

Montanwesen und Siedlungen in der Bronzezeit im Paltental (Österreich)

Preßlinger, H. & Eibner, C. (1996): Montanwesen und Siedlungen in der Bronzezeit im Paltental (Österreich). – Der Anschnitt, 48: 158-165, 7 Abb., 8 Tab.; Bochum.

Hubert Preßlinger/Clemens Eibner

An den Kontaktzonen der Steirischen Kalkalpen mit der Grauwacke, der Grauwacke mit kristallinem Schiefer bzw. in der Grauwacke selbst gibt es viele kleine Erzausbisse von geringer Mächtigkeit, die von den Bewohnern in der Bronzezeit beschürft wurden. Die abgebauten Kupfererze wurden nach der Aufbereitung in Schachtofen, die bevorzugt an kleinen Wasserläufen angelegt waren, verhüttet. Das dabei gewonnene Schwarzkupfer gelangte in den zum Teil befestigten Siedlungen, die meist auf Bergkuppen hinaufgebaut waren, zur Weiterverarbeitung. Da die wenig ergiebigen Lagerstätten und die abseits gelegenen Kupferhütten für die Menschen in späteren Zeiten ohne große Bedeutung waren, ist dieses urgeschichtliche Revier zum größten Teil ungestört geblieben. Diesem Umstand ist es zu verdanken, daß seine Relikte heute der montanarchäologischen Forschung zur Verfügung stehen. Über die bisherigen Ergebnisse im Paltental gibt der folgende Beitrag einen komprimierten Überblick.

Geographische Lage

Die Fundstätten der urzeitlichen Kupfergewinnung im heutigen Österreich liegen im geologischen Verband der Ostalpen in der sog. Nördlichen Grauwackenzone¹, einer etwa 450 km langen und bis zu 23 km breiten Gesteinsformation, die die Nördlichen Kalkalpen an ihrem Südrand begleitet (Abb. 1). Dieser schmale Streifen wird tektonisch unterteilt in die liegende Veitscher Decke mit karbonen Gesteinen und in die hangende Norische Decke mit altpaläozoischen Gesteinsserien². Bekannte Kupfererzlagerstätten in der Norischen Decke sind Kitzbühel, Zell am See, Öblarn, Kalwang und Mitterberg am Hochkönig. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang auch die Lagerstätten von Büschendorf und Bärndorf, die beide zur Gemeinde Rottemann gehören und in der Veitscher Decke liegen³.

Das Paltental ist ein Seitental des Ennstales und liegt ca. 100 km östlich

von der Stadt Salzburg entfernt. Verkehrsgeographisch hat es heute mit dem Schoberpaß in 849 m Meereshöhe eine wichtige Funktion als Alpenübergang, der gleichzeitig eine historische Verbindung der Kulturen zwischen Nord und Süd darstellt. Durch den dort betriebenen Bergbau und die Verhüttung der gewonnenen Erze sowie den Handel mit den Produkten besaß es nach den bisher vorliegenden Forschungsergebnissen bereits am Beginn der Bronzezeit eine überregionale Bedeutung.

Fundplätze des urzeitlichen Bergbaus

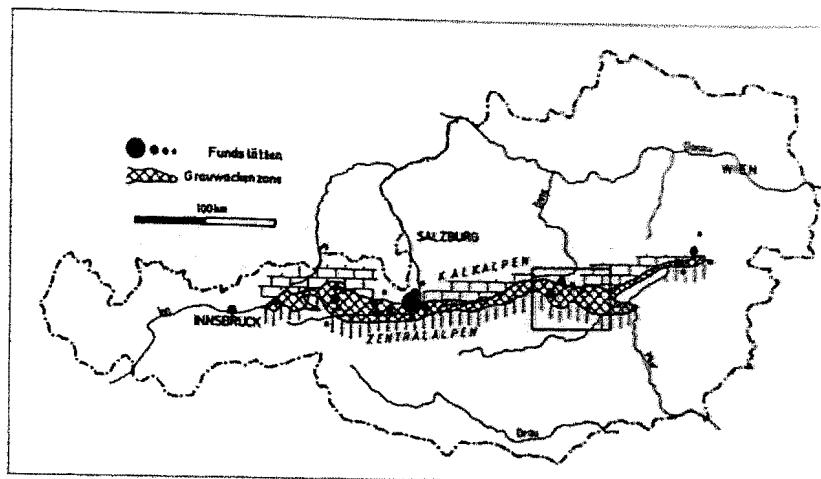
Die Ausgangsbasis für den Abbau und die Verhüttung von Erzen, die bereits in der Spätbronzezeit in fast als „industriell“ zu bezeichnenden Dimensionen betrieben wurden, bildeten die Kupfererzlagerstätten zu beiden Seiten der

Palten (Abb. 2). Ihre Genese ist häufig sehr unterschiedlich und wird gegenwärtig noch stark diskutiert. Eine Erklärung wird in der Metalzufuhr durch submarine hydrothermale Aktivität gesehen⁴.

Bei Geländebegehungen ließ sich eine beachtlich große Zahl von Stellen lokalisieren, an denen in der Urzeit Lagerstätten abgebaut wurden (Tab. 1). Beim Aufsuchen erweist es sich als Vorteil, daß sie sich relativ leicht erkennen lassen, weil die Bergleute in jener frühen Zeit den Abbau der erzführenden Gänge – selbst bei sehr geringen Vererzung – von Übertage aus abwärts führten⁵ und erst in späteren Epochen zum Stollenbau übergegangen wurde. Auffallend sind sowohl die große Zahl der mitunter eng beieinander liegenden Schurfstellen als auch ihre Ausdehnungen, wie es sich beispielsweise auf der Wagenbänk oder der Treffner Alm deutlich erkennen läßt.

Die Mineralien, auf die es die frühen Bergleute abgesehen hatten, waren hauptsächlich Kupferkies und Fahlerze, wobei durch die Fahlerze auch die Elemente Kobalt, Arsen, Nickel, Molybdän, Blei, Antimon, Zinn, Zink, Silber und Gold in den Verhüttungsprozeß gelangten. Da vermutlich Erze aus den verschiedenen Lagerstätten des Paltentals bzw. auch Kupferstein oder Fehlchargen erneut eingesetzt wurden, muß allerdings auf die Problematik hingewiesen werden, daß sich Verhältniszahlen einzelner Elemente, beispielsweise von Kobalt und Nickel, nur sehr schwer aus den Rohprodukten der Schmelzprozesse errechnen lassen, was erst recht für Fertigprodukte gilt.

Als Beispiel sei die Untersuchung eines Kupferkieses angeführt, der aus einer Pinge südlich der Schäupen Hube entnommen wurde. Das Erz hat eine Kupferkiesmatrix mit 40 Masse-% Schwefel, 29 Masse-% Eisen und 30 Masse-% Kupfer mit fein verteilten Ver-



Urzeitliche Kupfergewinnung in Österreich

wachstungen, die zusätzlich zu den genannten Elementen einen Zinngehalt von 3 Masse-% aufweisen.

