

Vom Probierwesen

„Das Probieren der Erze, welches zur Ermittlung des Metallgehaltes dient, unterscheidet sich von dem Verschmelzen der Erze nur durch die geringere Menge des verwendeten Gutes ... Die Methoden indes sind die gleichen.“

Georgius Agricola, „De re metallica libri XII“, Siebentes Buch

1 Einleitung

Bei archäologischen Grabungen in den Bergstädten des Erzgebirges werden regelmäßig Gegenstände aus Keramik geborgen, die nicht dem normalen Gebrauch im Haushalt zugeordnet werden können¹. Besonders auffällig werden diese Funde in den Zeiträumen, in denen Bergbau und Hüttenwesen eine Blütezeit aufwiesen, nämlich dem 13./14. und dem 16. Jahrhundert. Dem mit der Metallurgie vertrauten Betrachter weisen sich die Gefäße durch Form und Beschaffenheit recht schnell als technische Keramik aus, die zum Probieren auf Edelmetall verwendet wurde. Einige der Objekte sind auch in GEORGIUS AGRICOLAS „De re metallica libri XII“ dargestellt. Die dazu gehörigen Texte sind in großen Teilen hilfreich bei der Interpretation der Funde. In einigen Fällen sind Form und Funktion der Keramik vom Mittelalter bis in die heutige Zeit praktisch unverändert geblieben – eine außergewöhnliche Konstanz. Ein bestimmter Typus von Funden jedoch läßt sich auch durch das Studium der umfangreichen Schriften AGRICOLAS nicht erschließen. Hier können naturwissenschaftliche Untersuchungen und der Vergleich mit weiteren kontemporären beziehungsweise jüngeren Texten weiterhelfen.

2 Das Fundmaterial

Bei den mittelalterlichen Funden handelt es sich einmal um auffallend dickwandige dreieckige Tiegel, deren Fassungsvermögen von wenigen Kubikzentimetern bis zu nahezu einem Liter reichen kann. Ein großes Exemplar ist in Bild 1 dargestellt.

Die Keramik ist stark mit Graphit versetzt; ein Hinweis darauf, daß Feuerfestigkeit und geringes chemisches Reaktionsvermögen erwünscht waren. Die Tiegel weisen an ihren Außenseiten deutliche Hitzespuren in Form von Verglasungen und Aufblähungen der Keramik auf. Im Inneren sind dagegen kaum Rückstände zu erkennen. Eine genaue Betrachtung unter dem Mikroskop zeigt jedoch, daß an der Innenwand winzige Silber- oder Kupfertröpfchen vorhanden sind. Die bisher untersuchten sächsischen Dreieckstiegel sind demnach nur zur Verflüssigung von Metallen verwendet worden. Dieser Prozeß spielte sowohl im Werkstattbereich beim Gießen oder Legieren eine Rolle als auch im Probierlaboratorium bei der Analysenvorbereitung. Eine Zuordnung zu dem einen oder anderen Kontext kann also bei isolierten Funden lediglich in einer groben Annäherung über die Größe der Tiegel vorgenommen werden

¹ Für einen Überblick über den archäologischen Hintergrund des Fundmaterials siehe Schwabenicky 1990 und Richter 1994.



Bild 1: Grafitgemagerter Dreieckstiegel aus der Altstadt von Freiberg, 13./14. Jahrhundert. Tiegel dieser Art werden noch in heutiger Zeit verwendet.

Die hier beschriebenen Tiegel werden mehrere hundert Jahre später auch von GEORGIUS AGRICOLA in seinem siebenten Buch „Vom Probierwesen“² dargestellt und besprochen (vgl. Bild 5). Seinem Text zufolge ist diese Art technischer Keramik als Reaktionstiegel im Probierlabor verwendet worden; Untersuchungen an Tiegeln aus Niederösterreich³ bestätigten dies auch. Weitere Analysen werden sicher neben den Guß- auch entsprechende Schmelztiegel im sächsischen Raum identifizieren können. Bemerkenswert an den dreieckigen Tiegeln ist die seltene Kontinuität, mit der sich sowohl Form als auch Funktion über ausgedehnte Zeiträume hinweg erhalten haben: Sie tauchen bereits um Christi Geburt im europäischen Fundinventar⁴ auf und sind bis auf den heutigen Tag in metallurgischen Laboratorien in Gebrauch.

