

Preßlinger, H., Walach, G., Eibner, C. & Prochaska, W. (1992): Montanarchäologische Untersuchungsergebnisse eines urnenfelderzeitlichen Kupfererzverhüttungsplatzes bei Mautern/Steiermark. – Berg- und Hüttenm. Mh., 137: 31-37, 6 Abb.; Wien.

Montanarchäologische Untersuchungsergebnisse eines urnenfelderzeitlichen Kupfererz-Verhüttungsplatzes bei Mautern/Steiermark

H. Preßlinger, G. Walach, C. Eibner und W. Prochaska

Aussagen der geophysikalischen Prospektionsergebnisse — Interpretation der montanarchäologischen Grabungsbefunde — Beurteilung der metallographischen Schlackenuntersuchungen

Investigation Results on Mining-and-Metallurgical Archaeology of a Copper Ore Smelting Site of the Late Bronze Age. Statements of results from geophysical prospection — Interpretation of the discoveries by archaeological excavation — Evaluation of metallographic examination of slags.

1. Einleitung

Es war vorhersehbar, daß dem Großbauvorhaben Pyhrnautobahn im Palten- und Liesingtal mit seinen gewaltigen Bodeneingriffen bzw. Erdbewegungen eine größere Zahl von archäologischen Fundstätten zum Opfer fallen würde. Aus diesem Grund hat das Bundesdenkmalamt (Landeskonservatorat Steiermark) ab 1988/89 umfassende Vorerhebungen von Bodendenkmälern und eine begleitende Kontrolle der Bauarbeiten in Gang gesetzt. Durch diese Erkundungsarbeiten konnten insgesamt 43 Fundstellen entdeckt und dokumentiert werden; davon waren 27 mittelalterlich-neuzeitliche Funde, 11 prähistorische Funde, fünf sind vorerst nicht bestimmbar¹.

Unter den prähistorischen Fundstellen befinden sich auch Objekte, die neue Erkenntnisse über die Verbreitung und zeitliche Zuordnung der mehrfach von Eibner, Preßlinger, Sperl, Walach u. a.²⁻⁶ dokumentierten Kupfergewinnung des Raumes Paltental—Johnsbach—Radmer erbracht haben. Zu nennen sind davon insbesondere urnenfelderzeitliche Schmelzanlagenreste bei Gaishorn⁷ und eine nahezu vollständig erhaltene hallstattzeitliche Schmelzanlage im Bereich der Frauenbachmündung bei Schloß Ehrnau, Mautern. Das letztgenannte Objekt ist auch deswegen besonders wichtig, weil es erstmals mit Sicherheit das Herübergreifen der prähistorischen Kupfergewinnung über den Schoberpaß ins Liesingtal beweist. Kupferschlacken-Streufunde, die

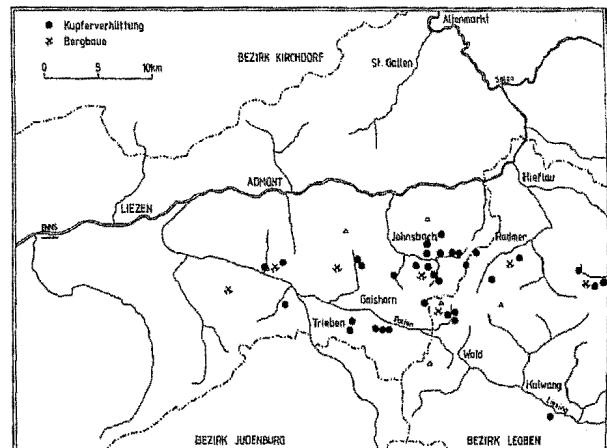


Abb. 1. Fundstättenübersicht zur urgeschichtlichen Kupfergewinnung in der Grauwackenzone der Ennstaler und Eisenerzer Alpen

Dipl.-Ing. Dr. mont. Hubert Preßlinger, St. Lorenzen 45, A-8784 Trieben/Österreich; Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. mont. Georg Walach, Institut für Geophysik, Montanuniversität Leoben, A-8700 Leoben/Österreich; Univ.-Prof. Dr. Clemens Eibner, Institut für Ur- und Frühgeschichte, Universität Heidelberg, D-W-6900 Heidelberg/Deutschland; Univ.-Doz. Dr. Walter Prochaska, Institut für Geowissenschaften, Montanuniversität Leoben, A-8700 Leoben/Österreich.

bisher nicht näher zuzuordnen waren, etwa am Parkplatz des benachbarten Schlosses Ehrnau⁸, erhalten damit einen definierten Stellenwert. Gemeinsam mit den erst in jüngster Zeit durch Weinck und Resch⁹ entdeckten Fundstellen in der Eisenerzer Ramsau haben sich die bisher angenommenen Grenzen dieser prähistorischen Kupfergewinnungsprovinz beträchtlich nach Süden und Osten erweitert (Abb. 1).

Im Bereich der Kupferschmelzanlage Mautern/Frauenbachmündung, auf die Pölzl¹⁰ durch zutage tretende Teile der Schlackenhalde aufmerksam geworden war, wurden zunächst zwecks eindeutiger Lokalisierung der Schmelzstätte geophysikalische Prospektionsarbeiten nach vielfach erprobter Methodik durchgeführt¹¹ und das Objekt schließlich archäologisch freigelegt. Dabei kamen während der Grabung auch geochemische, metallurgische und paläomagnetische Untersuchungsmethoden zur Anwendung. Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen wird im folgenden berichtet.

