

| | |
|---------------------|--|
| Zeitschrift: | Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte = Annuaire de la Société Suisse de Préhistoire et d'Archéologie = Annuario della Società Svizzera di Preistoria e d'Archeologia |
| Herausgeber: | Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte |
| Band: | 72 (1989) |
| Artikel: | Haupt- und Spurenelementanalysen der Schlacken |
| Autor: | Fasnacht, Walter |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-117197 |

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 04.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Haupt- und Spurenelementanalysen der Schlacken

Walter Fasnacht

Aus den hallstattzeitlichen Gruben von Neunkirch SH liegt Material vor, welches als verschlacktes Tonmaterial und Eisenschlacke anzusprechen ist. Vom Befund her müssen diese Reste als Grubenfüllung angesehen werden; sie stellen keine *in situ*-Evidenz metallurgischer Tätigkeiten dar. Dennoch drängte sich eine nähere Untersuchung auf, da vergleichbare vorrömische Funde aus diesem Raum eher selten sind¹.

Im vorliegenden Bericht sind die analytischen Möglichkeiten für Schlackenuntersuchungen nicht erschöpfend behandelt, da erst zwei Gesamtanalysen von Schlacken und drei Erzanalysen durchgeführt wurden. Mineralogische und vor allem quantitative Analysen der einzelnen Schlackenphasen müssen dem Spezialisten überlassen werden². Des weiteren können nach dem Zersägen der Schlacken zum Vorschein gekommene Holzkohleinschlüsse auf ihre Holzart bestimmt werden.

Funde

Fundnr. 51: aus Grube 9a, untere Schicht 6a

2 Fragmente von verschlacktem, tonigem Material, auf der einen Seite glatt und verglast³.

1 Fragment von gebranntem, ziegelrotem Ton, unverschlackt, fein gemagert.

Gesamtgewicht: 16,5 g; dieses Material wurde nicht analysiert.

Fundnr. 35: aus Grube 10, obere Schicht (Abb. 31)

8 Schlackenfragmente, stark angewittert, porös und eher zu leicht für reine Eisenschlacken, mit grösseren Einschlüssen unverschlackter Kiesel. Gesamtgewicht: 25 g, 1 Analyse.

1 Fragment eines leicht gekrümmten Eisenröhchens, durchkorrodiert, Innendurchmesser 4 mm, Wandstärke ca. 1 mm. Gewicht: 3,4 g, keine Analyse.

Fundnr. 40: aus Grube 9b, Schicht 8 (Abb. 32.33)

1 Schlackenkuchen, leicht kalottenförmig, randlich und in den Hohlräumen stark angewittert, v.a. Schlackenmatrix angegriffen, grössere Holzkohleinschlüsse im Innern, Holzkohlenegative an Ober- und Unterseite, homogene innere Struktur, keine Anzeichen von schichtweisem Aufbau. In einer glasigen Matrix liegen von Auge sichtbare (Olivin?)-Leisten. Bis zur 30fachen Vergrösserung sind im ganzen Querschnitt keine metallischen Eisenpartikel beobachtet worden. Masse: 50 × 35 × 20 mm, Gewicht: 24 g, unmagnetisch, eine Gesamtanalyse.

Analysen

Die Schlackenanalysen wurden am Centre d'Analyse Minérale der Universität Lausanne mittels röntgenspektrometrischer Methoden durchgeführt⁴. Die Probenaufbereitung besorgte der Autor selbst. Die zwei Schlackenproben wurden mit der Diamantsäge zurechtgesägt, d.h. von ihrem Korrosionsmantel befreit. Anschliessend wurden sie eine Minute in dest. Wasser ultraschallgereinigt

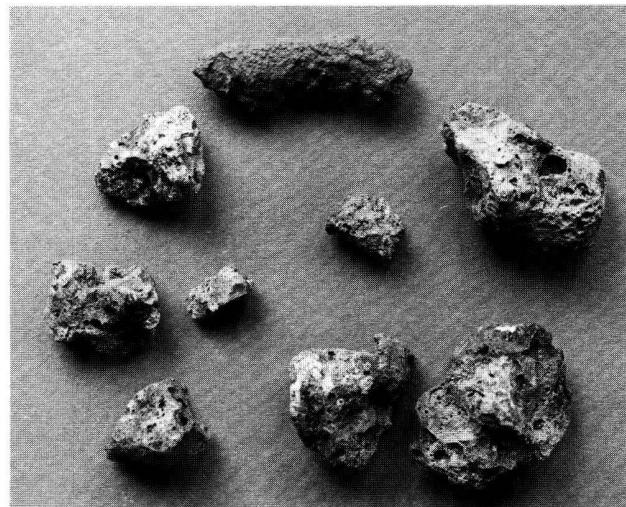


Abb. 31. Fundnr. 35, aus Grube 10: Schlackenfragmente und Eisenobjekt, natürliche Grösse.

