

Klaus Oeggel, Gert Goldenberg,  
Thomas Stöllner & Mario Prast (Hg.)

**Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und  
seinen angrenzenden Gebieten**

**Proceedings zum 5. Milestone-Meeting des  
SFB-HiMAT vom 7.–10.10.2010 in Mühlbach**

## Spezialforschungsbereich (SFB) HIMAT

Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten –  
Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft  
Universität Innsbruck

Der SFB HiMAT wird gefördert vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, der Autonomen Provinz Bozen Südtirol, der Kulturabteilungen des Landes Tirol, des Landes Salzburg und des Landes Vorarlberg, Stand Montafon, Gemeinde Bartholomäberg, Gemeinde Silbertal, Stadt Schwaz, Universität Innsbruck, transidee Transferzentrum Universität Innsbruck, Industriellenvereinigung Tirol und Wilhelm-Mommertz-Stiftung Bochum.



Der Wissenschaftsfonds.



© innsbruck university press, 2011

Universität Innsbruck, Vizerektorat für Forschung

1. Auflage

Alle Rechte vorbehalten.

Umschlagmotiv: Bergbau- und Heimatmuseumsverein, Mühlbach

Bearbeitung: Mag. Barbara Viehweider

Produktion: Sterndruck GmbH, Fügen

[www.uibk.ac.at/iup](http://www.uibk.ac.at/iup)

ISBN 978-3-902811-13-4

# Überlegungen zur Funktionsweise des mittelbronzezeitlichen Nassaufbereitungskastens vom Troiboden<sup>1</sup>

Thomas Stöllner<sup>1,2</sup>, Dagmar Fritzsche<sup>3</sup>, Anton Gontscharov<sup>2</sup>, Dirk Kirchner<sup>1</sup>, Kurt Nicolussi<sup>4</sup>, Thomas Pichler<sup>4</sup>, Robert Pils<sup>5</sup>, Michael Prange<sup>1</sup>, Heinrich Thiemeyer<sup>3</sup> & Peter Thomas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Deutsches Bergbau-Museum, Bochum

<sup>2</sup>Ruhr-Universität Bochum, Institut für Archäologische Wissenschaften

<sup>3</sup>Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, Institut für Physische Geographie

<sup>4</sup>Universität Innsbruck, Institut für Geographie

<sup>5</sup>Verein Montandenkmal Arthurstollen, Bischofshofen

## Der Hauptgang – Aufbereitungslandschaft am Troiboden

### *Einleitung*

Die im Rahmen des HiMAT-Projektes erstmals seit 1972 wieder durchgeführten Grabungen am Troiboden haben durch den Fund eines Nassaufbereitungskastens im Jahr 2008 und 2009 die Diskussion um die hochkomplexen Aufbereitungstechniken des bronzezeitlichen Bergbaues erneut belebt. Der Troiboden ist ein Hochmoorgebiet, das sich beidseits des berühmten Hauptganges am Mitterberg erstreckt. Es besteht aus dem Langmoos und dem Sulzbachmoos. In letzterem sind parallel zum prähistorischen Bergbau die Halden des trocken- und nassmechanisch durchgeführten Aufbereitungsprozesses eingelagert. Die Halden erstrecken sich auf knapp 200 m parallel zum bronzezeitlichen Pingenzug, der sich östlich des Scheitels bis über den Sulzbachgraben hinaus in Richtung Vorderkeil erstreckt. Hier wurden die verwachsenen Kupfererze aus dem Abbau für den nachgeschalteten Verhüttungsprozess aufbereitet und konzentriert. Die Aufbereitungslandschaft auf dem Troiboden zählt aufgrund der guten organischen Erhaltungsbedingungen und aufgrund ihrer Größe zu den bedeutendsten Befunden der bronzezeitlichen Bergbaugeschichte der Ostalpen.

---

<sup>1</sup> Eine längere und detailliertere Version des Artikels mit Einzelbeiträgen ist an anderer Stelle geplant. Die Ergebnisse sind hier von T. Stöllner zusammengefasst und interpretiert: T. Stöllner und A. Gontscharov haben Stratigraphie und Befund aufgearbeitet.

### *Forschungsgeschichte*

Erste Funde wurden am Troiboden schon zu Beginn des 20. Jh. gemacht, als das Areal als Torfstich betrieben wurde. Der Torf wurde als Heizmaterial für den am Mitterberg betriebenen Bergbau genutzt. Dabei kamen verschiedentlich Funde wie Holzpfähle („Pfahlbau“) zum Vorschein. Die Anlage einer grabenartigen Rösche im östlichen Teil des Sulzbachs führte 1928 schließlich auch zur Entdeckung der bronzezeitlichen Abbauhalden. Sie wurden später durch Sondagen von E. Preuschen weiter untersucht (siehe zusammenfassend: Zschocke & Preuschen, 1932, 109 ff.). Schon in den dreißiger Jahren erfolgte eine pollenstratigraphische Beschreibung durch F. Firbas, die verdeutlichte, dass die bronzezeitlichen Halden auf einer älteren, holozänen Moorbildung aufgelagert waren. Oberflächennahe Tümpel zwischen den Halden hatten zu einer erneuten Moorbildung über den Aufbereitungshalden geführt (siehe: Firbas in: Zschocke & Preuschen, 1932, 173 ff.).

In den späten 1960er Jahren wurde durch die Mitarbeit von C. Eibner und A. Eibner-Persy die Grabung am Troiboden erstmals flächig ausgeführt. So konnte schon 1968 neben der genannten Rösche ein erster Aufbereitungskasten in Teilen untersucht werden (siehe unten; Eibner-Persy & Eibner, 1970). Vor allem im nördlichen Teil der Aufbereitungslandschaft konnte eine aus mehreren 5 m x 5 m großen Quadranten gebildete Grabungsfläche systematisch untersucht werden (Eibner, 1972; ders. 1974). Am Rande der Quadranten A3/4 wurde schließlich eine Ecke des hier vorgestellten Kastens entdeckt.