Bronzezeitliche Verhüttungsplätze

Nach der notwendigen Aufbereitung wurden die abgebauten Kupfererze zu den Verhüttungsanlagen transportiert, dort geröstet und in Schachtöfen chargiert. Die bei der Verhüttung entstehende flüssige Schlacke wurde abgestochen, gebrochen und auf Halde gestürzt. Heute geben diese Schlackenhalde für den Montanarchäologen die ersten Hinweise auf einen frühen Verhüttungsplatz.

In den Neben- und Abfallprodukten des Schmelzprozesses – Schlacke, Ofensteine, Röstbett- und Ofenlehm – haben sich wie im dadurch thermisch beanspruchten Boden größere Mengen von magnetisierbaren Eisenmineralien gebildet (Tab. 2)⁶, was als ein technologisches Charakteristikum der Kupfer-

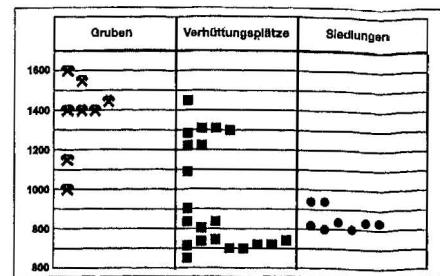
gewinnung betrachtet werden kann. Da als Folge dieses Prozesses im Bereich der Verhüttungsplätze starke Störungen des Erdmagnetfeldes (Anomalien) auftreten, lassen sich bei Geländebegehungen die heute noch vorhandenen Verhüttungsplätze mit Hilfe der geophysikalischen Prospektion sehr genau ermitteln, und dieses Vorgehen bei der Erkundung vor Ort – Geländebegehung und geophysikalische Prospektion – hat sich auch im Paltental bei der Suche nach urzeitlichen Verhüttungsplätzen als erfolgreich erwiesen (Tab. 3).

Die bisher erkundeten und entsprechend der chronologischen Reihenfolge ihres Auffindens numerierten Verhüttungsplätze lassen eine große Anzahl von Anlagen im Paltental und seiner Umgebung erkennen, z.B. Braunruck, Flitzen und Tanter. Da sich aber auch unter der Erdoberfläche noch verborgene Verhüttungsplätze befinden, wird sich als Ergebnis weiterer Ermittlungen die Skizze der derzeit bekannten Verhüttungsplätze (Abb. 2) ohne Zweifel noch mosaikartig auffüllen lassen.

Wertet man die Höhenlage der einzelnen Fundorte aus, so lassen sich die Verhüttungsplätze nicht nur bevorzugt im Tal oder am Talfuß (auf ca. 700 m Meereshöhe), sondern praktisch in jeder Höhenlage bis hinauf zu ca. 1450 m über dem Meeresspiegel antreffen (Abb. 3). Für die Frage nach einem möglichst wenig aufwendigen Transport der abgebauten Erze von den Gruben zu den Verhüttungsplätzen mag die Lage des Schmelzplatz Flitzen I aufschlußreich sein: Er befindet sich zwar in der Nähe des urzeitlichen Bergbaugebietes Treffner Alm, aber mit 1300 m Seehöhe 300 m unterhalb der Gewinnungsplätze.

Tab. 1: Urzeitliche Bergbaugebiete im Paltental

Fundort	Gemeinde	Seehöhe (Meter)	Länge (Meter)
Wagenbänk Alm	Trieben/Gaishorn	ca. 1600	ca. 1500
Schaupen Hube	Trieben	ca. 1400	500
Bacher Alm	Trieben	ca. 1400	500
Höller Alm	Trieben	ca. 1400	einzelne Pingen
Kalcher	Rottenmann	ca. 1000	200
Pettaler Alm	Rottenmann	ca. 1440	einzelne Pingen
Treffner Alm	Gaishorn/Johnsbach	1500 - 1600	ca. 2500
Kleeriedl	Trieben/Rottenmann/Admont	1200 - 1300	ca. 1500



Höhenstatistik der urzeitlichen Fundhinweise im Palten-/Liesingtal (Angaben in m)

Urzeitliche Fundplätze im Palten-/Liesingtal

Magnetisierbarkeit (10^{-3} SI) – Übersicht			
blasige Laufschlacke	50	-	300
Plattenschlacken	70	-	180
Sandschlacken (VP Oberschwärzen)	25	-	75
Röstbettlehm (mit Schlackengrus)	15	-	35
Ofensteine (nicht beschlackt)	2	-	12
Lehm, gebrannt	3	-	10
Lehm, ungebrannt	1	-	4
Natürliche Festgesteine allgemein	0,1	-	5
Tuffogene Grünschiefer	15	-	50
Rauhwacken („Pseudoschlacken“)	0,1	-	0,3
Natürliche Lockergesteine	0,1	-	1
Humusboden	0,5	-	2,5
Erze (Cu, Fe)	0,1	-	2

Tab. 2: Magnetisierbarkeit einzelner Bodenproben (nach G. Walach)

Nr.	Bezeichnung	Gemeinde	Jahr	Bemerkung	See-höhe(m)
1	Diwald	Gaishorn	(1968) 1983	geophysik. prospektiert	710
2	Versunkene Kirche	Trieben	1979	ausgegraben	840
3	Oberschwärzen	Gaishorn	1979	ausgegraben	1080
4	Tanter I	Gaishorn	1980	geophysik. prospektiert	730
5	Braunruck I	Wald/Schoberpaß	1980	geophysik. prospektiert	1280
6	Braunruck II	Wald/Schoberpaß	1980	geophysik. prospektiert	1320
7	Haberl Alm	Wald/Schoberpaß	1980	geophysik. prospektiert	1450
8	Tanter II	Gaishorn	1982	Schlackenfunde	740
9	Prettscherer	Rottenmann	1982	Schlackenfunde	910
10	Braunruck III	Wald/Schoberpaß	1982	geophysik. prospektiert	1320
11	Flitzen I	Gaishorn	1983	geophysik. prospektiert	1300
12	Flitzen II	Gaishorn	1983	geophysik. prospektiert	1230
13	Braunruck IV	Wald/Schoberpaß	1984	geophysik. prospektiert	1230
14	Frauenbachmündung	Mautern	1988	ausgegraben	700
15	Kaiserköppel!*)	Rottenmann	1988	teilw. ausgegraben	820
16	Stieber **)	Gaishorn	1989	ausgegraben	700
17	Tanter III **)	Gaishorn	1989	Schlackenfunde	720
18	Vötterl **)	Gaishorn	1989	Schlackenfunde	720
19	Vorwald **)	Wald/Schoberpaß	1989	Schlackenfunde	840
20	Wolfgraben**)	Kammern	1989	Schlackenfunde	660
21	Schlosser	Trieben	1993	Schlackenfunde	740

