

Dortmunder Beitr. Landeskd.	naturwiss. Mitt.	30	59-73	Dortmund, 1996
-----------------------------	------------------	----	-------	----------------

Naturkundliche und metallurgische Aufzeichnungen Georgius Agricolas vor 450 Jahren

Gerhard LAUB, Goslar

Zusammenfassung

Der sächsische Arzt und Gelehrte Dr. Georgius Agricola (1494 -1555) hat in der Zeit von 1544 bis 1546 eine Reihe von erdwissenschaftlichen und bergbauhistorischen Schriften abgeschlossen, die 1546 zu Basel in einem Sammelband erschienen sind. Seither sind 450 Jahre vergangen. An diese bewundernswerten Abhandlungen wird anlässlich des Jubiläums erinnert, zumal sie schon damals dem Autor rasch zu internationaler Anerkennung und Wertschätzung verholfen haben.

Außerdem beschreibt Agricola in seiner großartigen Monographie „De re metallica libri XII“, die 1556 im Druck erschienen ist, im Hinblick auf Westfalen und die Nordeifel kurz und bündig die Aufbereitung und Verhüttung von Bleierzen in diesen Landstrichen. Deshalb erscheint es im Rahmen dieser Studie lohnend, auf Agricolas Nachrichten aus moderner metallurgischer Sicht etwas näher einzugehen.

Abstract

In 1546, Georgius Agricola, a Saxonian physician, scientist and expert of mining technology as well, succeeded in publishing several treatises concerning metalliferous mining, mining geology and the history of mines in a single volume. This happened by means of two publishers at Basle, Switzerland. The jubilee of the publication in question justifies a short description of the contents of Agricola's admirable compositions.

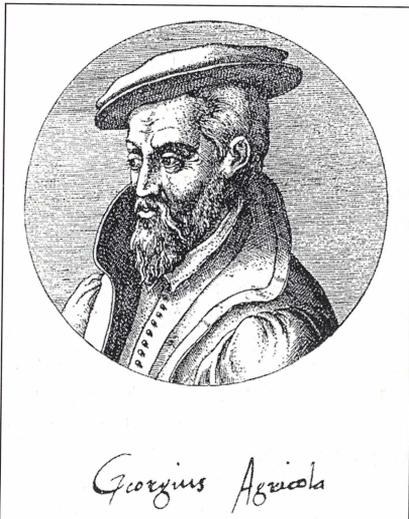
Moreover, Agricola concisely describes in his grand monograph entitled „De re metallica libri XII“, a publication of 1556, with regard to Westphalia and the northern Eifel Mountains region the dressing and smelting of lead ores in these districts. Consequently, on the occasion of this essay it seems worth while to comment somewhat more in detail upon Agricola's informations from the present metallurgical point of view.

A. Zum Erscheinen eines Sammelbandes mit geowissenschaftlichen Schriften

Im Jahr 1546 brachte das Baseler Verlagshaus Froben und Episcopus einen Sammelband heraus, dessen Inhalt seinem Verfasser, dem Humanisten, Arzt und Gelehrten Georgius Agricola (* 24.3.1494 zu Glauchau, † 21.11.1555 in Chemnitz), bald den Ruf eines bedeutenden Naturwissenschaftlers eintrug. Mit seinen geologisch-mineralogischen und bergbaugeschichtlichen Schriften ging Agricola über die Interessensphäre der mittelalterlichen Haus- und Steinbücher sowie der bisherigen Berg-, Probier- und Kunstbüchlein weit hinaus und gelangte dadurch zu bahnbrechenden Neuerkenntnissen auf den von ihm bearbeiteten Fachgebieten. Auch die Zeitgenossen dieses allein schon seiner Vielseitigkeit wegen bewundernswerten Gelehrten erkannten die Einmaligkeit seiner Leistungen besonders auf den Arbeitsfeldern Geologie und Mineralogie neidlos an. Das Jubiläum des Erscheinens rechtfertigt gewiß eine kurze Inhaltsbeschreibung der Abhandlungen des Sammelbandes im einzelnen.

Stoffe im Erdinnern

Die Reihe der thematisch zusammengehörenden, grundlegenden Schriften, die Agricola zwischen 1544 und 1546 abgeschlossen hatte, wird von der Abhandlung „De ortu et causis subterraneorum“ (Über die Entstehung der Stoffe unter Tage und die Ursachen dafür) eröffnet. Behandelt werden die Bildung von Gebirgen, Lagerstätten, Mineralien und Gesteinen. Agricola liefert zugleich die erste und schönste Darstellung der Gesteinsablagerungen (Sedimentation) und der Gesteinszerstörung (Erosion) durch Wasser und Wind. Er erkennt - neben Leonardo da Vinci - als einer der ersten Naturforscher pflanzliche und tierische Versteinerungen als richtig, also nicht mehr als Naturspiele an und beschreibt insbesondere die Entstehung, Eigenschaften und Kennzeichen von Mineralien, Gesteinen und Metallen. Die fünf Kapitel dieser Abhandlung enthalten viele neue Beobachtungen, Schlüsse, Hypothesen und Tatsachen, die wissenschaftliches Neuland erschlossen haben (HORST 1955, 55 u. 99; KOCH 1963, 32).



Der Erde entquellende Stoffe

Das zweite Werk des Sammelbandes trägt den Titel „De natura eorum quae effluunt ex terra“ (Vom Wesen der aus der Erde hervorquellenden Stoffe). Agricola behandelt darin neben unterirdischen Wässern Erdbeben und Vulkane sowie den Wasserhaushalt der Erde, wobei er um die Erklärung der verschiedenen Arten und der Beschaffenheit des Wassers bemüht ist. Diese Schrift greift stärker in den medizinischen Bereich über, dem ja Agricolas eigentliche Berufstätigkeit galt. Die Abhandlung fand bei den Zeitgenossen des Autors große Beachtung und wurde deshalb 1553 in eine umfangreiche Sammlung balneologischer Schriften aufgenommen (HORST 1955, 15 u. 99; KOCH 1963, 32).

Abb. 1:

Dr. Georgius Agricola
Kupferstich von Johann Sambucus, Antwerpen 1574

Zur Mineralogie

Hat Agricola in den vorgenannten Abhandlungen vorzugsweise allgemein geologische Grundlagen dargelegt, wendet er sich mit der dritten Schrift „De natura fossilium“ (Zur Natur der Fossilien, modern ausgedrückt „Zur Mineralogie“) dem umfangreichen Fachgebiet der Mineralogie zu. Dieses Werk kann als das erste Handbuch der Mineralogie angesehen werden. In zehn Kapiteln beschreibt der Autor die Verschiedenheiten der Mineralien, ihre Kräfte und ihren Nutzwert. Trotz der inzwischen veralteten Einteilung der Mineralien geht man heute noch von den gleichen Unterscheidungsmerkmalen aus und folgt damit dem Weg, den Agricola als Erster systematisch beschritten hat. Dem Umfang nach steht diese Abhandlung an zweiter Stelle der Werke Agricolas; sie kann hinsichtlich ihrer Bedeutung ebenfalls den zweiten Platz beanspruchen (HORST 1955, 55, 56 u. 99; KOCH 1963, 32).