2. Geophysikalische Ergebnisse

Für die geophysikalische Prospektion der etwa 50 x 40 m großen Schmelzplatz-Verdachtsfläche wurden geomagnetische Rastermessungen in zwei Phasen ausgeführt. Für die Übersichtsvermessung wurde zunächst ein raumgreifender Raster von 2,5 m gewählt. Nach dem Zwischenergebnis gelang es sofort, das Verhüttungsareal auf eine Fläche von etwa

15 x 20 m einzugrenzen. Auch anfänglich irritierende Eisenschlackenfunde konnten als subrezente Wegbeschotterung und kleinere Kupferschlackenhäufchen entlang der Wegtrasse als wahrscheinlich von Mineraliensammlern zusammengetragen erkannt werden; beides ist daher für das untersuchte Problem ohne Bedeutung. Schließlich wurde eine Detailfläche von 12 x 18 m verpflockt und in einem hochauflösenden Raster von 1 m Seitenlänge geomagnetisch vermessen. Das Ergebnis dieser Vermessung ist gemeinsam mit einem zusammengefaßten Grabungsergebnis in Form eines Isanomalenplanes des geomagnetischen Anomaliefeldes in Abb. 2 dargestellt.

Die Abb. 2 zeigt zunächst, daß nach dem Ergebnis der geophysikalischen Prospektion vier Grabungskoordinaten so optimal abgesteckt werden konnten, daß die gesamte Verhüttungsanlage mit geringstem grabungstechnischen Aufwand freigelegt wurde. Auch die grundsätzliche Geometrie von prähistorischen Kupferschmelzanlagen⁴ — eine Abfolge Röstbett, Schmelzofen, Schlackenhalde — etwa in der Falllinie des flachen Hanges, am Ort außerdem in drei Einheiten nebeneinander, konnte nach dem Anomaliebild zumindest schon vermutet werden.

Bei Prospektionsarbeiten dieser Art hat es sich in der Vergangenheit bewährt, an Fundstücken, meist Schlacken, Ofensteinen u. a., Bestimmungen der Dichte und der Magnetisierbarkeit durchzuführen. Besonders mit Hilfe von repräsentativen Mittelwerten der Magnetisierbarkeit lassen sich die gemessenen Anomaliebilder

