder Stahl (0,2–0,8 Prozent C). Wahrscheinlich schon antik. Im Mittelalter mit »Zerrennen« (Hart-Weich-Zerrennen), dann mit »Frischen« (17./19. Jh) (den Ouden 1981) und »Puddeln« (18./20. Jh.) bezeichnet; ab 1856 bis etwa 1960 das Wind-Frischen (Bessemer-, Thomas-Verfahren) wichtig; heute ist das Sauerstoff-Frischen (LD-Verfahren, s. u.) vorherrschend. Im Alpenraum zuerst wohl nur Nebenzweig des Schmiedewesens (Provianteisen der Eisenwurzten).

D. Hochofenprozeß

Durch technische Änderungen, z. B. Verengung des Gestellquerschnittes¹¹ oder Modifikation der Düsenanordnung und des Kohlensatzes, konnte der wasserradbetriebene Stuckofen, engl. high bloomery, zum »Floßofen« umgebaut werden. Man konnte nun durch den Wegfall des Luppenziehens ununterbrochen schmelzen, auch ärmere Erze, wie den Spateisenstein des Erzberges¹², verarbeiten und bezüglich des erzeugten Eisengewichtes Kohle sparen. Im nachfolgenden Frischprozeß waren die Kohlensätze allerdings wesentlich höher (um 300 Prozent). Im übrigen wird Roheisen in China seit etwa 600 v. Chr., in Europa erst seit dem 14. Jahrhundert als Gußmetall (Schmelzpunkt etwa 1200° C) verwendet (Needham 1980).

E. Steinkohlenkoks

Durch die Steigerung der Eisenproduktion als Folge einer Bevölkerungszunahme und der beginnenden Industrialisierung trat ein akuter Mangel und damit auch eine Verteuerung der aus Holz im Meiler hergestellten Holzkohlen auf. 1709 gelang es A. Darby im heutigen Ironbridge-Coalbrookdale, Roheisen mit Hilfe von Koks (Coake) herzustellen, der aus der örtlichen Steinkohle in einem dem Meilerprozeß ähnlichen Verkokungsverfahren erzeugt worden war. Dieser billige und dort reichlich verfügbare Brennstoff trat nun, zuerst wohl nur für das Gußmetall (Iron-Bridge ab 1777, Dampfmaschinen des J. Watt) seinen Siegeszug um die Welt an. Auf dem Kontinent wurde erst ab der Mitte des 19. Jahrhunderts Koks (zur Stahlroheisen-Herstellung) eingesetzt (Johannsen 1925). Erfolgte die Koksherstellung

11 Wenn es auch frühere Zeugnisse gibt (z. B. Lapphyttan, s. MAGNUSSON 1988 und in diesem Band), begann man diese Umstellung doch erst um die Mitte des 15. Jahrhunderts, ausgehend von dem Eisenhüttengebiet zwischen Como- und Gardasee, bewußt durchzuführen; dabei haben sich dort angelernte Hochöfner gleich familienweise in den anderen Ländern Italiens, aber auch in ganz Mitteleuropa anwerben lassen, um ihre Öfen »alla bresciana« zu errichten (BARALDI, CALEGARI 1989). Im Alpenraum läuft die Umstellung zum Floßofen zwischen 1541 (Kremsbrücke) und 1775 (Lölling), später zum Hochofen (ab 1800) ab.

12 Die meisten Vorkommen von Spateisensteinen sind relativ arm an Eisen (30–45 Prozent Fe), enthalten aber wenig Phosphor und etwa 5 Prozent Mangan, berechnet auf den Eisengehalt; die unverwitterten Zonen am steirischen Erzberg, dort mit Pflinz bezeichnet, wurden anfänglich nicht, in der Spätzeit des Stuckofens aber in zunehmendem Anteil verhüttet. Erzbasis des Mittelalters waren hier wie in Kärnten die Verwitterungszonen, wo der Kalk ausgewaschen (Eisenblüte!) und damit der Quarz angereichert war. Das heute verhüttete sideritische Erzbergerz enthält 32 Prozent Eisen, was nach der Röstung etwa 47 Prozent Fe ergibt.

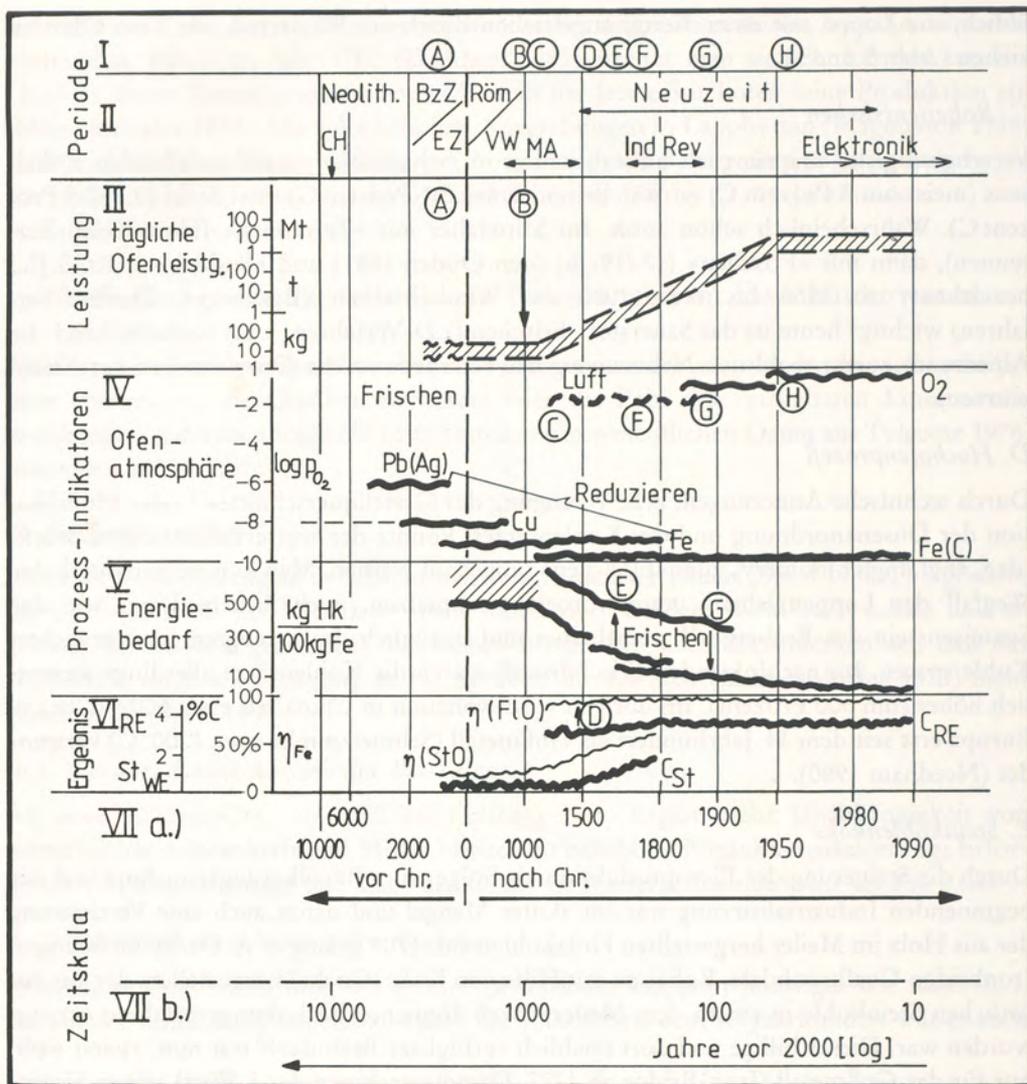


Abb.7 Kennzahlen der Eisentechnologie im Verlauf der Geschichte des Eisens (logarithmische Maßstäbe):

- (I) Kennzeichnung der Entwicklungsstufen: (A–H) im Eisenwesen
- (II) Historische und technologische Perioden
- (III) Tägliche Ofenleistung: kg-t-Mt/Tag
- (IV) Ofenatmosphäre: Sauerstoffpotentiale im Reduktions- und Frischprozeß
- (V) Energiebedarf: kg Holzkohle je 100 kg Eisenprodukt
- (VI) Ergebnis: dessen Effekte im Eisenwesen: Eisenausbeute (η -%) und daraus resultierende Kohlenstoffgehalte im (% C) Produkt
- (VIIa) Zeitskala absolut
- (VIIb) Grundskala: Jahre vor 2000 n. Chr., logarithmisch

(trockene Destillation) der Steinkohle anfänglich wie jene der Holzkohle, so entwickelte sie sich von der kohleverbrauchenden Meilerproduktion zu den heutigen Kammerverfahren, die mit dem eigenen Destillationsgas beheizt werden.

F./G. Flußstahl

Um 1860 erlangte das Windfrischen im sauer zugestellten Konverter (Bessemer – Verfahren 1856) Betriebsreife (G.). Die Verbrennung von Kohlenstoff und anderen Roheisenbegleitern (z. B. Si, Mn, P) wurde durch Durchblasen von Luft (21 Prozent Sauerstoff) durch das Roheisenbad erreicht. Der Prozeß verkürzte die Frischzeit erheblich und erzeugte flüssigen Stahl (Flußstahl), der sich vor allem durch seine Schlackenfreiheit und Gleichmäßigkeit, aber auch durch die Möglichkeit gezielter Legierung und Kohlenstoffeinstellung, vom »Schweißisen« der früheren Verfahren unterschied¹³. Flußstahl hatte es als Tiegelstahl allerdings schon vorher gegeben: er wurde durch Einschmelzen von Schweißisen und Aufkohlung seit etwa 1765 (Huntsmann) in Tiegelöfen, die die Schmelztemperatur des Stahles (1530° C) überschreiten konnten, hergestellt (F.).

H. Sauerstoff-Frischen

Schon Bessemer wußte, daß man mit reinem Sauerstoff schneller als mit Luft (21 Prozent Sauerstoff) den Frischprozeß durchführen könnte. Erst mit der Einführung des Linde-Verfahrens zur Verflüssigung der Luft (bei etwa – 190° C) konnte reiner Sauerstoff in industriell interessanten Mengen hergestellt werden (um 1928). Hervorgegangen aus einer deutsch-österreichisch-schweizerischen Arbeitsgruppe entwickelten die Österreicher (Trenkler, Kühnelt, Rösner u. a.) 1949 das Sauerstoff-Aufblasverfahren in der heute die Weltproduktion für Stahl beherrschenden Form. Die ersten Werke wurden in Linz (1952) und Donawitz (bei Leoben, 1953) in Betrieb genommen (LD-Verfahren). Der Stahl wurde noch reiner (ohne Stickstoffversprödung durch Luft!), der Prozeß übersichtlicher, damit schneller, die Tiegelstandzeit länger. Es konnte wieder Schrott eingesetzt werden, was die Kosten zusätzlich senkte.

Neuerungen haben auch im Eisenwesen immer eine Kenntnisbasis, die oft lang vorher begründet wurde (Bogdandy, Krieger 1987); auch genügt nicht die Erfindung und ihre Vorteile, es vergehen oft Jahrhunderte, bis sich scheinbar Selbstverständliches durchgesetzt hat. Daher sind die Daten für die Einführung meist nur ungenau anzugeben, auch gibt es immer starke regionale Unterschiede, die nicht nur durch Rückständigkeit und dergleichen erklärbar sind. Jedenfalls kann das Eisenwesen über die Jahrtausende als besonders einprägsames Beispiel für eine technische Entwicklungsfolge dienen. Es zeigt sich auch, daß im Mittelalter bereits alle für die künftige Entwicklung des Eisenwesens wichtigen Grunderfahrungen gemacht wurden: Die Mechanisierung der maschinellen Abläufe, die Erzeugung von flüssigem Roheisen, der Frischprozeß im Zerrennfeuer, damit auch, in nucleo, die Erzeugung von Flußeisen. Damit reiht sich auch die Eisentechnologie in die geistige Aufbruchbewegung ein, die vom Mittelalter bis in die Renaissance das Gesicht Europas verändert.

13 Im metallographischen Schliff lassen sich nur die Schweißeisensorten, vor allem anhand der Schlackeneinschlüsse, vom Flußeisen unterscheiden. Nicht befriedigend gelöst ist die Unterscheidung von Schweißisen aus dem direkten (Stuckofen-Catalan) und indirekten Prozeß (Hochofen und Frischen). Der Versuch von PIASKOWSKI (1989) zu einer Charakterisierung von Zerrennfeuerisen ist wohl nicht glaubhaft gelungen. Erforderlich ist der quantitative Nachweis einiger Elemente (Si, Mn), deren Anteil dann aber meist um 0,3 Prozent in der Eisenmatrix liegen dürfte, mit der Mikrosonde; die Durchschnittsanalyse von Schweißisen ist dafür unbrauchbar.

4. Die Techniken in der mittelalterlichen Schmiede

Beim direkten und indirekten Eisenhüttenprozeß wird bei Temperaturen um 1200° C eine feste, inhomogene Luppe aus »Schweißisen« gewonnen, die erst nach einem Ausheizprozeß zu Zwischenprodukten weiterverarbeitet wurde.

Interessant ist, daß im Gebiet des Steirischen Erzberges, dem seit dem 13. Jahrhundert sicher wichtigsten Eisenerzeugungsgebiet Europas, gesichert durch Privilegien des 14. Jahrhunderts, die Handelsform für den südlichen Bereich mit dem Stapelplatz Leoben das »Rauheisen« in Form der Halbmaß aus Rauheisen war, während der nördliche Bereich mit dem Zentrum Steyr mit »geschlagenem Zeug«, also Halb- und Fertigprodukten, handelte. Die Teilung der Zonen war wohl durch die Verfügbarkeit der Wasserkraft und die Lage zu Handelsstraßen bedingt: Der vom Erzberg nach Leoben führende Vordernbergerbach wies unterhalb Vordernbergs kaum Gefälle für Wasserräder auf, die dann aber im Mur- und Mürztal reichlich vorhanden waren. Leoben lag damit an der Nahtstelle vom Rauheisen- zum Hammerbezirk, zudem an der vielbegangenen Mur-Mürzfurche, die von Wien nach Venedig führte; Steyr dagegen lag näher der Donau und an dazu parallelen Handelsstraßen, aber unterhalb des Hammerbezirkes, der »Eisenwurz«.

Leoben erhielt sein Eisenprivileg 1314 und verdrängte damit sowohl das näher dem Erz liegende Trofaiach als auch die italienwärts liegende Handelsstadt Judenburg. Steyr (Oberösterreich) kämpfte darum lange mit der Stadt Waidhofen (Niederösterreich), die auch Rauheisen direkt aus Eisenerz im Austausch gegen Nahrungsmittel (Proviand) bezog. Das Privileg für Steyr aus dem Jahr 1389 konnte auch hier keine endgültige Entscheidung erreichen, der Streit ging bis ans Ende des Mittelalters (Pirchegger 1937).

Mit der Einführung der Wasserkraft im Eisenwesen, damit auch mit der Vergrößerung der Rauheisenmaße und der Hämmer, wurde die Trennung von Produktion mit Stuckofen¹⁴ und Hammer unumgänglich; auch die Techniken des Schmiedes trennten sich von der Urproduktion. Der Zeugschmied verarbeitete dann das angelieferte »geschlagene Zeug«, meist Weicheisen, oft auch härtbaren Stahl, zu Beschlägen, Nägeln, Werkzeugen, auch Waffen. Für Spezialprodukte wurden eigene Vorformen geliefert: die »Zaine« für die Drahtzieher¹⁵, flache Streifen für die Blechherstellung, »Platinen« für die Plattner¹⁶.

In den Zeugschmieden wurden verschiedene Techniken eingesetzt; für einfache Beschläge genügte das Formen durch Schmieden auf dem Amboß oder in Gesenken. Komplizierte Teile wurden durch Feuerschweißen unter Verwendung gewisser Schweißpulver hergestellt. Das Härten von naturhartem Stahl oder das Aufkohlen an der Oberflä-

14 Die wasserradbetriebenen Eisenhütten wurden bald Stucköfen genannt (SPERL 1984b); ein alter Ausdruck ist Blahofen (von blähen, blasen) daraus bildete sich das Wort Blauofen, auch Blahütte etc. (engl. blastfurnace). Im Erzberggebiet ist die Bezeichnung Radwerk für die Eisenhüttenbetriebe eingebürgert, wurde aber auch, seltener, für manche Hammerwerke verwendet.

15 Drahtzug: Obwohl das Ziehen von Draht bei Edelmetallen weit in die Antike zurückreicht, ist es für Eisen erst im 14./15. Jahrhundert allgemein üblich; der hohe Verformungswiderstand, wohl auch die gegenüber den gegossenen Metallen ungleichmäßigere Härte, behinderten diese Art der Metallverarbeitung. Ursprünglich wurden drahtförmige Stücke durch Abmeißeln von Streifen aus Blechen hergestellt, oft auch durch Verdrillen weiterbearbeitet. Römerzeitliche »Zieheisen« aus Südtirol (San Zeno) oder vom Magdalensberg (Kärnten) werden eher als Nageleisen zu deuten sein.

16 Die Kunst der Harnischmacher, die Plattnerkunst, erreichte am Ende des Mittelalters, als sie sich fast überlebt hatte, im Alpenraum eine besondere Blüte. Dabei war das steirische Eisen besonders begehrt; die Innsbrucker Plattner z. B. bevorzugten das Vordernberger Eisen, obwohl sie im Zillertal eine Eisenhütte mit einer guten Erzbasis vor der Haustür hatten.

che (Einsatzhärten, »Stählen«) erforderte einen anderen Arbeitszyklus. So mußte der Bergschmied vor allem das »Stählen« der abgenutzten Bergeisen durch Schmieden und Härten beherrschen (Sperl 1989, Pleiner 1958).

Die Technik der im deutschen Sprachgebrauch¹⁷ mit »Damaszieren« bezeichneten Verarbeitungstechnik gehört untrennbar zur Eisenverarbeitung. Die durch den Reduktionsprozeß im Rennofen vorgegebene Inhomogenität des wichtigsten Legierungselementes im Stahl, des Kohlenstoffs, wurde dabei für dekorative aber auch für funktionale Verbesserungen ausgenutzt. Die Anwendung unterlag aber auch der Mode; so sind die Höhepunkte dieser Technik in der Latènezeit aber auch im frühen und hohen Mittelalter zu finden (VDEh 1983). Die aus mittelalterlichen Sagen (Siegfried, Roland, Beowulf etc.) bekannten, oft mit Namen benannten Schwerter finden ihre Entsprechung in Funden von Eisenwaffen des Mittelalters, die, in Damaszierentechnik hergestellt, durch metallographische Untersuchungen die Kunstfertigkeit der mittelalterlichen Eisenschmiede beweisen.

5. Zusammenfassung

Eisenerze sind sehr weit verbreitet; sie finden sich fast überall in Mengen und Qualitäten, die im Rennfeuer sinnvoll verhüttbar waren. Trotzdem gibt es nur wenige wirkliche Eisenzentren in der Geschichte Mitteleuropas, so die Oberpfalz (»Ruhrgebiet des Mittelalters«), die nördliche Lombardei zwischen Como- und Gardasee (»Bresciani«), die Kärntner Eisenzone um Hüttenberg und, als Wichtigstes, das Gebiet um den Steirischen Erzberg mit dem nördlichen Verarbeitungsgebiet der »Eisenwurz« und der Mur-Mürzfurche im Süden¹⁸.

Wenn man auch schon vor dem Hintergrund einer entwickelten Kupfermetallurgie der späten Bronzezeit für Mitteleuropa Eisenerzeugung annehmen kann, so ist erst mit der Hallstattzeit (8./5. Jahrhundert v. Chr.) eine merkbare Verwendung des Eisens festzustellen. Die örtliche Verschiedenheit der Ofenkonstruktionen zur Eisengewinnung, die schon Plinius der Ältere konstatiert, bleibt bis zur Einführung des Wasserrades im Alpenraum erhalten. Erst im 13. Jahrhundert werden soziale und ökonomische Strukturen im Eisenwesen Mitteleuropas erkennbar, da die Öfen auch mehr Investition vor allem für die

17 Im Englischen unterscheidet man zwischen »damascening« und »pattern welding« (TYLECOTE 1976, 66f.); letzteres entspricht dem Deutschen »Damaszieren« als Verzierungsstechnik durch wechselweise Verwendung von hoch- und niedriggekohlten Eisenstäben, die miteinander im Feuer verschweißt, mehrmals gefaltet oder verdreht werden. Dabei wird oft darauf geachtet, daß – etwa durch Einsatz eines härteren Materials für die Klinge – auch ein funktioneller Vorteil entsteht (VDEh 1983). Das englische »damascening« entspricht der bewußten Verwendung des in sich durch Entmischung im Tiegel entstandenen Musters des »Wootzstahles«, wodurch sich eigentümliche gestreifte Muster auf Klingen aus dem Mittleren und Fernen Osten (z.B. Indien und Indonesien) ergeben. Dieser wird gerne als Gußdamast im Gegensatz zum »Schweißdamast« bezeichnet.

18 Die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Entwicklung des Eisenwesens sollen in einer »Europäischen Eisenstrasse« (European Iron Trail) präsentiert werden. Eine entsprechende Initiative zur Gestaltung eines solchen Kulturweges ist angelaufen, erste Publikationen dazu erschienen (SPERL 1988c, 1989b, 1991b). Auf dem Terrain Mitteleuropas sind Zentren wie Valle Camonica (Bresciani), Hüttenberg/Magdalensberg (Ferrum Noricum), Steirischer Erzberg (steirisch- ober-/niederösterreichische Eisenstrasse) und die Bayerische Eisenstrasse (Regensburg – Amberg – Pegnitz) einbezogen wie auch die schweizer und burgenländischen antiken Eisenbezirke. Die Reise zur Geschichte des Eisenwesens kann von Katalonien (Spanien) oder Kampanien (Italien) über Mitteleuropa nach Ironbridge (England) oder Trondheim (Norwegen) führen.

Wasserräder und für die umgebenden Gebäude benötigen. Bald wurde auch der schwere Wasserhammer vom Stuckofen getrennt errichtet.

Die Anfänge des indirekten Verfahrens (vom Erz über Roheisen zu Stahl/Weicheisen) liegen vielleicht schon am Beginn der Eisenerzeugung in der Antike. Technisch wird diese Prozeßfolge in den Zerrennfeuern für das Roheisen (Graglach) am Ende des Mittelalters bereits beherrscht. Der Hochofenprozeß im modernen Sinn, in dem ununterbrochen über Monate (heute: Jahre) in einem Ofen hochgekohltes Eisen mit fast 100 Prozent Ausbeute erzeugt wird, beginnt in Norditalien im 15. Jahrhundert, im Alpenraum erst ab 1541, mit einer Übergangszeit bis ca. 1775. In kleinem Maßstab wird Eisen weiter in kleinen Rennfeuern, wie im Katalanfeuer (mit Bottichgebläse), der Korsikaschmiede oder ähnlichem, für den lokalen Bedarf hergestellt.

6. Literatur

- Age of Iron 1980 = The Coming of the Age of Iron. Eds. T. A. WERTIME, J. MUHLY (New Haven, London).
- AGRICOLA 1556 = G. AGRICOLA, *De Re Metallica Libri XII*; Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen. Übers. von C. SCHIFFNER. Faksimiledruck der Ausg. von 1953 (Düsseldorf 1978).
- BARALDI, CALEGARI 1989 = E. BARALDI, M. CALEGARI, »Fornaderi« bresciani (XV–XVII sèc.). In: BASSOFUOCO 1989, 127–152.
- BASSOFUOCO 1989 = Dal Bassofuoco all'Altoforno: Atti del 1. Simposio Valle Camonica 1988: La Siderurgia nell'antichità, Comunità Montana di Valle Camonica, Comune di Bienno. Sibirium Vol. 20.
- BENOIT 1985 = P. BENOIT, Un site industriel médiéval: L'Abbaye de Fontenay. *Memoires de la commission des Antiquités du departement de la Cote-d'Or* Nr. 36.
- BENOIT et al. 1988 = P. BENOIT, I. GUILLOT, A. PLOQUIN, P. FLUZIN, Archéologie et Paléoméallurgie des Sites de Minot et Fontenay en Bourgogne. In: I. KEESMANN (Hrsg.), Archäometallurgie von Kupfer und Eisen in Westeuropa. Symposium Mainz, Sept. 1986. *Jahrb. RGZM* 35, 1988 (1991), 620–638.
- BIELININ 1977 = K. BIELININ, Einige Bemerkungen über das altertümliche Eisenhüttenwesen im Burgenland. In: WAB 1977, 49–63; s. a. DERS., Übersicht der Typen von altertümlichen Rennöfen auf dem Gebiet Polens. In: WAB 1977, 127–147.
- BIRINGUCCIO 1540 = V. BIRINGUCCIO, *De la Pirotechnia*. Biringuccios Pirotechnia. Übers. O. JOHANNSEN (Braunschweig 1925).
- BOGDANDY, KRIEGER 1987 = L. VON BOGDANDY, W. KRIEGER, 35 Jahre LD Entwicklungen, Ergebnisse und Zukunftsaspekte der Sauerstoffblasstahlerzeugung. *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte*, 132, H. 11, 483–493.
- DELLA FRATTA 1678 = M. A. DELLA FRATTA, *Pratica Minerale trattato del March.*, Bologna (Nachdruck Firenze 1985).
- DEN OUDEN 1981 = A. DEN OUDEN, The production of wrought iron in finery hearths. *Journal of the Historical Metallurgical Society*, H. 2, 63–87.
- DINKLAGE 1954 = K. DINKLAGE, Geschichtliche Entwicklung des Eisenhüttenwesens in Kärnten. *Radex-Rundschau*, H. 7/8, 256–291.
- DINKLAGE 1981 = K. DINKLAGE, Quellenzeugnisse des 18. Jahrhunderts über die damaligen Eisenverhüttungsmethoden. *Leobener Grüne Hefte N.F.* 2, 100–110.
- ERZBERGEBIET 1979 = Montangeschichte des Erzberggebietes. Tagungsband, Vordernberg 1978 (Leoben 1979).
- ERZ UND EISEN 1984 = Erz und Eisen in der Grünen Mark. Beiträge zum Steirischen Eisenwesen. Beitragsband zur Landesausstellung 1984 in Eisenerz (Graz).
- FIRST IRON 1988 = The First Iron in the mediterranean – Il primo ferro nel Mediterraneo. Proceedings of the Populonia/Piombino Symposium 1983. Ed. G. SPERL. PACT 21 (Strasbourg).
- FRIESINGER 1986 = I. FRIESINGER, Internationales Forschungsprogramm in Niederösterreich. Österreichischer Kalender für Berg, Hütte, Energie 1987 (1986), 114–117.
- JOHANNSEN 1953 = O. JOHANNSEN, *Geschichte des Eisens* (Düsseldorf 1953, 3. Aufl.).
- KARLSSON 1985 = L. KARLSSON, Cistercian iron production. In: *MEDIEVAL IRON* 1985, 341–355.
- MAGNUSSON, 1988 = G. MAGNUSSON, Laphyttan. In: *FIRST IRON* 1988, 176–195.

- MAYERHOFER, HAMPL 1958 = R.J. MAYERHOFER, R. HAMPL, Frühgeschichtliche Bauernrennfeuer im südöstlichen Niederösterreich. *Archaeologia Austriaca*, Beiheft 2.
- MEDIEVAL IRON 1985 = Medieval Iron in Society. Papers presented at the symposium in Norberg, May 6–10, 1985. Jernkontoret and Risanantikvarie ämbetet, Jernkontorets Forskning H. 34.
- MÜNICHSDORFER 1873 = F. MÜNICHSDORFER, Geschichtliche Entwicklung der Roheisenproduktion in Kärnten (Klagenfurt).
- NEEDHAM 1980 = J. NEEDHAM, The Evolution of Iron and Steel Technology in East and Southeast Asia. In: AGE OF IRON 1980, 507–541.
- PELET 1973 = P.-L. PELET, Une industrie meconnue – fer-charbonacier – dans le Pays de Vaud. *Bibliothèque Historique Vaudoise* 49.
- PELET 1978 = P.-L. PELET, Fer-Charbon-Acier dans le Pays de Vaud. Tome 2: La lente victoire du haut fourneau. *Bibliothèque Historique Vaudoise* 59.
- PELET 1983 = P.-L. PELET, Fer-Charbon-Acier dans le Pays de Vaud. Tome 3: Du Mineur a l'Horloger. *Bibliothèque Historique Vaudoise* 74.
- PERTLWIESER 1970 = M. PERTLWIESER, Die hallstattzeitliche Höhensiedlung auf dem Waschenberg bei Bad Wimsbach/Neydharting, Bez. Wels, Oberösterreich, Teil II: Hütten, Werkstätten, Metallanalysen. *Jahrbuch des oberösterreichischen Musealvereines* 115, No. 1, 37–70.
- PIASKOWSKI 1989 = J. PIASKOWSKI, The metallography of the first indirectly smelted iron in Poland. In: BASSOFUOCO 1989, 191–200.
- PIRCHEGGER 1937 = H. PIRCHEGGER, Das Steirische Eisenwesen bis 1564. Mit einem Überblick über das Kärntner Eisenwesen (Graz).
- PLEINER 1958 = R. PLEINER, Základy Slovanského Zelezárského Hutnictví V Českých Zemích. Die Grundlagen der slavischen Eisenindustrie in den böhmischen Ländern (Praha).
- PLEINER 1980 = R. PLEINER, Early Iron Metallurgy in Europe. In: AGE OF IRON 1980, 375–417.
- PLEINER 1989 = R. PLEINER, The Technology of Medieval Blacksmiths in Prague. In: BASSOFUOCO 1989, 77–82.
- REYNOLDS 1985 = T.S. REYNOLDS, Iron and water: Technological context and the origins of the water-powered iron mill. In: MEDIEVAL IRON 1985, 61–80.
- SCHMID 1932 = W. SCHMID, Norisches Eisen. Beiträge zur Geschichte des österreichischen Eisenwesens (Wien, Berlin, Düsseldorf).
- SCHUSTER 1978 = W. SCHUSTER, Vordernberg und seine technischen Denkmale. *Leobener Grüne Hefte* N.F. 37.
- SPERL 1983 = G. SPERL, Corrigenda zum frühen Eisen in Österreich I. Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 128, 181–184.
- SPERL 1984 = G. SPERL, Corrigenda zum frühen Eisen in Österreich II. Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 129, 168–170.
- SPERL 1984a = G. SPERL, Die Entwicklung des steirischen Eisenhüttenwesens vor der Einführung des Hochofens. In: ERZ UND EISEN 1984, 83–94.
- SPERL 1984b = G. SPERL, Die Technologie der direkten Eisenherstellung. In: ERZ UND EISEN 1984, 94–108.
- SPERL 1985 = G. SPERL, Die Technologie der direkten Eisenherstellung im Alpenraum (der Stuckofenprozeß). In: MEDIEVAL IRON 1985, 174–183.
- SPERL 1988a = G. SPERL, Metallurgische Beurteilung der Schlackenfunde aus der Eisenverhüttungsanlage Loitzendorf. *Archaeologia Austriaca* 72, 153–157.
- SPERL 1988b = G. SPERL, Montangeschichte des Erzberggebietes nach archäologischen und schriftlichen Dokumenten ergänzt durch praktische Versuche. Habilitation Wien.
- SPERL 1988c = G. SPERL, Kulturgeschichte des Eisens. Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 134, 28–30.
- SPERL 1989a = G. SPERL, Metallurgie des urgeschichtlichen Kupferwesens im Alpenraum. Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 133, 495–498.
- SPERL 1989b = G. SPERL, Il sentiero europeo del ferro. In: BASSOFUOCO 1989, 17–22.
- SPERL 1990 = G. SPERL, La Metallurgia nella Ferriera di Amalfi. *Rassegna del Centro di Cultura e Storia Amalfitana* 9, No. 17, 129–135.
- SPERL 1991a = G. SPERL, Vergleichende Untersuchung der Schlacken aus dem Waldviertel. In Vorbereitung.
- SPERL 1991b = G. SPERL, Gedanken zu einer Europäischen Eisenstraße. *Res montanarum* 2, 18–23.
- SPRANDEL 1968 = G. SPRANDEL, Das Eisengewerbe im Mittelalter (Stuttgart).

STRAUBE et al. 1964 = H. STRAUBE, B. TARMANN, , E. PLÖCKINGER, Erzreduktionsversuche in Rennöfen norischer Bauart. Kärntner Museumsschriften 35.

TYLECOTE 1976 = R.F. TYLECOTE, A History of Metallurgy (London).

VDEh 1983 = Damaszenerstahl. Vorträge Mönchengladbach Oktober 1979, Fachausschußbericht des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute No. 9.008.

VETTERS 1967 = H. VETTERS, Ferrum Noricum. Anzeiger der phil.-hist. Klasse der Österr. Akademie der Wissenschaften, No. 103, 167-185.

WAB 1977 = Archäologische Eisenforschung in Europa. Symposion Eisenstadt 1975. Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland 59.

Early iron manufacturing in Sweden

BY GERT MAGNUSSON

1. Introduction

The American anthropologist L. Morgan wrote in 1877 that when iron succeeded in becoming the most important material in production, this was the event of events in human history. He was referring to the dramatic development of the iron industry during the 19th century, with its fundamental transformation of human living conditions. Morgan's idea could also be shifted back 2500 years in time, when iron became the first metal to be commonly used by large groups of people.

In purely technical terms, the production of iron can be subdivided into two groups: direct and indirect production. Direct production means the direct production of a malleable iron. Indirect production means first producing, in a blastfurnace, a pig iron which then has to be refined into malleable iron.

Ironworking came to Scandinavia in the 6th century B. C. Recent radiocarbon datings in Sweden tell us that the art spread quickly to such widely separate regions as Gotland, Småland, Närke, Västmanland and Västergötland. It is worth noting that more than one technique of iron manufacturing spread throughout Sweden during this early period. We have at least two completely different types of furnace occurring more or less simultaneously. So great are the differences between work at and the construction of these two types of furnace, that they cannot be treated as variations of the same furnace. In Närke, Västmanland and Västergötland we have the claypitfurnace, while in Gotland and also in Västergötland we have the continental types of shaftfurnace. This should mean that knowledge of ironmaking came to Sweden by at least two separate innovative paths. Västergötland is the region where today we can recognise both types.

Throughout prehistory the clayed pit furnace appears to be the most common type, with all sorts of local variations. The continental shaft furnace, which in Scandinavia is mainly known to us from Denmark, disappears from Sweden, as far as we know at present, at about the beginning of the Christian Era.

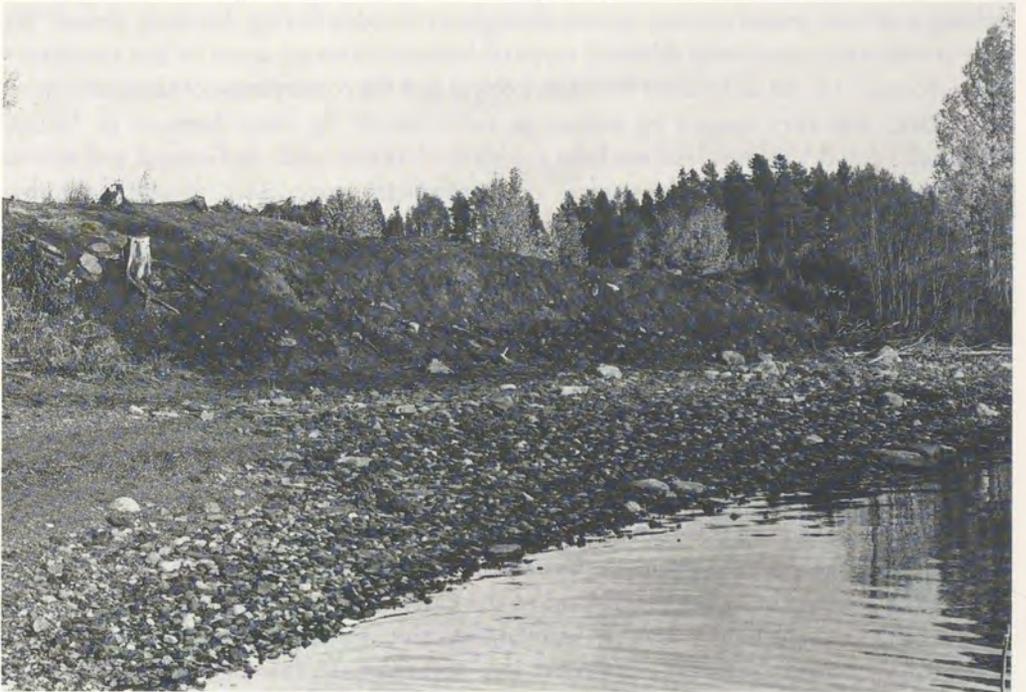
It was not until the High Middle Ages that a whole variety of furnace types appeared, mostly in Jämtland. This is probably due, not so much to people there being of a more innovative disposition, but to Jämtland being the best investigated province in Sweden. In Jämtland, then, there were at least five different variants of the pit furnace, but during the High Middle Ages, once again, there was also one shaft furnace.

Research findings in recent years point to the Early Medieval Period and High Middle Ages as the great turning points in Scandinavian ironworking. In addition to a wider variety of bloomery furnaces, this period also witnessed the first blast furnaces earliest indirect method of iron production in the Bergslagen region of central Sweden.

One of the really big questions surrounding medieval technological development is, why these important innovations began to appear at that particular time. Does, for example, the



At the early sites of the Roman Iron Age the bloomery furnaces were situated at the top of the banks. Mostly there are two or more furnaces dug out in shallow slope. The Roman Iron Age iron production sites give an idea of an industrial production of iron in outlying districts.



The earliest iron production sites in Jämtland are from the late Roman Iron Age; they are still situated on banks of rivers and lakes. Since a long time one has seen slags on the shores, but in the early 1970's it was possible to see that the whole sites were still at the top of the banks.



Late medieval bloomery furnace outside the village of Sveg in the county of Härjedalen. The site is typical for the more than 600 sites of this type in the middle of Sweden. Most of these sites have been in use during the period late medieval and up to the 18th century.



From the 13th century most of the sites look like this one. A very regular organized site of the working area around the furnace. The slag heaps are the most visual part of these sites.



