

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.

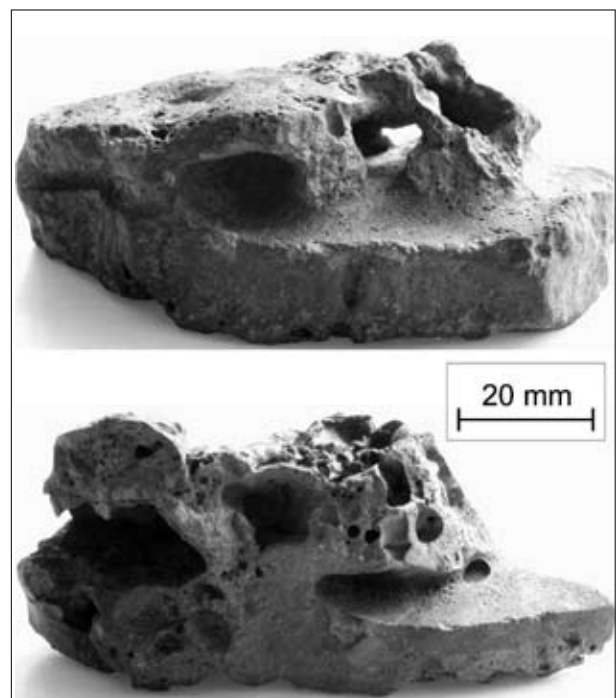


Abb. 1: Unterschiedliche Typen von Laufsclacken; aus Gerinne (oben), aus Halde (unten)

Diese kurze Aufzählung von Kriterien für eine grobe, aber rasche Klassifizierung von Laufsclacken kann die archäometrische und archäologische Arbeit vor Ort wesentlich unterstützen.

Neben dem makroskopischen Aussehen bringen naturwissenschaftliche Untersuchungsergebnisse von Laufsclacken (chemische Analyse, mineralogische Beurteilung, mikroanalytische Begutachtung usw.) wichtige Erkenntnisse über die abgebauten Lagerstätten, die angewendete Schmelzmetallurgie sowie die Zusammensetzung und die Eigenschaften der erzeugten Produkte.

Im Rahmen einer systematischen Begehung von mehreren Verhüttungsplätzen im Palten- und im Johnsbachtal wurden jeweils 10 kg Laufsclackenstücke aufgesammelt. Die Proben wurden zunächst nach den oben angeführten Kriterien beurteilt (Tabelle 1). Diese Beurteilung der Laufsclacken ist für die fundstättenspezifische Auswahl und Aufbereitung des Probenmaterials für chemische Analysen ein wichtiges Entscheidungskriterium.

2 Probenvorbereitung

An den Verhüttungsplätzen Schlosser, Versunkene Kirche, Meilerplatz I und II, Flitzen I und II im Paltental, sowie Kölblalm, Ploden, Schröckalm, Kohlanger und Finsterbergeralm im Johnsbachtal wurden jeweils etwa

10 kg Laufsclacken aufgesammelt. Die Proben wurden gereinigt, nach den eingangs beschriebenen Kriterien klassifiziert (siehe Tabelle 1) und einige charakteristische Stücke für metallographische und mikroanalytische Untersuchungen separiert. Der überwiegende Teil des Materials wurde aufgemahlen, homogenisiert und davon etwa 1 kg an das Labor Actlabs in Kanada weitergeleitet.

3 Chemische Analysenergebnisse

Die mittels Neutronenaktivierungsanalyse ermittelten Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Bei einer Durchsicht der einzelnen Spalten der Tabelle zeigt sich für die Elemente As, Co, Cu, Fe, Mg, Mn und S eine klare Gliederung in zwei Kollektive, die den beiden Regionen Paltental und Johnsbachtal zuordenbar sind. Diese eindeutige Gliederung geht besonders deutlich aus den Diagrammdarstellungen der Abb. 2 bis 4 hervor.

4 Diskussion der Ergebnisse

Die Laufsclacken aus dem Paltental haben, verglichen mit den Laufsclacken aus dem Johnsbachtal, höhere Gehalte an As, Co, Ni, Pb und Zn. Diese Zuordnung der angeführten Elemente in die zwei Kollektive ist einerseits auf die verhütteten Erze, andererseits auf die Metallurgie zurückzuführen (1, 2).