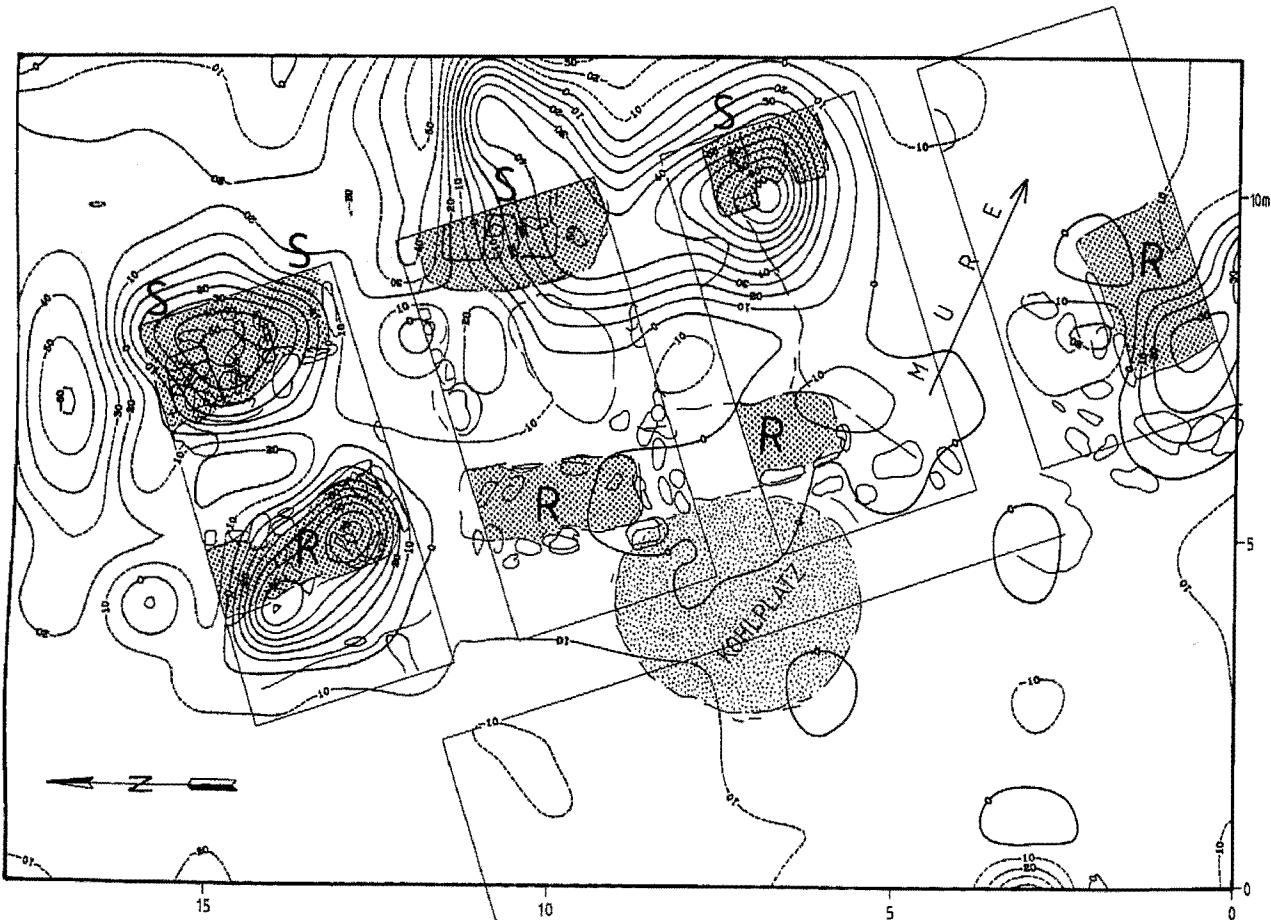


Abb. 2. Verhüttungsplatz Mautern/Frauenbachmündung; geomagnetischer Isanomalenplan mit Grabungskoordinaten und archäologischer Ergebniszusammenfassung (S Schmelzöfen, R Röstbetten)

besser verstehen und interpretieren. Wie in einer früheren Publikation⁴ dargestellt wurde, ist danach auch eine grobe Zuordnung der Schlacken möglich. Mit Mittelwerten von $k = 55 \cdot 10^{-3}$ SI (Magnetisierbarkeit) und $D = 3200 \text{ kg} \cdot \text{m}^3$ (Dichte), entsprechen die Laufschlacken des Schmelzplatzes Frauenbachmündung gut dem Typ „Paltental“, während etwa zum Typ „Johnsbach“ signifikante Unterschiede bestehen.

Zur Vollständigkeit muß auch angeführt werden, daß die freigelegten Ofenanlagen von Mauritsch beprobt und paläomagnetisch untersucht wurden¹². Durch diese Untersuchungen wurden in den Steinen der Ofenmauerung Titanomagnetit und Hämatit als Träger der remanenten Magnetisierung identifiziert. Eine versuchsweise Altersdatierung mit Hilfe der Bestimmung von Intensität und Richtungen (Deklination 330°, Inklination 67°) des Paläo-Magnetfeldes, die jedoch wegen des Fehlens von signifikanten Eichwerten für die Ostalpen zur Zeit nur orientierend-grundsätzlichen Charakter hat, ergab eine Alterseinstufung des prähistorischen Schmelzofenbetriebes von etwa 500 v. Chr.

3. Montanarchäologische Grabungsergebnisse

In dem magnetometrischen Plan (Abb. 2) zeichnete sich bereits der Grundriß ab, so daß das etwa hangparallele Grabungsnetz übernommen wurde. Mit Steinblöcken gemauerte Kohlplätze bezeugen die Nutzung für die Köhlerel im vorigen Jahrhundert. Der Platz selbst wurde in prähistorischer Zeit mindestens einmal durch eine Mure kräftig gestört und danach weiter nach Westen verlegt, da die Mure einen Zwillingsofen zum Teil zerstört hatte.

Durch die Murenüberlagerung kam es auch zur Erhaltung eines zeitgleichen Kohlenmeilers, der unmittelbar südlich an die Schmelzanlage anschließt. Keramikreste auf dem flachen Schüttügel der Mure und größere Steinblöcke als Unterlage einer Blockbau- oder Schwellbalkenkonstruktion aus Holz weisen wohl auf eine Nutzung als Köhlerhütte im Mittelalter (13. Jh.) und in der Neuzeit (17.–18. Jh.) hin. Der Großteil der ehemals vorhandenen Schlacke fehlt heute, es ist nur noch ein geringmächtiger Schlackenschleier vorhanden.

Das eigentliche Hüttenareal ist etwa 18 × 12 m groß. Ein älteres, teilweise durch die Mure zerstörtes Röstbett im Süden diente nach Ausweis der zahlreichen urenfelderzeitlichen Hauskeramik als Siedlungsplatz, vielleicht in Zusammenhang mit dem jüngeren Betrieb. Nach NW hin schloß sich ein mit hochkant gestellten Steinen aus Frauenbachgneis eingefaßtes Röstbett an, das bei der üblichen Breite von 90 cm zweigeteilt und etwa 6 m lang war oder vielmehr aus zwei etwa 3 m langen Einzelbetten bestand. Unmittelbar daran schloß sich nach Westen eine rund 40 cm tiefe kreisrunde Grube mit einem Durchmesser von etwa 2,40 m an. Holzkohlestücke und rotgebrannter Lehm, der in Schmitzen und Linsen eingelagert war, deuten mit einer maximal 10 cm mächtigen, nach NW „ausgeflossenen“ Lage von Holzkohleflitter auf eine Verwendung als halbeingetiefter Meiler hin, wobei der rotgebrannte Lehm offensichtlich vom kuppelartigen Meilaufbau stammt, der beim Stören in die Grube zurückfiel. Jegliches Fehlen von Schlacke beweist daneben auch, daß es sich dabei nicht um die Rückstände eines Röstbettes handeln kann. Knapp nördlich der be-

schriebenen Röstbetten fand sich in etwa 1 m Abstand ein weiteres, leicht nach Westen verschwenktes Röstbett, wieder mit 90 cm Breite und wohl etwas mehr als 3 m Länge. Es wurde im Norden nicht zur Gänze ausgegraben.