Alte und neue Bergwerke

An vierter Stelle im Sammelband findet sich eine der kürzesten Arbeiten des Autors, die kleine Schrift „De veteribus et novis metallis“ (Über Bergwerke in alter und neuer Zeit). Auf nur 30 Folioseiten sind Nachrichten über die zu Agricolas Zeiten im Abbau befindlichen Lagerstätten sowie die Geschichte der älteren Fundorte enthalten. Nach dem Urteil H. WILSDORFS begründet diese Schrift einmal die Einbeziehung der Wirtschaftsstatistik - nebst Kurzberichten über jeden Bergwerksort - in die bergbaugeschichtliche Forschung, zum anderen die Berücksichtigung der Topographie der Lagerstätten. Dazu WILSDORF weiter: „Diese beiden Ziele . . . bringen es mit sich, daß die Schrift eine außerordentliche Fülle von Ortsnamen birgt, deren bergbaugeschichtliche und lagerstättenkundliche Bedeutung Agricola bis auf wenige Fälle in einer überraschenden Klarheit gesehen hat. So hat auch mit dieser . . . Schrift Agricola Unvergängliches geleistet und bis auf unsere Tage die Wege der Forschung vorgezeichnet.“ (WILSDORF 1956: 235/236). Der besondere Wert dieser Abhandlung liegt darin, daß der Verfasser den im Erzgebirge betriebenen Bergbau mit dem in Thüringen, im Mansfeldischen, in den Alpen (Tirol), in den Karpaten, in Siebenbürgen und anderswo vergleicht (KOCH 1963, 32 u. 33).

„Bermannus“

Als weitere Schrift des Sammelbandes, jedoch nicht als Neuerscheinung, folgt mit 50 Folioseiten Agricolas erste montanistische Veröffentlichung „Bermannus sive de re metallica dialogus“ (Bermannus oder Gespräch über den Bergbau, 1530), doch bestehen die Abweichungen vom Text der Erstausgabe vorwiegend in rein stilistischen Korrekturen. Agricola läßt hier den ihm befreundeten Joachimsthaler Hüttenschreiber Lorenz Bermann, den Arzt Nicolaus Ancon - in Wahrheit Wenceslaus Payer Cubitensis - und den Mediziner Johannes Näve ein montanistisches Gespräch führen. Es findet statt im Zuge einer Wanderung durch das Joachimsthaler Bergrevier und hat auch eine Einführung in die Welt des Bergbaus zum Gegenstand. Zum Gesprächsteilnehmer PAYER und zu dessen herkunftsweisenden Zusatznamen ist zu bemerken, daß letzterer sich vom lateinischen Hauptwort cubitum, n., = Ell(en)-bogen ableitet. Dazu die Ortschaft Ellenbogen im Bregenzer Wald (Vorarlberg). Dr. Payer gilt als Begründer der Bergbaumedizin. Zu seiner Abhandlung „Fruchtbare Arznei für den gemeinen Bergmann auf St. Joachimsthal“ vgl. WILSDORF & QUELLMALZ 1971, 159 u. 565. Hinsichtlich der Vielfalt und Vielschichtigkeit der behandelten Sachgebiete und in Anbetracht der tatsächlichen Fachkenntnisse sowie der wissenschaftlichen Methodik stellt „Bermannus“ alle sonstigen gleichgerichteten Bestrebungen weit in den Schatten. So leitete diese Abhandlung einen ganz neuen Zeitabschnitt im Bereich der bergbaukundlichen Literatur ein. Agricola hatte das entsprechende Manuskript schon 1528 fertiggestellt. Der Joachimsthaler Rektor

Petrus Plateanus sandte diese Handschrift ohne Wissen Agricolas an den berühmten humanistischen Gelehrten Erasmus von Rotterdam. Dieser sprach sich so lobend über die Abhandlung aus, daß die Schrift mitsamt seinem Empfehlungsbrief bei Froben und Episcopus in Basel (1530) gedruckt, verlegt und damit aufs beste in der Gelehrtenwelt eingeführt wurde. In wirtschafts- und kulturgeschichtlicher Hinsicht sind allein die sieben lateinischen Ausgaben des „Bermannus“ auch deshalb hervorzuheben, weil der Text sehr wertvolle Nachrichten zur Geschichte des deutschen Bergbaus enthält, wenngleich Agricola diese Angaben in der schon erwähnten Schrift „De veteribus et novis metallis“ noch wesentlich ergänzt hat (HORST 1955, 53 - 55; KOCH 1963, 29 - 31).

Der Meurerbrief

Des weiteren enthält der Sammelband den sog. Meurerbrief. Das ist die Einleitung zu einem lateinisch-deutschen Glossar von bergmännischen Fachausdrücken mit dem Titel „Interpretatio germanica vocum rei metallica“ (Deutsche Erklärung von Ausdrücken des Bergwesens). Im Widmungsschreiben an Wolfgang Meurer, damals Professor des Griechischen an der Universität Leipzig und Inspektor der sächsischen Fürstenschulen, erwähnt Agricola, er halte die Erfassung jener Fachausdrücke für den Außenstehenden für unerlässlich und für den Gebildeten recht unterhaltsam. Plateanus hatte dem „Bermannus“ von 1530 zwar ein Verzeichnis von 76 Fachausdrücken beigelegt, das Agricola bei der Separatausgabe (Leipzig 1546) auf 125 erweitert hatte, doch nun wurden im Meurerbrief bereits rund 500 Bezeichnungen definiert. So wurde dieses Werk die Grundlage für zahllose Schriften zur internationalen Nomenklatur der Mineralien und für die vielen Bergwörterbücher, die als umfassende lexikalische Hilfsmittel der geschichtlichen und volkskundlichen Forschung dienen (KOCH 1963, 33).

Umfangreiches Sachregister

Der insgesamt 487 Folioseiten starke Sammelband endet mit einem Sachregister von nicht weniger als etwa 4000 Stichwörtern. Das Verzeichnis stammt von dem damals in Freiberg (Sachsen) stellungslos gewordenen ehemaligen Rektor Adam Siber, den Agricola mit dieser Arbeit beauftragt hatte (KOCH 1963, 33).

Einige Zusatzangaben

Ergänzend sei erwähnt, daß der „Bermannus“ schon 1550 ins Italienische übersetzt wurde und deutsche Ausgaben 1778 in Rotenburg, 1806 in Freiberg und 1955 in Berlin erschienen sind. Der Sammelband - ohne den Meurerbrief - wurde ebenfalls 1550 ins Italienische übersetzt. Die ersten vier Schriften des Sammelbandes hat LEHMANN 1806 - 1812 ins Deutsche übertragen. Neuerdings (1956 und 1958) haben das FRAUSTADT und PRESCHER getan (KOCH 1963, 153, hier A., lfd. Nr. 5).

