

Archäologische Belege der bronzezeitlichen Kupfererzverhüttung im Paltental (Steiermark)

Hubert Preßlinger, Trieben; Clemens Eibner, Heidelberg und Barbara Preßlinger, Trieben

Archäologische Belege aus der Steinzeit

Bergmännische Aktivitäten der Ureinwohner hat es in der Obersteiermark bereits ab dem Mittelpaläolithikum gegeben, **Tabelle 1**. Es kommt auf die Definition an, was unter bergmännischer Aktivität zu verstehen ist. Geht man davon aus, dass das Suchen von geeigneten Steinmaterialien entlang von Bächen und Flüssen im weitesten Sinn als bergmännische Prospektion bezeichnet werden kann, so ist die Bearbeitung der Findlinge aus Silex zu handسامen Werkzeugen ohne Zweifel eine montanistische Tätigkeit.

Tabelle 1: Zeittafel zur Ur- und Frühgeschichte, gültig für den zentralalpinen Raum.

Epoche	Bezeichnung
200.000–40.000 v. Chr.	mittlere Altsteinzeit (Mittelpaläolithikum)
40.000–10.000 v. Chr.	jüngere Altsteinzeit (Jungpaläolithikum)
10.000–8.000 v. Chr.	ausgehende Altsteinzeit (Endpaläolithikum)
8.000–5.000 v. Chr.	Mittelsteinzeit (Mesolithikum)
5.000–3.900 v. Chr.	Jungsteinzeit (Neolithikum)
3.900–2.300 v. Chr.	Kupferzeit
2.300–1.600 v. Chr.	Frühbronzezeit
1.600–1.350 v. Chr.	Mittelbronzezeit
1.350–780 v. Chr.	Urnenfelderzeit (späte Bronzezeit)
780–450 v. Chr.	Hallstattzeit
450–15 v. Chr.	La-Tène-Zeit
15 v. Chr.–480 n. Chr.	Römische Kaiserzeit
480–750 n. Chr.	Frühmittelalter
750–1.000 n. Chr.	Hochmittelalter

Als Beispiel soll eine aus den Werkstoff „Silex“ hergestellte Breitklinge (**Abb. 1**) betrachtet werden (1). Die Klinge wurde auf einem Acker in der OG Möderbrugg nach dem Pflügen gefunden. Das Fundobjekt ist eine große blattförmige Breitklinge und wurde von einem Neandertaler in mehreren Arbeitsschritten aus Silex geschlagen (Levalloistechnik) (2). Das kräftige Klingenblatt besitzt einen durch Reopalisierung bedingten Oberflächenglanz. Die rötliche opalbraune Patina ist auf der gesamten Oberfläche erhalten. Sie ist mindestens 40.000 Jahre alt.

Die Breitklinge ist einerseits ein multifunktionales Werkzeug; sie kann als Klinge oder als Schaber benutzt wer-



Abb. 1: Breitklinge aus Silex; Fundort: OG Möderbrugg; Alter: 40.000 – 100.000 Jahre.

den, andererseits ist sie von dem altsteinzeitlichen Klingenmacher (Steinschläger) so geschlagen worden, dass die Klinge handsam, d. h. bequem, sogar viele Stunden lang mit der rechten Hand führend, benutzt werden kann, um die Arbeiten nach einer erfolgreicher Jagd, wie das aus der Decke Schlagen, das Zerwirken des Wildbretes u.s.w., erfolgreich zu erledigen (**Abb. 2**).

In der Jungsteinzeit tritt Serpentin als ein weiterer Werkstoff für die Werkzeugherstellung in der montanarchäologischen Fundlandschaft der Obersteiermark auf (**Abb. 3**). Die Axtklinge besteht aus dunkelgrüngrauem einheimischem Serpentin mit lauchgrüner Bänderung (3). Erhalten sind die stark zerstörte Schneidenpartie mit Aussplit-



Abb. 2: Beispiel der Handhabung der Breitklinge vom Fundort OG Möderbrugg.

Seitenflächen mit der demnach horizontal angebrachten Bohrung.

Fassen wir einleitend zusammen: „Besondere Gesteine, die bergmännisch gewonnen und verarbeitet wurden“, hatten in der Geschichte der Menschen ab der mittleren Altsteinzeit einen besonderen Stellenwert für die Werkzeugherstellung. Der Mensch war es gewohnt, bestimmte Tätigkeiten, wie Schneiden, Schnitzen, Schaben, Hacken, Bohren usw., mit einem dafür bestimmten für die jeweilige Funktion optimierten Werkzeug aus Stein durchzuführen oder um mit Stein aus Holz und Knochen Werkzeuge zu fertigen.

Bearbeitet wurden die Werkzeuge und Waffen im Dorf, auf den Rastplätzen oder in den Jägerlagern. War der Silexrohling abgeschlagen, konnte der geübte Urzeitler

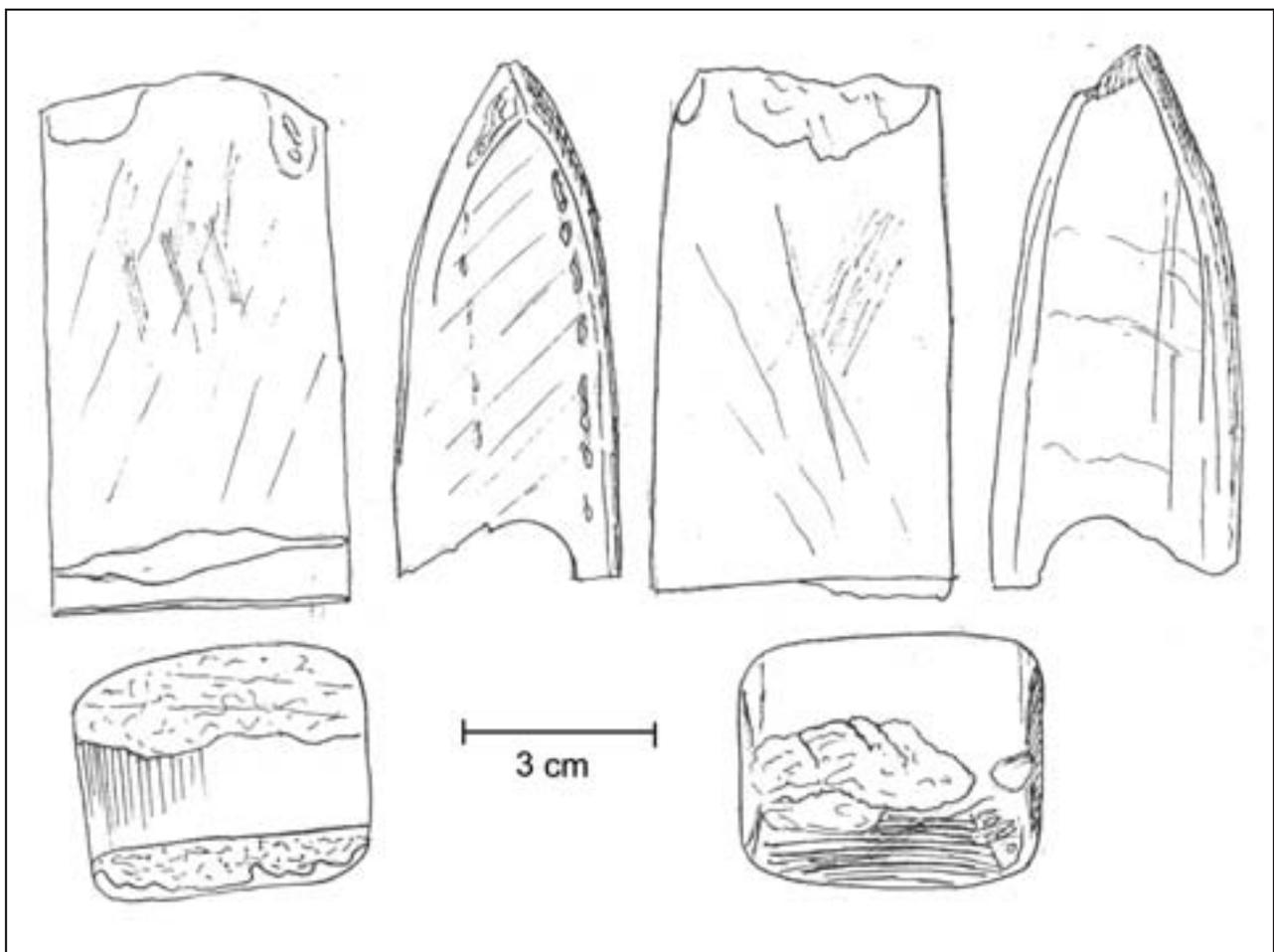


Abb. 3: Dechselfragment aus Serpentin; Fundort: OG Möderbrugg; Alter 6.000 Jahre.