Eine stark zerstörte Ofenkonstruktion mit mindestens drei Bauphasen, aber nur noch in der untersten Steinlage erhalten, lag hangabwärts, dem nördlichsten Röstbett in etwa 1,5 m Abstand vorgelagert. Auch dieser Komplex wurde nicht gänzlich erfaßt, es fehlen unbedeutende randliche Reste. Mit dem zweiten Röstbett, auch in der Orientierung übereinstimmend, lag in einem Abstand von 3 m der am besten erhaltene Zwillingsofen, wobei, wie üblich, die Öfen in den Hang eingeschlitten waren. Ihre Weite betrug 50 und 55 cm, die Tiefe (nach der sorgfältig gemauerten Zwischenmauer) etwa 65 cm, die Mauerstärke 50 cm.

Der linke Ofen war etwas tiefer, besaß eine nach vorne hängende Sohle, die erhaltene Höhe betrug noch 46 cm, bis zum Röstbettniveau ergab sich ein Höhenunterschied von 60 cm, Schlackenkrusten konnten bis 30 cm über der Ofensohle nachgewiesen werden. Beim Freilegen für die mißglückte Hebung lag in der Richtung der südlichen Ofenwange, 1,6 m davon entfernt und 20 cm unter der Sohle des linken Ofens, eine mit Holzkohle gefüllte Grube von 20 cm Durchmesser. Der südlichste Zwillingsofen lag in Verlängerung der südlichen Röstbettbegrenzung des dritten Röstbettes. Eine mindestens 4 m breite Störung durch die beschriebene Mure hat ihn teilweise weggerissen, doch lassen sich die Ofenmaße noch rekonstruieren, die kaum abweichend den vorhin beschriebenen entsprechen. Die Schlackenhaut ist dagegen noch 40 cm hoch erhalten. Siedlungsschutt lag im Murenabgang noch in 1 m Tiefe. Dadurch wird verständlich, warum man diesen Ofen aufgab. Auch zwischen den beiden beschriebenen Anlagen fanden sich bis in eine Tiefe von 1,5 m Brand- und Schuttreste, die mehrfache Umbauphasen bezeugen. Das Grundmaterial des Hanges besteht aus gelblichem, schwach sandigem Lehm mit großen eingelagerten Geschiebeblöcken, die sicherlich der Wärmespeicherung dienlich waren, aber ein sauberes Abheben vom Untergrund verhinderten. Talseitig war in dieser Tiefe Holzkohleflitter eingelagert, der darauf hindeutet, daß hier eventuell ein offenes Gewässer lag (ob allerdings noch zur Zeit des Hüttenbetriebes ist fraglich).

Die Ergebnisse stimmen in den Maßen fast exakt mit den Grabungsergebnissen des Verhüttungsplatzes „Versunkene Kirche“ in Trieben/St. Lorenzen⁴ überein, doch weist die Keramik schon typische Ha-B-Formen auf, die damit den Platz für die ausgehende Urnenfelderzeit (9. bis 8. Jh. v. Chr.) belegen. Nach dem weit gestreuten Schlackenschleier läßt sich vermuten, daß in der Größenordnung von 10–15 t Kupfer erschmolzen wurden. Die zahlreichen Umbauten deuten auf etwa ein Jahrzehnt Schmelztätigkeit hin.

4. Chemische Zusammensetzung und metallographische Untersuchung von Laufschlacken

Einige für die chemische Zusammensetzung bronzezeitlicher Laufschlacken typische Analysen sind in Tabelle 1 wiedergegeben. Diese Laufschlacken, welche aus der

Tabelle 1. *Chemische Analysen von bronzezeitlichen Laufschlacken der Kupfererzeugung*
(Angaben in Gew.-%)

Fundort	Fe _{ges}	SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S	Cu
Frauenbachmündung/Mautern	26,7	39,7	0,7	15,2	3,9	3,2	0,32	0,09	1,77
Versunkene Kirche/Trieben	24,8	39,2	0,4	19,0	6,1	2,8	0,22	0,3	0,7
Stieber/Gaishorn	33,0	35,9	0,4	10,1	0,7	7,6	0,61	0,23	0,41
Vorwald/Wald-Schoberpaß	37,3	30,5	0,6	9,5	2,9	6,7	0,62	0,26	0,43

Kupfererzeugung im Schachtofen stammen, sind in ihrer Grundzusammensetzung Silikatschlacken mit 30—40 Gew.-% SiO₂, 25—45 Gew.-% FeO_n und 10—20 Gew.-% CaO. Die übrigen Schlackenbestandteile, wie MnO, MgO, Al₂O₃, Cu und S sowie Pb, Sb und Co, verteilen sich auf den verbleibenden Rest von etwa 10 Gew.-%.

Die Schlacken vom Schmelzplatz Frauenbachmündung sind nach ihrem äußeren Aussehen und nach den in Tabelle 1 angeführten chemischen Analysen den Laufschlacken der Kupfererzeugung im Schachtofen eindeutig zuzuordnen.