Mit Ausnahme des „Bermannus“ hat Agricola die erwähnten Abhandlungen in Chemnitz zu Papier gebracht, wo er spätestens seit 1533 bis zu seinem Tode wohnte und 1546, also im Erscheinungsjahr des Sammelbandes, zum Bürgermeister ernannt worden ist. Weil er aus aller Welt Erz- und Mineralstufen, Gesteinsproben, Fossilien und anderes nebst Mitteilungen dazu bekam, vermochte er, ohne ständig in einer Bergstadt zu wohnen und ohne Reisen in entfernte Reviere, die noch heute bewundernswerten Schriften zu verfassen, denen dieser Gedenkbeitrag gewidmet ist.

B. Nachrichten zur Technik der Bleierzverhüttung in Westfalen und in der Nordeifel

Wenig allgemein bekannt ist, daß Agricola in seinem montanistischen Hauptwerk „De re metallica libri XII“ auch Nachrichten zur Aufbereitung und Röstung von Buntmetallerzen in Westfalen und der Eifel mitgeteilt und eines der damals in Westfalen üblichen Verhüttungsverfahren für Bleierze beschrieben hat. In einigen Holzschnitten sind diese Arbeitsgänge auch bildlich dargestellt.

Röstreaktionsverfahren (Herdofenarbeit)

Die Anwendung eines anderen zur Agricola-Zeit gängigen Bleigewinnungsprozesses ergibt sich durch die metallurgische Auswertung bestimmter Einzelheiten, die Agricola für die vorerwähnte Erzröstung angegeben hat. Hier aber wird das erstgenannte Verfahren - jetzt als Röstreaktionsarbeit bezeichnet - an erster Stelle behandelt, weil Agricola den damals in Westfalen gebräuchlichen Herd neben entsprechenden Konstruktionen aus anderen Verhüttungsgebieten auch im Bild hat darstellen lassen. Agricola schreibt - hier in deutscher Übersetzung - dazu: „Die Westfalen errichten aus bis zu zehn Karren Kohlen einen Haufen am Hange eines Hügels da, wo er in die Ebene übergeht, und streichen den Haufen oben glatt. Auf diese Fläche legen sie 3 bis 4 Finger hoch Strohbündel und bringen auf diese so viel reines Bleierz, als darauf geht. Darauf zünden sie die Kohlen an; wenn der Wind geht, facht er das Feuer an,



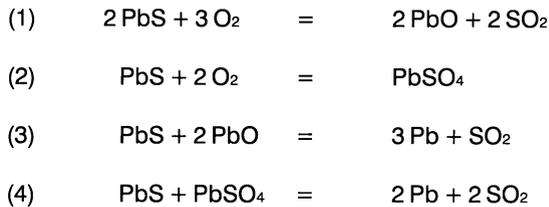
Abb. 2:

Verschiedene Herdkonstruktionen für die Bleigewinnung (Röstreaktionsverfahren) aus ungeröstetem Bleiglanz-(konzentrat). Obere Bildhälfte links: Herdofen P der Westfalen mit Kohlenhaufen Q, Stroh-bündeln R und flachen Bleikuchen S, rechts: Ungarischer Herd V. Untere Bildhälfte links: Kärntner Herdofen A mit Scheitholzlage C auf Mauer B. Hinten Öffnung I in der Ofenrückwand. Das heraustropfende Herdofenblei D wird mit der Kelle G dem Auffangtiegel E entnommen und im kleinen Tiegel F zu Bleikuchen H vergossen. Untere Bildhälfte rechts: Der niedersächsische Herdofen K aus Gittelde (Westharzrand) mit rückwärtiger Wandöffnung L und einigen Holzscheiten M. Dabei oberer Tiegel N und unterer Tiegel O zur Aufnahme des aus N abfließenden Herdofenbleies. Zur leichteren Erkennbarkeit der Ofenkonstruktion ist die Herdbeschickung über Tiegel N weggelassen worden.

Holzchnitt aus Agricolas Bergwerksbuch (1556).

so daß das Erz schmilzt. Auf diese Weise fließt das herausickernde Blei aus dem Haufen unten an der ebenen Sohle aus und bildet breite, aber nicht sehr dicke Kuchen. Es stehen einige Zentner Bleierze bereit, die sie, wenn die Arbeit gut vonstatten geht, nach und nach aufgeben. Die flachen Bleikuchen, die noch unrein sind, bringen sie auf trockenes Holz. Dieses befindet sich auf einer Unterlage von grünem Holz, das quer über einen großen Tiegel gelegt ist. Nach dem Anzünden des Feuers seigert das Blei aus“ (SCHIFFNER et al. 1961, 345).

Dieses Bleigewinnungsverfahren reicht bis in die Frühzeit der Buntmetallurgie zurück und gestattet, das schwere Metall aus Bleiglanz (Galenit, PbS), dem verbreitetsten mineralischen Bleiträger, ohne Abröstung auf einem rasch erstellbaren, offenen Herd mit einfachen Handgriffen zu erhalten. Auf solchen Herden erhitze man das Bleierz bei reichlichem Luftzutritt so hoch, daß der Bleiglanz teils zu Bleioxid (PbO), teils in Bleisulfat (PbSO₄) umgewandelt wurde. Dazu spielten sich folgende Stoffumsetzungen ab:



Das ergaben Untersuchungen von JOVANOVIĆ & KOHLMEYER (1957). Allerdings waren diese Reaktionen umkehrbar, und die nichtmetallischen Erzkomponenten bildeten keine absetzbare (= ausreichend metallarme) Schlacke, so daß man neben - ggf. silberhaltigem - Rohblei (Herdofenblei) hoch bleihaltige Rückstände erhielt. Sie mußten, wenn man ihre Blei- und Silberinhalte nicht verloren geben wollte, im Schachtofen nach dem noch vorzustellenden Röstreduktionsverfahren gesondert aufgearbeitet werden. Mit anderen Worten: Man erhielt bei der Herdarbeit in einem einzigen Arbeitsgang zwar rasch und scheinbar betriebskostensparend metallisches Blei (und ggf. Silber), aber die Ausbeute ließ zu wünschen übrig. Aufgrund der Erfahrungen mit technisch verbesserten Nachfolgern jener alten Herde wird man bei diesem Ofentyp und damit auch dem von Agricola für Westfalen besprochenen offenen Herd in der ersten Verhüttungsstufe bestenfalls ein Blei- (und Silber-)ausbringen von etwa 50% erreicht haben. Eine höhere Ausbeute hätte allein schon das nach Agricolas Holzschnitt zu grobstückige Erz nicht ermöglicht.

Agricola war diese Unzulänglichkeit bekannt, denn er teilt wenig später am Beispiel von Herdöfen in Polen zur Aufarbeitung der bei ihm „Schlacken“ (scoriae) genannten Rückstände folgendes mit: „Die Schlacken werden mit dem durch Verwaschen erhaltenen Erzklein (aus der Aufbereitung) in einem Ofen der dritten Art, das heißt, einem solchen mit offenem Auge (Anm. LAUB: Das war ein größerer Gebläseschachtofen) verschmolzen“ (SCHIFFNER et al. 1961, 343 u. 345).