Tabelle 1: Makroskopische Klassifikation (visueller Befund) von Laufsclackenproben aus dem Palten- und dem Johnsbachtal (AF ... Anlauffarbe)

Analysen-Nr.	Fundort	Farbe	Form
1	Kölblalm	graubraun, schwarz	gerundete Oberfläche; Poren im cm-Bereich
2	Ploden Ödensteinhöhle	dunkelgrau bis braun AF türkis, tlw. orange	gerundete Oberfläche; ovale Poren im cm-Bereich neben kleineren Poren
3	Schröckalm	grünlich-grau; AF rostrot, orange	relativ kleine, gerundete Schlackenstücke, brekziös, leicht porös
4	Kohlanger I	dunkelbraun bis schwarz	kantige, massige Schlackenstücke; regelmäßige Porengröße ± 5 mm
5	Finsterbergeralm	graugrün mit brauner Verwitterungsschicht; AF orangerot	kaum gerundet; Poren im mm/cm-Bereich
6	Schlosser	grau; AF dunkelrot	nicht gerundet; sehr porös und leicht brechend
7	Meilerplatz I	dunkelbraun bis schwarz AF türkis bis rot	kantige Schlackenstücke; Poren im mm/cm-Bereich; Reste von Zuschlagstoffen
8	Versunkene Kirche	hellgrau bis dunkelgrau; AF türkis, orange	kantige Schlackenstücke; Lagen mit sehr unregelmäßig großen Poren wechseln mit dichten Lagen
9	Flitzen II	rotbraun; AF türkis	kantige Schlackenstücke; Poren <1 cm
10	Flitzen I	schwarz, dunkelrot; AF orangerot	kantige Schlackenstücke; Poren im mm/cm-Bereich; Reste von Zuschlagstoffen (Karbonate)
11	Meilerplatz II	rotbraun; AF rostrot	kantige Schlackenstücke, Lagen mit sehr unregelmäßigen großen Poren

Tabelle 2: Chemische Analyse von Laufschlackenproben aus dem Palten- und dem Johnsbachtal (Neutronenaktivierung, Actlabs/Kanada)

	Johnsbachtal					Paltental					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Kölblalm	Ploden Ödensteinhöhle	Schröckalm	Kohlanger I	Pfisterbergeralm	Schlosser	Meilerplatz I	Versunkene Kirche	Flitzen II	Flitzen I	Meilerplatz II
Ti (Masse-%)	0,10	0,10	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,13	0,08	0,10
Al (Masse-%)	1,60	1,79	1,93	1,69	1,64	1,16	1,71	1,49	2,39	0,99	1,71
Fe (Masse-%)	28,0	25,1	25,1	25,8	28,8	20,4	20,5	19,1	21,8	27,7	26,0
Mg (Masse-%)	3,15	3,38	2,46	2,67	1,90	1,73	1,74	1,77	1,70	1,36	1,47
Ca (Masse-%)	9,07	9,96	7,18	8,35	6,64	5,22	8,73	11,60	8,68	5,03	6,41
Na (Masse-%)	0,11	0,12	0,13	0,14	0,12	0,06	0,10	0,14	0,14	0,06	0,15
K (Masse-%)	1,22	1,31	1,18	1,22	1,32	0,84	1,19	1,53	1,31	0,96	1,71
P (Masse-%)	0,112	0,082	0,074	0,097	0,099	0,079	0,093	0,114	0,139	0,067	0,126
S (Masse-%)	0,600	0,677	0,716	0,524	0,646	0,185	0,347	0,471	0,169	0,332	0,547
Au (ppb)	44	68	24	47	<10	75	227	56	<10	80	40
As (ppm)	124	212	118	185	151	1020	865	895	1040	1490	935

Für die Schlackenplätze des Johnsbachtales ergeben sich unterschiedliche geologische Positionen, was für deren Versorgung mit Erzen nicht ohne Bedeutung gewesen sein kann. Entlang der nördlichen Talflanke des Johnsbachtales liegen die Fundplätze im Bereich der Deckengrenze zwischen den nördlichen Kalkalpen und den unterlagernden Gesteinen der Norischen Decke der Grauwackenzone, hingegen entlang der südlichen Talflanke in altpaläozoischen Grauwackenschiefern. Dazu ist zu bemerken, dass in den triadischen Abfolgen des Kalkalpines generell keine entsprechenden Vererzungen bekannt sind. Die Erze für die nördlich gelegenen Schlackenplätze Kölblalm und Schröckalm stammen daher möglicherweise aus südlich des Johnsbachtales gelegenen Erzlagern. In diesem Zusammenhang ist anzuführen, dass auch in der Grauwackenzone Niederösterreichs, im Bereich des Höllentales (3), eindeutige Hinweise auf einen Ferntransport "Erz zu Holz" aus der

Grauwackenzone der Prein in den kalkalpinen Bereich des Höllentales festgestellt werden konnten. Demnach mag zwar die unmittelbare Nachbarschaft zwischen beschürfter Lagerstätte und metallurgischer Verarbeitung den Regelfall bilden. Nachgewiesene Fälle davon abweichender Szenarien bestätigen aber daneben nachdrücklich die Möglichkeit eines Erztransportes über größere Entfernungen zu für die Verhüttung günstigen Standorten.