Im Mittelalter⁵ überaus häufig vertreten sind flache, tellerartige Gefäße, wie in Bild 2 dargestellt. Die Funde liegen meist nur noch in Bruchstücken vor. Der rekonstruierte Durchmesser schwankt zwischen 4 und 20 Zentimetern. Im Inneren sind häufig Schlackeanhaftungen zu beobachten, teils so massiv, daß sie die keramische Substanz zersetzen. In der Schlacke sind gelegentlich Abdrücke von Metallreguli zu erkennen. Eine Auswahl der Scherben wurde präpariert und sowohl unter dem Licht- als auch unter dem Rasterelektronenmikroskop mit Hilfe von energie- und wellenlängendispersiven Analysensystemen ausgewertet.

² Georgius Agricola, Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen.

³ Ein komplettes alchemistisches Probierlaboratorium publizierte Sigrid von Osten 1998. Einige Aspekte der naturwissenschaftlichen Untersuchungen an diesen Funden (im Rahmen der gesamten Tiegelmaterallurgie) stellt Rehren (1998) dar.

⁴ Bayley 1992

⁵ Diese „Schmelzschalen“ treten neben den mittelalterlichen auch in weit früheren Fundzusammenhängen zum Beispiel in Großbritannien auf, Bayley und Eckstein 1997.

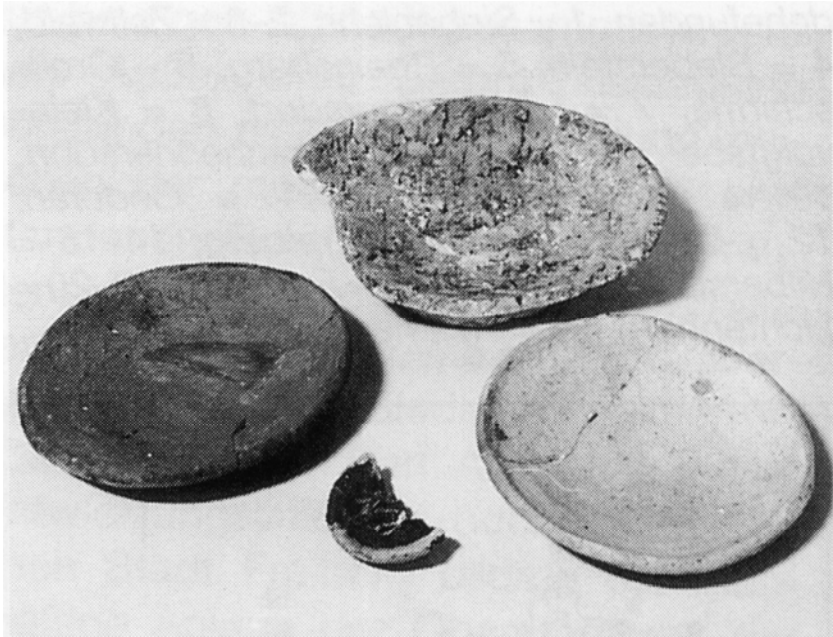


Bild 2: Typisch für das Mittelalter sind uhrglasartige Schalen aus silikatischer Keramik mit deutlich sichtbaren Schlackenrückständen.

Es zeigte sich dabei zunächst, daß die Schlacke überwiegend aus einem hoch bleihaltigen Silikatglas besteht. In dieses sind Reste der ursprünglich verarbeiteten Probe eingeschlossen. Es handelt sich dabei um metallisches Blei, assoziiert mit Silber und Kupfer wie in Bild 3. Das Blei kann auch in Verbindung mit sulfidischem Blei-Silber-Erz auftreten. Der flachen und offenen Form und dem damit verbundenen Luftzutritt entsprechend ist das Blei häufig oxidiert. Das resultierende sehr aggressive Oxid hat sich mit der keramischen Substanz der Gefäße zu dem beschriebenen Schlackenglas verbunden, meist ohne daß die Schälchen in ihrer Funktion beeinträchtigt gewesen wären.