Wie wenig diese sehr alte Bleierzverhüttungsmethode unter Benutzung von Herden sich bis zur Agricola-Zeit geändert hat, beweist die Rekonstruktion eines mittelalterlichen Herdbleiofens mit natürlichem Zug aus Yorkshire, England (TYLECOTE 1976, 97, Fig. 64). Selbst die Herddurchmesser stimmen bei dem westfälischen und dem englischen Herd mit etwa 1,5 m überein. Lediglich die Brennstoffe unterscheiden sich nach den regionalen Gegebenheiten voneinander. In Westfalen kamen Holzkohlen und Strohbündel, in Yorkshire Torf und Reisig zum Einsatz.

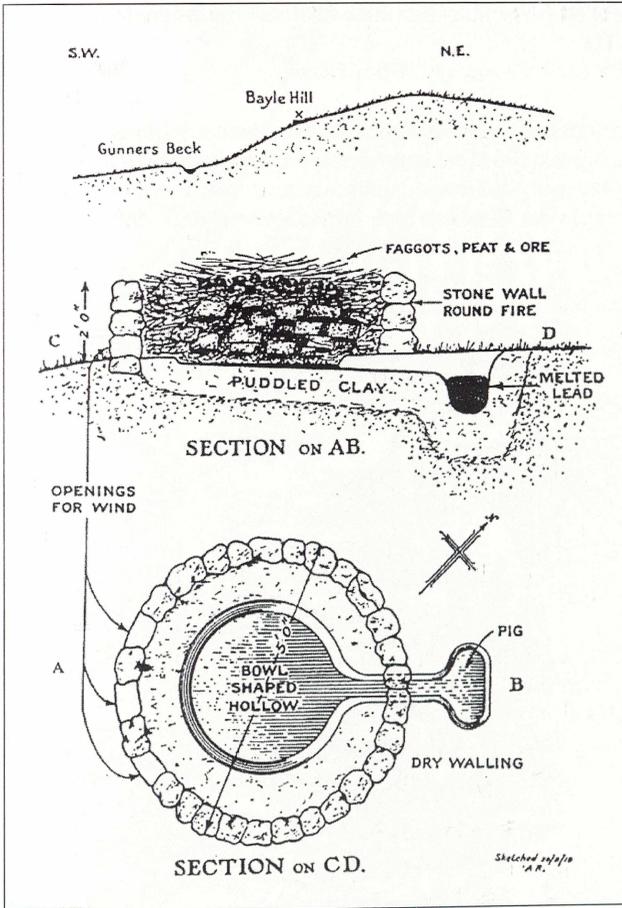


Abb. 3:

Mittelalterlicher Herdofen mit natürlichem Zug aus Yorkshire, England. Inmitten des kreisförmigen, ca. 60 cm hohen Trockenmauerzuges die schüsselförmige Herdmulde, über deren geneigte Sohle aus Lehmstampfmasse das erhaltene Blei der Auffanggrube B zulief.

Im Hüttenmannsenglisch ist „pig“ einmal = roher Metallklumpen (vgl. pig-iron, Gußeisen), zum anderen = Mulde. Rekonstruktion von R. F. Tylecote (1976).

Röstreduktionsverfahren (Schachtofenarbeit)

Das zweite in Westfalen übliche Verhüttungsverfahren für sulfidische Bleierze gibt sich nach Agricolas Schilderung der Erzröstung in Westfalen und der Eifel zu erkennen. Dort „werfen die Arbeiter das vorher geröstete Stückerz auf einen runden Platz, der mit festen Steinen gepflastert ist, und pochen es mit eisernen Werkzeugen, die nach der Gestalt dem Fäustel gleich sind, nach dem Gebrauch aber den Schlägeln. Sie sind 1 Fuß lang, 1 Hand breit und 1 Finger dick, in der Mitte haben sie ein Loch wie ein Fäustel, in welches ein hölzerner, nicht sonderlich dicker Stiel gesteckt wird. Er ist $3\frac{1}{2}$ Fuß lang, so daß die Arbeiter, da der Stiel durch die Last des Eisens gebogen wird, die Stücke desto stärker pochen mögen. Mit der breiten Seite des eisernen Schlägels zerpochen sie die Stücke . . . Nachdem das Erz so gepocht ist, kehren sie es mit Besen zusammen und führen es in die Hütte, wo es auf einem kurzen Herde gewaschen wird. Am oberen Ende steht der Wäscher und zieht mit der Kiste (lange hölzerne Stange mit Querbrett am unteren Ende, einem haarlosen Stubenbesen gleichend) das Wasser zu sich herauf, dieses läuft wieder herab und nimmt dasjenige, was leicht ist, in das nächste Wasserginne mit.“ (SCHIFFNER et al. 1961, 233 - 235).

Diese Beschreibung beweist mit der Erwähnung gerösteten Stückerzes die Anwendung der Röstreduktionsarbeit im Schachtofen. Bei der Bleigewinnung in diesem Ofentyp erhielt man aus dem gerösteten Erz (PbO) durch das aus glühenden Holzkohlen im Ofeninneren freige-

setzte Kohlenmonoxid (CO) silberhaltiges Werkblei (Rohblei) nach der Hauptreaktion



Im Schachtofen mit wasserkraftgetriebenem Blasebalg herrschten weitaus höhere Temperaturen als auf dem offenen Herd beim Röstreaktionsverfahren. Deshalb bildete sich im Schachtofen eine echte und meist gut lauffähige Schlacke aus den nichtmetallischen Beschickungsbestandteilen; sie war in der Regel so blei- und edelmetallarm, daß sie abgesetzt werden konnte.



Abb. 4:

Vorschlagen (Pochen von Hand) und Waschen gerösteter Erze in Westfalen und der Eifel. Das auf dem Setzpflaster A ausgebreitete Röstgut B zerkleinern Arbeiter mit eisernen Schlägeln D an langen Stielen E. Das mit Besen F zusammengekehrte Material wird im Schlämmgraben G mit dem Arbeitsgerät H, der sog. Kiste, von Feinanteilen getrennt. Holzschnitt aus Agricolas Bergwerksbuch (1556).