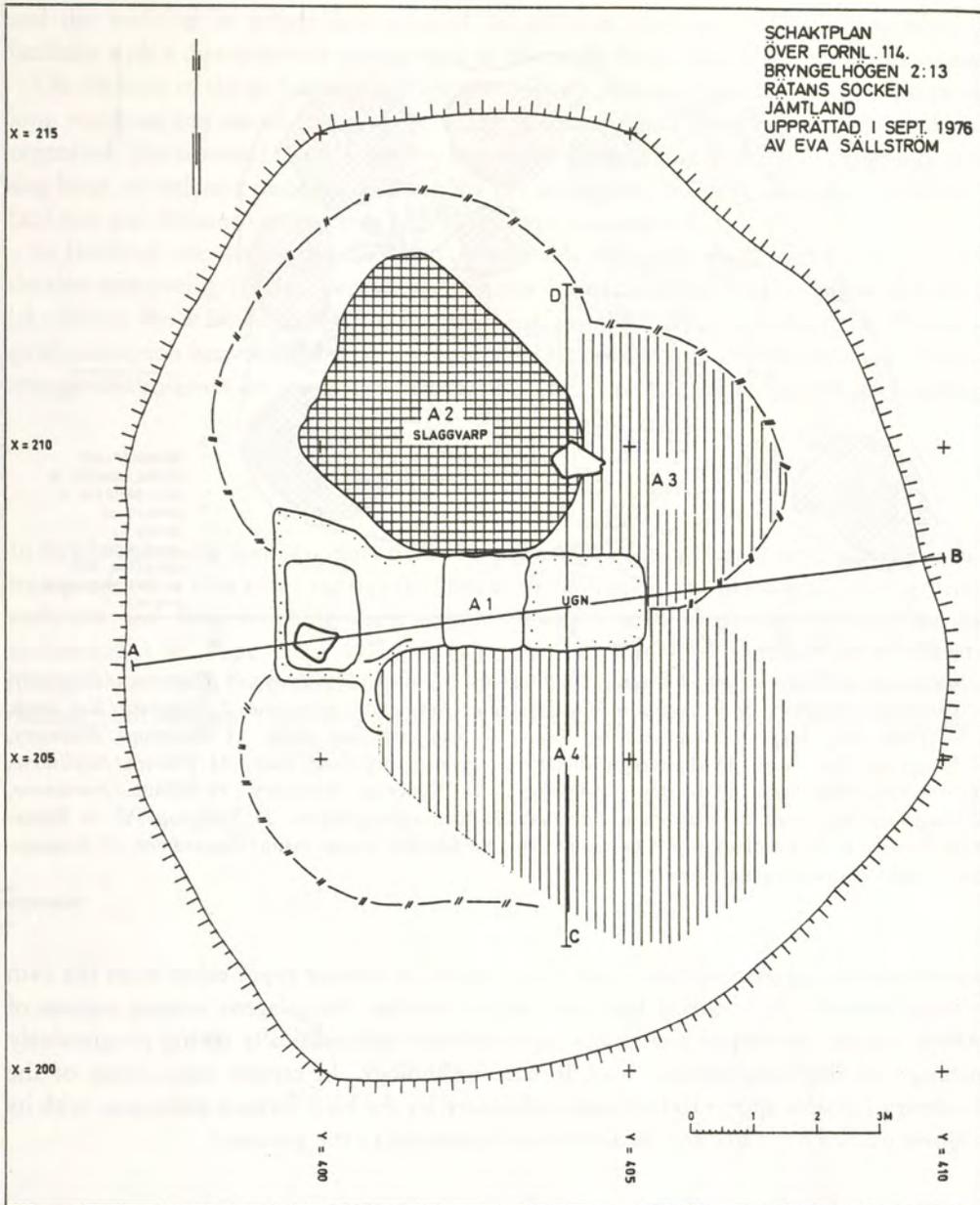
Ironproduction sites in and around the village of Klövsjö in Jämtland.

existence of blast furnace technology in one region and a multiplicity of furnace types in another indicate a general growth of metallurgical awareness? Can the multiplicity of furnace types be due to a greater realisation of the ways in which ores behave in the furnace and of their degrees of reducibility? The reducibility of different ores has been studied by the Norwegian researcher Sigmund Jacobsen (1983).

There is a place in Jämtland, Oviken 32, which differs appreciably from most others. In more than one point of view it occupies a category of its own. Here, for example, we have a special type of furnace, the shaft furnace, and the site has an unusual large concentration of furnaces and slag heaps (eight bloomery furnaces and nine slag heaps) closely adjoining to charcoal pits.

In Jämtland, this site is the only one of its kind, but in Västergötland and Småland the same type is more common. In Västergötland there are about 400 sites registered, some 25 of which have been investigated. The Västergötland sites are usually much smaller, consisting of just one, usually very small slag heap, but usually with several furnaces round about it.

Isolated furnaces have been investigated in Småland (Nihlén 1932, Hallinder 1972). The general morphology of the sites and the furnaces reported indicate that similar shaft

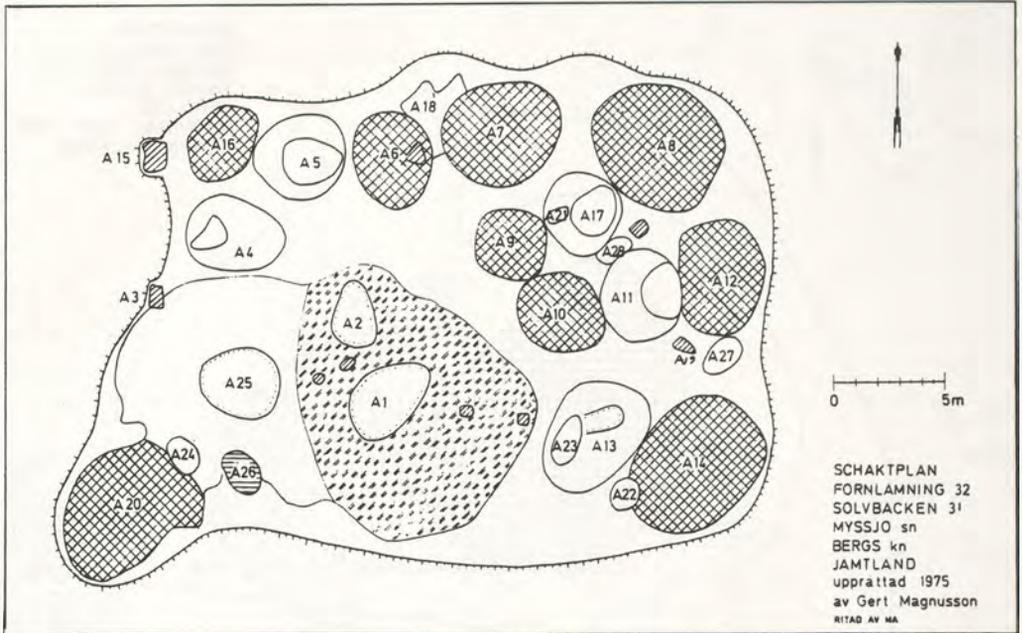


Iron production site Raä 114, parish of Rätan: A 1 = Blommery, A 2 = Slag heap, A 3 = Ore layer, A 4 = Ore layer, A 5 = Anvil stone.

furnaces were in use in Småland. Probably a large proportion of the 700 registered sites with traces of direct iron manufacturing in Småland are of this type. Here we have the really big sites, that are even bigger than the Jämtland site (Oviken 32) already referred to.

Chronologically, this type of furnace in Västergötland, Värmland, Småland and in Jämtland corresponds with the period between 950 and 1450 AD. Probably, though, other types of furnace, not yet known to us, existed at the same time.

In Jämtland, Härjedalen, in the north of Dalarna and in western Hälsingland this industry lived on until the 18th and 19th centuries. It appears in the historical sources as



Iron production site Raå 32i Ovikens sn

1 Kolningsgrop/Charcoal pit, 2 Sentida täktgrop/Pit, 3 Fällsten/anvilstone, 4 Blästerugn/Bloomery, 5 Blästerugn/Bloomery, 6 Slaggvarp med fällsten/Slag heap with anvilstone, 7 Slaggvarp/Slag heap, 8 Slaggvarp/Slag heap, 9 Slaggvarp/Slag heap, 10 Slaggvarp/Slag heap, 11 Blästerugn/Bloomery, 12 Slaggvarp/Slag heap, 13 Blästerugn/Bloomery, 14 Slaggvarp/Slag heap, 15 Fällsten/Anvilstone, 16 Slaggvarp/Slag heap, 17 Blästerugn/Bloomery, 18 Blästerugn/Bloomery, 19 Fällsten/Anvilstone, 20 Slaggvarp/Slag heap, 21 Blästerugn/Bloomery, 22 Stensamling/Stones, 23 Täktgrop/Pit, 24 Blästerugn/Bloomery, 25 Kolningsgrop/Charcoalpit, 26 Område med rostad malm/Roasted ore, 27 Stensamling/Stones, 28 Stensamling/Stones.

one of various agrarian sidelines. The great variety of furnace types exists from the 14th century onwards. It is during the same period that the »Bergslagen« mining regions of central Sweden developed technically, economically and politically owing progressively stronger on the basis of their blast furnace technology. In certain cases, some of the bloomery furnaces appear to have been influenced by the blast furnace technique, with its bellows pushed by water and its addition of limestone to the process.

2. The technology of iron production

All ironworking involves special demands, based on the laws of nature, governing and regulating the reduction of metallic oxides. Technology has to conform to these laws of nature. Ironworking is governed by the reduction process of different types of iron oxide, and this affects the facility requirements at a place where iron is made. Archaeologists took this fact as the foundation of various theoretical structures (Johansen 1973, 86; Furingsten 1979, 250; Millberg, Magnusson 1981, 270; Hayen 1968; Serning 1979, 28).

The furnaces are functional, which of course makes them outstandingly suitable for specialised studies i.e. on technical designs. Here there are chances to see which ideas were active in the minds of the people working at the different sites, the cultural environment

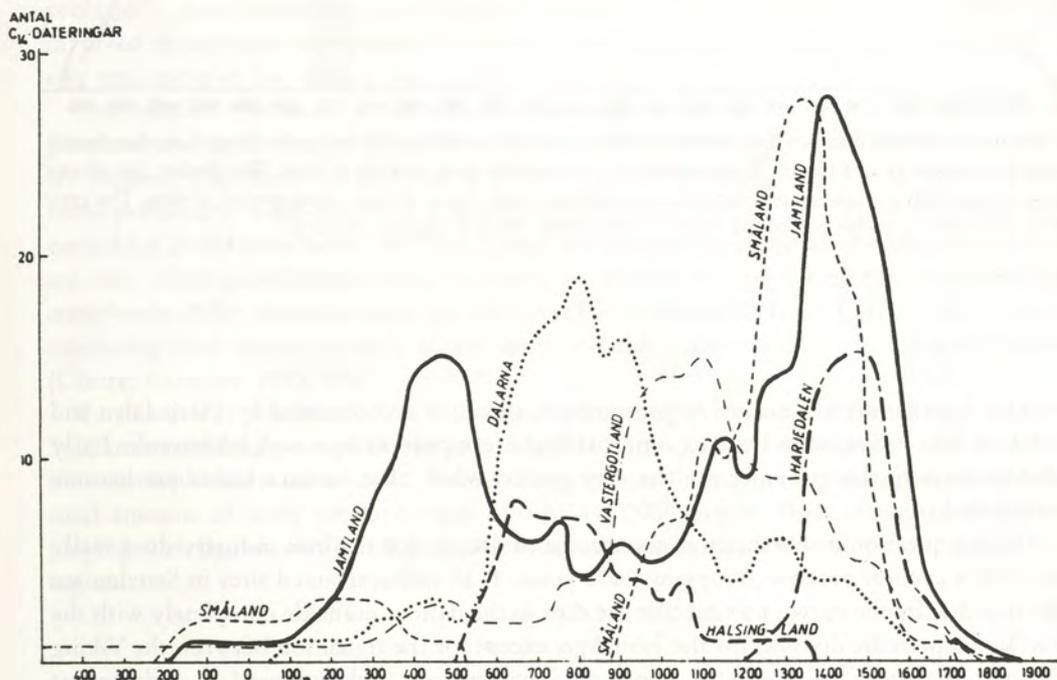
and the tradition in which they worked. In addition, there may also be a number of facilities with a direct human aspect, such as overnight huts, stables and transport routes.

On the basis of the technical requirements defining necessary operations at the ironworking site, one can sketch the way in which the sites could have been constructed and organised. The essential facilities are the bloomery furnace, slag heap, anvil stone and anvil slag heap, as well as a place for roasting the ore and a charcoal store. In many cases, these facilities and remains can be excavated at the sites investigated.

In Jämtland one can see that there is a considerable difference in the location of iron production sites during different periods. In prehistoric times, most of the sites are located along lake shores, this is similar in Dalarna. In both Dalarna and Jämtland, it seems to be a chorological connection between scattered graves on lake shores and iron production sites. The late iron production sites are more scattered in the forest country surrounding the later villages.

3. Dating of iron production

In Sweden since the mid 70s, more than 400 radiocarbon datings have been made of various iron production sites or of various facilities at those sites. By combining the datings from each site and then weighing them together using a method devised by the German archaeologist W. Pape (Pape 1979), it is possible to turn long radiocarbon series into histograms or, as in the present case, into graphs. This in turn makes it possible to compare datings from different regions of Sweden. A synthesis of this kind is presented in fig. next



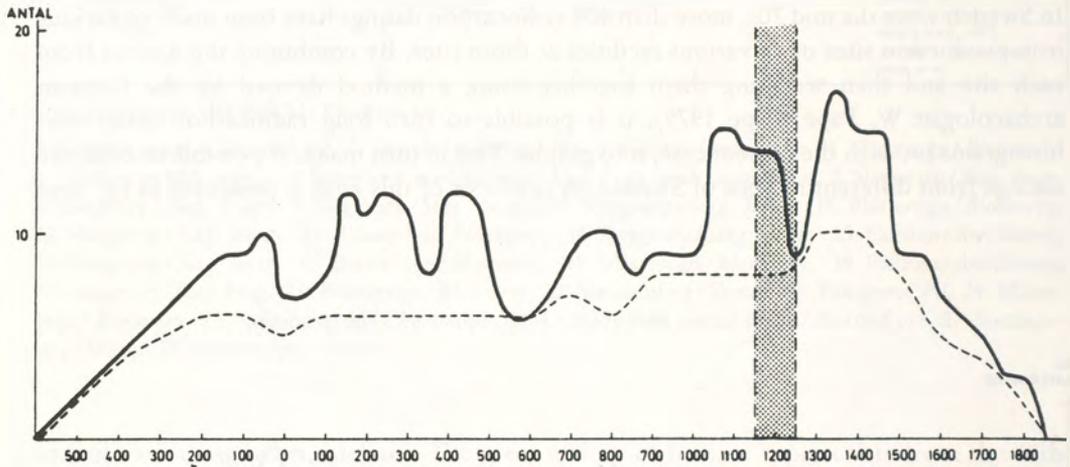
Radiocarbon datings from different parts of Sweden.

page, but without the provinces for which only a few datings have been reported. As can be clearly seen, iron production peaked in different regions at different times.

Ironworking was established in large parts of Sweden during the Early Iron Age. Judging by the facts presented here, the first period of more extensive iron production appears to have occurred during the late Roman Iron Age and during the Migration Period. This, at present, is best documented in Jämtland, but probably it also had its counterparts in Dalarna and Västergötland.

The weakness of this early horizon in Dalarna and Västergötland is probably due above all to gaps in research. The same may also be true in Småland.

Towards the end of the Migration Period the Jämtland curve declines, and this is matched by the general picture of finds for the region and for large parts of the Baltic. The dip in the Jämtland curve corresponds with a distinct upturn for iron production in Dalarna and Hälsingland. Probably this upturn comes late during the Merovingian period, culminating during the 9th and 10th centuries. A decline then ensues, and during the High



The iron production during a long period of time. The thin line shows in how many districts contemporary iron production can be found. The number is the same over long periods of time. The thicker line shows how the amount of radio carbon dated iron production sites varies during a long period of time. The grey area shows the introduction of the blastfurnaces in the Swedish mining districts.

Middle Ages Jämtland returned to prominence, this time accompanied by Härjedalen and Småland. The recession in Dalarna is probably more apparent than real, because the Early Middle Ages in this province are the very period when blast furnace technique became established.

The big question is whether this conspectus of datings for the iron industry does really point to a cyclical process occupying 2000 years. If all radiocarboned sites in Sweden are put together in one curve, we find that the dips in the datings coincide completely with the traditional periodic division for the Iron Age, except for the transition between the Viking Era and the Early Middle Ages. Does the division into archaeological periods reflect cyclical fluctuations affecting large parts of society?

4. Who made the iron?

This is a very difficult question. It has to be said that no direct equivalents of the Norwegian smiths' graves have been found in Sweden yet: Instead there have been a number of depot finds of tools, such as the Mästermyr chest. This and other cases of this kind mostly involve combinations of tools associated with different crafts, such as those of the carpenter, the smith, the horn carver etc. The archaeological material affords little evidence of true specialists. Most wrought iron work for domestic needs could be done by the people themselves. This being so, who is responsible for specialised wrought iron work, for weapon manufacturing and swordmaking? Were these things imported or produced at home? It is mainly by studying these objects that we can put light on this question. But most of all the iron objects we find in graves and on dwelling sites were probably made by versatile farmers.

Unfortunately we do not really know which member or members of the family made iron in prehistoric times. We know from written sources in the 17th and 18th centuries, when this kind of ironworking was still being practised in parts of Jämtland, Härjedalen and Dalarna, that it was a seasonal occupation, mainly for men. During spring and summer the ore was dug out of bogs or raked up from lake beds. The manufacturing took place in the autumn, after harvest time, and always directly adjoining the place where the ore had been found. The finished iron was sold mainly at the winter markets.

5. Production volumes

Calculating the amount of iron produced in Jämtland and in the whole of Sweden during prehistory is a hazardous undertaking, because there are so many factors variously involved in any such assessment. A necessary starting point, though, are the amounts of slag remaining at the various iron production sites.

The calculation is based on the volume of the slag washed up on the shores of Storsjön in Jämtland and on the banks of the other rivers and lakes where these iron production sites are located. This does not only apply to the riparian production sites at is, those dating from prehistory. I do not even attempt to gauge the size of the slag heaps remaining embedded in the river banks and lake shores. Excavations have shown that these quantities are very often quite considerable, but there are also other sites which have been eroded completely. After the volumetric calculation, I have employed Henry Cleere's formula for estimating iron output, namely slag volume in cubic meter = iron production in tonnes (Cleere, Crossley 1985, 80).

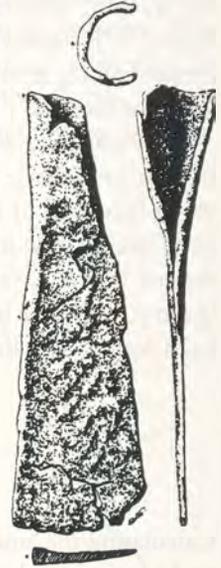
By this it was possible to work out a minimum output volume in Prehistory. At least 3400 tonnes of iron were produced in Jämtland. Output was probably greater than this, for the reasons already referred to. Before this iron was forged into spadshaped billets, the total amount of units produced was at least 4800000 pieces. This, of course, is rather playing with figures, but it still gives some idea of the magnitude of iron production in one region.



NUMBER OF FINDS: 1 2-5 6-10 11-15 16-20

Distribution of spade shaped billets found in Scandinavia.

A spade shaped billet.



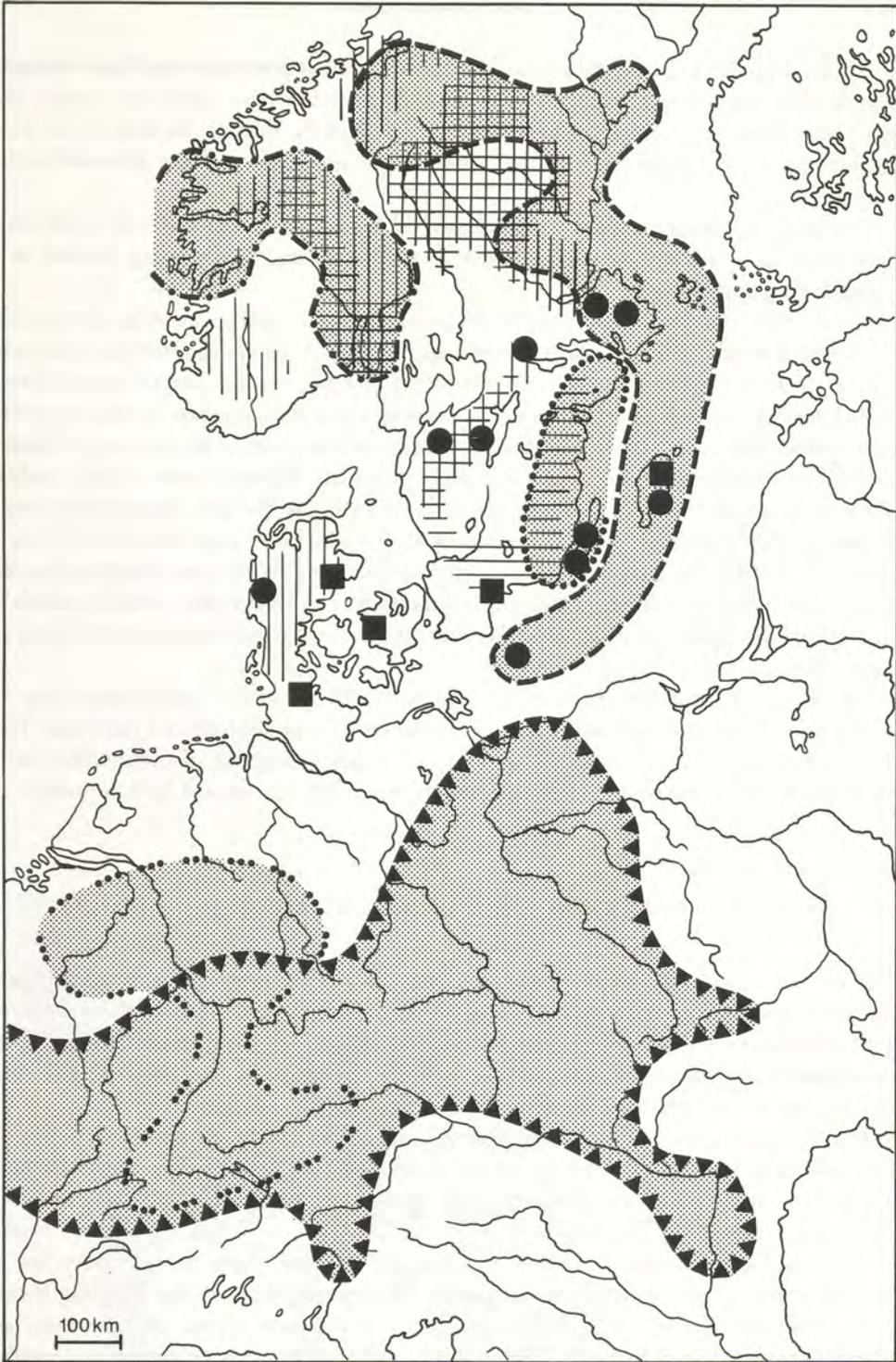
6. The role of iron

Iron transformed human living conditions fundamentally, but some time was to pass before production achieved such a volume that iron could be wasted, as it was during the Viking Era (800–1050 A.D.) and the Middle Ages.

Turning to consider consumption of iron during the Viking Era and the High Middle Ages (13th and 14th centuries), one can see that the amount of iron used during the latter period was at least 3 or 4 times greater. A new technique has made its appearance.

7. Indirect production of iron and the establishment of blast furnace

One of the big points of contention in Swedish mining history research has been the age of Sweden's »Bergslag« iron mining communities. This question, of course, is closely bound up with the origins of the first indirect production of iron from ore. Researchers are divided in their opinions. One group has been disposed to see this as an innovation coming mainly from Germany and entering the Bergslag communities of central Sweden during the 13th century. Traces of this German activity have been found above all in linguistic usage and in the terms employed in ironworking. Some of the medieval mining legislation has



- | | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|--|---|--|
| 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| 5 | | 6 | | 7 | | 8 | |

Iron production areas and the distribution of iron bars in North Europe: 1 = Rhombic iron bars, 2 = Swordshaped iron bars, 3 = Spadeshaped iron bars, 4 = Pinshaped iron bars, 5 = Axeshaped iron bars, 6 = Prehistoric iron production areas, 7 = Medieval iron production areas, 8 = Prehistoric and medieval iron production areas.

also been regarded as being influenced by German mining law traditions. The other group argued that the indirect production of iron emanated mainly from the copper industry. Both these schools of thought have remained fairly theoretical, due to the inconclusive nature of the medieval written sources. No serviceable source material has been available.

One body of source material which existed all the time but that too little attention has been paid to, is the archaeological remains and other traces of mining history in the Swedish Bergslagen district.

M. Malmer (1963) has commended the archaeological source material for its direct portrayal of human activity. For the most part it has not been manipulated in a way which written sources can be. The activities conducted at a site can be directly traced through refuse, ruins and lost property. In this connection it is truly important to find sites which were abandoned as early as possible. They must not have been rewards. Any subsequent use of a site will change it. This is particularly important where a form of heavy industry like a furnace was working. Many medieval furnaces in the Swedish Bergslagen districts are known to us through the written sources, but most of those sites have been in use for centuries. All the time, waterfalls have been the localising factor, and therefore the latter furnace has mostly been established on the same spot as its predecessor, with the result that all earlier traces have been obliterated. What is visible at a deserted furnace site is always the latest furnace.

This being so, medieval furnace sites in a complete state of preservation are very uncommon. Most of them have been already obliterated several hundred years ago. Today there are about 20 fully preserved sites in the Swedish Bergslagen districts which can be medieval, whereas the ruins of 19th century furnaces can be counted by hundreds.

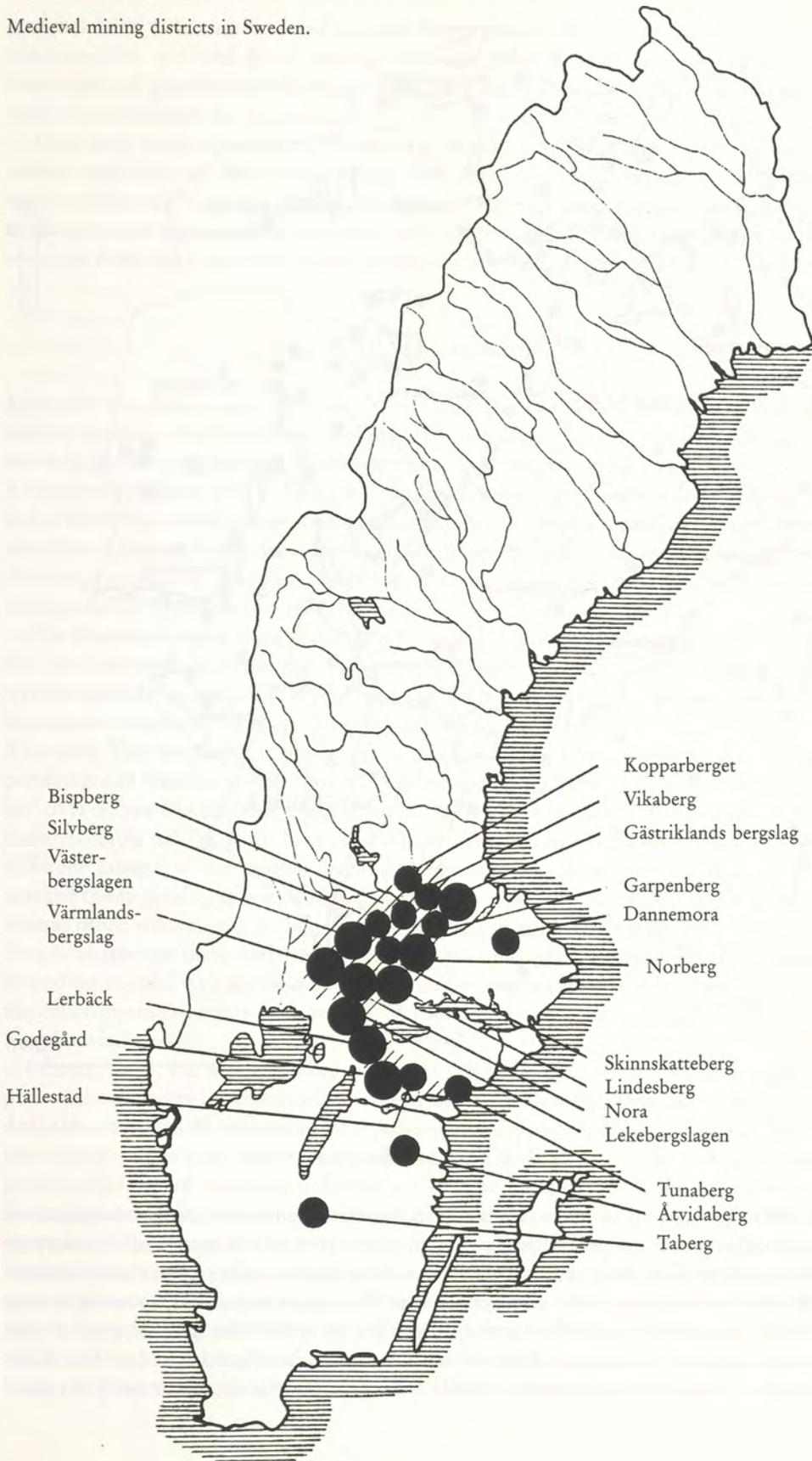
8. Archaeological remains in Bergslagen

The archaeological remains in Bergslagen differ in many cases from the usual types of archaeological remains in Sweden and the other Nordic countries. Most of these archaeological remains are not prehistoric but medieval or more recent. The overwhelming majority are abandoned workplaces, such as mines, furnaces, hammers and charcoal pits. These archaeological remains occur by thousands in the Bergslagen districts.

The archaeological remains in Bergslagen trace the entire sequence of production processes from the extraction of the ore to the finished iron product. The present depiction will follow the production sequence, but something should be said first about the colonisation process in Bergslagen.

It should be noted that in most of the Bergslagen districts, there are only very few and sporadic traces of any permanent prehistoric settlement. Most of the Bergslagen districts were colonised during the Middle Ages. Most settlements appear to have been established already during the Early Middle Ages, which, in Sweden as throughout northern Europe, is the great period of colonisation. Most of the Bergslagen villages were probably founded at that time, probably in connection with the beginnings of the mining industry.

Medieval mining districts in Sweden.





9. Charcoal floors

By far the biggest group of remains relating to the mining industry are the thousands of charcoal floors all over the Bergslagen forests. In connection with the national inventory of archaeological remains, these charcoal floors have been only recorded sporadically, mostly in the form of a short note on the photographic map. On certain map sheets, covering an area of $2,5 \times 2,5$ km, more than 300 charcoal floors are recorded. The greater part of this material is entirely unexplored, but probably most of the charcoal floors date from between the 17th and 20th centuries. Recently a charcoal floor in the district of Söderman-

land has been radiocarbon dated into the 14th century. The last of Sweden's charcoaled blast furnaces, at Svartå Bruk, was shut down in 1966. So there are many cases in which latter charcoal pits may have been constructed on older floors. If so, only the last firing has really been available for recording.

At an early stage, the charcoal floors were already associated with a network of narrow winter roads through the forest country. The wood had to be carried to the charcoal pit and the charcoal from the pits to the furnaces. The great majority of these roads were temporary and only used in wintertime when there was plenty of snow. For this reason, many of them are impossible to trace from any physical remains.

10. The mines

Mine shafts are the second big group of remains. These are mostly associated with the big mining districts that have been exploited till nowadays. In many cases, mining history research has tried to locate the medieval mines in a number of the largest mining districts. Reference is made in 1340 to Östra Berget, which could have been the large mining district in Lerbäck. The other famous medieval mine in Närke, with a medieval charter of its own, was Västra Berget. Researchers have been disposed to locate this in various large mining districts, suggestions including Dalkarlsberg in the parish of Viker and the old Pershyttan mining district (Hyenstrand 1977, 25 and 34).

The Norberg mining district occupies a special position in research into the history of the iron industry, as being the oldest medieval ironworking district mentioned in our written sources. It crops up as early as 1303 in the record of a purchase and exchange transaction between the king, Birger Magnusson, and his lord high constable, Torgils Knutsson. This document is important in many respects. Firstly it shows that the leading personages of Sweden at that time had interests in Bergslagen and its iron industry. And just over 50 years later, Norberg became the subject of a special legislation in the form of a charter, conferred by King Magnus Eriksson in 1354 and regulating relations between different groups of the population and proprietary rights in furnaces and mines. This marked the beginning of a distinctly Swedish process, observed by K. Kumlien (1958) and several other writers (e.g. Stahre 1958), whereby rights in the furnace were the governing factor. Furtheron these early documents show that Norberg possessed great importance extending beyond its own boundaries. The mine proprietors of the Norberg bergslag and the other mining districts were to play a crucial part in the high politics of late medieval Scandinavia.

In most cases, the mines worked till recent times. This is perfectly natural. When more powerful explosives became available during the 19th century, many old mine shafts were doubtless regarded as indications of a possible ore deposit, and the matter was put to the test with a number of new rounds. Most of the mine shafts, consequently, have been greatly transformed in recent times. It is more the exception than the rule for traces of firesetting and other primitive extraction methods to be preserved in the mine shafts. A few examples of firesetting are known from Noraskog Bergslag, where some of the mines at Perhyttan show traces of firesetting at the top, and also from Lerbäck Bergslag, where the same technique is visible in a number of mine shafts of the southernmost arm of the Multna mines. Perhaps the most famous example of different techniques of extraction is Kungastollen in the Klackaberg mining district. It shows firesetting outside and blasting inside. Here the progress of technology can be followed more distinctly than in many other

places. As regards the ways in which mines were normally worked in earlier times and their usual appearance in Bergslag, a gallery, is not all that typical of primitive mining. More typical at that stage was the open mine with its long, winding or deep shafts, the depth of the mine was often restricted by the mine water.

At most mines, the surrounding workings are usually of concrete, which of course is a latter element. Older facilities are less common. What one can find is rudimentary foundations of houses, forges and powder magazines. At present we know very little about their age and the periods they represent. Adjoining them there can also be horseered gingangs.

The social environment of the mines is difficult to trace from the physical remains. For the time being, the written material remains superior for this purpose. There are, however, occasional remains which can demonstrate some of the social aspects clearly. The most interesting example is the mining village at Sala Silver Mine, dating from the 16th century, and an ore square preserved at the Klackaberg mines, above Kungastollen. In the mining village of Sala one can study the houses of 16th century workers. The archaeological finds include slag from silver refining probably an illicit activity, mentioned indirectly in contemporary judicial records from Stockholm.

In the ore square at Klackaberg, the extracted ore has been formed into equally sized piles, just over 1,2 m square and 0,7 m high. Probably this is a reflection of the mining team. The actual work of winning the ore was usually done by labourers, who also shifted the ore up to the edge of the mine, where it had to be put into equal piles. This was then distributed between the various partners and joint owners of the mine who were then responsible for getting it from the pit to the furnace. No ore square ought really to be left at all. After all, the joint owners had to pay for the entire investment which mining the ore implies, but then they have made no use of it, and nor has anyone else since that time.

11. The furnaces

Medieval mining and ironmanufacturing have been a topic of intense debate since the 1960s, above all within the Metallurgical History group of Jernkontoret. Two main »schools« crystallised out in this connection:

1. Blastfurnaces already existed in Sweden during the Early Medieval Period. The large export trade in Osmund iron from 1250 onwards was based on pig iron production in continuously operating furnaces. This pig iron was subsequently refined into malleable iron called Osmund.

An important hypothesis on this subject, propounded a long time ago by S. Lindroth (1955), was that the blast furnace might be a Bergslagen invention and of Scandinavian origin. He maintained that the idea was derived from the copper industry. Norberg, of course, is close to the Falun copper mine, which did not become a really important factor in the Swedish economy until the 16th century (Lindroth 1955, 73).

2. The blastfurnace was introduced in Sweden from Germany during the 16th century. The medieval Swedish iron industry was based on direct production of forgeable iron in non-continuously operating furnaces, otherwise known as »Stückofen«, based on continental models. Furnaces of this type were already known on the continent in the 12th century and must have been introduced into the Swedish mining industry subsequently. Swedish iron exports during the Medieval Period, accordingly, were based on iron produced directly in large lumps and then broken up in Osmund pieces.

What type of furnace once stood on the mound at Lapphyttan and what type of iron did it produce and all the other furnaces in the Swedish mining districts? The furnaces are the third group of medieval ironworking remains in Bergslagen. These are the archaeological remains which have been researched in recent years most intensely. Investigations on the medieval furnace sites of Lapphyttan, in the parish of Karbenning in Västmanland, and Vinarhyttan, in the parish of Norrbärke in Dalarna, have transformed our knowledge in many ways.

In connection with the Lapphyttan investigations it is now possible to show how complicated the very earliest furnaces were. In addition to the ruins of the furnace itself, there were traces of a roasting pit, a charcoal store, ore heap, fineries, water installations, an iron store and a settlement, the last mentioned remains include a primitive dwelling house. In principle, these facilities ought to have existed on every medieval furnace site.

Most of the 700 furnace sites in Bergslagen were in use during the 18th and 19th centuries. When they were rebuilt later, the earlier facilities were entirely obliterated. There is plenty of material for describing technological developments over the past 200 years, but the early material is a good deal scantier. The great importance of these archaeological remains for our knowledge of the earliest »industrial« ironworking would be hard to overstate. Here we have material, which, in all its details, can describe everyday life at one of the furnaces belonging to St Bridget's father, Birger Persson, »in silva suin«.

12. The introduction of the indirect process

Our inquiries at Lapphyttan have contributed completely new source material for discussions on the introductory phase of medieval mining and ironworking and the technical level and social environment of which it was both the product and the cause.

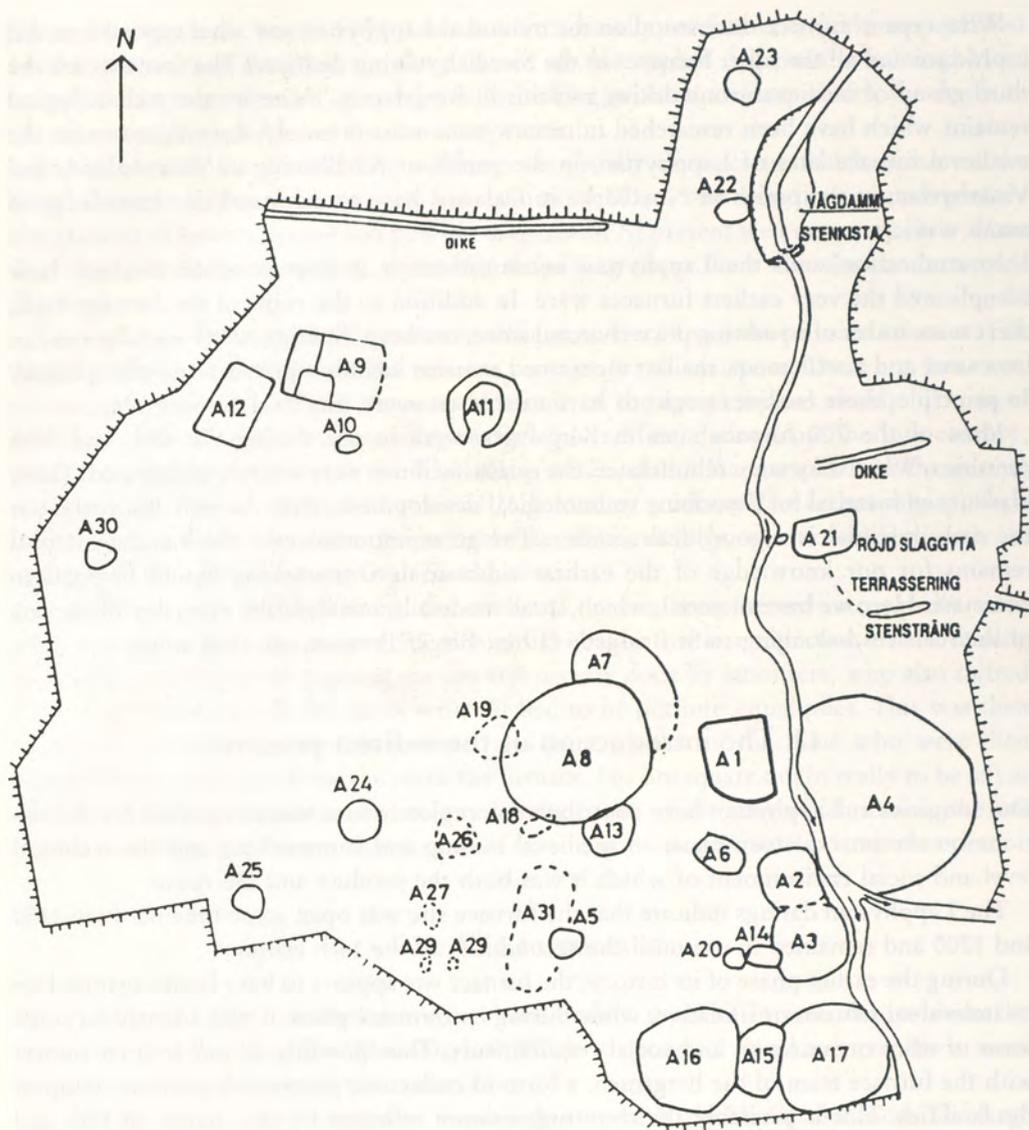
The Lapphyttan datings indicate that the furnace site was open some time between 1150 and 1200 and remained in use until the second half of the 14th century.

During the earlier phase of its history, the furnace site appears to have been organised on an individual pattern or initiative, while during its terminal phase it was adapted to some form of team organisation and social requirements. This, possibly, is our first encounter with the furnace team of the bergsmen, a form of collective, joint-stock proprietorship of the facilities. This is probably the team organisation reflected by the charter of 13th and 14th century written sources and partly expressed in the charter of 1354. This model of organisation was fully evolved in the 17th century.