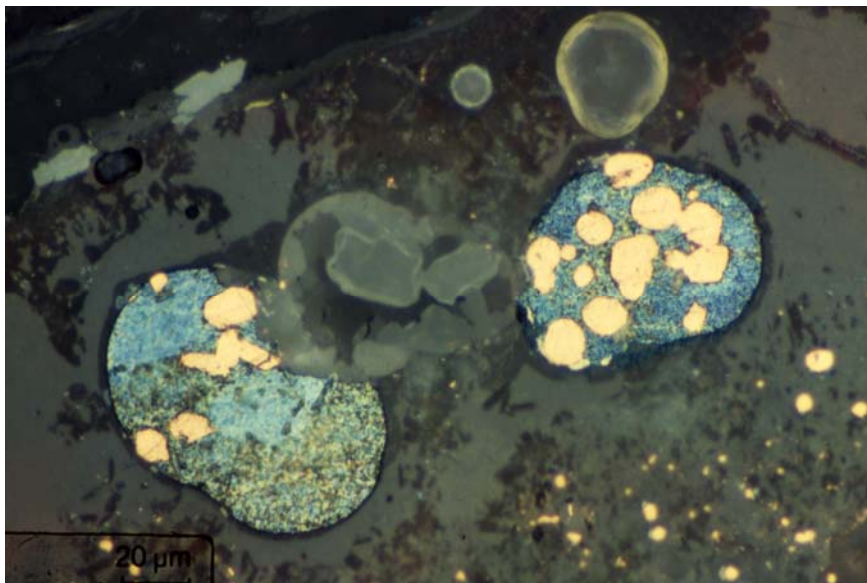


Bild 3: Mikroskopische Aufnahme von Schlackeanhaftungen in einem mittelalterlichen Probierschälchen. In der Bleisilikatschlacke sind zahlreiche Einschlüsse von metallischem Blei (heller; hier zwei größere Exemplare) mit Silber- und Kupfertröpfchen (helle Einsprengsel), enthalten. Auch Silbererz kann in Assoziation mit Blei auftreten.

Es handelt sich offenbar um Probierschälchen, in denen silberhaltiges Metall respektive Silbererz probiert wurde. Den mittelalterlichen Funden vergleichbar ist die Probierkeramik der Renaissance. Ein Beispiel zeigt Bild 46. Diese jüngeren Objekte wirken wegen des charakteristischen starken Fußes auf den ersten Blick zwar äußerlich recht anders, sie sind sich jedoch hinsichtlich der flachen Form im Inneren funktionell sehr ähnlich. Auch das verwendete Material – es handelt sich in allen Fällen um silikatische Keramik⁷ – ist prinzipiell gleichartig.



Bild 4: Probierschälchen aus der Renaissance. Foto: Schloßbergmuseum

Auch die Probierschalen des 16. Jahrhunderts weisen im Inneren häufig einen Spiegel aus Bleisilikatschlacke auf, wenngleich in weitaus geringerem Maße als ihre mittelalterlichen Pendanten. In vielen Fällen ist erkennbar, daß der Inhalt des Gefäßes in flüssigem Zustand ausgeleert wurde. Es ist daher nicht mehr möglich, eine Aussage über die Substanz zu treffen, die in diesen Schälchen probiert wurde.

In Bild 5 ist einer der Holzschnitte aus GEORGIUS AGRICOLAS siebentem Buch über das Probierwesen wiedergegeben. Die Übereinstimmung von bildlicher Darstellung und archäologischen Funden läßt hoffen, daß AGRICOLAS Schrift im Zusammenhang mit den Ergebnissen der analytischen Arbeiten zu einem besseren Verständnis der Abläufe beim Probierprozeß führen wird.

6 Das Objekt ist Eigentum des Schloßbergmuseums Chemnitz. Das Foto stammt aus dem Ausstellungskatalog „Das Feuer der Renaissance“ (Hrsg. A. Kramarczyk, Chemnitz 2005)