Neben der chemischen Analyse von Schlacken ist für den Metallurgen auch der mineralogische Aufbau der Schlacke insofern von Interesse, als zusätzliche Erkenntnisse über den Prozeßablauf bzw. die Schlackenarbeit abgeleitet werden können. In Abb. 3 ist das Schliffbild einer Schlackenprobe dargestellt. Aus dieser Abbildung ist nur abzuleiten, daß die Schlacke kristallin erstarrt ist und aus mehreren Schlackenkomponenten besteht, die an den unterschiedlichen Grauwerten zu erkennen sind. Um diese Komponenten einer Phase zuordnen zu können, wurde an dieser Probe eine Phasenbestimmung mittels Elektronenstrahl-Mikrosonde durchgeführt.

Die Methode der Phasenbestimmung geht aus von dem bei VOEST-ALPINE Stahl Linz GmbH entwickelten „Concentration Mapping“-(CM)-Verfahren zur Bestimmung zweidimensionaler, quantitativer Konzentrationsverteilungen von bis zu 16 Elementen mittels einer computergesteuerten Elektronenstrahl-Mikrosonde. Die dabei anfallenden Analysenergebnisse von sehr vielen Punkten werden in Drei- bzw. Vierstoffsysteme eingetragen. Die verschiedenen Phasen werden dort als Punktanhäufungen sichtbar und können so identifiziert werden. In weiterer Folge werden die zu den verschiedenen Phasen zugeordneten Punkte separiert. Auf diese Weise kann man ein Bild der Phasenverteilung sowie die mittlere Zusammensetzung jeder Phase erhalten^{13,14}.

Die mittels Mikrosonde ermittelten Ergebnisse der Phasenbestimmung sind in Tabelle 2 aufgelistet. Neben der Phasenbezeichnung sind die mittlere chemische Analyse der Phasen sowie der Flächenanteil der in Abb. 3 dargestellten Phasen angeführt. Folgende Erkenntnisse sind daraus abzuleiten: Die Kupferlaufschlacke besteht, bezogen auf das in Abb. 3 dargestellte Schliffbild, zu über 80% aus den zwei Phasen Olivine und Wollastonit sowie zu einem geringen Anteil

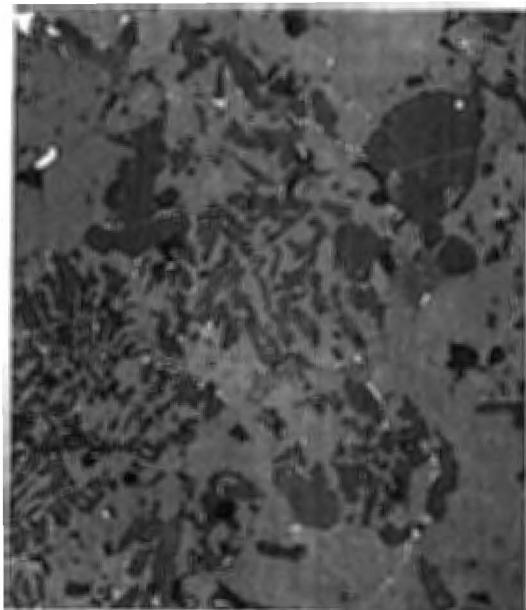
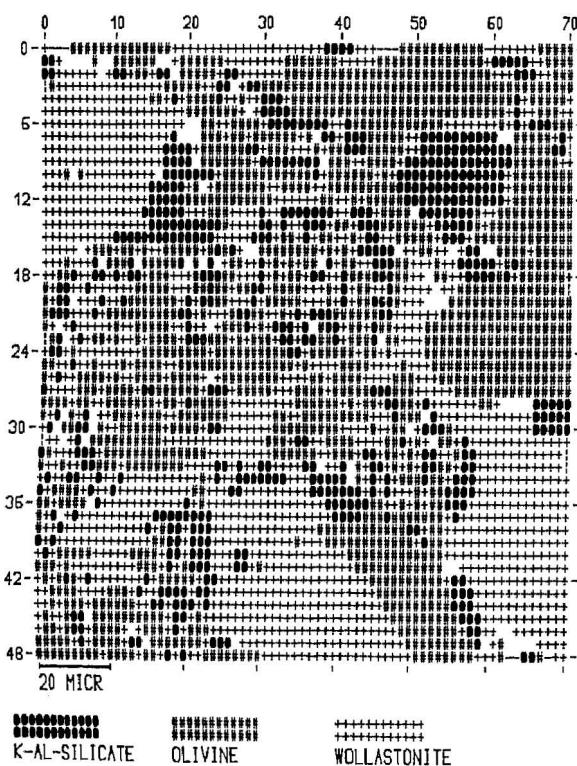


Abb. 3. Schliffbild und Phasenverteilung einer hallstattzeitlichen Schlackenprobe (Laufschlacke) aus dem freigelegten Kupfererzverhüttungsplatz Frauenbachmündung, Gemeinde Mautern/Österreich

Tabelle 2. Mittlere Zusammensetzung der Phasen in Gew.-%, berechnet als Mittelwerte innerhalb der Phasenbereiche in Abb. 3