Tab. 3: Urzeitliche Verhüttungsplätze im Palten-/Liesingtal (* = Siedlung, Plattenschlacke; ** = durch Geländebegehungen während des Autobahnbaues aufgefunden)

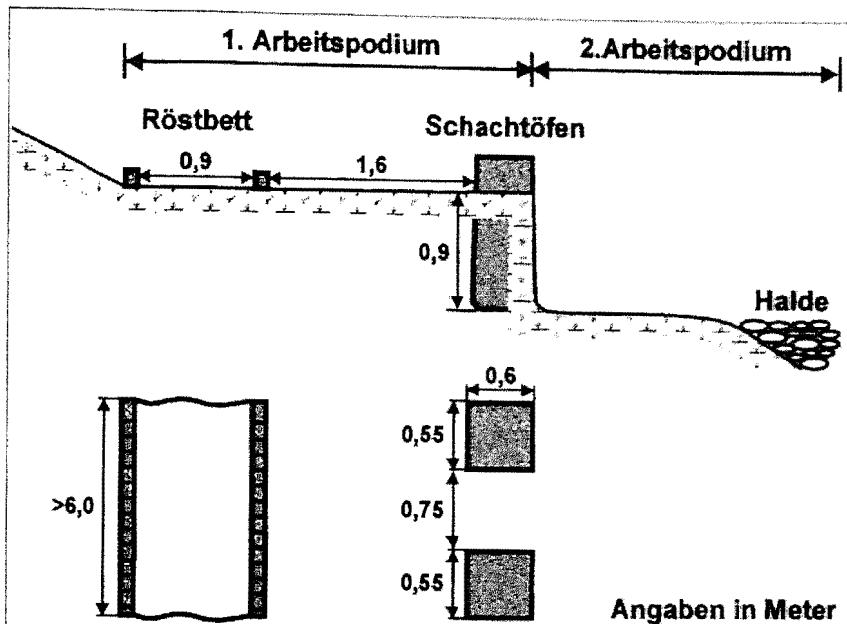
Bauliche Ausführung der Kupferhütten

Im weiteren Verlauf der Forschungen wurden unter Verwendung der geophysikalisch erstellten Planunterlagen an den drei Verhüttungsplätzen Versunkene Kirche, Oberschwärzen und Frauenschmiede mündung montanarchäologische Grabungen durchgeführt⁷. Hier zeigten sich nicht nur verblüffende Ähnlichkeiten, sondern sogar Identitäten mit den Grabungsergebnissen aus Johnsbach und Mitterberg am Hochkönig. Sie ermöglichen es, klare Aussagen bezüglich der Bauform der bronzezeitlichen Verhüttungsanlagen zu treffen.

Die Verhüttung der Kupfererze erfolgte in der Bronzezeit in Schmelzhütten, die nach einheitlichen Bauplänen errichtet worden waren⁸. Die Bauausführung (Abb. 4) läßt sich folgendermaßen charakterisieren:

- Zuerst wurden durch das Anlegen von Terrassen in den Hang Arbeitspodien geschaffen, die mit gestampftem Lehm planiert waren.
- Auf dem am höchsten gelegenen Arbeitspodium wurde, durch eine Steinsetzung umfaßt, das Röstbett schichtförmig aufgebaut, wobei eine nach ihrer Funktion noch nicht eindeutig geklärte Unterteilung in mehrere Segmente üblich war.
- Neben dem Rösten erfolgte auf dem oberen Arbeitspodium auch die diskontinuierliche Beschickung der Schachtöfen mit geröstetem Erz, Zuschlägen und Holzkohle.
- Entsprechend dem Materialfluß wurden auf der tiefer liegenden Terrasse die Schachtöfen in die Geländestufe hineingesetzt. Als kleinste Einheit wurden mindestens zwei Schachtöfen errichtet.
- Auf dem unteren Arbeitspodium wurde neben dem Abstechen der flüssigen Schlacke und dem Ziehen des festen Schwarzkupferkuchens aus dem Schachtöfen auch der Wind eingeblasen. Die Windzufuhr erfolgte von vorn durch Düsen mit Hilfe von Blasebälgen.
- Die abgestochene Schlacke (Laufschlacke) wurde nach dem Erstarren gebrochen und hangabwärts auf Halde geworfen.

Die einheitliche Bauweise der bronzezeitlichen Kupferhütten⁹ in den Ost-



Schema der bronzezeitlichen Verhüttungsanlagen nach montanarchäologischen Untersuchungsergebnissen

alpen führt zu dem Schluß, daß die Kupfererzeugung überregional nach identischem Muster bewerkstelligt wurde. Diese Aussage wird insbesondere durch die Feststellung bekräftigt, daß sämtliche Betreiber der Schmelzhütten ein einheitlich hohes metallurgisches Können besessen haben müssen, wozu eine solide Ausbildung erforderlich war.

ster; in der Gemeinde Trieben die Siedlungen Kalvarienberg und Burgstall; in Gaishorn liegen Gatschenberger und Kiariedl sowie in Wald am Schoberpaß die Siedlung Vorwald. Sie befinden sich sämtlich in einer Höhenlage zwischen 800 und 900 m, die kleinsten Areale weisen Taubenkogel und Weinmeister mit 1000 m² auf, Gatschenberger hat mit einer Fläche von 20 000 m² die größte Ausdehnung.

Siedlungstätigkeit im Paltental

Bislang sind die montanarchäologischen Grabungen im Paltental sehr stark von metallurgischen Fragestellungen beeinflußt gewesen, Ergebnisse über die Verhüttungsanlagen sowie über die dabei angewandten Verfahren standen im Vordergrund. Auch wenn aus diesem Grund noch keine entsprechenden archäologischen Ergebnisse vorliegen, steht außer Zweifel, daß die Berg- und Hüttenleute in der Bronzezeit über Unterkünfte bei ihren jeweiligen Arbeitsstätten verfügten. Die zahlreichen montanarchäologischen Spuren über einstige Bergbau- und Verhüttungstätigkeit haben jedoch Anlaß gegeben, gezielt nach größeren Siedlungen im Paltental zu suchen¹⁰.

Insgesamt sind bisher acht urzeitliche Siedlungen im Paltental bekannt geworden (Abb. 2). Auf dem Gebiet der Gemeinde Rottenmann sind es Kaiserköppel, Taubenkogel und Weinmei-

Archäologische Grabungsbefunde liegen aus den Siedlungen Kaiserköppel und Vorwald¹¹ vor, Keramikfunde gibt es vom Fuße des Kalvarienberges, ferner ist eine Unterlegplatte von Gatschenberger bekannt. Die übrigen Siedlungsplätze lassen ihre Funktion aufgrund ihrer Geländebeschaffenheit vermuten, indem etwa Reste von Wallanlagen anzutreffen sind.