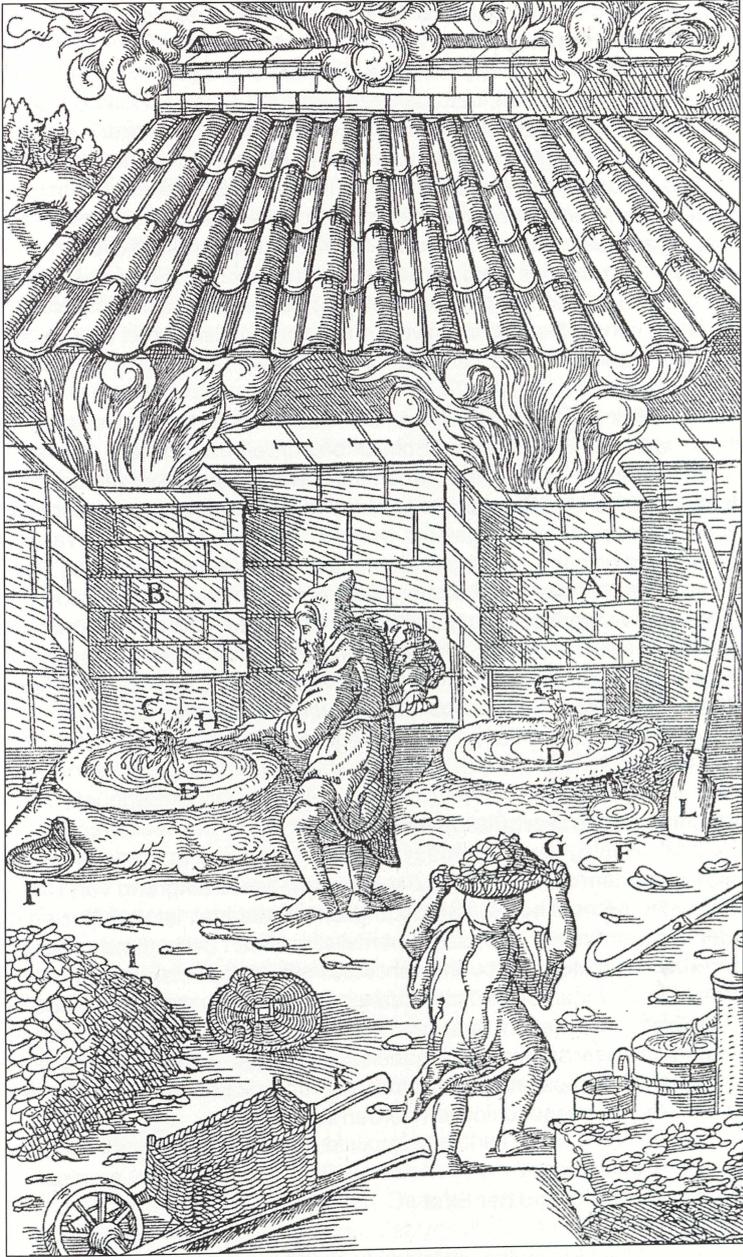


Abb. 5: Gebläseschachtöfen A und B zur Verhüttung gerösteter Bleierz, z. B. solcher von Mechernich, nach dem Röstreduktionsverfahren. Unten in den Ofenvorderwänden die Schlackenaugen C, darunter Vorherde D, in denen sich oben Schlacke, unten Werkblei absetzte. Der Schmelzer entfernt mit dem Haken H Ansätze am Schlackenaustritt. Die Stichlöcher E dienen zum Abstechen des Werkbleies in den unteren Vorherd F. Der Gehilfe trägt Holzkohlen im Korb G vom Kohlenhaufen I zum Ofen. Vorn Karre K zum Abmessen der Kohlen, rechts außen Spaten L zur Herrichtung der hauptsächlich aus Lehm bestehenden Vorherde. Holzschnitt aus Agricolas Bergwerksbuch (1556).

Agricolas Beschreibung läßt außerdem erkennen, daß man das Roherz zunächst der sog. Haufenröstung unterzogen hat. Sie fand mit Scheitholz als Brennstoff im Freien statt. Dabei entwich ein Großteil des Sulfidschwefels als Schwefeldioxid (SO_2), und das Erz sinterte zu einer so harten Masse zusammen, daß man nach Beendigung der Röstung und Abkühlung des Röstgutes Spitzhacken, Fäustel, Brechstangen und manchmal sogar Hehebäume benutzen mußte, um solches Sintergut zerkleinern zu können. Reichte eine Röstung nicht aus, wurde sie wiederholt. Agricola begründet die Röstung sulfidischer Erze einmal damit, daß dadurch festes Erz weich und mürbe gemacht werde und so besser verschmelzbar sei, zum anderen mit der notwendigen Austreibung von Schwefel und ähnlichen schädlichen Bestandteilen, „denn der Schwefel verzehrt das Metall in dem starken Feuer des Ofens zu Asche und führt es in die Schlacken.“ Daß in Wahrheit die oben unter (5) gebrachte Umsetzung als praktisch vollständige Reduktion von PbO zu Pb in Anwesenheit von Sulfidschwefel fehlgeschlagen wäre, war Agricola und seinen Gewährsleuten noch unbekannt.

Die auf den ersten Blick ungewöhnliche „Wäsche“ des von Hand zerkleinerten Röstgutes zielte im Hinblick auf die ihr folgende Schachtofenarbeit darauf ab, Feinanteile in der Beschickung zu vermeiden, denn diese hätten die Gasdurchlässigkeit der aus stückigem Erz und Holzkohlen bestehenden Beschickungssäule im Ofenschacht so herabgesetzt, daß der Reaktionsmechanismus erheblich gestört worden wäre. Das aus der Wäsche erhaltene Feinerz wird man, wie es auch Agricola andeutet, zur Abdeckung des für die Röstung aufgeschichteten Roherzes verwendet haben. Anderenfalls hätte dieses feine Gut bei der Ofenarbeit gewiß zu verstärkter Flugstaubbildung im Abgas und damit zu entsprechenden Substanzverlusten mit Schmälerung des Ausbringens geführt. Dies umso leichter, als die damaligen Gebläseschachtofen mit heißer (flammender) Gicht, also mit Oberfeuer, gefahren wurden. Bei Agricola weisen das alle Abbildungen von Schachtofen, bei denen die Gicht (das obere Schachtende) klar erkennbar ist, unwiderlegbar aus.

Bleierzvorkommen und Erzverhüttung im einzelnen

Der Nachweis für ehemals bebaute Bleierzlagerstätten, sei es aufgrund von Überresten oder Spuren im Gelände, sei es mit Hilfe von urkundlichem Material, ist verhältnismäßig einfach. Bezüglich der Erzverhüttung gilt das ebenfalls, sofern Bodenfunde oder verlässliche Nachrichten prozeßtechnischer Art vorliegen. Aber hier klaffen insbesondere zu den örtlich angewendeten Arbeitsverfahren früherer Jahrhunderte oft erhebliche Erkenntnislücken. Letztere lassen sich nicht selten dadurch beseitigen oder zumindest einengen, daß bei Berücksichtigung gewisser stofflicher Eigenheiten des Erzes im Vergleich mit verfahrenstechnisch unabdingbaren Voraussetzungen einer der oben erläuterten Prozesse mit hohem Wahrscheinlichkeitsgrad ausgeschlossen werden kann.

Bleiknottererze vom Nordrand der Eifel

Beispielhaft sei hierzu auf Bleierzlagerstättenteile des Triasdreiecks bei Mechernich, auf dem Tanzberg bei Keldenich, bei Kommern und südlich Berg vor Nideggen hingewiesen. Es handelt sich um eine Imprägnationslagerstätte, in deren Buntsandsteinhorizonten der hauptsächlichste Bleiträger - in der Regel ungleichmäßig im Sandstein verteilter Bleiglanz - zusammengeballt angereichert ist. Solche Konkretionen von Nadelkopf- über Erbsen- bis zu Faustgröße, Knotten genannt, bestehen nicht aus reinem Bleiglanz, sondern umschließen stets auch Quarzkörner. Dazu treten verschiedene Kupferminerale auf, wobei das Verhältnis von Blei zu Kupfer örtlich sehr verschieden ist. Die Lagerstätte und damit die Bergart besteht zu rund 98 % aus Quarz (SiO_2). Noch zu Anfang der 1950er Jahre betrug das Verhältnis von Bleiglanz zu Weißbleierz (Cerussit, PbCO_3 aus den oberflächennahen Partien der Tagebaue) etwa 1 : 1.

