

BEURTEILUNG BRONZEZEITLICHER OFENSTEINE AUS EINEM SCHACHTOFEN ZUR ROHKUPFERERZEUGUNG

Hubert Preßlinger, Anton Mayer und Roland Nilica

1. Einleitung

Die Kupfererze entlang der Grauwackenzone in den Österreichischen Alpen waren die Rohstoffbasis für die zahlreichen Kupferhütten der Bronzezeit (1). Durch Nutzung geophysikalischer Meßmethoden wurden seit den 70er Jahren einige Kupferschmelzplätze vermessen, ausgewertet und für die Bergbauarchäologen präzise geortet. Mit den Vermessungsplänen ausgestattet wurden von den Bergbauarchäologen die metallurgischen Anlagen (Röstbette, Schachtöfen) der bronzezeitlichen Hütten freigelegt (2,3).



Abb. 1: Ansicht der durch eine montanarchäologische Grabung freigelegten Schachtöfen am Verhüttungsplatz „Versunkene Kirche“, Gemeinde Trieben/Österreich.

Die bergbauarchäologischen Grabungen am Verhüttungsplatz „Versunkene Kirche“, Stadtgemeinde Trieben, wurden gemeinsam von Bergbauarchäologen und Archäometallurgen durchgeführt (Abb. 1). Neben dem primären Forschungsziel, dem Freilegen der Hüttenanlagen und der Probenahme für archäometallurgische Untersuchungen um den Kupferschmelzprozeß zu rekonstruieren, war die bergbauarchäologische Befunderstellung des Baues der Schachtöfen ein Nebenziel dieser Forschungen.



Abb. 2: Ofenstein mit Schlackenaufgabe aus dem Kupferschmelzofen „Versunkene Kirche“, Gemeinde Trieben/Österreich.

Es wurden aus dem Ofeninneren (aus dem Versturzt) Ofensteine entnommen, deren Untersuchungsergebnisse Inhalt dieser Veröffentlichung sind. Ein systematisches Abtragen der Schachtöfen durch die Bergbauarchäologen wurde nicht durchgeführt. Die Gründe dafür waren, daß die Anlagen späteren Untersuchungen weiterhin zur Verfügung stehen sollten bzw. nach einer möglichen Restauration für Tourismusaktivitäten genutzt werden können. Um Schäden an den montanhistorischen Fundstätten zu vermeiden, wurden daher die freigelegten Verhüttungsanlagen wieder mit Erdreich überdeckt.

2. Mineralogische und mikroanalytische Untersuchungsergebnisse

Aufgrund der bei der bergbauarchäologischen Grabung am Verhüttungsplatz „Versunkene Kirche“ reichlich gefundenen Ofenmaterialproben konnte aus einer großen Zahl von äußerlich ähnlichen Exemplaren ein typisches noch mit Schlackenresten behaftetes Stück zur Beprobung und Untersuchung ausgewählt werden (Abb.2). Die Untersuchungen wurden mittels Lichtmikroskopie, Röntgendiffraktometrie und Elektronenstrahl-Mikroanalyse durchgeführt.

2.1. Mineralogische Untersuchung

Zum Bau der Schachtöfen in der Kupferhütte „Versunkene Kirche“ verwendeten die bronzezeitlichen Hüttenleute hauptsächlich phyllitisches Gesteinsmaterial. Diese Phyllite bestehen vorwiegend aus einem Mineralgemenge von feinverteiltem Quarz, kristallwasserhaltigen Aluminosilikaten, Hornblende, Amphiboliten, Feldspäten und örtlichen Eisenanreicherungen.

Als Folge der Temperaturen im Schachtöfen während des Schmelzbetriebes wird das Kristallwasser der Aluminosilikate ausgetrieben. Als Ofenmauerwerk stand daher ein mikroporöses, vergleichsweise gut wärmeisolierendes Material zur Verfügung.

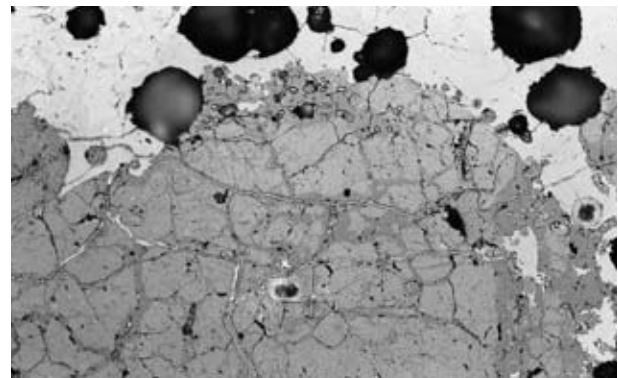


Abb. 3: Schlackenaufgabe; Aufsicht 60x; in Abb. sind Reste eines SiO₂-Kornes (obere Bildhälfte) und Christobalite (untere Bildhälfte) zu erkennen.

Lichtmikroskopische und röntgenographische Untersuchungen an der den Ofensteinen anhaftenden Schlacke brachten zwei völlig verschiedene Schlackensysteme an den Tag.

Eine erste, steinseitige Schlackenschicht besteht vorwiegend aus aufgeschmolzenem Ofenbaumaterial (Phyllitgestein und Lehm). In dieser sehr zähflüssigen aluminosilikatischen Schlackenschmelze hat sich feuerfestes SiO₂ in seiner Hochtemperaturform Cristobalit angereichert und gleichsam als schützende Schicht das Ofenmaterial vor weiterem Verschleiß bewahrt. In Abb.3 sind die Reste eines Quarzkornes (heller Bereich / obere Bildhälfte) und der von Rissen durchzogene Cristobalit (graues Material / untere Bildhälfte) zu erkennen. Die dunklen Bereiche sind Poren (zum Teil mit Schlackenglas gefüllt).

Völlig anders hingegen ist jene, aus dem eigentlichen Verhüttungsprozeß stammende Schlacke. Die Abb.4 läßt erkennen, daß diese Schlacke zur Zeit ihrer höchsten Temperatur praktisch völlig flüssig war. Lediglich einige Quarzkörnchen (weiße Kornreste am unteren Bildrand) haben den hohen Temperaturen noch widerstanden. Als die Schlacke abgekühlt wurde, erstarrte ein Teil zu dunklem Glas (dunkler Untergrund in Abb.4). Es konnten sich aber stengelige, blattförmige, strahlige oder sternförmige Kristalle und Kristalldendriten aus der Schlackenschmelze ausscheiden und so der Nachwelt als kleine mikroskopische Wunder erhalten bleiben.

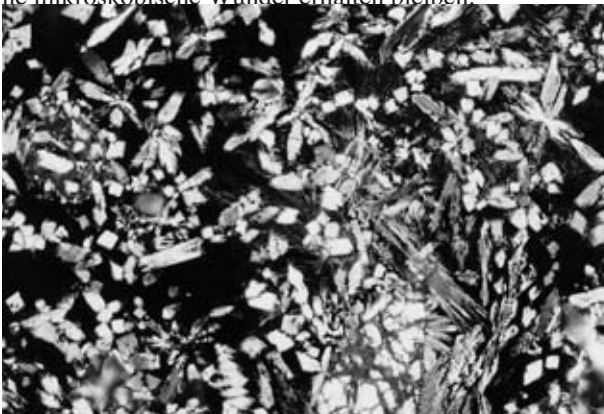


Abb. 4: Schlackenauflage; Durchlicht 90x; Kristallisation von Melilithkristallen aus der ehemals flüssigen Kupferschlacke.

2.2. Mikroanalytische Untersuchungsergebnisse

Die mit der Mikrosonde durchgeführten chemischen Analysen sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt. Folgende Ergebnisse sind aus den Tabellen abzuleiten:

- Die erstarrte Schlackenauflage besteht aus den Hauptphasen Magnesiumsilicat, Titan-Ferrit und Hornblende.
- Der Ofenstein ist in seinem Mikrogefüge recht inhomogen. Die Hauptkomponenten des Ofensteines (Tabelle 2) sind Feldspat, Ferroåkermanit, Hornblende, Titanit und Eisen-Titanat (siehe Abb.5).

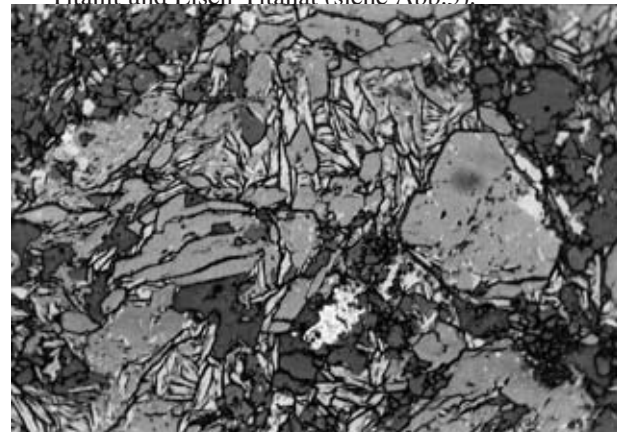


Abb. 5: Ofenstein; Auflicht 360x; Mikrogefüge des phyllitischen Gesteinsmaterials mit leistenförmigen Schichtsilikaten (Glimmer); Quarzkörner, Hornblende.

3. Zusammenfassung und Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Für die Metallurgen waren zunächst die Art der Schmelzöfen und deren Dimensionen von besonderer Wichtigkeit, da mit diesen Parametern Aussagen über die metallurgischen Fähigkeiten der bronzezeitlichen Ureinwohner abgeleitet werden können. Bei der Durchsicht der Grabungspläne der einzelnen Verhüttungsplätze fällt auf, daß die metallurgischen Aggregate sowohl in ihrer Dimension als auch in der Bauausführung von Tirol bis Niederösterreich festzustellende Gleichheit

Verbindung	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	Na ₂ O	MgO	MnO	K ₂ O	CuO
Phase										
MgO · SiO ₂	8,72	46,39	5,95	0,89	2,90	2,07	30,98	0,42	0,28	1,44
Hornblende	13,15	55,31	7,15	2,23	5,96	4,13	4,78	0,14	1,13	2,41

Tabelle 1: Zusammenstellung der mikroanalytischen Untersuchungsergebnisse der Schlackenauflage in Masse %

Verbindung	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	Na ₂ O	MgO	MnO	K ₂ O	CuO
Phase										
Feldspat	17,67	64,34	1,17	0,58	2,37	8,40	1,06	0,06	0,28	0,08
Ferroäkermanit	3,01	51,08	11,95	0,71	11,22	0,80	14,42	0,30	0,10	0,11

Tabelle 2: Zusammenstellung der mikroanalytischen Untersuchungsergebnisse des Ofensteines in Masse %.

aufweisen.

Daher war es das Ziel dieser Arbeit Erkenntnisse über den Bau der Schachtöfen und das dafür notwendige Baumaterial zusammenzustellen.

3.1. Bauausführung der Schachtöfen

Die bronzezeitlichen Schachtöfen zur Schwarzkupfererzeugung wurden in eine Hangstufe hineingebaut. Für die Aufmauerung der Schachtöfen verwendete man behauene Steine. Als Mörtel zwischen den Ofensteinen benutzten die Ofenbauer örtlich vorkommenden Lehm.

Die Ofenhöhe betrug mindestens einen, vermutlich aber 1,2 Meter. Die Schachtöfen waren zumeist als Zwillingsofen gebaut. Bei der Ofenanlage *“Versunkene Kirche”* war die Mauer zwischen den beiden Schachtöfen ca. 20 cm stark und in der Läufer-Bindertechnik gesetzt (siehe Abb.1).

3.2. Ofensteinmaterial

Für diese Art des bronzezeitlichen Ofenbaues waren plattige Steine von Vorteil. Daher wurde bewußt ein Gesteinsmaterial ausgewählt, das sich handwerklich leicht spalten läßt. Da bei der Verhüttungsanlage *“Versunkene Kirche”* selbst kein spaltbares, thermisch belastbares Gesteinsmaterial vorhanden war, wurde dieses von einem ca. 500 Meter entfernten Ausbiß herangeschafft (4). Weil am Verhüttungsplatz selbst keine Spuren einer Bearbeitung der rohen Ofensteine festgestellt wurden, dürften die Ofensteine bereits direkt am Bruch bearbeitet worden sein.

Als Gesteinsmaterial wurde Grünschiefer eingesetzt. Der Grünschiefer läßt sich leicht spalten und war gerade noch als Feuerfestbaustoff einsetzbar. Der Erweichungspunkt der Grünschiefer (Grünschiefer) liegt, wie Auf-

schmelzuntersuchungen nach DIN 51730 zeigen, bei 1200°C, der Schmelzpunkt der Grünschiefer wurde bei 1260°C gemessen. Der mit Sicherheit in der Bronzezeit bekannte Serpentin, am Lärchkogel bzw. im Lorenzergraben anstehend, hat einen Erweichungspunkt von ca. 1500°C, wäre daher feuerbeständiger, wurde aber nicht eingesetzt, d.h. die Auswahl des Gesteinsmaterials für den bronzezeitlichen Schachtofenbau erfolgte beim Verhüttungsplatz *“Versunkene Kirche”* wegen der vorzüglichen Spaltbarkeit.

Während des Schmelzens wurden im Bereich der flüssigen Schmelzen (Schwarzkupfer, Kupferstein, Schlacke) Temperaturen über 1350°C im Schachtofen erreicht. Die gute Haltbarkeit des Schachtofens wurde dabei durch eine erstarrte Schlackenauflage (Schlackenauflage ist ein Reaktionsprodukt aus dem Ofenstein, dem Ofenlehm und der Kupferschlacke) gewährleistet.

Anmerkungen:

- (1) Preßlinger, Hubert und Eibner, Clemens: Montanwesen und Siedlungen in der Bronzezeit im Palental (Österreich).- In: Der Anschnitt 48 (1996), Heft 5-6, S.158-165.
- (2) Preßlinger, Hubert; Walach, Georg und Eibner, Clemens: Bronzezeitliche Verhüttungsanlagen zur Kupfererzeugung in den Ostalpen.- In: Berg- u. hüttenm. Mh. 133 (1988), S.338-344.
- (3) Preßlinger, Hubert; Walach, Georg; Eibner, Clemens und Prochaska, Walter: Montanarchäologische Untersuchungsergebnisse eines urnenfelderzeitlichen Kupfererzverhüttungsplatzes bei Mautern/Steiermark.- In: Berg- u. hüttenm. Mh. 137 (1992), S.31-37.
- (4) Stadtgemeinde Trieben, KG. Schwarzenbach, Par-