Auf der Siedlung Kaiserköppel sind drei Grabungskampagnen durchgeführt worden, bei denen zahlreiche Keramikfunde geborgen und andere wesentliche Ergebnisse ermittelt werden konnten (Tab. 4). Die älteste dort gefundene Keramik stammt aus dem Chalkolithikum. In den ersten Jahrhunderten nach 4000 v. Chr. war es die mit Balaton III und Lasinja umschriebene tiefgestochene Ware mit Bechern und zahlreichen Fußgefäßen, die stark in den südöstlichen Kulturkreis orientiert ist. Die plastische Leistenzier setzte offenbar in diesem Zeithorizont inneralpin ein. Ein Vergleich mit den jungsteinzeitlichen Funden aus Cham in der Oberpfalz könnte sich andeutungswei-

Siedlungsphasen	Zeitstufe	Jahresangabe (v. Chr.)	charakteristische Keramik
Kaiserköpperl I	Chalkolithikum	ab ca. 4000	Orangerote, quarz- gemagerte Keramik und dunkelbraun reduz. gebrannte Feinware mit Einstichmustern; Fußgefäß u. Becher
Kaiserköpperl II	Frühe und mittlere Bronzezeit	ca. 2000 - ca. 1300	reduzierte, gebrannte Ware; Schalen u. Großgefäß; Graphitton?
Kaiserköpperl III	ältere Urnenfelderzeit	ca. 1300 bis 1100	meist braune gut geglättete Ware; wenig Fundmaterial, darunter Doppelkoní
Kaiserköpperl IV	Jungurnenfelderzeit	vor 800	Verzierung: Kanneluren, Riefen u. Torsionsband- abrollung (Ältere Befestigungs- phase)
Kaiserköpperl V	Junghallstattzeit	ca. 600 bis 450	osthallstattische verzier- te Schalen; weshallstattische, gerillte Schalen; grobe eiförmige Töpfe (Jüngere Befestigungs- phase)
Kaiserköpperl VI	Frühlatene Zeit	ca. 450 bis 350	Graphittonstulen (Jüngere, unfertige Umbau- phase)

Tab. 4: Siedlungsphasen am Kaiserköpperl/Gemeinde Rottenmann

se anbieten, gegenwärtig sind jedoch noch zuwenig Details bekannt. Die Phasen der frühen und mittleren Bronzezeit sind am Siedlungshügel Kaiserköpperl kaum vertreten, doch lassen sich einige Elemente, beispielsweise durch Einstiche verzerte Knubben und getupfte Gefäßränder, am ehesten in diese Epoche einordnen; das gleiche gilt für typisch mittelbronzezeitliche Tassenformen.

Mit dieser ältesten Befestigungsanlage im Paltental verbinden sich vermutlich Objekte aus der Jungurnenfelder-Zeit (Ha B) mit ihrer typischen Zierweise: Abrollung von tordierten Drahtbändern, metopierende Riefenbündel und horizontale Kanneluren. Daneben lassen sich glatte oder fein ritzverzierte Bruchstücke eher der älteren Urnenfelderzeit zuordnen, wobei doppelkonische Formen mit scharfen Umbrüchen in der Stufe Ha B nicht mehr typisch sind.

Deutliche Beziehungen zum westlichen Kulturkreis treten in der Späthallstattzeit auf, wobei aber auch typische Formen des Osthallstattkreises vertreten sind. Diese Typenfront reicht bis in den Beginn der Latènezeit B, wobei das Vorherrschen von Graphittonstulen bemerkenswert ist. Knapp nach 400 v. Chr. scheint der Siedlungshügel verlassen worden zu sein. Eine Wiederbesiedlung in jüngerer Zeit, etwa auch im Hochmittelalter oder in der Römerzeit, fand nach jetzigem Kenntnisstand nicht statt¹².

Archäometallurgische Ergebnisse

Laufschlacken

Beim Erschmelzen von Schwarzkupfer im Schachtofen aus Kupfererzen der Paltentaler Lagerstätten entstand durch Abscheidung der Gangmaterialien, Aufschmelzen der Zuschläge und Verschlackung von Eisen eine flüssige Schlacke. Diese wurde durch Öffnen der Ofenbrust auf das vor dem Schachtofen befindliche Arbeitspodium abgestochen, wobei die Schlacke aus dem Schachtofen auslief. Nach dem Erkalten und Brechen der Schlacke wurden die Stücke auf eine tiefer gelegene Halde geworfen. Laufschlacken wurden auch als Baumaterialien am Schmelzplatz selbst verwendet. Aus den montanarchäologischen Grabungen ist bekannt, daß sie als Magerungsmaterial für den Lehmboden der Röstbette und als Rostbelag gebraucht wurden¹³. Mit Sicherheit wurden Laufschlacken auch als Flußmittel zur Schlackenbildung im Schachtofen als Möllerzusatz wiederaufgegeben. Bekannt ist auch, daß Laufschlacken in Form von Schlackensand als Magermittel dem Ton zur Gefäßherstellung in der Bronzezeit beigegeben wurden¹⁴.

Diese Laufschlacken aus den Halden der Verhüttungsplätze (Tab. 5) sind in ihrer Grundzusammensetzung Silicatschlacken mit einem SiO_2 -Anteil von

etwa 30-40 Masse-%, einem FeO_- -Anteil von etwa 20-40 Masse-% und einem CaO -Anteil von etwa 10-20 Masse-%. Die übrigen Bestandteile wie MgO , Al_2O_3 , Cu , Pb , Sb oder Co verteilen sich auf den verbleibenden Rest von ca. 10 Masse-%. Eine solche Zusammensetzung mußte durch Zugabe von Zuschlägen (vor allem von Quarz) angestrebt werden, um bei den im Schachtofen erreichbaren Temperaturen von etwa 1200°C eine gut flüssige Schlacke für die schmelzmetallurgische Arbeit zu erhalten.

Die für die mikroanalytische Untersuchung zur Verfügung stehenden Schlacken sind zum großen Teil kristallin erstarrt. Die die Schlacke bildenden Komponenten sind Mischkristalle, in deren Gitterstruktur die einzelnen Ionen (Kationen, Anionen, Anionenkomplexe) durch Fernordnungsbildung bei der Erstarrung eingebunden werden. Die Hauptkomponenten der erstarrten Laufschlacke sind primär erstarrte Mischkristalle von Fayalit, an dem sich sekundär Olivin-Mischkristalle angelagert haben. Die dritte Schlackenkomponente ist die eutektisch erstarrte Restschmelze (Abb. 5, Tab. 6)¹⁵.

