

# Der Bau metallurgischer Anlagen in der Spätbronzezeit

Hubert Preßlinger, Trieben

## 1 Einleitung

Durch die gedeihliche Arbeit im Arbeitskreis Paltental konnten in den letzten 20 Jahren mehrere Verhüttungsplätze – Versunkene Kirche, Oberschwärzen, Frauenbachmündung, Schlosser zur Gänze bzw. Meilerplatz und Flitzen II teilweise – durch bergbauarchäologische Grabungen (1) freigelegt werden. Standen vor 20 Jahren die Geometrie und Dimensionen der metallurgischen Öfen und Röstbette im Vordergrund der bergbauarchäologischen Problemstellungen (2, 3, 4, 5, 6), so lag in den letzten Jahren der Schwerpunkt bei Beprobung und Untersuchung der in der Spätbronzezeit verwendeten Baumaterialien und Bautechniken (7, 8).

Die nachfolgenden Kapitel geben eine Übersicht der bergbauarchäologischen und archäometallurgischen Erkenntnisse über den Bau spätbronzezeitlicher metallurgischer Anlagen für das Erschmelzen von Schwarzkupfer und über die dabei verwendeten Baumaterialien.

## 2 Standorte der Verhüttungsplätze

Die untersuchten Verhüttungsplätze zur Kupfererzeugung waren vor ca. 3000 Jahren in Betrieb. Durch die kontinuierliche Bodenbildung sind die Objekte heute mehr oder weniger hoch mit Erdreich überlagert, und das Auffinden erfolgt daher meist mit Unterstützung des Zufalls. Dennoch wird durch die gewonnene Erfahrung das Auffinden gezielt unterstützt, indem man im Gelände

- beim Forstwegebau die Verfärbungen der Wegböschungen inspiziert,
- bei Windwürfen die Mulden und Wurzelstöcke begutachtet,
- nach Unwettern frische Erosionsmarken an den Wasserläufen der Seitengräben abgeht,
- bei Bauarbeiten generell ein Auge auf den Aushub wirft,
- Großbaustellen, z. B. von Autobahnen oder Gasleitungen systematisch begeht,

**Tabelle 1: Zusammenstellung der urzeitlichen Verhüttungsplätze des Palten- und des Liesingtales (Stand 2001)**

Nr.	Fundplatz	Gemeinde	Jahr	Seehöhe (m)	Fundsituation
1	Diwald	Gaishorn	(1955) 1983	710	Gemeindeweg
2	Versunkene Kirche	Trieben	1978	840	Gerinne
3	Oberschwärzen	Gaishorn	1979	1080	Forstweg
4	Tanter I	Gaishorn	1980	730	Forstweg
5	Braunruck I	Wald/Sch.	1980	1280	Forstweg
6	Braunruck II	Wald/Sch.	1980	1300	Forstweg
7	Haberl Alm	Wald/Sch.	1980	1450	Jagdsteig
8	Tanter II	Gaishorn	1982	740	Gerinne
9	Prettscherer	Rottenmann	1982	910	Gerinne
10	Braunruck III	Wald/Sch.	1982	1320	Forstweg
11	Flitzen I	Gaishorn	1983	1300	Windwurf
12	Flitzen II	Gaishorn	1983 (2001)	1230	Forstweg
13	Braunruck IV	Wald/Sch.	1984	1230	Forstweg
14	Frauenbachmündung	Mautern	1988	700	Gemeindeweg
15	Kaiserköpferl	Rottenmann	1988	820	Grabungen
16	Stieber	Gaishorn	1989	700	Autobahnbau
17	Tanter III	Gaishorn	1989	720	Autobahnbau
18	Vötterl	Gaishorn	1989	720	Autobahnbau
19	Vorwald	Wald/Sch.	1989	840	Autobahnbau
20	Wolfsgraben	Kammern	1989	660	Autobahnbau
21	Schlosser	Trieben	1993	740	Aushub
23	Braunruck V	Wald/Sch.	1997 (2001)	1330	Forstweg
22	Mini Kreuz	Trieben	1998	720	Gerinne
24	Parkplatz M.H.	Gaishorn	1999	1460	Gerinne
25	Meilerplatz I	Gaishorn	1999	1300	Forstweg
26	Meilerplatz II	Gaishorn	1999	1300	Forstweg
27	Langteichen	Kalwang	2001	1130	Forstweg