The place names in Norberg Bergslag, and especially those ending with Benning, are predominantly Scandinavian. In other words, the alleged German influence during the initial phase of the mining industry is not apparent in Norberg Bergslag.

It has also been conjectured that the introduction of the blast furnace was an innovation sponsored by the social upper classes. Looking at the cadastre material of the 16th century, one finds that all the furnaces were predominantly owned by bergsmen. I believe that the conversion of the Bergslag area from wilderness to industrial community was very much the work of the individual bergsmen, whose technical skill and social vision laid the foundations of prosperous development. This capacity for social organisation has been very dramatically expressed later on in the Engelbrekt rebellion, one of the few medieval rebellions of the common people to have succeeded, resulting as it did in the deposition of the ruler of the Kalmar Union, King Erik of Pomerania.

M. Malmer (1963) once broached the idea of two poles of medieval Scandinavian history.



The site of Lapphyttan

- | | | |
|------------------------------|----------------------|--------------------------------|
| A 1 = Ruin of a blastfurnace | A 12 = Stable | A 22 = Finery hearth |
| A 2 = Slagheap | A 13 = Charcoal barn | A 23 = Finery hearth |
| A 3 = Slagheap | A 14 = Finery hearth | A 24 = Finery hearth |
| A 4 = Slagheap | A 15 = Finery hearth | A 25 = Finery hearth |
| A 5 = Slagheap | A 16 = Slagheap | A 26 = Layer of ore |
| A 6 = Roasting pit | A 17 = Slagheap | A 27 = Layer of ore |
| A 7 = A dug out area | A 18 = Layer of ore | A 28 = Layer of ore |
| A 8 = Charcoal floor | A 19 = Layer of ore | A 29 = Layer of ore |
| A 9 = Dwelling house | A 20 = Slagheap | A 30 = Finery hearth |
| A 10 = Hearth | A 21 = Finery hearth | A 31 = Area with layers of ore |
| A 11 = Iron store | | |



The ruin of the blastfurnace at Lapphyttan.

Following this, one can say that there were two essential poles of medieval Scandinavian history. One of them was the feudal agrarian economy, with its natural emphasis on the former Danish provinces, and the other is the dynamic early industrial development of the Mälär Valley area. During the 13th century this resulted doubtlessly in a heavy urbanisation of the Mälär region and a shift of the political centre of gravity in this direction from the more prosperous agricultural communities of Östergötland and Västergötland. This achieved its supreme manifestation in the foundation of the national capital, Stockholm, during the 13th century.

The ironproduction in Sweden began in the last centuries BC and was technically based on the direct method and worked by the farmers. During early medieval time there was an introduction of the blast furnace, the technical background for modern steel industry.

13. References

- CLEERE, CROSSLEY 1985 = H. CLEERE, D. CROSSLEY, *The Iron Industry of the Weald* (Leicester).
 FURINGSTEN 1979 = A. FURINGSTEN, *Tidig järnframställning i Forentorpa ängar. Västergötlands fornminnesförenings tidskrift*.
 HALLINDER 1972 = P. HALLINDER, *Det småländska järnet*. In: *Kronsbergsboken* 1971.
 HAYEN 1968 = H. HAYEN, »Isenbarg«. *Ein Eisenverhüttungsplatz in Streekermoor. Gemeinde Hatten, Landkreis Oldenburg. Oldenburger Jahrbuch* 67.
 HYENSTRAND 1977 = Å. HYENSTRAND, *Hyttor och järnframställningsplatser. Jernkontorets forskning Serie H nr 17* (Stockholm).

- JACOBSEN 1983 = S. JACOBSEN, The Reducibility of Iron Ores Found on Prehistoric Iron Production Sites. In: Jernkontorets forskning Serie H 24 (Stockholm).
- JOHANSEN 1973 = A. B. JOHANSEN, Ironproduction as a Factor in the Settlement History of the Mountain Valley Surrounding Hardangervidda. In: Norwegian Archeological Review 6, Nr. 2.
- KUMLIEN 1958 = K. KUMLIEN, Jernberget och kronan. In: Norberg genom 600 år (Uppsala).
- LINDROTH 1955 = S. LINDROTH, Gruvbrytning och kopparhantering vid Stora Kopparberget intill 1800-talets början. Del I och II (Uppsala).
- MAGNUSSON, MILLBERG 1981 = G. MAGNUSSON, P.-O. MILLBERG, Lågteknisk järnhantering i Skaraborgs län. Västergötlands fornminnesförenings tidskrift 1981-82.
- MAGNUSSON 1984 = G. MAGNUSSON, Lapphyttan. En medeltida masugn i Karbenning socken. In: Karbenning - en bergslagssocken (Norberg).
- MALMER 1963 = M. P. MALMER, Metodproblem inom järnålderns konsthistoria (Lund).
- MORGAN 1877 = L. MORGAN, Ancient Society (New York).
- NIHLÉN 1932 = J. NIHLÉN, Studier rörande äldre svensk järntillverkning med särskild hänsyn till Småland, Stockholm. In: Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie 2 (Stockholm).
- PAPE 1979 = W. PAPE, Histogramme neolithischer 14C-Daten. Germania 57.
- SERNING 1979 = I. SERNING, Prehistoric Iron Production. In: Iron and Man in Prehistoric Sweden. Jernkontoret (Stockholm).
- STAHRÉ 1958 = H.-G. STAHRÉ, Magnus Erikssons Privilegiebrev för Norberg den 24 februari 1354. In: Norberg genom 600 år (Uppsala).

Neuere Untersuchungen zur vor- und frühgeschichtlichen Eisengewinnung im südlichen Oberrheingebiet

VON GUNTRAM GASSMANN

Im Rahmen eines Dissertationsvorhabens am Geologischen Institut der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau zur »Geologie und Bergbaugeschichte des Eisens« wurde ein Gebiet zwischen dem westlichen Schwarzwaldrand und dem Rhein untersucht, das in West-Ost-Richtung etwa 20 km breit ist und sich in Nord-Süd-Richtung auf eine Entfernung jeweils bis zu 60 km von Freiburg erstreckt.

1. Geologie

Die geologischen Baueinheiten in diesem Gebiet, das den östlichen Rand des ungefähr Nord-Süd verlaufenden Oberrheingrabens markiert, sind von West nach Ost die Schotterebene der Grabenfüllung, die Vorberge aus Sedimentgesteinen und der Übergangsbereich zum Schwarzwaldkristallin. In diesen drei Zonen haben sich etliche unterschiedliche Lagerstätten mit Eisenerzen gebildet, die sich im wesentlichen vier Typen zuordnen lassen. Namentlich sind dies Doggererze, praeozäne Bohnerze, Gangerze und Sumpf- oder Raseneisenerze.

Die Doggererze gehören zur Gruppe der marin-sedimentären Eisenerze, deren bekannteste Lagerstätte die lothringische Minette sein dürfte. Haupterzträger sind mm-große, meist konzentrisch schalige sog. Ooide; die erzführenden Schichten werden als Eisenoolithe bezeichnet. Ein Vorteil der marin-sedimentären Lagerstätten ist ihr großflächiges Auftreten, das einen maschinellen Abbau zuläßt. Allerdings stehen die geringen Erzgehalte (meist unter 30 Prozent Fe_2O_3) einer wirtschaftlichen Gewinnung entgegen.

Die Doggererze aus der Gegend um Freiburg erweisen sich als besonders kalkreich (mit über 30 Prozent CaO) bei nur geringen Kieselsäuregehalten (bis 10 % SiO_2). Deshalb fanden sie noch in den 50er und 60er Jahren dieses Jahrhunderts an Saar und Ruhr Verwendung als kalkreiche Zuschläge. Die wichtigsten Doggererzlagerstätten im Arbeitsgebiet liegen nördlich von Freiburg (Ringsheim); nach Süden hin wird die Erzführung durch eine Sandfazies ersetzt.

Bohnerze gibt es vor allem im Markgräfler Land südlich von Freiburg, in der Umgebung von Kandern. Sie bildeten sich bei der großflächigen terrestrischen Verwitterung von Kalken des Oberen Jura als schwer löslicher Rückstand unter tropisch bis subtropischen Klimabedingungen wahrscheinlich während der Kreide oder im älteren Tertiär. Bei jüngeren Umlagerungsvorgängen wurden sie in Karstwannen und Karsttaschen vermutlich zusammengeschwämmt, zu Lagerstätten konzentriert und durch Sedimentüberdeckung vor weiterer Erosion geschützt. Innerhalb der Bohnerzlagerstätten gibt es sowohl schalige Gebilde bis zu cm-Größe als auch derbe Massen von mehreren Zentimetern bis Dezimetern. Bohnerze zeichnen sich durch ihren hohen Erzgehalt mit bis zu 80 Prozent Fe_2O_3 aus. Hauptnachteil ist die Kleinräumigkeit und unregelmäßige Ausdehnung der Lagerstätten, die vom ehemaligen Karstrelief geprägt sind.

Bei Gebirgsbildungsvorgängen im Variszikum und bei der Entstehung des Oberrheingrabens im Tertiär entstanden durch hydrothermale Umlagerungsvorgänge auf Spalten und Klüften die sog. Gangerzlagerstätten, hauptsächlich im Schwarzwaldkristallin. Diese Gänge wurden bisher, außer der Schwarzwaldrandverwerfung, der Trennungsfuge zwischen Vorbergen und dem Schwarzwaldkristallin, nicht näher untersucht. Die Schwarzwaldrandverwerfung ist vor allem nördlich von Freiburg mit Brauneisen vererzt. Vererzte Gangpartien lassen sich teilweise im Gangstreichen über mehrere Kilometer Länge (Reichenbach – Diersburg) verfolgen, bei schwankenden Gangmächtigkeiten bis maximal Meterbreite. Das Erz weist stets Mn-Gehalte von deutlich über 1 % auf. Als Gangart kommt Baryt und Quarz vor.

Sumpferzvorkommen in der Schotterebene sind bislang nur westlich von Lahr bekannt geworden. Hier sind in einem Bereich beginnender Vermoorung, vielleicht durch Zufuhr wässriger Lösungen aus dem Schwarzwald, unter extrem sauren Böden Eisen- und Manganerze angereichert worden. Im Elementgehalt ähneln die Erze den Gangerzen aus dem Schwarzwald. Mangan ist hier ebenfalls mit Eisen vergesellschaftet.

2. Abbauspuren

Neben der Kartierung der Lagerstätten galt das Hauptaugenmerk einer Rekonstruktion der Bergbaugeschichte. Für jüngere Zeitabschnitte konnte auf Schriftquellen zurückgegriffen werden, welche die Hauptabbaugebiete bis in die Zeit kurz vor dem 30jährigen Krieg (1618–1648) erkennen lassen. Demnach wurden die Doggererzvorkommen großflächig hauptsächlich in diesem Jahrhundert ausgebeutet. Bohnerze und Gangerze stellten die Betriebsgrundlage einiger Holzkohlehochöfen dar, die sich namentlich in Kandern, Oberweiler, Staufen und Kollnau seit dem 15./16. Jahrhundert befanden. Vor allem die Bohnerzvorkommen standen bis in die Mitte des letzten Jahrhunderts mit Hunderten von Schächten, Stollen und Tagebauen im Abbau, deren reichliche Spuren man auch heute noch im Gelände beobachten kann.

3. Schlackenplätze

Da es aussichtslos erschien, ältere Abbauspuren im Gelände ohne Aufwältigungsarbeiten eindeutig identifizieren und datieren zu können, wurde zur Lokalisierung älterer Bergbauaktivitäten auf die Suche indirekter Bergbauanzeiger zurückgegriffen. Dabei wurden durch Befragung und Begehung zahlreiche Fundpunkte festgestellt, an denen sich Schlacken aus der Eisenerzverhüttung erhalten haben. Einige der Schlackenplätze konnten näher untersucht werden.

3.1 Schlackenklötze von »Grubenöfen«

Ausschließlich im Markgräfler Land, bei den Bohnerzvorkommen nordwestlich von Kandern, gibt es Rennfeuerschlacken, die vermutlich in Ofengruben ohne Schlackenabstich gebildet wurden. Bei dieser Verhüttungstechnik entstanden bis zu 40 kg schwere Klötze, die hauptsächlich aus Fayalit bestehen (Abb. 1 und 2). Gelegentlich finden sich darin bis cm-große Tropfen und Säume von metallischem Eisen (Abb. 3). Die Basis wird geprägt von zahlreichen, größeren Holzkohleinschlüssen, die von Gasblasen umgeben

Abb. 1
Latènezeitlicher
Schlackenklotz
aus Hertingen
»Känel«, Kr. Lörrach;
Dm. ca. 22 cm.

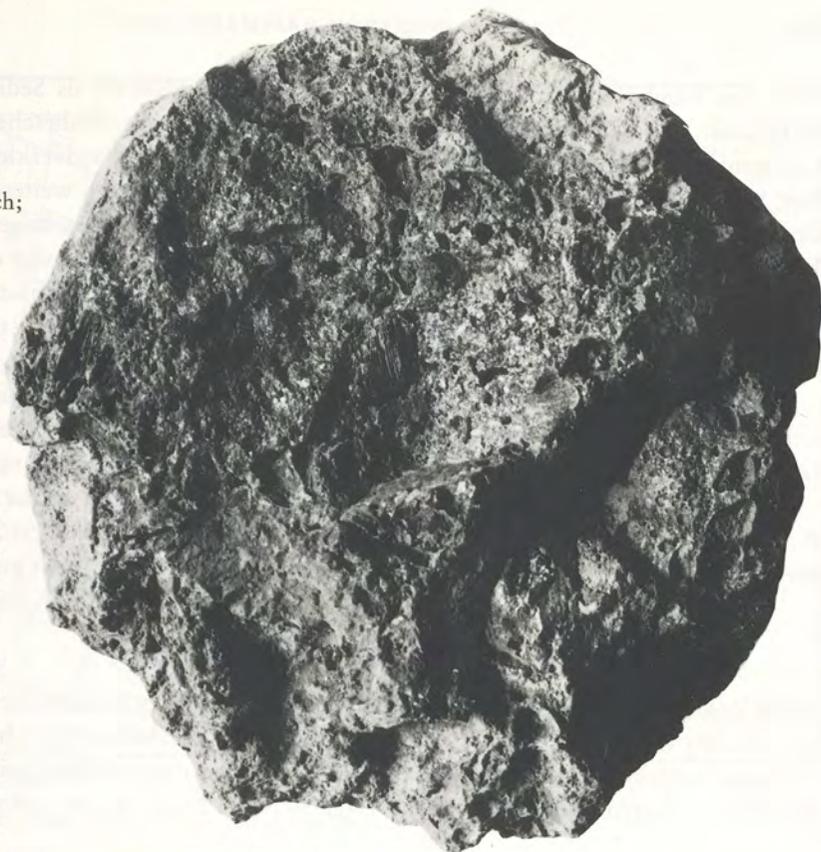
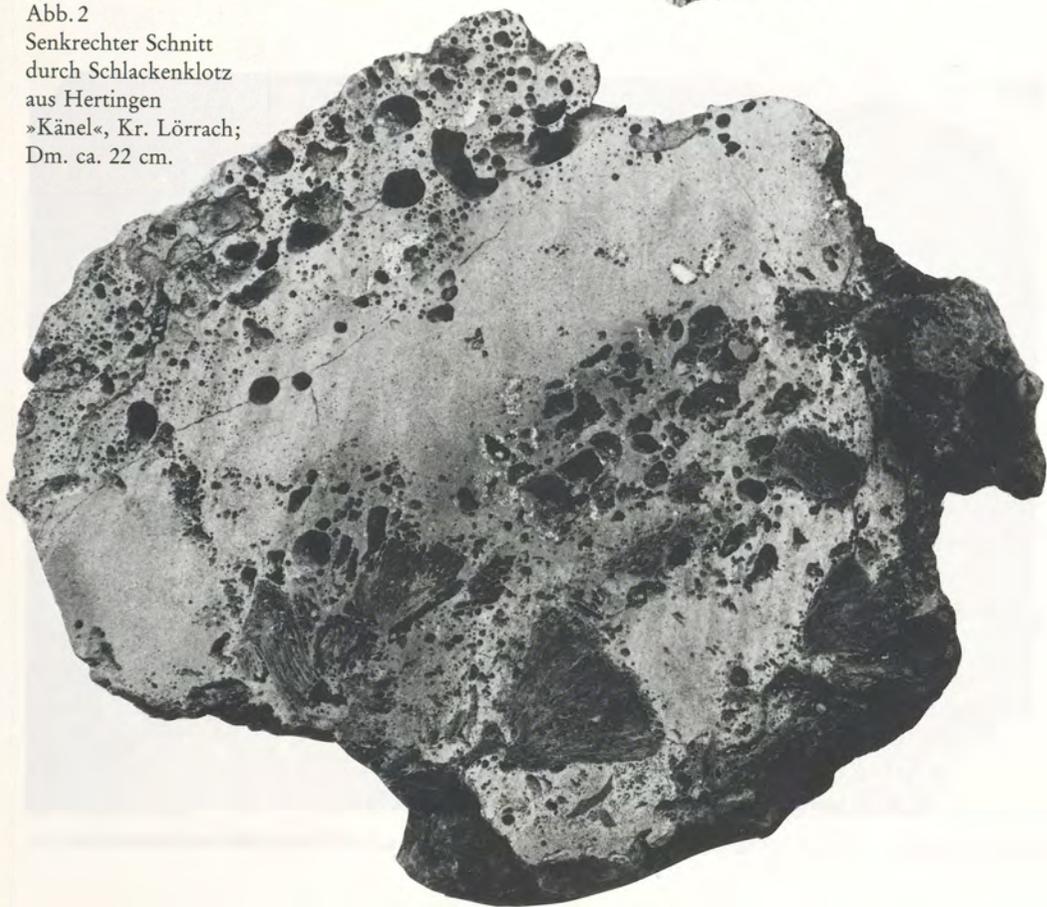


Abb. 2
Senkrechter Schnitt
durch Schlackenklötz
aus Hertingen
»Känel«, Kr. Lörrach;
Dm. ca. 22 cm.



sind. Am Rand haftet mitunter blasig aufgeschäumtes Material als Sediment, das durch Reaktionen mit der Schlacke umgewandelt und verziegelt ist. Wahrscheinlich waren die Ofengruben in den anstehenden Lößlehm ohne besondere Wandverkleidung eingetieft. Der Schlackenklotz verblieb nach dem Verhüttungsprozeß ohne weitere Verwertung im Boden, wie aus dem häufigen Auftreten von Schlackenklötzen gefolgert werden kann. Demnach muß sich auf der Oberseite eine Luppe gebildet haben, die von oben her entfernt werden konnte. Auffallend große Fayalit-Kristalle im Inneren der Schlackenklötze zeigen darüber hinaus eine langsame Abkühlung an, ein weiterer Hinweis, daß die Schlackenklötze im Untergrund verblieben.

Durch Begehungen ließen sich bisher fünf Fundstellen lokalisieren, an denen mehrere, teilweise noch im Boden eingegrabene Schlackenklötze festgestellt wurden. Drei ^{14}C -Analysen von zwei Fundstellen erbrachten übereinstimmend eine Datierung in die vorrömische Eisenzeit. Die Fundstellen befinden sich in unmittelbarer Nähe der ergiebigsten Bohnerzlagerstätten in einem Bereich von wenigen Quadratkilometern. Drei Plätze mit mehreren Ofengruben liegen am Waldrand und haben sich dort recht gut erhalten.

3.2 Rennfeueröfen mit Schlackenabstich

Weite Verbreitung besitzen im Untersuchungsgebiet fayalitische Schlacken mit Fließstruktur, die bei der Verhüttung in Rennöfen mit Schlackenabstich entstehen. Konzentriert finden sich solche Schlacken im Markgräfler Land sowohl unmittelbar bei als auch mehrere Kilometer entfernt von den Bohnerzlagerstätten. Auch in der näheren Umgebung

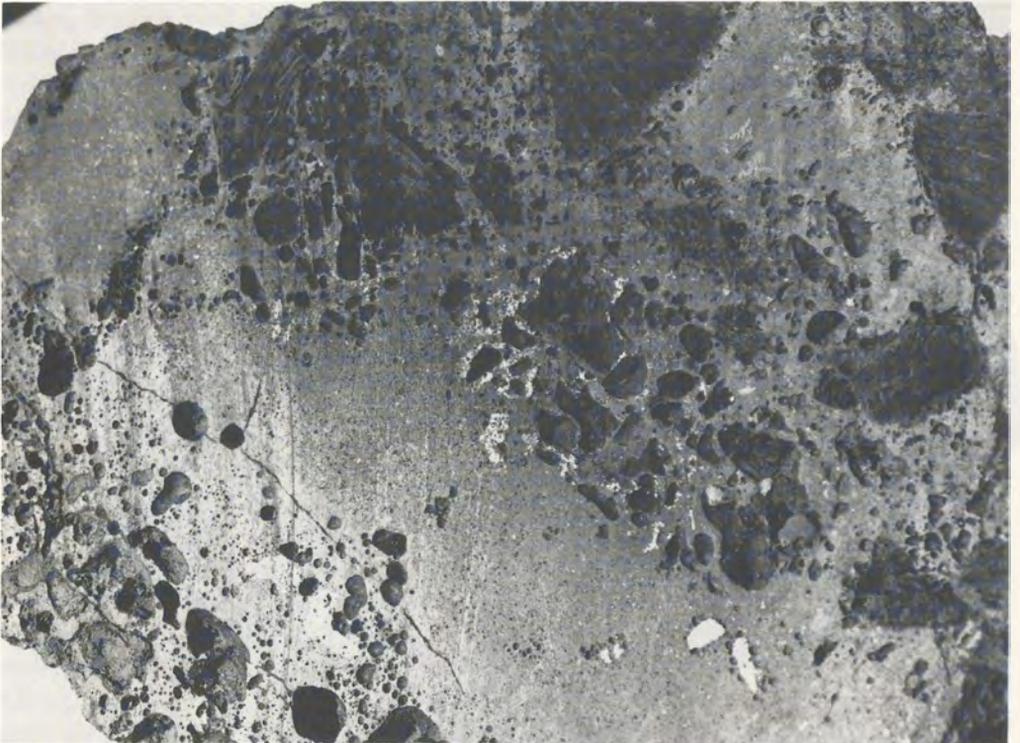


Abb. 3 Detail zu Abb. 2. Es sind einzelne Einschlüsse von metallischem Eisen (sehr hell) erkennbar.

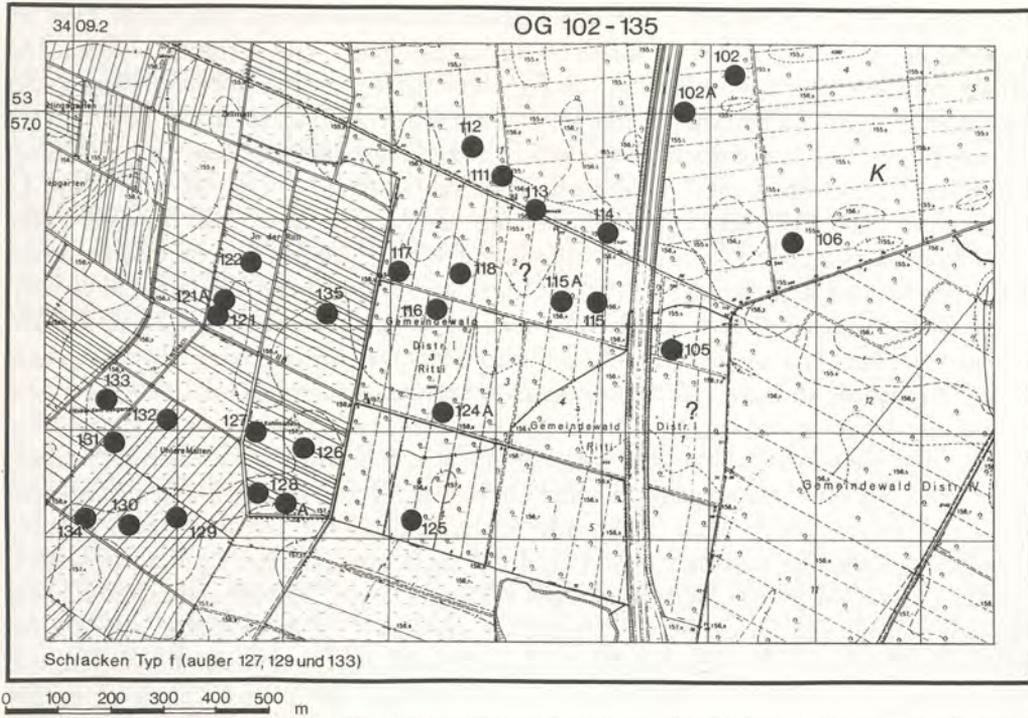


Abb. 4 Lageplan der Fundstellen mit Schlackenhäufen westlich von Lahr, Ortenaukreis.

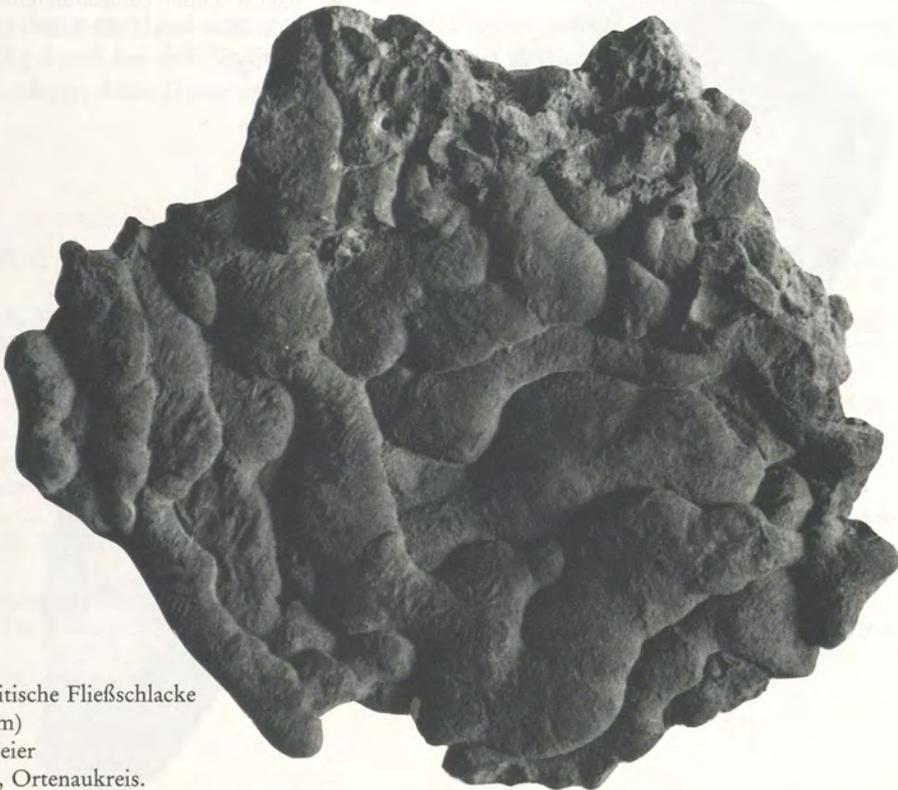


Abb. 5 Fayalitische Fließschlacke
(Dm. ca. 18 cm)
aus Nonnenweier
»In der Ritti«, Ortenaukreis.

Freiburgs gibt es Fundstellen mit Fließschlacken beispielsweise am Mauracher Hof bei Denzlingen, wo vermutlich Brauneisenerze aus dem Schwarzwald verhüttet wurden. Die größte noch erhaltene Konzentration von Rennöfenplätzen mit Fließschlacken liegt in der südlichen Ortenau, im Bereich des Sumpferzvorkommens westlich von Lahr. Hier sind auf geringe Entfernung 26 oberflächlich gut sichtbare, zu Hügeln aufgeschüttete Schlackenhalde bekannt, an denen jeweils mindestens ein Rennofenstandort vermutet wird (Abb. 4). Die meisten der Hügel weisen Durchmesser von drei bis acht Metern auf bei einer Höhe von max. 0,80 m–1,00 m. Nur wenige Schlacken Hügel sind größer, der größte besitzt einen Durchmesser von 20 m. An den Schlackenplätzen gibt es neben den überwiegend fayalitischen Fließschlacken (Abb. 5) auch holzkohlreiche Klötze mit rekonstruierbarem Durchmesser von 30 cm und mit gelegentlich randlich anhaftender, verziegelter Ofenwand. Diese Klötze werden als die Basis des Ofeninnern angesprochen, an der die Holzkohle unter dem Schutz der herabtropfenden Schlacke nicht vollständig verbrannt wurde. Kleinere Einschlüsse von metallischem Eisen können gelegentlich in diesen Klötzen beobachtet werden. Stark verziegelte und blasig aufgeschäumte Ofenwandung von den vermutlich freistehenden Rennöfen kommt ebenfalls fast an jeder Schlackenhalde vor. Darüber hinaus konnten bei einer Plangrabung im Bereich von Hügel 121 zahlreiche Düsentile geborgen werden, die auf Luftzufuhr mittels Handblasebälgen schließen lassen. Der Innendurchmesser der konisch zulaufenden Düsen beträgt rund 2 cm (Abb. 6). An einem Schlackenplatz bei Mahlberg Werb, wo vermutlich ebenfalls noch kleinere Sumpferzvorkommen auftreten, fand sich als Besonderheit ein Schlackenklötz, in dem Teile der eisernen Luppe als wenige Zentimeter breites Band erhalten waren.

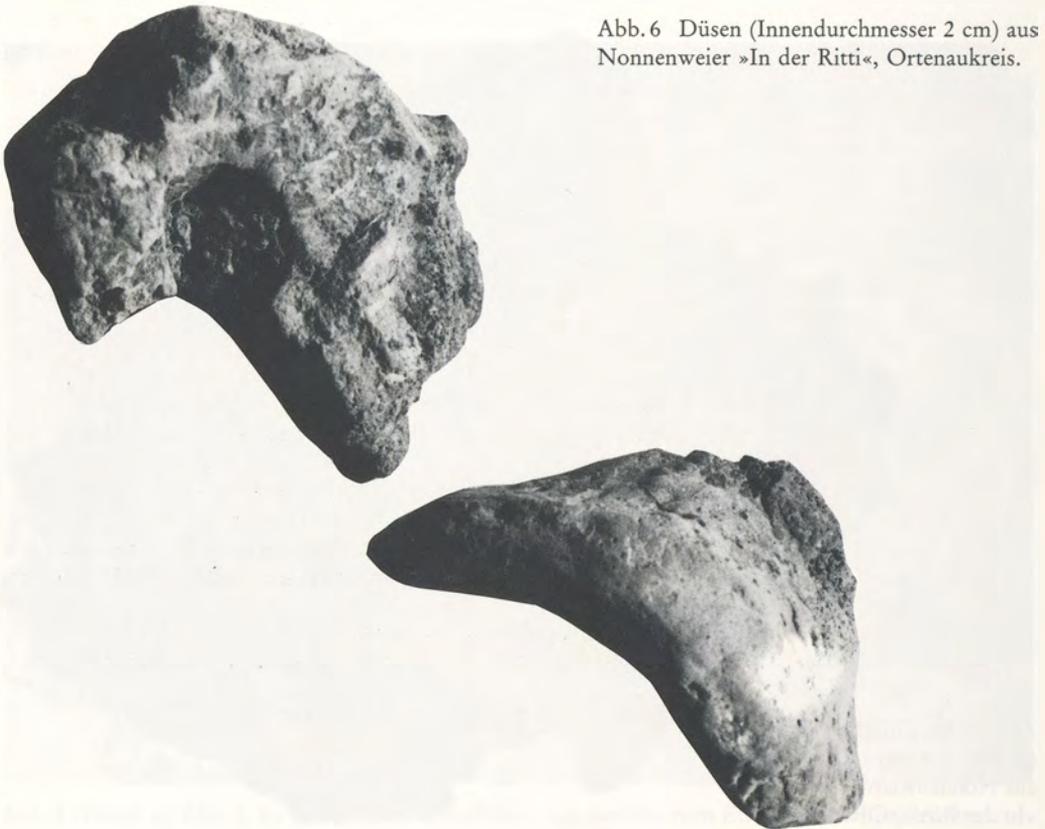


Abb. 6 Düsen (Innendurchmesser 2 cm) aus Nonnenweier »In der Ritti«, Ortenaukreis.

3.3 Datierung von Rennofenplätzen mit Fließschlacken

Neun Holzkohleproben aus Schlackenklötzen im Fundzusammenhang mit fayalitischen Fließschlacken aus dem gesamten Untersuchungsgebiet erbrachten Datierungen von der Römerzeit (oder geringfügig früher) bis in das 9. Jahrhundert n. Chr. Die Anzahl der Proben läßt zwar noch keine grundsätzlichen Aussagen zu, doch scheinen sich die Verhüttungsaktivitäten mit kleinen Rennöfen, deren Basis 30 cm kaum überstiegen haben dürfte, im ersten Jahrtausend n. Chr. zu konzentrieren. Lesefunde von frühmittelalterlichen Keramikfragmenten im Umfeld weniger Fundstellen im Markgräfler Land bestätigen diese Aussage.

3.4 Verhüttungsplätze mit glasigen Schlacken

In der südlichen Ortenau gibt es neben den Schlackenhalden mit fayalitischer Laufschlacke Fundstellen, an denen vorwiegend glasige Schlacken und nur untergeordnet fayalitische Schlacken auftreten. Einer dieser Plätze bei Kippenheim »Breite« konnte durch mehrere Sondagen untersucht werden (Abb. 7). Dabei fanden sich – neben glasigen Schlacken – verschlackte und angeschmolzene Erzplatten von Doggererzen (Abb. 8). Der geringe Eisengehalt dieser Erze muß ein von der Rennofentechnik abweichendes Schmelzverfahren erfordert haben. Durch Hitze versprödete und teilweise zermürbte Buntsandsteinfragmente legen einen Ofenaufbau aus Stein nahe, der einen vermutlich relativ großen Brennraum aufwies. Über die Versorgung mit der erforderlichen Gebläseluft ist noch nichts bekannt, doch scheint die Nutzung von Wasserkraft am Fundort keine Rolle gespielt zu haben. Die Größe der Schlackenhalde (Streuschlacken bis zu 100 m Entfernung vom Zentrum) und des zentralen Bereiches (mehr als zehn Meter Durchmesser und bis zu einem Meter tief) weisen auf einen entsprechenden Produktionsumfang hin. Erstaunlich ist die Datierung durch bei der Grabung aus Gruben mit Schlacken geborgene Keramik des 8./9. Jahrhunderts; diese Datierung stimmt mit einem ^{14}C -Datum (640–870 AD) überein.

4. Literatur

- BACHMANN, H.-G.: The identification of slags from archaeological sites. Institute of Archaeology (London 1982).
- BLIEDTNER, M., MARTIN, M.: Erz- und Minerallagerstätten des mittleren Schwarzwaldes (Freiburg 1986).
- FRANK, M., GROSCOPF, P., GUDDEN, H., HALBACH, P., HEGENBERGER, W., SAUER, K., SIMON, P., WILD, H., ZIEGLER, J. H.: Sedimentäre Eisenerze in Süddeutschland. Geologisches Jahrbuch D 10 (1975).
- GASSMAN, G.: Der südbadische Eisenerzbergbau: Geologischer und montanhistorischer Überblick. Diss. Freiburg i. Br. 1991.
- GENSER, H.: Schichtenfolge und Stratigraphie des Doggers in den drei Faziesbereichen der Umrandung des Südschwarzwaldes. Oberrheinische geologische Abhandlungen 15, 1966, 1–60.
- GOLDENBERG, G., MAUS, H., STEUER, H., STRAHM, Chr., ZETTLER, A., ZIMMERMANN, U.: Erze, Schlacken und Metalle. Früher Bergbau im Südschwarzwald. Freiburger Universitätsblätter. Heft 109 (Freiburg 1990).
- METZ, R.: Geologische Landeskunde des Hotzenwaldes (Lahr 1980).
- PLEINER, R.: Die Eisenverhüttung in der Germania Magna zur römischen Kaiserzeit. 45. Ber. RGK, 1964, 11–86.
- TYLECOTE, R. F.: The Early History of Metallurgy in Europe (London 1987).

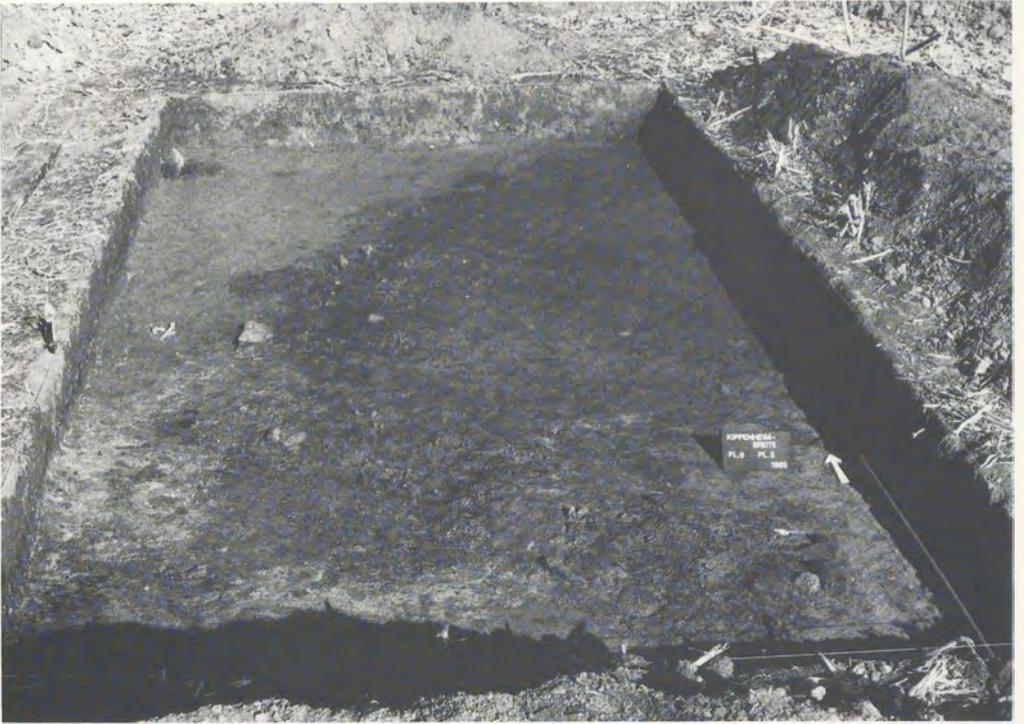


Abb.7 Grabungsfläche. Rechts im Vordergrund wurde ein runder, ca. 1,20 m durchmessender Befund aufgedeckt, der viele Buntsandsteinbrocken mit anhaftender Schlacke enthielt. Im Hintergrund lagen, teilweise vom Pflug verzogen, reichlich glasige Schlacken. Kippenheim »Breite«, Ortenaukreis.



Abb.8 Buntsandsteinbrocken mit anhaftender Schlacke (Höhe ca. 14 cm) aus Kippenheim »Breite«, Ortenaukreis.

Die Anfänge der Eisenverhüttung auf der Schwäbischen Alb

VON MARTIN KEMPA

Am 14. April 1365 belehnte Kaiser Karl IV. die Grafen von Helfenstein mit dem Recht, in der Herrschaft Heidenheim nach Erz zu graben sowie Schmelzöfen und Hämmer an Kocher und Brenz zu errichten¹. Das ist die älteste Nachricht, die uns von Bergbau und Verhüttung in den Bohnerzrevieren der östlichen Schwäbischen Alb kündigt. Die viel ergiebigeren Lagerstätten der südwestlichen Alb werden erstmals 1471 in einer Verleihung Kaiser Friedrichs III. an den Grafen von Zollern erwähnt, wobei es sich ausdrücklich um die Erneuerung eines schon länger bestehenden Privilegs handelt². Die Folgezeit läßt sich anhand schriftlicher Quellen gut überblicken. Sie führte zu der Entwicklung einer regen Industrie, deren Ableger bis in unsere Tage fortleben.