Die Verhüttungsplätze des Paltentales liegen in den altpaläozoischen Grauwackenschiefern oder in den ordovizischen erzführenden Kalken. Nicht geklärt ist die Position der Plätze Versunkene Kirche und Schlosser, die einerseits in das Altpaläozoikum, andererseits auch in das Karbon der Grauwackenzone (Veitscher Decke) gestellt werden können (4, 5).

Um zu klären, ob die Unterschiede im Chemismus dieser Schlacken geologisch oder verarbeitungstechnisch bedingt sind, erscheint zunächst eine genaue Untersuchung der geologischen Umgebung der einzelnen Plätze unumgänglich. Neben der Bestimmung der genauen Lage und der geologischen Zuordnung ist auch eine Erfassung der Lithologie der Nebengesteine der Vererzung zielführend. Für die geochemische Zusammensetzung und die Erzparagenese ist es von entscheidender Bedeutung, ob die Vererzungen in schiefrigen oder in karbonatischen Nebengesteinen gebildet wurden.

Sind die Unterschiede im Chemismus der Kupfererze einerseits auf Verschiedenheiten zwischen den Lagerstätten zurückzuführen, so gab es andererseits auch in der Ofenführung erkennbare Unterschiede zwischen den beiden Tälern. So sind in den Paltentaler Laufsclacken die Gehalte an Kupfer und Schwefel kleiner – das Kupferausbringen war in der Bronzezeit im Paltental im Vergleich zum Johnsbachtal besser (siehe Tabelle 2). Beachtet man dazu die Ca- und die Mg-Gehalte beider Kollektive, so sind die Summenwerte der beiden basischen Komponenten in den Johnsbacher Laufsclacken

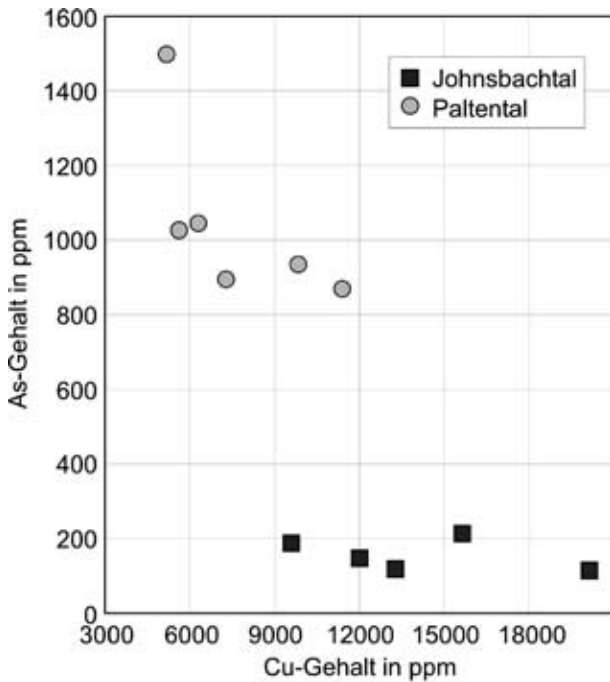


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Cu-Gehalt und As-Gehalt der Laufsclacke