terungen unterschiedlichen Alters und der Axtkörper bis zur ausgebrochenen Bohrung. Die Klinge ist schwach asymmetrisch gebaut und besitzt einen ganz schwach hochtrapezförmigen Querschnitt mit einer gewölbten und gerundeten *Oberbahn*, der etwas flacher gebildeten *Unterbahn* mit dem parabelförmigen Ansatz einer konkaven Schneidenzurichtung, wodurch sich das Bruchstück als Dechselfragment zu erkennen gibt, und den parallelen ebenen

brauchbare Werkzeuge in wenigen Minuten herstellen, d. h. der KlingenhHersteller hat bereits im Mittelpaläolithikum mit seiner erlernten Schlagtechnik das Werkzeug oder die Waffe aus Silex funktionstauglich hergestellt. Die steinzeitlichen Funde geben ein Zeugnis ab, dass die Menschen ab der mittleren Altsteinzeit „am Tauern bzw. über den Tauern“ erfolgreich auf die Jagd gegangen sind.

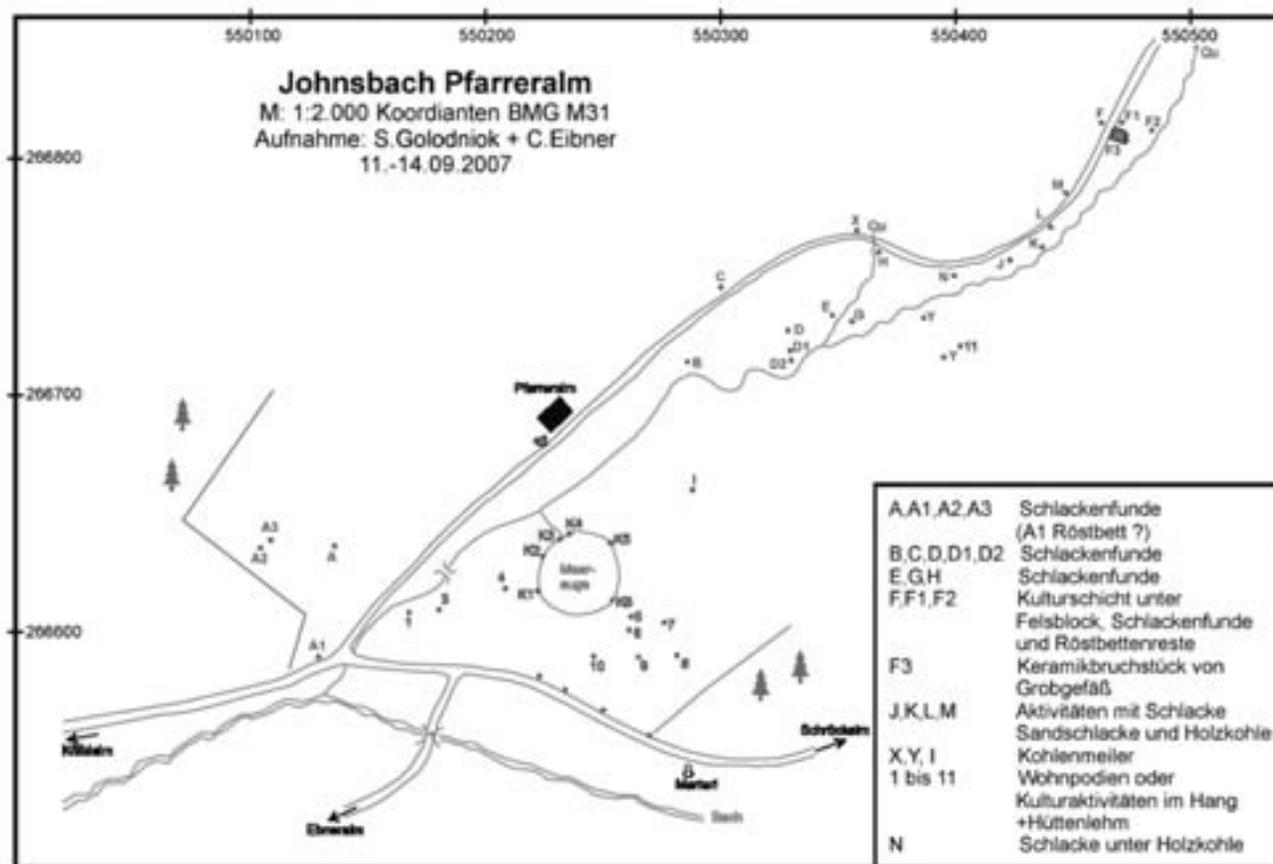


Abb. 4: Skizze der Geländeaufnahme in der Pfarralm/OG Johnsbach.

Archäologische Zeugnisse aus der Bronzezeit

Es braucht einen nicht zu verwundern, dass mit dem Auftreten eines neuen Werkstoffes – des Kupfers und dessen Legierungen wie der Arsenbronzen – die Werkzeuge optisch und funktional zunächst noch die gleiche geometrische Form aufweisen wie die Steinwerkzeuge.

Montanarchäologische Ergebnisse

Bronzezeitliches Montanindustriegbiet Pfarralm im Johnsbachtal

Bei Begehungen in der Pfarralm/OG Johnsbach können am Forstweg und im Gerinne vereinzelt Schlackenstücke, die abgerundete Kanten aufweisen, d. h. verfrachtet worden sind, geborgen werden. Die Schlacken sind teilweise durch Sekundärmineralisation an der Oberfläche und an der Bruchfläche mit Malachit und Azurit behaftet, d. h. sie sind der Kupfermetallurgie zuzuordnen. Nach der geometrischen Form der Schlacken sind sie der urzeitlichen Kupfererzverhüttung zuzurechnen.

An den Geländebrüchen, verursacht durch den Forstwegbau und durch die Auskolkung des Gerinnes, können einerseits bereits durch den gebrannten Lehm erkennbare rot gefärbte Linsen im Gelände erblickt werden, in denen

eine Anhäufung von Schlacken festzustellen ist. Neben Schlacken unterschiedlicher Typen – aus Halde, aus Röstbett, aus Schlackenaufbereitung – sind in diesen Linsen gebrannter Ofenlehm, verschlackte Ofensteine und bei genauerem Hinschauen auch Fragmente urzeitlicher Gebrauchskeramik zu finden (4).

Aus der Bewertung der Skizze der Pfarralm/OG Johnsbach (Abb. 4) ist abzuleiten, dass es hier mehrere Verhüttungsplätze geben muss. Die Pfarralm ist ein bronzezeitliches Verhüttungszentrum (Industriezentrum), in dem vermutlich mehrere Jahrhunderte Kupfererze verhüttet worden sind (5). Logisch ist es daher, dass auch in unmittelbarer Nähe der Schlackenhalde die Wohnplätze der Berg- und Hüttenarbeiter und die der Familien zu finden sein müssen.