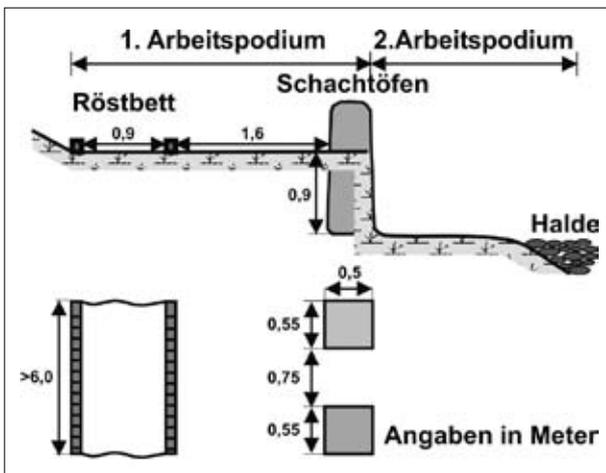


Abb. 4: Schema einer bronzezeitlichen Verhüttungsanlage nach montanarchäologischen Untersuchungen  
ferliegenden Terrasse die Schachtofen in die Geländestufe hineingesetzt. Als kleinste Einheit wurden mindestens zwei Schachtofen errichtet.

- Auf dem unteren Arbeitspodium wurde neben dem Abstechen der flüssigen Schlacke und dem Ziehen des festen Schwarzkupferkuchens aus dem Schachtofen auch der Wind eingeblasen. Die Windzufuhr erfolgte von vorne durch Düsen mit Hilfe von Blasebälgen.
- Die abgestochene Schlacke (Laufschlacke) wurde nach dem Erstarren gebrochen und hangabwärts auf Halde geworfen bzw. als Sekundärrohstoff wiederverwertet.

Die einheitliche Bauweise der bronzezeitlichen Kupferhütten in den Ostalpen führt zu dem Schluss, dass die Kupfererzeugung überregional nach identischen Bauplä-

nen bewerkstelligt wurde (10).

### 3.1 Baustoffe für das Röstbett

Nach dem Planieren der einzelnen Arbeitspodien wurde, wie am Beispiel Versunkene Kirche zu erkennen ist, das Röstbett gesetzt. In Abb. 5 sind die einzelnen Schichten des Röstbettes klar sichtbar. Darin lässt sich ein Aufbau aus mehreren Straten erkennen. Die Basis besteht aus einer Schicht gestampften Lehms, ihm folgt ein mit Schlackensand gemagerter Lehmhorizont und darüber erneut eine gestampfte Lehmschicht. Diese Mehrlagigkeit ist vermutlich auf mehrere Umbauphasen zurückzuführen.

Die oberste Schicht bildet eine durch Feuereinwirkung rotgefärbte Schlackenschicht. Den Laufsclackenstücken wurde zunächst die Aufgabe zugesprochen, die Durchgasung für das Rösten sicher zu gewährleisten. Nach neueren Erkenntnissen (8) lässt sich die Anwesenheit der Laufsclacken in den Röstbetten dahingehend erklären, dass diese geröstet und danach als Sekundärrohstoff zur Schlackenbildung in den Schachtofen chargiert worden sind.

Die Begrenzung des Röstbettes (Abb. 2 und 5) erfolgte mit behauenen Steinen, im Falle des Objektes Versunkene Kirche mit Paragneis bzw. Orthogneis, die im mitteostalpinen Kristallin eine weite Verbreitung haben (11). Das Gewicht der einzelnen Steine betrug im Mittel 21 kg, was einem Volumen von etwa 8-10 dm<sup>3</sup> entspricht. Da diese Gneise im unmittelbaren Umfeld dieses Verhüttungsplatzes nicht anstehend sind, müssen sie bereits behauen angeliefert worden sein.