C. Eibner konnte zusammen mit E. Preuschen eine erste Differenzierung der Halden in Grob- und Feinkornabgänge vornehmen und erstmals einen Verfahrensablauf der Aufbereitung erarbeiten (Eibner, 1979). Nass- und trockenmechanische Prozesse scheinen demnach in genauer Abstimmung zueinander gestanden zu haben, so wurde zunächst eine Trennung in direkt verhüttbare Derberze und verwachsene Erze vorgenommen. Letztere wurden in die Feinaufbereitung verbracht. Durch trockene Zerkleinerungsarbeit (Pochen und Mahlen) wurde ein mehlfeines Erzkonzentrat erzeugt, das schließlich nassmechanisch aufbereitet wurde. Die Trennung von Erz und taubem Nebengestein sei schließlich mittels des Stauchsiebsetzens vorgenommen worden. Diese aus historischer Zeit bekannte Methode wurde bereits von Pošepny im Jahre 1880 auf Grundlage der Befunde von der Kelchalm erschlossen (Befunde in den alten Verhauen oberhalb des Danielistollens; Preuschen & Pittioni, 1937, 3 f. Anm. 3) und auch von Preuschen und Pittioni angenommen (Preuschen & Pittioni, 1937, 155; Eibner, 1979). Für die Holzmesser, die sowohl am Troiboden als auch auf der Kelchalpe aufgefunden wurden, vermutete man schon früh einen Bezug zu den nassmechanischen Aufbereitungsarbeiten (Preuschen & Pittioni, 1937, 80 f.; „Streichmesser“: Eibner, 1972, 7 f. Außerdem: Klaunzer, 2008, 117 f.). Der konzentrierte Erzschlamm wäre schließlich mit Hilfe von Sichertrögen weiter konzentriert worden. Ein Schlichfund mit ca. 10 % Cu Gehalt belegt, mit welcher Akkuratess die bronzezeitlichen Aufbereitungsspezialisten gearbeitet haben. In welchem Zusammenhang die Werkskästen zu diesem Prozess standen, blieb aber unklar: A. Eibner-Persy und C. Eibner konnten 1970 nicht mehr als „irgendeine Beziehung zur nassmechanischen Feinaufbereitung“ folgern,

und deuteten den Kasten als „Depot für die Zwischenlagerung von Feinkonzentrat“ (Eibner-Persy & Eibner, 1970, 19).

### *Neue Untersuchungen 2008-2009*

Ziel der neuen Untersuchung waren zunächst Überlegungen, inwieweit man die Haldenstratigraphien sowie die Aufbereitungslandschaft selbst weiter zeitlich differenzieren könnte. Da der Bergbau selbst nicht mehr zugänglich ist, sind hier grundsätzliche Zugänge zur Datierung des Hauptgangbergbaus möglich. Natürlich interessierten aber auch übergeordnete Strukturen der Wasserhaltung und des Aufbereitungsgangs, ist doch das Troibodenmoor als hypertrophes Hochmoor nicht mit einer permanent gleichmäßigen Wasserzufuhr gesegnet. Insofern wurden erste Voruntersuchungen im Bereich der Grabung Eibner 1968 an der Rösche eingeleitet und schließlich auch die Grabungsstellen nahe der Grabung 1970-1972 an den seinerzeitigen Quadranten A3/A4 und B3 einbezogen.

So gelang durch die Erweiterung des alten Schnittes B3 die Auffindung eines Holzrosts, der mit einer Planierung im Zuge der Platzherrichtung verbunden werden muss: Zwischen den verlegten Fichten- und Lärchenhälblingen waren grobe Aufbereitungsrückstände eingefüllt und planiert worden. Später ist der Bereich durch Fein- und Grobkornhalden des Scheideprozesses überschüttet worden. In Schnitt A3/A4 schließlich konnte der schon 1971 entdeckte Kasten (Eibner, 1972, 5 ff.) vollständig freigelegt und nach stratigraphischen Grabungsprinzipien ausgegraben werden. Durch erneute Keramikfunde konnte schon am Beginn eine ungefähre Datierung in das 14. Jh. v. Chr. gesichert werden (siehe auch: Eibner, 1972, 7 f. Abb.).

## Der Nassaufbereitungskasten

### *Stratigraphie und Befund*

Die Grabung hat 2008 und 2009 den Kreuzungsbereich der seinerzeitigen Schnitte A3 und A4 durch einen neuen Schnitt erweitert. Grabungstechnisch bestand die Schwierigkeit darin, dass die alten, wiederverfüllten Schnitte keine großflächige Arbeit ermöglichten und auch die Wasserableitung der Feuchtsedimente behinderten. Ein vorzeitiger Wintereinbruch hat 2008 überdies zu einem Abbruch der Grabung geführt. Erst 2009 konnte der Befund vollständig erfasst werden. Die Holzteile des Nassaufbereitungskastens formten ein Geviert aus eingesenkten Brettern, von denen jene im Süden und im Norden länger waren und eine Nut aufwiesen. Nach außen und innen waren die Bretter von kleinen Holzpiloten gestützt: wir fanden diese in der SO- und der NW-Ecke, ein einzelner Pilot stand auch an der W-Seite. In der Mitte des Kastens