	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Mn	Fe	Cu	Fläche %
K-Al-Silikat	39,30	0,26	9,57	23,92	0,07	12,82	2,55	0,14	6,46	0,67	16,4
Olivin	35,09	2,00	0,71	15,63	0,05	0,81	12,54	0,71	32,10	0,33	38,9
Wollastonit	37,03	1,52	2,41	21,12	0,07	2,05	12,09	0,33	19,97	0,54	41,7

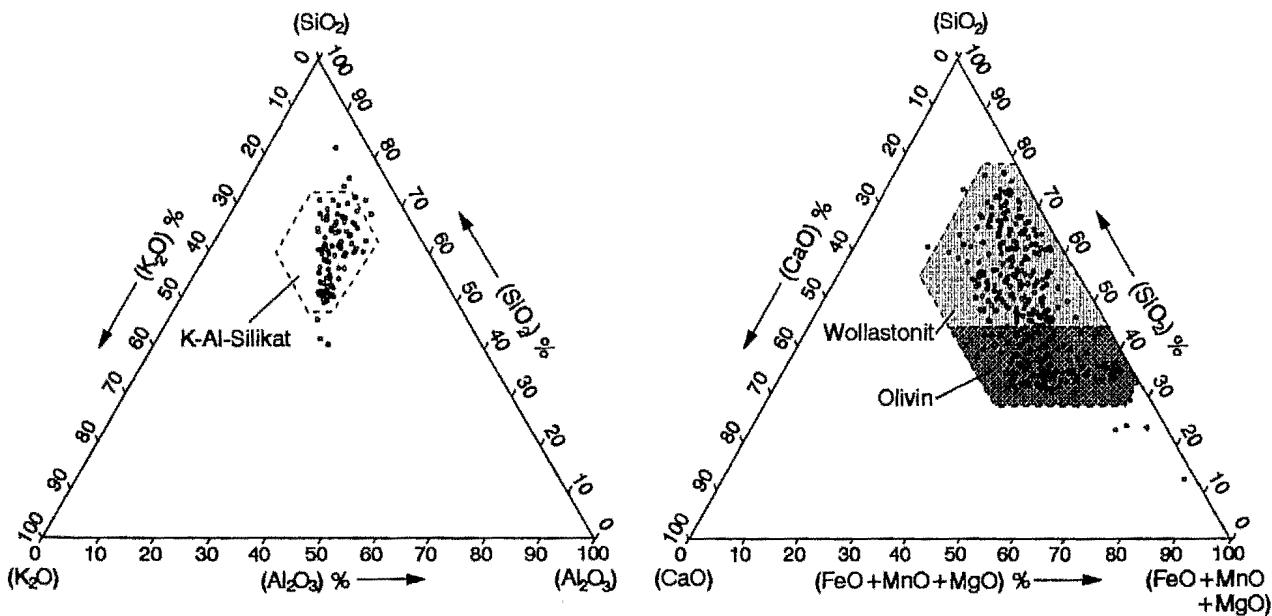


Abb. 4. Lage der einzelnen Analysenpunkte der in Abb. 3 dargestellten Phasenverteilung im Dreistoffsystem CaO-(FeO + MnO + MgO)-SiO₂ bzw. K₂O-Al₂O₃-SiO₂

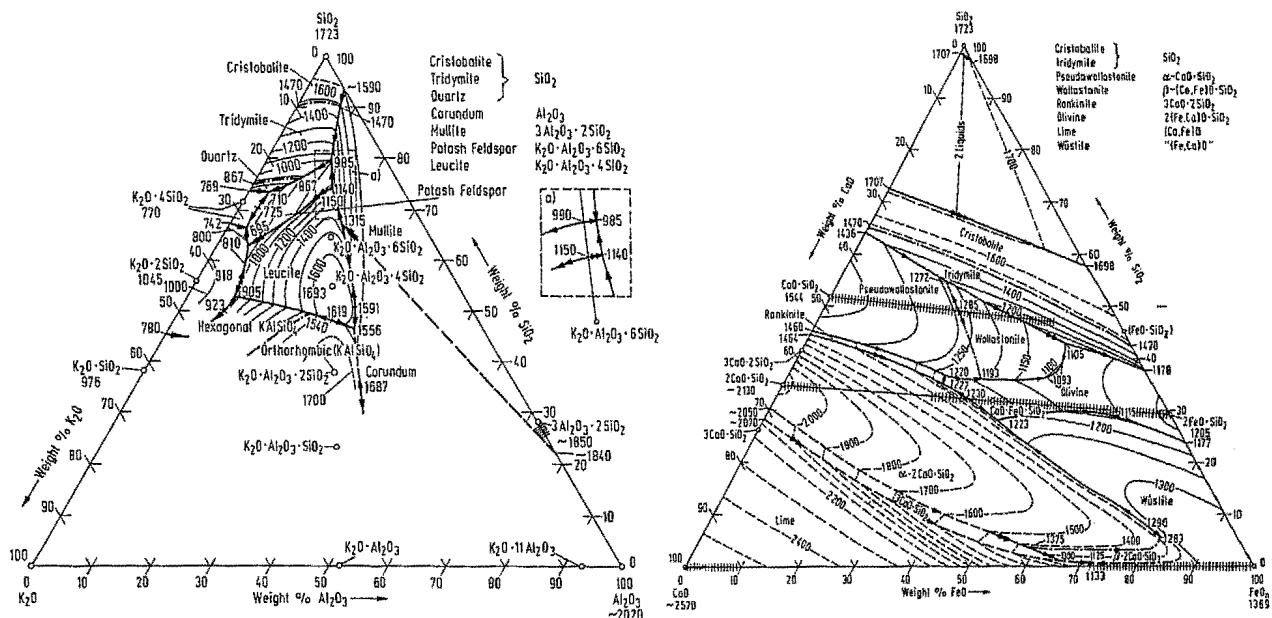
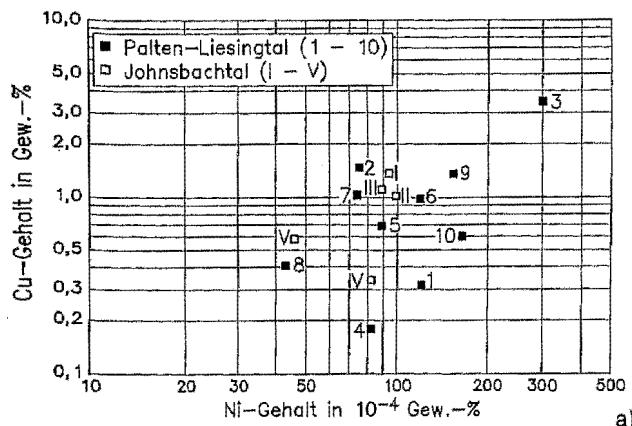