Damals schwankte der Bleigehalt des Mechernicher Roherzes zwischen 1,1 und 1,5 %, doch wird er ursprünglich höher gewesen sein, denn in Probenmaterial aus noch unverritzten Lagerstättenteilen fanden sich etwa 2,5 % Pb. Der geringe Silbergehalt im Roherz der 1950er Jahre stieg infolge der Anreicherung des Fördererzes durch die Anwendung des modernen Flotationsverfahrens (Schwimmstoffaufbereitung) z. B. im Juni 1951 auf 178 g/t und im Mai 1953 auf 196 g/t an. Dennoch enthielt das Flotationskonzentrat in den erwähnten Zeitspannen noch 17 bzw. fast 14 % SiO_2 (PUFFE 1953, 302 - 307), während die zumindest nach heutigen Maßstäben wirtschaftliche Anwendung des Röstreaktionsverfahrens (Herdofenarbeit) den Maximalwert für freies SiO_2 im aufbereiteten Erz auf rund 4,5 % begrenzt. Anderenfalls ist, insbesondere wenn die Berg- bzw. Gangart in der Tat - wie beim Mechernicher Knottenerz - hoch SiO_2 -haltig ist, die Bildung von Bleisilikat bei der Herdofenarbeit unvermeidbar, weil schon geringe Mengen von SiO_2 durch Überziehen der Erzteilchen mit einer reaktionsunfähigen Haut den Prozeß stark verzögern, wobei das gebildete Bleisilikat in die Rückstände gelangt und sich damit der direkten Bleigewinnung aus dem Konzentrat entzieht (TAFEL 1953, 123). Diese Gegebenheiten sprechen kaum für die Anwendung des Röstreaktionsverfahrens bei der Verhüttung von Knottenerzen in früheren Jahrhunderten. Hinzu kommt, daß bei der römischen Erzaufbereitung der das Herdofenverfahren stark störende SiO_2 -Gehalt weit- aus höher gelegen haben wird als die selbst bei Anwendung der Flotation erhaltenen SiO_2 -Werte.

Außerdem erzielte man vor gut hundert Jahren aus rohem Knottenerz mit Hilfe der althergebrachten und der römischen Methode ähnlichen Schwerkraftaufbereitung ein Anreicherungsprodukt, von dem 94 Teile lediglich 15 bis 24 % Pb, nur 5 Teile als sog. Schmelzerz 55 bis 60 % Pb und 1 Teil als „Halberz“ 10 bis 14 % Pb enthielten (BEYSCHLAG - KRUSCH - VOGT 1921, 316). Die gewinnabwerfende Herdofenarbeit verlangt - nach heutigen Verhältnissen - die Anreicherung des Roherzes auf 70 % Blei und mehr, ein weiteres Indiz dafür, daß der Anwendung des Röstreaktionsverfahrens zur Verhüttung der Mechernicher Knottenerze im Dauerbetrieb auch unter diesem Gesichtspunkt nur eine geringe Wahrscheinlichkeit beizumessen ist. Sonst ergäbe sich nämlich die überzeugend nicht zu beantwortende Frage, weshalb man hier die Herdofenarbeit mit zwangsläufig höchst unbefriedigendem Ausbringen an Blei überhaupt vorgenommen hat, wenn der weitaus größere Bleiinhalt der Rückstände anschließend ohnehin dem Röstreduktionsverfahren, der Schachtofenarbeit, unterworfen werden mußte. Hinzu kommt manches aus der substantiellen Hinterlassenschaft römischer Verhüttungstätigkeit als Bodenfundgut, das für die damalige Durchführung des Röstreduktionsprozesses im Schachtofen spricht.

Römische Verhüttungsreste

Vor einer Reihe von Jahren sind in eine metallurgiegeschichtliche Untersuchung zur mittelalterlichen Verarbeitung von silberhaltigen Bleierzen mehrere Verhüttungszentren aus der Zeit des klassischen Altertums einbezogen worden. Dazu gehört auch das oben erwähnte Gebiet im Triasdreieck zwischen Kreuzau im Norden, Satzvey im Osten und Kall im Süden. Weil die Untersuchungsergebnisse bereits veröffentlicht worden sind (LAUB 1985, 118 - 121), soll es auch im Hinblick auf die jetzige Thematik hier mit einer kurzen Zusammenfassung der damals gewonnenen und begründeten Erkenntnisse sein Bewenden haben.

Der hüttentechnisch aussagestärkste Bodenfund bestand in römischer Bleiglätte (PbO) aus dem Nahbereich von Fundamentresten zweier Kammeröfen gleicher Altersstellung bei Berg vor Nideggen mit auffällig hohem Kupfergehalt der Glätte. Die fachmetallurgische Untersuchung dieser Glätte sowie die konstruktionstechnischen Besonderheiten und die Beheizungsart der Öfen, ferner verschiedene chemische Analysen, z. B. auch solche des Ofenmauerwerks, ergaben, daß hier aus Bleiglätte nach der Blei-Silber-Trennung, also der Treib-

arbeit, Mennige (Pb_3O_4) nach einer Herstellungsmethode gewonnen worden ist, die schon Plinius d. Ä. (* 23, † 79 n. Chr.) im 33. Buch seiner „Naturkunde“ kurz angedeutet hat (KÖNIG & WINKLER 1984, 85). Diese Erkenntnis ist jedoch zweitrangig gegenüber der Tatsache, daß der Kupfergehalt der Glätte von Berg vor Nideggen nicht weniger als das 67fache stark kupferschüssiger Glätten aus dem Herdofenblei einiger US-amerikanischer Anlagen beträgt. Metallurgisch bedeutet das: Wäre zur Römerzeit das Bleiknottenerz im Herdofen verhüttet worden, hätte man auffällig verunreinigungsarme Blei erhalten, weil der Prozeß unter oxidierenden Verhältnissen abläuft und infolge der gegenüber dem Schachtofen deutlich niedrigeren Reaktionstemperatur das Kupfer - sei es sulfidisch, sei es oxidisch - fast vollständig im Rückstand verbleibt, also gar nicht erst in den folgenden Treibprozeß und damit in die Glätte gelangt.