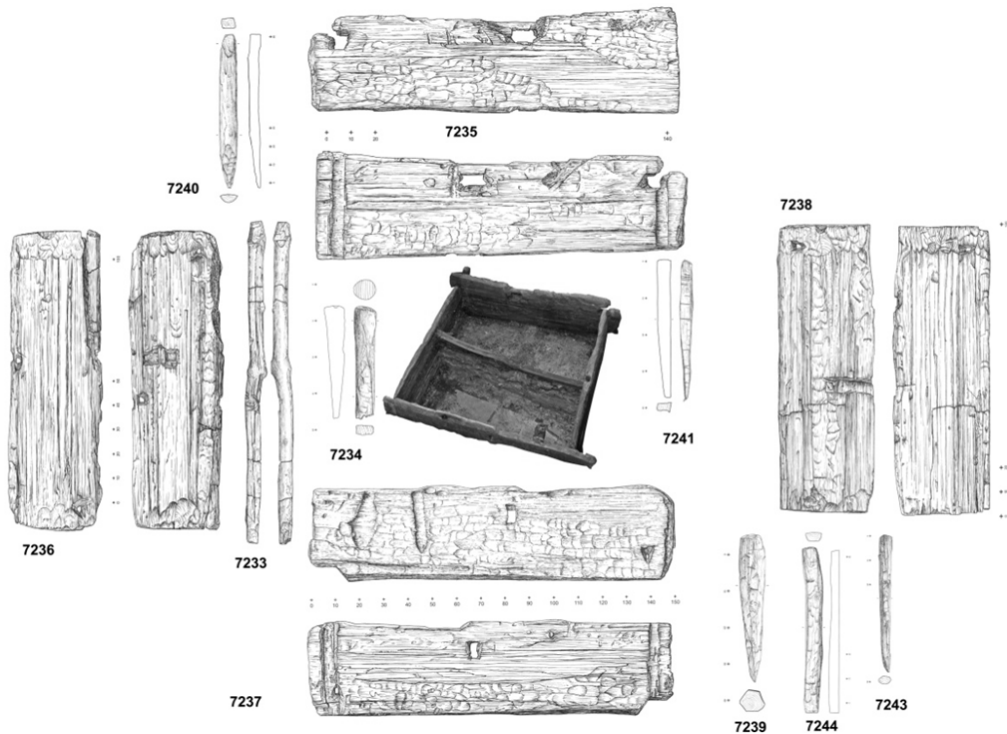


Abb. 1: Troiboden, Nassaufbereitungskasten: der freigelegte Befund ohne die abgegrabene Sedimentfüllung; Bretter, Mittelstange und Pflöcke sowie spatelförmiger Holzkeil. Fotos/Zeichnungen: DBM/RUB, P. Fleischer, A. Kuczminski, T. Stöllner, P. Thomas.

war schließlich eine Querstange eingelassen, die in zwei Ausnehmungen verkeilt war, die an den kürzeren Querbrettern etwa auf halber Höhe ausgestemmt worden waren (siehe unten). Wichtig für die Befunddeutung ist zudem die Tatsache, dass die beiden Längsbretter jeweils gestemmte Löcher im oberen Drittel aufwiesen, einmal im Südosten, einmal im Nordwesten. Jenes im Südosten lag zudem absolut höher als jenes im Nordwesten. In Ausströmrichtung war der Holzkrans ebenfalls leicht schräg gestellt (Abb. 1).

Die Schichtverhältnisse im Kasten sowie in seinem Umfeld können durch die Grabungsdokumentation der 1970er Jahre bzw. die neuen Befunde einigermaßen rekonstruiert werden: Im Umfeld des Nassaufbereitungskastens liegen Aufbereitungshalden, die den Kasten teilweise überdecken. Zwischen diesen Halden haben sich schließlich tümpelartige, anmoorige Sedimente gebildet, die zugleich die nachbronzezeitliche Moor- und Vegetationsentwicklung aufschließen. Schichten, die im Zuge des mit dem Kasten gleichzeitigen Aufbereitungsprozesses

abgelagert wurden, konnten sowohl im Kasten als auch in stratigraphisch kongruenter Lage außerhalb dokumentiert werden. Außerhalb des Kastens handelt es sich um planierte, schottrige Laufsichten, die etwa im Westen – im Umfeld eines Ausflussloches im Holzkranz – von schluffigen Feinsedimenten überdeckt waren. Die Sedimente im Inneren waren dagegen deutlich zweigeteilt: Im oberen Teil des Kastens wurde eine sehr fein aufgefächerte Abfolge von dunklen, schluffigen, mineralreichen, fein- bis grobklastischen Schichten beobachtet, während im unteren Kastenteil schluffige, homogene und nur wenig gebänderte Schichten vorlagen. Die oberen Schichten waren zudem häufig mit fein-kiesigen Schwemmschichten durchzogen und ließen „Verwirbelungen“ im Umfeld von „tümpelartigen“ Vertiefungen in den darunter liegenden Schichtoberflächen beobachten. An den Rändern des Holzkranzes waren zudem Schichten zuweilen angehäuft. Die stratigraphische Ausgrabung wie auch die Sedimentansprache ließen erkennen, dass offensichtlich Wasser aus dem Südosten eingeströmt und über das Loch im Nordwesten wieder ausgeflossen war. An der Querstange, die sich genau auf Höhe des südöstlichen Einstromloches befand, könnte demnach Wasser leicht angestaut worden sein. Zudem scheinen sich im Kasten Tümpel gebildet zu haben.

Die abschließende Bergung des Holzkranzes führte auch zur Nachuntersuchung der Pfostenstellungen und zur Entdeckung einer Spundwand aus mindestens drei einseitig angespitzten Spundbrettern nach Westen, die sich leicht überlappend in den Untergrund getrieben worden waren. Eine tiefere Reihe von Pfosten wurde an der Unterkante der Versteifungspiloten im SO wie auch im NW entdeckt und ließen den Verdacht aufkommen, es handle sich dabei um eine ältere Bauphase des Kastens. Die geringfügig ältere dendrochronologische Datierung der mit dieser tieferen Pilotenreihe verbundenen Spundbretter (siehe unten) lässt das möglich erscheinen. Eine Klärung dieser Frage kann aber nur durch eine größerflächige Ausgrabung in den schluffigen Sedimentschichten des Untergrundes erfolgen.

### *Die Datierung*

Die von PP13 des HiMAT (T. Pichler, A. Thurner, K. Nicolussi) erarbeitete absolute Datierung kann als großer Erfolg gewertet werden. Noch vor wenigen Jahren haben alpine Hochlagenchronologien kaum in die Mittelbronzezeit zurück gereicht. Die Ausgangslage ist nun seit wenigen Jahren verbessert – die alpine Hochlagenkurve reicht derzeit 9111 Jahre zurück (Nicolussi et al., 2009).

Die Messung der Jahrringbreiten musste aufgrund konservatorischer Erwägungen möglichst nicht invasiv erfolgen. Hier wurden bildanalytische Verfahrensweisen mit einbezogen. Zunächst konnten die Messdaten der Fichtenbretter (*Picea abies*) sowie die Piloten aus Lärche (*Larix decidua*) und Tanne (*Abies alba*) sowie der Erle (*Alnus* spp.) zu einer lokalen Mittelkurve korreliert und schließlich auf der ostalpinen Standardkurve (siehe oben) absolut datiert werden. Da in der Regel die Waldkanten erhalten blieben, kann auch eine jahrgenaue Datierung des Fällzeitraumes der für die Errichtung der Anlage benötigten Bäume bestimmt werden. Demzufolge zeichnet sich für die archäologischen Hölzer des Nassaufbereitungskastens fol-

gendes Bild: An allen vier Kastenbohlen ist die Ausbildung der Frühholzzellen abgeschlossen. Vereinzelt sind Ansätze zu Spätholzzellen erkennbar, so dass hier eine Fällung im Spätsommer 1376 v. Chr. vorliegt. Etwas früher erfolgte hingegen die Schlägerung der für die Spundbretter verwendeten Bäume: Der letzte Jahrring ist an zwei der drei Spundbretter vollständig ausgebildet, eine Schlägerung während der Vegetationsruhe, also im Winterhalbjahr 1377/76 v. Chr., ist hier bestimmbar. An den beiden Lärchenpflocken ist wiederum von einer Fällung im Spätsommer 1375 v. Chr. auszugehen.