Starke Konzentrationsabweichungen in den Laufschlacken sind für den Kupfer- und Schwefelgehalt festzustellen. Die Kupfergehalte liegen im Bereich von 0,4-3 Masse-%, die Schwefelgehalte von 0,1-1,5 Masse-%. Eine Verhältniszahl Cu/S ist daher nicht sinnvoll auszuwerten. Diese starken Schwankungen sind einerseits auf die chemische Zusammensetzung der Kupfer(-stein)-Einschlüsse, andererseits auf die Probenahme und chemische Analyse zurückzuführen. Des Weiteren lassen sich Werte für K_2O und P_2O_5 ausweisen, die u. a. auf den Aschegehalt der verwendeten Holzkohle zurückzuführen sind. Hinzuweisen ist auch darauf, daß z. B. das Eisen in den Laufschlacken in unterschiedlichen Wertigkeiten vorliegt.

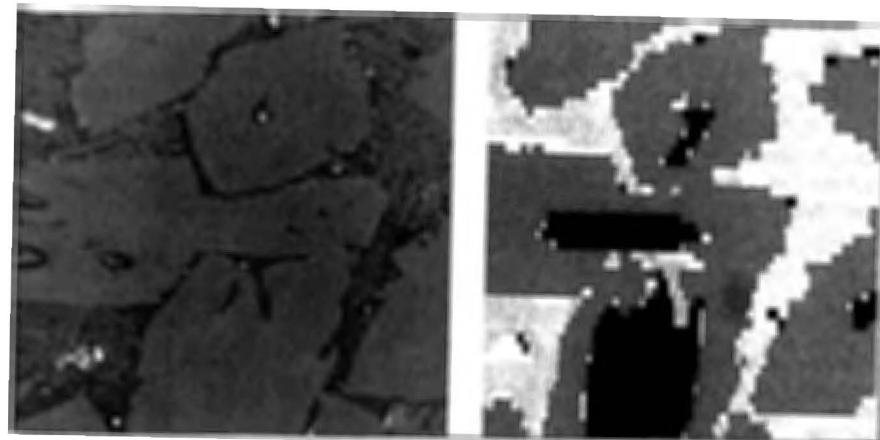
Die chemische Analyse von Holzkohleproben ergab folgende Gehalte der Elemente: 0,062 Masse-% Kalium und 0,014 Masse-% Phosphor. Die Kaliumgehalte der Holzkohle sind zu niedrig, um die hohen Kaliumgehalte in den Laufschlacken bilanzmäßig zu rechtfertigen. Ein wesentlicher Teil des Kaliums stammt aus dem Ton (ca. 2 Masse-%), der als Feuerfestmaterial im Schachtofen verwendet wurde. Es gibt aber auch Hinweise darauf, daß in der Bronzezeit feinkörniges Erz mit Ton und Kuhmist pelletisiert wurde und diese Pellets als Kupferträger in den Schachtofen aufgegeben wurden¹⁶.

Probenbezeich.	Feges	SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S	Cu	K ₂ O	Fe-II	Fe-III
Vers. Kirche	23,74	38,08	0,13	8,59	1,76	5,04	0,27	0,34	1,37	2,03	18,54	5,20
Haberl Alm	26,60	32,88	0,67	11,97	6,43	3,58	0,26	1,46	2,28	1,25	23,87	2,73
Oberschwärzen*	20,22	38,40	0,36	11,60	1,22	8,00	0,27	0,25	0,80	2,35	14,39	5,83

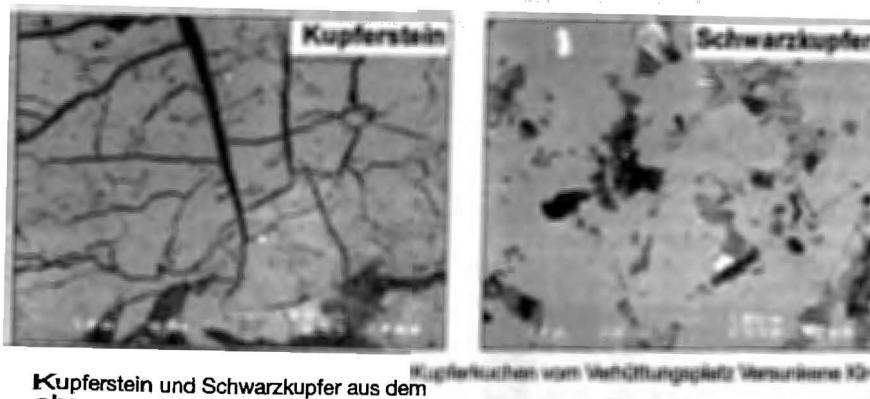
Tab. 5: Chemische Analysen von Laufschlacken der Kupfererzverhüttung aus dem Paltental
(Angaben in Masse-% - * = Sandschlacke /aufbereitete Laufschlacke

	SiO ₂	P ₂ O ₅	S	MnO	K ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	Cu
Fayalit	37,69	0,06	0,20	1,11	0,10	7,05	15,24	0,33	38,51	0,06
Olivine	36,27	0,14	0,05	0,98	0,12	22,02	5,27	0,01	34,51	0,05
Eutektikum	50,88	0,36	0,45	0,33	1,54	14,61	0,57	11,84	21,42	0,10

Tab. 6: Analysen der im Schlackenschliff (Abb. 5) dargestellten Phasen (Angaben in Masse-%)



Schliffbild und Phase Map einer Laufschlacke im Schachtofen Haberl Alm



Zusammensetzung eines Kupferkuchens

Ohne Zweifel wurden polymetallische Erze aus den anstehenden Lagerstätten, beispielsweise Wagenbänkalm oder Kalcher, in der Urzeit abgebaut, aufbereitet und zu den Schmelzplätzen transportiert. Nach dem Rösten wurden die Erze in den Schachtofen chargiert, wobei als Rohprodukt Schwarzkupfer entstand.

In dem mehrschichtigen Kupferkuchen, der am Verhüttungsplatz Versunkene Kirche in der Gemeinde Trieben geboren werden konnte (Abb. 6), wurden in allen drei Schichten erhebliche Gehalte an Arsen und Antimon gefunden (Tab. 7). Da dort u.a. ein Fahlerz als Kupfererz eingesetzt wurde, ist der wesentlich niedrigere Kupfergehalt im produzierten Schwarzkupfer auf die beträchtlichen Anteile von Arsen und Antimon zurückzuführen. Die Zwischenschicht,

deren Hauptbestandteil Eisen bildet, weist einen sehr niedrigen Kupfergehalt auf. Außerdem wurden in der mittleren Schicht Arsen und Antimon sowie Silicium in höheren Prozentsätzen nachgewiesen. Die oben liegende Steinphase enthält als Hauptbestandteile Kupfer, Eisen und Schwefel in Prozentsätzen, die für urzeitliche Kupfersteine als repräsentativ angesehen werden können.