7 Allerdings sind die jüngeren Schälchen aus einem weit feiner geschlammten Material gefertigt.

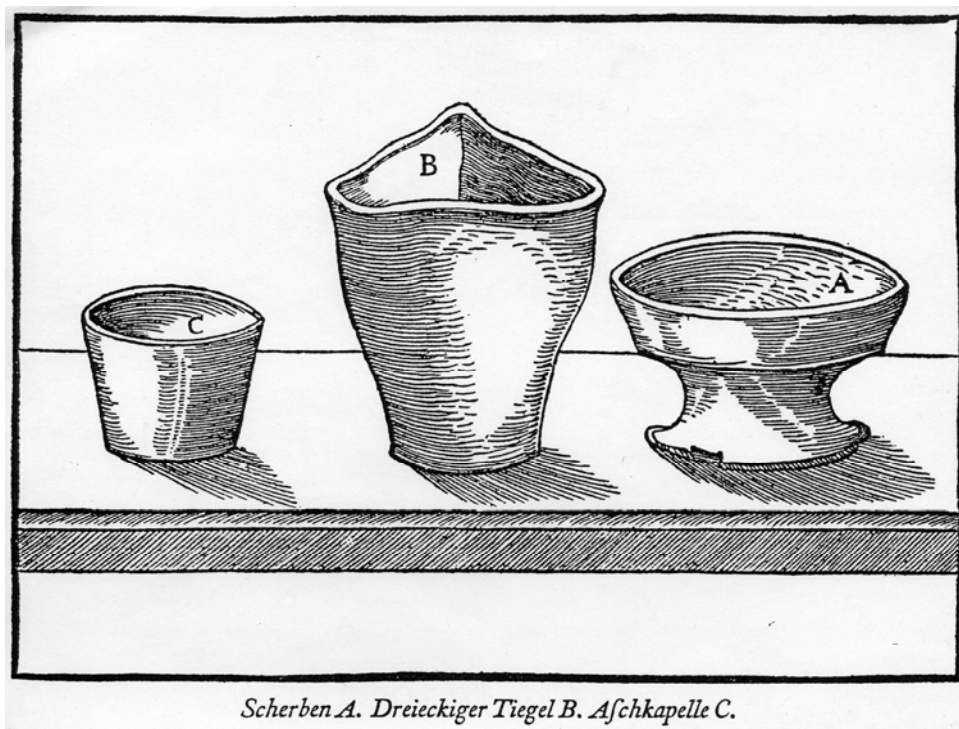


Bild 5: Probiergefäße nach AGRICOLA. Rechts ein Probierschälchen ganz analog dem in Bild 4 dargestellten, von AGRICOLA als „Scherben“ bezeichnet. Links eine Aschkupelle, deren Funktion weiter unten besprochen wird. In der Mitte einer der oben erwähnten Dreieckstiegel.

Exkurs: Blei- Silber-Verhüttung und Dokimasie

Die Herstellung von Silber ist eng mit der Bleiverhüttung verbunden. Der Grund dafür ist zum einen darin zu suchen, daß ihrer geochemischen Ähnlichkeit wegen beide Metalle in ihren Erzen miteinander vergesellschaftet sind. Der wichtigste historische Silberträger ist Bleisulfid PbS , der einen geringen Anteil an Silbersulfid in seinem Kristallgitter lösen kann. Zum anderen ist Blei ein hervorragender Sammler für Edelmetalle. Werden Silbererze in Gegenwart von ausreichend metallischem Blei geschmolzen oder bildet sich solches im Zuge der Verhüttung, so löst sich nahezu alles Silber aus dem Erz im sogenannten Werkblei.

Von diesem muß es in einem der Verhüttung folgenden Schritt, der so genannten Kupellation – auch als Abtreiben bezeichnet – wieder getrennt werden. Dabei wird das silberhaltige Blei im Luftstrom geschmolzen. Unter diesen Bedingungen oxidiert das Blei, während das edlere Silber weiter in metallischem Zustand verbleibt. Das sich bildende Bleioxid, die sogenannte „Bleiglätte“, muß laufend abgetrennt werden. Nach und nach wird das Metall immer reicher an Silber, bis am Ende des Prozesses alles Blei oxidiert und fast reines Silber übrig ist.

Vor der Verhüttung muß jedoch der Schwefel aus dem Erz abgetrennt werden. Dies geschieht üblicherweise durch eine Röstung, bei der Schwefel oxidiert wird und in der Folge als Gas entweicht. Anschließend wird das Röstgut im sogenannten Röst-Reduktionsprozeß reduzierend geschmolzen. Alternativ ist es auch möglich, das sogenannte Röst-Reaktionsverfahren anzuwenden⁸.

⁸ Tafel und Wagenmann, 1951 und 1953

Dabei wird die gesamte Charge unter Luftzutritt geschmolzen, wobei das sich bildende Bleioxid direkt mit dem Bleisulfid zu Metall reagiert. Diese Prozeßführung ist auf sehr reine und hochkonzentrierte stückige Erze beschränkt und wird daher kaum noch angewandt.

Ausgangsprodukt: Silberhaltiges sulfidisches Bleierz

1. Schritt: Schmelzen von silberhaltigem Werkblei
mittels

Röst- Reduktions-Verfahren

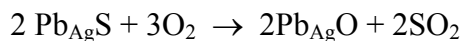
oder

Röst-Reaktions-Verfahren

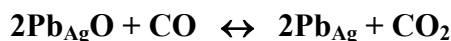
Vorgelagerter Röstschrift:

Keine vorgelagerte Röstung erforderlich

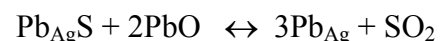
Schwefel abtrennen durch Zufuhr von Luft



Danach Reduktion des Röstgutes mittels Holzkohle:



Luft direkt in den Schmelzgang einbringen:

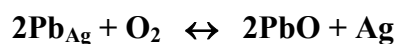


Zwischenprodukt: Silberhaltiges Blei („Werkblei“)

2. Schritt: Kupellation

Oxidierendes Schmelzen: Verflüssigen des silberhaltigen Werkbleis unter Luftzutritt, dabei Oxidation des Bleis, nicht aber des Silbers. Das Bleioxid wird laufend abgetrennt.