### 3.2 Baustoffe für den Schachtofen

Der für die Kupfererzverhüttung ausgewählte Platz wur-

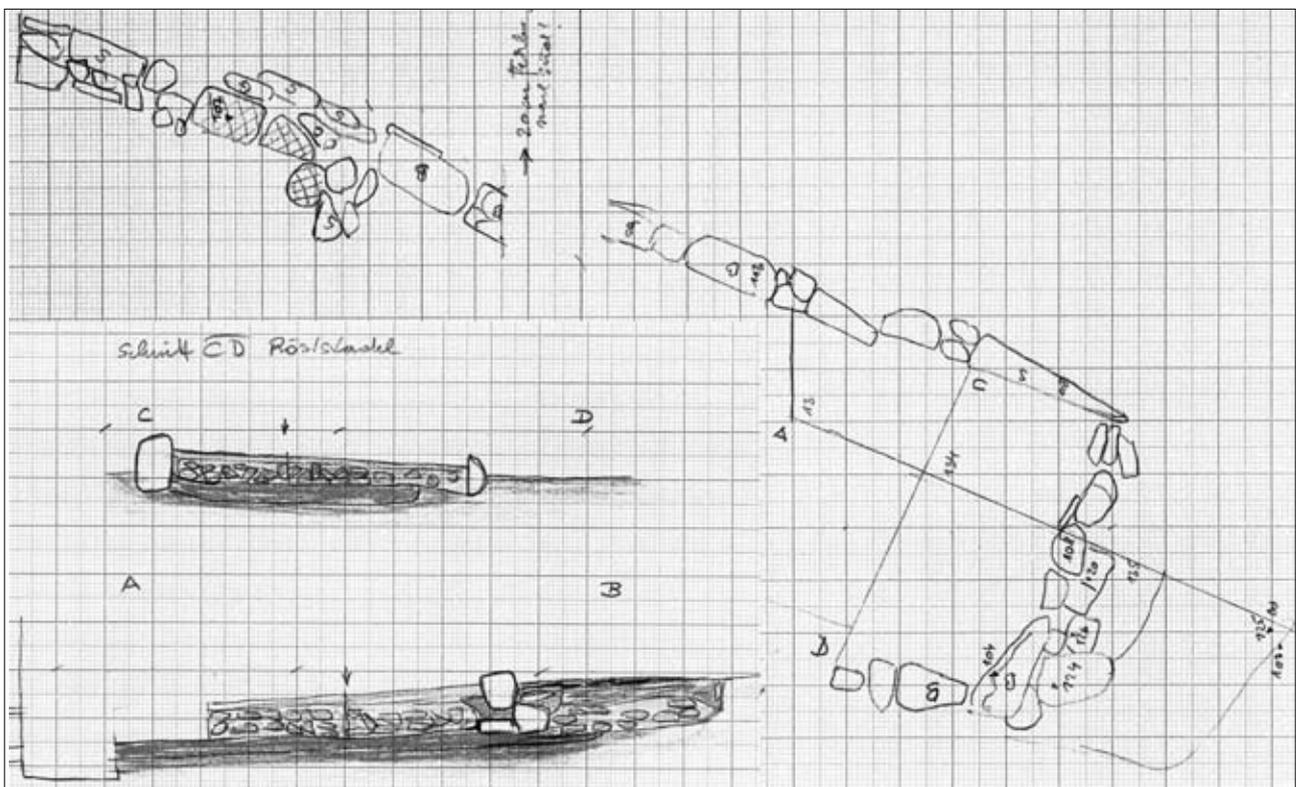


Abb. 5: Verhüttungsplatz Versunkene Kirche, Gemeinde Trieben, montanarchäologischer Befund des Röstbettes

de von den urzeitlichen Metallurgen längerfristig, d.h. über ein Jahrzehnt, genutzt. Die metallurgischen Aggregate, Röstbett und Schachtofen, wurden von den Ofenbauern mehrmals zugestellt bzw. neu gebaut. Dies zeigt der Grabungsbefund vom Verhüttungsplatz Versunkene Kirche.

Die für den Bau der Schachtofen benötigten Steine wurden gezielt nach Kriterien der Feuerfesthaltbarkeit und Spaltbarkeit ausgewählt, wobei für die Ofensteinerzeugung bevorzugt Grünschiefer abgebaut wurde. Es handelt sich um ein dünnschiefriertes Gestein von hellgrüner Farbe mit dunkelgrünen Flecken (11). Unter dem Mikroskop ist folgender Mineralbestand zu erkennen: Aktinolith, Albit, Chlorit, Epidot und als Grundmasse Quarz. Die Steine sind am Bruch behauen und als Fertigprodukt zur Hütte geliefert worden (Abb. 6).