Man beutete zwei Arten von Erzlagerstätten aus, die herkömmlich unter den Begriffen Stuferz und Bohnerz zusammengefaßt werden. Stuferz nennt man ein oolithisches Brauneisenerz, das in unterschiedlich mächtigen Flözen in den Braunjura Beta eingebettet ist. Derartige Flöze keilen in der Aalener Bucht und bei Geislingen an der Steige aus, wo sie am Albtrauf zuerst in einem steinbruchartigen Tagebau, später unter Tage abgebaut wurden³. Von diesen Flözen sind kleinere Lagerstätten zu unterscheiden, die ebenfalls im Braunjura vorkommen und aus Ansammlungen von Toneisensteingeoden bestehen. Diese unscheinbaren Lagerstätten fanden bislang kaum Beachtung, wurden aber nachweislich abgebaut und verhüttet⁴.

Als Bohnerz bezeichnet man Konkretionen aus Brauneisenerz in Form von braunen, schalig aufgebauten Kügelchen oder Knollen. Bohnerz findet man eingelagert in Verwitterungslehme, die den Weißjura der Albhochfläche überdecken⁵. Bohnerz ist sehr reich an Eisen. Die Lagerstätten sind leicht an der Oberfläche aufzuspüren, z. B. auf Äckern oder in den Baumscheiben entwurzelter Bäume. Darüber hinaus kann Bohnerz ohne technischen Aufwand in einfacher Handarbeit abgebaut werden.

Die Vermutung liegt nahe, daß es schon der Mensch der Vorzeit verstand, gerade die Bohnerzvorkommen auszunutzen. Gewiß sind den prähistorischen Bewohnern der Alb

1 M. THIER, Geschichte der Schwäbischen Hüttenwerke 1365–1802. Ein Beitrag zur württembergischen Wirtschaftsgeschichte (1965) 1 ff.

2 J. MAIER, Geschichte des fürstlich hohenzollerischen Hüttenwerks Laucherthal. Hohenzollerische Jahreshefte 18, 1958, 9f. mit Abb. 3.

3 P. GROSCOPF, Die Eisenerze der Ostalb – Entstehung und Vorkommen. Aalener Jahrbuch 1980, 18 ff.; H.-J. BAYER, Zur früheren Eisengewinnung aus der Schwäbischen Alb. Blätter des Schwäbischen Albvereins 1988, 200 ff. Abb. 1 und 2.

4 L. SZÖKE, Schlackenhalde und Schürfgruben im Braunen Jura zwischen Reutlingen und Weilheim an der Teck. Fundberichte aus Baden-Württemberg 15, 1990, 353 ff., bes. 365 ff.

5 P. Groschopf (wie Anm. 3) 14 ff.; H.-J. BAYER (wie Anm. 3) 201 ff. In der Literatur ist immer von Bohnerz die Rede, doch gibt es in den Lehmlagerungen auf der östlichen Schwäbischen Alb noch andere Eisenerze, die ebenfalls genutzt wurden, und deren Eigenart z. Z. näher erforscht wird. Dies gilt insbesondere für die Umgebung von Essingen (vgl. die in Anm. 10 und 11 genannte Literatur).

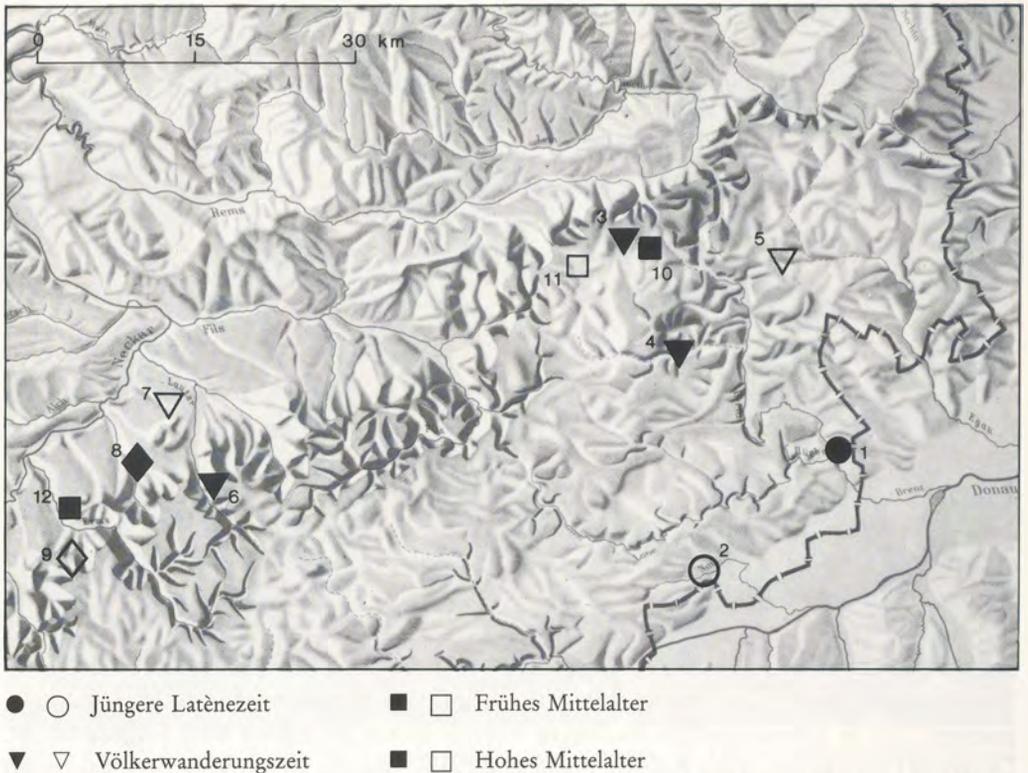


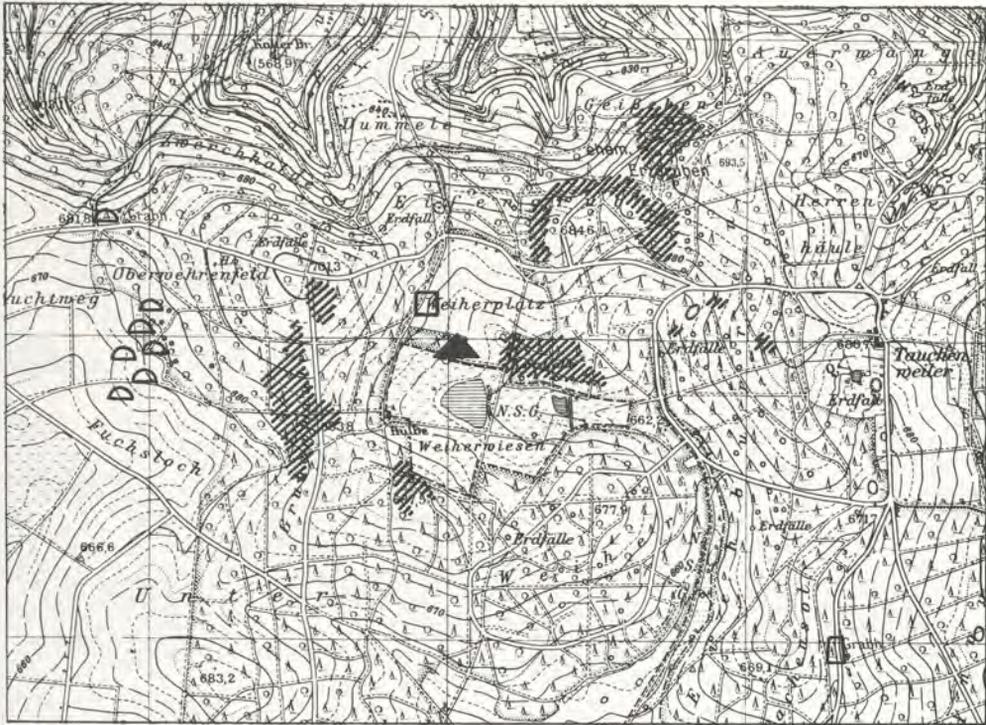
Abb. 1 Eisenverhüttung auf der Schwäbischen Alb, datierte Fundstellen. Ausgefüllte Signaturen: gesicherter Nachweis. Offene Signaturen: Zuordnung wahrscheinlich (vgl. Katalog der Fundstellen).

die Bohnerzlagerstätten aufgefallen. Zur Errichtung zahlreicher hallstattzeitlicher Grabhügel mußte der bohrerzführende Lehm regelrecht umgeschaufelt werden. Das gleiche gilt für spätkeltische Viereckschanzen. Auch findet man in der hallstattzeitlichen Keramik der Schwäbischen Alb häufig in den Ton eingebackene Bohnerzkügelchen. Der Bohnerzton wurde gerne zur Keramikherstellung verwendet, wie übrigens auch noch in historischer Zeit⁶.

Schwierig ist jedoch der unmittelbare Nachweis eines hallstatt- oder latènezeitlichen Verhüttungsplatzes. Es gibt immerhin einen Hinweis; während einer Notbergung wurden in einer Siedlungsgrube bei Hermaringen (Kr. Heidenheim) zahlreiche Eisenschlacken geborgen (vgl. Katalog und Abb. 1 Nr. 1). Die zumeist tiefschwarzen Schlackenbrocken erreichen Faustgröße und zeigen ausgeprägte Fließstrukturen. Ihre Ansprache als Rennfeuerschlacken ist durch mineralogische Untersuchungen gesichert, ebenso durch Beifunde die Datierung in die Jüngere Latènezeit⁷.

6 Auf die Verwendung von Bohnerzton bei der Erbauung der hallstattzeitlichen Lehmziegelmauer bei Heuneburg wies E. GERSBACH in einem Vortrag auf der Jahrestagung 1990 des West- und Süddeutschen Verbandes für Altertumsforschung in Pottenstein hin.

7 Zu den mineralogischen Untersuchungen, die noch nicht abgeschlossen sind, vgl. Ü. YALCIN, A. HAUPTMANN und M. KEMPA, Archäometallurgische Untersuchungen zur frühen Eisengewinnung auf der Schwäbischen Alb. Vortrag auf der Tagung: Iron Palaeometallurgy and Cultures. International symposium of the committee for ancient metallurgy, 1.-3. 11. 1990 (Tagungsband im Druck).



- ▲ Lesefunde □ Schmelzofen der Grabung im Jahr 1896
 ◐ bronze- und hallstattzeitliche Grabhügel ▨ Schürfgrubenfelder □ römisches Kastell

Abb. 2 Essingen »Weiherrwiesen«. Archäologische Fundstellen der Umgebung. Ausschnitt aus der TK 1:25000 Blatt 7226, thematisch ergänzt (genehmigt vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Az. 5.11./594).

Hält man nach weiteren vorrömischen Belegen Ausschau, so läßt sich nur noch ein Befund aus Langenau (Alb-Donau-Kreis) anführen, dessen Datierung jedoch höchst unsicher ist (vgl. Katalog und Abb. 1 Nr. 2). Zwei schlecht erhaltene Gruben von ca. 40 cm Durchmesser mit verziegelten, teils verschlackten Wänden und Böden können als Überreste von Rennfeueröfen interpretiert werden. Im Bereich der beiden Befunde lagen Verhüttungsschlacken – allerdings nur in geringer Menge – sowie Funde der Jüngerer Latènezeit. Die jüngsten Funde am Platz sind römisch.

Entspricht dieses schütterere Bild den realen Verhältnissen, d. h., war die Verhüttung in prähistorischer Zeit so gering, daß kaum etwas überkommen ist, oder spiegelt die Befundlage nur die Überlieferungsbedingungen? Diese Frage läßt sich nur für intensiv erforschte Kleinräume beantworten.

Etwas 3,5 km südlich der Gemeinde Essingen (Ostalbkreis) öffneten sich auf dem weithin bewaldeten Albuch eine große Lichtung: die Weiherrwiesen (Abb. 1 Nr. 3 und Abb. 2). In den umliegenden Wäldern haben sich zahlreiche Schürfgrubenfelder erhalten, die auf den spätmittelalterlichen und neuzeitlichen Erzabbau zurückzuführen sind. In den Jahren 1510 bis 1540 stand an der Rems bei Essingen ein Schmelzofen⁸. Das nötige Erz wurde –

8 M. THIER (wie Anm. 1) 14ff.

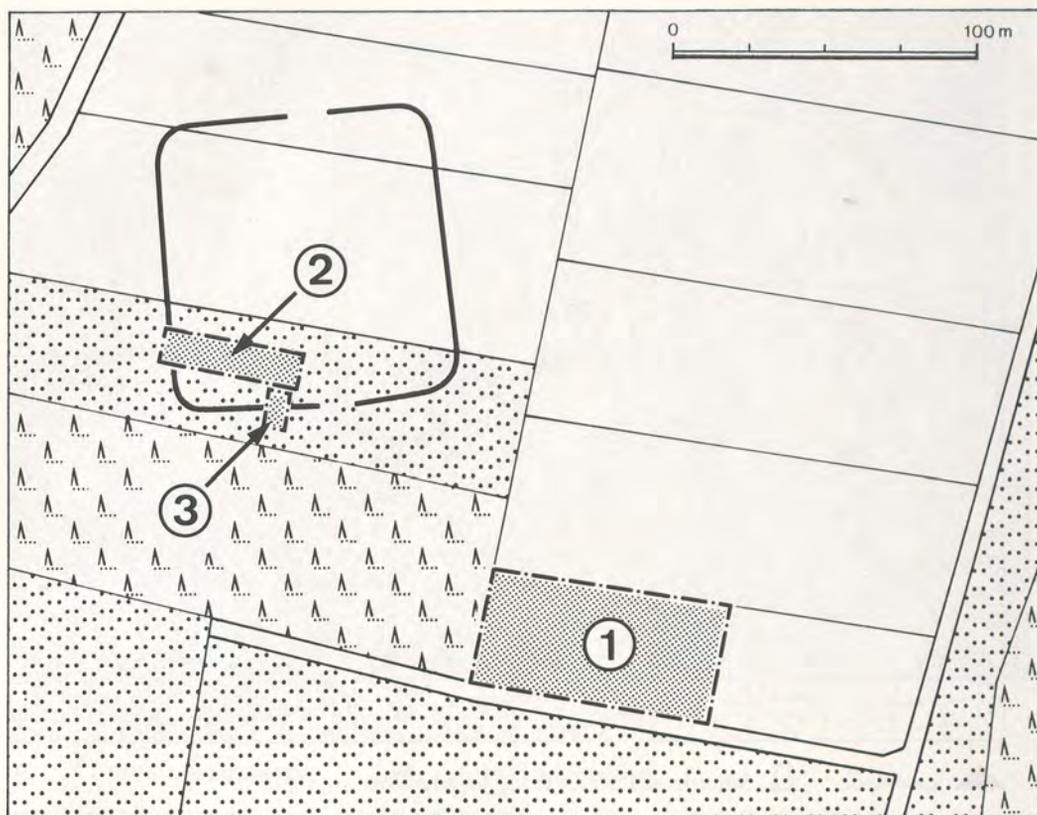


Abb. 3 Essingen »Weiherwiesen«. Umriß des römischen Kastells (leicht schematisiert). 1 Grabungsfläche mit Befunden der Urnenfelderkultur, der Späthallstattzeit und des Mittelalters, 2 Grabungsfläche im Kastell, 3 Schnitt durch Schlackenkonzentration im Kastellgraben.

zumindest zum Teil – auf der Hochfläche gewonnen. Noch heute heißt der Wald unmittelbar nördlich der Weiherwiesen »Eisengrube«. Im Jahr 1896 öffnete der Essinger Lehrer Scheuthle einen Hügel, der 1,5 km südöstlich der Weiherwiesen im Wald »Fachsuhl« liegt. Seine Überraschung war groß, als er statt der erwarteten Bestattung in dem Hügel einen Verhüttungssofen fand. Eine Nachgrabung im Jahr 1962 bestätigte die 1896 gewonnenen Erkenntnisse und erbrachte Holzkohleproben. Zwei ^{14}C -Datierungen zufolge bestand der Verhüttungssofen etwa im 11. Jahrhundert n. Chr. Er gehört somit einer älteren Phase an, zu einer Zeit, als man zum Betrieb der Schmelzöfen noch nicht die Wasserkraft ausnutzte und deshalb die Verhüttungseinrichtungen unmittelbar bei den Lagerstätten auf der Albhochfläche betreiben konnte⁹.

Ein weiterer Verhüttungsplatz liegt mitten auf den Weiherwiesen bei Essingen. Dort wurden immer wieder neben prähistorischen und römischen Scherben bis zu kopfgroße Eisenschlacken aus den Äckern gepflügt. Außerdem wurde aus der Luft der Umriß eines römischen Kastells fotografiert. Da dieser Platz besonders günstige Bedingungen für

9 Vgl. Katalog und Abb. 1, Nr. 10.

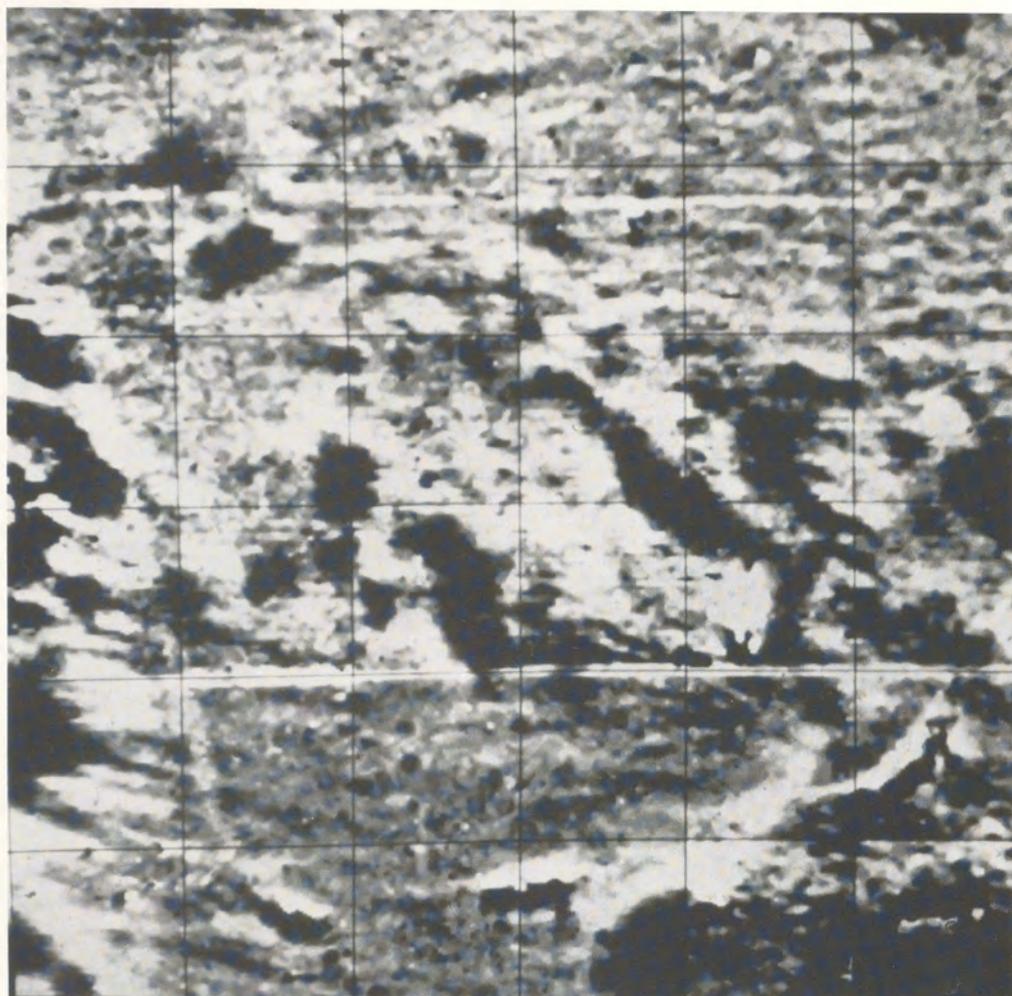


Abb.4 Essingen »Weiherwiesen«. Geomagnetische Prospektion des Kastells. Im Süden (unten) sind die mit Eisenschlacken verfüllten Grabenbereiche am starken Kontrast von hell und dunkel erkennbar.

archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchungen bot, wurde in den Monaten April bis September 1991 eine Ausgrabung durchgeführt¹⁰.

Neben urnenfelderzeitlichen, späthallstattzeitlichen und mittelalterlichen Befunden, die hier außer Betracht bleiben können¹¹, wurde ein Ausschnitt des römischen Kastells aufgedeckt (Abb. 3). Das Areal war zuvor mit einem Magnetometer untersucht worden. Betrachtet man die visuelle Darstellung der geomagnetischen Messungen, so springen drei

10 Die Ausgrabungen in Essingen und Metzingen erfolgten im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojekts des Landesdenkmalamtes Baden-Württemberg, das die vor- und frühgeschichtliche Eisengewinnung auf der östlichen Schwäbischen Alb zum Gegenstand hat. Einführend zum Projekt vgl. M. KEMPA, Die vor- und frühgeschichtliche Eisengewinnung und -verarbeitung auf der östlichen Schwäbischen Alb. In: Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1989 (Stuttgart 1990), 242 ff., und die in Anm. 11 genannte Literatur.

11 Zu den Ausgrabungen M. KEMPA, in: Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1990 (Stuttgart 1991) 175 ff., und DERS., Antike Eisenverhüttung auf der Ostalb. Archäologische Informationen aus Baden-Württemberg 20 (Stuttgart 1991).



Abb. 5 Essingen »Weiherwiesen«. Schlackenkonzentration im Graben des römischen Kastells.

extreme Anomalien in dem nach Süden abschließenden Kastellgraben ins Auge (Abb. 4). Es war zu vermuten, daß größere Mengen Eisenschlacke in der Grabenverfüllung die Störungen des Magnetfeldes verursachten. Ein Schnitt durch eine der Anomalien bestätigte das (Abb. 3 Nr. 3). Die oft kopfgroßen Schlackenbrocken lagen besonders im oberen Bereich des Grabens dicht an dicht, fast wie ein Pflaster (Abb. 5). Sicherlich wurden sie einst absichtlich hineingeworfen, vielleicht um den Untergrund über dem frisch verfüllten Graben zu befestigen.

Doch wann geschah dies? Alle Verfüllungsschichten des Grabens enthalten handgemachte frühalamannische Keramik der Völkerwanderungszeit¹². Das Kastell wurde spätestens in der Mitte des 2. Jahrhunderts aufgegeben. Nach dem Fall des Limes (259/260 n. Chr.) setzten sich die nachrückenden Alamannen bei der Kastellruine auf den Weiherwiesen fest und verfüllten irgendwann die Gräben. Dabei gelangten immense

12 Zu dieser Ware vgl. R. KOCH, Fundberichte aus Baden-Württemberg 3, 1977, 530ff., sowie D. PLANCK, ebd., 568ff. Zur frühalamannischen Besiedlung der Alb vgl. D. PLANCK, Die Wiederbesiedlung der Schwäbischen Alb und des Neckarlandes durch die Alamannen. In: H. U. NUBER et al. (Hrsg.), Archäologie und Geschichte des ersten Jahrtausends in Südwestdeutschland (Sigmaringen 1990) 69ff.



Abb. 6 Essingen »Weiherwiesen«. Sumpfschlacke, Größe 23 × 35 cm.

Schlackenmengen in die Kastellgräben. Die Schlacken müssen also völkerwanderungszeitlich oder älter sein. Die Fundumstände sprechen jedoch eher für eine völkerwanderungszeitliche Datierung.

Die Verhüttungsöfen, die diese großen Schlackenmengen produzierten, standen sicher in unmittelbarer Nähe. Von ihnen ist nichts mehr in situ erhalten. Die größeren Schlackenbrocken geben sich als Überreste von kuchenförmigen Gebilden zu erkennen, die im Zentrum etwa 15 cm stark sind, zum Rand hin ausdünnen und ursprünglich einen Durchmesser von bis zu 50 cm hatten (Abb. 6). Die Unterseite der Brocken ist wie der Negativabdruck eines muldenförmigen Grubenbodens gestaltet. Oft haften an Unterseite und Rändern verschlackte Lehmreste, wohl von der Grubenauskleidung. Offenbar handelt es sich um Sumpfschlacke. Die Schlacken konnten als Überreste eines Rennfeuerprozesses bestimmt werden¹³. Laufschlacke, wie sie von anderen Plätzen der Schwäbischen Alb bekannt ist, fehlt. Es gibt keine verschlackten oder verziegelten Reste, die auf einen oberirdischen Aufbau des Ofens deuten würden. Soweit solche Lehmreste vorhanden sind, können sie als Überreste der Lehmauskleidung von Gruben angesprochen werden.

Daneben fanden sich zahlreiche Bruchstücke von Düsenziegeln. Die lichte Weite der Düsenöffnung beträgt 2 bis 2,5 cm. Ein zur Hälfte erhaltener Ziegel hat eine Kantenlänge von 11 cm (Abb. 7). Ich möchte vermuten, daß auf den Weiherwiesen sog. Rennherde, d. h. Schmelzgruben ohne größeren oberirdischen Aufbau, betrieben wurden¹⁴.

Möglicherweise wurde an dem schon erwähnten Verhüttungsplatz in Langenau (vgl. Katalog und Abb. 1 Nr. 2) der gleiche Ofentyp benutzt. Die Schlacken beider Fundstellen gleichen sich, und es gibt in Langenau ebenfalls Bruchstücke von Düsenziegeln. Allerdings gehört Langenau aufgrund der Funde eher in die jüngere Latènezeit. Ein Verhüttungsplatz

13 Ü. YALCIN (wie Anm. 7).

14 Zu Rennherden vgl. H.F. CLEERE, The classification of early iron-smelting furnaces. *Antiquaries Journal* 52, 1972, 8ff. (dort »bowl furnaces«).



Abb. 7 Essingen »Weiherwiesen«. Düsenziegel, Kantenlänge 11 cm.

in Lenningen-Schopfloch (Kr. Esslingen), wo ebenfalls vergleichbare Schlacken und Bruchstücke von Düsenziegeln gefunden wurden, datiert dagegen wie Essingen in die Völkerwanderungszeit (vgl. Katalog und Abb. 1 Nr. 6).

Inwieweit sind die Verhältnisse auf den Weiherwiesen bei Essingen repräsentativ? Zu dieser Frage können die pollenanalytischen Untersuchungen, die parallel zu den Ausgrabungen durchgeführt wurden, etwas beitragen. Ihre Auswertung ist jedoch noch nicht abgeschlossen, so daß alle Angaben noch vorläufigen Charakter haben¹⁵. In frühgeschichtlicher Zeit macht sich auf dem Nordalbuch eine massive Verschiebung in der Zusammensetzung der Baumarten bemerkbar, die auf eine starke Überbeanspruchung der Wälder zurückgeht. Offenbar stellte man in dieser Zeit zunehmend Holzkohle her, die für die Eisenverhüttung benötigt wurde. Es muß allerdings durch weitere Untersuchungen geklärt werden, ob diese Entwicklung bereits während der römischen Zeit einsetzte, oder ob sie erst in der Völkerwanderungszeit begann, wie die bislang bekannten archäologischen Befunde nahelegen. Gerade in der Völkerwanderungszeit häufen sich metallurgische Fundstellen auf der Schwäbischen Alb. Man möchte vermuten, daß die alamannischen Siedler auch von den Eisenerzen angezogen wurden, als sie die Schwäbische Alb erschlossen.

Allen Verhüttungsplätzen auf der Albhochfläche ist gemeinsam, daß sie nur aufgrund günstiger Überlieferungsbedingungen auf uns überkommen sind. Immer liegen die Schlacken in Gruben, Gräben oder unter einer schützenden Deckschicht und sind durch zufällige Erdbewegungen zutage getreten. Nirgends gibt es dagegen Schlackenhalde.

Wie ist das Fehlen der Schlackenhalde zu erklären? Über viele Jahrhunderte hinweg

¹⁵ Die botanischen Untersuchungen führt H. Smettan im Rahmen des in Anm. 10 erwähnten Projekts durch. Auf ihn gehen die im folgenden referierten Angaben zurück.

standen Hochöfen in den Tälern, die mit Bohnerz von der Hochfläche beschickt wurden. Es liegt auf der Hand, daß im Bereich der Bohnerzvorkommen etwa vorhandene Halden aus Rennfeuerschlacken gleich mitabgebaut und in den Hochöfen noch einmal verhüttet wurden. So hat sich nur das metallurgische Fundmaterial erhalten, das vor diesem Zugriff im Boden bewahrt blieb.

Die Gegenprobe kann man im Vorland der mittleren Alb machen. In den Wäldern um Frickenhausen (Abb. 1 Nr. 8) stolpert man über die Schlackenhalde, die wir auf der Hochfläche vermissen. Die Halden liegen auf den Braunjuravorbergen in einem etwa 30 km langen Streifen vor dem Albtrauf. Ihre Erhaltung verdanken sie der Tatsache, daß die dort vorkommenden Erze nach heutigen Maßstäben völlig unbedeutend sind. Es gibt keine historische Erinnerung an dieses Erzrevier. Das Gebiet war in den 60er Jahren Gegenstand einer geologischen Diplomarbeit¹⁶. Die Ausdehnung des Erzreviers konnte durch eine Kartierung der Abbauspuren und Schlackenhalde geographisch umrissen werden. Abgebaut wurden lokal begrenzte Vorkommen von Toneisensteingeoden. Scherben und ¹⁴C-Datierungen von zwei Verhüttungsplätzen ergaben Datierungen in spätmerowingische bis karolingische Zeit (vgl. Katalog und Abb. 1 Nr. 8 und 9).

Die seinerzeit durchgeführten Geländebegehungen haben längst nicht alle Schlackenhalde erfaßt. Ein neu entdeckter Verhüttungsplatz bei Metzingen, Kreis Reutlingen, im Gewann »Kurlshau« wurde im März 1990 untersucht (Abb. 1 Nr. 12). Oberhalb eines Bachrisses erhob sich auf leicht geneigtem Gelände eine einzelne Schlackenhalde von 6 m Durchmesser und 0,6 m Mächtigkeit. Unmittelbar daneben lag der Verhüttungssofen. Erhalten waren der stark verziegelte Sumpf des ebenerdig errichteten Ofens und wenige Zentimeter der aufgehenden Wandung aus verziegeltem Lehm. Der Ofen hatte einen Gesamtdurchmesser von 1,6 m, die Weite des Innenraums betrug 1,0 m, die Dicke der veriegelten Wandung einschließlich des 7 cm starken Ofenfutters 0,3 m. In der Halde fanden sich Scherben von ziegelhart gebrannten Tonröhren mit anhaftender Schlacke, deren innerer Durchmesser etwa 5 cm betrug, offenbar Überreste von Windformen (Abb. 8). Die Schlacke ist auffallend glasig und spielt ins Grünliche ähnlich Hochofenschlacke. Zwei ¹⁴C-Daten verweisen den Platz allgemein in das Hochmittelalter. Durch weitere Untersuchungen soll versucht werden, den Zeitraum näher einzugrenzen¹⁷.

Dieser Ofen ist jünger als die bislang bekannten spätmerowingischen bis karolingischen Plätze der Umgebung und repräsentiert einen fortgeschrittenen Stand der Verhüttungstechnik. In der zugehörigen Halde lag auffallend viel metallisches Eisen. Eine kleine Probe wurde als Roheisen bestimmt. Es müssen jedoch noch weitere Untersuchungen folgen, ehe entschieden werden kann, ob es sich dabei um ein Fehlprodukt handelt, oder ob man mit diesem Ofen intentionell Roheisen herstellte¹⁸.

Katalog der Fundstellen (vgl. Abb. 1)

1. Hermaringen, Kreis Heidenheim, »Berger Steig«
Notbergung des Landesdenkmalamtes Baden-Württemberg 1986.
2. Langenau, Alb-Donau-Kreis, »Am Öchslesmühlbach«

16 L. SZÖKE (wie Anm. 4).

17 Probe 1: HD 13338 – cal. Datum 1191–1259 n. Chr.; Probe 2: HD 13395 – cal. Datum 982–1025 n. Chr. Eine Thermolumineszenzdatierung ist noch in Arbeit, weitere ¹⁴C-Datierungen sind beabsichtigt. Zu den Ausgrabungen in Metzingen vgl. die in Anm. 11 angeführte Literatur.

18 Ü. YALCIN (wie Anm. 7).



Abb. 8 Metzinger »Kurlshau«. Überreste von Windformen, stellenweise Außenseite verschlackt; erhaltene Länge 6 bis 9 cm.

- Siedlungsgrabung 1986, vgl. J. Heiligmann, in: Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1986 (Stuttgart 1987) 61 ff.
3. Essingen, Ostalbkreis, »Weiherwiesen«
Siedlungsgrabung 1990; Lit. vgl. Anm. 11.
 4. Sontheim im Stubental, Gemeinde Steinheim am Albuch, Kr. Heidenheim, »Hochfeld I«
Siedlungsgrabung 1973; vgl. D. Planck, Fundberichte aus Baden-Württemberg 3, 1977, 539 ff. Gefunden wurden große Mengen Eisenschlacke in völkerwanderungszeitlichen Gruben.
 5. Heidenheim-Großkuchen, Kr. Heidenheim, »Gassenäcker«/»Hintere Wiesen«
Grabung 1976–1978 und 1986; vgl. D. Planck, in: Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1978 (Stuttgart 1979) 86 ff.; J. Biel, Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1986 (Stuttgart 1987) 184 ff. Ausgedehnte Siedlungsspuren des 4. bis 7. Jahrhundert n. Chr.; in diesem Bereich mächtige humose Deckschicht, die mit großen Mengen Eisenschlacke durchsetzt ist. Einzelne Schlacken sind in die frühgeschichtlichen Befunde gelangt, doch ist damit die Datierung nicht gesichert. Die Schlacke ist mineralogisch als Rennfeuerschlacke bestimmt (vgl. Anm. 7).

6. Lennigen-Schopfloch, Kreis Esslingen, »Kreuzäcker«
Ausgrabung 1981; vgl. Fundberichte aus Baden-Württemberg 10, 1986, 598. Grubenhaus der Völkerwanderungszeit, daraus Eisenschlacke und verziegelte Bruchstücke von Düsenziegeln.
7. Kirchheim unter Teck, Kr. Esslingen
Notbergung im Stadtgebiet; vgl. Koch, Fundberichte aus Baden-Württemberg 3, 1977, 528 ff. Völkerwanderungszeitliche Scherben vergesellschaftet mit Eisenschlacken.
8. Frickenhausen, Kr. Esslingen, »Hischplan«
Grabung 1963; ¹⁴C-Daten aus dem Jahr 1965 (Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover, 890 +/- 95 n. Chr.; 805 +/- 95 n. Chr.; 744 +/- 95 n. Chr.; 590 +/- 60 n. Chr.). Vgl. L. Szöke (Anm. 4) 378.
9. Metzingen-Neuhausen, Kreis Reutlingen, südl. »Hohenrain« am Glemser Stausee
Schlackenplätze, die bei Bauarbeiten angeschnitten wurden. Von dort stammen Holzkohleproben, die aufgrund von ¹⁴C-Daten in spätmerowingische und karolingische Zeit datiert wurden. Nähere Angaben liegen nicht vor; vgl. L. Szöke (wie Anm. 4) 355 und H. Zürn, Fundberichte aus Schwaben N.F. 18/II, 1967, 143.
10. Essingen-Tauchenweiler, Ostalbkreis, »Fachensohl«
Verhüttungsöfen, Ausgrabung 1896; vgl. W. Scheuthle, Fundberichte aus Schwaben 1897, 28 ff. Nachgrabung 1962, dabei wurden Holzkohleproben geborgen und datiert: H 2585–1939 = 1095 +/- 40 n. Chr.; H 2586–1952 = 1005 +/- 40 n. Chr., vgl. U. Zwicker, in: Die Bedeutung der Eisenherstellung im süddeutschen Raum in der Vor- und Frühgeschichte. 12. Werkstoffkolloquium des Lehrstuhls für Werkstoffwissenschaft (Metalle) (Erlangen 1983) 8–106 ff.
11. Bartholomä, Ostalbkreis, Innerer Kitzinghof
Ausgrabung 1940; Unterlagen im Ortsarchiv des Landesdenkmalamtes Stuttgart. Danach wurde dort ein flacher Hügel angeschnitten, der offenbar einen Parallelfall zu der unter Nr. 10 beschriebenen Anlage bildet. Eisenschlacken und mittelalterliche Scherben werden erwähnt.
12. Metzingen, Kreis Reutlingen, »Kurleschau«
Ausgrabung 1990 (Lit. vgl. Anm. 11).

Untersuchungen zur vorneuzeitlichen Eisengewinnung und -verarbeitung im Lahn-Dill-Gebiet: Ausgangslage und Ergebnisse der archäologischen Geländeprospektion

VON ALBRECHT JOCKENHÖVEL UND CHRISTOPH WILLMS

1. Die Ausgangslage

Die Aufsiedlung der eisenerreichen Mittelgebirgsregionen Westdeutschlands begann – wie von der Forschung schon lange festgestellt – in der ausgehenden Hallstattzeit, d. h. in der Stufe HaD und in der frühen Latènezeit (6.–4. Jahrhundert v. Chr.). Dieser in Hunsrück, Taunus und Siegerland durch archäologische Quellen verdichtete siedlungsdynamische Prozeß wurde von der Fachforschung neben der Vorstellung eines vorherrschenden Viehzüchtertums mit einer einsetzenden einheimischen Eisengewinnung und Eisenverarbeitung begründet, wobei in jüngerer Zeit durch J. Driehaus und L. Pauli die Nutzung des qualitativ guten Roteisensteins besonders betont wurde¹. Bisher ist es jedoch noch in keinem Fall gelungen, direkte Belege für den Erzabbau und seine Bedeutung bei der Formierung der frühkeltischen Gesellschaft zu erbringen. Man beschränkte sich bisher auf indirekte Belege wie kleintopographische Besonderheiten und die Nachbarschaft von Lagerstätte, Siedlung und reichen Gräbern.

Unsere Forschungen setzen an im Umfeld einer späthallstatt-/frühlatènezeitlichen, befestigten Siedlung in Dietzhölztal-Rittershausen (Lahn-Dill-Kreis), in der Spuren einer ortsfesten Eisenverarbeitung gesichert werden konnten. In enger Nachbarschaft liegen Braun- und Roteisenerzlagerstätten, Schlacken- und Meilerplätze². Da aus dieser Region auch entsprechende Belege einer Weiterführung der Eisengewinnung und -verarbeitung über die spätkeltische Zeit hinaus in die mittlere römische Kaiserzeit und bis zum Hochmittelalter vorhanden sind, eignet sich besonders die Mesoregion des Dietzhölztales für eine archäometallurgische Untersuchung im Sinne eines zeitlichen Längsschnittes, der die gesamte Periode des Rennofenverfahrens umfaßt, d. h. rund 2000 Jahre – bis die ersten wasserkraftbetriebenen Hütten- und Hammerwerke an den Bächen und Flüssen errichtet wurden.

Bis in die jüngste Vergangenheit – 1973 erfolgte die Stilllegung der letzten Eisenerzgrube »Falkenstein« in Dillenburg-Oberscheld – gehörte das Gebiet zwischen Lahn und Dill (mit Ausläufern zur Sieg) mit seinen reichen Braun-, Rot- und Spateisenerzlagerstätten zu den traditionsreichen Eisenrevieren Mitteleuropas. Nach den vorliegenden archäologischen Befunden und Funden waren auf sie seit dem Beginn der vorrömischen Eisenzeit vor- und

1 J. DRIEHAUS, »Fürstengräber« und Eisenerze zwischen Mittelrhein, Mosel und Saar. *Germania* 43, 1965, 32ff.; L. PAULI, Der Dürrnberg bei Hallein III (1978) 460ff., bes. 462.

2 Diese Situation ähnelt in den topographischen Zusammenhängen und in der Fundlage den Verhältnissen vom »Hunnenring« bei Otzenhausen (R. SCHINDLER, Studien zum vorgeschichtlichen Siedlungs- und Befestigungswesen des Saarlandes [1968]) und »Schloßberg« bei Neuenbürg/Pforzheim (I. JENSEN, Der Schloßberg von Neuenbürg. Eine Siedlung der Frühlatènezeit im Nordschwarzwald [1968], bes. 98ff.).

frühgeschichtliche Siedlungen und Verhüttungsanlagen bezogen. Diesbezügliche Forschungen wurden in der Vergangenheit stets nur amateurarchäologisch³ betrieben und stagnieren, wie im übrigen Hessen, seit Mitte der 1950er Jahre. Erst in den letzten Jahren wurden in den vergleichbaren Nachbarregionen des angrenzenden Siegerlandes von Facharchäologen neue Forschungen erfolgreich aufgenommen⁴.