und auf der Heizplatte bei 80°C getrocknet. Beim makroskopisch homogenen Aufbau der Schlacke erschien uns eine Gesamtanalyse gerechtfertigt, ansonsten müsste eine partielle Beprobung durchgeführt werden⁵.

In das gleiche Analysenpaket wurden auch drei Proben von Bohnerz vom Rossberg SH eingeschlossen⁶. Sie wurden vor der Pulverherstellung vom Cortex, d.h. von der stark kalkhaltigen Verwitterungskruste, befreit.

Zu Vergleichszwecken wurden ebenfalls Eisenerze vom steirischen Erzberg analysiert⁷; eine repräsentative Analyse wurde in die Tabelle aufgenommen.

Die beiden Neunkircher Schlacken zeigen v.a. in den Hauptbestandteilen SiO_2 , Al_2O_3 und Fe_2O_3 beträchtliche Unterschiede. Die Analysen bestätigten den anfänglichen Verdacht, dass es sich bei Probe 35 nicht um eine reine Eisenschlacke, sondern um verschlacktes Tonmaterial oder um ein Reaktionsprodukt von Schlacke mit Ton handelt. Bei den Spuren deuten die höheren Werte in Probe 35 von Zr, Sr und Ba in dieselbe Richtung. Probe 40 fällt mit ihren Hauptkomponenten ins Zentrum des breiten Spektrums bereits analysierter Eisenschlacken⁸.

Die erste Frage, ob Evidenz für Verhüttungstätigkeit oder Schmieden vorliegt, ist auch meist die schwierigste. Selbst Experten raten zur Vorsicht⁹. Der Befund, die Morphologie und die chemische Zusammensetzung der Schlacken lassen in ihrer Kombination auf Schmiede- oder Reduktions-Schmiedeschlacken schliessen¹⁰ und nicht auf Produkte der Verhüttung.

Die Frage nach der Herkunft des Erzes ist anhand der wenigen Analysen nicht abschliessend zu beantworten. Die Daten der Rossbergerze zeigen ein äusserst einheitliches Bild. Daraus auf ein einheitliches Spurenbild der ge-

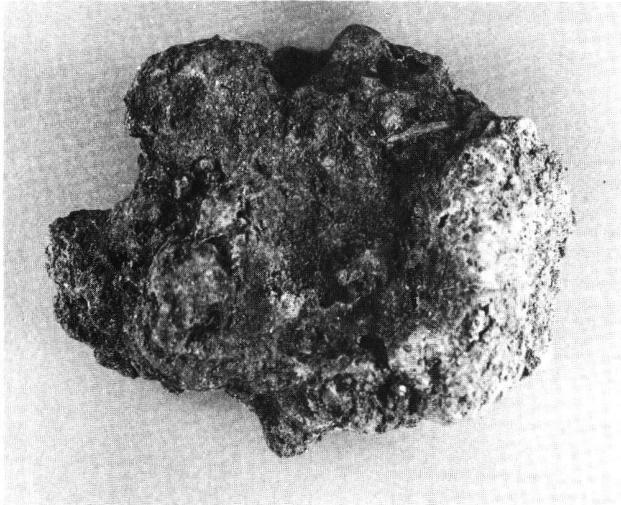


Abb. 32. Fundnr. 40, aus Grube 9b: Schlackenkalotte, Oberseite, natürliche Grösse.