Auffallend ist die Dominanz der Sommerfälldaten (meist Spätsommer) an den analysierten Proben. Dieser Schlägerungszeitraum erscheint vor dem Hintergrund der in diesem Gebiet vorherrschenden Witterung jedoch kaum verwunderlich. Ist hier doch in der alpinen Randzone mit jährlichen Niederschlägen bis 2500 mm, im Winter in Form von Schnee, zu rechnen, was bei entsprechenden Schneehöhen die Fällarbeiten erheblich erschweren kann (Kilian et al., 1994). Entsprechend erfolgte die Schlägerung der für die Spundbretter verwendeten Bäume entweder noch im Herbst 1377 oder im Frühsommer 1376 unmittelbar vor Wachstumsbeginn und damit wenige Monate vor jener der Kastenbohlen (Spätsommer 1376). Die Datierung macht klar, dass die Anlage im Wesentlichen 1376 v. Chr. gebaut wurde. Dazu musste das Gelände drainagiert und vorbereitet werden. Im Jahr 1375 wurde die Anlage nochmals umgebaut, vielleicht weil sie durch die zunehmende Einschlämmung des Untergrundes höher gesetzt werden musste. Dies lässt aber erkennen, dass der Nassaufbereitungskasten selbst nur wenige Jahre in Betrieb gewesen sein kann.

### *Der Holzbefund und seine Aussage*

Wichtige Hinweise zur Funktionsweise können aus den Herstellungs- und Nutzungsspuren der Holzteile des Nassaufbereitungskastens erschlossen werden (*Abb. 1*). Die aus Fichte gespaltenen Bretter wurden hirnseitig abgebeilt und auch entlang der Spaltflächen überbeilt. Diese aufwändige Arbeit ist vor allem an den längeren Nord- und Südbrettern ausgeführt worden. Die kürzeren Querbretter wurden weitgehend roh belassen und nur an den Enden verjüngend zugebeilt, um sie besser in die Nut einfügen zu können. Die Herstellung lässt vor allem an den beiden längeren Brettern 7235 und 7237 zwei Qualitäten bzw. „Hände“ erkennen: So ist die Nut an den jeweiligen Enden in jeweils unterschiedlicher Qualität ausgeführt. Dasselbe gilt für die hirnseitige Abbeilung der Enden, was nahelegt, dass an einem Brett jeweils zwei Personen beteiligt gewesen sind. Auch die Analyse der Schneidenbreite der verwendeten Dechsel oder Beile lässt den Einsatz zweier Geräte mit durchschnittlichen Schneidenbreiten von 3,9 cm bzw. 3,7 cm erkennen.



Weitere Bearbeitungen entziehen sich bisher einer sicheren funktionalen Ansprache. Hierzu zählen dreieckige Löcher, die nahe der Unterkante an drei der Bretter angebracht wurden, Ausklinkungen an jeweils einer Ecke des Nord- und Südbretts, ein kleines Einstemmlloch knapp unterhalb der Oberkante des Ostbretts (7236) sowie kleine Kerben, die sich in mehreren Fällen an den Kanten der Bretter finden<sup>1</sup>.

Die Holzteile lassen aber auch zahlreiche Spuren der Nutzung erkennen, die für eine Rekonstruktion der Funktionsweise wesentlich sind (*Abb. 1*). Auf das mögliche Höhersetzen des Holzkranzes wurde schon verwiesen. Es gibt Argumente, dass die seitlich zur Stabilisierung eingeschlagenen Pfosten/Piloten mehrfach und bei Bedarf umgesetzt wurden. Ebenso ist die Oberflächenerhaltung der Bretter deutlich dreigeteilt: Die im schluffigen Sediment liegenden unteren Teile von Brett 7238 sind am besten erhalten, während die nachgedunkelten mittleren Teile eher löchrig sind und Läsionen aufweisen. Die oberen Teile der kurzen Bretter schließlich sind deutlicher nachgedunkelt, spröde und von Eisenkorrosionsresten überzogen. Dies hängt sicher mit der Nutzung der Anlage und der unterschiedlichen Exposition der Holzbereiche zusammen.

Besonders interessant sind die Modifikationen, die sich an den Einnutungen der Mittelstange aus Erle (*Alnus* spp.) beobachten lassen: Das im Westbrett (7236) eingestemmte Loch, das der Aufnahme des Mittelstegs diente, muss zu einem bestimmten Zeitpunkt den Erfordernissen nicht mehr genügt haben und wurde durch ein weiteres Einstemmlloch nach oben erweitert. Als Auflage für den Steg wurde anschließend ein kleiner Buchenkeil (7236-1) in das Holz getrieben sowie – vielleicht zu einem noch späteren Zeitpunkt – ein kleines Holzplättchen untergelegt (7236-2). Auch auf der gegenüberliegenden Seite wurde in den Schlitz des Ostbrettes (7238) ein Buchenkeil eingetrieben, der die Auflage des Steges um mehrere Zentimeter anhob. Hier fand sich zudem ein fragmentiertes, spatelförmiges Holzgerät mit rundem Griff, das vielleicht einer zusätzlichen Fixierung diente. Dieses Höhersetzen hängt offensichtlich mit der zunehmenden Sedimentfüllung des Kastens zusammen.

Dieser letzte Eingriff an der Mittelstange stellt eine nicht reversible Modifikation dar. Dafür sprechen die Buchenkeile, von denen zumindest derjenige in 7238 das Brett vollständig durchschlagen hat, ohne es jedoch zu spalten. Das Holz scheint demnach durch den langen Kontakt mit Wasser bereits sehr weich geworden zu sein. Ein gesamtes Höhersetzen lohnte demnach nicht mehr. Um den Kasten dennoch eine Weile weiter nutzen zu können, wurde daher der Steg etwas nach oben versetzt, bevor die Konstruktion, wahrscheinlich bald darauf, endgültig aufgegeben wurde.