Die Schmelze wird nach und nach immer silberreicher, bis metallisches Silber übrig bleibt.



Endprodukt: Silbermetall

Bild 6: Schematische Darstellung der Blei-Silber-Verhüttung

Bild 6 vermittelt einen schematischen Überblick über das Verfahren. Anzuwenden.⁹ Dabei wird die gesamte Charge unter Luftzutritt geschmolzen, wobei das sich bildende Bleioxid direkt mit dem Bleisulfid zu Metall reagiert. Diese Prozeßführung ist auf sehr reine und hochkonzentrierte stückige Erze beschränkt und wird daher kaum noch angewandt. Bild 6 vermittelt einen schematischen Überblick über das Verfahren.

Beim Probieren von Erz oder Metallen werden kleine Mengen der zu testenden Substanz verschmolzen, um ihren Edelmetallinhalt zu ermitteln. Dieses auch als Dokimasie bezeichnete Verfahren stellt wohl das älteste der Menschheit bekannte Analysenverfahren dar¹⁰. In wiederum einzigartiger Kontinuität hat die Dokimasie bis heute überlebt; in metallurgischen La-

⁹ Tafel und Wagenmann, 1951 und 1953

¹⁰ Archäologische Funde, die dem Probierwesen zuzuordnen sind, treten erst ab dem Mittelalter gehäuft auf. Das Verfahren ist jedoch mit Sicherheit viel älter: In der Tel-el-Amarna Korrespondenz des frühen 14. Jahrhunderts vor Christus ist in einer Beschwerde an Amenophis IV. von Ägypten zu lesen, daß von angeblichen 20 minas an Gold nur 5 verbleiben, nachdem im Feuer getestet wurde; Zitat in Nriagu 1985.

bors wird sie gelegentlich trotz ihres höheren Aufwandes modernen physikalischen Analysemethoden vorgezogen.

Bei der Silberprobe wird die zu untersuchende Substanz mit einer bekannten Menge silberfreien Bleis aufgeschmolzen. In dem sich bildenden Bleiregulus sammelt sich alles in der Probe vorhandene Edelmetall. Die nachfolgende Kupellation trennt Blei und Edelmetall in der schon beschriebenen Weise. Der Treibeprozess wird in sogenannten Kupellen (Kapellen) durchgeführt; in Bild 5 ist eine solche dargestellt. Dies sind poröse Gefäße aus Materialien, welche möglichst wenig mit dem überaus aggressiven Bleioxid reagieren. Häufig benutzt wurde pulverisiertes Calciumphosphat, das aus gebrannten Knochen hergestellt und unter Beimengung von Holzasche oder etwas Ton zu einer Kupelle gepreßt wurde. Das sehr dünnflüssige Bleioxid wird beim Treibeprozess in den porösen Kupellenkörper gesogen, die Metallschmelze bleibt auf der Oberfläche. Das so gewonnene Silberkorn wird gewogen.

3 Interpretation von Text und Analyse

Nach üblichem Verständnis werden sulfidische Erze nach einem Röstprozeß reduzierend, also unter Ausschluß von Luft, verschmolzen¹¹. Das steht jedoch im Widerspruch mit der Beschaffenheit der Probierschalen. Ihre offene Form läßt Luftsauerstoff ungehindert Zutreten. Auch die Assoziation der Phasen, die in den Gefäßen analysiert wurde, weist hoch oxidierende Bedingungen aus. Bild 7 illustriert dies in anschaulicher Weise.