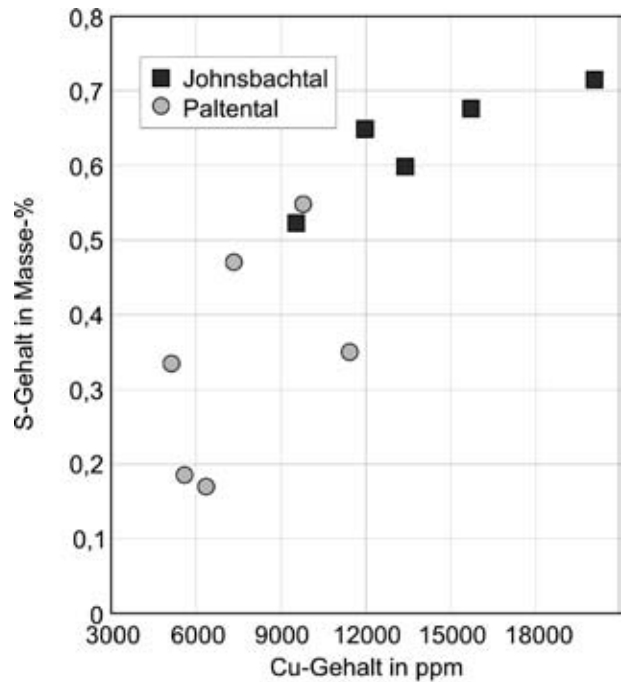


Abb. 4: Zusammenhang zwischen Cu-Gehalt und S-Gehalt der Laufsclacke

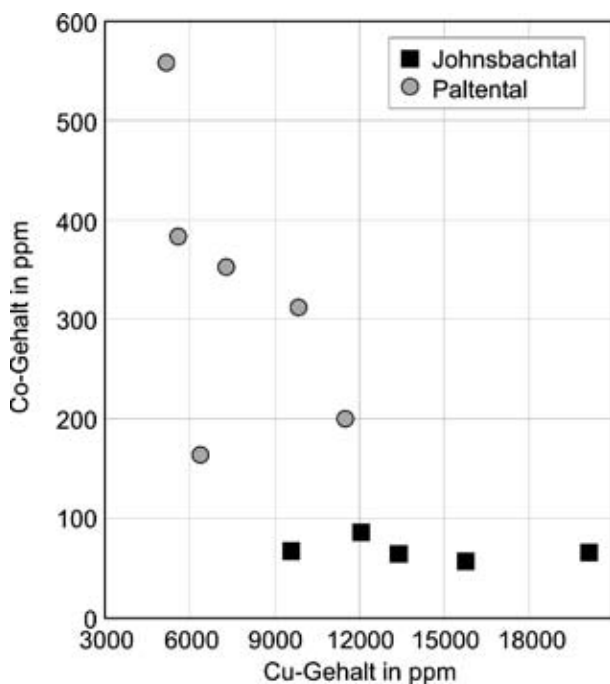


Abb. 3: Zusammenhang zwischen Cu-Gehalt und Co-Gehalt der Laufsclacke

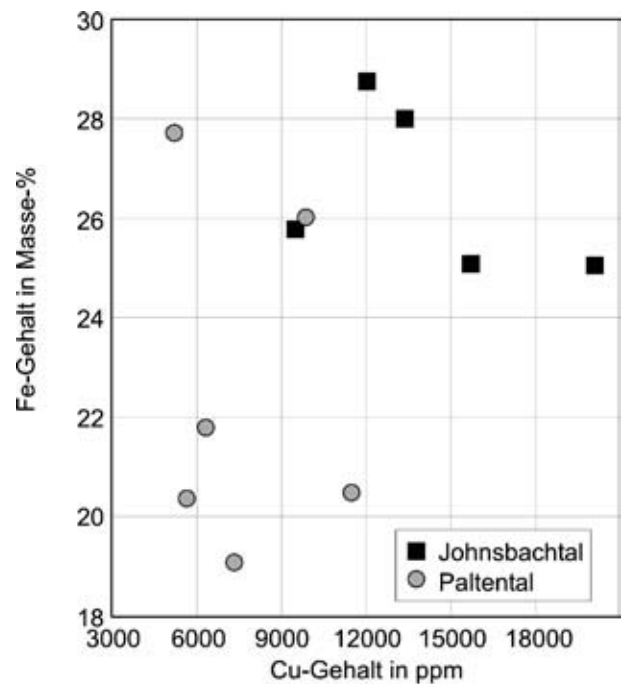


Abb. 5: Zusammenhang zwischen Cu-Gehalt und Fe-Gehalt der Laufsclacke

um 1,7 Masse-% höher. Besonders unterscheiden sich die beiden Kollektive im Fe-Gehalt (Abb.5). Die Laufsclacken aus Johnsbach haben im Mittel einen Fe-Gehalt von 26,6 Masse-%, die aus dem Paltental von 22,6 Masse-%. Nach den angeführten Punkten ist anzunehmen, dass im Paltental neben dem Einsatz anderer Kupfererze auch eine andere Schmelzmetallurgie, bzw. eine andere Schlackenführung, betrieben wurde.