Abb. 5. System CaO-FeO_n-SiO₂ bzw. K₂O-Al₂O₃-SiO₂ nach Osborn und Muan²⁰

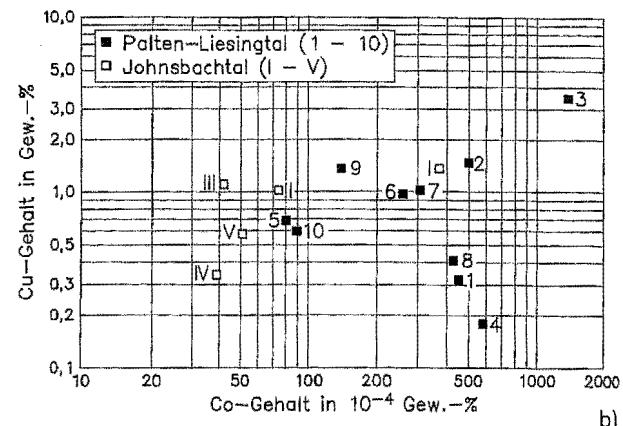
mit etwa 16 % aus der dritten Phase, bezeichnet mit Aluminiumsilicat.

Zeichnet man die in Tabelle 2 angeführten mittleren chemischen Zusammensetzungen für Olivin bzw. Wollastonit in das Dreistoffsystem CaO-FeO_n-SiO₂, die für das Aluminiumsilicat in das Dreistoffsystem K₂O-Al₂O₃-SiO₂

ein, so kann man folgendes erkennen: Die Temperatur, bei der sich nach der Abkühlung Kristalle von Olivin oder Wollastonit auszuscheiden beginnen, ist nach Abb. 4 und 5 etwa 1150 °C, d. h. im Schachtofen wurde für die Kupfererzeugung eine Temperatur höher als 1150 °C erreicht. Das Aluminiumsilicat hat einen Schmelzpunkt um



a)



b)

Abb. 6. Zusammenhang zwischen dem Kupfer- und Kobaltgehalt bzw. Nickelgehalt prähistorischer Kupferaufschlacken

Palten—Liesingtal: 1 Versunkene Kirche
2 Versunkene Kirche
3 Versunkene Kirche
4 Versunkene Kirche
5 Haberlalm

6 Oberschwärzen
7 Oberschwärzen
8 Flitzen I
9 Flitzen II
10 Frauenbachmündung

Johnsbachtal: / Griesmeler
// Kohlanger
/// Schröckalm
/V Pfarralm II
V Pfarralm I

1600 °C, diese Phase wird sich daher schon während des Schmelzprozesses in der flüssigen Schlacke gebildet haben, so daß die Schlacke heterogen war.

5. Zusammenfassung

Die Auswertung der geophysikalischen Meßdaten vom Verhüttungsplatz Frauenbachmündung ergab nach einer graphischen Darstellung und unter Nutzung der Erkenntnisse früherer montanarchäologischer Ausgrabungen einen eindeutigen Hinweis auf das Vorhandensein von Röstbetten und Schmelzöfen. Diesen nach den geomagnetischen Daten gezeichneten Plan nutzend, wurde bei der montanarchäologischen Notgrabung eine Verhüttungsanlage für von in unmittelbarer Nähe anstehende Kupfererze freigelegt, die mehrere Umbauphasen erkennen läßt. Die Anlage selbst entspricht der für diese Zeit (Urnenfelderzeit) charakteristischen Bauausführung⁴, mit in eine Hanglage stufenförmig abgetragenen Arbeitspodien. Auf dem höchstgelegenen Arbeitspodium waren die Röstbetten angelegt. Dem Materialfluß folgend, wurden auf dem tiefergelegenen Arbeitspodium die Schachtöfen in die Geländestufe hineingesetzt.