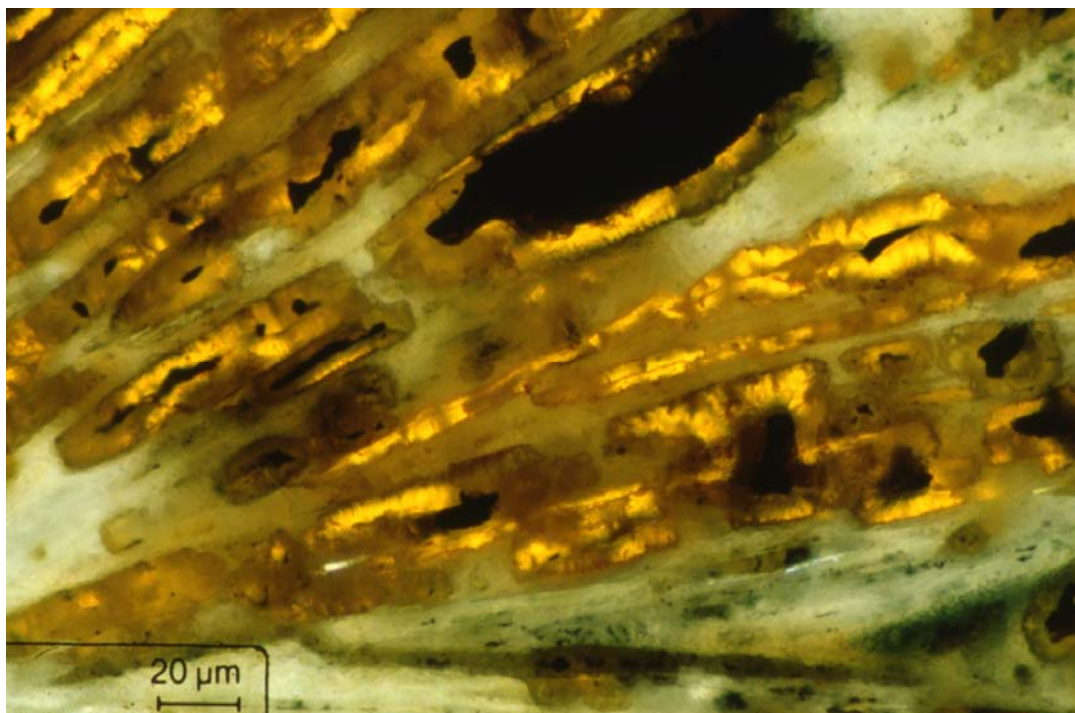


Bild 7: Phasen in einem mittelalterlichen Schmelzgefäß. Metallisches Blei (schwarz) wandelt sich durch das stark oxidierende Milieu in Bleioxid um.

¹¹ Neben Georgius Agricolae neuntem Buch des „De re metallica libri XII“ liefern Tafel und Wagenmann 1951 und 1953 detaillierte Informationen zur klassischen pyrometallurgischen Blei- und Silberverhüttung.

Das Probiergut könnte vor dem Verschmelzen in den flachen Schalen abgeröstet worden sein, um Schwefel zu entfernen. Um Rückstände eines Röstprozesses handelt es sich in den vorliegenden Fällen aber schon deshalb nicht, weil der Inhalt der Schälchen komplett geschmolzen war.

AGRICOLAS Texte im siebenten bis neunten seiner zwölf Bücher erweisen sich als wenig hilfreich bei der Auflösung dieses Widerspruchs. AGRICOLA setzt sich mit einer Vielzahl verschiedener Ausgangs- und Zuschlagsmaterialien, zahlreichen Geräten und Ausrüstungsgegenständen inklusive ihrer Herstellung und einer verwirrenden Anzahl verschiedener Prozesse sowohl beim Probieren als auch beim großmaßstäblichen Schmelzen auseinander. Jedoch beschreibt er Material, Werkzeuge und Vorgänge stets nebeneinander in einer solchen Weise, daß es dem Leser kaum gelingen will, sich aus seiner Darstellung einen logischen Verfahrensablauf zu rekonstruieren¹².

Der Schlüssel zum Verständnis liegt hier sowohl bei AGRICOLAS Zeitgenosse LAZARUS ERCKER als auch in der metallurgischen Literatur des neunzehnten und zwanzigsten Jahrhunderts. Wie im Exkurs zur Verhüttung beschrieben, kann ein silberhaltiges Werkblei aus sulfidischem Erz auch durch einen oxidierenden Schmelzprozeß im sogenannten Röst-Reaktionsverfahren gewonnen werden. Das in der Dokimasie verbreitete Analogon wird bereits bei LAZARUS ERCKER¹³, später in modernen Probierbüchern¹⁴ erörtert. Es handelt sich um das sogenannte „Ansieden“, bei dem das Untersuchungsmaterial in flachen Schalen, den Ansiedescherben, unter Zusatz von reinem Bleimetall oxidiert wurde. Wie die Analysen zeigten, bildet sich dabei zwar eine außergewöhnlich bleireiche Schlacke. Da der Prozeß jedoch ausschließlich auf das Silber zielte, welches quantitativ im verbleibenden Metall gelöst war, war dies ohne Belang.

Der in Bild 5 rechts dargestellte „Scherben“ und ein erneutes Studium von AGRICOLAS Probierbuch zeigen, daß die Ansiedeprobe auch dort Eingang gefunden hat: Schmelzvorgänge sollen dem Autor zufolge entweder im „Tiegel“ oder im „Scherben“ ausgeführt werden. Dahinter verbirgt sich wohl eine Differenzierung zwischen reduzierender Tiegelprobe und oxidierender Ansiedeprobe. Das untersuchte Fundmaterial aus dem Mittelalter zeigt, daß das Ansiedeverfahren schon seit mehreren Jahrhunderten bekannt war, bevor AGRICOLA sich dem Thema zuwandte.

Eine zusammenfassende Darstellung der im Silberprobierwesen angewandten Verfahren, wie sie sich aus der Gesamtschau der einschlägigen Literatur und den Untersuchungen der Ansiedescherben ergeben, ist aus Bild 8 zu entnehmen.

12 So beschreibt Agricola im achten Buch zwar die Röstung von Blei-Silber-Erzen; im neunten Buch schlägt er offenbar die Verhüttung dieser gerösteten Erze in Gebläseschächtföfen vor. Wenige Seiten später impliziert aber seine Beschreibung der Bleiverhüttung in Westfalen und Polen ein gänzlich anderes Verfahren, bei dem das unbehandelte Erz auf flachen Herden geschmolzen wird. Hier bezieht er sich offenbar auf den Röst-Reaktionsprozeß.

13 Erckers Schrift von 1580 in der Übersetzung von P. R. Beierlein aus dem Jahr 1960.

14 Brown 1886, Schiffner 1912, Beringer und Beringer 1921.

Ausgangsprodukt: Silberhaltiges sulfidisches Bleierz (in bekannter Menge)

1. Schritt: Konzentration des Silbers in Bleimetall
mittels

Tiegelanalyse	oder	Ansieden
Reduzierendes Schmelzen mit Bleizusatz nach Röstvorgang		Oxidierendes Schmelzen mit Bleizusatz ohne Röstvorgang
in Tiegeln:		in Ansiedescherben:
= hohe, schmale Gefäße aus silikatischer Keramik.		= flache, offene Schalen aus silikatischer Keramik.

Zwischenprodukt: Silberhaltiger Bleiregulus („Bleikönig“)

2. Schritt: Kupellation

Oxidierendes Schmelzen des silberhaltigen Bleiregulus in Kupellen

(= flache, offene Gefäße aus saugfähigem reaktionsträgem Material, häufig gepresste Knochenasche). Das Bleioxid wird in die Kupelle gesaugt, bis metallisches Silber übrig bleibt.

Endprodukt: Silberregulus („Silberkönig“)

Durch Wägen kann der Silbergehalt des Erzes berechnet werden.

Bild 8: Schematische Darstellung der Prozeßschritte bei der Silberprobe.

4 ...und keine Kupellen?

Die Kupellen der Renaissance sind den Ansiedescherben gleicher Datierung in ihrer äußeren Form so ähnlich, daß sie oftmals mit diesen verwechselt werden. In zahlreichen Ausstellungen zum Hüttenwesen sind „Kupellen“ vertreten, die sich bei näherer Betrachtung als Ansiedescherben erweisen. Tatsächlich sind sicher datierte Probierkupellen im älteren Fundinventar des sächsischen Raumes bisher nicht dokumentiert, in anderen Bereichen Europas wurden sie deutlich seltener als beispielsweise Tiegel oder Ansiedescherben gefunden.

Abgesehen von der ähnlichen Form sind aber diese aus Knochenasche oder Mergel hergestellten Gefäße durch ihre Porosität und ihr charakteristisches Gewicht (nach Gebrauch sind sie mit Bleioxid vollgesogen) leicht von den gewöhnlich verschlackten keramischen Ansiedescherben zu unterscheiden. Zu Vergleichszwecken zeigt Bild 9 ein mikroskopisches Bild einer Kupelle: Die Knochenpartikel, umhüllt von Bleioxid, sind deutlich zu erkennen. Auch der Phosphatgehalt von Fundstücken dieser Art ist außergewöhnlich hoch, so daß sie nach einer Analyse kaum mit anderen Gefäßen verwechselt werden können.