Hier kommt dem Archäologen bei der Suche im Gelände „das Meerauge“ als ein Hinweis auf eine optimale Wohngegend zu Hilfe. Bei der genaueren Beurteilung des Bodens, der durch die Trittsigeln der Rinder teilweise aufgelockert wurde, sind oberhalb des Meerauges gebrannter Hüttenlehm zu finden, der ein eindeutiger Hinweis auf Haus- und Hüttenbau und damit auf ein Wohngebiet ist. Dass das Meerauge ein signifikanter Kultplatz ist, soll hier festgehalten werden. Diese Skizze von der Pfarralm ist ein Beispiel von vielen Verhüttungszentren in der Grauwackenzone; dies gilt natürlich auch für die Verhüttungszentren in den Ennstaler und den Eisenerzer Alpen.

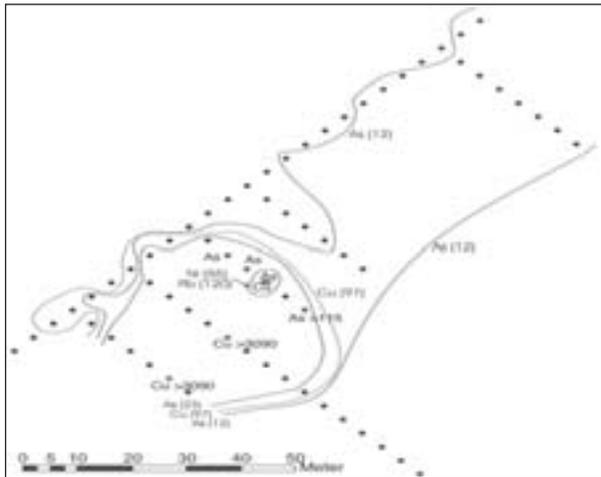


Abb. 6: Ergebnis der geochemischen Bodenprobenuntersuchung des Verhüttungsplatzes Flitzten I/OG Gaishorn; Verteilung der Elemente Cu, As, Pb und Ni; Angaben in Masse-ppm.



Abb. 7: Der Abt des Stiftes Admont, Mag. Bruno Hubl, im Gespräch mit Prof. Dr. Clemens Eibner bei der Besichtigung der Grabung Flitzten II/OG Gaishorn.

logischen Tätigkeiten auch uneingeschränkt unterstützt, mehr noch, er hat sie gefördert. Dies hat die montanarchäologischen Arbeiten in der Flitzten/OG Gaishorn und auch am Blahberg/OG Admont sehr erleichtert.

In den Jahren 2001 bis 2003 konnte in mehreren Kampagnen der großräumige Platz Flitzten II untersucht werden. Die großflächige geophysikalische Prospektion ließ schon erkennen, dass hier mehrere Phasen unterschiedlich orientierter Röstbetten, die sich teilweise überlagerten, anzutreffen waren. Die mit viel Einsatz unter der Teilnahme von Freiburger und Heidelberger Studentinnen und Studenten (7) freigelegten Reste belegen einen Betrieb bis in die ausgehende Urnenfelderzeit – und als

Überraschung in der letzten Grabungskampagne – in einer Halde einzelne Knochen von Schwein, Schaf und Ziege, wenige aber doch einigermaßen charakteristische Keramikbruchstücke und eine Schüttung von Schlackensand.

Der großflächige und auffällige Schmelzplatz Flitzten II ist mit Sicherheit mehrphasig (**Abb. 8 und 9**). Im steil ansteigenden Forstweg oberhalb der Forststraße wurde ein WNW – OSOO orientiertes Röstbett zerstört, das in lehmig-kalkigen Untergrund gebettet ist. Im Westen lagen dabei größere Steinblöcke der Einfassung in situ, das Ostende war stark gestört.

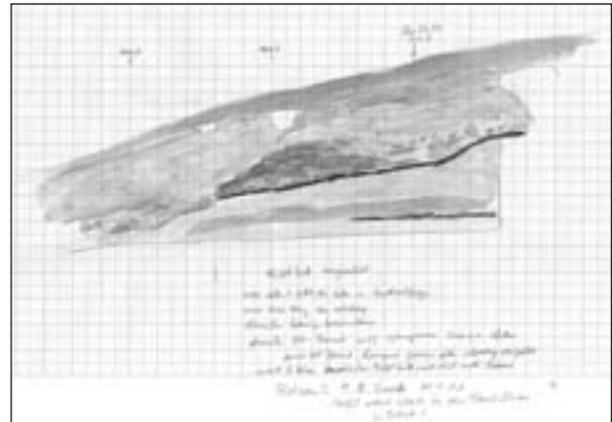


Abb. 8: Ein Seitenprofil mit den beiden Röstbetten am Verhüttungsplatz Flitzten II/OG Gaishorn.

Ungefähr einen halben Meter tiefer wurde ein älteres Röstbett mit einer etwa 40° nach NO verschwenkten Längsrichtung westlich des Forstweges angetroffen, dessen Steineinfassung im S und W erhalten ist; die Steineinfassung ist auffälliger Weise aus Kalksteinblöcken gesetzt. Westlich von diesen Befunden liegt in 15 bis

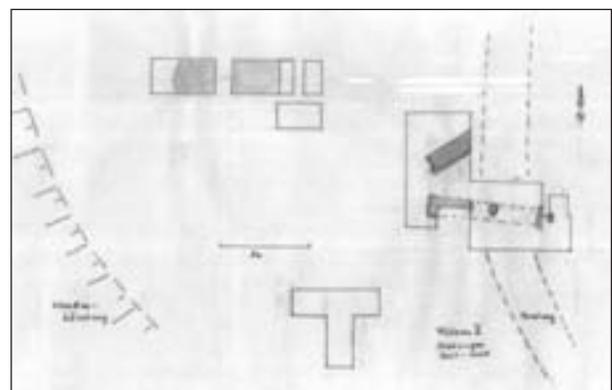


Abb. 9: Überblick über die montanarchäologischen Grabungsergebnisse am Verhüttungsplatz Flitzten II/OG Gaishorn.

20 m Entfernung in der Steiflanke zur Forststraße, von einer Verebnung beginnend, eine bis zu 30 cm mächtige Lage von Sandschlacke, die nicht zu den beschriebenen Befunden passt.

Als Ergebnis lässt sich über die Thermolumineszenz-Datierung (11) und die Keramikführung zusammenfassen, dass in der Mittelbronzezeit der Schmelzplatz mit dem ältesten Röstbett angelegt wurde. Nach einem massiven Umbau mit Ausplanierung von Hangschutt erfolgte in der Urnenfelderzeit der Betrieb am jüngeren Röstbett, und zuletzt erfolgte ein Betrieb in größerer Entfernung im NW, bei dem Sandschlacke als Zuschlagstoff für den Schachtofenbetrieb (Stahluppenherstellung?) produziert wurde. Diese Phase gehört wohl in die Hallstattzeit, aus der offenbar auch die Eisenluppe stammt. Im Nahbereich wurde der Lehm gewonnen, die Verebnung wurde rezent in den letzten Jahrhunderten zur Holzkohलगewinnung genutzt.

Was zeichnet ein Verhüttungszentrum wie die Pfarralm oder die Flitzenalm mit den vielen Verhüttungsanlagen aus? Unbestritten die Nähe zu den Kupfererzlagern. Unmittelbar oberhalb von Flitzen VII zeigt eine Pingenreihe an, dass hier Bergbau auf Kupfererze betrieben wurde. Oberhalb dieser Pingenreihe liegt die Treffner Alm, diese ist gleichfalls übersät von Pingen und Tagbaustufen. Auch im Gerinne des Flitzenbaches findet man Kupferkiese auf Grüngestein. Diese Anmerkung über die Kupfererzversorgung gilt für andere Verhüttungszentren im Paltental wie Meilerplatz oder Braunruck in gleicher Weise. Weitere Rohstoffe für einen Hüttenbetrieb sind Holzkohle und Holz, welches im Einzugsgebiet der Flitzenalm in ausreichender Menge vorhanden war.