Sichtbare Zeugen einer Besiedlungskonzentration sind im Dietzhölztal, einem linken Nebenlauf der oberen Dill, nördlich von Dillenburg, die beiden befestigten Siedlungen von Dietzhölztal-Rittershausen, »Burg« bzw. »Lay« und Dillenburg-Frohnhausen/Nanzenbach, »Heunstein«⁵, beide Lahn-Dill-Kreis, die als »Vororte« einer größeren Siedlungsregion angesehen werden können, obwohl zugehörige offene Siedlungen bisher noch nicht bekannt geworden sind. Erstere, in die Frühlatènezeit gehörende Siedlung, liegt im oberen Bereich des Tales dicht unterhalb des Gebirgskammes Haincher Höhe am Ausgang der mittelalterlichen »Eisenstraße«, die in das Siegerland führt. Die zweite, der »Heunstein«, liegt dagegen am Ausgang des Tales und gehört in die Spätlatènezeit. Aus Eschenburg-Eibelshausen stammt ein spätlatènezeitlicher Tierkopfgürtelhaken, der auf ein Gräberfeld (oder Siedlung?) hindeutet⁶.

Besonders von Rittershausen liegen aus den Grabungen von E. Brenner neben reichhaltigen Siedlungsresten auch Eisenmaterialien vor, die Roh-, Halb- und Fertigprodukte umfassen. Dicht hinter dem innersten Wall wurde angeblich eine »Schmiede« (Stelle »Q«) lokalisiert, aus der eine Lupe und ein Hammer stammen. Stangenförmige Hülsen sind Teile offenbar von Helmen oder Wagen, Objekte, die sonst nur in gleichzeitigen Kriegergräbern der Champagne vorkommen und somit als »Abzeichen« einer Oberschicht in dieser frühkeltischen Befestigung zu werten sind. Damit reiht sich Rittershausen durch seine schichtspezifischen Gegenstände ein in den Kreis von Bodendenkmalen der frühlatènezeitlichen »Fürstenschicht«. Vor einigen Jahren konnten bei Wegebauarbeiten aus dem Wallbereich in gesicherter Fundlage zwei prachtvolle Eisenzangen geborgen werden; aus dem Innenbereich wurden als Neufunde eine bronzene Tutulusnadel und zahlreiche Bronzegußrelikte gemeldet.

Das spätlatènezeitliche Fundgut der zweiten Befestigung, des »Heunstein«, umfaßt u. a. Bronzefibel, Eisenmesser und -lanzen sowie Keramik. Eine ausführliche Dokumentation der Befunde und Funde aus den Grabungen von 1927 bis 1932 durch F. Kutsch fehlt bis heute und wird derzeit begonnen. Die Konzeption der Gesamtanlage läßt eine Rittershausen gleichwertige Funktion und Struktur vermuten. Diese Anlage gehört in die letzte Phase der Spätlatènezeit, die andernorts im Siedlungswesen von den gleichzeitigen Oppida überprägt werden; einer ihrer kennzeichnenden Züge ist die reiche Eisenverarbeitung. Solche Oppida gibt es im Lahn-Dill-Sieg-Gebiet nicht (das nächste ist der Dünsberg nordwestlich von Gießen), so daß hier, im Randgebiet der keltischen »Oppidazivilisation«, Befestigungen vom Typ Heunstein als die markanteste Ausformung des lokalen späteisen-

3 G. JUNG (Eisenhüttenbesitzer) um die Jahrhundertwende, P. WEIERSHAUSEN (Lehrer) in den 1930er Jahren sowie Dr. W. BAUER (Lehrer) und K. HEYMANN (Leiter des Heimatmuseums Weilburg) in den 1950er Jahren.

4 H. LAUMANN, Ein spätestlatènezeitlicher Schmiedeplatz von Neunkirchen-Zeppenfeld, Kreis Siegen-Wittgenstein. Ausgrabungen und Funde in Westfalen-Lippe 3, 1985, 49ff.; DERS., Eisenzeitliche Forschungen im Siegerland. In: Archäologie in Nordrhein-Westfalen. Ausstellungskatalog (Köln 1990) 165ff.; ältere Forschungen durch A. STIEREN, H. BECK, O. KRASA, H. BEHAGHEL.

5 Hierzu vgl. mit weiterführender Literatur E. SCHUBERT, in: F.-R. HERRMANN und A. JOCKENHÖVEL (Hrsg.), Vorgeschichte Hessens (1990) 345ff.

6 Herborner Tagblatt 23.4.1985; K.H. STRIFFLER, Archäologische Feldarbeit 7 (1985, vervielfältigtes Manuskript).

zeitlichen Siedlungswesens zu gelten haben, ein Eindruck, der durch die benachbarten Anlagen des Siegerlandes bestätigt wird.

Am Übergang zum Siegerland liegt aus der »Kalteiche«, einem waldreichen Höhenzug auf der Wasserscheide zwischen Lahn und Sieg, der Fund eines Eisendepots vor, das auch Schwertbarren erbrachte, die ihre nächsten Parallelen besonders in der deutschen Mittelgebirgsregion haben. Sie sind offenbar eine regionale Distributions-Barrenform⁷.

Im etwa 10 km Luftlinie entfernten Herborn-Sinn wurden aus einer kaiserzeitlichen, germanischen Siedlung (2. –3. Jahrhundert n. Chr.) Schlackenreste geborgen⁸.

Im Lahn-Dill-Gebiet setzen die Befunde für eine lokale Eisengewinnung und -verarbeitung erst wieder in der spätmrowingisch/karolingischen Zeit ein. Schlackenhalde und Ofenreste werden durch Pingsdorfer Keramik in die Zeit des 9. bis 12. Jahrhunderts datiert⁹. Daran schließt sich lückenlos eine intensive Eisengewinnung an, die als »Bauernrennfeuer« (P. Weiershausen) und »Waldschmieden« betrieben wurde, bevor sie zunehmend ab dem 14./15. Jahrhundert durch gewerbliche Hüttenbetriebe an den Wasserläufen abgelöst wurde. Letztere sind als Keimzellen der späteren industriellen Entwicklung dieser Region mit ihren zahlreichen Kleinhütten anzusehen¹⁰.

Im Spätmittelalter und in der Neuzeit ging im oberen Dillgebiet (wie im Siegerland) mit der Eisenverhüttung eine besondere Niederwaldwirtschaftsform einher, die die Landschaft bis in jüngste Zeit als »Haubergswirtschaft« prägte und teilweise (so auch im Dietzhölztal) noch prägt. Diese in Mitteleuropa einzigartige, genossenschaftlich betriebene Waldnutzung stellte die Unmengen an Holzkohle zur Verfügung, die zur Verhüttung notwendig waren. Die Ursprünge dieser extensiven Waldwirtschaft wurden von der Amateurforschung bis in die Vorzeit zurückverlegt¹¹. Eine jüngst im Siegerland durchgeführte vegetationsgeschichtliche Untersuchung durch R. Pott hat mit Hilfe der Pollenanalyse anthropogene Waldveränderungen festgestellt, die in der vorrömischen Eisenzeit einsetzen und nur mit einer extensiv betriebenen Holzgewinnung für die lokale Eisenverhüttung erklärbar sind¹².

So lag es auf der Hand, die Pollenanalyse in dieses interdisziplinäre Forschungsprojekt einzubeziehen. Ein erstes Pollenprofil reicht bis in die Zeit um 1000 n. Chr. zurück und zeigt einen bemerkenswerten Holzkohlen-Peak im 13./14. Jahrhundert (vgl. Beitrag R. Pott und M. Speier in diesem Band). Ein Pollenprofil aus Weidelbach umfaßt die gesamte holozäne Vegetationsentwicklung in dieser Mittelgebirgszone.

Die Region an der oberen Dill wird durch zahlreiche Eisenerzlagerstätten unterschiedlicher Genese geprägt:

7 Zur Verbreitung K. SCHÄFER, Ein spätlatènezeitliches Eisenbarrendepot aus Saffig, Kreis Mayen-Koblenz, Archäologisches Korrespondenzblatt 14, 1984, 166, Abb. 3; Nachtrag: M. RECH, Eisenbarren und Schlacken aus einer eisenzeitlichen Siedlung bei Lohmar. Archäologie im Rheinland 1989 (1990) 46 ff.

8 H. SCHOPPA, Eine germanische Siedlung bei Sinn. Nassauische Heimatblätter 43, 1953, 7–21; 44, 1954, 1–18.

9 W. BAUER, Eine mittelalterliche Eisenverhüttungsanlage auf dem Unterfeld bei Nanzenbach. Nassauische Heimatblätter 43, 1953, 43–56.

10 H. SCHUBERT, Geschichte der Nassauischen Eisenindustrie von den Anfängen bis zur Zeit des Dreißigjährigen Krieges (1937).

11 W. WEITZEL, Die Haubergswirtschaft im Dillgebiet. Eine mit der keltischen Eisenverhüttung in der Haigermark entstandene Form der Niederwaldwirtschaft. Forstwirtschaftliche Diplomarbeit Göttingen 1983.

12 R. POTT, Der pollenanalytische Nachweis extensiver Waldbewirtschaftung in den Haubergen des Siegerlandes. In: K.-E. BEHRE (Ed.), Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams (1986) 125 ff.; DERS., Vegetationsgeschichtliche und pflanzensoziologische Untersuchungen zur Niederwaldwirtschaft in Westfalen. Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde 47 H. 4 (1985).

- Brauneisen- bzw. Spateisensteingänge des Unterdevon im östlichen Randbereich des Siegerländer-Hauptsattels,
- Roteisenstein-Grenzlager der Dill-Mulde an der Grenze Mittel-/Oberdevon,
- Rotkieseliger Roteisenstein/Eisenkiesel im oberdevonischen Ergußdiabas (Deckdiabas).

Schon diese Vielfältigkeit verlangte die Einbeziehung der Mineralogie in das Forschungsprojekt (I. Keesmann, Universität Mainz), doch darf man von ihr über die Analyse der Schlacken auch Ergebnisse hinsichtlich des Verhüttungsprozesses erwarten. Schlackenproben von ausgewählten Fundstellen unserer »Vorprospektion« werden derzeit im Rahmen einer Diplomarbeit (A. Kronz, Universität Mainz) untersucht. Ohne diesen Ergebnissen vorzugreifen, kann festgehalten werden, daß ein relativ eisenreicher Roteisenstein verhüttet wurde, der für den Verhüttungsprozeß in Rennöfen bestens geeignet ist¹³. Zur näheren Charakterisierung einiger ausgewählter Schlackenplätze wurde die Geophysik herangezogen (V. Haak und R. Deisenroth, Universität Frankfurt). Die sich abzeichnenden Ergebnisse sind sehr vielversprechend, wenn man die geophysikalischen Messungen als Zwischenschritt zwischen konventioneller Prospektion und eigentlicher Ausgrabung einplant.

2. Die Ergebnisse der Prospektionen

Nach Vorstellung des Untersuchungsgebietes, Darlegung der Gründe, die dieses Gebiet als geeignet für ein derartiges Projekt ausweisen, und einer knappen Forschungsgeschichte berichten wir nun über die erste Phase unserer Feldforschungen. Wie sind wir zur Kenntnis entsprechender Fundplätze gekommen?

Unsere Arbeiten wollten wir nicht auf zufällig bekannt gewordenen Schlackenplätzen aufbauen oder von überlieferten Flur- und geographischen Ortsbezeichnungen ausgehen. Wir hatten uns vorgenommen, unser Untersuchungsgebiet systematisch zu erforschen; folgerichtig steht eine »Prospektionsphase« gleichberechtigt neben einer späteren »Ausgrabungsphase«. Unsere Region schließt sich an das gut prospektierte Bergische und Märkische Land sowie das Siegerland an, während in Rheinland-Pfalz und Hessen bisher nur Mikroregionen prospektiert und kartographisch bearbeitet sind.

Aus den Revierförstereien Frohnhausen und Manderbach, die zu unserem erweiterten Untersuchungsgebiet zählen, hatte P. Weiershausen¹⁴ seinerzeit 63 Schlackenplätze gemeldet, aber nicht katalogmäßig erfaßt oder kartiert. Diese Angabe diente uns als Anhaltspunkt für die zu erwartende Schlackenplatzmenge. Uns selbst waren nach einem ersten »Survey« zu Beginn des Projektes 1988 sechs Plätze (I–VI) bekannt. Nach der zweimonatigen »Vorprospektion« (Mai/Juni 1990) waren es gut 50 (Abb. 1) und nach anschließender dreimonatiger »systematischer Prospektion« über 200 Schlackenplätze¹⁵. Inzwischen

13 A. KRONZ, Chemische und mineralogische Untersuchungen zur vorneuzeitlichen Eisentechnologie im Dietzhölztal (Lahn-Dill-Gebiet). Diplom-Arbeit Mainz 1992.

14 P. WEIERSHAUSEN, Die Bauernrennfeuer des Westerwald- und Dillgebietes. Mannus 33, 1941, 154 ff., bes. 162.

15 A. JOCKENHÖVEL, Ch. WILLMS, Neue Forschungen zur frühen Eisengewinnung und -verarbeitung im oberen Dill-Gebiet. Heimatjahrbuch für den Lahn-Dill-Kreis 1, 1991 (1990) 313 ff.; Ch. WILLMS, Archäologische Untersuchungen zur Eisenverhüttung im Dietzhölztal. Heimatjahrbuch für den Lahn-Dill-Kreis 2, 1992 (1991) 161 ff.; A. JOCKENHÖVEL, Südliches Rothaargebirge/Dietzhölztal. Ein archäometallurgisches Forschungsprojekt. Gesellschaft zur Förderung der Westfälischen Wilhelms-Universität 1990/91, 18 ff.

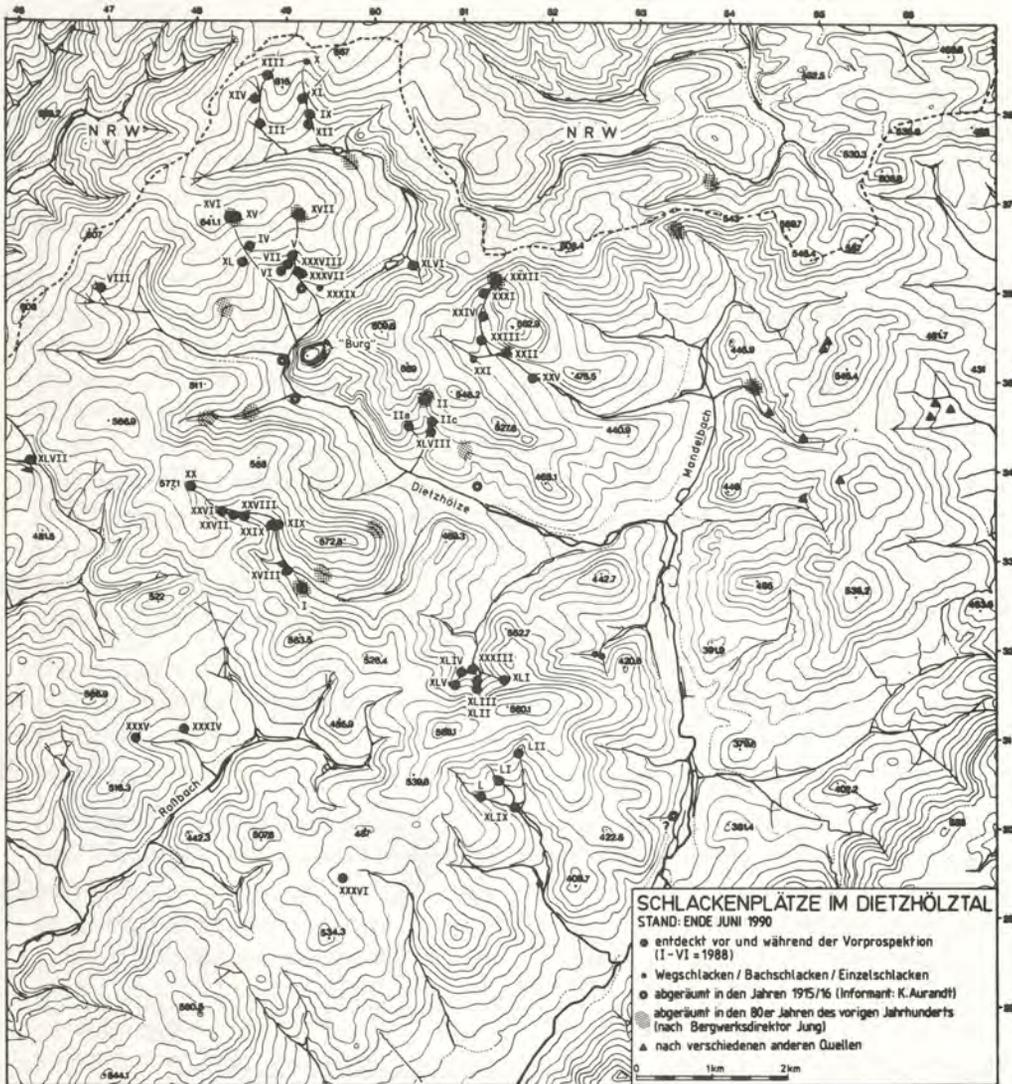


Abb. 1 Dietzhölztal: Kartierung der Schlackenplätze des Untersuchungsgebietes (Stand Mitte 1990).

(Ende 1991) liegt die Zahl bei etwa 250 Plätzen; mit einem weiteren Anwachsen dieser Zahl ist zu rechnen, da von seiten der Bevölkerung neue Meldungen eingehen und manche Gebiete noch zu prospektieren sind.

Als Schlackenplatz definieren wir eine große Ansammlung von Eisenschlacken auf begrenzbarem Raum in ursprünglicher Lage. Umgelagerte Schlackenkonzentrationen im Wegeschotter haben wir gesondert aufgenommen.

Die grau-schwarzen, manchmal auch rostigen Schlacken sind sehr charakteristisch und unter normalen Bedingungen mit anderen Materialien beinahe unverwechselbar.

Hatten wir einzelne Schlacken entdeckt, so suchten wir in der näheren Umgebung nach einer zugehörigen Schlackenkonzentration. Diese war manchmal nur über Bodeneingriffe auffindig zu machen. Zwar war diese Befundsituation selten, sie zeigt aber, daß es flache Schlackenplätze gibt, die im Gelände nicht erkennbar sind, und die wir nur unter glücklichen Bedingungen entdecken können. Bodenverletzungen jeglicher Art können uns

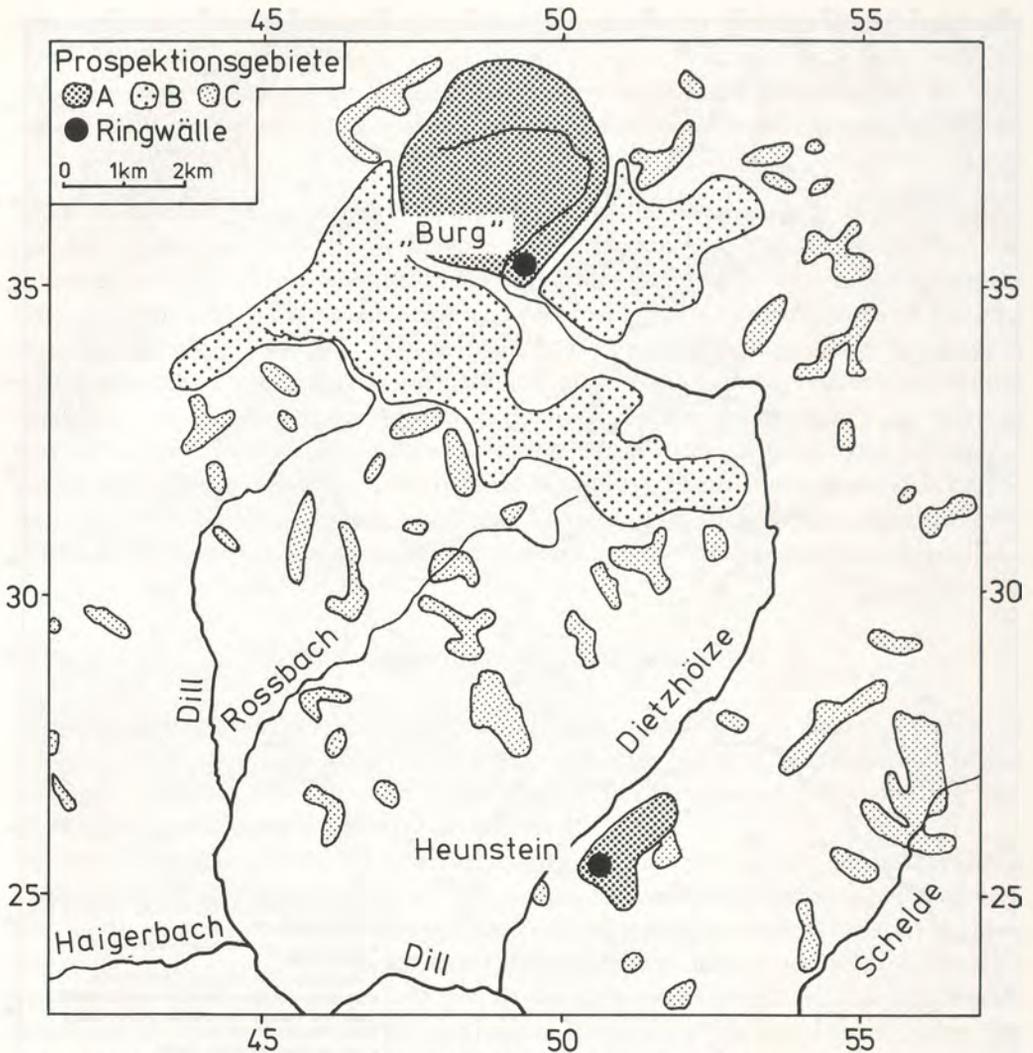


Abb. 2 Dietzhölztal: Die drei Prospektionsregionen der »systematischen Prospektion«.

auf die Spur von Schlackenplätzen führen, wie Wildwechsel, Baumwürfe, Wegeanschnitte, in den Wiesentälern Bäche und selten auch der Pflug.

Optimal ist die Situation, wenn ein Schlackenplatz schon rein äußerlich als hügelartige Erhebung im Gelände auffällt. Andererseits sind nicht alle anzutreffenden Hügel auf Schlackenhäufen zurückzuführen, wie sich bei der notwendigen Überprüfung herausstellte. Sehr viel häufiger handelt es sich dabei um überwachsene Lesesteinhaufen (die Haubergswirtschaft war früher sehr viel weiter verbreitet als heute), hangauf oder hangab gelegene Meilerplätze oder große Baumwürfe aus früherer Zeit.

Als Arbeitshilfe und zur systematischen Erfassung bestimmter Merkmale hatten wir im Verlauf der Vorprospektion eine Aufnahmekarte für die Feldarbeit erstellt, die im Rahmen der »systematischen Prospektion« vor Ort ausgefüllt wurde. Sie wird die Basis der EDV-Datenbank bilden und der statistischen Weiterverarbeitung dienen.

Mitgeführt wurde von jeder Prospektionsgruppe eine Grundausrüstung, die es ermöglichte, Proben zu entnehmen und kleine Schürflöcher anzulegen, um die Ausdehnung der

Schlackenplätze bestimmen zu können. Auf größere Bodeneingriffe mit dem Spaten wurde vorerst verzichtet, um diese Denkmalgruppe nicht weiter zu gefährden. Grabungen waren im ersten Projektjahr noch nicht vorgesehen. Damit haben wir an vier Plätzen im Jahre 1991 begonnen, nachdem wir zuvor an etwa einem Dutzend Plätzen kleinere, an Störungen orientierte Voruntersuchungen durchgeführt hatten. Drei bis vier Grabungen sind geplant.

Die über 50 qkm große Gesamtfläche, die wir prospektiert haben, läßt sich grob in drei Regionen einteilen, die unterschiedlich untersucht wurden (Abb. 2):

- Kerngebiet A: Hier haben wir versucht, flächendeckend das Gebiet zu begehen. Ausgenommen bleiben einige dichte Fichten-Lärchen-Abschnitte und einige Hauberge.
- Gebiet B: Aus Gründen der Effektivität wurden hier unwegsame Gebiete großzügiger umgangen, und wir achteten zwischen den Tages-, bzw. Zwei- oder Dreitagesabschnitten der jeweiligen Prospektionsphase nicht auf eine hundertprozentige Anschlußgenauigkeit. So mag uns der eine oder andere Schlackenplatz verborgen geblieben sein.
- Randgebiet C: In dieser Region führten wir im wesentlichen Bachprospektionen oder Feldbegehungen durch. Eine Ausnahme bildet die Umgebung des »Heunstein«, die wie Kerngebiet A prospektiert wurde. Bei der Bachprospektion ist das Verhältnis von Aufwand zu Ergebnis besonders günstig, doch bleiben mit Sicherheit alle Plätze in größerer Entfernung vom Bach unentdeckt.

Als besonders effektiv erwies sich die Begehung in Gruppen von vier bis fünf Personen, die sich in einer Reihe hangparallel zwischen Wegen vorwärts bewegten. Unser Augenmerk lag auf größerer Flächenleistung und nicht auf dem ohnehin fruchtlosen Versuch der lückenlosen Erfassung aller Schlackenplätze. Wir arbeiteten nach zwei Verfahren:

1. Hangparallel in bestimmten vorgegeben Streckenabschnitten, orientiert zwischen ober- oder unterhalb entsprechend verlaufender Waldwege. Der Rückweg wurde darüber oder darunter liegend gewählt. Gegebenenfalls wurde ein zweiter Hin- und Rückweg am gleichen Hang angeschlossen. Je länger die Streckenabschnitte waren, um so seltener mußte die Formation hangab oder hangauf verschoben werden.
2. Direkt vom Tal herkommend oder wenn ein Bachlauf erreicht wurde, setzte die »Bachprospektion« ein. Wurden im Bach, der Schlacken über 100 und 200 Meter transportieren kann, Schlacken gefunden, so suchten wir gezielt im Bachbett selbst und im Uferbereich beider Seiten nach dem Ursprung der Schlacken. Diese Methode hatte sich bereits während der Vorprospektion gut bewährt, und mit ihr können auch schon zwei bis drei Prospektoren sehr erfolgreich arbeiten.

Im Verlauf der Geländearbeiten wurde schnell deutlich, daß zwischen Menge und Größe der Bachschlacken und der Entfernung zum nächstgelegenen Schlackenplatz ein enger Zusammenhang besteht. Welche Schlackenmengen überhaupt in den Bach gelangen können, ist abhängig von der Entfernung zwischen Bach und Schlackenhalde, der Hangneigung dazwischen, der Größe des Platzes und der Zusammensetzung der Schlacken. Auch Bachgefälle, Untergrund, Bachbreite und Wassermenge üben sicher einen Einfluß aus.

Am Oberlauf der Dill, unterhalb des Schlackenplatzes A 83/84, der von einem Fließchen angeschnitten wird, hat sie eine Breite von etwa 1 Meter und eine Tiefe von 5–15 cm. Der Bach verläuft in Windungen und Kurven und macht einen »natürlichen« Eindruck. Hier versuchten wir eine Annäherung an das Problem des Schlackentransportes im Wasser. Zunächst wurde das Gewicht der Sammelproben unterschieden; an Stelle 1 fanden sich noch fast 6 kg Schlacke, während es an Stelle 2 nur noch 1,4 kg, an Stelle 3 nur 800 g und an Stelle 4 noch 225 g waren. Stelle 5 mit 120 g fällt etwas aus dem Rahmen, während die

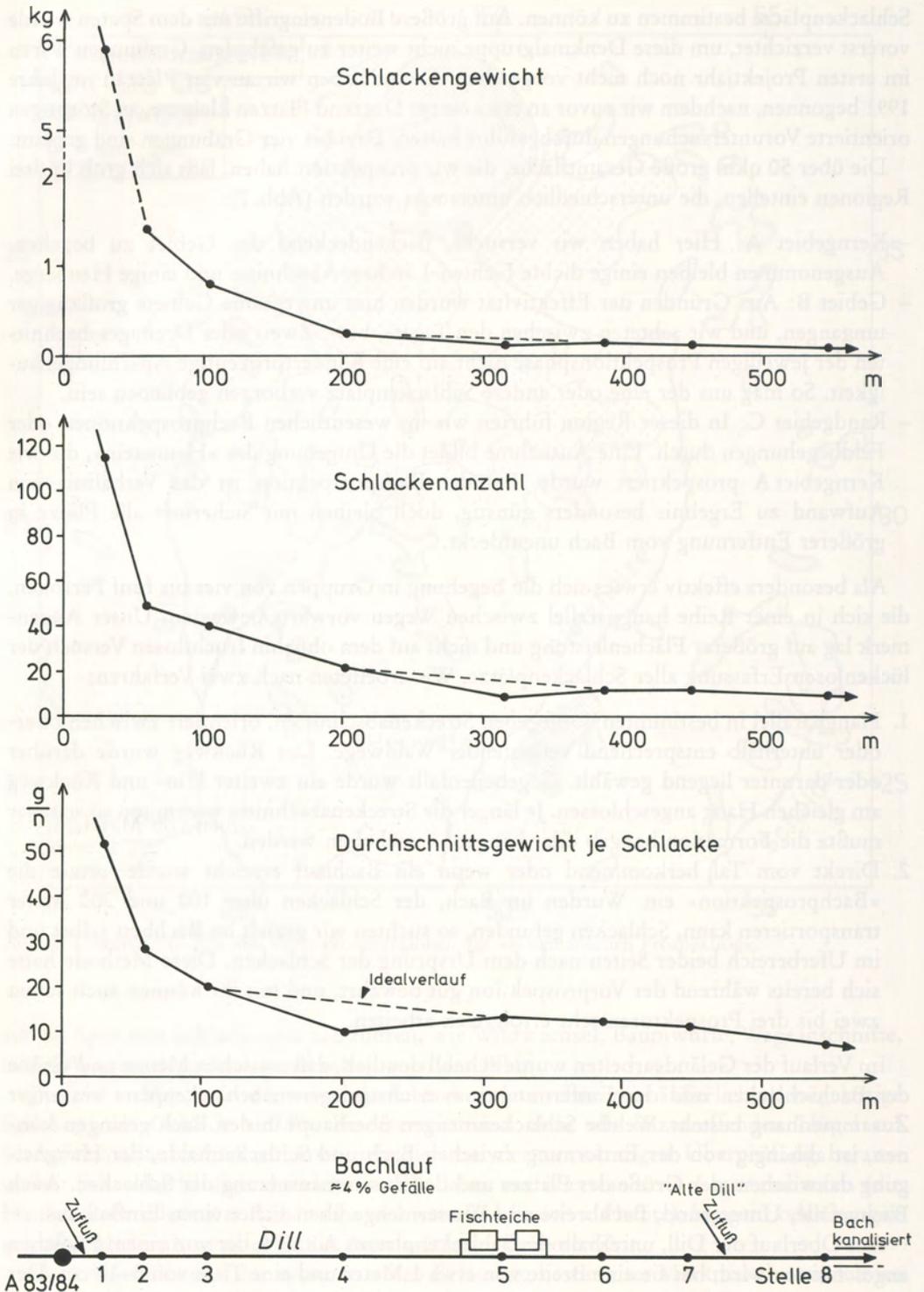


Abb.3 Angaben zum Schlackentransport in Bächen (aufgenommen über 0,5 km am Oberlauf der Dill, Anfang April 1991).

folgenden Probenentnahmestellen mit 150 g, 140 g und 75 g gut in das Bild passen. Ebenso wurden die Kurven für die Anzahl und das Durchschnittsgewicht der Schlacken aufgetragen (Abb. 3). Der Verlauf aller drei Kurven ist ähnlich und zeigt eine Abnahme der Schlackenmenge bei größerer Entfernung vom Schlackenplatz, die aber keinesfalls gleichmäßig verläuft. Rasant ist der Rückgang insbesondere auf den ersten 75 Metern, während die weitere Reduzierung zwischen 300 und 550 Metern nicht nennenswert ist. Soviel zur Bachprospektion, die in Relation zum Aufwand den größten Effekt erzielt.

Dichte Fichtenbestände entziehen sich jeglicher Begehung, selbst eine Bachprospektion ist in manchen Waldabschnitten nur lückenhaft möglich. Hauberge haben wir bislang größtenteils ausgelassen, da sie einen starken Bodenbewuchs aufwiesen; hier werden wir noch gezielt nacharbeiten. Große Windbruchfelder, nach den Frühjahrsstürmen 1990 hier und da anzutreffen, waren auch nur oberflächlich zu kontrollieren. Die Abstände zwischen den Personen bei den geschilderten Parallelbegehungen konnten im Hochwald mit 25 bis 30 Metern sehr hoch angesetzt werden. Im Hochwald behindert nur der dichte Nadel- oder Laubbelag die Kontrolle des Bodens, während auffällige Geländemerkmale auf weite Strecken sichtbar sind. Unmittelbar am Buchenstamm, auf der Talseite, kann man auch einen Blick auf den nackten Boden werfen, da hier das Laub regelhaft abgespült ist. Ein letzter Hinderungsgrund für unsere Begehungen sei noch in extremen Hangneigungen benannt. Aber auch hier haben wir versuchsweise einige Abschnitte prospektiert.

Andere Bedingungen als im Wald finden wir in den zahlreichen Wiesentälern vor. Dort empfiehlt sich die Bachprospektion und die Überprüfung kleiner Geländeauffälligkeiten. Die Bäche scheinen häufig nicht mehr im alten Bachbett zu verlaufen, sondern erst heute die Schlackenplätze zu durchfließen und zu zerstören. Auch Be- und Entwässerungsgräben wurden kontrolliert, soweit sie vorhanden waren. Die Kontrolle von Wiesengelände hat sich als besonders kompliziert erwiesen.

Methodisch ebenfalls wichtig ist die Gegenüberstellung von Ergebnissen, die bei Wald- und bei Feldbegehungen gewonnen wurden. Auch hier gelang es uns, ein großes, zusammenhängendes, ackerbaulich genutztes Gebiet in dieser Region östlich von Mandeln, die kaum noch Ackerbau kennt, mit mehreren Schlackenplätzen ausfindig zu machen. Echte »Feldbegehungen« sind einfacher durchzuführen als die Prospektion in Waldgebieten (trotzdem: weniger als 5 Prozent der Plätze liegen auf Äckern), allerdings sind die Felder klein und der Bearbeitungsstand ist unterschiedlich, so daß man hier immer wieder nachkontrollieren muß.

Die Fortschritte unserer Arbeit und die Effektivität der angewendeten Prospektionsmethoden lassen sich exemplarisch anhand des Burbachtals, südlich von Ewersbach gelegen, darstellen. Zunächst war uns über einen ortsansässigen Informanten nur ein Schlackenplatz bekannt geworden. Noch ungeübt in der phänomenologischen Ansprache dieser Denkmälergruppe erschien er uns als aus mehreren kleinen Hügeln bestehend. Tatsächlich handelt es sich um eine große, in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts zu Recyclingzwecken abgefahrene Halde, wie aus entsprechenden Dokumenten hervorgeht. Die aktuelle Skizze zeigt diese ausgeräumte Halde begleitet von mindestens noch einem weiteren, kleineren Platz in der Nähe einer Quellmündung an einem ungegliederten Berghang in Unterhangposition mit Exposition nach Norden (Abb. 4).

Mit der Kenntnis von Aussehen und Lage von 17 Schlackenplätzen dieser Region und ersten Begehungserfahrungen ausgestattet, besuchten wir erneut dieses Tal und entdeckten die Plätze XVII (unser erster und lange Zeit einziger Platz auf einer Ackerfläche), IX und XX. Ein weiterer Besuch mit gezielter Bachprospektion am Oberlauf führte uns auf die Spur von drei weiteren Verhüttungsstellen. Die systematische Begehung an den Talhängen

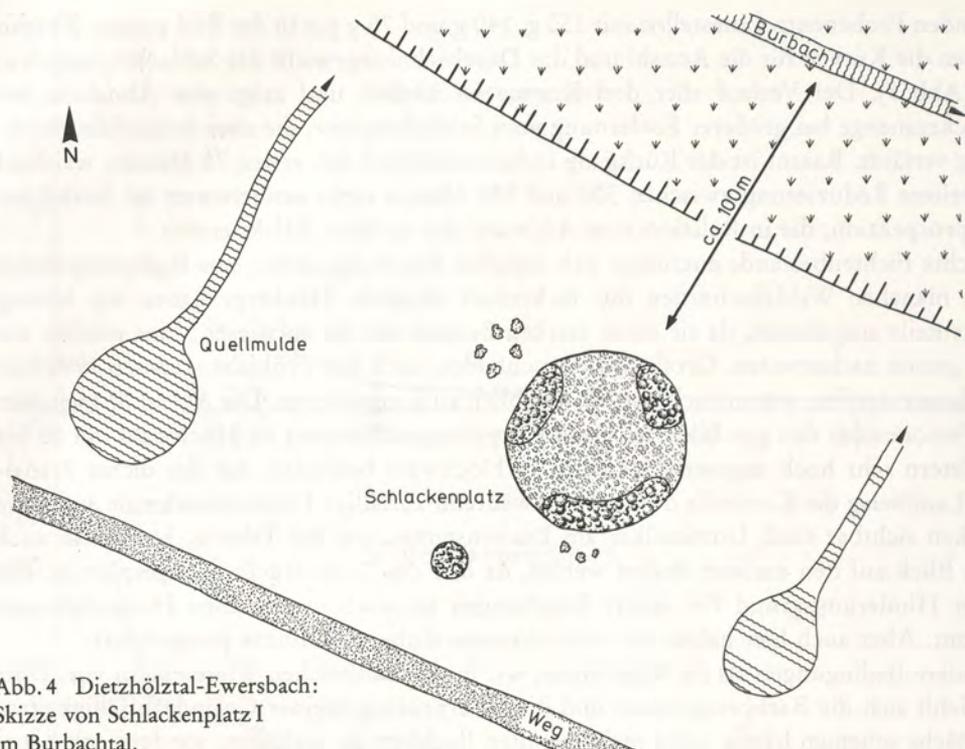


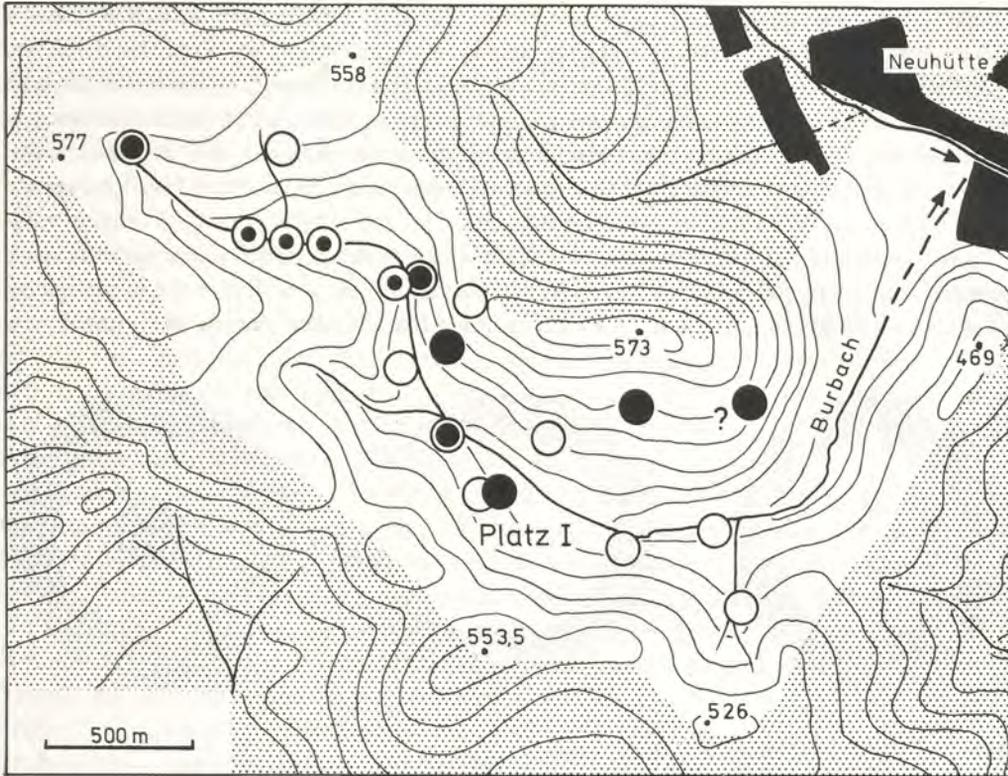
Abb. 4 Dietzhölzthal-Ewersbach:
Skizze von Schlackenplatz I
im Burbachtal.

lieferte noch einmal mehrere neue Plätze (Abb. 5). Alles in allem führte die Bachprospektion in diesem Tal zu 40 Prozent der Plätze, 15 Prozent lernten wir durch Informanten kennen, und 45 Prozent entdeckten wir während der systematischen, flächendeckenden Begehung. Von diesen 45 Prozent wiederum sind einige eher in die Kategorie »Zufall/Inspiration« einzuordnen. Die zeit- und arbeitsintensive Flächen-Prospektion führt uns also lediglich zu etwa 20–30 Prozent der Schlackenplätze, die wir ansonsten nicht entdeckt hätten. Ob diese begründete Schätzung auch auf die Gesamtheit unserer Prospektion zutrifft, kann noch nicht endgültig gesagt, aber doch vermutet werden.