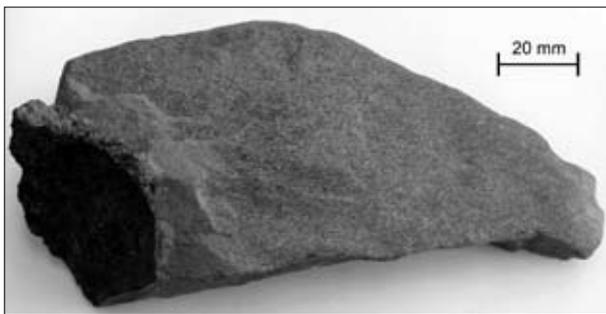


Abb. 6: Verhüttungsplatz Versunkene Kirche, Gemeinde Trieben; verschlackter Ofenstein aus der mittleren Ofenwand des Schachtofens – bevorzugtes Steinformat

Der tongebundene Mörtel besteht aus den mineralogischen Phasen Quarz, Albit, Muskovit, Hämatit, Mikroklin, Illit und Chlorit.



Abb. 7: Verhüttungsplatz Versunkene Kirche, Gemeinde Trieben; Detailaufnahme aus der Ofenanlage, mittlere Ofenwand

Tabelle 2: Nasssiebanalyse des tongebundenen Mörtels

Sieb d	Durchgang in %
3 mm	72,27
1 mm	55,13
250 µm	48,35
63 µm	35,22

Die Werte der Nasssiebanalyse sind in Tabelle 2, die chemische Analyse der Gesamtprobe in Masse-% ist in Tabelle 3 zusammengefasst (12). Die Herstellung des tongebundenen Mörtels erfolgte durch Vorlage des Feinanteils, im Wesentlichen der Tonkomponente mit einem Anteil von feinkörnigem Magerungsmittel, und das Dazumischen gewünschter Körnungen. Es ist plausibel, dass man den Mischvorgang beendete, wenn die Steifigkeit des Mörtels so hoch war, dass eine weitere Homogenisierung von Hand nicht mehr gut möglich war. Der Untersuchungsbericht (12) weist anhand der Magerung zwei Sorten von tongebundenen Mörteln aus.

Tabelle 3: Chemische Analysen der Mörtelproben in Masse-%

Verbindung	Tongebundener Mörtel	Kalkmörtel
SiO <sub>2</sub>	61,84	38,80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,41	13,80
MnO	0,11	0,08
MgO	3,28	5,47
Na <sub>2</sub> O	1,54	0,70
CaO	1,36	32,10
K <sub>2</sub> O	3,41	1,55
TiO <sub>2</sub>	1,19	0,54
NiO	0,03	n.b.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,27	0,21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,54	6,64
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	n.b.

Ein Probe des Verhüttungsplatzes Versunkene Kirche weist eine besondere Qualität des Mörtels auf (8). Bei dieser Probe handelt es sich – nach heutigen Begriffen – um einen Kalkmörtel. An natürlichen Zuschlägen weist dieser Hüttenbaustoff quarz- und glimmerreiche Körner, glimmerreichen quarzitisches Sandstein sowie Kalzit auf. Synthetische Zuschläge, die vom Verhüttungsprozess stammen, sind Laufsclackensand und Holzkohle.

Bezüglich der Herkunft der Rohstoffe für den Anlagenbau kann auf Grund der geologischen Bedingungen im Fundgebiet davon ausgegangen werden, dass diese im näheren Umfeld der Verhüttungsanlage gewonnen wurden (7). Die Schwemmkegel der Gerinne bieten neben Sand und Kies ein breites Spektrum an fein bis feinstkörnigem Material, welches sich für die Mörtelherstellung (auch im keramischen Bereich) gut eignet. Ebenso stammt der Ton aus tonigen Lagen bzw. Verwitterungsprodukten des Grauwackenschiefers, welche in der Umgebung des Fundortes des Öfteren auftreten. Der

für die Herstellung des im Hüttenbaukalk festgestellten Kalkhydrates benötigte Kalkstein konnte ebenfalls in der näheren Umgebung südlich des Fundortes (Triebensteinkalk) abgebaut werden.