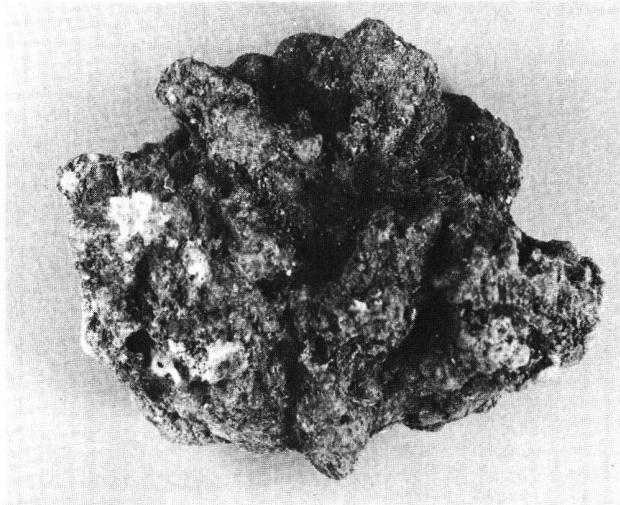


Abb. 33. Fundnr. 40, aus Grube 9b: Schlackenkalotte, Unterseite, natürliche Grösse.

samten Bohnerzlagerstätten am Süd-Randen zu extrapolieren, wäre voreilig.

Einige Merkmale seien jedoch hervorgehoben:

- Der Fe_2O_3 -Gehalt von knapp 70% entspricht den publizierten Fe-Gehalten von 40–45%¹¹. Durch Entfernen des Cortex können demnach die Schaffhauser Erze so angereichert werden, dass sie den Steirischen kaum nachstehen¹².
- Abgesehen von Al, Si und Ti sind die Bohnerze bezüglich der Nebenelemente relativ rein. Sie enthalten im Vergleich zu den steirischen Erzen signifikant weniger Mn und Mg. Der tiefe Mn-Gehalt der Schlacken von Neunkirch schliesst eine Verwendung von manganreichen Erzen aus.
- Umgekehrt zeigen die Spurenelemente in den Bohnerzen einen viel höheren Verunreinigungsgrad: die Hälfte der Elemente liegt um ein Mehrfaches höher als im steirischen Erz. Für eine Verwandtschaft der Neunkircher Schlacken mit den Bohnerzen sprechen insbesondere die Elemente Zr, Y, V, Ni, Cr und Co.

Abschliessend kann festgehalten werden, dass die Schlackenfunde von Neunkirch einen hallstattzeitlichen Abbau von lokalen Bohnerzen in den Bereich des Möglichen rücken. Der erste Prozessschritt, die eigentliche Verhüttung der Erze, konnte nicht erfasst werden. Erst eingehendere Untersuchungen können aufzeigen, welche Stufe der Nachbearbeitung der Luppe oder des Roheisens die Schlacken und die verschlackte Essenauskleidung oder Ofenmantelung belegen.

| Element in % | Schlacken | | Bohnerz Süd-Randen | | | Erz Erz- berg |
|-----------------|-----------|--------|-----------------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| | 35 | 40 | Ross- berg 1 | Ross- berg 2 | Ross- berg 3 | |
| SiO_2 | 47,69 | 26,27 | 5,64 | 5,11 | 5,59 | 6,12 |
| TiO_2 | 0,54 | 0,25 | 1,14 | 0,92 | 1,13 | 0,07 |
| Al_2O_3 | 10,47 | 4,54 | 9,74 | 8,78 | 9,60 | 1,15 |
| Fe_2O_3 | 11,94 | 19,59 | 67,66 | 70,33 | 67,54 | 73,90 |
| FeO | 12,71 | 32,74 | 0,04 | 0,04 | 0,08 | 0,10 |
| MnO | 0,12 | 0,11 | 0,49 | 0,49 | 0,53 | 3,50 |
| MgO | 1,10 | 0,68 | 0,17 | 0,17 | 0,16 | 1,08 |
| CaO | 5,06 | 8,00 | 0,24 | 0,14 | 0,26 | 2,82 |
| Na_2O | 0,49 | 0,22 | 0,57 | 0,37 | 0,40 | 0,14 |
| K $_2O$ | 4,34 | 3,75 | 0,38 | 0,30 | 0,37 | 0,29 |
| P_2O_5 | 1,16 | 1,06 | 0,31 | 0,30 | 0,29 | 0,04 |
| H_2O | 3,27 | 1,93 | 12,50 | 12,11 | 12,28 | 7,75 |
| CO_2 | 0,90 | 0,75 | 0,90 | 0,83 | 0,99 | 3,13 |
| Summe | 99,83 | 100,10 | 99,86 | 99,98 | 99,30 | 100,10 |
| in ppm | | | | | | |
| | 220 | 129 | 280 | 273 | 293 | 16 |
| Zr | 37 | 48 | 143 | 147 | 134 | 11 |
| Sr | 113 | 87 | 22 | 20 | 22 | 25 |
| Rb | 94 | 81 | 3* | 3* | 3* | 14 |
| Ba | 255 | 220 | 24 | 21 | 8* | 56 |
| V | 60 | 51 | 597 | 658 | 603 | 15 |
| Sn | 7 | 8 | 7 | 6 | 11 | 12 |
| Sb | 5* | 5* | 9 | 8 | 5* | 5* |
| Ag | 4* | 4* | 4* | 4* | 4* | 4* |
| As | 6 | 20 | 4* | 37 | 4* | 4* |
| Pb | 3* | 3* | 23 | 42 | 17 | 29 |
| Zn | 40 | 25 | 252 | 256 | 250 | 36 |
| Cu | 211 | 87 | 219 | 192 | 219 | 30 |
| Ni | 123 | 150 | 517 | 548 | 507 | 50 |
| Cr | 73 | 56 | 133 | 161 | 146 | 15 |
| Co | 81 | 103 | 189 | 227 | 201 | 2* |