Ein weiterer Grund ist das Vorhandensein von Lehmagerstätten. Lehm wurde als Baustoff für die Röstbetten und die Schachtofen benötigt und dies in größeren Mengen. Daher befinden sich in unmittelbarer Nähe der Hüttenanlagen auch die dafür benötigten Lehmagerstätten, wie oberhalb von Flitzen II oder wie oberhalb von der Versunkenen Kirche. Weiters werden Zuschläge zur Schlackenbildung wie Quarz und Schlacke in einer bestimmten Korngröße benötigt. An einigen Verhüttungsplätzen ist deshalb Schlackensand vorhanden. Auch Ofensteine wurden für den Bau der Schachtofen eingesetzt. Dass Wasser bei einem Hüttenbetrieb gebraucht wird, sollte nicht vergessen werden.

Neben der für den Schmelzprozess notwendigen technologischen Infrastruktur sollten auch die menschlichen Erfordernisse von einem Verhüttungszentrum erfüllt sein, d. h. es sollten ein längerfristiges Wohnen und ein glückliches Familienleben sowie Ackerbau und Viehzucht, Vorratshaltung usw. in der Nähe der Verhüttungsanlagen möglich sein. Ein funktionierendes Dorfleben auch in den entlegenen Alpentälern war also eine Voraussetzung für eine blühende nachhaltige bronzezeitliche Montanindustrie. Pfarralm, Schröck Alm, Flitzenalm, Treffner Alm, um

nur einige zu nennen, mit ihren weiten Almböden, aber auch die Talböden mit ihren Talflanken wie Tanter und Schwarzenbach erfüllen diese Kriterien.

In der Bronzezeit waren die Anzahl der Dörfer und die Bevölkerungsdichte in den Dörfern der Ennstaler und der Eisenerzer Alpen von der Nachfrage nach Kupfer und Bronze abhängig. Die zentrale Lagerhaltung von Getreide für eine Dorfgemeinschaft in der mittelbronzezeitlichen Siedlung „Schlosser“ in der KG Schwarzenbach/OG Trieben gibt dafür ein Zeugnis ab. Dass die Menschen in den Siedlungen durch den Metallprodukthandel auch gute Beziehungen zu den nordwestlichen und den südöstlichen Voralpengebieten besessen haben, ist wohl jedem einleuchtend. Entsprechend viel benutzte Handelswege sind wohl vorhanden bzw. werden noch freigelegt werden.

Archäometallurgische Ergebnisse

Rekonstruktion der Hüttenanlagen

Die Bauausführung der Hüttenanlage und der Ablauf des Schmelzprozesses zur Rohkupfererzeugung lassen sich aus den Forschungsergebnissen des Arbeitskreises „Montanarchäologie Paltental“ nach **Abb. 10** folgendermaßen beschreiben (6), (12), (14):

- Zuerst wurden durch das Anlegen von Terrassen in den Berghang Arbeitspodien geschaffen, die mit gestampftem Lehm planiert waren.
- Auf dem höchstgelegenen Arbeitspodium wurde, durch eine Steinsetzung umfasst, das Röstbett (Breite 0,9 m, Länge > 6 m) schichtförmig aufgebaut, wobei eine nach ihrer Funktion noch nicht eindeutig geklärte Unterteilung in mehrere Segmente üblich war. Dass das Rosten wichtig war, zeigen die zahlreichen Umbaupha-

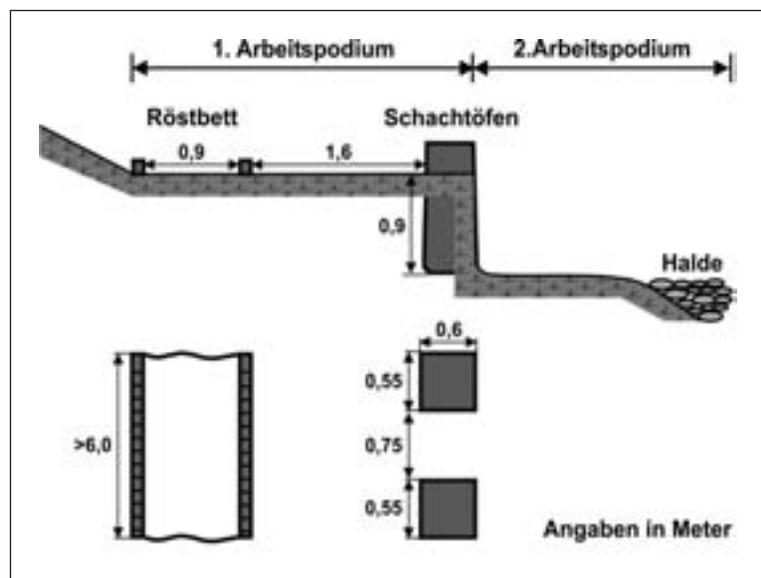


Abb. 10: Schema der Anordnung der bronzezeitlichen metallurgischen Aggregate; gezeichnet nach montanarchäologischen Grabungsergebnissen des Arbeitskreises „Montanarchäologie Paltental“.

sen der Röstbetten, z. B. an den Verhüttungsplätzen Flitzzen II und Versunkene Kirche.

- Neben dem Rösten der Kupfererze und der Zuschläge zur Schlackenbildung erfolgte auf dem oberen Arbeitspodium auch die diskontinuierliche Beschickung der Schachttöfen mit geröstetem Erz und Zuschlägen (Quarz, Sandschlacke) sowie mit Holzkohle.
- Entsprechend dem Materialfluss wurden auf der tiefer liegenden Terrasse die Schachttöfen in die Geländestufe hineingesetzt. Als kleinste Baueinheit wurden mindestens zwei Schachttöfen errichtet.
- Auf dem unteren Arbeitspodium wurde neben dem Abstechen der flüssigen Schlacke und dem Ziehen des festen Schwarzkupferkuchens aus dem Schachtofen der Wind (=Luft) eingeblasen. Die Windzufuhr erfolgte von vorne durch Tondüsen mit Hilfe von aus Ziegenbälgen gefertigten Blasebälgen.
- Die abgestochene Schlacke (Laufschlacke) wurde nach dem Erstarren gebrochen und hangabwärts auf die Halde geworfen bzw. als Sekundärrohstoff aufbereitet.

Die einheitliche Bauweise der bronzezeitlichen Kupferhütten in den Ostalpen, die über 1500 Jahre nach diesem Muster errichtet wurden, führt zu dem Schluss, dass die Kupfererzeugung überregional nach gleichen Bauvorgaben bewerkstelligt wurde. (Natürlich gab es Ausnahmen in der Hüttenkonzeption, wie z. B. am Verhüttungsplatz Oberschwärzen.)

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. Des Weiteren bezeugt dieses Ergebnis, dass in der gesamten Bronzezeit die über ein Jahrtausend angewandte Verfahrenstechnik der Rohkupfererzeugung im Schachtofen von den Hüttenarbeitern bereits schmelzmetallurgisch optimiert benutzt wurde.