#### 4. Ausblick

Der Schwerpunkt der bergbauarchäologischen Grabungen im Paltental lag in der Freilegung von metallurgischen Anlagen. Dafür wurde zunächst der Verhüttungsplatz Versunkene Kirche, Gemeinde Trieben, der vor 3300 Jahren in Betrieb stand, ausgewählt. Die Grabungsergebnisse erbrachten wesentliche Erkenntnisse über die Bauausführung von Röstbetten und Schachtöfen. Deckungsgleiche Ergebnisse wurden weiters bei Grabungen auf den Verhüttungsplätzen Frauenbachmündung, Meilerplatz, Flitzen II erzielt.

Neben der technischen Ausführung der Anlagen war ein Wissen über die Anwendung der Baumaterialien, im Besonderen der feuerbeständigen Materialien zu erarbeiten, ein weiterer Schwerpunkt im Forschungsprogramm. Der Einsatz ausgesuchter, behauener, relativ feuerfester Steine und die Verwendung eines gezielt zubereiteten Mörtels sind Zeugnisse für umfangreiche Kenntnisse über die notwendigen feuerfesten Produkte und über den Bau metallurgischer Anlagen in der Spätbronzezeit.

Am Verhüttungsplatz Versunkene Kirche konnten für archäometallurgische Untersuchungen Proben von Schlacken, Kupferstein und Schwarzkupfer genommen werden, so dass ein umfangreiches Wissen über die Schwarzkupfererzeugung im Schachtofen vorliegt (3, 13, 14). Als Beispiel dazu ist die chemische Zusammensetzung der Schlacken anzuführen.

Um den schmelzmetallurgischen Prozess in den Schachtöfen erfolgreich durchzuführen, muss im Dreistoffsystem  $\text{SiO}_2 - \text{FeO} - \text{CaO}$  ein eng begrenzter Bereich der Schlackenzusammensetzung getroffen werden,

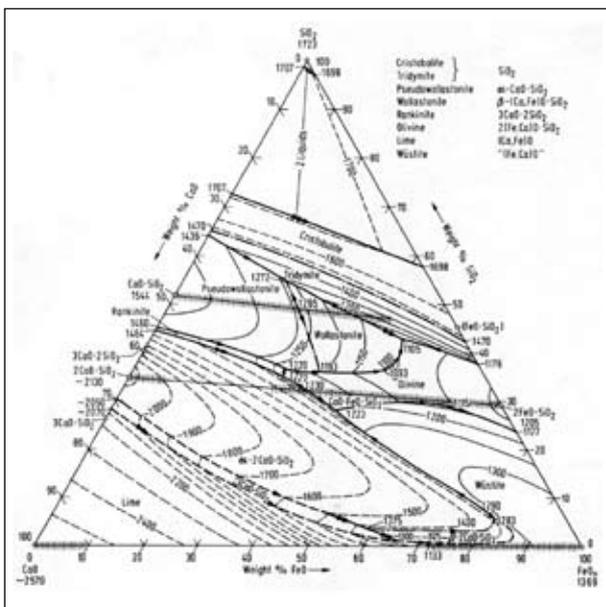


Abb. 8: Dreistoffsystem  $\text{SiO}_2 - \text{FeO} - \text{CaO}$  für die metallur-

gischen Reaktionen zur Verfügung zu haben (Abb. 8). Eine Begutachtung der Schlackenhalde zeigt, dass Fehlschmelzen äußerst selten vorgekommen sind.

Das Produkt im Schachtofen war ein Schwarzkupfer, das je nach Anteilen von Fahlerz im Erzkonzentrat unterschiedliche Gehalte an Antimon, Arsen, Eisen und Schwefel aufweist, wie ein Schwarzkupferkuchen vom Verhüttungsplatz Versunkene Kirche belegt. Dieses Schwarzkupfer musste noch raffiniert werden, wozu weitere metallurgische Aggregate nötig waren (3). Schlacken, sogenannte Plattenschlacken, die einer Raffination von Schwarzkupfer zugeordnet werden können, wurden in den Siedlungen gefunden (14). Gezielt durchgeführte bergbauarchäologische Untersuchungen im Paltental fehlen noch. Das in den Siedlungen ausgeführte Raffinieren von Schwarzkupfer, das Gießen und die Verarbeitung des Kupfers oder der Bronze zu Gebrauchsgegenständen bilden den Inhalt eines neuen, mittelfristigen Forschungsschwerpunktes.