Für die Entstehung des mehrschichtigen Kupferkuchens im Schachtofen ist eine Flüssig-Flüssig-Reaktion an der Grenzfläche Schlacke/Kupferstein verantwortlich¹⁷. Der erforderliche Sauerstoff für die Reduktion des Kupfersteins muß durch Diffusion in der Schlacke nachgeliefert werden. Daß dieser Reaktionsablauf grundsätzlich möglich ist, wird durch die Analyse der Laufschlacken verständlich (Tab. 6), wo ein für die Oxidation ausreichender FeO-Gehalt von mehr als 25 Masse-% bestimmt wurde. Im weiteren Prozeß entmischt sich entsprechend der Mischungslücke im ternären System Kupfer-Eisen-Schwefel das Kupfer aus der Kupfersteinschmelze und saigt sich aufgrund der höheren Dichte auf der Ofensohle aus¹⁸.

Bei Schmelzversuchen in einem nachgebauten Schachtofen wurden aus feinkörnigem Kupferkies, Lehm und Kuhmist bestehende Pellets mit Holzkohle aufgegeben und aufgeschmolzen. Aus den Untersuchungsergebnissen der Primärschlacken ist klar abzuleiten, daß bereits im frühen Stadium des Prozesses in den Primärschlacken eine Entmischung zwischen Kupferstein und Schwarzkupfer stattfindet.

Verarbeitung der Schwarzkupferkuchen

In den Schachtofen wurde durch Erschmelzen der Kupfererze als Rohprodukt ein Schwarzkupferkuchen erzeugt, der wegen seines hohen Eisen- und Schwefelgehaltes in anderen schmelzmetallurgischen Anlagen zunächst raffiniert werden mußte. Danach erst war es möglich, durch Zugabe von Legierungsmitteln – wie z. B. Zinnverbindungen – Gußprodukte zu erzeugen bzw. durch Schmieden Gebrauchsgegenstände herzustellen. Diese bereits seit dem Chalkolithikum klar unterscheidbare Formgebung durch Schmieden bzw. Gießen wurde, wie montanarchäologische Funde belegen, außerhalb der Kupferhütten zumeist in den Siedlungen ausge-

		Cu	Fe	S	Si	As	Sb	Co	Sn	Pb
Kupferkuchen 1	Schwarzkupfer	79,56	4,50	0,49	0,05	8,64	6,45	0,14	n.a.	n.a.
	eisenreiche Zwischenschicht	2,74	37,70	0,03	8,56	11,75	1,55	n.a.	n.a.	n.a.
Bronzenadel 2	Kupferstein	47,00	26,90	18,80	0,20	4,39	2,43	0,08	n.a.	n.a.
Bronzenadel 2	Grundmatrix	87,40	0,075	0,3	0,007	0,87	0,163	0,21	7,66	0,52

Tab. 7: Metallanalysen von Kupferprodukten aus der Spätbronzezeit in Masse-% – n.a. = nicht analysiert, 1 = Fundort Verhüttungsplatz Versunkene Kirche; 2 = Fundort: Siedlung Kaiserköpperl

Feges	SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S	Cu	K ₂ O	Fe-II	Fe-III
44,80	30,5	0,8	6,1	1,5	4,7	0,18	0,19	0,68	1,00	40,45	4,23

Tab. 8: Chemische Analyse einer Plattenschlacke aus der Siedlung Kaiserköpperl/Rottenmann (Angaben in Masse-%)

führt¹⁹. Daraus folgt, daß man es auch in größerer Entfernung von Gewinnungsstätten und Kupferhütten verstand, das Schwarzkupfer zu raffinieren und zu legieren. Für diesen Sachverhalt spricht beispielsweise auch, daß die bei archäologischen Grabungen in der Siedlung Kaiserköpperl freigelegte Bronzenadel zweifelsohne ein Produkt ist, das in der Siedlung aus Schwarzkupfer erzeugt worden ist, das aus Erzen der Paltentaler Lagerstätten erschmolzen wurde²⁰.

Für die Raffination wurde eine oxidierende Schlacke aufgegeben (Tab. 8). Der FeO_n-Gehalt in den Plattenschlacken²¹ ist im Vergleich zu den Laufschlacken um ca. 20 Masse-% höher und der CaO-Gehalt um ca. die Hälfte niedriger. Der höhere FeO_n-Gehalt bewirkte auch eine niedrigere Viskosität der Plattenschlacke.

Für das nachfolgende Legieren zur Erzeugung von Bronze mußten die Raffi-

nationsschlacke abgezogen und eine reduzierende Schlacke mit einem geringeren FeO_n-Gehalt aufgegeben werden. Untersuchungen von Schlacken aus der Siedlung in Wörschach bestätigen diese metallurgischen Verfahrensschritte.

Zusammenfassung und Ausblick

Die bisherigen Ergebnisse der zahlreichen archäometallurgischen und montanarchäologischen Untersuchungen beweisen, daß in der Bronzezeit vermutlich alle erkennbaren kupferhältigen Erzausbisse im Paltental bergmännisch abgebaut wurden. Die Erze wurden aufbereitet und zu den verschiedenen Kupferhütten transportiert, in denen Schwarzkupfer erschmolzen wurde (Abb. 7). Der Schwarzkupferkuchen wurde in weiteren metallurgischen

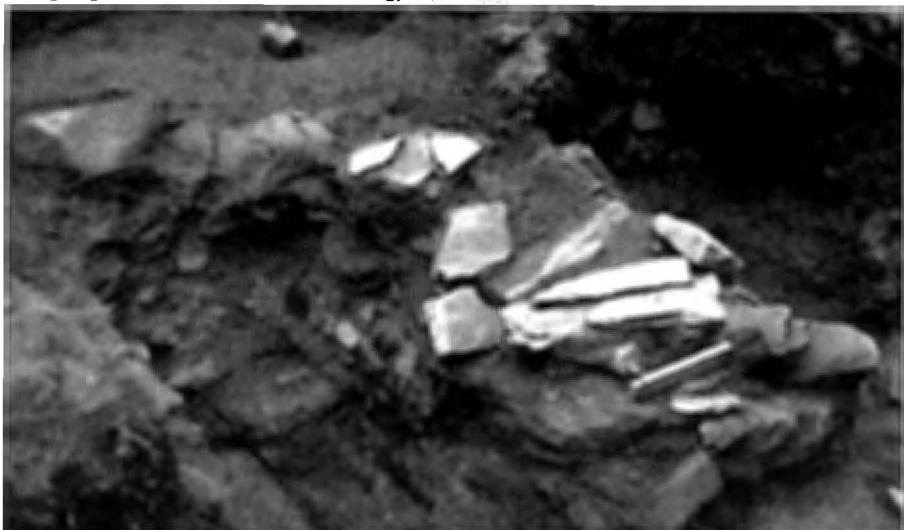
Anlagen, die sich in den Siedlungen befanden, eingeschmolzen, raffiniert, mitunter legiert und abhängig von der gezielt eingestellten chemischen Werkstoffzusammensetzung zu Gebrauchsgegenständen vergossen bzw. mechanisch geformt.