Anders ist das bei der Schachtofenarbeit. Kommt hier durch Aufbereitung angereichertes, aber zugleich kupferhaltiges Bleiknottenerz nach der für die Röstreduktionsarbeit erforderlichen weitgehenden Röstung des Konzentrats zum Einsatz, so kann sich das Kupfer wegen Schwefelmangels nicht in dem sonst entstehenden sulfidischen Zwischenprodukt Kupferstein (Gemenge von Cu_2S und FeS) anreichern; es gelangt vielmehr in metallischer Form ins Werkblei. Wird solches Blei vor dem Treibprozeß nicht entkupfert, geht sein Kupferinhalt beim Treibvorgang allmählich größtenteils in die Glätte über. Bei bedeutenderen Kupfermengen, wie offenbar im römerzeitlichen Werkblei von Berg vor Nideggen, wird ein Teil des Kupfers vom Metallbad im Treibherd zäh festgehalten und erst ganz zum Schluß des Treibens oxidiert, also in die Glätte aufgenommen. So erklärt sich der ungewöhnlich hohe Kupfergehalt der Glätte von Berg. Es müssen erhebliche Kupfermengen aus dem Erz ins Werkblei gelangt sein, aber nur deshalb, weil man das Erz (konzentrat) nach dem Röstreduktionsverfahren im Gebläseschachtofen verhüttet haben muß.

Agricolas Nachrichten bestätigen diesen Befund. Er beschränkt in seinem schon mitgeteilten Text die Anwendung des Herdofenverfahrens auf die „Landschaft Westfalen“, während er für das Pochen des in die Schachtofenarbeit gelangenden Röstgutes zusätzlich die „Landschaft Eifel“ erwähnt. Mit anderen Worten: Agricola kennt für die Bleierzverhüttung in der Eifel nur das Röstreduktionsverfahren, für Westfalen die Arbeit im Schachtofen und auf dem Herd, also den Röstreaktionsprozeß. Gestützt wird die offensichtlich langlebige Anwendung jedes der beiden Verfahren durch verschiedene spätere Nachrichten, von denen hier über den „Bergbau und Hüttenbetrieb im Rheinisch-westphälischen Gebirge“ für die Zeit um 1830 folgendes mitgeteilt sei: Rechtsrheinisch bei Linz, im Fürstentum Wied, vorzüglich im Siegerland, bei Müsen und Gosenbach, im Saynischen sowie an vielen anderen Orten in den früheren Herzogtümern Westfalen und Berg geförderter silberhaltiger Bleiglanz in Form von Gangerz wurde auf der Alsauer Hütte bei Linz in Flammöfen (überwölbten Herdöfen für das Röstreaktionsverfahren) verhüttet. Hingegen verwendete man für solche Erze und silberhaltige Fahlerze nach deren Röstung Schachtofen auf den Müsener, Littfelder, Rothenbacher und Gosenbacher Hüttenwerken im Siegenschen, auf der Dörnberger Hütte an der Volme, auf den Wildberger, Broehler, Sterner und Gösings Hütten im Bergischen. Vom linken Rheinufer wird für die hier interessierende Eifel der sehr bedeutende und wichtige Bleiknottenerzbergbau „an der nördlichen Begrenzung der Eifel bei Bleiberg und Commern“ hervorgehoben. Hinzu kommt die Beschreibung der Besonderheiten des Erzes und seiner Aufbereitung durch Pochen und Waschen. Diese Arbeitsgänge hat ja schon Agricola erwähnt, der allerdings diese Maßnahmen auf das bei der Röstung erhaltene Sintergut beschränkt. Hinsichtlich der Weiterbehandlung der gewonnenen Erze heißt es 1838, der größte Teil des „rein aufbereiteten Bleiglanzes wird als Alquifoux oder Glasurerz (Anm. d. Verf.: zu Glasuren von Töpferwaren) verkauft . . . ein anderer Teil wird in niedrigen Schachtofen verschmolzen. Das gewonnene Blei ist ganz frei von Silber.“ (HARTMANN 1838, 404 - 409).

Zum Silber

Der angeblichen Silberfreiheit des erschmolzenen Bleies stehen zwei Tatsachen im Wege. Zum einen enthielt die römerzeitliche Glätte von Berg vor Nideggen trotz der ungenauen Gehaltsangabe „unter 100 g/t“ ganz deutlich Silber, zum anderen betrug der Silbergehalt in Mechnischer Flotationskonzentrat zu Anfang der 1950er Jahre knapp 200 g/t. Die Unstimmigkeit mag bezüglich der Glätte von Berg darauf zurückzuführen sein, daß die (blei- und silber-)reichsten Partien der Knottenerzlagertätte mit Sicherheit gerade zur Römerzeit hereingewonnen worden sind. Wengleich damals die Lagerstätten der Nordeifel in erster Linie wohl zur Gewinnung von Blei, nicht aber zur Erzeugung von Silber als Hauptprodukt gedient haben dürften - die römische Gesamtwirtschaft benötigte in jener Zeit einen „riesigen Bedarf“ an Blei (v. PETRIKOVITS 1958, 599) -, so war doch zugleich das ständige Verlangen nach Silber für die Münzprägung und Schmucksachen Anlaß genug, anstelle erschöpfter Lagerstätten auch solche mit spärlicher Silberführung des Erzes auszubeuten. Das wird auch auf die römerzeitliche Knottenerzverhüttung zutreffen.

Das erhaltene Werkblei hat man also, wie die aufgefundenen Glätte mit nennenswertem Silberrestgehalt beweist, abgetrieben (im Schmelzfluß auf dem Treibherd unter Luftzufuhr entsilbert), zumal neuere Erkenntnisse besagen, „daß in römischer Zeit . . . die Entsilberung sicherlich routinemäßig vorgenommen wurde.“ (WAGNER & PERNICKA 1982, 53). Außerdem bemerkt ein erfahrener britischer Archäometallurge ganz allgemein zur Treibwürdigkeit silberhaltigen Bleies der Römerzeit: "It seems that in the Roman period it was only economic to recover silver from lead when it exceeded about 0.01 % or 100 g/t.“ (TYLECOTE 1976, 61).

Sonstige Erzvorkommen

In Ergänzung zu den bisher erwähnten Erzvorkommen seien abschließend eine Reihe von gangförmigen Bleierzlagertätten erwähnt, die Agricola allerdings aus eigener Anschauung nicht gekannt hat, denn er hat keinen der Landstriche des heutigen Bundeslandes Nordrhein-Westfalen jemals bereist (HORST 1955, 18 u. 19). Im Aachener Raum fanden sich gangförmige Bleierzvorkommen. In Roherzproben aus vier dortigen Gruben machte Zinkblende (ZnS) im Vergleich mit Bleiglanz allerdings fast die zehnfache Menge aus. Des weiteren waren die Gänge des Bergischen Hügellandes östlich von Köln im Bereich von Bergisch-Gladbach, Bensberg, Immekeppel und Engelskirchen ehemals von erheblicher Bedeutung. Ihre Erzführung bestand im wesentlichen aus dichtem, feinkörnigem bis grobem Bleiglanz mit wechselndem Silbergehalt. Er betrug mindestens 200 g, 500 g im Durchschnitt und 7000 g/t im Höchstfall. Bei z. B. durchschnittlich 500 g Ag/t Erz nimmt es nicht wunder, daß hier langgestreckte Pingenzüge den Ausbissen der bedeutenderen Gänge folgen und alten, wohl nur auf Blei- und Silberzementationszone geführten Bergbau bekunden. Sicherlich ist er schon von den Römern aufgenommen worden. Urkundlich belegt ist mittelalterlicher Bergbau für die Grube Lüderich als bedeutendste Bleierzlieferantin des Bergischen Hügellandes für das Jahr 1250. Allerdings haben auch hier zwischen 1880 und 1918 die Fördermengen an Zinkerzen diejenigen von Bleierzen weitaus übertroffen.