---

<sup>1</sup> Mit diesen vergleichbare kleine Kerben finden sich auch auf den Grubenhölzern aus dem prähistorischen Bergbau des Arthurstollens: Thomas 2009, 26 ff. und 44 ff.

### Die Gerätefunde

Neben den Beobachtungen zur Stratigraphie und den Holzteilen der Konstruktion erlauben vielleicht auch die innerhalb des Kastens gefundenen Holzgeräte eine Annäherung an die Funktionsweise. Dabei können funktionstüchtige und weitgehend vollständige sowie fragmentierte Geräte beschrieben werden (Abb. 2). Zwei handtellergroße Kombinationsgeräte gehören zu dem Poch- bzw. Mahlprozess der schon grob vorgeschiedenen Erze (7207, 7225). Daneben ist ein „bügeleisenförmiger“ Läuferstein einer Erzmühle zu nennen (7074). Sinngemäß sollte das Mahlen des Erzkonzentrats vor der letzten Nassaufbereitung stattgefunden haben. Den Mahlprozess verdeutlichen auch einige Fragmente von Unterlagsplatten (7131, 7066), die freilich sekundär in den Haldenresten verlagert wurden und nicht direkt mit der Anlage zu verbinden sind. Auch Scheidplattenfragmente des Pochprozesses sind zu nennen (7130). All das verdeutlicht, dass die trockenmechanische Erzkonzentration direkt neben der Nassaufbereitung durchgeführt wurde, vielleicht in einzelnen Zwischenschritten mit dieser verbunden war. Erzmühlenreste sind zahlreich auch aus den Grabungen C. Eibners überliefert (Eibner, 1972, 8 ff.).

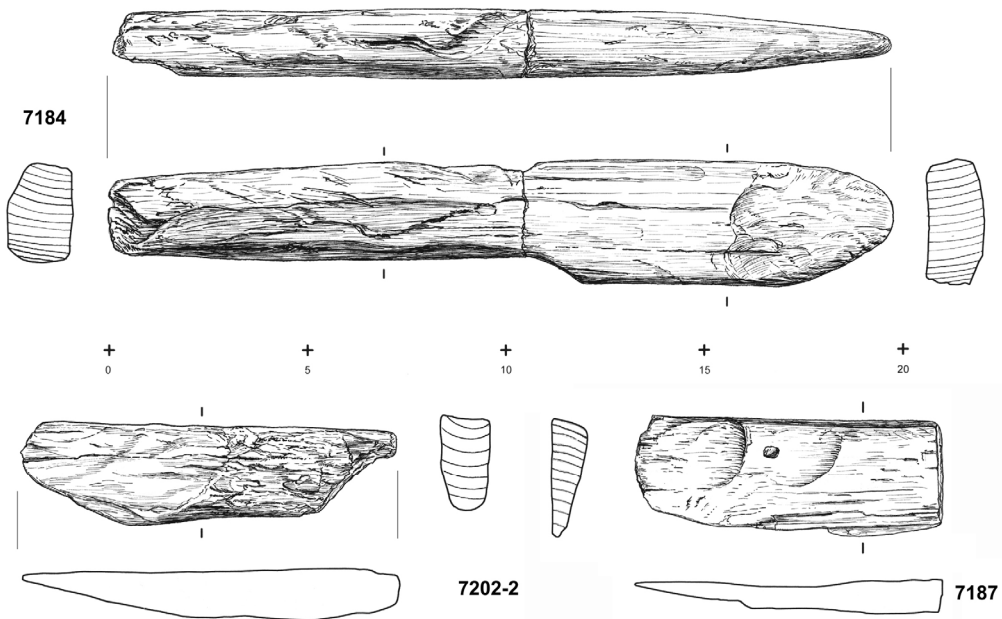
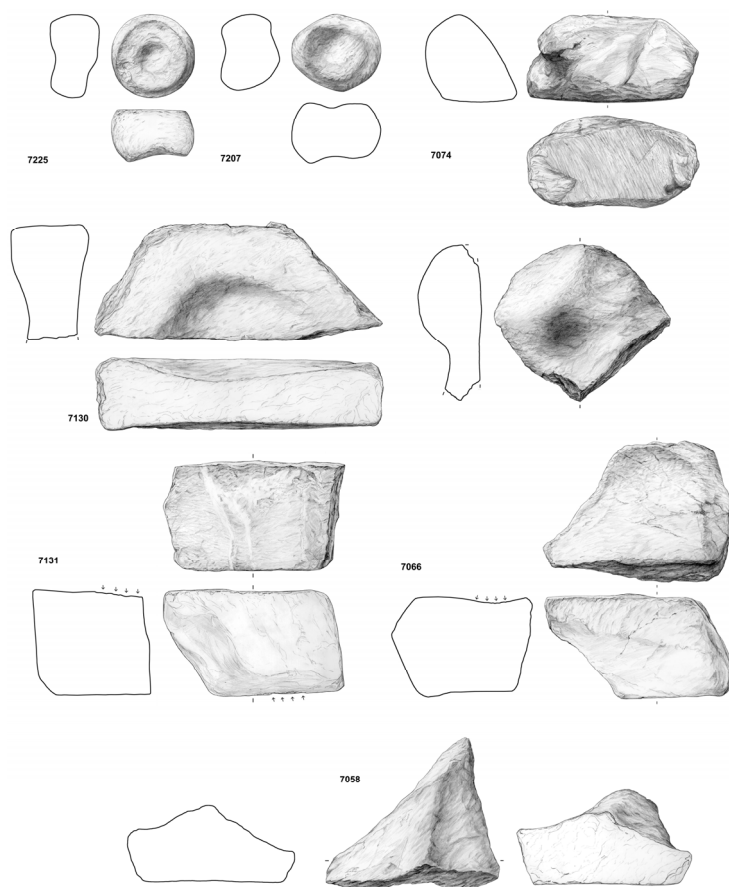


Abb. 2: Troiboden, Nassaufbereitungskasten: Steingeräte aus dem Inneren und dem Umfeld des Werkskastens. Fotos/Zeichnungen: DBM/RUB, A. Kuczmanski,

Interessant sind überdies Holzmesserfunde (7184, 7202-2; *Abb. 3*), die Funden von der Kelchalm, aus dem Maukengraben sowie jenen der Grabung C. Eibner 1971 ähneln (Eibner, 1972, 7 Abb.; Klaunzer, 2008, 117 f.). Jene des Jahres 1971 wurden nur etwa 2 m südlich des Kastenkranzes in blauem Sediment gefunden. 7184 lässt deutlich einen Griff und eine flache, abgerundete „Klingenpartie“ erkennen. Offensichtlich wurde damit etwas abgestrichen. Ein funktionaler Zusammenhang ergibt sich hierbei vielleicht mit der Mittelstange, deren flache Oberfläche zahlreiche schräge Abnutzungsriefen erkennen lässt. Ist es denkbar, dass diese Streichmesser dazu dienten, den leichteren, angestauten Aufbereitungsschlamm aus taubem Feinsediment über die Mittelstange abziehen?