Um die industrielle Erzeugung von Kupfer und Bronze in ihrer Gesamtheit verstehen zu lernen, ist in einem längerfristigen Forschungsprogramm auch die vorhandene Infrastruktur zu bearbeiten. Nimmt man in einer groben Einschätzung an, dass für einen funktionierenden Schmelzbetrieb eine Infrastruktur (Bergleute, Holzknechte, Köhler, Schmiede, Händler, Bauern, Töpfer, Jäger, Krieger und deren Familien) von 500 bis 1000 Personen notwendig war und gleichzeitig in einer Talschaft mehrere Schmelzhütten in Betrieb waren, so kann man das archäologische Potenzial im Paltental bzw. in den Tälern entlang der Grauwackenzone leicht erkennen.

Als Beispiel dafür sind die Grabungsergebnisse am Verhüttungsplatz Schlosser anzuführen (Abb. 9). Neben zahlreicher Gebrauchskeramik, die auf eine rege Siedlungstätigkeit im Talboden hinweist, wurde eine durch eine Steinsetzung klar rekonstruierbare Hütte mit einem metallurgischen Werkplatz freigelegt. Aus den Keramikfunden lässt sich der dort florierende Schmelzbetrieb auf ein Alter von 3500 Jahren datieren. Der Bau des Werkplatzes, der gefundene Schlackentyp und die geborgenen Metalltröpfchen sind Inhalt laufender Untersuchungen und lassen neue Erkenntnisse über die Kupfer- und Bronzemetallurgie in der Mittelbronzezeit erwarten.



Abb. 9: Verhüttungsplatz Schlosser, Gemeinde Trieben; Freilegen des Werkplatzes in der ausgegrabenen Hütte

## Anmerkungen:

- (1) WEISGERBER, GERD: Aufgaben der Montanarchäologie. - In: Archäologie Österreichs 6/2 (1995), S.23–29.
- (2) PRESSLINGER, HUBERT; EIBNER, CLEMENS; WALACH, GEORG und SPERL, GERHARD: Ergebnis der Erforschung urnenfelderzeitlicher Kupfermetallurgie im Paltental. - In: BHM 125 (1980), S. 131-142.
- (3) PRESSLINGER, HUBERT; WALACH, GEORG; EIBNER, CLEMENS und GRUBER, ALOIS: Geophysikalische, montanarchäologische und metallurgische Untersuchungsergebnisse von bronzezeitlichen ostalpinen Kupferhütten. - In: BHM 131 (1986), S.225–230.
- (4) PRESSLINGER, HUBERT; WALACH, GEORG und EIBNER, CLEMENS: Bronzezeitliche Verhüttungsanlagen zur Kupfererzeugung in den Ostalpen. - In: BHM 133 (1988), S.338–344.
- (5) PRESSLINGER, HUBERT; WALACH, GEORG; EIBNER, CLEMENS und PROCHASKA, WALTER: Montanarchäologische Untersuchungsergebnisse eines urnenfelderzeitlichen Kupfererz-Verhüttungsplatzes bei Mautern/Steiermark. - In: BHM 137 (1992), S.31–37.
- (6) PRESSLINGER, HUBERT und EIBNER, CLEMENS: Bronzezeitliche Kupferverhüttung im Paltental. - In: Der Anschnitt, Beiheft 7 (1989), S.235–240.
- (7) PRESSLINGER, HUBERT; EIBNER, CLEMENS; HARMUTH, HARALD und LETH, INGO: Baustoffe, Feuerfestmaterialien und Keramiken im bronzezeitlichen Hüttenbetrieb. - In: BHM 145 (2000), S. 368-376.
- (8) PRESSLINGER, HUBERT; HARMUTH, HARALD; PROCHASKA, WALTER und EIBNER, CLEMENS: Metallurgische Schlacken – ein Sekundärrohstoff in der Bronzezeit. - In: BHM 146 (2001), S.222–226.
- (9) WALACH, GEORG: Geophysikalische Prospektion von montanarchäologischen Bodendenkmalen im Palten- und Liesingtal, eine Übersicht 1977-1997. - In: res montanarum 19/1998, S.12-16.
- (10) PRESSLINGER, HUBERT und EIBNER, CLEMENS: Montanwesen und Siedlungen in der Bronzezeit im Paltental (Österreich). - In: Der Anschnitt 48 (1995), S.158–165.
- (11) PROCHASKA, WALTER: Petrographische Charakteristika von Gesteinsproben aus Schmelzplätzen im Raum Trieben/St.Lorenzen. - Untersuchungsbericht, Leoben 2000.
- (12) HARMUTH, HARALD: Untersuchung von geformten und ungeformten Baustoffen eines bronzezeitlichen Kupferofens, Fundort Versunkene Kirche bei Trieben. - Untersuchungsbericht, Leoben 1999.
- (13) PRESSLINGER, HUBERT; GRUBER, ALOIS und PASCHEN, PETER: Die Verhüttung sulfidischer Erze im Schachtofen in der Bronzezeit. - In: Metall 39 (1985), S.423–425.
- (14) PRESSLINGER, HUBERT: Schlackenkundliche Untersuchungsergebnisse von bronzezeitlichen Schlacken aus dem Paltental. - In: res montanarum 19/1998, S.17-24.
- (15) Slag Atlas, Verlag Stahleisen Düsseldorf (1995), S.126.