Wie die Erzvorkommen des Bergischen Hügellandes gehören auch die Erzgänge von Ramsbeck und des Velberter Sattels zur sog. alten Blei-Silber-Zinkerzganggruppe. Die Ausfüllung der Ramsbecker Gänge besteht aus Bleiglanz, Zinkblende, untergeordnet Schwefel- und Kupferkies. Die absätzigte Erzführung beschränkt sich auf geringmächtige edle Mittel. Der Bleiglanz, die wichtigste Erzkomponente, enthält 270 - 650 g Ag/t; er ist mit Quarz und Blende verwachsen.

Sehr reinen, aber recht silberarmen Bleiglanz wiesen die Gänge des Velberter Sattels auf. Neben reichlich Markasit (FeS_2) und Schwefelkies (Pyrit) brachen untergeordnet Zinkblende und wenig Kupferkies bei (BEYSCHLAG - KRUSCH - VOGT 1921, 267 - 271; 216 - 220).

Verhüttung

Für die Verhüttung von Bleierzen der gerade erwähnten gangförmigen Vorkommen ist für die Agricola-Zeit vom Herdofenverfahren auszugehen, sofern es sich nicht um Fahlerze (mehrgliedrige Mineralgruppe, in deren Varietäten Kombinationen von Kupfer, Arsen, Antimon, Schwefel, Wismut, Blei [sehr wenig], Eisen, Zink und anderen vererzt sind; wichtiges Silbererz) handelte, die den Kupfererzen und bei beträchtlichem Silbergehalt den Silbererzen zuzuordnen sind. Im übrigen mußten nach heutigen Erkenntnissen für einen lohnenden Dauerbetrieb nach dem Herdofenverfahren folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Anreicherung des Bleigehaltes im Erzkonzentrat auf nicht weniger als 70 % nebst
- Abtrennung der Berg- oder Gangart in Form von SiO_2 auf möglichst unter 4,5 %.
- Erz muß möglichst frei von Arsen und/oder Antimon sein und darf maximal nur 2 % Cu und 4 - 5 % Zn enthalten.
- Erz darf nicht zu silberreich sein, sonst zu hohe Verflüchtigungsverluste (TAFEL 1953, 123).

Inwieweit diese Voraussetzungen für die Verhüttung von Erzen der oben kurz vorgestellten Vorkommen nach dem Herdofenprozeß erfüllt gewesen sind, bedarf diesbezüglicher Untersuchungen, die jedoch nicht mehr der Agricolas Nachrichten gewidmeten Themenstellung unterfallen.

Literaturverzeichnis

- BEYSCHLAG, F., KRUSCH, P. u. VOGT, J. H. L. (1921): Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine nach Form, Inhalt und Entstehung, II. Band, Erzlagerstätten II. - 2. Aufl., 916 S. 200 Abb., Tab., Stuttgart (F. Enke).
- HARTMANN, C. (1838): Taschenbuch für reisende Geologen, Berg- und Hüttenleute durch die Hauptgebirge Deutschlands und der Schweiz. - 415 S., 1 Atlas mit 14 Tafeln geologische Kärtchen und Profile, Weimar (Verlag B. F. Voigt).
- HORST, U. (1955): Das Agricola-Büchlein. - 112 S., 16 Abb., 16 Tafeln (Kleine Bibliothek d. Natur- u. Heimatfreunde, Bd. 5), Dresden (Sachsenverlag Dresden).
- JOVANOVIĆ, M. u. KOHLMEYER, E. J. (1957): Untersuchungen zum Herdofenprozeß am Beispiel der Bleihütte Zvečan, Jugoslawien. - Z. Erzmetall, **10**, 273 - 284.
- KOCH, M. (1963): Geschichte und Entwicklung des bergmännischen Schrifttums. - 176 S., 5 Abb. (Schriftenreihe Bergbau - Aufbereitung, Bd. 1), Goslar (Hermann Hübener Verlag K. G.).
- KÖNIG, R. u. WINKLER, G. (1984): C. Plinius d. Ä. Naturkunde. Lateinisch-Deutsch, Buch XXXIII. Metallurgie. - 228 S., 8 Abb., München u. Zürich (Artemis Verlag).
- LAUB, G. (1985): Die mittelalterliche Verhüttung von silberhaltigen Harzer Bleierzen im Vergleich zur antiken Technologie. - Harz-Z., **37**, 65 - 130, 10 Tab. u. 1 Tafel.
- PETRIKOVITS, H. v. (1956): Neue Forschungen zur römischen Besiedlung der Nord-eifel. - Z. Germania, **34**, 99 - 125, 18 Abb.

- PETRIKOVITS, H. v. (1958): Bergbau und Hüttenwesen in der römischen Rheinzone. - Z. Erzmetall, **11**, 594 - 600.
- PUFFE, E. (1953): Die Blei-Zink-Erzlagerstätte der Gewerkschaft Mechernicher Werke in Mechernich in der Eifel. - Z. Erzmetall, **6**, 302 - 310.
- SCHIFFNER, C. u. a. (1961): Georg Agricola. Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen. - 564 S., 293 Abb., 3. Aufl., Düsseldorf (VDI-Verlag GmbH).
- TAFEL, V. (1953): Lehrbuch der Metallhüttenkunde, Bd. **II**, 2. Aufl., 760 S., 219 Abb., Tab. u. Tafeln, Leipzig (S. Hirzel Verlagsbuchhdg.).
- TYLECOTE, R. F. (1976): A History of Metallurgy. - 182 S., Abb., London (Metal Society).
- WAGNER, G: A: u. PERNICKA, E. (1982): Blei und Silber im Altertum: Ein Beitrag der Archäometrie. - Z. Chemie in unserer Zeit, **16**, Nr. 2, 47 - 56.
- WILSDORF, H. (1956): Georg Agricola und seine Zeit (Georgius Agricola: Ausgewählte Werke, Bd. **I**), Berlin (VEB Deutscher Verlag d. Wissenschaften).
- WILSDORF, H. u. QUELLMALZ, W. (1971): Bergwerke und Hüttenanlagen der Agricola-Zeit. - 616 S., 98 Abb., 40 Tafeln, versch. Register (Erg.-Bd. I zu Georgius Agricola - Ausgewählte Werke, Gedenkausgabe d. Staatl. Mus. f. Mineralogie u. Geologie zu Dresden), Berlin (VEB Deutscher Verlag d. Wissenschaften).

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Gerhard LAUB, Talstraße 32, D-38642 Goslar

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Dortmunder Beiträge zur Landeskunde](#)

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: [30](#)

Autor(en)/Author(s): Laub Gerhard

Artikel/Article: [Naturkundliche und metallurgische Aufzeichnungen Georgius Agrícolas vor 450 Jahren 59-73](#)