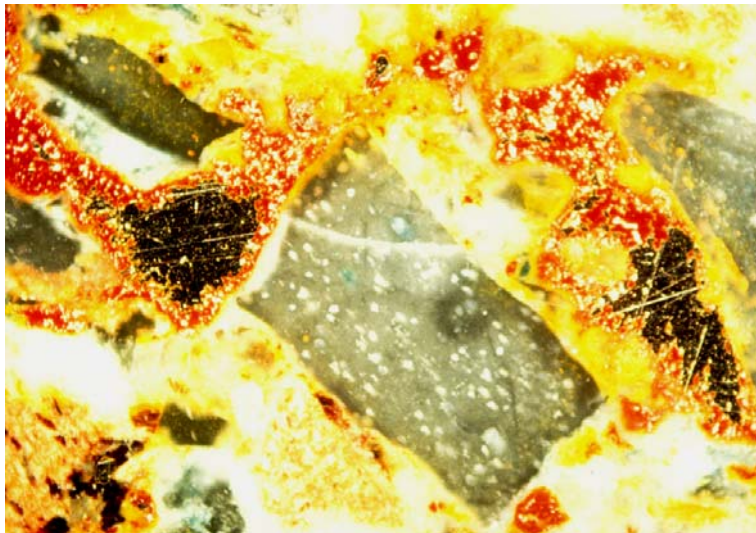


Bild 9: Knochenaschekupelle aus England unter dem Mikroskop. In der Bildmitte ist ein Knochenpartikel zu erkennen, der von Bleioxiden umhüllt wird. Bildbreite 3 mm.

Aschkupellen sind gegen die Einflüsse von Bodenlagerung weit weniger gefeit als die keramischen Ansiedescherben und Tiegel. Dies wird ihre Seltenheit möglicherweise erklären.

5 Literaturverzeichnis

Agricola, Georgius (1928): Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen, Buch VII: Vom Probierwesen. Bearbeitet von Carl Schiffner, Berlin.

Bayley, Justine (1992): Viking Age Metalworking – The British Isles and Scandinavia compared. Technology and Innovation. Medieval Europe 3, S. 91-96

Bayley, Justine und Eckstein, Kerstin (1997): Silver Refining – Production, Recycling, Assaying. Oxbow Monograph 64, S. 107-111

Beringer, C. and Beringer, J.J. (1921): A Textbook of Assaying. 15. Auflage, Charles Griffin and Company limited, London.

Brown, Walter L (1886): Manual of assaying. Zweite Auflage, E. H. Sargent & Co, Chicago.

Eckstein, Kerstin; Rehren, Thilo und Hauptmann, Andreas (1994): Die Gewinnung von Blei und Silber. Der Anschnitt 46 (4-5) S. 122-132, Selbstverlag des Deutschen Bergbaumuseums Bochum.

Ercker, Lazarus (1960): Beschreibung der allervornehmsten mineralischen Erze und Bergwerksarten. Frankfurt am Main. Kommentiert von Alfred Lange. Freiburger Forschungsheft D 34, Akademie-Verlag Berlin.

Kramarczyk, Andrea, Hrsg.(2005): Das Feuer der Renaissance. Katalog zur gleichnamigen Ausstellung im Schloßbergmuseum Chemnitz 2005/06. Edition Mobilis Chemnitz.

Nriagu, Jerome O. (1985): Cupellation: The Oldest Quantitative Chemical Process. Journal of Chemical Education 62 (8) S. 668-674.

Rehren, Thilo (1998): Tiegelmetallurgie. Tiegelprozesse und ihre Stellung in der Archäometallurgie. Habilitationsschrift an der Fakultät für Werkstoffwissenschaften und Werkstofftechnologie der TU Bergakademie Freiberg.

Richter, Uwe (1994): Hochmittelalterliches Montanwesen im sächsischen Erzgebirge und seinem Vorland. Der Freiburger Raum. Der Anschnitt 46 (4-5) S. 118-121, Selbstverlag des Deutschen Bergbau-Museums Bochum.

Schiffner, Carl (1912): Einführung in die Probierkunde. Halle/Saale.

Schwabenicky, Wolfgang (1990): Der mittelalterliche Silber-, Blei- und Kupferbergbau im mittleren und westlichen Erzgebirge sowie im Erzgebirgsvorland unter besonderer Berücksichtigung der Grabungsergebnisse vom Treppenhauer bei Sachsenburg. Inauguraldissertation an der Humboldt-Universität Berlin.

Tafel, Victor und Wagenmann, Karl (1951): Lehrbuch der Metallhüttenkunde, Band I. S. Hirzel Verlagsbuchhandlung, Leipzig.

Tafel, Victor und Wagenmann, Karl (1953): Lehrbuch der Metallhüttenkunde, Band II. S. Hirzel Verlagsbuchhandlung, Leipzig.

Von Osten, Sigrid (1998): Das Alchemistenlaboratorium von Oberstockstall – ein Fundkomplex des 16. Jahrhunderts aus Niederösterreich. Monographien zur Frühgeschichte und Mittelalterarchäologie 6.