Diese Untersuchung ist ein Beispiel dafür, dass es sich in mittelfristigen Forschungsarbeiten lohnen würde, Gruppenuntersuchungen von Laufsclacken aus den einzelnen Talschaften entlang der Grauwackenzone vorzunehmen. Neben verbesserten Kenntnissen über die Kupfererzlagertstätten und die Schmelzmetallurgie könnten auch nach einer gezielten Schlackenaufbereitung Wechselbeziehungen zwischen Schlacken und Primärprodukten, d.h. Gebrauchsgegenständen, hergestellt werden.

Anmerkungen

- (1) PROCHASKA, WALTER und PRESSLINGER, HUBERT: Kupfererze und prähistorische Laufsclacken – Aufschlussreiche geochemische Untersuchungen. – In: Da schau her 10 (1989), Heft 4, S. 9-14.
- (2) 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.
- (3) CECH, BRIGITTE und WALACH, GEORG: Prospektion urzeitlicher Kupferschmelzplätze im Höllental, NÖ. – Archaeologia Austriaca 79 (1995), S.249-257
- (4) Geologische Karte der Republik Österreich 1:75.000, Blatt Admont und Hieflau, Geologische Bundesanstalt.
- (5) Geologische Karte der Steiermark 1:200.000, Geologische Bundesanstalt.

Die Schwermetallbelastung in der Umgebung eines urzeitlichen Kupferschmelzplatzes im Paltental

Walter Prochaska, Leoben, Eva-Maria Maurer, Leoben, und Hubert Preßlinger, Trieben

1 Einleitung

Die chemischen Analysen von Rohprodukten aus Kupfererzverhüttungsprozessen in Tabelle 1 zeigen, dass in der mittleren und der späten Bronzezeit neben verschiedenen anderen Cu-Sulfiden auch Fahlerze im Paltental verhüttet wurden. Während des Schmelzens im Schachtofen kam es dabei zu einem Austrag von leichtflüchtigen Verbindungen, welcher sich in einer Kontamination des Erdreiches zeigen sollte.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die jährliche Produktionsmenge von Rohkupfer an einem Schmelzplatz in der Bronzezeit 50 bis 100 kg betrug, ein Schmelzplatz etwa 10 bis 20 Jahre betrieben wurde, d.h. die Umweltbelastung als sehr gering zu klassifizieren ist. Es ist daher nicht gesichert, ob nach etwa 3000 Jahren ein Nachweis dieser geringen Kontamination des Erdreiches überhaupt geführt werden kann. Auffallend ist jedenfalls, dass Erze, Zwischenprodukte (Gusskuchen) und z.T. auch noch die Endprodukte (diverse Artefakte) neben dem eigentlichen Wertmetall Kupfer teilweise sehr hohe Gehalte an Schwermetallen aufweisen, wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist.

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Beprobung, die chemische Untersuchungsergebnisse beschrieben sowie die gewonnenen Erkenntnisse diskutiert.

2 Probenort

Als Untersuchungsobjekt wurde der prähistorische Verhüttungsplatz "Versunkene Kirche" bei St. Lorenzen/Trieben ausgewählt. Ausschlaggebend dafür war die Tatsache, dass dieser prähistorische Schmelzplatz montanarchäologisch und geochemisch bereits sehr gut untersucht ist (1,2). Weiters ist auch die geologische Umgebung dieser Lokalität gut bekannt, und man kennt auch zahlreiche Vererzungen in der näheren Umgebung, sodass die Mineralogie der Erze, die hier zum Einsatz kamen, als bekannt vorausgesetzt werden kann.

In der näheren Umgebung der "Versunkenen Kirche" sind zahlreiche Vererzungen bekannt, von denen sehr viele in der Vergangenheit bergbaulich gewonnen oder zumindest beschürft wurden. Meist handelt es sich um kleine Vererzungen ohne große Vorräte, die in der Neuzeit wirtschaftlich nicht mehr gewinnbar waren. Ausnahmen sind die ehemaligen Lagerstätten bei Kalwang, Bärndorf und Büschendorf, die im 19. Jahrhundert noch

Tabelle 1: Metallanalyse von Kupferprodukten der Spätbronzezeit aus dem Paltental in Masse-%

		Cu	Fe	S	Si	As	Sb
Gusskuchen (Trieben)	Schwarzkupfer	79,56	4,500	0,49	0,050	8,64	6,450
	Fe-Zwischenschicht	2,74	37,700	0,03	8,560	11,75	1,550