Die Bewertung dieser Grundlage ist wichtig, um die Effektivität von Begehungen einschätzen zu können. Die bei der flächendeckenden Prospektion abseits von Bächen und Quellmulden festgestellten Schlackenplätze müssen nun auf weitere auffällige Merkmale hin untersucht werden.

Abschließend seien noch einige Zwischenergebnisse vorgelegt, wie sie sich nach dem ersten Projektjahr darstellen. Daß es sich hier um keine endgültigen Aussagen handelt, versteht sich von selbst. Immerhin basieren diese Angaben aber auf der Auswertung unserer ersten 100 Plätze, von denen allerdings etwa die Hälfte aus der »Vorprospektion« stammt, die möglicherweise eine spezielle und nicht ganz repräsentative Auswahl darstellt. Bei der endgültigen Bearbeitung sind noch weitere Überlegungen anzustellen bzw. methodische Einschränkungen vorzunehmen, die unsere Ergebnisse modifizieren können: Die Tendenz unserer Zwischenresultate wird jedoch bestehen bleiben.

Die Schlackenplätze liegen ganz überwiegend in unmittelbarer Wassernähe, d. h., Entfernungen über 10 Meter sind bereits selten; nur etwa 10 Prozent der Verhüttungsstellen zeigen keinen direkten Bezug zum Wasser. Die Schlackenplätze reihen sich entweder perlschnurartig entlang der Bachläufe auf, oder sie liegen an Quellmulden (Abb. 6). Sicher



- Informanten
- ⊙ Bachprospektion Juni 1990
- ⊙ Vorprospektion Mai 1990
- Systematische Begehungen ab Juli 1990

Abb. 5 Dietzhölztal-Ewersbach: Die sukzessive Erfassung der Schlackenplätze im Burbachtal.

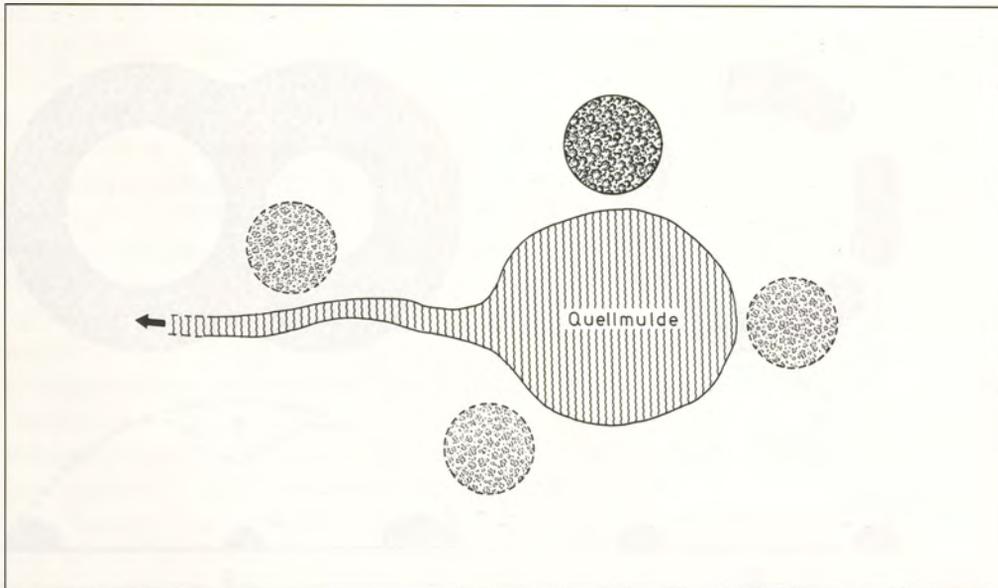


Abb. 6 Idealtypische Lage von Schlackenplätzen an Quellmulden.

landschaftsbedingt ist es, daß sich die meisten Plätze in Höhenlagen zwischen 450 bis 500 m befinden, gefolgt von den Höhenstufen 500 bis 550 m und 400 bis 450 m. Aussagekräftiger ist diesbezüglich, daß die Mittelhanglage doppelt so häufig vorkommt wie die Unterhangposition, gefolgt von Tal- und Oberhanglage; selten ist die Kammlage. Eine vorläufige schematische Auswertung zur »Exposition« sagt aus, daß über die Hälfte der Plätze nach Süden ausgerichtet ist, mehr als doppelt so viele als nach Norden weisen. West-Exposition ist bislang besonders selten.

Etwa die Hälfte der Schlackenplätze liegt allein, die anderen bilden Gruppen von zwei, seltener drei oder sogar noch mehr Plätzen. Durchmesser von über acht Metern sind doppelt so häufig wie solche darunter. Die größten Plätze haben eine Ausdehnung bis zu

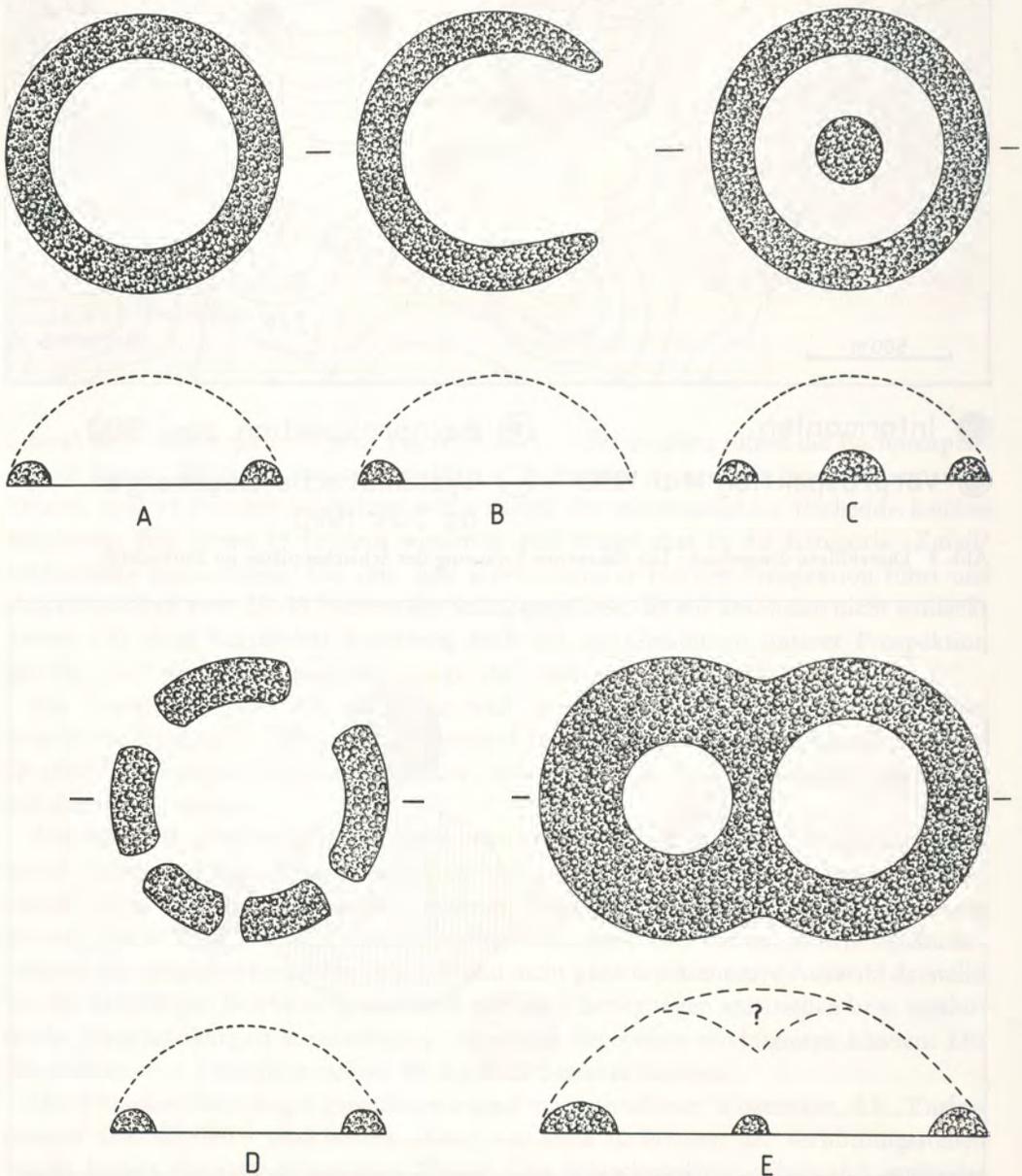


Abb.7 DietzhölztaI: Formen ausgeräumter großer Schlackenplätze im Untersuchungsgebiet.

20 und 25 Metern. Diese Maße sind zumindest zum Teil darauf zurückzuführen, daß die Schlacken im Zuge von Recyclingmaßnahmen zwischen 1880 und 1920 abgefahren und dabei auseinandergezogen wurden. Nur äußerst selten sind Höhen über 1 m festzustellen, und solche zwischen 0,5 bis 0,8 m zählen schon zu den auffälligeren Halden.

Der Zustand dieser Denkmälergattung ist mangelhaft: Höchstens ein Zehntel der Schlackenplätze ist absolut intakt und ungestört. Der Zerstörungsgrad ist allerdings unterschiedlich. Gut die Hälfte der ungestörten Plätze wurde abgeräumt, um mit verbesserter Technik erneut Eisen aus den alten Schlacken auszuschmelzen oder (seltener) um die Forstwege zu befestigen. Für das gezielte Recycling boten sich besonders die großen Plätze an, solche mit ausgeprägter Halde. Diese zeigen heute charakteristische Erscheinungsbilder, die wir schematisch dargestellt haben (Abb. 7). Störungen durch Wege oder nachträglich an gleicher Stelle angelegte Meilerplätze kommen bei 20 Prozent bzw. 15 Prozent vor und sonstige anthropogene Zerstörung bei 5 Prozent der Plätze; durch Bäche sind 10 Prozent der Schlackenplätze in Mitleidenschaft gezogen.

Angesichts dieser Situation ist die Auswahl der für Ausgrabungen geeigneten alten Verhüttungsstellen besonders schwierig. Während der Prospektion haben wir die Bodeneingriffe auf ein Minimum beschränkt, um einer weiteren Zerstörung keinen Vorschub zu leisten. Datierendes Material aus den von uns aufgesuchten Schlackenplätzen ist deshalb die Ausnahme. Wenn wir aber das Material der Amateurforschung, die ersten ¹⁴C-Daten und die bisherigen Grabungen berücksichtigen, so läßt sich festhalten, daß vermutlich drei Viertel der Schlackenplätze dieser Region in das Hoch- und Spätmittelalter datieren. Neben Schlacken und Ofenwandbruchstücken konnten bei einem Drittel der Plätze auch Erzbrocken – soweit makroskopisch beurteilbar, handelt es sich ausschließlich um Roteisenstein der Dill-Mulde – sichergestellt werden. Wir werden uns dafür einsetzen, einige ausgesuchte und besonders signifikante Schlackenplätze (und Meilerstellen) unter Denkmalschutz zu stellen und in einem Wanderweg zu erschließen.

Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen zur Waldentwicklung und Landnutzung im Siegerland und Lahn-Dill-Gebiet

VON RICHARD POTT UND MARTIN SPEIER

1. Einleitung

In einem von der Volkswagen-Stiftung getragenen Projekt haben sich Archäologen (A. Jockenhövel, Münster), Archäometallurgen (I. Keesmann, Mainz) und Geobotaniker (R. Pott, Hannover) zusammengefunden, um auf der Basis interdisziplinärer Forschungsarbeit die Geschichte der Eisenerzgewinnung und Eisenerzverarbeitung im oberen Dill-Gebiet vom Beginn der Eisenzeit an zu erhellen und darzustellen. Innerhalb dieses Forschungsprogrammes erarbeitet die Geobotanik mit ihren naturwissenschaftlichen Methoden alle Möglichkeiten zur Rekonstruktion der damaligen Vegetation und Umwelt sowie die Auswirkungen der prähistorischen und historischen Eisenverarbeitung mit ihren entsprechenden Wald- und Landnutzungen in den montanen Landschaften.

Das heutige Bild des Waldes ist das Ergebnis einer langen Entwicklungsgeschichte im Zusammenspiel von Klima, Boden und Mensch. Eine natürliche, vom Menschen unbeeinflusste Pflanzendecke gibt es bei uns in den Mittelgebirgen nicht, wenn man von steilen, unzugänglichen Felshängen oder kleineren Quell- und Waldmooren absieht. Die nacheiszeitliche Entwicklung des Waldes ist also unabdingbar mit den Eingriffen des Menschen verknüpft. Anthropogene Faktoren in Form unregelmäßiger Waldnutzungen bzw. planmäßiger Wald- und Forstwirtschaft bewirken somit auch in erster Linie die aktuelle Zusammensetzung der Pflanzengemeinschaften und ihrer Ersatzvegetation; erst an zweiter Stelle macht sich heute der Einfluß natürlicher Umweltfaktoren bemerkbar.

Die wechselvollen Veränderungen der Siegerländer Gebirgslandschaft und des südlich angrenzenden Lahn-Dill-Gebietes (Abb. 1) von der Vergangenheit bis in die heutige Zeit hinein sollen hier vorgestellt werden. Dabei können zahlreiche vegetationsgeschichtliche und archäobotanische Befunde der letzten Jahre den Werdegang des gegenwärtigen Vegetations- und Landschaftsbildes erhellen. Für die Rekonstruktion der Vegetationsverhältnisse, die Aufdeckung von Entwicklungsvorgängen der Waldentstehung sowie für absolute Altersbestimmungen ist vor allem die Pollenanalyse in Verbindung mit ¹⁴C-Radiocarbonatierungen eine erfolgreiche Untersuchungsmethode. Geeignete Objekte für pollenanalytische Untersuchungen sind im allgemeinen organogene Sedimente aus Niedermoor- und Hochmoorbildungen. Zumeist sind es Torfe, in denen der Pollenstaub windblütiger Pflanzen, der von Jahr zu Jahr auf die jeweilige Mooroberfläche gelangte und überwachsen wurde, schichtweise eingelagert und im fossilen Zustand hervorragend konserviert ist. Da fast alle unsere Waldbäume windblütig sind und außerdem gut bestimmbare Pollen haben, spiegelt jede Tiefenstufe eines Moorprofils anhand ihres Spektrums an fossilen Pollen in gewisser Weise das ihr zeitlich zuzuordnende Vegetationsbild wider. Die Abfolge der einzelnen Pollenspektren im Moorprofil ergibt, graphisch dargestellt, das Pollendiagramm.

Art und Ausmaß der anthropo-zogenen Veränderungen der Vegetationsdecke zeichnen

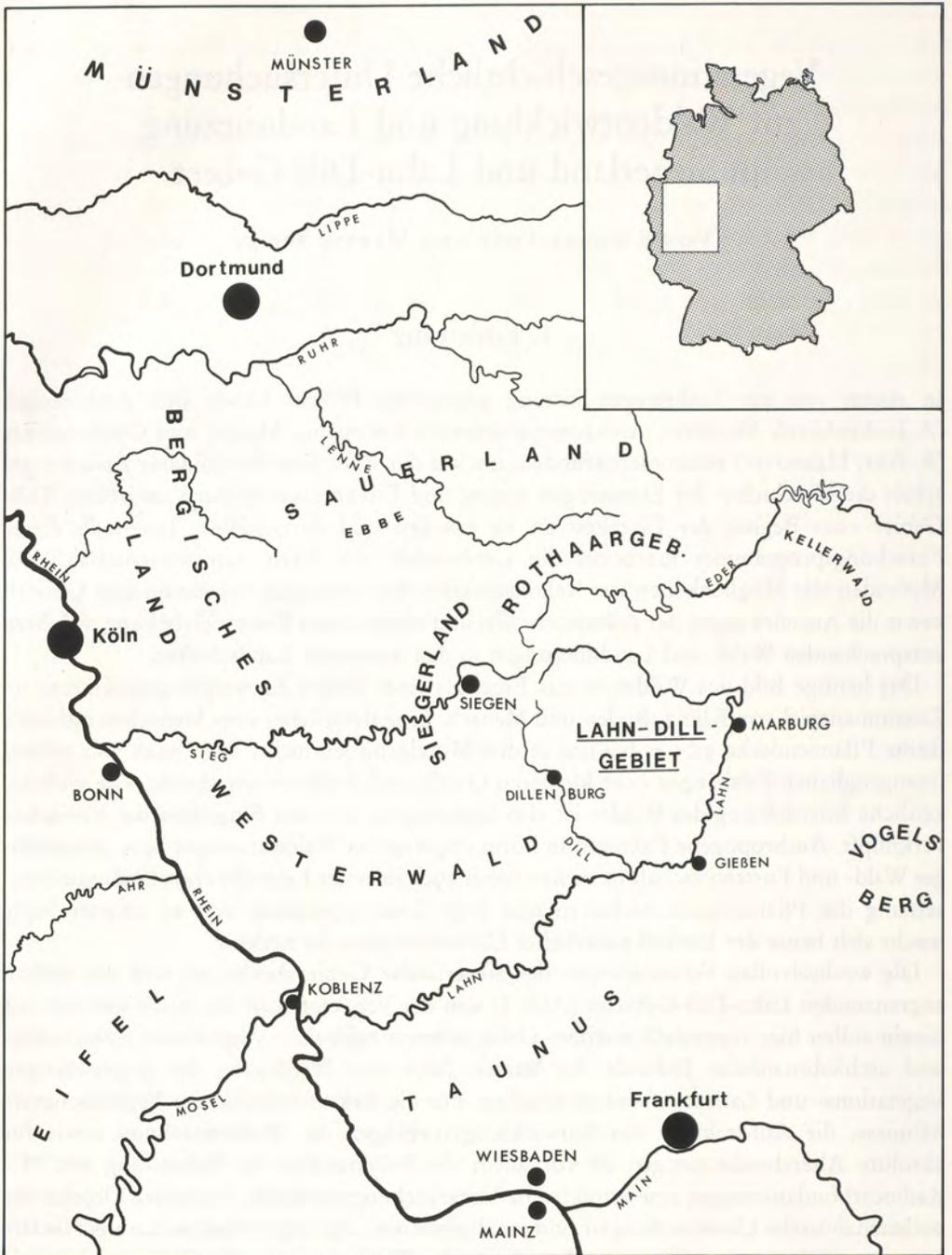


Abb. 1 Lage des Untersuchungsgebietes.

sich im Pollendiagramm vorwiegend durch eine Anreicherung der Nichtbaumpollen, durch Zunahme von Pollen lichtliebender Pflanzen und durch das Auftreten siedlungsanzeigender Pollenarten ab. Als solche werden zum einen Pollen unserer Kulturpflanzen, z. B. der Getreidearten (*Cerealia*) und des Buchweizens (*Fagopyrum esculentum*), und zum anderen die Pollen vieler kulturbegleitender Unkrautarten angesehen. Sie dürfen deshalb als besonders zuverlässige Indikatoren für vom Menschen verursachte Einwirkungen gelten.

2. Regionale Waldentwicklung des Untersuchungsgebietes unter dem Einfluß des Menschen

Im Gegensatz zum sand- und hochmoorreichen Tiefland Nordwestdeutschlands besteht die potentielle natürliche Vegetation der Montanstufe aus geschlossenen Laubwäldern, in denen unter gegenwärtigen klimatischen Gegebenheiten die Buche ihren Optimalbereich einnimmt und die größte Konkurrenzkraft entfaltet. Das Luzulo-Fagetum als Charaktergesellschaft basenarmer Silikatböden tritt mit Dominanz der Buche als typischer Hallenwald ohne nennenswerte Strauch- und Krautschicht auf (Pott 1989).

Pollenanalytische Untersuchungen in diesem Gebiet durch Budde (1929), Rehagen (1970), Pott (1985a, 1985b) sowie Pott & Caspers (1989) zeigen, daß solche Buchenwaldgesellschaften sich nur langsam formiert haben. Während der atlantischen und subborealen Phasen hat sich die Buche seit etwa 3500 v. Chr. offenbar in mehreren Schüben ausgebreitet und gewinnt erst mit Beginn des Subboreals anstelle des Eichen-Mischwaldes zunehmend an Bedeutung im Waldbild. Mit Anfang des Subatlantikums (etwa ab 1000 v. Chr.) gelangte die Buche in den montanen Wäldern dann zur Vorherrschaft (vgl. Tab. 1 sowie Pott 1990).

2.1 Einflußnahmen des vor- und frühgeschichtlichen Menschen

Die natürlichen Waldentwicklungsprozesse dieser Region wurden schon sehr früh durch Eingriffe des Menschen unterbrochen und gesteuert. So können erste Getreideanbauten mit geschlossener *Cerealia*-Kurve für das südwestfälische Bergland bereits auf die Zeit um 2000 v. Chr. datiert werden und lassen damit auf steinzeitlich-bronzezeitlichen Feldbau schließen (vgl. Tab. 1).

Mit Beginn eisenzeitlichen Holzeinschlages und prähistorischer Landwirtschaft gegen 700 v. Chr. gehen aber die Buchen bei gegenläufigem Anstieg von Eichen und Birken kontinuierlich zurück, wie uns die Pollenanalysen zeigen. Hier liegen vielleicht die ersten Anfänge anthropogen stark abgewandelter Holzartenkombinationen in Silikat-Buchenwäldern zugunsten modifizierter Niederwälder, wobei es sich um eine mehr oder weniger regelmäßige Nutzung gehandelt haben mag mit Stockausschlags- und Anbauintervallen. Eine hallstattzeitliche Siedlungsausweitung zeigt auch die archäologische Bestandsaufnahme des Gebietes; fast überall im Siegerland und im Dillgebiet wurde im Bereich potentieller Buchenstandorte eine intensive Holzkohlenproduktion betrieben, deren Relikte in zahlreichen Eisenverhüttungsplätzen, Meilern sowie Siedlungen erhalten sind. Auch archäologische Funde von latènezeitlichen Meiler- und Hüttenplätzen ergaben, daß schon damals Hölzer von nur 5–21jährigen Stangen aus Buchenholz für die Holzkohleproduktion verwandt worden sind (Krasa 1931; Fritz 1952). Die Eisenverhüttung geschah dabei an den oberen Berghängen mitten im Walde, wie fast alle früh- bis späteisenzeitlichen

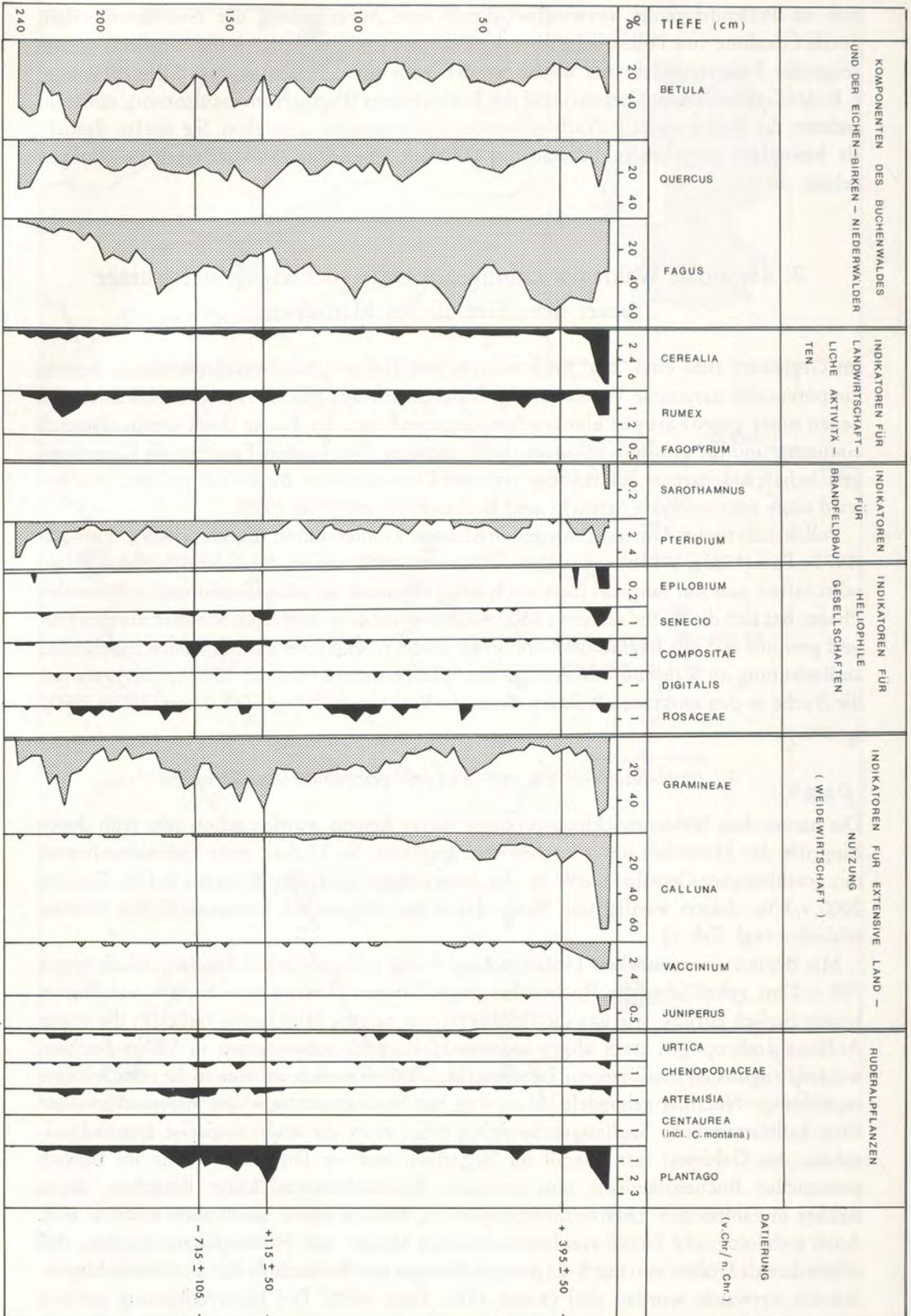


Abb.2 Anthropogene Indikatoren für Waldfeldbau. Nutzungen im Siegerland (Teildiagramm aus dem Pollendiagramm Erndtebrück, POTT 1985a).

Tabelle 1 Geschichte der Wälder des südwestfälischen Berglandes unter dem Einfluß des Menschen
(aus Pott 1990)

Periode (v. Chr./n. Chr)	Menschlicher Einfluß	Waldentwicklung/wichtige waldverändernde Faktoren	Auswirkungen auf Vegetation und Landschaft	
+ 1900	Umwandlungen von Haubergen	Moderne Land- und Waldwirtschaft	Nadel- und Laubholzforsten, Weide-, Wiesen-, Ackerland- schaften	
+ 1850	Neuzeit	Rhein-Sieg-Bahn 1861		
+ 1800				
+ 1750		Erste Nadelholzaufforstun- gen seit ca. 1750		
+ 1700	Frühe Neuzeit	Großflächige Lohgerbereien seit 1718	Eichenschälwälder	Vegetationskomplexe der Waldfeldbausysteme (Schlag- fluren, Niederwälder, Ackerunkräuter, Triffluren)
+ 1650				
+ 1600				
+ 1500		Spätmittelalter	1467 »Hauberg«, mittelalter- licher Bergbau, Waldverwü- stungsperiode, Holz- und Waldordnungen	Haubergskulturen, zyklische Wald- und Landnutzungen; Maßnahmen zum Erhalt von Wäldern
+ 1450				
+ 1400				
+ 1350	Mittelalterliche Wüstungen	Agrare Krisen und Siedlungs- depressionen	Spontane Rückentwicklung von Buchenwäldern	Kurze Wiederbewaldungs- phase
+ 1300		1311 erste Lohschälerei		
+ 1250				
+ 1200	Hochmittelalter	Binnenkolonisation mit Rodungsinseln, Kulturland- gewinnung, Neugründung von Dörfern	Entwaldung	Hohe Diversität der Vegeta- tion: alle Typen halbnatür- licher Vegetation (Wiesen, Weiden, Niederwälder, Heiden und Triften)
+ 1100				
+ 1000				
+ 900		Frühmittelalter	Spätkarolingisch-früh- ottonische Rodungsphase	Subatlantikum Rodungen, extensive Beweidung, Holzschlag
+ 800				
+ 700	Sächsisch-karolingische Rodungen			
+ 600				
+ 500				
+ 400	Völkerwande- rungszeit	Abnehmender menschlicher Einfluß	kurzfristige Wiederbewaldung vorwiegend mit Buche	
+ 300				
+ 200				
+ 100	Römische Zeit	Stellenweise römerzeitlicher Bleibergbau. Siegerland als grenznahe Eisenproduktions- region des Römischen Reiches		
± 0				
- 100	Latènezeit	Intensivierung der Eisen- und Holzkohleproduktion	Zunahme von Stockaus- schlagflächen, wandernder Waldbau	Zunahme der Eichen- Niederwaldflächen
- 200				
- 300				
- 400	Eisenzeit	Agrar- und Bergbausiedlungen mit Verhüttungsplätzen, Schmieden und Wohnplätzen		
- 500				
- 600				
- 700	Hallstattzeit	Beginn der Eisenschmelzen, Holzkohleproduktion seit 700 v. Chr.	Entstehung von Wäldern aus Stockausschlag	Niederwälder, Heiden, Ruderalgesellschaften
- 800	Bronzezeit	Bronzezeitliche Expansion und Exploitation		Schaffung halbnatürlicher Vegetationseinheiten
- 900				
- 1000		Beginn der Kolonisation, neolithische Landnahme, 2000 v. Chr. erster Ackerbau	Subboreal Massenausbreitung der Buche; Ausbildung von Buchen- wäldern	Erste Eingriffe in die Wald- landschaft; offene instabile Vegetation, erste Sukzessions- stadien
- 2000				
- 3000	Steinzeit		Atlantikum erste Ausbreitung der Buche (<i>Fagus sylvatica</i>) im Eichen- mischwald	Geschlossene Wälder vor dem Eingriff des Menschen
- 4000				

Schmelzofenfunde zeigen. Wenn für die Holzkohleproduktion Buchenholz zur Verfügung stand, wurde es bevorzugt zur Meilerei eingesetzt; erst später ging man zu Eichen- und Birken-Stangenhölzern über.

Nach pollenanalytisch nachweisbaren Rückgängen von Siedlungszeigern wie auch der Eichenpollenspektren zu Beginn der Älteren Römischen Kaiserzeit nehmen die Buchenwaldanteile wieder zu; in ähnlicher Weise verlaufen zur Zeit der Völkerwanderung um 350 n. Chr. die Buchen- und Eichenkurven in den Pollendiagrammen entgegengesetzt. Infolge der Siedlungsdepression steigt die Buche antagonistisch zu den Cerealia-Spektren in den Pollendiagrammen an und demonstriert den erneuten Flächengewinn der montanen Buchenwälder (Abb. 2). Beim Einsetzen frühgeschichtlicher Siedlungstätigkeiten und nach Vernichtung von Wäldern in größerem Umfang seit den sächsisch-karolingischen Rodungsperioden (etwa 750–900 n. Chr.) erfahren dann die Sekundär- und Ersatzformationen eine stärkere Ausweitung und prägen von nun an das Vegetations- und Landschaftsbild. So vollzog sich bereits in prähistorischer Zeit im Silikatbuchenwald ein Gehölzartenwandel, bei dem die Buchen weitestgehend verdrängt und von Eiche und Birke ersetzt wurden.

2.2 Mittelalterliche Rodungen und Waldveränderungen

Der Wald diente – wie bereits erwähnt – nicht nur als Bau- und Brennholzreservoir, sondern wurde auch als Weide für Rinder, Schafe und Ziegen genutzt, lieferte Streu und Laub für die winterliche Stallhaltung und -fütterung des Viehs. Außerdem war er Ort der Brennholzproduktion und diente möglicherweise schon in irgendeiner Form als rotationsmäßiger Acker. Alle diese Einflußnahmen führten insgesamt zu erheblichen qualitativen und quantitativen Veränderungen der ehemaligen Buchenwälder.

Mittelalterliche Landnahmen mit entsprechendem Landesausbau und Rodungstätigkeiten charakterisieren unter gleichzeitiger Zunahme der Bevölkerung in der Mitte des 9. Jahrhunderts immer neue Siedlungsphasen, wobei die Siedler in eine bislang menschenleere Waldlandschaft oder in Gebiete mit Sekundärwäldern vordrangen und dabei neue Hofstellen begründeten. Zeugen dieser spätkarolingischen-frühottonischen Rodungsphase sind die zahlreichen -»hausen«-Orte (vgl. Abb. 3).

In einer zweiten Phase der hochmittelalterlichen Binnenkolonisation bis zum 13. Jahrhundert wurden immer neue Rodunginseln geschaffen, die bis in Höhenlagen über 400 m verbreitet waren. Ausschlaggebend bei der Standortwahl solcher mittelalterlicher Siedlungsinitialen war stets eine möglichst geringe Entfernung zum Wasser. Während die Gehöfte in der Frühphase der Binnenkolonisation noch hochflächen- oder hangorientiert waren, wurden im 13. Jahrhundert die Dorfneugründungen vermehrt in den Tallagen angelegt, wobei der feuchte Talgrund der Aue als Futterbasis für die Waldhude und die Grasheugewinnung genutzt wurde und geeignete Talhänge mit geringer Inklinatation dem Ackerbau dienten.

Diese mittelalterliche Rodungsperiode und Kulturlandgewinnung mit Neugründung und Erweiterung von Gehöften und Dörfern durch die wachsende Bevölkerung, mit extensivem Wald- und Landbau, steigendem Bedürfnis an Weide- und Ackerflächen, sowie an Bau-, Brand- und Kohlholz leitete gravierende Veränderungen im Waldbild ein. Durch Übernutzung wurden die Wälder verwüstet, ihre Böden durch Degradation und Podsolierung zum Teil verändert, mit extensiver Landwirtschafts- und Waldnutzung sogar bis hin zur völligen Devastierung und Degradation.

Diese intensive Siedlungstätigkeit setzte sich aber nicht kontinuierlich bis in die Neuzeit

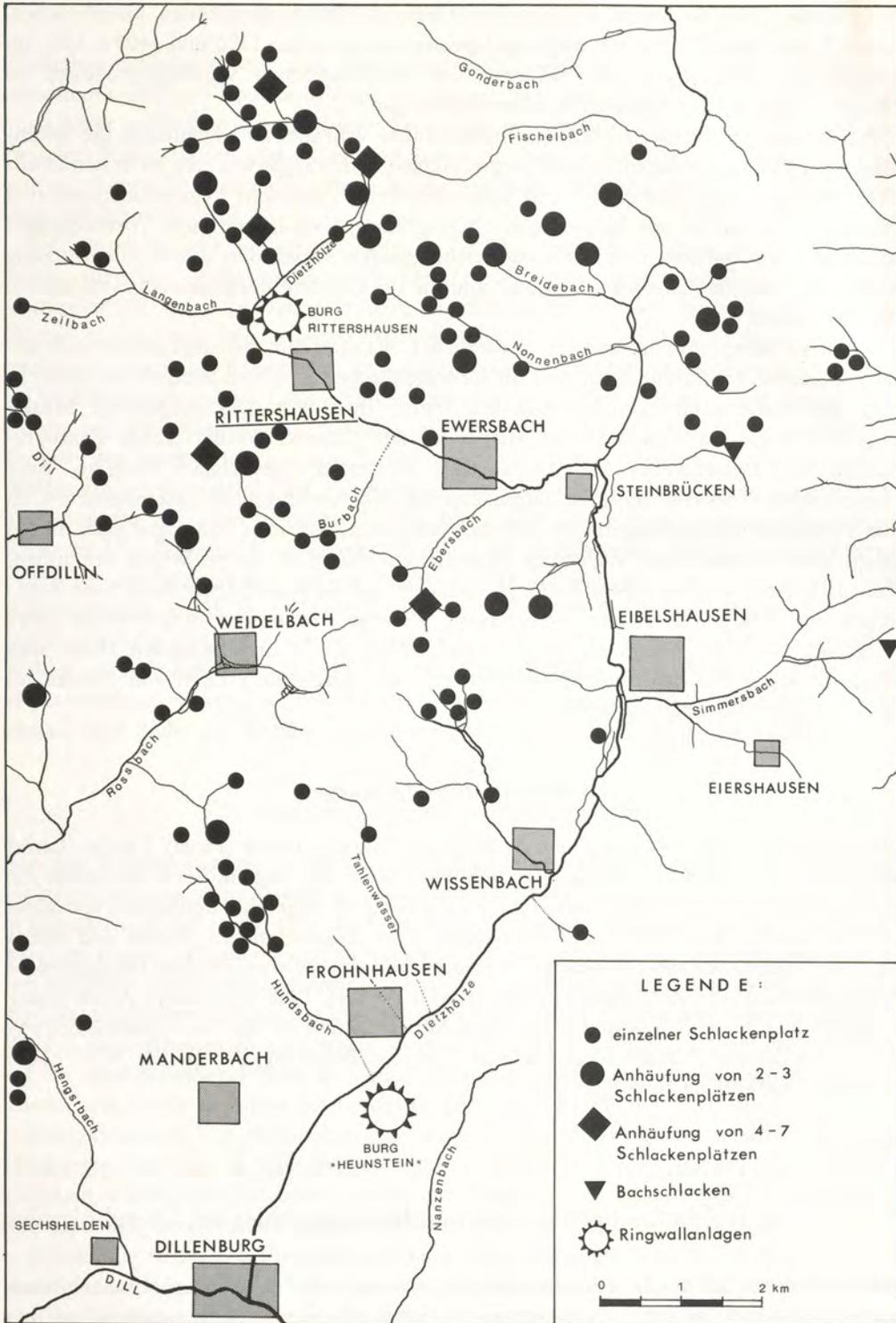


Abb. 3 Verteilung von Schlackenplätzen im Dietzhölztal und Umgebung (nach JOCKENHÖVEL, Willms 1990).

fort, sondern wurde durch markant hervortretende Wüstungsperioden unterbrochen, wobei Phasen mittelalterlicher Siedlungsdepressionen zwischen 1300 und 1400 n. Chr. im Siegerland dokumentiert sind. Während des mittelalterlichen Wüstungsprozesses im 14. Jahrhundert kam es sogar zu Wiederbewaldungen.

Auf Kosten potentieller natürlicher Buchenwälder erfuhren im allgemeinen die Sekundär- und Ersatzformationen stärkere Ausweitungen und prägten von nun an in beträchtlichem Umfange das Vegetations- und Landschaftsbild. Zahlreiche Vegetationstypen und Pflanzengesellschaften wie Niederwälder, Schlagfluren, Verlichtungs- und Vorwaldgesellschaften sowie ginster- und wacholderreiche Heiden entstanden durch Übernutzung mittels unregelmäßiger Landwirtschaft und führten zur Öffnung der ehemals geschlossenen Waldlandschaft.