Chemische Analysen metallurgischer Produkte

Das Schmelzen der Kupfererze im Schachtofen ergibt zwei Produkte, den Metallkuchen (=Rohkupfer) und die Schlacke (=Laufschlacke), (**Abb. 11**). Der Metallkuchen (auch Schwarzkupfer genannt) wird zu Fertigprodukten

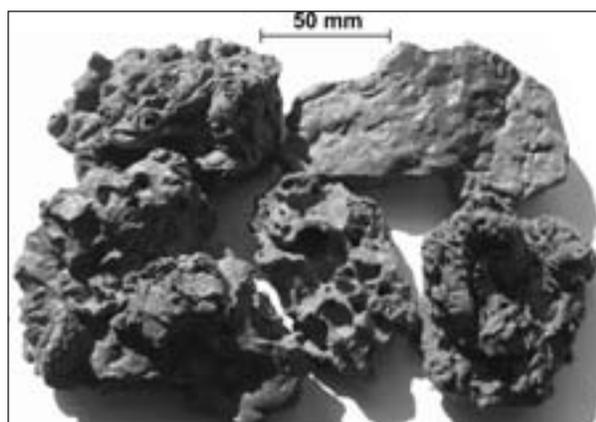


Abb. 11: Laufschlackenstücke vom Verhüttungsplatz Versunkene Kirche/OG Trieben.

weiterverarbeitet und war in der Bronzezeit ein wertvoller Besitz. Aber auch die Schlacke aus der Rohkupfererzeugung war als Produkt nicht nur ein Haldenmaterial, sondern auch ein Rohstoff, der nicht nur in der Metallhütte selbst als Schlackenbildner im Schachtofen, als Magerung für den Hüttenlehm und als Baumaterial für die Schachttöfen verwendet wurde; auch in der Keramikherstellung setzte man Schlacke als Magerungsmittel ein (15).

Die bronzezeitlichen Laufschlacken der Rohkupfererzeugung sind in ihrer Grundzusammensetzung nach der Molekulartheorie der Schlacken Silicatschlacken (16) mit einem SiO_2 -Anteil von 30 – 40 Masse-%, einem FeO_n -Anteil von 25 – 35 Masse-% und einem CaO -Anteil von 8 – 12 Masse-%, **Tabelle 3**. Starke Konzentrationsabweichungen in den einzelnen Laufschlacken sind bei den Elementen Kupfer und Schwefel festzustellen. Die Kupfergehalte liegen im Bereich von 0,4 – 3 Masse-%, die Schwefelgehalte im Bereich von 0,2 – 1,5 Masse-%.

Die Plattenschlacken in **Tabelle 3** unterscheiden sich von den Laufschlacken nicht nur in der äußeren Form, sondern auch in der chemischen Zusammensetzung. Der Anteil an FeO_n ist in den Plattenschlacken, (**Abb. 12**), doppelt so hoch wie in den Laufschlacken. Auch der Kupfer- und der Schwefelgehalt sind in den Plattenschlacken wesentlich geringer, d. h. die Plattenschlacken stammen eindeutig aus einem anderen metallurgischen Prozess als die Laufschlacken der Schachtofenmetallurgie.

Tabelle 3: Zusammenstellung chemischer Analysen der Hauptkomponenten von bronzezeitlichen Lauf- und Plattenschlacken.

Fundplatz	Fe _{ges}	SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Cu	Fe ²⁺	Fe ³⁺
Vers. Kirche	23,7	38,0	0,13	8,5	1,7	5,0	0,27	2,0	0,34	1,37	18,5	5,2
Haberl Alm	26,6	32,8	0,67	11,9	6,4	3,5	0,26	1,2	1,46	2,28	23,8	2,7
Oberschwärzen	20,2	38,4	0,36	11,6	1,2	8,0	0,27	2,3	0,25	0,80	14,3	5,8
Kaiserkörperl	44,8	30,5	0,82	6,1	1,5	4,7	0,18	1,0	0,19	0,68	40,4	4,2
Burgstallkogel	44,3	30,3	0,26	2,7	0,8	5,8	1,55	n.b.	0,02	0,08	n.b.	n.b.

n. b. – nicht bestimmt;

Versunkene Kirche, Haberl Alm, Oberschwärzen – Laufschlacken vom Schmelzplatz; Kaiserkörperl, Burgstallkogel – Plattenschlacken aus Siedlung.

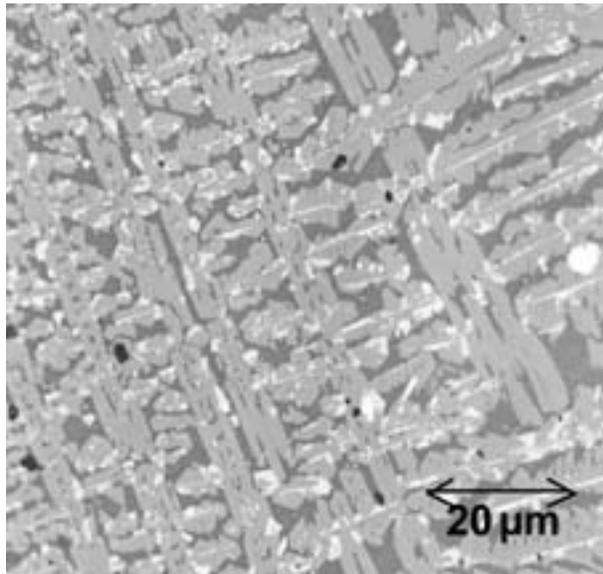


Abb. 12: Gefüge einer Plattenschlacke; Fundort: Kaiserköpferl/OG Rottenmann, ungeätzt.

Bei der metallurgischen Bewertung der Kupfererzverhüttung kann davon ausgegangen werden, dass sich die Unterschiede in den verarbeiteten Erzen und Zuschlagstoffen in der Schmelztechnologie sowie in den Spurenelementspektren der Metallprodukte und der Schlacken niedergeschlagen haben. Die Analysen der Laufsclacken unterscheiden sich von Talschaft zu Talschaft gruppenweise in den Hauptspurenelementen sowie in den Nebenspurenelementen. Manchmal lassen sich auch innerhalb einer Region, z. B. im Paltental, Unterscheidungen treffen, **Tabelle 4**.

Tabelle 4: Zusammenstellung chemischer Analysen ausgewählter Spurenelemente von spätbronzezeitlichen Kupferschlacken; Angaben in Masse-ppm, Schwefel in Masse-%

Nr.	Probeort	Tal	As	Co	Ni	Sb	Zn	Pb	Cu	S
1	Schlosser	P	1020	382	38	116	117	25	5679	0,19
2	Versunkene Kirche	P	895	353	50	103	246	33	7341	0,34
3	Meilerplatz I	P	865	201	173	928	312	43	11490	0,47
4	Flitzen I	P	1490	558	41	327	273	68	5210	0,17
5	Flitzen II	P	1040	163	451	254	252	50	6399	0,33
6	Flitzen III	P	1020	377	41	411	258	44	6973	0,28
7	Langteichen I	L	33	65	105	16	181	25	9064	1,38
8	Braunruck I	P	133	96	42	147	127	27	6604	0,49
9	Braunruck III	P	364	205	80	281	105	8	14593	0,79
10	Haberl Alm	P	370	62	56	454	205	22	8855	0,66
11	Köberl Alm	J	124	65	74	354	141	15	13360	0,60
12	Ploden Odelstein	J	212	59	63	624	160	7	15660	0,67
13	Schröck Alm	J	118	65	142	211	132	4	20120	0,71
14	Kohlanger I	J	185	69	63	602	192	23	9591	0,53
15	Pfisterberger Alm	J	151	86	84	707	690	40	12030	0,65
16	Foiltbauer Alm	J	353	57	50	1050	269	20	9942	0,42
17	Kühgatsch Boden	J	79	54	53	60	85	20	7828	0,38
18	Goaßsteig	J	291	42	44	314	99	10	6483	0,41

P – Paltental, L – Liesingtal, J - Johnsbachtal

Geht man zunächst auf die in **Tabelle 4** angeführten Analysen näher ein, so haben die Laufsclacken des unteren Paltentales (von Gaishorn abwärts) höhere Arsen-, Kobalt- und Bleigehalte. Ab Gaishorn paltenaufwärts (Haberl Alm bis Langteichen 1) sind die Gehalte von Arsen und Kobalt in den Laufsclacken wesentlich niedriger. Die Laufsclacken aus dem Johnsbachtal sind im Vergleich zu jenem des Paltentales durch einen höheren Antimongehalt unterscheidbar. Weitere Elemente, die bei der Zuordnung der Laufsclacken berücksichtigt werden können, sind z. B. Al, K, Mg, V, Ce, La, Au, Ag, und U. Dieser kleine Exkurs in die Chemie der Laufsclacken zeigt, dass man für die einzelnen Talschaften in den Alpen sehr wohl Unterscheidungsmerkmale herausarbeiten und diese in Zukunft für Beurteilungen heranziehen kann (17), (18).

Schwierig ist es derzeit noch, einzelne Fertigprodukte den Talschaften zuzuordnen (19), (20). Einerseits weil noch viel zuwenig chemische Analysen von Roh- und Fertigprodukten für statistische Auswertungen vorhanden sind (**Tabelle 5**), andererseits weil die Fertigprodukte umgeschmolzen und bei der Bronzeherstellung legiert wurden. Dabei wird die quantitativ verwendbare Spurenelementmatrix durch die Legierungsmittel im Vergleich zu der der Laufsclacken völlig verändert.

Für die Erzeugung eines Metallproduktes aus Kupfererzen waren in der Bronzezeit viele Prozessschritte notwendig. Als solche sind anzuführen: Abbau der Erze, Zerkleinern, Trennen der Kiese vom Gangmaterial, Rösten, Schmelzen, Raffinieren, Legieren bis hin zur Formgebung des Produktes durch Gießen und Schmieden. Dazu waren nicht nur ein Fachwissen der Schmelzer in den einzelnen Prozessschritten, wie Mengenverhältnisse, Temperatur, Behandlungsdauer, geeignete Anlagen (Ofendimensionen, Ofenbauweise, Ofenmaterialien) und Werkzeuge, sondern auch handwerkliches Können der Schmiede sowie vertieftes Wissen über die Eigenschaften der Werkstoffe Kupfer, Arsenbronze und Zinnbronze erforderlich.

Aus dem Rohprodukt (Schwarzkupfer, **Tabelle 5**) mit den hohen Fe-, S-, As- und Sb-Gehalten konnte kein Kupferblech getrieben werden, weil das Rohmaterial viel zu spröde war, d. h. die beschriebenen Elemente Fe, S, As und Sb mussten durch einen Raffinationsschritt aus der Rohkupferschmelze entfernt werden; erst danach konnte Kupferblech erzeugt werden. Gussprodukte, wie Weihgegenstände oder Schmuckstücke, bei denen eine fehlerfreie Oberfläche erwünscht war, wurden mit Zinnlegierungsmittel legiert, wobei ein bestimmtes Mengenverhältnis Kupfer zu Zinn in der Bronzeschmelze eingestellt wurde. Die Gebrauchsgegenstände wie ein Messer oder ein Schwert mussten ihre Werkstoffeigenschaften wie Schneidhaltigkeit oder Schlagfestigkeit bei ihrem täglichen Einsatz (Funktion) erfüllen. Sie wurden durch das entspre-

Tabelle 5: Zusammenstellung der chemischen Analysen von bei den montanarchäologischen Grabungen freigelegten Metallprodukten, Angaben in Masse-%.

Probe	Fundplatz	Cu	Fe	As	Co	Ni	Sb	Sn
Schwarzkupfer (Rohprodukt)	Versunkene Kirche	76	7,5	13,5	0,19	0,24	2,78	n.b.
Schwarzkupfer (Rohprodukt)	Flitzen II	93	3,4	1,6	0,06	2,1	0,15	0,01
Schwarzkupfer (Rohprodukt)	Flitzen II	95	1,9	1,3	0,01	0,99	0,52	<0,01
Schwarzkupfer (Rohprodukt)	Kaiserkörperl	79	4,1	2,5	1,11	3,8	5,55	2,1
Schwarzkupfer (Bronzerohling)	Kaiserkörperl	83	0,1	n.b.	0,01	n.b.	0,03	16,4
Nadel (Fertigprodukt)	Kaiserkörperl	89	<0,3	1,8	0,22	n.b.	0,16	8,1
Triangel (Fertigprodukt)	Kaiserkörperl	84	0,2	n.b.	0,01	0,1	n.b.	10,7

n. b. – nicht bestimmt

chende Legieren und das gekonnte Schmieden (Kaltverformen) erreicht.

Bisher wurden die montanarchäologischen Grabungsergebnisse der Kupfererzverhüttungsanlagen, in denen das Rohkupfer erzeugt wurde, behandelt. Es stellt sich nun die Frage, wo die Prozessschritte Raffinieren, Legieren, Gießen und Schmieden durchgeführt wurden. Diese Prozessschritte tätigte man in den Siedlungen. Dazu sind archäologische Ergebnisse aus den Siedlungen in Maitschern/OG Wörschach, vom Kaiserkörperl/ OG Rottenmann und vom Kulm/OG Trofaiach vorhanden (21), (22). Neben der Besiedlungsgeschichte für das Paltental, die aus der Chronologie in **Tabelle 6** nachvollzogen werden kann, ist am Kaiserkörperl auch die Technikgeschichte rückzuverfolgen. Aus den bei montanarchäologischen Grabungen geborgenen Funden von Plattenschlacken, Rohprodukten und Fertigprodukten kann man die genannten Prozessschritte zur Herstellung von Fertigprodukten mit Hilfe der metallurgischen Untersuchungsergebnisse beinahe vollständig rekonstruieren.

Die Kulturfunde, im Besonderen die Keramikfunde, geben einen Einblick in das Leben der Bevölkerung in der

Bronzezeit. Neben der Siedlung auf dem Kaiserkörperl wurden vom Arbeitskreis „Montanarchäologie Paltental“ Grabungen in der mittelbronzezeitlichen Siedlung in Schwarzenbach, OG Trieben, durchgeführt. Hier konnte nachgewiesen werden, dass an einem mittelbronzezeitlichen Industriestandort in der 1. Betriebsphase eine Erzaufbereitung betrieben wurde, in der 2. Betriebsphase sich ein mittelbronzezeitlicher Kupfererzverhüttungsbetrieb angesiedelt und in der 3. Besiedlungsphase eine Lagerhaltung für Getreide in Großgefäßen zur Versorgung der Montanarbeiter stattgefunden hat (25). Die am Siedlungsplatz in Schwarzenbach geborgene Keramik gibt wiederum einen

Einblick in das einheimische Töpferhandwerk sowie ein Zeugnis über die Frauen- und die Kinderarbeit in der mittleren Bronzezeit (**Abb. 13 und 14**).



Abb. 13: Keramikfund am mittelbronzezeitlichen Verhüttungs- und Siedlungsplatzes Schlosser/OG Trieben; grobe Ware.

Tabelle 6: Siedlungsphasen am Kaiserkörperl/ Gemeinde Rottenmann, die Einteilung erfolgte nach Keramikfunden (23), (24).

Siedlungsphasen	Zeitstufe	Jahresangabe (v. Chr.)	Charakteristische Keramik
Kaiserkörperl I	Kupferzeit	ab ca. 4000	Orangerote, quarzgemagerte Keramik und dunkelbraun reduziert gebrannte Feinware mit Einstichmustern; Fußgefäß u. Becher
Kaiserkörperl II	Frühe u. mittlere Bronzezeit	ca. 2000 – ca. 1350	Reduziert gebrannte Ware; teilweise Graphittonware; Schalen und Großgefäße
Kaiserkörperl III	Ältere Urnenfelderzeit	ca. 1350 – ca. 1100	Braune gut geglättete Ware; wenig Fundmaterial, darunter Doppelkonusse
Kaiserkörperl IV	Jüngere Urnenfelderzeit	vor 800	Verzierungen: Kanneluren, Riefen u. Torsionsband-Abrollung (Ältere Befestigungsphase)
Kaiserkörperl V	Junghallstattzeit	ca. 600 - 450	Osthallstädtische verzierte Schalen; westhallstädtische gerillte Schalen; grobe eiförmige Töpfe (Jüngere Befestigungsphase)
Kaiserkörperl VI	Früh-La-Tène-Zeit	ca. 450 - 350	Graphitton-Situlen (Jüngere, unfertige Umbauphase)

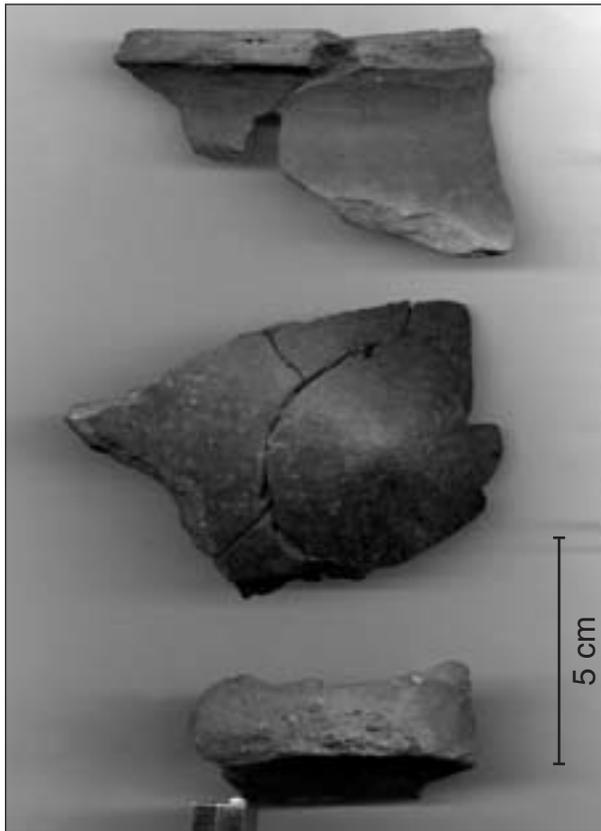


Abb. 14: Keramikfunde am mittelbronzezeitlichen Verhüttungs- und Siedlungsplatzes Schlosser/OG Trieben; feine Ware.

Archäologische Funde aus der Eisenzeit – der Werkstoff Stahl

Aus der Kulturschicht der Urnenfelderzeit am Verhüttungsplatz Flitzten II stammen auch eine Stahlluppe und einzelne Stahlfragmente. Derzeit kann noch nicht gesichert nachgewiesen werden, dass die Stahlluppe auch in diesem Verhüttungszentrum in einem Schachtofen erschmolzen wurde. Dass man mit dem Werkstoff „Stahl“ in der Obersteiermark in der Urnenfelderzeit bereits gearbeitet hat, bezeugen die Stahlrohlinge bzw. auch die Stahlfertigprodukte (26), (27) aus der Siedlung Kaiserköpferl (Abb. 15).

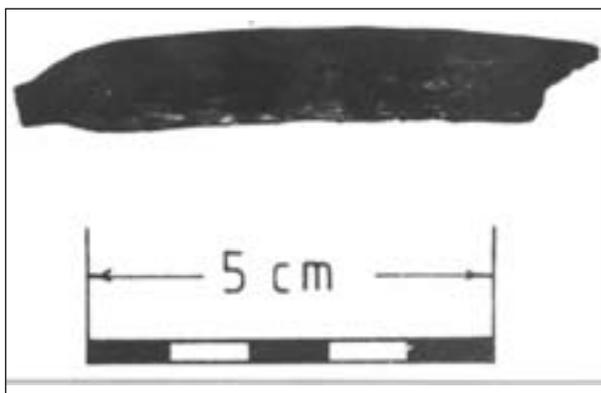


Abb. 15: Hallstattzeitliches Messer aus Stahl; Fundort: Kaiserköpferl/OG Rottenmann.

Die urnenfelderzeitliche Schmiedetechnologie wird an Hand der nächsten zwei Abbildungen erklärt. Das Gefüge der Stahlmatrix eines urnenfelderzeitlichen Messers in **Abb. 16** besteht aus Ferrit mit wenigen Perlitinseln (28), (29). Es ist auch klar zu erkennen, dass das Messer durch Feuerschweißen aus mehreren Stahlstäben entstan-



Abb. 16: Messerfragment, Depotfund 1, Rabenwand/OG Bad Aussee; Übersicht über das Gefüge der Stahlprobe; Nital-Ätzung.

den ist. Die **Abb. 16** zeigt weiters, dass das Messer (der Ferrit) kaltverformt worden ist. Das Gefüge der Schneide gibt die **Abb. 17** wieder, die den Übergang von Ferrit zu Perlit zeigt; den Bereich zwischen Ferrit und Perlit erkennt man am Widmannstättengefüge. Das bedeutet, dass die Schneide durch Glühen in Holzkohle bei Temperaturen um 1000°C aufgekühlt wurde.

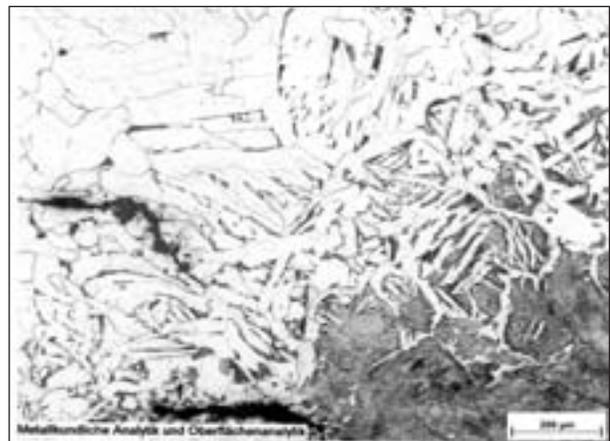


Abb. 17: Gefüge der Schneide des Messerfragmentes; links oben Ferrit, in der Mitte Widmannstättengefüge, rechts unten Perlit; Nital-Ätzung.

Im Vergleich zur Kupfer- und Bronzeverarbeitung in den Schmieden hat sich die Stahlverarbeitung wie folgt weiterentwickelt: Zunächst wurden aus Stahlluppen oder aus dem Altmetall Stahlstäbe geschmiedet. Mit den Stahlstäben wurde durch Gärben und Rohformschmieden mit Feuerschweißen die gewünschte Rohform, z. B. Messer oder Sicheln, erzeugt, d. h. das Rohprodukt wurde aus vielen Stahlstäben (Mehrlagenwerkstoff) durch eine Heißformgebung hergestellt.

Als nächste Prozessstufe wurde bei einem Messer die Härte der Schneide durch partielles Glühen in einem Holzkohlebett bei 1000°C erzielt. Die an Spurenelementen armen Stahlstäbe, ein chemisch konstanter Rohstoff, erleichterten dabei das Einhalten der notwendigen Behandlungstemperatur und -dauer. Diese mehrstufige

Schmiedetechnologie für die Rohstahlverarbeitung beherrschten die inneralpinen Schmiede bereits ab der Urnenfelderzeit perfekt.

Oberhalb des Verhüttungszentrum Flitzental liegt die Treffner Alm. Hier wurden nicht nur Kupfererze abgebaut, sondern zahlreiche Pingen und Stufen von Tagbau- en zeugen von einer Jahrtausend langen Bergbautätigkeit auf Eisenerze.

Fazit

Vieles ließe sich über das Wissen und Können zur Metallprodukterzeugung und Rohproduktverarbeitung in der Bronzezeit noch anführen. Zusammenfassend ist zu bescheinigen, dass die in der Urzeit erzeugten Metallprodukte ihre geforderten Eigenschaften voll erfüllten.

Neben den montanarchäologischen Grabungsergebnissen und den daraus gewonnen Erkenntnissen wurde in dieser Veröffentlichung versucht zu erklären, warum von den Menschen die Werkstoffe Silex, Kupfer, Bronze und Stahl in der Werkzeugherstellung eingesetzt worden sind. Zusammenfassend kann man dies mit einem Satz beantworten: „*Weil der jeweilige Werkstoff in der jeweiligen Epoche in ausreichender Menge zur Verfügung stand und weil das erzeugte Werkstück in seinem Einsatzgebiet über längere Zeit die vom Anwender geforderte Funktionalität zufriedenstellend erfüllt hat*“.

Anmerkungen

- (1) Eibner, Clemens; Preßlinger, Hubert und Neuper, Wernfried: Ein bemerkenswerter altsteinzeitlicher Fund einer Breitklinge aus Möderbrugg. – In: Schild von Steier, 2008, Band 21, S. 95-97.
- (2) Bick, Almut: Die Steinzeit. – Konrad Theiss Verlag GmbH, Stuttgart 2006; S. 20.
- (3) Eibner, Clemens; Preßlinger, Hubert und Neuper, Wernfried: Ein Steinaxtbruchstück aus Möderbrugg. – In: Schild von Steier, 2008, Band 21, S. 99-101.
- (4) Preßlinger, Hubert; Eibner, Clemens; Holzinger, Andreas; Kreiner, Daniel; Preßlinger, Barbara und Weinek, Horst: Begehungsprotokolle Pfarralm 2007, unveröffentlicht.
- (5) Walach, Georg Karl: Geophysikalische Vermessungsergebnisse Pfarralm 2008, unveröffentlicht.
- (6) Preßlinger, Hubert; Eibner, Clemens; Walach, Georg und Preßlinger, Barbara: Die Ur- und Frühgeschichte der Marktgemeinde Gaishorn am See. – In: Heimatbuch Gaishorn am See. – Hrsg: Weiß Karl, Marktgemeinde Gaishorn am See (2007), S. 16-33.
- (7) Preßlinger, Hubert; Eibner, Clemens; Walach, Georg und Preßlinger, Barbara: Fünf Jahre Arbeit im Projekt „Erforschung der Ur- und Frühgeschichte der Steiermark am Beispiel Paltental“ – eine Danksagung. – In: res montanarum (2004), Heft 33; S. 7-10.
- (8) Walach, Georg: Methodik und Beispiele zur geophysikalischen Prospektion urgeschichtlicher Kupfergewinnungsstätten in den Ostalpen. – In: Unsichtbares sichtbar machen, Landesdenkmalamt Baden-Württemberg; Stuttgart (1998), Band 41; S. 93-98.
- (9) Prochaska, Walter und Rantitsch, Gerd: Die Verteilungsmuster von Schwermetallen im Bereich eines urzeitlichen Kupferschmelzplatzes im Paltental. – In: res montanarum (2004), Heft 33; S. 23-27.
- (10) Titelseite res montanarum (2002), Heft 28.
- (11) Urban, Kathia: Datierung prähistorischer Schmelzplätze im Paltental mittels Thermolumineszenz an Schlackenproben. – Diplomarbeit TU Bergakademie Freiberg, 2006.
- (12) Preßlinger, Hubert und Eibner, Clemens: Montanarchäologie im Paltental (Steiermark) – Bergbau, Verhüttung, Verarbeitung und Siedlungstätigkeit in der Bronzezeit. – In: Der Anschnitt (2004), Beiheft 17; S. 63-74.
- (13) Preßlinger, Hubert; Walach, Georg und Eibner, Clemens: Bronzezeitliche Verhüttungsanlagen zur Kupfererzeugung in den Ostalpen. – In: BHM 133 (1988), S. 338-344.
- (14) Preßlinger, Hubert: Der Bau metallurgischer Anlagen in der Spätbronzezeit. – In: res montanarum (2002), Heft 28; S. 5-10.
- (15) Preßlinger, Hubert; Harmuth, Harald; Prochaska, Walter und Eibner, Clemens: Metallurgische Schlacken – ein Sekundärrohstoff in der Bronzezeit. – In: BHM 146 (2001), S. 222-226.
- (16) Preßlinger, Hubert: Schlackenkundliche Untersuchungsergebnisse von bronzezeitlichen Schlacken aus dem Paltental. – In: res montanarum (1998), Heft 19; S. 17-24.
- (17) Preßlinger, Hubert und Prochaska, Walter: Chemische Analysen von bronzezeitlichen Laufsclacken. – In: res montanarum (2002), Heft 28; S. 10-14.
- (18) Preßlinger, Hubert; Prochaska, Walter und Walach, Georg: Beurteilung der chemischen Analyseergebnisse von bronzezeitlichen Laufsclacken und metallischen Rohprodukten – eine Einteilung nach Talschaften. – In: res montanarum (2004), Heft 33; S. 37-39.
- (19) Preßlinger, Hubert: Chemische Analysen von spätbronzezeitlichen Metallprodukten – ein Hinweis auf die Erzeugungsstätten. – In: res montanarum (2004), Heft 33; S. 40-42.
- (20) Preßlinger, Hubert: Metallprodukte in der Ur- und Frühgeschichte – Aussagewert der metallurgischen und werkstoffkundlichen Untersuchungsergebnisse. – In: Linzer Archäologische Forschungen, Linz 1998; Katalog – Berge, Beile, Keltenschatz; Band 27; S. 64-73.
- (21) Preßlinger, Hubert und Gruber, Alois: Urnenfelderzeitliche Bronze gießerei in Wörschach. – In: Da schau her (1985), Heft 1; S. 7-9.
- (22) Preßlinger, Hubert: Schlackenkundliche Bewertung einer urnenfelderzeitlichen Plattenschlacke aus der Höhensiedlung am Kulm bei Trofaiach. – In: Fundberichte aus Österreich, Wien 2000, Band 38; S. 174-177.
- (23) Preßlinger, Hubert und Eibner, Clemens: Montanwesen und Siedlungen in der Bronzezeit im Paltental (Österreich). – In: Der Anschnitt 48 (1996), Heft 5/6; S. 158 – 165.
- (24) Eibner, Clemens: Archäologische Untersuchungen im Paltental. – In: res montanarum (1998), Heft 19; S. 6 – 11.
- (25) Eibner, Clemens: Die mittelbronzezeitliche Fundstelle „Schlosser“ in Schwarzenbach, Stadtgemeinde Trieben. – In: res montanarum (2004), Heft 33; S. 27 – 30.
- (26) Eibner, Clemens und Preßlinger, Hubert: Eine befestigte Höhensiedlung im Bereich des urzeitlichen Kupfererzbergbaugebiets in der Obersteiermark. – In: Vorgeschichtliche Fundkarten der Alpen; Hrsg: v. Uslar, R.; Römisch-Germanische Forschungen; Verlag v. Zabern, Mainz a. Rhein 1991, Band 48; S. 427 – 450.
- (27) Preßlinger, Hubert und Eibner, Clemens: Die urzeitliche Wehranlage der Berg- und Hüttenleute von Bärndorf, Gemeinde Rotentmann. – In: Da schau her (1983), Heft 3; S. 18 – 20.
- (28) Preßlinger, Hubert: Metallkundliche Untersuchungen an Depotfunden in Bad Aussee. – In: Fundberichte aus Österreich, Wien 2005, Band 43; S. 325 – 330.
- (29) Preßlinger, Hubert: Der Mythos über das Härten von Stahl. – In: res montanarum (2007), Heft 41; S. 60 – 64.