Insgesamt können die beachtlichen Dimensionen der bronzezeitlichen Gruben, die zahlreichen Kupferhütten und die Vielzahl der Siedlungen als Sachzeugen einer gut funktionierenden Infrastruktur betrachtet werden, die beispielsweise nicht nur den Handel mit den Metallprodukten beinhaltete, sondern etwa auch die Beschaffung von Nahrungsmitteln für die im Paltental beschäftigten Berg- und Hüttenleute. Betrachtet man die inzwischen vorliegenden Ergebnisse, so ist unschwer zu erkennen, daß allein in dieser Region noch ein großes Fundpotential vorhanden ist, das einer weiteren fachkundigen Erforschung und Bearbeitung harrt. Das Paltental, das mit dem Schoberpaß einen der günstigsten Alpenübergänge und damit ein natürliches Bindeglied für den Austausch sowohl zwischen dem westlichen als auch dem östlichen Kulturreis bildet, wie die am Kaiserköpperl gefundene Keramik belegt, ist unter Bewertung des gesamten archäologischen Umfeldes ein überregional bedeutsames Forschungsfeld nicht nur für bergbau- geschichtliche Fragestellungen.

Neben den noch offenen Fragen zur Verfahrenstechnik und Metallurgie der Kupfer- bzw. Bronzeerzeugung sind vor allem die vielen Fragen zum täglichen Leben – beispielsweise der Ernährung der betroffenen Personen, ihrer Kleidung, ihren Unterkünften – bislang noch völlig unbeantwortet geblieben. Waren die urzeitlichen Bewohner dieses Tales durch ihre bergbauliche Betätigung zu Wohlstand oder gar relativem Reichtum gekommen? Bedeuteten das Wissen und Können, die begehrten Werkstoffe Kupfer und Bronze nicht nur herzustellen, sondern sogar meisterlich bearbeiten zu können, einen hohen Lebensstandard, eine gut funktionierende Landwirtschaft, einen blühenden Handel und eine Vorherrschaft in der Kriegskunst?

Die quantitative Beantwortung dieser für die europäische Geschichte wichtigen Fragen wird nur durch weitere archäologische Arbeiten in großen Kampagnen möglich sein. Die Bereitstellung der notwendigen finanziellen Mittel von öffentlichen Stellen ist bei diesen beschriebenen Dimensionen allerdings eine unabdingbare Grundvoraussetzung.