# Chemische Analysen von bronzezeitlichen Laufsclacken

Hubert Preßlinger, Trieben, und Walter Prochaska, Leoben

## 1 Einleitung

Funde von Laufsclacken der bronzezeitlichen Kupfermetallurgie bilden meist den ersten Ausgangspunkt, um nach Verhüttungsplätzen zu suchen. In den meisten Fällen werden die einzelnen metallurgischen Anlagen der Verhüttungsplätze mit Unterstützung geophysikalischer Messmethoden in einem nachfolgenden Arbeitsschritt lokalisiert.

Für eine orientierende Klassifikation der gefundenen Laufsclackenstücke ist eine grobe Vorbeurteilung des makroskopischen Aussehens nützlich. Dabei werden die Laufsclacken nach folgenden Kriterien bewertet:

- Anzahl der gefundenen Schlackenstücke
- Farbe der Schlacken
- Größe und Dicke der Schlackenstücke
- Kanten - abgerundet oder scharfkantig
- Bruchfläche - stark porig oder kompakt
- Struktur – homogen oder heterogen
- Erstarrung – glasig oder kristallin.

Beispielsweise ist eine große Anzahl von Schlacken oft ein klares Indiz für einen in der Nähe befindlichen Verhüttungsplatz. Rotgefärbte Schlackenstücke stammen mit großer Wahrscheinlichkeit von einem Röstbett. Abgerundete Kanten sind ein Zeugnis dafür, dass die Schlackenstücke durch ein Gerinne verfrachtet wurden. So weisen Schlackenstücke des Verhüttungsplatzes Versunkene Kirche (Abb. 1), die vom Gerinne nur etwa 100

Meter mitgenommen wurden, bereits eine deutliche Ab-  
rundung der Kanten auf. Das konzentrierte Auftreten  
vieler heterogener Schlackenstücke kann wiederum als  
ein Beleg für eine frühe Stufe der Metallurgie gelten.

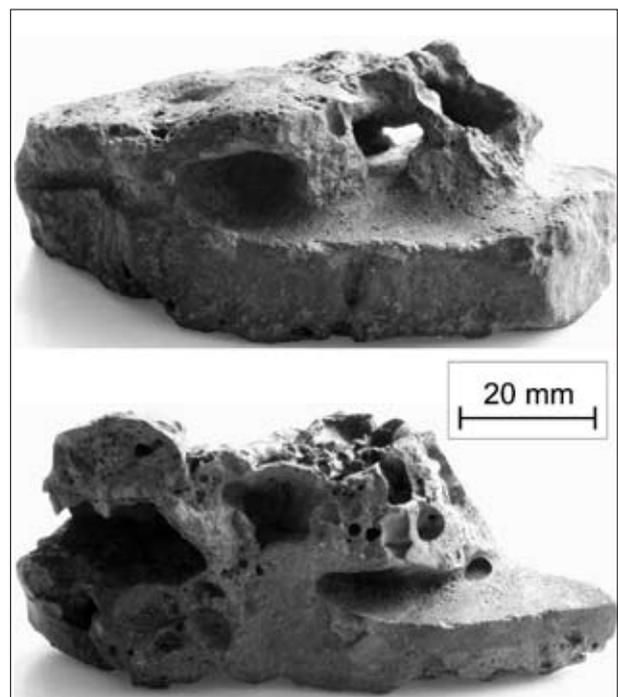


Abb. 1: Unterschiedliche Typen von Laufsclacken; aus Gerinne (oben), aus Halde (unten)