Abschließend wird noch zu zwei Themen — Kupferproduktion in der Bronzezeit bzw. Zuordnung einzelner Fundgegenstände zu einer Erzeugungsstätte — aus den bisherigen montanarchäologischen Erkenntnissen im Palten- und Liesingtal kurz Stellung genommen. Es ist müßig, für die Kupferproduktion in der Bronzezeit entlang der nördlichen Grauwackenzone eine exakte Tonage hochzurechnen zu wollen, da nach dem derzeitigen Wissensstand mit den vorhandenen Ergebnissen nur eine Schätzung möglich ist. Zu berücksichtigen ist weiter, daß Gebiete um Schladming, Walchen, Donnersbach usw. noch nicht erforscht sind, andererseits jährlich neue Verhüttungsplätze in den bekannten Gebieten, z. B. beim Autobahnbau durch das Paltental oder erst jüngst in der Eisenerzer Ramsau, gefunden werden. Derzeit sind im Bereich der nördlichen Grauwackenzone etwa 300 Verhüttungsplätze¹⁶ bekannt, wobei darauf hingewiesen werden muß, daß diese Zahl nur ein Minimum möglicher bronzezeitlicher Verhüttungsplätze darstellt. Nimmt man für einen Verhüttungsplatz insgesamt eine Produktion von 5–10 t Kupfer in Form von Gußküchen

an, so ist es unschwer möglich, eine Kupferproduktion zu errechnen, die sich logischerweise mit dem Auffinden weiterer Kupferproduktionsanlagen erhöhen wird. Diese enormen Kupfermengen wurden nur zu einem geringen Teil örtlich verwendet, der größte Teil fand ganz offensichtlich als Handelsware eine Verbreitung über größere Gebiete Europas¹⁶.

Schließlich ist die Zuordnung von Streufunden zu einer bestimmten Verhüttungsanlage oft nicht möglich. Das Warum sollte nur kurz für das Paltental erörtert werden. Betrachtet man z. B. die polymetallischen Sulfidlagerstätten in Bärndorf und Büschendorf/Gemeinde Rottenmann, so haben diese eine zeitlich unterschiedliche Lagerstättengenese⁶. Da man annehmen kann, daß Erze verschiedener Lagerstätten gleichzeitig im Schachtofen verhüttet wurden, bzw. auch in den Siedlungen unbrauchbare Kupfer- bzw. Bronzegegenstände umgeschmolzen wurden, ist die Problematik einer Zuordnung eines metallischen Fundgegenstandes mit Hilfe einer chemischen Analyse erkennbar (siehe Abb. 6). Dazu kommt, daß über die Kupferverarbeitung sowie über das Umschmelzen und Gießen in den bronzezeitlichen Siedlungen noch kaum Untersuchungsergebnisse vorliegen^{17–19} (sicherlich werden noch Generationen von Archäologen daran arbeiten müssen).

Literaturverzeichnis

- Hebert, B.: „Überwachung des Autobahnbau im Liesing-Paltental“, Rundschreiben 1–6 des Bundesdenkmalamtes, Landeskonservatorat Steiermark, Graz 1989/90. — ² Presslinger, H., C. Eibner, G. Walach und G. Sperl: BHM 125 (1980), 131–142. — ³ Presslinger, H., G. Walach, C. Eibner und A. Gruber: BHM 131 (1986), 225–230. — ⁴ Presslinger, H., G. Walach und C. Eibner: BHM 133 (1988), 338–344. — ⁵ Walach, G.: Leobener Grüne Hefte, Neue Folge 9 (1991), im Druck. — ⁶ Prochaska, W., und H. Presslinger: Da schau her! (1990), H. 1, 9–14. — ⁷ Presslinger, H.: Da schau her! (1987), H. 1, 6–10. — ⁸ Sperl, G.: Pers. Mitteilung. — ⁹ Weinck, H.: Pers. Mitteilung. — ¹⁰ Pöhlz, K.: Pers. Mitteilung. — ¹¹ Walach, G.: res montanarum 1 (1990), 19–21. — ¹² Mauritsch, H.: Proceedings XX. General Assembly IUGG, Wien 1991. — ¹³ Presslinger, H., M. Mayr, K. Antlinger und H. Hiebler: Radex-Rundschau (1989), H. 1, 12–25. — ¹⁴ Mayr, M., H. Presslinger, K. Antlinger und J. Angeli: Praktische Metallographie, Sonderband 22 (1991), 323–334. — ¹⁶ Eibner, C., und H. Presslinger: Die Alpen in der

Urzelt. Römisch-Germanische Kommission, im Druck. —
—¹⁶ Kramer, D.: *Mitteilungen der Archäologischen Gesellschaft Graz* 2 (1988), 161—180. —¹⁷ Sperl, G.: *BHM* 133 (1988), 495—498. —¹⁸ Presslinger, H., und A. Gruber: *Da schau her!* (1985), H. 1, 7—9. —¹⁹ Presslinger, H., und B. Hebert: *Archäo-*

logie Österreichs, Mitteilungen der Österreichischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte 40 (1990), H. 1/1-2, 48—50. —²⁰ Osborn, E. F., und A. Muan: In: *Phase Equilibrium Diagrams of Oxide Systems*. Ceramic foundation 1960. Publ. by E. Orton jr. Columbus/Ohio, 1960.