Intensive Stangenholznutzungen, zusätzlicher Waldfeldbau, Streuentnahme und uneingeschränkte Waldweide bedingten im südwestfälischen Bergland letztlich die Vernichtung des Niederwaldbestandes sowie des Waldes insgesamt. Das ausgehende Mittelalter war sogar nach zusätzlicher Steigerung der Eisenverhüttung durch Erzabgrabungen in Tagebaustollen und Einsatz mit Wasserkraft getriebener Gebläse- oder Hammerhütten deshalb zeitweise durch extreme Holzverknappung gekennzeichnet. In den Forstakten der damaligen Zeit läßt sich nachlesen, daß man von Olpe nach Siegen gehen konnte, ohne einen »halbwegs vernünftigen« Baum zu sehen. Wegen der auftretenden Holznot wurden schon im 15. Jahrhundert von landesherrlicher Seite erste Regelungen zur Waldschonung und entsprechende Verbote erlassen (beispielsweise im Jahre 1472 und 1498, vgl. Naumann 1970; Mantel 1980), die in umfangreichen Holz- und Waldordnungen für viele Teile des Süderberglandes durch die Grafen von Nassau im Jahre 1562 ihre Fortsetzung fanden.

2.3 Neuzeitliche Aufforstungen

Nadelholzaufforstungen in der Neuzeit mit Kiefer (*Pinus*), Fichte (*Picea*), Lärche (*Larix*) und Tanne (*Abies*) machten der Waldauflichtung und -zerstörung ein Ende. Besonders die Fichte wurde in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts eingeführt und diente vor allem zur Aufforstung von Heiden und stark degradierten Niederwäldern. Boden und Klima sagen der Fichte zu, und das heutige Vegetationsbild des südwestfälischen Berglandes ist durch großflächige Fichtenforste bestimmt (vgl. Abb. 4). Eine sehr starke Ausdehnung erfuhren die Fichtenaufforstungen seit 1850. Mit Rücksicht auf die ökologischen Schwächen ausgedehnter Fichten-Monokulturen und die Belastung der Böden wird heute verstärkt Laubholz nachgezogen.

3. Extensive Waldnutzungen im Eisenverhüttungsgebiet des Dietzhölztales

Die Verhüttung des Eisens geschah zunächst, wie fast alle früh- bis späteisenzeitlichen Schmelzofenfunde zeigen, wegen günstiger Luftzugsbedingungen vorwiegend an den oberen Berghängen mitten in den Niederwäldern. Früh- und hochmittelalterliche Verhüttungsplätze mit Rennöfen sowie gekoppelter Erzgewinnung und Köhlerei wurden ebenfalls als Waldschmieden mit Gebläseöfen an windexponierten Hängen angelegt (s. auch Sönneken 1971).

3.1 Schlackenhalde und Ofenreste im Dietzhölztal

Ehemalige Schlackenplätze und Verhüttungsstellen sind vielfach infolge von Bodenabschwemmungen und Bodenerosionen verschüttet oder verlagert worden und deshalb oft nur schwer auffindbar. Zu den bisher bekannten Fundstellen zählt auch das Dietzhölztal zwischen Rittershausen und Dillenburg, das in der Vorzeit durch zwei mächtige Zentralorte mit Ringwallanlagen, die »Burg« bei Rittershausen und den »Heunstein« bei Dillenburg geprägt wird (Abb. 3).

Frühmittelalterliche Schlackenhalde des 9.– 12. Jahrhunderts bezeugen eine anschließende intensive Eisengewinnung, die offenbar in Form von Rennfeuerhütten und Waldschmieden im Walde betrieben worden ist. Erst später wurden gewerblich betriebene Hütten entlang von Wasserläufen angelegt (Abb. 3), die schließlich zu Keimzellen der späteren industriellen Kleinhütten und eisenverarbeitenden Betriebe wurden.

Das Siegerland und das Lahn-Dill-Gebiet gehörten mit ihren reichen Eisenerzlagern zu den traditionsreichsten Eisenrevieren Mitteleuropas. Die fast zweitausendjährige Periode der Eisenverhüttung mit Rennöfen bewirkte in Verbindung mit unregelmäßiger Waldnutzung ohne Rücksicht auf Bestand und Zukunft der Wälder die zunehmende Verkleinerung der ursprünglichen Waldflächen; außerdem war eine geregelte Forstwirtschaft im Mittelalter noch unbekannt. In den noch verbleibenden Waldgebieten erfolgten daneben auch mehr oder weniger qualitative Veränderungen, d. h. die ursprüngliche Waldvegetation wurde je nach Siedlungsnähe oder -ferne stärker oder schwächer überformt und hatte vielerorts eine Waldverwüstung zur Folge. Dem allmählichen Ruin des Waldes trat man bereits im 14. und 15. Jahrhundert entgegen, indem Einschränkungen des Holzeinschlages sowie Laubholzanbauten angeordnet wurden. Ihre Effektivität reichte vielfach aber nicht aus, die lawinenartig anwachsende Waldzerstörung aufzuhalten.

3.2 Entwicklung der geregelten Haubergsnutzung

Aus den Waldverwüstungsphasen des 15. und 16. Jahrhunderts entstand nach allgemeiner Holzverknappung, dem Mangel an anbaufähigem Ackerland und an Weideflächen zuerst in den Markenwäldern das typische Genossenschaftswesen des Hauberges. Im Jahre 1467 wird der Begriff »Hauberg« erstmals urkundlich erwähnt. Den ausführlichen Darstellungen zahlreicher Abhandlungen zufolge, sind im Siegerland und im Lahn-Dill-Gebiet ganz typische Extensivnutzungen des kombinierten Wald- und Feldbaus ausgeübt worden. Der Wald bildete dabei einen zusammenhängenden Funktionskomplex und wurde vorrangig auf ein- und derselben Fläche in zyklischer Nutzung nach genauem Reglement in einem Turnus von 18 bis 22 Jahren bewirtschaftet (Abb. 4, 5 und 6).

Charakteristisch für dieses Betriebssystem ist die Bewirtschaftung jeder einzelnen Haubergsgemarkung, welche zunächst in soviel Jahresschläge, »Jahne« oder »Hau« aufgeteilt wurde, wie Umtriebsfolgen für den Hauberg vorgesehen waren, so daß jährlich nur ein Schlag zum Abtrieb gelangte (Abb. 6).

Die ständig wachsende Eisenindustrie hatte einen gewaltigen Bedarf an Holzkohle. Man benötigte zur Herstellung von 1 t Eisen etwa 3,5 t Holzkohle. Für die Verarbeitung von 1 t Holzkohle waren außerdem ca. 5 t Kohlholz notwendig, so daß die Produktion jeder Tonne Eisen ungefähr die 15–17fache Gewichtsmenge an Holz erforderlich machte. Zur Sicherstellung dieses enormen Bedarfes und der Nebennutzungen regelten in der Folgezeit verschiedene »Haubergs«- oder »Jahnordnungen« die Bewirtschaftung der Genossenschaftswälder.



Abb. 4 Großflächige Fichtenaufforstungen kennzeichnen heute die Waldgebirge des Süderberglandes, 1985.

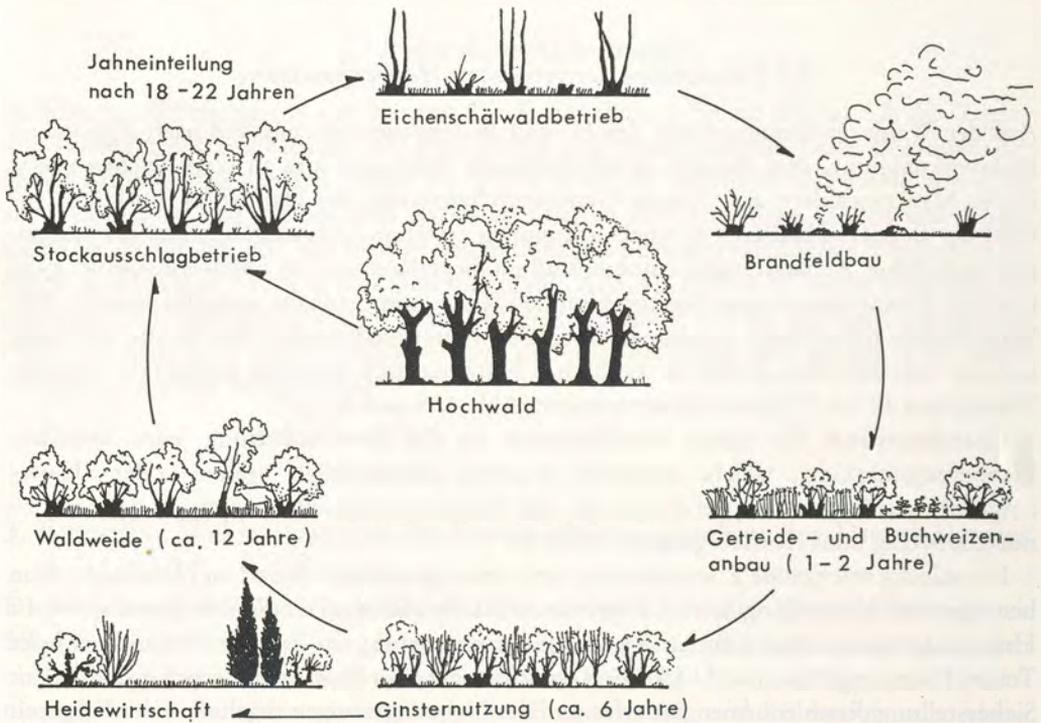


Abb. 5 Rotationssystem und Andauer von Holz- und Waldfeldbaunutzungen der zyklischen Haubergwirtschaft.



Abb. 6 Handtuchstreifenartige Haubergsschläge und Eichen-Birken-Niederwaldparzellen bei Mandeln, 1984.

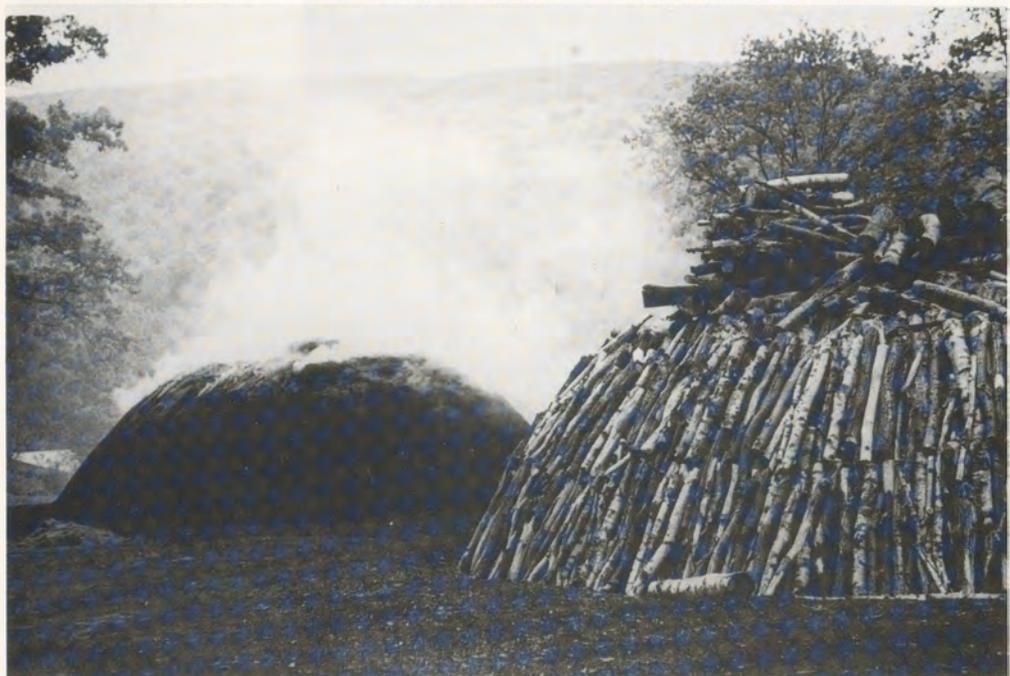


Abb. 7 Holzkohlenmeiler im Siegerland, 1984.



Abb. 8 Eichenschälwald bei Burbach-Wahlbach. Die Eichenrinde bleibt nach dem Schälen zum Trocknen am Stamm hängen und wird als Lohe zusammengebunden (1984).

Da zusätzlich seit dem 17. Jahrhundert das Lohschälen der Eichenrinden durch vermehrte Einrichtungen von Gerbereien entscheidend an Bedeutung gewann, wurde seit 1718 erstmalig die Lohgerberei zusätzlich in den Wirtschaftszyklus einbezogen.

Der Wald diente dabei:

- der Stangenholzgewinnung zur Herstellung von Holzkohle (Abb. 7),
- als Eichenschälwald zur Lohegewinnung (Abb. 8),
- dem Anbau von Getreide und Buchweizen (Abb. 9–11),
- der Ginster-, Futter- und Streugewinnung (Abb. 12),
- der Waldweide (s. auch Abb. 13).

Diese Nutzungsformen des Waldes finden sich in ganz Europa von den Pyrenäen bis nach Finnland verbreitet (vgl. auch Andersen 1988; Linkola 1988; Metailie et al. 1988; Pott 1986, 1988a, 1988b). Dabei ist allerdings zu sagen, daß z.B. Stangenholzgewinnung zur Herstellung von Holzkohle nicht unbedingt mit Waldfeldbau gekoppelt sein muß. Dasselbe gilt für den Eichenniederwald (Pott 1990).

Eine schmalparzellige Niederwaldschlagführung erfolgte nach genauem Reglement in einem Turnus von 18 bis 22 Jahren. Da fast alle Hauberge die gleiche Zahl an Parzellen



Abb. 9 Brandrodung zur Anlage eines Getreidefeldes, 1984.



Abb. 10 Roggenfeld im Hauberg und Stockausschlagen im Getreide, 1984.



Abb. 11 Buchweizenfeld, 1984.

aufwiesen, konnte in jedem Jahr der älteste Schlag abgetrieben werden. Eichen-Birken-Niederwälder, die sich streifenförmig die Berghänge hinaufziehen, zeugen mancherorts noch heute von der Aufteilung solcher Hauberge (Abb. 6). Zur Gewinnung von Gerberlohe wurde in schlagreifen, meist 18jährigen Niederwäldern nach Entfernung des Birken- und Reiserholzes die Rinde der Eichenstockausschläge mit einem Spezialmesser (Lohlöffel) von unten nach oben in einem Stück geschält. Zum Trocknen blieben anschließend die etwa 4 m langen Rindenstreifen bis zu 14 Tagen hängen, um danach als Lohe gebündelt in die Gerbereien zu gelangen (Abb. 8). Die Eichenstangen vermeilerte man zu Holzkohle (Abb. 7).

Nach der Holzentnahme und Räumung des Hauberges wurde die Grasnarbe geschält, mit anfallenden Kleinhölzern zum Trocknen aufgehäuft und verbrannt. Bevor für ein oder zwei Jahre kurzstrohiger Roggen, Hafer oder Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*) eingesät werden konnte, wurde die Holz- und Rasenasche über den Haubergsacker verstreut und eingepflügt. Im Getreide und im Buchweizen wuchsen die Stockausschläge wieder hoch (Abb. 9–11). Am Ende der Ackerbauperiode keimten auf den Parzellen

Abb.12 Besenginsterreiche Heideflächen im Haubergsgebiet, 1984.



Abb.13 Wacholderheide mit Borstgrastriften als Relikt der Extensivbeweidung, 1984.



infolge der Lichtstellung große Mengen an Besenginster (*Cytisus scoparius*) (Abb. 12), der durch seine Stickstoff-fixierende Wurzelsymbiose zur Nährstoffanreicherung des Hauberges beigetragen hat. Erst im 4. Schonjahr erlebte der Besenginster seine volle Blühreife und große Massentfaltung mit 2–3 m hohen Büschen (»Ginsterberge«), in deren Schutz die Stockausschläge von Eiche und Birke ungehindert heranwachsen konnten. Wenn nach etwa sechs Jahren durch Schattenwirkung und Konkurrenz der weiterwachsende Stangenholzer die Ginsterbüsche geschwächt waren und allmählich zusammenbrachen, gab man den Hauberg generell zur Viehhude frei. Im Laufe des rund 18jährigen Umtriebs ließ man vom 4. Jahr an die Schafe und vom 6. Jahr an unter der Führung eines Hirten das Großvieh (vor allem Rinder) und Schweine zur Hude und Mastfütterung in den Hauberg. In dieser Phase des Niederwaldaufwuchses konnten im allgemeinen die Stockausschläge vom Weidewiech nicht mehr abgefressen werden. Der Hauberg unterlag in der Regel für zwölf Jahre der Waldweidenutzung.

In Verbindung mit den Holz- und Ackerbaunutzungen hatte aber die Intensität der Beweidung mehr oder weniger gravierende Überformungsprozesse in den nur schwer sich regenerierenden Niederwaldparzellen zur Folge. Den verschiedenartigen Standortbedingungen und der artspezifischen Verbißresistenz entsprechend, bildeten sich bei andauerndem Beweidungsdruck vielfach Degradationskomplexe mit Borstgrasrasen, Wacholderbüschen oder hochheideähnlichen Vegetationstypen (Abb. 13), in denen nach Beendigung des Vieheintriebes immer wieder Eichen nachgepflanzt und Birken ausgesät werden mußten, um das Stangenholz zu erhalten.

3.3 Vegetationskomplexe als Relikte von Waldfeldbaunutzungen

Der Haubergsbetrieb hatte gravierende Überformungsprozesse in den nur schwer sich regenerierenden Niederwaldparzellen zur Folge. Diese führten zu einer Reihe halbnatürlicher Pflanzengesellschaften und Vegetationstypen mit Niederwäldern, Schlagfluren, Verlichtungs- und Vorwaldgesellschaften sowie ginster- und wacholderreiche Heiden infolge von Hudenutzungen. Sie lassen sich (nach Pott 1985b, 1986) so zuordnen, wie es in der Tab. 2 angeführt ist.

So kommt es noch heute unmittelbar nach dem Holzabtrieb durch spontane Lichtstellung zu Vergrasungseffekten mit *Avenella flexuosa*; als Staudenfluren bedecken im 2. und 3. Jahr nach dem Holzschlag ausgedehnte Fingerhut-Schlaggesellschaften vom Typ des *Digitali-Epilobietum* die nachwachsenden Niederwaldparzellen. Nachfolgende *Senecio fuchsii*-, *Sambucus racemosa*- und *Betula alba*-reiche Verlichtungs- und Vorwaldstadien leiten den Prozeß der Waldregeneration ein, wobei eichenreiche Niederwälder dominieren. An vielen Stellen sind auch *Pteridium aquilinum*-reiche Niederwälder verbreitet; sie zeigen exemplarisch, wie natürliche Vegetationseinheiten durch Brandfeldbau und Extensivbeweidung in qualitativ völlig anders strukturierte Ersatzformationen überführt werden können. Auch die mannshohen und dichten Ginsterfluren mit ausschließlicher Dominanz von *Cytisus scoparius* sind als Relikte des Brandfeldbaues anzusehen. (Die Namen der Pflanzengesellschaften und Vegetationstypen basieren auf der Zusammenstellung der Pflanzengesellschaften Deutschlands von Pott 1992).

Kleine Reste weidebedingter Vegetationskomplexe in Form von Borstgrastriften mit *Nardus stricta* im häufigen Wechsel mit *Calluna*- und *Vaccinium*-Bergheiden bezeugen noch an vielen Stellen die ehemals großflächig verbreiteten Hutungen.

Aus einer Waldgesellschaft können nunmehr bei verschiedenen Nutzungsmaßnahmen mehrere kleinräumig differenzierte Ersatzgesellschaften entstehen, deren Existenz und

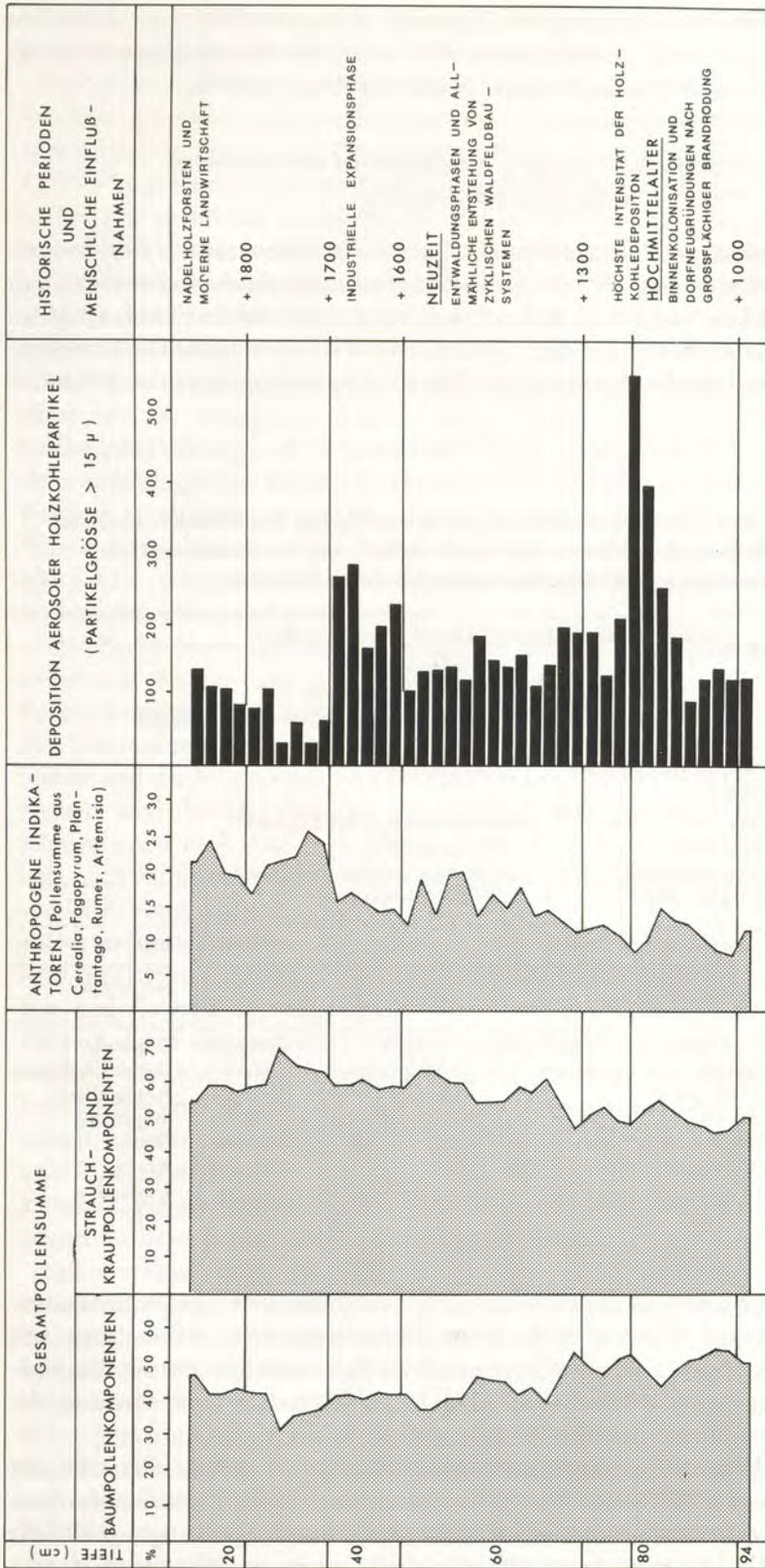


Abb.14 Deposition aerosoler Holzkohlenpartikel im Eisenverhüttungsgebiet des Dietzhölztales (Teildiagramme aus dem Moor am Zeilbach, Rittershausen; aus SPEIER 1990).

Fortdauer von spezifischen anthropogenen Faktoren abhängen. Eine vom Menschen ausgelöste Vegetationsdynamik innerhalb potentieller natürlicher Luzulo-Fagetum-Standorte und deren Reflektion im Pollendiagramm zeigen die Abb. 2 und 14.

3.4 Pollenanalytische Nachweismöglichkeiten der extensiven Wald- und Landnutzung

Die Häufung nachgewiesener Pollen anthropogen geförderter Elemente wie *Sarothamnus* (= *Cytisus*), *Senecio*, *Epilobium* usw. und deren komplementärer Kurvenverlauf bezeugen in Verbindung mit hohen Frequenzen anderer Siedlungsanzeiger, daß nach umfangreichen Brandrodungen starke Auflichtungen der ursprünglichen Wälder erfolgten. Die Brandphasen zeigen sich in jeweils steilen Anstiegen von *Pteridium aquilinum*-Sporen im Pollendiagramm (s. Abb. 2).

Tabelle 2 Wald- und Landschaftsveränderungen nach zyklischen Waldfeldbaunutzungen und anthropo-zoogene Indikatoren für extensive Wald- und Landnutzungen im Wuchsbereich von Silikatbuchenwäldern (nach Pott 1986).

Ausgangsgesellschaft: Buchenhochwald (Luzulo-Fagetum)					
Holznutzungen		Waldfeldbaunutzungen			
Schlagfluren und Regenerationsstadien mit		Ackerunkrautbestände mit			
1. <i>Avenella flexuosa</i> -Vergrasung		1. <i>Epilobium angustifolium</i> und <i>Sarothamnus scoparius</i>			
2. <i>Digitali</i> - <i>Epilobietum</i>		2. Ginsterfluren			
3. <i>Senecio fuchsii</i> - und <i>Sambucus</i> -Stadien					
4. <i>Betula alba</i> -Vorwald					
Niederwaldbestände mit		Waldweidebedingte Triftfluren mit			
1. Eichen-Birken-Niederwald		1. Borstgrasrasen			
2. <i>Pteridium aquilinum</i> -Niederwald		2. <i>Vaccinio-Callunetum</i> -Bergheiden			
3. <i>Luzulo-Quercetum</i> -Niederwald		3. Wacholderheiden			
Indikatoren für potentielle natürliche Buchenwälder als Ausgangsgesellschaft für anthropogene Ersatzformationen	Schlagfluren und Auflichtungszeiger <i>Epilobietea</i> -Gruppe	Zeiger für Brandfeldbau-Aktivitäten	Indikatoren für Ackerbau-Tätigkeiten <i>Segetal</i> -Gruppe	Waldweide-Indikatoren <i>Hude</i> -Gruppe	Indikatoren für Feuchtgrünlandnutzungen der Montanregion
Fagus	<i>Epilobium</i>	<i>Sarothamnus</i>	<i>Cerealia</i>	Gramineae	Cyperaceae
Hedera	<i>Senecio</i>	<i>Pteridium</i>	<i>Fagopyrum</i>	Calluna	<i>Polygonum bistorta</i>
Luzula	<i>Geranium</i>		<i>Rumex acetosella</i>	<i>Vaccinium</i>	Ranunculaceae
	<i>Digitalis</i>		<i>Chenopodium</i>	<i>Juniperus</i>	<i>Sanguisorba</i>
	<i>Melampyrum</i>			Urtica	<i>Mentha</i>
	Gramineae				<i>Knautia</i>
					<i>Lysimachia</i>

In Verbindung mit einem synchronen Anstieg der heliophilen und regenerationskräftigen Gehölze *Betula* und *Quercus* sowie deren Schwankungen in Abhängigkeit von Siedlungsfrequenzen, zeigen sich außerdem unterschiedlich intensive Phasen des Siedlungsganges mit einhergehender Waldveränderung. Das ist besonders in der Eisenzeit, der sächsisch-fränkischen Zeit und im Mittelalter der Fall (Abb. 14).

Zu den Indikatoren für derartige Eingriffe in den Wald lassen sich im Gesamtaspekt einzelner Diagrammabschnitte auch die Pollen von Arten solcher Vegetationselemente hinzurechnen, die noch heute im rezenten Landschaftsbild als anthropo-zoogen geförderte Einheiten mit zum Teil halbnatürlichen Pflanzengesellschaften ausdifferenziert werden

können. In der Tabelle 2 sind die Indikatoren für den Waldfeldbau und seine Nebennutzung zusammengestellt.

Zu den Nutzpflanzen (*Cerealia*, *Fagopyrum*) treten als Kulturbegleiter vermehrt *Chenopodium*-, *Artemisia*-, *Urtica*-, *Plantago*- und *Centaurea*-Pollen hinzu, wobei im Bergland neben der Kornblume auch *Centaurea montana* vertreten ist. Die Waldweide äußert sich darüber hinaus durch erhöhte Frequenzen der Wildgräser, Heidekrautarten (*Calluna* und *Vaccinium*) sowie der einhergehenden *Juniperus*-Pollenspektren. Obwohl *Sarothamnus scoparius*, *Digitalis purpurea* und *Epilobium angustifolium* entomogame Arten sind, gelingt auch ihr pollenanalytischer Nachweis in den Kleinstmooren inmitten der Waldfeldbaugebiete. Alle diese Phänomene zusammen dokumentieren das Alter und die Nachhaltigkeit des Waldfeldbaus.

Es zeigt sich besonders im Profil des Siegerländischen Erndtebrück (Abb. 2), daß vor allem seit der jungesisenzeitlichen Hallstatt-Periode (ab 700 v. Chr.) infolge kräftiger Siedlungsausweitung und einhergehender Holzkohleproduktion – wie auch aus zusätzlichen archäologischen Funden ersichtlich wird (Pott 1985a) – ein langsamer Wandel von Buchenhochwäldern zu eichen- und birkenreichen Niederwäldern stattgefunden hat. Während der Latènezeit und erst recht bei Einsetzen fränkischer Landnahmephasen gegen 800 n. Chr. erhöhte sich der Niederwaldanteil und dürfte seither in einigen Regionen landschaftsbestimmend geworden sein.

Die Buchenkurve geht bei gegenläufigem Anstieg von Siedlungszeigerpollenspektren sowie von Eichen- und Birkenpollen kontinuierlich zurück. Eine Blühfähigkeit und Pollenproduktion von Stockausschlaghölzern, die in den Eichen-Niederwäldern tatsächlich früher einsetzt als in hochwaldartigen Beständen, wird dabei vorausgesetzt. Da alte Stöcke und das Wurzelwerk von Ausschlageichen bei der Stangenholzwirtschaft erhalten bleiben, sind die austreibenden Loden immer sehr gut mit Nährstoffen versorgt und blühen bereits nach etwa 14–16 Jahren. Auch die heliophile Birke breitet sich als Pionierholz nach Auflichtung der Buchenwälder sofort aus und beginnt ebenfalls mit 7–10 Jahren vergleichsweise früh zu blühen.

Die pollenanalytische Untersuchung eines Kleinstmoores im Lahn-Dill-Gebiet bei Rittershausen zeigt in hoher zeitlicher Auflösung die hochmittelalterliche Binnenkolonisation und Kulturlandgewinnung mit Neugründung und Erweiterung von Gehöften und Dörfern durch die wachsende Bevölkerung, einem extensiven Wald- und Landbau, dem steigenden Bedürfnis an Weide- und Ackerflächen sowie Bau-, Brand- und Kohlholz. Die Pollendiagramme Erndtebrück und Zeilbach (s. Abb. 2 und 14) zeigen die Auswirkungen mittelalterlicher und neuzeitlicher Landnahmeprozesse nach intensiver Brandrodung. Der hohe Eintrag von Holzkohlepartikeln (Abb. 14) in das Moor, der höchstwahrscheinlich auf Köhlertätigkeiten mit Rennfeuerhütten im Walde zurückzuführen ist, verdeutlicht diese intensiven Brandrodungswellen und Brandfeldbauphasen.

Selbstverständlich kann der Verlauf von Baumpollenkurven allein noch keinen Einblick in das Ausmaß der Waldauflichtung an sich vermitteln (s. Darstellung des Verhältnisses der Baumpollensumme AP zur Nichtbaumpollensumme NAP in der Abb. 14), weil die Summe aller Baumpollen in jedem Spektrum gleich 100 Prozent gesetzt wird. Erst ein Vergleich der Baumpollensumme mit dem Pollenanteil der Sträucher und Kräuter, die im selben Spektrum enthalten sind, bietet Aufschlüsse über die Waldbedeckung. Deutlich tritt bei dieser Darstellung hervor, daß der natürliche Wald – einschließlich der Bäume feuchter und nasser, also auch mooreigener Standorte – im frühen Mittelalter beginnend, an Wuchsraum verliert. Diese Verlichtung geht im Süderbergland überwiegend auf Kosten der Buche. Das hohe Maß der Waldauflichtung setzt sich bis zur Gegenwart hin fort.

4. Literatur

- ANDERSEN 1988 = S.T. ANDERSEN: Retrospective studies of man-induced changes in Danish forests by means of pollen analysis from bogs and soils. In: F. SALBITANO (ed.), Human influence on forest exosystems development in Europe (Bologna) 13–20.
- BUDDE 1929 = H. BUDDE: Waldgeschichte des Sauerlandes auf Grund von pollenanalytischen Untersuchungen seiner Moore. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 47, 327–337.
- FRITZ 1952 = E. FRITZ: Zur Entstehung des Niederwaldes. Holzkohlenuntersuchung der La Tène-Zeit aus dem Giebelwald. Blätter des Siegerländischen Heimatvereins 3, 78–80.
- JOCKENHÖVEL, WILLMS 1990 = A. JOCKENHÖVEL, Chr. WILLMS: 1. Zwischenbericht über die archäologischen Untersuchungsergebnisse im Rahmen des Forschungsprojektes »Untersuchungen zur vor- und frühgeschichtlichen Eisengewinnung und Eisenverarbeitung im Lahn-Dill-Gebiet«. – Seminar für Ur- und Frühgeschichte, Westf. Wilhelms-Universität Münster.
- KRASA 1931 = O. KRASA: Frühgeschichtliche und mittelalterliche Eisenschmelzen im Siegerland. Siegerland 13, 49–55.
- LINKOLA 1988 = M. LINKOLA: The influence of the slash-and-burn cultivation on forest exosystems and forest landscapes in Finland. In: F. SALBITANO (ed.), Human influence on forest ecosystems development in Europe (Bologna) 79–89.
- MANTEL 1980 = K. MANTEL: Forstgeschichte des 16. Jahrhunderts unter dem Einfluß der Forstordnungen und Noe Meurers (Hamburg, Berlin).
- METAILIE et al. 1988 J.P. METAILIE, J. BONHOTE, C. FRUHAUF: A thousand years of forest history in the French Pyrenees mountains: the Ariege example. In: F. SALBITANO (ed.), Human influence on forest ecosystems development in Europe (Bologna) 159–167.
- NAUMANN 1970 = G. NAUMANN: Forstgeschichte der ehemaligen Grafschaft Sayn-Wittgenstein-Hohenstein bis 1900. Diss. Göttingen.
- POTT 1985a = R. POTT: Beiträge zur Wald- und Siedlungsentwicklung des Westfälischen Berg- und Hügellandes auf Grund neuer pollenanalytischer Untersuchungen. Siedlung und Landschaft 17, 1–38.
- POTT 1985b = R. POTT: Vegetationsgeschichtliche und pflanzensoziologische Untersuchungen zur Niederwaldwirtschaft in Westfalen. Abhandlungen des Westfälischen Museums für Naturkunde 47, 4 (Münster).
- POTT 1986 = R. POTT: Der pollenanalytische Nachweis extensiver Waldbewirtschaftungen in den Haubergen des Siegerlandes. In: K.-E. BEHRE (ed.), Anthropogenic indicators in pollen diagrams (Rotterdam, Boston) 125–134.
- POTT 1988a = R. POTT: Extensive anthropogene Vegetationsveränderungen und deren pollenanalytischer Nachweis. Flora 180, 153–160.
- POTT 1988b = R. POTT: Impact of human influences by extensive woodland management and former land-use in North-Western Europe. In: F. SALBITANO (ed.), Human influence on forest ecosystems development in Europe (Bologna) 263–278.
- POTT 1990 = R. POTT: Die Haubergswirtschaft im Siegerland. Wilhelm-Münker-Stiftung, Heft 28, 6–41.
- POTT 1992 = R. POTT: Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. 1. Aufl. 437 S. Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- POTT, CASPERS 1989 = R. POTT, G. CASPERS: Waldentwicklung im südwestfälischen Bergland. Spieker 33, 45–56.
- REHAGEN 1970 = H. W. REHAGEN: Moorbildungen und Vegetationsgeschichte. In: Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25 000, Erläuterungen zu Blatt 5014 Hilchenbach (Krefeld) 118–124.
- SÖNNECKEN 1971 = M. SÖNNECKEN: Die mittelalterliche Rennfeuertverhüttung im märkischen Sauerland. Siedlung und Landschaft 7 (Münster).
- SPEIER 1990 = M. SPEIER, Pollenanalytisch-vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in einem Moor im Lahn-Dill-Gebiet bei Rittershausen. Unveröff. Staatsexamensarbeit Hannover.

Verzeichnis der Autoren

Prof. Dr. Hans-Gert BACHMANN, Wildaustraße 5, D-63457 Hanau

Marie-Christine BAILLY-MAÎTRE, CNRS, Centre de recherches archéologiques U.R.A. 6, Laboratoire d'archéologie médiévale méditerranéenne, Université de Provence, 29, Avenue Robert-Schuman, F-13621 Aix-en-Provence

Dragan BOGOSAVLJEVIĆ, Narodni muzej, Trg Republike 1a, YU-11000 Beograd

Haldis Johanne BOLLINGBERG, Institut für Geochemie, Senckenberganlage 28, D-60325 Frankfurt/M.

Prof. Dr. Wolfgang BROCKNER, Institut für Anorganische und Analytische Chemie der Technischen Universität Clausthal, Abt. Schwingungsspektroskopie, Paul-Ernst-Straße 4, D-38678 Clausthal-Zellerfeld

Dr. Paul T. CRADDOCK, The British Museum, Department of Scientific Research, Great Russell Street, London WC 1B 3DG, Great Britain

Dr.-Ing. Wolfgang DALLMANN, Chemnitzer Straße 101, D-09599 Freiberg/Sachsen

Vladimír DANĚČEK, Národní Technické Muzeum, Kostelní 42, ČS-17078 Praha 7

Karl Heinrich DEUTMANN, Museum für Kunst und Kulturgeschichte, Hansastraße 3, D-44137 Dortmund

Prof. Dr. Clemens EIBNER, Institut für Ur- und Frühgeschichte, Marstallhof 4, D-69117 Heidelberg

Dr. Pierre FLUCK, Université Louis Pasteur, Institut de Géologie, 1, rue Blessig, F-67084 Strasbourg

Dipl.-Geol. Ansgar FOELLMER, Geologisches Institut der Universität, Albertstraße 23, D-79104 Freiburg i. Br.

Prof. Dr. Riccardo FRANCOVICH, Università degli studi di Siena, Dipartimento di Archeologia et storia della Arti, Via Roma, 56, I-53100 Siena

Dr. Guntram GASSMANN, Universität Freiburg, Geologisches Institut, Albertstraße 23b, D-79104 Freiburg i. Br.

Dr. Michael GECHTER, Rheinisches Amt für Bodendenkmalpflege, Außenstelle Overath, Gut Eichthal, D-51491 Overath

Dipl.-Min. Gert GOLDENBERG, Universität Freiburg, Mineralogisches Institut, Albertstraße 23b, D-79104 Freiburg i. Br.

Arndt GÜHNE, Archäologisches Landesamt Sachsen, Außenstelle Meißen, Neumarkt 25, D-01662 Meißen

Dr. Andreas HAUPTMANN, Institut für Archäometallurgie, Deutsches Bergbau-Museum, Am Bergbaumuseum 28, D-44791 Bochum

Dipl.-Geol. Ludwig H. HILDEBRANDT, Büro für Denkmalpflege und Naturschutz, Im Köpfle 7, D-69168 Wiesloch

Priv.-Doz. Dr. Andreas HOPPE, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Leberberg 9, D-65193 Wiesbaden

Prof. Dr. Albrecht JOCKENHÖVEL, Seminar für Ur- und Frühgeschichte, Universität Münster, Domplatz 20-22, D-48143 Münster

Dr. Rolf KÄPPLER, Bergakademie Freiberg, Fachbereich Geowissenschaften, D-09599 Freiberg

Prof. Dr. Ingo KEESMANN, Universität Mainz, Institut für Geowissenschaften, Arbeitsgruppe Archäometallurgie, Saarstraße 21, D-55122 Mainz

Dr. Martin KEMPA, Landesdenkmalamt Baden-Württemberg, Arbeitsstelle Schwäbisch Gmünd, Brandstatt 1, D-73525 Schwäbisch Gmünd

Dr. Lothar KLAPPAUF, Institut für Denkmalpflege, Stützpunkt Harzarchäologie, Rammelsberger Straße 86, D-38640 Goslar

Dipl.-Min. Sabine KLEIN, Universität Frankfurt/M., Institut für Geochemie, Senckenberganlage 28, D-60325 Frankfurt/M.

Andreas KÖNIG, Universität Frankfurt/M., Institut für Geochemie, Senckenberganlage 28, D-60325 Frankfurt/M.

Dr. Jaroslav KUDRNÁČ, CSc., Archeologický ústav ČSAV, Letenská 4, ČS-11801 Praha 1 - Malá Strana

Dr. Jozef LABUDA, SBM - Slovenské Banské Múzeum, ČS-96900 Banská Štiavnica

Egon LIETZ, Im Spähenfelde 9, D-44145 Dortmund

Prof. Dr. Harald LINDNER, Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik, D-09599 Freiberg

- Dr. Uwe LOBBLEDEY, Westfälisches Museum für Archäologie, Amt für Bodendenkmalpflege, Rothenburg 30, D-48143 Münster
- Dr. Gert MAGNUSSON, Stockholms Universitet, Arkeologiska Institutionen, Universitetsvägen 10 D, S-106 91 Stockholm
- Dr. Jan MICHÁLEK, Muzeum středního Pootaví, ČS-386 11 Strakonice
- Prof. Dr. Danuta MOLENDĄ, IHKM PAN, Swierc-zewskiego 105, PL-00-140 Warszawa
- Dr. Thomas NOELTNER, Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Hertzstraße 173, D-76187 Karlsruhe
- Dr. Hans NOTHDURFTER, Denkmalamt Bozen, Armando-Diaz-Straße 8, I-39100 Bozen
- Dr. Karel NOVÁČEK, Národní Technické Muzeum, Kostelní 42, ČS-17078 Praha 7
- Prof. Dr. Volker PINGEL, Universität Bochum, Institut für Ur- und Frühgeschichte, Universitätsstraße 150, D-44801 Bochum
- Dr. Alain PLOQUIN, Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques, B.P. 20, F-54501 Vandoeuvre-les-Nancy Cedex
- Prof. Dr. Richard POTT, Universität Hannover, Institut für Geobotanik, Nienburger Straße 17, D-30167 Hannover
- Dr. Thilo REHREN, Institut für Archäometallurgie, Deutsches Bergbau-Museum, Am Bergbaumuseum 28, D-44791 Bochum
- Dr. Wolfgang SCHWABENICKY, Kreisarbeitstelle für Bodendenkmalpflege, Poststraße 16, D-09641 Mittweida
- Dr. Klaus SIMON, Landesamt für Archäologie mit Landesmuseum für Vorgeschichte, Japanisches Palais, Palaisplatz, D-01097 Dresden
- Martin SPEIER, Universität Hannover, Institut für Geobotanik, Nienburger Straße 17, D-30167 Hannover
- Dr. Gerhard SPERL, Erich-Schmid-Institut für Festkörperphysik, Jahnstraße 12, A-8700 Leoben
- Priv.-Doz. Dr. Hans-Georg STEPHAN, Universität Göttingen, Seminar für Ur- und Frühgeschichte, Nikolausberger Weg 15, D-37073 Göttingen
- Prof. Dr. Heiko Steuer, Universität Freiburg, Institut für Ur- und Frühgeschichte, Belfortstraße 22, D-79098 Freiburg i. Br.
- Dr. Rolf STRIENITZ, Bergakademie Freiberg, Institut für Silikattechnik, D-09596 Freiberg
- Prof. Dr. Jerzy SZYDŁOWSKI, ul. Chopina 3/4, PL-41-902 Bytom
- Dr. Rudolf TASSER, Landesbergbaumuseum, Sitz Jöchelturm, Frundsbergstraße 20, I-39049 Sterzing
- Dr. Bernd ULLRICH, Bergakademie Freiberg, Institut für Silikattechnik, D-09596 Freiberg
- Prof. Dr. Hans URBAN, Universität Frankfurt/M., Institut für Geochemie, Senckenberganlage 28, D-60325 Frankfurt
- Prof. Dr. Sofija VUKOVIĆ, Rudarsko-geološki fakultet, YU-11000 Beograd
- Dr. Jürgen WAHL, Investigaçāo Arqueolōgica de Três Minas, P-5450 Vila Pouca de Aguiar
- Dr. Jiří WALDHAUSER, CSc., Národní Technické Muzeum, Kostelní 42, ČS-17078 Praha 7
- Wolfgang WEGENER M.A., Rheinisches Amt für Bodendenkmalpflege, Endericher Straße 133, D-53115 Bonn
- Dr. Christoph WILLMS, Universität Münster, Seminar für Ur- und Frühgeschichte, Domplatz 20-22, D-48143 Münster
- Dr. Ulrich ZIMMERMANN, Universität Freiburg, Institut für Ur- und Frühgeschichte, Belfortstraße 22, D-79098 Freiburg i. Br.
- Prof. Dr. Thomas ZOTZ, Universität Freiburg, Historisches Seminar, Abt. Landesgeschichte, Werdering 8, D-79098 Freiburg i. Br.

Ortsregister

- Aachen 21, 169
– -Lousberg 169
Aalen 505
Admont 190, 199
Ägypten 43, 139, 160
Agucha 36
Ahr 72, 74, 165, 427
Ahrweiler 161, 164, 167, 171
Aibunar 84
Albacete 146
Albanbühel 72
Albuch 512, 514
Alcalá 58, 60
Alderley Edge 39f., 47
Allemont 451
Almeria 105f.
Alpe d'Huez 454–457
Alpen 17, 21f., 25, 67, 72–74, 83f., 103f., 461f.,
467, 469, 472–474
Altenberg 21–23, 315, 317, 319, 379, 382
Altenberg s. a. Sainte-Marie-aux-Mines
Altenburg 321
Altensalz 95
Altötting 190
Altonico 193
Altzella s. Marienzella
Amberg 461, 473
Andreasberg 157
Angelsey 40
Annaberg 22
Aquafredda 70f., 75
Aquaviva di Besenello s. Romagnago
Aquadotto di Plaù 71
Aranda de Duero 146
Astorga 150
Aubin 367, 369
Außergefeld s. Kvilda
Avala 421
Avezzano 136f.
- Bad Frankenhausen 90
Bad Gottleuba 100f., 103
Bad Grund 195
Bad Krozingen 254
Bad Lauterbach 90
Bad Liebenstein-Eisenach 90
Bad Sachsa-Sangerhausen 90
Bad Schandau 90, 98
Badan 390
Baden 259
Baden-Baden 15
Badenweiler 15
– -Schallsingen 245
– -Oberweiler 245, 498
- Bahra 100
Balkan 62, 409
Bamberg 190
Banište 387, 390
Baños de Bande 151
Banská Bystrica s. Neusohl
Banská Hodruša 385f.
Banská Štiavnica s. Schemnitz
Baratti 430, 435
Barbantes 141
Barbian 70, 73
– -Kohlgrube 73
Bardinová 387
Barrela 127
Bartholomä 515
Basel 194–196, 202, 223
Bayern 57, 192, 407, 462
Bělčice 401, 404
Beluj 387, 390
Bensberg 167
– -Rüderoth 167
Berggießhübel 90, 100f., 103
Bergisches Land 167, 172, 176, 520
Bergreichenstein (Kašperské Hory) 348, 391–394,
397–401, 404, 406
Bergslagen 477, 482, 486, 488, 490–493
Berthelsdorf s. Freiberg
Beskiden 375
Beuthen (Bytom) 22, 213, 361–372, 378, 380
– -Margarethenhügel 368
Biberach 210f., 213
– -Prinzbach 15, 21, 210–213, 228
Birkenberg 213–215, 217
Biserno 433, 435
Biskupice 367
Blanice 404
Blankenheim 167, 171
Blankenrode 292
Bleiberg s. Treppenhauer
Bluttenberg s. Sainte-Marie-aux-Mines
Böhmen 17, 26, 57, 103, 326, 348, 363, 391f.,
394f., 397, 401f., 404, 406f.
Böhmerwald (Sumava) 348, 391, 407
Bollschweil 213, 215f.
– -St. Ulrich 13, 15, 17, 21f., 207, 210, 213, 215f.,
228, 240, 245
Bonn 164
Borgo Sacco s. Rovereto
Borgo Val Sugana s. Val Sugana
Botro ai Marmi 430
Bottendorf 90
Bourbach-le-Bas 269
Bozen 424
Braga 146, 150

- Brandes en Oisans 22, 440, 443–447, 450, 452,
 454f., 459
 Braunschweig 24
 Brönig 170
 Breisgau 24, 183, 194f., 197, 201f.
 Brenz 505
 Brescia 193
 Breslau 363, 367, 369
 Brilon 292, 294
 Britische Inseln 18, 22, 37, 39, 47f., 52–55, 57
 Brixen 427
 Brixlegg 425
 Brskovo 409, 417
 Bruneck 74
 Burbach 525–527
 – -Wahlbach 542
 Burg s. Dietzhöhlztal
 Burgenland 462, 473
 Bytom s. Beuthen
- Caceres 64
 Cala 64
 Caldana 435
 Campiglia Marittima 429–433, 435
 Campo alle Buche 435
 Campo de Jales 124f., 127, 149, 153–155, 157–160
 – -Trás-os-Montes 153
 Capo de Gata 106
 Castel Tesino s. Tesino
 Cecina 435
 Centocamerelle 433
 Cerro de la Virgen s. Orce
 Cerro del Moro 109, 113, 115, 120f.
 – Las Arenillas 113–116, 121
 Champagne 518
 Charterhouse-on-Mendip 145
 Château-Lambert 270, 283, 287
 Chaves 143
 Chemnitz 183, 321, 343
 Cheshire 39
 Chile 47f.
 China 469
 Chlumec s. Kulm
 Chorzów 366
 Chrieschwitz s. Plauen
 Christiansdorf s. Freiberg
 Chropaczow 367
 Chrzanów 361
 Chuquicamata 47f.
 Cidadelha de Jales 140, 147f.
 Cinovec (Zinnwald) s. Kuttenberg
 Cinque Valli 71
 Comer See 469, 473
 Copa Hill s. Cwmystwyth
 Corbie 293
 Cornwall 52, 179
 Corta Lago 107–110, 117f., 120
 Corvey 17, 19, 23f., 187, 194, 291–295, 298–301
- Coschütz s. Dresden
 Coto Fortuna 142
 Covas 123–125, 128–130, 134, 138, 142f., 145f.,
 148
 Croz del Cius s. Pergine
 Cwmystwyth 38, 40, 45, 48–50
 – -Copa Hill 45
- Dänemark 477, 495
 Dakien 150
 Dalarna 481, 483–485, 493
 Dalkarlsberg 491
 Danzig 363
 Denzlingen 502
 Diemel 293
 Diersburg 498
 Dietzhöhlztal 517–519, 521f., 528, 537–539, 547
 – -Ewersbach 525–527
 – -Rittershausen 517f., 538, 547, 549
 – – Burg 518, 538
 – – Lay 518
 Dill 517–520, 523f., 529, 531, 533
 Dillenburg 538
 – -Frohnhausen 520
 – – Nanzenbach 518
 – – Heunstein 518, 523, 538
 – -Oberscheld 517
 Dobeneck 96
 Döbeln 321
 Dohna 100, 102f.
 Dolina Jasenice s. Rudnik
 Dolní Poříčí 403
 Donau 57, 67, 462, 472
 Dorestad 186
 Dortmund 21, 23, 303–308, 312–314
 Drauhofen s. Gurnitz
 Dreisam 15
 Dresden 100, 343, 363
 – -Coschütz 99f.
 – -Freital 90
 Düna 24, 177–181, 259
 Dünsberg s. Gießen
 Duerna 151
- Eben (Horná Roveà) 386
 Egge 291
 Ehrenstetten 15
 Ehrenstetter Grund 17
 Eibelshausen s. Eschenburg
 Eifel 23, 161, 164, 167, 170–172
 Eisack 72
 Eisenberg s. Jocketa
 Eisenerz 85, 472
 Eisenwurz 461, 472, 474
 Eisleben 90
 Elba 430, 435

- Elbe 100
 Elsaß 17f., 267, 274, 289
 Elz 237
 Engelskirchen 171, 174
 Eresburg 19, 292f.
 Erndtebrück 535, 549
 Erstein 198
 Erzberg 86, 462f., 468f., 472f.
 Erzberg s. a. Hüttenberg
 Erzgebirge 17, 19, 21, 22, 89, 97f., 100, 103f., 321,
 326–328, 343, 348
 Eschenburg-Eibelshausen 518
 Essingen 505–512, 514
 – -Tauchenweiler 515
 Etsch 68f., 74, 77, 80
 Etzdorf 322
 – -Gersdorf 98, 322
 Etzenbach s. Staufen
 Eulau (Jílové) 395, 404
 Ewersbach s. Dietzhölztal
- Falun 492
 Feistawiese 462f.
 Feldkirch 190
 Felsenberg 93
 Fennberg 67
 Fennhals s. Kurtatsch
 Fersental s. Val Fersina
 Fertrupt (Fortelbach) s. Sainte-Marie-aux-Mines
 Fierle 435
 Fischersdorf 91f.
 Fiskenaeset 454
 Flandern 363
 Flöha 321
 Fonte dos Saldados 64
 Forno dos Mouros s. Três Minas
 Fortelbach (Fertrupt) s. Sainte-Marie-aux-Mines
 Fradea 71
 Frankenberg 90, 98, 328, 332
 Frankenwald 93
 Frankreich 57, 108, 267f., 283, 289
 Freiberg 22f., 98, 157, 212, 321f., 328, 343–351,
 353f., 357, 359f., 363, 371
 – -Berthelsdorf 321, 343
 – -Christiansdorf 321, 343f.
 – -St. Nikolai 343
 – -Tuttendorf 321, 343, 347
 Freiburger Mulde 98, 321f., 343f.
 Freiburg im Breisgau 11, 13, 16f., 203, 210, 213,
 233, 237, 249, 497f., 502
 Freital s. Dresden
 Fresse-sur-Moselle 284
 Frickenhausen 513, 515
 Friesach 199
 Frohnhausen s. Dillenburg
 Fuchsbach 100
 Fürstenberg s. Hohenforst
 Fulda 188–190
- Galisteo 64
 Gamanaron s. St. Leonhard
 Gandul 57–60
 Gardasee 80, 469, 473
 Geislingen an der Steige 505
 Gera 90, 92f., 324
 Gersdorf s. Etzdorf
 Giesenstein 100–102
 Gießen – Dünsberg 518
 Gimnée 188
 Giromagny 270, 283, 287
 – -Mont-Jean 270
 – -Teutschgrund 270
 Girzenberg 171
 Gittelde 195, 197
 Glashütten (Sklené Teplice) 388
 Glanzenberg (Staré Mesto) s. Schemnitz
 Gleitsch s. Saalfeld
 Glemser Stausee 515
 Gnesen 367
 Goddelsheim 292
 Goldhausen s. Korbach
 Goslar 24, 90, 177–180, 195, 291, 293, 371
 Gossensaß 423f.
 Gotland 477
 Gottleuba 100f.
 Gralheira 123f.
 Gran 387
 Gran Cava 433
 Granada 64
 Grandfontaine 287
 Granja 125
 Gransea 64
 Graupen (Krupka) 90, 103
 Graz 461
 Great Orme 38, 40f., 43, 46–48, 51f.
 Gressenich s. Stolberg
 Grone 188
 Grönland 454
 Großenhain 90, 97
 Großkamsdorf 92
 Großkuchen s. Heidenheim
 Grunern s. Münstertal
 Gschwand s. Münstertal
 Gua 455
 Gurnitz 189, 192
 – -Drauhofen 192
- Hälsingland 481, 484
 Härjedalen 479, 481, 484f.
 Haincher Höhe 518
 Halberstadt 293
 Hambacher Forst 164
 Handschuhsheim 198
 Hartmanice 401, 404
 Hartmannsdorf 323f.
 Harz 16f., 24f., 89, 104, 157, 177–182, 190, 194f.,
 198, 203, 259, 291, 293, 324, 348

- Hastenrath 170
 Hausen an der Möhlin 252
 Haut-Altenberg s. Sainte-Marie-aux-Mines
 Havírky s. Pisek-Havírky
 Hefenstein (Sedlo) 392
 Heidelberg 194, 197, 255
 Heidenheim 505, 514
 – -Großkuchen 514
 Heitersheim 13, 228, 252, 254
 Helmarshausen 293, 295
 Hengistbury Head 36
 Herborn-Sinn 519
 Hermaringen 506, 513
 Herrengrund (Špania Dolina) 385
 Hertingen 245, 499
 Hessen 518, 520
 Hettstedt 90
 Heuneburg 506
 Heunstein s. Dillenburg
 Hilchenbach 315
 Hörhalde s. Münstertal
 Höxter 17, 23f., 291–296, 298–301
 Hof s. Münstertal
 Hohenforst (Fürstenberg) 323f., 326f.
 Hoppecke 292, 294
 Horažďovice 403
 Horhusen s. Marsberg
 Horná Roveň s. Eben
 Horská Kvilda 403
 Huelva 105–108, 110, 115, 119, 121
 Huernia 151
 Hürtgen 161, 164
 Hürtgenwald 161, 164, 171
 Hüttenberg 86, 462f., 473
 – -Erzberg 86, 462f.
 Hunsrück 517
- Iberische Halbinsel 18, 24, 57, 60–65, 106, 139, 150, 153
 Iglau 392
 Ilija 388
 Ilmenau 90
 Indien 36, 473
 Indonesien 473
 Inn 425
 Innsbruck 472
 Irland 39f., 44, 48, 55
 Ironbridge-Coalbrookdale 469, 473
 Ishiagu 51
 Italien 11, 67, 194, 196, 423, 469, 472–474
- Jämtland 477f., 480f., 483–485
 Jales 141f., 145, 147, 151, 154
 Janjevo 417
 Jankowice 362
 Jasenica 411f.
 Jbila 137
 Jílové s. Eulau
- Jocketa 94f.
 – -Eisenberg 94–96
 Judenburg 472
- Kärnten 183, 189f., 192, 462, 468f., 472f.
 Kahla 90, 93
 Kall 167, 171
 Kallmuther Berg s. Mechernich
 Kalteiche 519
 Kaltenbach 167, 174–176
 Kampanien 473
 Kämtal 462
 Kamsdorf 91
 Kandern 497f.
 Karlsberg (Kašperk) 392, 400
 Karpaten 103
 Kasejovice 401, 404
 Kašperk s. Karlsberg
 Kašperské Hory s. Bergreichenstein
 Katalonien 467, 473
 Kegelriß 15
 Kehlheim 462
 Keldenicher Heide 171
 Kielce 374
 Kinzig 210
 Kippenheim 503f.
 Kirchberg 323
 Kirchbracht 188
 Kirchheim unter Teck 515
 Kirnitzsch 98
 Klackaberg 491f.
 Klausen 424, 428
 Kleinkamsdorf 92
 Kleinkems 15, 202, 225
 Kleinleberau (Petite Lièpvre) s. Sainte-Marie-aux-Mines
 Kleinpolen 362f., 371, 373f., 376, 380, 382
 Klövsjö 480
 Kocher 505
 Köln 24
 Königsee 90, 93
 Könnern 90
 Kohlgrube s. Barbian
 Kollnau s. Waldkirch
 Kopaonik 22, 409, 414–416
 Korbach 292
 – -Goldhausen 297
 Korfu 137
 Kornelimünster 171
 Kosmaj-Babe 421
 Kraichgau 24f.
 Krakau 361, 363, 367, 369
 Kreams 469
 Kreuztal 315
 Kropbach s. Münstertal
 Krupka s. Graupen
 Küchwald s. Schönborn
 Kulm (Chlumec) 100

- Kupferberg 98
 Kurtatsch 67, 70, 74–78, 80
 – -Fennhals 70, 74, 76–78
 Kutna Hora s. Kuttenberg
 Kutna Hora – Cinovec s. Kuttenberg
 Kuttenberg (Kutna Hora) 86, 348, 371
 – -Zinnwald (Cinovec) 348
 Kvilda (Außergefeld) 403
 Kyffhäuser 89
 Kythnos 43

 La Coruña 151
 La Croix-aux-Mines 270
 – -St. Pierremont-West 285
 Lac Blanc 445, 447, 451, 455f.
 Ladenburg 199
 Ladzany 387
 Lagoa 145
 Lahn 517–519
 Lahn-Dill-Gebiet 17, 19, 23, 26, 517, 519, 531, 538,
 549
 Lahr 501f.
 Lalaye s. Val de Villé
 Lambach 461
 Landhuta 392
 Langenau 506, 511, 513
 Lanzi s. Valle dei Lanzi
 Lapphyttan 468f., 493–495
 Las Arenillas s. Cerro del Moro
 Laurion 30, 33
 Lavarone 71
 Lavis 69
 Lay s. Dietzhölztal
 Lažiště 403
 Le Bonhomme 272
 Le Thillot 270, 282, 284
 Lece 417
 Leibnitz 461
 Leimbach 259f.
 Leimen 255–259, 264
 Leine 188, 293
 Leipzig 363
 Lenningen-Schopfloch 512, 515
 Leoben 471, 472
 Léon 151
 Leppe 171
 Lerbäck 491
 Liebau 95f.
 Ligurien 467
 Limonta 193
 Lindlar 176
 Littfeld 315
 Ljubljana 137
 Llandudno 40, 46
 Loc s. Romagnago
 Loden s. Ritten
 Löbsal 97
 Lölling 462f., 469

 Loitzendorf 334, 461f.
 Lombardei 188, 461, 473
 London 186
 Lorsch 190, 197f., 256, 259
 Los Algarbes s. Tarifa
 Los Millares 60, 105f.
 Losenice s. Lossnitz
 Lossnitz (Losenice) 395
 Lousberg s. Aachen
 Lübeck 24
 Lugo 150
 Luserna 70f.
 – -Malga Rivetta 71
 – -Millegrobbe di Luserna 71
 Luyego de Somoza 151

 Maas 165
 Madonna di Fucinaia 432f., 438
 Mähren 326, 363, 369
 Mälär 495
 Märkisches Land 520
 Mästermyr 485
 Magdalensberg 472f.
 Magdeburg 195, 197
 Magwitz 96
 Mahlberg – Werb 502
 Maiern 424–426
 Mailand 193
 Malagon 105
 Malga Combrancoi 71
 Malga Rivetta s. Luserna
 Mandeln 525, 541
 Manderbach 520
 Mansfeld 293
 Margarethenhügel s. Beuthen
 Marienzella (Altzella) 321f., 343
 Markgräfler Land 497f., 500, 503
 Marsberg 19, 24, 292–294, 296–298
 – -Horhusen 292, 294, 301
 Matarrubilla 58, 60
 Maubach 167
 Mazzarón 142
 Mechernich 161, 164f., 167, 170, 176
 – -Kallmuther Berg 170
 – -Tanzberg 170
 Meißen 90, 100, 321f.
 Melle 185–187, 191, 194
 Meran 80
 Metzingen 509, 513–515
 – -Neuhausen 515
 Milet 137
 Millegrobbe di Luserna s. Luserna
 Minette 497
 Mittelndorf 98
 Mitterberg 53f., 83f., 88
 Mittweida 90, 98, 328
 Mochau 321
 Modena 196

- Modlešovice 402f.
 Modrava 407
 Möhlin 27, 213f., 249f., 252–254
 Möschwitz 95
 Mont-Jean s. Giromagny
 Montagne Noire 108
 Monte Calvi 430, 435
 Monte Rombolo 430, 432f.
 Monte Romero 105, 108, 113–119, 121
 Monte Spinosa 430, 433
 Monte Valerio 430, 433, 435
 Montesei di Serso s. Pergine
 Morvan 107
 Mt. Gabriel 38–41, 44, 46, 48, 52
 Mügeln 90, 97
 – -Ostrau 90
 Münster (F) s. Munster
 Münster s. Münstertal
 Münstertal 16, 207–209, 217–219, 223–227, 235, 249f., 252f.
 – -Grunern 208f.
 – -Gschwand 245
 – -Hof 239, 245
 – -Hörhalde 245
 – -Kropbach 17, 207
 – -Münster 203
 – -Rammelsbach 210, 223–227
 – -Stüfenbrunn 209f., 217–219, 235f., 240, 243, 245
 – -Willnau 238, 245
 Münzbach 344, 347
 Mürz 472f.
 Müsen 315, 317, 383
 Muggenbrunn s. Todtnau
 Munster 274–276
 – -Silberwald 273–276
 Mur 472f.
 Murcia 142
 Musloch 276
- Närke 477, 491
 Nagybanya 157
 Nantyreira 38
 Nanzenbach s. Dillenburg
 Nepomuk 404
 Nerva 105, 113, 115
 Neuenberg s. Sainte-Marie-aux-Mines
 Neuenbürg 517
 Neuhausen s. Metzgingen
 Neumagen 249, 252–254
 Neusohl (Banská Bystrica) 385
 Neuss 164
 Nideggen 161, 164
 Niebla 64
 Niederlande 313
 Niedermarsberg 297
 Niederrhein 164
 Nigeria 51
- Nomi 68
 Nonnenweier 501f.
 Nonsberg 74
 Noraskog 491
 Norberg 490–493
 Norwegen 473, 485
 Nossen 343
 Novo Brdo 409
 Nürnberg 24
 Nußloch 197, 255f., 259
- Oberbergisches Land 172
 Obermarsberg 17, 23
 Oberrnitz s. Saalfeld
 Oberpfalz 461, 463, 473
 Oberrhein 26, 249f., 497f.
 Oberried 237, 245
 Oberscheld s. Dillenburg
 Oberweiler s. Badenweiler
 Oběi Hrad s. Riesenschloß
 Odenwald 260
 Oder 361
 Oelsnitz s. Plauen
 Öpitz s. Pößneck
 Östergötland 495
 Österreich 21, 79, 83, 461–463, 472
 Ofenhübel 390
 Ohře 100
 Olkusch s. Olkusz
 Olkusz 345, 361, 363, 365, 371, 374–379
 Olpe 538
 Olzheim 197
 Oppeln 369
 Orce 57
 – -Cerro de la Virgen 57
 Orense 141, 151
 Orlagau 89, 91
 Ortaccio 433
 Ortenau 502f.
 Ostrau s. Mügeln
 Otava 401, 403f.
 Otzenhausen 517
 Outeiro 145
 Oviken 480–482
- Paltental 334
 Pampailly 447
 Pary's Mountain 39f.
 Passeir 423f.
 Peciny 390
 Pedrogao 64
 Pegnitz 473
 Penalba de Castro 146
 Pergine 68
 – -Croze del Cius 68f.
 – -Montesei di Serso 68f., 71
 Pershyttan 491

- Petite Lièpvre (Kleinleberau) s. Sainte-Marie-aux-Mines
 Pforzheim 517
 Pfunderer Berg 70, 424
 Pian del Zigol 71
 Piazzina 69
 Pinè 71
 Pisa 433
 Písek 401, 404–406
 – -Havírky 404f.
 Pîtres 186
 Plana 409, 414
 Plauen 94f., 97f., 324
 – -Chrieschwitz 95f.
 – -Oelsnitz 90, 96f.
 Plauenscher Grund 100
 Pleißen 321
 Pößneck 91, 93
 – -Opitz 93, 102
 – -Schlettwein 93
 Poggio all'Aione 430, 435
 Polen 11, 17, 21, 345, 366, 369, 373–375, 379, 390, 462
 Pongau 83
 Ponte da Barca 64
 Portugal 57, 61, 153
 Pracejovice 403
 PrenKov 390
 Pretttau 70, 72f., 423, 427f.
 – -Steinhaus 423, 427f.
 Prijepolje 417
 Prinzbach s. Biberach

 Quierzy 186

 Raä 481f.
 Radeberg 90, 98
 Rätan 481
 Rammelsbach s. Müntertal
 Rammelsberg 24, 177, 179f., 195, 296
 Ranis 93
 Rankweil 190
 Redebus 70f., 75
 Regensburg 473
 Reichenbach 498
 Reinswald s. Sarntal
 Rems 506
 Remscheid 172
 Repty 367
 Revel 124
 Rhein 202, 213, 218, 225, 229, 249–253, 497
 Rheinbreitbach s. Unkel
 Rheinland 18, 23, 167–169, 171–174, 176, 397, 520
 Rhône-Alpen 17
 Ribeira da Murta 64
 Ribeirinha 123–125, 128, 130f., 142
 Ribeiro da Fraga 124, 142, 145
 Ridnaun 72, 424f.
 – -Schneeberg 72, 423–425
 Riesenschloß (Obří Hrad) 392
 Ringsheim 497
 Rio Alagon 64
 Rio Darro 64
 Rio Erjas 64
 Rio Lima 64
 Rio Mondego 64
 Rio Tinelha 124, 145, 147
 Rio Tinto 30, 33, 105–107, 109, 111–113, 115, 117, 120f.
 Riparo Gaban 68f.
 Ritten 70, 72–74
 – -Loden 70, 73f.
 Rittershausen s. Dietzhöhlztal
 Rocca San Silvestro s. San Silvestro
 Rochlitz 321
 Röblitz 92f., 102
 Rösbach 259
 Rötzbach 427
 Roklanský 407
 Romagnago 68f.
 – -Aquaviva di Besenello 68f.
 – -Loc 68
 – -Tof de la Val 68f.
 Roncaglia 197
 Rosinos de Virdriales 151
 Roßwein 90, 98
 Roter Berg 91
 Rovereto 68
 – -Borgo Sacco 68
 Rudabanya 348
 Rudna Glava 48, 84
 Rudnik 409, 411, 413, 417, 421
 – -Dolina Jasenice 413
 – -Senokovitz 411f.
 – -Trnovite Lazine 411
 – -Veliki éturac 411
 Rüderoth s. Bensberg

 Saale 91
 Saalfeld 91f.
 – -Obernitz 91f.
 – - Gleitsch 91–93
 – -Triptis 90
 Sachsen 89, 97f., 102–104, 157, 195, 212, 321, 325f., 328, 331f., 343, 348, 353f., 359f., 379, 383, 409, 411
 Sachsenburg 324f., 327, 383
 Saint-Denis 185
 Saint-Germain-des-Prés 190
 Saint-Remi de Reims 190
 Sainte-Marie-aux-Mines 194, 235, 267f., 270, 272–274, 276–282, 284f., 287
 – -Bluttenberg 276
 – -Fertrupt (Fortelbach) 268, 270, 274, 276, 279, 280f.

- Haut-Alte berg 235, 270, 273f., 278f., 283, 285-287
- Neuenberg 274, 276f., 279, 283-285, 287
- -Kleinleberau (Petite Lièpvre) 274, 276
- Sala 492
- Saladin 403
- Salurn 74
- Salzburg 83, 189, 190-192, 199, 461
- Sambre 165
- San Carlo 433
- San Silvestro (Rocca San Silvestro) 21f., 24, 429, 432-440
- San Zeno 472
- Sandhausen 255-259, 264
- St. Gallen 190f., 293
- St. Leonhard (Gamanaron) 189, 191f.
- St. Martin am Schneeberg 424f.
- St. Nikolai s. Freiberg
- St. Pierremont-West s. La Croix-aux-Mines
- St. Ulrich s. Bollschweil
- Santa Barbara 120
- Santa Maria da Cidadela 151
- Sardinien 433
- Sarntal 70, 72f.
- Reinswald 70, 72f.
- Saubach 344
- Sauerland 291
- Sausal 461
- Schallsingen s. Badenweiler
- Schemnitz (Banská Štiavnica) 19, 157, 348, 385-388, 390
- Glanzenberg (Staré Mesto) 348, 387-389
- Kammerhof 387, 390
- Schlangenberg s. Stolberg
- Schleiz 90, 93
- Schlesien 361-363, 367, 369-371, 373f., 376, 380-382, 392
- Schlettwein s. Pößneck
- Schleusingen-Schwarza 90
- Schmidmühlen 462
- Schmidtheim 167, 171
- Schneeberg s. Ridnaun
- Schönberg 245
- Schönborn 98, 326
- Küchwald 98
- Schümmerich 176
- Schwäbische Alb 17, 26, 203, 505f., 509, 511f.
- Schwarzwald 11-17, 19-25, 104, 190, 194f., 197, 201-206, 212, 218, 223, 226, 229, 231-233, 237, 243f., 246, 249-252, 497f.
- Schweden 11, 26, 468, 477, 482-486, 488f., 491-493, 495
- Schweiz 462f.
- Sedlo s. Hefenstein
- Seesen-Osterode 90
- Seifersdorf 98
- Senokovitz s. Rudnik
- Serbien 17, 22, 26, 84, 409f., 414, 422
- Serra da Padrela 124
- Serra de Arga 64
- Sevias 146
- Sexau 239, 245
- Sieg 517-519
- Siegen 538
- Siegerland 19-21, 315, 517-520, 531, 533, 535, 538, 541, 549
- Sieglsberg (Štiavnické Bane) 386
- Sierra de Alhamilla 106
- Sierra de Gador 105f., 120
- Siersza 366
- Siewierz 366
- Silberwald s. Munster
- Silchester 36
- Siphnos 30
- Sitno 387f.
- Skandinavien 477, 486, 491-493, 495
- Sklené Teplice s. Glashütten
- Skopska Crna gora 417
- Ślawków 365, 371
- Slowakei 17, 19, 363, 385
- Småland 477, 480f., 484
- Smetanova Lhota 403f.
- Sobrado dos Monxes 151
- Södermanland 490f.
- Sötenich 171
- Solingen 172
- Solling 188
- Somerset 145
- Sontheim im Stubental 514
- Sotciastel 72
- Špania Dolina s. Herrengrund
- Spanien 17, 31, 43, 54, 57, 61, 105, 473
- Srebrnica 409
- Staré Mesto (Glanzenberg) s. Schemnitz
- Staré Kestřany 403
- Staufen 249f., 253, 498
- Etzenbach 245
- Steiermark 461, 467
- Steinbach 284
- Steinhaus s. Prettau
- Steinheim 514
- Steirer Erzberg s. Erzberg
- Stenn 98
- Sterzing 423f.
- Steyr 472
- Štiavnické Bane s. Sieglsberg
- Stockholm 492, 495
- Stolberg 24, 161, 164f., 167, 169, 170f.
- Schlangenberg 169, 176
- Gressenich 165, 170f.
- Storsjön 485
- Strakonice 402, 406
- Straßberg 95
- Striegis 321, 343f.
- Stroszek 365
- Sudeten 375

- Süderbergland 538, 540
 Südtirol 17, 67, 70–73, 423f., 428, 461, 472
 Süßenbrunn s. Münstertal
 Suggental 237
 Sulzbach 15f., 232, 249f., 252–254
 Sulzburg 13, 16, 195, 203, 210, 218, 220–223, 228,
 234, 240, 242, 245, 249, 252, 254, 258
 Šumadija 417, 421
 Sumava s. Böhmerwald
 Sušice 406
 Suvereto 435
 Svartå Bruk 491
 Sveg 479
 Swierklaniec 366
 Swietokrzyskie 374
- Tabarz 90
 Taltitz 94, 96f.
 Tanzberg s. Mechernich
 Tarifa 58, 60
 – -Los Algarbes 58
 Tarnowitz 375, 381
 Tarnowskie Góry 361, 363, 365, 370f.
 Tatra 375f.
 Taufers 74, 428
 Taunus 517
 Tejo 61
 Temperino s. Valle del Temperino
 Teplice 100
 Ternerbühel 72
 Tesino 71
 – -Castel Tesino 70f.
 Teutschgrund s. Giromagny
 Tharandt 90, 98
 Tharsis 117
 Thasos 30, 111
 Thüringen 89, 93, 102f.
 Thüringer Wald 89
 Thüringisches Schiefergebirge 91, 93
 Thunau 462
 Tillmitsch 461
 Timna 53, 97
 Tinhela de Baixo 125, 145
 Tirol 201, 423f., 427f., 461
 Todtnau 208, 237
 – -Muggenbrunn 238, 245
 – -Todtnauberg 208
 Todtnauberg s. Todtnau
 Tof de la Val s. Romagnago
 Toskana 17, 21f., 429f., 432f., 435, 437
 Totental s. Val Morta
 Trás-os-Montes s. Campo de Jales
 Trebnitz 92f.
 Trentino 67f., 71f.
 TrepKa 409, 414
 Treppenhauer 21f., 98, 212, 324–328, 331–334,
 379, 383
- Três Minas 21f., 26, 123–126, 129, 137, 139, 141,
 145–149, 151, 153–155, 157–160
 – -Forno do Mourous 155f.
 Treseburg 90
 Trieb 94
 Trient 68f., 80, 85f., 199
 Trier 137, 183, 197
 Triptis s. Saalfeld
 Trnovite Lazine s. Rudnik
 Trofaiach 472
 Trondheim 474
 Tuttendorf s. Freiberg
 Twll y Mwyn 37
- Ullersberg 98, 322f., 327
 Ungarn 157, 348, 363, 462
 Únice 403
 Unkel 165
 – -Rheinbreitbach 165, 167, 171
 – - -Virneberg 24, 165, 171
 Urbeis 273
- Värmland 481
 Västergötland 477, 480f., 484, 495
 Västmanland 477, 493
 Val Cava 71
 Val de Villé (Weilertal) 270, 273, 279, 283
 – -Lalaye 279, 287
 Val dei Zotta 71
 Val Fersina (Fersental) 69, 71
 Val Morta (Totental) 71
 Val Porcara 71
 Val Scura 71
 Val Sugana 68f., 71
 – -Borgo Val Sugana 71
 Val Trompia 193
 Vale de Braceiros 142, 144, 146
 Vales 125, 148
 Valle Brembana 461
 Valle Camonica 461, 473
 Valle dei Lanzi 430, 432f., 435, 437
 Valle dei Manienti 430, 432f., 437
 Valle dei Mocheni 69, 71
 Valle del Inferno 71
 Valle del Temperino 430, 432f., 435
 Vallin del Rigo 430
 Vallorbe 462
 Valpiana 435
 Vela Valbusa 69
 Veliki Šturac s. Rudnik
 Venedig 472
 Venturina 435
 Versilia 432
 Vetriolo 71
 Vezzeno 71
 Vila Pouca de Aguiar 124f., 127, 140, 148
 Vilarelho 125

- Villach 190
 Villalís 151
 Villanders 70, 72
 Vinarhyttan 493
 Vipasca 111, 135, 143, 149f.
 Virneberg s. Unkel
 Vogesen 16, 190, 194f., 235, 246, 267f., 270–272,
 274, 276f., 282, 287–289
 Vogtland 19, 89, 94, 98, 104, 179
 Voigtsgrün 95
 Volkmarsen 292
 Vordernberg 467, 472, 473

 Waadtland 462
 Wachau 462
 Wadi Arabah 107
 Wahlbach s. Burbach
 Wahner Heide 169
 Waidhofen 472
 Waldeck 291, 293
 Waldenburg 90, 98
 Waldkirch-Kollnau 245, 498
 Waldviertel 462
 Wales 37, 39f., 45
 Waschenberg 461
 Wattwiller 274
 Weichsel 361
 Weidelbach 519
 Weilertal s. Val de Villé
 Weiße Elster 93f., 96–98

 Wernigerode 90
 Wetterau 188
 Wieda-Zorge 90
 Wien 472
 Wierzbna s. Würben
 Wiesloch 24, 194, 197–199, 255–257, 259–264
 Wildberg 167
 Wilde Weißeritz 98
 Willnau s. Müntertal
 Wipperfürth 167
 Wolkenburg 322f., 327
 Worms 199
 Wroclaw 374
 Wroxeter 36
 Würben (Wierzbna) 369

 Zaingrub 462
 Zalatha 157
 Zambujal 57
 Zarten 15
 Zátón 403
 Zeilbach 547, 549
 Zillertal 73, 472
 Zinnwald (Cinovec) s. Kuttenberg
 Zlatý potok s. Zollerbach
 Zollerbach (Zlatý potok) 395
 Zschopau 98
 Zversov 367, 369f.
 Zwickau 90, 98
 Zwickauer Mulde 98