*Abb. 3 Troiboden, Nassaufbereitungskasten: Holzmesser, sog. „Streichmesser“, und mögliches Fragment (7187). Fotos/Zeichnungen: DBM/RUB, P. Fleischer, A. Kuczminski.*

## *Die Sedimente*

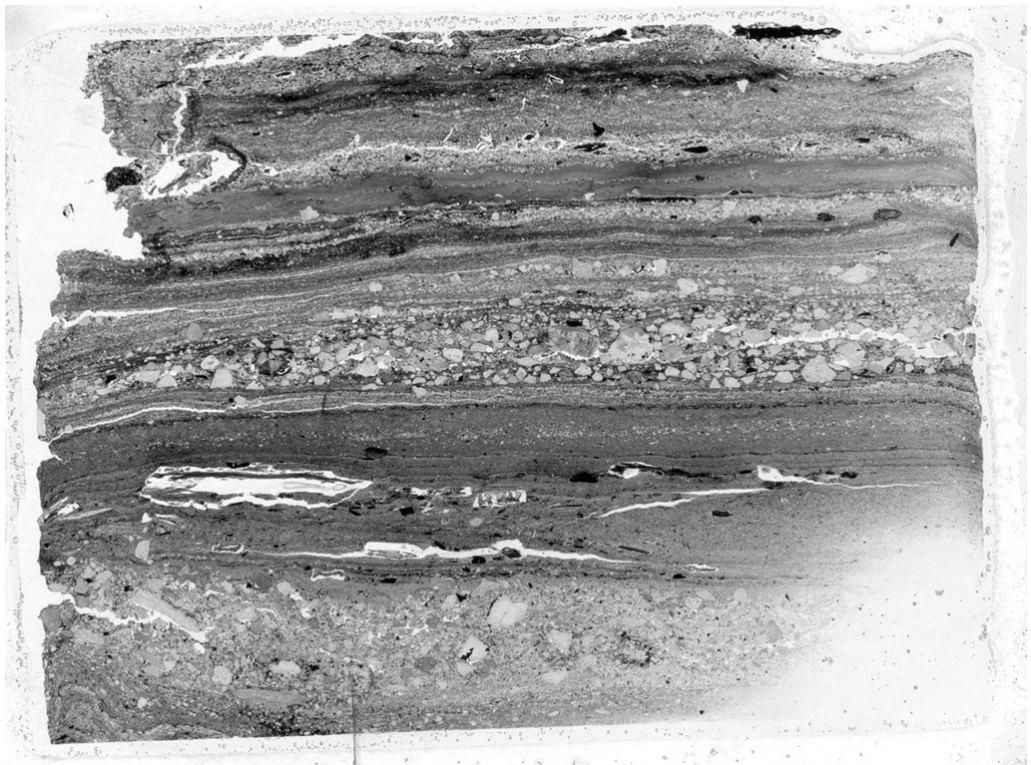
Alle Sedimente aus dem Kasteninneren wurden auf einer Waschanlage durchflotiert und nach Fundmaterial durchgesehen. Die grobklastischen Flotierungsrückstände (über 2 mm Korngröße) wurden nach Schichtverbund aufbehalten und konnten im Anschluss grob klassifiziert werden. Demnach können die Schichten nach der grobklastischen Fraktion in einige grundsätzliche Schichtarten unterteilt werden: Häufig sind etwa Schichten aus feinem Phyllit und Quarzsand, sowie Schichten aus größerem Phyllit und Quarzsand, die mit größeren Quarzstücken vermischt waren. Demgegenüber liegen auch Grobfractionen aus gepochtem grobem Quarz mit nur geringem Phyllitanteil vor. Unabhängig von den verfahrenstechnischen Aspekten der Aufbereitung lässt allein diese Schichtzusammensetzung schon den Schluss zu, dass offensichtlich auch gröber fraktionierte, verwachsene Erze im Kasten gewaschen wurden und nicht nur feine Erzschlammungen verarbeitet wurden. Dies ist ein Hinweis auf eine bestimmte Multifunktionalität.

Insofern wurde eine genaue mikromorphologische Untersuchung der Sedimente durchgeführt, an der die Art des Sedimentationsprozesses wie auch eine mögliche Metallanreicherung beurteilt werden sollte. Ein Sedimentblock aus dem Inneren des Kastens (unterhalb der Mittelstange) wurde im Block geborgen und für eine Untersuchung der Mikromorphologie und der Metallanreicherung in den einzelnen Schichten im Labor verprobt. Die Untersuchung nach den Mineralgehalten und der Metallanreicherung der getrockneten und homogenisierten Schichten ist am materialkundlichen Labor des DBM erfolgt. Die mikromorphologischen Untersuchungen lagen in den Händen des Instituts für Physische Geographie der Universität Frankfurt (H. Thiemeyer, D. Fritsch). Der geborgene Sedimentblock mit Ablagerungen des Waschkastens wurde in Anlehnung an Altemüller (1962) präpariert. Daraus wurden drei Dünnschliffe angefertigt, die einen Einblick in Stratigraphie, Mikrostruktur und die inhaltliche Zusammensetzung der Ablagerungen erlauben.