Freigelegter Schachtofen am Verhüttungsplatz Versunkene Kirche



Anmerkungen

- 1 Garbe-Schönberg 1990, S. 4.
- 2 Postl 1993, S. 12-15.
- 3 Prochaska/Preßlinger 1989, S. 10 f.
- 4 Garbe-Schönberg 1990, S. 278 f., vgl. ferner Wasserthal 1982, S. 107-112, sowie Prochaska/Preßlinger 1989, S. 10.
- 5 Eibner 1989, S. 30 ff.
- 6 Entnommen dem Vortragsmanuskript Georg Walach: Prospektion urzeitlicher Kupfergewinnungsstätten im Ostteil der Ostalpen, gehalten im Workshop „Urzeitliche Kupfergewinnung im Alpenraum“, Universität Innsbruck, 04.-08.10.1995.
- 7 Preßlinger/Walach/Eibner/Prochaska 1992, S. 32 f.; vgl. ferner Preßlinger/Eibner 1989, S. 235-238; Preßlinger/Walach/Eibner 1988, S. 339 ff.; Preßlinger/Walach/Eibner/Gruber 1986, S. 225-228.
- 8 Preßlinger/Walach/Eibner 1988, S. 343.
- 9 Klose 1918, S. 27 ff.; Zschoke/Preuschen 1932, S. 76-79; Preuschen 1967, S. 12; Preßlinger/Sperl/Eibner/Walach 1982, S. 122 ff.; Sperl 1984; Preßlinger/Walach/Eibner/Gruber 1986, S. 226 ff.; Preßlinger/Walach/Eibner 1988, S. 341-343; Preßlinger/Eibner 1989, S. 237 f.; Preßlinger/Walach/Eibner/Prochaska 1992, S. 33; Eibner 1994, S. 25.
- 10 Preßlinger/Eibner 1989, S. 238 f.; Eibner/Preßlinger 1991, S. 436.
- 11 Wedenig 1992, S. 206-209.
- 12 Eibner/Preßlinger 1991, S. 435 f.
- 13 Preßlinger/Eibner 1989, S. 236 f.
- 14 Eibner 1982, S. 312; Hell 1921, S. 198.
- 15 Nach der Herstellung eines Schlakkenschliffes wird eine Fläche von 5625 μm in einem Punktabstand von 1 μm in x Richtung und 5/3 μm in y Richtung in einer Mikrosonde (wellentlängendispersiv) abgerastert. Die einzelnen Analysepunkte werden nach einer bei Voest-Alpine Stahl Linz entwickelten Software in ein Vierstoffsystem eingeordnet, in dem nach Erfahrungswerten Phasenräume festgelegt werden. Mit den darin liegenden Analysepunkten wird der Mittelwert der chemischen Zusammensetzung, bezogen auf die vier Komponenten des Vierstoffsystems, errechnet. (Durch ein sinnvolles Zusammenfassen mehrerer Oxide, z. B. $\text{FeO}+\text{MnO}+\text{MgO}$, die in Schlacken Wüsttibildner sind, kann auch ein Vierstoffsystem bewertet werden). Mit den errechneten Mittelwerten der chemischen Analysen wird die Phase Map gezeichnet, – vgl. Preßlinger u.a. 1992, S. 15-19.
- 16 Eibner 1989, S. 32 f.
- 17 Preßlinger/Gruber/Paschen 1985, S. 424 f.
- 18 Preßlinger/Eibner 1996, S. 12 f.
- 19 Hell 1921, S. 200; Eibner/Preßlinger 1991, S. 437; Lippert 1994, S. 29.
- 20 Preßlinger/Eibner 1989, S. 238; Preßlinger/Köster 1991, S. 21.
- 21 Bei archäologischen Grabungen in bronzezeitlichen Siedlungen wurden schon mehrmals dünne Plättenschlacken gefunden, – vgl. Eibner 1982, S. 309 ff.; Eibner/Preßlinger 1991, S. 437; Preßlinger/Hebert 1990, S. 48 ff.
- 22 Preßlinger/Gruber 1985, S. 8 f.
- 1989 Archeologia Polski 27, 1982, S. 303-313.
- 1990 Die Kupfergewinnung in den Ostalpen während der Urzeit, in: Vorträge des 7. Niederbayerischen Archäologentages, Deggendorf 1989, S. 29-36.
- 1994 Die Pongauer Siedlungskammer und der Kupferbergbau in der Urzeit, in: Gemeinde Mühlbach am Hochkönig (Hrsg.): 5000 Jahre Kupferbergbau, Mühlbach am Hochkönig – Bischofshofen, Mühlbach am Hochkönig 1994, S. 11-26.
- EIBNER, Clemens/PRESSLINGER, Hubert: 1991 Eine befestigte Höhensiedlung im Bereich des urzeitlichen Kupfererzbergbaugeschäfts in der Obersteiermark, in: R. v. Uslar (Hrsg.): Vorgeschichtliche Fundkarten der Alpen, Mainz 1991 (= Römisch-Germanische Forschungen, 48), S. 427-450.
- GARBE-SCHÖNBERG, Carl-Dieter: 1990 Geochemie und Petrologie Vulkanogen-Sedimentärer Fe-Cu(Pb)-Sulfidvorkommen und metallreicher Schwarzschiefer im Raum Zell am See (Westliche Grauwackenzone, Salzburg, Österreich), Diss. Universität Hamburg 1990.
- HELL, Martin: 1921 Eine bronzezeitliche Höhensiedlung bei St. Johann i. P. in Salzburg und ihre Beziehung zum alpinen Kupferbergbau, in: MAG 51, 1921, S. 194-202.
- KLOSE, Olivier: 1918 Die prähistorischen Funde vom Mitterberg bei Bischofshofen im städtischen Museum Carolino-Augusteum zu Salzburg und zwei prähistorische Schmelzöfen auf dem Mitterberge, in: Österreichische Kunstopographie 17, 1918, S. 1-40.
- LIPPERT, Andreas: 1994 Frühe Zeugnisse von Kupfermetallurgie im Raum Mühlbach am Hochkönig – Bischofshofen, in: Gemeinde Mühlbach am Hochkönig (Hrsg.): 5000 Jahre Kupferbergbau, Mühlbach am Hochkönig – Bischofshofen, Mühlbach am Hochkönig 1994, S. 27-40.
- POSTL, Walter: 1993 Mineralschätzte der Steiermark, Graz 1993.
- PRESSLINGER, Hubert u. a.: 1992 Einfluß der Zusammensetzung der Konverterschlacken auf die Abbindung von Phosphor und Schwefel, in: Radex-Rundschau 1992, H. 1, S. 14-30.
- PRESSLINGER, Hubert/EIBNER, Clemens: 1989 Bronzezeitliche Kupferverhüttung im Paltental, in: Andres Hauptmann/Ernst Pernicka/Günther A. Wagner (Hrsg.): Archäometallurgie der Alten Welt/Old World Archaeometallurgy, Bochum 1989 (= Der Abschnitt, Beih. 7), S. 235-240.
- 1996 Experimentelle Schmelzversuche mit Kupfererzpellets in einem Schachtofen, in: Da schau her. Beiträge aus dem Kulturleben des Bezirkes Leizen 1996, H. 3, S. 10-14.
- PRESSLINGER, Hubert/GRUBER, Alois: 1985 Urnenfelderzeitliche Bronzegießerei in Wörschach, in: Da schau her. Beiträge aus dem Kulturleben des Bezirkes Leizen 1985, H. 1, S. 7-9.
- PRESSLINGER, Hubert/GRUBER, Alois/PASCHEN, Peter: 1985 Die Verhüttung sulfidischer Erze im Schachtofen in der Bronzezeit, in: Metall 39, 1985, S. 423-425.
- PRESSLINGER, Hubert/HEBERT, Bernhard: 1990 Untersuchung prähistorischer Schlacken vom Burgstallkogel/Steiermark, in: Archäologie Österreichs 1, 1990, H. 1-2, S. 48-50.
- PRESSLINGER, Hubert/KÖSTLER, Hans Jörg: 1991 Der Werkstoff Stahl im Altertum, in: Ferrum. Nachrichten aus der Eisenbibliothek Schaffhausen 63, 1991, S. 18-26.
- PRESSLINGER, Hubert/SPERL, Gerhard/EIBNER, Clemens/WALACH, Georg: 1982 Kupfererzverhüttung in Österreich vor 3000 Jahren, in: Österreichischer Kalender für Berg, Hütte, Energie, 1982, S. 121-127.
- PRESSLINGER, Hubert/WALACH, Georg/EIBNER, Clemens: 1988 Bronzezeitliche Verhüttungsanlagen zur Kupfererzeugung in den Ostalpen, in: Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 133, 1988, S. 338-344.
- PRESSLINGER, Hubert/WALACH, Georg/EIBNER, Clemens/GRUBER, Alois: 1986 Geophysikalische, montanarchäologische und metallurgische Untersuchungsergebnisse von bronzezeitlichen ostalpinen Kupferhütten, in: Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 131, 1986, S. 225-230.
- PRESSLINGER, Hubert/WALACH, Georg/EIBNER, Clemens/PROCHASKA, Walter: 1992 Montanarchäologische Untersuchungsergebnisse eines urnenfelderzeitlichen Kupfererz-Verhüttungsplatzes bei Mautern/Steiermark, in: Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 137, 1992, S. 31-37.
- PREUSCHEN, Ernst: 1967 Urzeitlicher Kupfererzbergbau in den österreichischen Alpen, Wien 1967 (= Leobener Grüne Hefte 104).
- PROCHASKA, Walter/PRESSLINGER, Hubert: 1989 Kupfererze und prähistorische Laufschlacken, in: Da schau her. Beiträge aus dem Kulturleben des Bezirkes Leizen 1989, H. 4, S. 9-14.
- SPERL, Gerhard: 1984 Neue Befunde zur alpinen Bronzezeit, in: Berg- u. Hüttenmännische Monatshefte 129, 1984, S. 348.
- WASSERTHAL, Ralf: 1982 Mikroskopische und geochemische Untersuchungen an der schichtgebundenen Sulfidmineralisation bei Bärndorf, Diplomarbeit Universität Hamburg 1982.
- WEDENIG, Reinhold: 1992 Archäologische Begehungen und Untersuchungen beim Bau der Pyhrn-Autobahn über den Schober-Paß in der Steiermark, in: Fundberichte aus Österreich 30, 1992, S. 201-228.
- ZSCHOCKE, Karl/PREUSCHEN, Ernst: 1932 Das urzeitliche Bergbaugebiet von Mühlbach-Bischofshofen, erscheinungsort 1932 (= Materialien zur Urgeschichte Österreichs 6).

Anschrift der Verfasser:

Doz. Dr. mont. Hubert Preßlinger
St. Lorenzen 45
A-8784 Trieben

Prof. Dr. Clemens Eibner
Institut für Ur- und Frühgeschichte
Universität Heidelberg
Marstallhof 4
D-69117 Heidelberg

Bibliographie

EIBNER, Clemens:
1982 Kupferverhüttung – Das Vorstadium für Gießereihütten der Urzeit, in: