Gesellschaft für Salzburger Landeskunde, Salzburg, Austria; download unter www.zobodat.at

III.
Die metallurgischen Analysen

Von Hasso Moesta

1 Begehungen

Herr Dr. Fritz Gruber, Böckstein, hat mir vor einer Reihe von Jahren die zahlreichen Schlackenplätze im hinteren Angertal bei Badgastein gezeigt und mehrmals gemeinschaftlich mit mir begangen. Die Schlackenplätze gehören zu einer Verhüttung von Golderzen, wohl vorwiegend aus dem Gebiet der sogenannten Erzwies am Nordhang des Silberpfennigs, Badgastein. Die Hüttentätigkeit im hinteren Angertal ist zwischen 1510 und 1520 zum Erliegen gekommen, kann also spätmittelalterliche Technologie aufzeigen, die nicht von späteren Tätigkeiten überlagert und gestört ist.

Bei der Bedeutung, die AGRICOLA's „De re metallica" über Jahrhunderte für die gesamte abendländische Bergbau- und Hüttentechnik hatte, schien es sinnvoll, die wohl einzige erhaltene Goldhütte seiner Zeit näher zu untersuchen und damit auch möglicherweise zu schützen und zu erhalten.

So wurden zunächst bei mehreren Begehungen aufgesammelte Schlakken im Rahmen anderer Projekte mituntersucht. Sie dienten unter anderem als Eichproben für die Altersbestimmung von älteren metallurgischen Schlacken mit Hilfe der Thermolumineszenz[1].

Diese Voruntersuchungen, zusammen mit einem von Herrn Dr. Gruber aufgefundenen Dokument über die um 1500 AD im Angertal gebräuchlichen Schmelzrezepturen[2], ließen eine systematische Suche nach den alten Hüttenanlagen wünschenswert erscheinen. Dies umso mehr, als damit zu rechnen war, daß die eventuell vorhandenen alten Anlagen beim Bau von Forststraßen und/oder Skianlagen schnell verlorengehen könnten.

2 Bodenmerkmale, die zur Aufdeckung des Ofens führten

2.1 Die Schlackenhalde

Am südwestlichen Talende, „Gadauner Grundalm", schließt sich an eine etwa 300 m durchmessende Lichtung alter Hochwald an. An der Grenze fällt eine mehr als 4 m hohe Schlackenhalde auf, die mit 40 bis

1 *R. Leroux* u. *H. Moesta,* Zur Altersbestimmung metallurgischer Schlacken mit Hilfe der Thermolumineszenz, in: Berliner Beiträge zur Archäometrie, Bd. 10 (1988), S. 97–106; *V. Marx,* Thermolumeniszenz – Altersbestimmung an vor- und frühgeschichtlichen Schlacken. Diss. (Saarbrücken 1984).

2 „Gastein und Rauriser altes Schmölzn" (1565), BayHStA Abt. 1, Staatsverwaltung 1622.

Gesellschaft für Salzburger Landeskunde, Salzburg, Austria; download unter www.zobodat.at

50 cm starken Fichten bewachsen ist. Diese Halde hat eine nahezu horizontale Oberseite, ist also offensichtlich mit Hilfe von Schubkarren aufgeschüttet worden. Von dieser größten und besterhaltenen Halde des Tals ausgehend, wurde systematisch nach etwaigen Ofenresten gesucht.

Das Material der Halde besteht aus 0,5 bis etwa 1 cm dicker Plattenschlacke, die zu scharfkantigen Stücken von etwa Handgröße oder ein geringes Mehrfaches davon zerschlagen ist. Die Schlacken zeigen – wenn überhaupt – nur sehr geringe Verwitterungskrusten.

2.2 Der Ofen

Etwa 10 m vom Absturz der Halde zeichnet sich unter starkem Moos und Heidelbeerbewuchs eine quer zur Haldenrichtung verlaufende Erhebung ab. Bodenproben ergaben, daß diese Erhebung fast völlig aus feinkörniger Holzkohle besteht („Holzkohlenlager" im Plan). Eingedenk der Schmelzhüttenbilder bei Agricola wurde nun eine weitere, etwa 10 m weiter „innen" liegende, ebenfalls quer zur Haldenrichtung laufende Erhebung nach Abdecken des Bewuchses, kleinräumig vom höchsten Punkt ausgehend, geöffnet. Es kamen große unbehauene Steine, typisch 25 × 50 × 10 cm groß und offenbar verstürzt, zum Vorschein. Bereits einer der ersten Steine wies eine kleine rotverfärbte Stelle auf, die als Feuerexposition angesprochen wurde.

Nach vorsichtigem Abräumen eindeutig lose liegender verstürzter Steine zeigte sich ein runder Schacht, gebildet von ebensolchen Steinen in einem rohen Verband. In diesem Schacht fand sich dann etwa 40 cm unter der Oberkante rotgebrannter Lehm an einer Wand mit anhaftendem blasigem Schlackenmaterial, offenbar die alte Ofenwand. Solche Reste von Ofenwänden mit Verschlackung werden im folgenden als „Ofensteine" bezeichnet. Nach einer behutsamen Probenahme von dieser Stelle wurde der Schacht wieder mit einigen Steinen und Ästen zugedeckt. Noch am selben Tag wurde der in Böckstein arbeitende Archäologe Prof. Dr. Lippert benachrichtigt und um sachgemäße Befunderhebung sowie möglicherweise Sicherung gebeten.

2.3 Die Schmelzhütte

Beim Abgehen der unmittelbaren Umgebung des Ofens fanden sich in gerader Fortsetzung der Haldenrichtung über den Ofen hinaus weitere zahlreiche niedrige Unregelmäßigkeiten in dem dicken Bodenbewuchs, die von größeren Steinen gebildet werden. Am Rand dieses Areals verläuft ein Wassergerinne.

Dieses Gerinne ist offenbar vom rechten Arm des Angertal-Baches künstlich abgezweigt worden, und man kann auf wenigsten 20 m einen künstlich aufgeschütteten Damm erkennen. Auf dessen Oberseite mag ursprünglich das Wasser für ein Wasserrad geleitet worden sein. Bei der Begehung entstand weiter der Eindruck, daß hier Reste eines Gebäudes bestanden haben können.

Gesellschaft für Salzburger Landeskunde, Salzburg, Austria; download unter www.zobodat.at

3 Metallurgische Fundgegestände

3.1 Schlacken aus der großen Halde

Mikroskopische Untersuchungen und Messung der Mößbauerspektren[3] ergaben, daß es sich um rein fayalitische Schlacken handelt, die bei Sauerstoff-Partialdrucken von rund 10^{-10} at, also in Schachtöfen, erschmolzen wurden. Die pulverdiffraktometrische Messung zeigt nur Reflexe von Fayalit.

Die chemische Analyse einiger Schlacken zeigt gute Homogenität zwischen den beliebig herausgegriffenen Schlackenstücken[4]:

Analyse einiger Plattenschlacken

Nr.	Na_2O	K_2O	CaO	SiO_2	Fe	Mn_3O_4	P_2O_5
25	0,74	2,92	1,59	39,32	34,64	1,473	0,149
26	0,16	0,58	1,30	35,87	37,41	1,101	0,096
28	0,46	1,32	1,45	33,14	34,51	2,99	0,113

Nr.	S	Cu	Al_2O_3	MgO	TiO_2	Zn	Pb
25	2,17	0,17	5,47	1,10	0,193	0,47	0,43
26	2,49	0,41	4,37	0,79	0,145	–	0,71
28	2,75	0,73	4,87	0,98	0,159	2,15	1,42

Verhältnismäßig selten finden sich in diesen Plattenschlacken tropfen- bis kugelförmige, bis zu wenigen Zehntel Millimetern im Durchmesser große Einschlüsse von Metallsulfiden. Solche Einschlüsse sind Reste eines Schmelzflusses, der mit den Schlacken in Kontakt stand.

In einem größeren Einschluß konnten mit Rastermikroskop und Mikrosonde mehrere Phasen nachgewiesen werden[5], die einen ersten Aufschluß über das Verhüttungsverfahren geben.

Gesamtanalyse[6]:	Schwefel	50,1 Atom-%
	Kupfer	4,3 Atom-%
	Eisen	44,1 Atom-%
	Zink	1,4 Atom-%

Diese Zusammensetzung entspricht roh einem Magnetkies (FeS).

---

3 Nr. 25–28 im Schlackenkatalog bei: *Gabriele Schnau-Roth,* Mößbauerspektroskopische Untersuchungen an bronzezeitlichen Kupferschlacken. Diss. (Saarbrücken 1986).

4 Siehe *Schnau-Roth* (wie Anm. 3). Die Nr. 27 des Kat. war ein in Form und Eigenschaften abweichendes Einzelstück aus dem Bachbett, möglicherweise höheren Alters. Es wird deshalb nicht in unserem Zusammenhang angeführt.