Nach der Mikromorphologie können die oberen Profileile (d. h. etwa bis zur Unterkante der Ausnehmungen an den kurzen Brettern; *Abb. 4*) von jenen des unteren Profileils getrennt werden. In den oberen Schichten lassen sich starke Verwirbelungen z.T. mit Holzkohleflittern, die Einregelung von größeren und feineren Sedimenten wie auch karbonatische Gesteine mit zum Teil eingeschlossenen, erzführenden Körnern sowie grobe Steinfragmente mit mineralischem Staub erkennen. Die Korngrößen reichen von Feinschluff bis hin zu Sandkörnern von 200 µm, vereinzelt auch bis zu 2 mm Durchmesser. Daneben existiert eine beträchtliche Menge opaker (undurchsichtiger) Körner und Fragmente, die unter schräg einfallendem Auflicht (OIL) einen metallischen Glanz zeigen. Bei diesen handelt es sich wahrscheinlich um Erz. Anhand dieses Merkmals sind Erzurückstände sehr gut von organischen Resten und von ebenfalls opaken Holzkohlefragmenten und -flittern unterscheidbar (vgl. Stoops, 2010), die in nahezu allen Schichten vorkommen. Sehr deutlich ist die Sortierung der Materialien nach ihrem spezifischen Gewicht sichtbar. So gibt es Schichten, die auf chaotische Ablagerung größerer Fraktionen hinweisen. Diese chaotische Ablagerung basiert auf einer Sedimentation bei höheren Fließgeschwindigkeiten. Holzkohlefragmente sind deshalb in dieser Schicht kaum vorhanden. Über-

deckt wird diese Lage von einer feinsedimentreichen Schicht, die in deutlich ruhigerem Sedimentationsmilieu abgelagert worden sein muss. Wahrscheinlich kam die Wasserbewegung durch Überstauung zeitweilig zum Erliegen, so dass feines, leichtes Material, wie Holzkohleflitter, langsam sedimentieren konnte.

Im mittleren und unteren Sedimentdünnsschliff sind feine Sedimentationsschichten stärker vertreten. Hier finden sich diese feine Schichten in dichter Lagerung: Eine ruhige und massive Zuschlammung ist somit wahrscheinlich. Dennoch gibt es auch gröbere Schichten, die nicht oder nur vereinzelt eingeregelt wurden. In diesen Fällen sind die mineralischen Anteile erhöht.



*Abb. 4 Troiboden, Nassaufbereitungskasten: mikromorphologischer Dünnschliff des oberen Sedimentblockteils. Foto: Univ. Frankfurt, D. Fritsch.*

Die Proben für die Metallgehalte aus den einzelnen Schichtpaketen konnten nur makromorphologisch differenziert entnommen werden. Dabei zeigt sich in den Schichten grundsätzlich ein erhöhter Erzanteil bei geringerem Karbonat- und Silikatanteil. Die Metallgehalte korrelieren positiv und lassen erkennen, dass Kupfer- und Eisengehalte in den Erzen systematisch erhöht sind. Bei Gewichtsprozenten von deutlich über 1,5% kann von erhöhter Kupferkonzentration gesprochen werden<sup>1</sup>. Auffällig sind Spitzenwerte von 3% bis 5%, was tatsächlich für eine intentionelle Konzentration spricht. Dabei sollte nicht vergessen werden, dass ja wahrscheinlich noch höher konzentrierte Erzsclämmen entnommen wurden und nicht im Kasten verblieben sind. Die Anreicherung von Kupfer ist jedenfalls an die verwirbelten und chaotisch abgelagerten Schichten hauptsächlich im oberen Teil des Sedimentblockes gebunden, nicht aber an die unteren Schichten. Sie deuten darauf hin, dass eine erhöhte Kupferkonzentration in Schichten mit hohem Holzkohle- und Organikanteil vorliegt, was auf keine Verbindung mit „schwallartigen“ Wasserzuflüssen in den Kasten (die ja auch Holzkohlenflitter mit sich führte) hinweist, sondern eher mit einem Verwirbeln des Erzsclammes in den ebenfalls beobachteten kleinen Tümpeln.

### Vorläufige Interpretation der Arbeiten am Nassaufbereitungskasten – ethnographische und historische Parallelen

Nach den bisherigen Beobachtungen lässt sich die Arbeitsweise am Nassaufbereitungskasten grob skizzieren: Offensichtlich wurden im Kasten bei wahrscheinlich unterschiedlich intensivem Wasserzulauf Erze gewaschen und konzentriert. Während die Erzwäsche eher unter permanentem Frischwasserstrahl erfolgt sein dürfte, wurde Erzkonzentration möglicherweise unter leichtem Verwirbeln/Rühren vorgenommen. Dadurch konnten feinere und leichtere Fraktionen über die Mittelstange „abflotiert“ werden und es konnten sich in kleinen Tümpeln Anreicherungen von schwererem Erzsclamm bilden. Der offensichtlich hohe Karbonatanteil ist als Gangmaterial mit dem Erz selbst in das Sediment gelangt und wohl Teil der Erzcharge. Er musste abgetrennt werden. Jedenfalls waren die Nassaufbereitungskästen Teil eines größeren und komplexen Aufbereitungsprozesses, dessen Stufen längst nicht im Detail verstanden sind. Der Nassaufbereitungsvorgang erinnert an verschiedene ethnographische und historische Beispiele. So schildert John Percy (1861, 388 f.) ähnliche Aufbereitungsvorgänge bei den Sikkim in Nordindien:

„This tye consisted of six planks about one foot in width fixed on edge in the ground so as to form a partitioned trough of the form here shown. The cavity above the head-board was nearly filled with clay, over which a stream of water, easily regulated in amount by a little clay placed in the feeding channel, was allowed to flow, and enters the lower trough through a notch in the head board.

<sup>1</sup> Der Kupfergehalt in den Aufbereitungshalden wird mit etwa 1,5 % angegeben, der Kupfergehalt des Erzkörpers wird mit durchschnittlich 1-2,5 % angegeben (Zschocke/Preuschen 1932, 43, 133; Eibner 1972, 14).

The woman, who sat, or rather squatted, by the tye, with one hand divided and directed the stream while with the other she held to the aperture a handful of poundful ore, which was thus washed down into the tye. When a considerable quantity of ore had thus accumulated, it was further washed by being raked up with the fingers towards the head-board, while a good stream of water was allowed to flow over the mass. This was continued until the ore was considered sufficiently „clean“. The mass accumulated in the lower part of the tye was thrown away, and that in the upper part, occupying about one-third of its length, was removed to the furnace without being subjected to any further process. It consisted of a small quantity of copper pyrites mixed with a large proportion of mundic, and also much gangue, principally quartz and hornblende”.