Tabelle. Gesamtanalyse von Schlacken und Erzen (ppm = parts per million; * = Nachweisgrenze oder darunter; die hohen CO_2 -Werte ergeben sich aus dem hohen Anteil von organischem Kohlenstoff in den Proben – Nachweis unter N_2 -Gas in Coulomat).

Anmerkungen:

- 1 Latènezeitliche Eisenschlacken liegen aus Merishausen vor; siehe Bürgi und Bänteli 1982, 109.
- 2 Für exemplarisch vorgelegte Schlackenuntersuchungen an ebenfalls hallstattzeitlichem Material siehe Keesmann 1985.
- 3 Vergleichbares Material liegt aus römischen Werkstätten vor; siehe Schucany 1986, 216 Abb. 28.
- 4 Für die beispiellose Unterstützung sei an dieser Stelle PD Dr. H.R. Pfeifer, dipl. geol. V. Serneels und J.C. Lavanchy herzlich gedankt. Für Angaben zur Apparatur siehe Serneels 1988, 51.
- 5 Keesmann 1985, 351.
- 6 Die Bohnerze wurden freundlicherweise vom Museum zu Allerheiligen, Schaffhausen, Dr. R. Schlatter, zur Verfügung gestellt. Zum Thema Bohnerzbergbau im Randen siehe Birchmeier 1986.
- 7 Die Proben verdanken wir Herrn Ofenmeister W. Tobler von der Schmiedezunft Eligius. Anlässlich einer Ausstellung im Technorama wurde ein Rennfeuerversuch mit diesen Erzen durchgeführt. Eine Publikation der Versuchsergebnisse ist vorgesehen.
- 8 Serneels 1988, Fig. 3.
- 9 Bachmann 1982, 31.
- 10 Keesmann 1985, 356.
- 11 Hofmann 1981, 39.
- 12 Dass der Arbeitsaufwand für das Anreichern der Bohnerze heute gescheut wird, darf nicht dazu verleiten, dasselbe für prähistorische Zeiten anzunehmen; siehe Britt 1986, 36.

Bibliographie:

Bachmann, H.G. (1982) The Identification of Slags from Archaeological Sites. Institute of Archaeology Occasional Publication 6, London.

Birchmeier, Ch. (1986) Bohnerzbergbau im Südranden. Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen 38.

Britt, H.-P. (1986) Einführung zum Rennfeuerversuch «ELIGIUS». Ferum 57, 1986, 35–39.

Bürgi, J. und Bänteli, K. (1982) Latènezeitliche Siedlungsspuren bei Merishausen SH. AS 5, 2, 105–109.

Hofmann, F. (1981) Erläuterungen zu Blatt Neunkirch des Geologischen Atlas der Schweiz, 1:25 000.

Keesmann, I. (1985) Chemische und mineralogische Untersuchung von Eisenschlacken aus der hallstattzeitlichen Siedlung von Niedererlbach. AKB 15, 351–357.

Schucany, C. (1986) Der römische Gutshof von Biberist-Spitalhof. JbSGUF 69, 199–220.

Serneels, V. (1988) Recherches archéométriques sur la sidérurgie antique en Suisse romande: Un nouveau Programme. Minaria Helvetica 8a, 48–54.