5 Die folgenden Analysen mit der Mikrosonde wurden v. G. Schlick, Universität Saarbrücken, Lehrstuhl f. Physikalische Chemie, ausgeführt.

6 Analysen mit der Mikrosonde sind durch eine Nachweisgrenze von einigen Zehntel Prozenten sowie durch das Fehlen von Sauerstoff und Kohlenstoff gekennzeichnet.

Gesellschaft für Salzburger Landeskunde, Salzburg, Austria; download unter www.zobodat.at

Phase 1:	Schwefel	54,5 Atom-%
	Kupfer	1,0 Atom-%
	Eisen	45,1 Atom-%

Phase 2:	Schwefel	57,0 Atom-%
	Kupfer	9,4 Atom-%
	Eisen	45,1 Atom-%
	Blei	24,9 Atom-%
	Silber	1,0 Atom-%

Phase 3:	Schwefel	55,4 Atom-%
	Kupfer	19,9 Atom-%
	Eisen	12,5 Atom-%
	Blei	12,2 Atom-%

Phase 4:	Schwefel	47,1 Atom-%
	Kupfer	27,0 Atom-%
	Eisen	25,8 Atom-%

Phase 1 entspricht etwa einem Magnetkies (Pyrrhotin), wie er unter 3.3 als massives Stück beschrieben wird.

Phase 4 entspricht etwa Chalcopyrit (Kupferkies), der durch den Schmelzgang nur wenig verändert wurde.

Die Phasen 2 und 3 entsprechen in ihrer Zusammensetzung auch nicht annähernd einem in der Natur vorkommenden Mineral. Es handelt sich vielmehr um ehemals flüssige Mischungen vieler Komponenten, die beim Erstarren als einheitliche Mischphase ausgeschieden wurden. Der Silbergehalt ist hoch und deutet auf eine künstliche Anreicherung hin. Ein zu vermutender Goldgehalt entzieht sich hier dem Nachweis wegen der geringen Masse des Einschlusses.

Blei liegt nicht als separate metallische Phase vor, sondern ist sulfidische Mischungskomponente. Es kann aus beim Schmelzen zugegebener Bleiglätte entstanden sein (siehe Abschnitt 4).

3.2 Ofensteine

Bei der ersten Öffnung des Ofens wurde eine Probe von der verschlackten Auskleidung in situ genommen. Die Verschlackung hat einen hohen Gehalt an Magnetit. Dieses Mineral benötigt zu seiner Entstehung einen wesentlich höheren Sauerstoff-Partialdruck, als nach Ausweis der Mößbauerspektren von den Plattenschlacken der Halde beim Schmelzprozeß vorherrschend war. Die Verschlackung muß also in der Nähe der Windzufuhr gelegen haben.

Ferner fanden sich bei genauerer Nachsuche am Kopf der Schlackenhalde auch einige lose, in der Halde abgeworfene Ofensteine mit anhängenden Schlacken; die Untersuchung dieser Schlacken steht noch aus.

3.3 Schmelzprodukt

Bei der ersten Aufgrabung durch die Herren Lippert, Gstrein und Krauß wurden auf dem Arbeitsboden vor dem Ofen ein ca. 50 Gramm schweres, leicht korrodiertes Stück Material gefunden. Die äußerer Textur entspricht der Erstarrung aus einem Schmelzfluß. Im Schnitt zeigt das Material einen bronzeähnlichen Metallglanz.

Die Untersuchung eines polierten Anschliffs im Rastermikroskop läßt drei Phasen erkennen:

Gesellschaft für Salzburger Landeskunde, Salzburg, Austria; download unter www.zobodat.at

Phase 1: Fe_xS_y mit $x \sim y$, 51,8 Atom-% Fe, 47,3 Atom-% S, außerdem etwa 1 Atom-% Mangan als eutektoide Ausscheidung in Phase 2.
Phase 2: Fe_xS_y mit $x < y$, 46 Atom-% Fe, 54,1 Atom-% S.
Phase 3: etwa $FeZnS_2$,

Zink	20,26 Atom-%
Mangan	1,33 Atom-%
Eisen	26,17 Atom-%
Schwefel	52,24 Atom-%

Die Phasen 1 und 2 gehören zum komplizierten Schmelzdiagramm der Pyrrhotin-Gruppe. Dies ist durch ein zweiphasiges Zustandsgebiet unterhalb der sogenannten α-Transformation gekennzeichnet, die die beobachtete eutektoide Struktur des Präparats erklären kann[7]. Zweiphasigkeit in Pyrrhotinen wird in Naturprodukten nur selten, häufig aber in künstlichen Schmelzflüssen beobachtet.

Die dritte Phase ist wohl als eine Mischphase zwischen Pyrrhotin und Zinkblende aufzufassen.

In der Gesamtanalyse ist Zink nur mit 1 Gew.-% vertreten.

Blei und Arsen fehlen im Rahmen der Nachweisgrenze.

3.4 Erz

Auf dem Arbeitsboden wurde bei gleicher Gelegenheit wie 3.2 ein faustgroßes, unregelmäßiges Erzstück von ca. 200 Gramm Gewicht gefunden. Eine erste Inspektion zeigt ein Gemisch von Quarz, einem grauen, als Arsenkies angesprochenem Erz, und Pyrit. Ein Anschnitt wurde mit der Mikrosonde roh analysiert und ergab die folgenden Werte:

„graues Erz“:

Schwefel	34,9 Atom-%
Eisen	26,9 Atom-%
Arsen	38,9 Atom-%

Dies entspricht etwa einer Zusammensetzung FeAsS (Arsenkies).

„gelbes Erz“:

Schwefel	69,7 Atom-%
Eisen	30,3 Atom-%

Dies entspricht etwa der Zusammensetzung FeS_2 (Pyrit oder Markasit).

„Gangart“: Neben reinem SiO_2 finden sich Silikate mit Magnesium (1,14 Atom-%), Aluminium (13,38 Atom-%), Kalium (4,2 Atom-%) und rund 62 Atom-% Sauerstoff, Rest Silicium.

---

7 Siehe die Diskussion bei *Paul Ramdohr,* Die Erzmineralien und ihre Verwachsungen (Berlin 1975).

Gesellschaft für Salzburger Landeskunde, Salzburg, Austria; download unter www.zobodat.at

Herr Dr. A. Hauptmann, Deutsches Bergbaumuseum Bochum, bemühte sich freundlicherweise um eine mineralogische Definition der Bestandteile dieser Erzprobe (siehe nachfolgenden Beitrag).

4 Vorläufige Feststellungen zum Schmelzprozeß

Aus zahlreichen schriftlichen Quellen (siehe Beitrag Gruber) wissen wir, daß in einem Ofen – je nach der Art des angelieferten Erzes – sehr verschiedene Schmelzprozesse ausgeführt werden konnten.

So wird z. B. in „Gasteiner und Rauriser altes Schmölzn" (siehe Anm. 2) vom Schmelzen „reinen Kieses" gesprochen, der mehr oder weniger vorgeröstet werden mußte. Zu einem solchen Schmelzgang könnte das gefundene Stück Schmelzprodukt (aus Abschnitt 3.3) gehören.

Weiter ist bekannt, daß manchen Schmelzgängen „Plei" (Frischblei) und „Glött" (Bleiglätte aus der Kuppelation) zugesetzt wurden. Dieser Bleizusatz spiegelt sich in den Phasen 2 und 3 des Schlackeneinschlusses (Abschnitt 3.1) wider.

Chalcopyrit – Kupferkies (siehe Abschnitt 3.1, Phase 4) – ist im Bergbaugebiet der „Erzwies" in geringen Mengen zu finden. Weiter ist bekannt, daß einige Gewerken Kupferkies in das Gasteiner Tal einführten, um ihn als Zuschlag in den Schmelzöfen zu verwenden. Dieser Zuschlag kann eine Bedeutung für die spätere Kuppelation des „Reichbleies" gehabt haben. Dies bedarf einer weiteren Untersuchung.

Das Fehlen von Arsen in allen untersuchten Kunstprodukten ist auffällig. Da sowohl die am Ofen gefundene Erzprobe als auch die oberhalb der Ofenanlage in der „Erzwies" anstehenden und im Mittelalter abgebauten Erze zu mehr als einem Drittel Arsenkies enthalten, kann man geneigt sein, auf eine routinemäßige Abröstung allen Erzes zu schließen. Die dafür benützten Plätze und Anlagen könnten im Gelände noch aufzufinden sein.

Anschrift des Verfassers:
Prof. Hasso Moesta
Universität Saarbrücken
D-6600 Saarbrücken

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitt(h)eilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: 130

Autor(en)/Author(s): Moesta Hanno

Artikel/Article: Ein spätmittelalterlicher Doppelschmelzofen im Hinteren Angertal, Bad Hofgastein. 3. Die metallurgischen Analysen. 782-787