Georg Agricola beschreibt 1556 sieben Arten des Waschens: Das zunächst in Sieben konzentrierte Erz wird in einem Haufen gesammelt, dann in den höheren Waschkastenteil geworfen, wo durch Wasser die Schwebesedimente abgeführt werden. Durch einen Holzstab wird das Sediment dabei verwirbelt. Das grobe Sediment wird direkt entnommen, das feine Material über einer mit Textil bespannten Waschbühne gewaschen. Auch pulverisiertes Erz wurde in solchen Trögen gewaschen. Im 16. Jh. wurde diese Tätigkeit sowohl von Jungen wie auch von Frauen durchgeführt (Agricola, 1556, 259 f. Abb.). In Bezug auf die erwähnten Textilien sollte nicht vergessen werden, dass schon an dem 1968 gefundenen Kasten Textilien nahe einer Art Ausfluss gefunden wurde (Eibner-Persy & Eibner, 1970, 18 Abb.) und auch in Schnitt A3 Textilien erwähnt werden (Eibner, 1972, 7 ff.).

## Zusammenfassung

Die bisherigen Untersuchungen lassen eine 1377/76 v. Chr. errichtete Waschanlage erkennen, die ein Jahr später vermutlich nochmals höher gesetzt (Lärchenpflocke) und anschließend weiter genutzt wurde. Deutlich ist, dass sie in den schluffigen Untergrund eingesetzt wurde und vor allem im oberen Teil des Kastens gröbere Pochgänge aber auch feingemahlene Erz gewaschen, möglicherweise durch „Überflotieren“ über die Mittelstange auf 3 bis 5% konzentriert wurden. Feineres Erzmehl wurde vielleicht mit Hilfe von Textil bespannten Sieben gewaschen und konzentriert. Ob der von C. Eibner entdeckte Schlich mit 10% ebenfalls in solchen Anlagen erzeugt wurde, ist aber noch unklar. Die Waschanlage kann als eine einfache und effiziente Anlage beschrieben werden und lässt sich im Prinzip mit jüngeren Anlagen und ihrem technischen Prinzip vergleichen.

## Dank

Dem FWF (SFB HiMAT, Teilprojekt PP07), dem Land Salzburg und der Salzburger Landesarchäologie sowie dem Verein der Freunde für Kunst- und Kultur im Bergbau (VFKK) danken wir für die finanzielle Förderung der Forschungen. Besonderer Dank gilt der Familie Radacher am Mitterberg, den Musealvereinen Mühlbach und des Museums Kastenturm in Bischofshofen sowie dem Verein Montandenkmal Arthurstollen.

A. Gontscharov sei gedankt für die Aufarbeitung von Stratigraphie und Befund, D. Fritsch und H. Thiemeyer zeichnen für die mikromorphologische Untersuchung der Sedimentblöcke verantwortlich (Univ. Frankfurt, Institut für physische Geographie). D. Kirchner und M. Prange, DBM, danken wir schließlich für die Untersuchungen zum Mineralbestand und zum Metallgehalt sowie T. Pichler, A. Thurner und K. Nicolussi für die dendrochronologische Untersuchung. R. Pils und P. Thomas haben an der Aufnahme und Bewertung der Einzelhölzer gearbeitet, P. Thomas diese beschrieben und interpretiert. Dank auch an P. Fleischer, A. Kuczmanski, Bochum, C. Eibner, Wien/Heidelberg, E. Hanning, M.A., Bochum, M. Moser, K. Hanke und K. Kovács, Innsbruck, N. Boenke, Herawies, K. Röttger, Haiger, den Studenten K. Arnold, J. Smuda, D. Demant, W. Buchmüller, C. Kremer, J. Müller-Kissing und M. Kreft für die engagierte Mitarbeit vor Ort.

## Literatur

- Agricola, G. (1556): *De re metallica libri XII* 1556 3, Düsseldorf (1961).
- Altemüller, H.-J. (1962): Verbesserung der Einbettungs- und Schleiftechnik bei der Herstellung von Bodendünnschliffen mit VESTOPAL. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde* 99/2-3, pp. 164-177.
- Eibner, C. (1972): Mitterberg-Grabung 1971. *Der Anschnitt* 24/2, pp. 3-15.
- Eibner, C. (1974): Mitterberg-Grabung 1972. *Der Anschnitt* 26/2, pp. 14-22.
- Eibner, C. (1979): Zum Stammbaum einer urzeitlichen Kupfererzaufbereitung. *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte* 124, pp. 157-161.
- Eibner-Persy, A.; Eibner, C. (1970): Erste Großgrabung auf dem bronzezeitlichen Bergbaugelände von Mitterberg. *Der Anschnitt* 22/5, pp. 12-19.
- Klaunzer, M. (2008): Studien zum spätbronzezeitlichen Bergbau auf der Kelchalm und Bachalm Bez. Kitzbühel, Nordtirol. Unpubl. Diplomarbeit Innsbruck.
- Kilian, W.; Müller, F.; Starlinger, F. (1994): Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten, Wien.
- Nicolussi, K.; Kaufmann, M.; Melvin, T. M.; van der Plicht, J.; Schiefling, P.; Thurner, A. (2009): A 9111 year long conifer tree-ring chronology for the European Alps – a base for environmental and climatic investigations. *The Holocene* 19/6, pp. 909-920.
- Percy, J. (1861): *Metallurgy. The Art of Extracting Metals from their Ores and adapting them to various purposes of Manufacture*, London.
- Preuschen, E.; Pittioni, R. (1937): Untersuchungen im Bergbaugebiete Kelchalpe bei Kitzbühel, Tirol. Erster Bericht über die Arbeiten 1931-1936 zur Urgeschichte des Kupferbergwesens in Tirol. Mitteilungen der Prähist. Kommission 3, pp. 3-159.



- Stoops, G. (2010): Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Elsevier Science Ltd.
- Thomas, P. (2009): Grubenhölzer aus dem prähistorischen Bergbau des Arthurstollens – Methodischer Zugriff und Erkenntniswege. In: Oeggel, K; Prast, M. (eds.): Die Geschichte des Bergbaues in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten. Proceedings zum 3. Milestone-Meeting des SFB HiMAT vom 23.-26.10.2008 in Silbertal. Innsbruck, pp. 243-247.
- Zschocke, K.; Preuschen, E. (1932): Das urzeitliche Bergbaugebiet von Mühlbach-Bischofshofen. Materialien zur Urgeschichte Österreichs 6, Wien, Selbstverlag der Anthropologischen Gesellschaft.