

THOMAS STÖLLNER · ELISABETH BREITENLECHNER · DAGMAR FRITZSCH
ANTON GONTSCHAROV · KLAUS HANKE · DIRK KIRCHNER · KRISTÓF KOVÁCS
MICHAEL MOSER · KURT NICOLUSSI · KLAUS OEGGL · THOMAS PICHLER
ROBERT PILS · MICHAEL PRANGE · HEINRICH THIEMEYER · PETER THOMAS

EIN NASSAUFBEREITUNGSKASTEN VOM TROIBODEN

INTERDISZIPLINÄRE ERFORSCHUNG DES BRONZEZEITLICHEN MONTANWESENS
AM MITTERBERG (LAND SALZBURG, ÖSTERREICH)

DER TROIBODEN – AUFBEREITUNGSLANDSCHAFT AM MITTERBERGER HAUPTGANG

Der Hauptgang am Mitterberg (Bz. St. Johann im Pongau) stellt die größte und ergiebigste Kupfererzlagstätte der Ostalpen dar¹. Nach heutigem Kenntnisstand waren der Hauptgang und das Bergbaugelände von Mühlbach-Bischofshofen einer der wichtigsten Kupferproduzenten in der europäischen Bronzezeit. Montanarchäologische Forschungen wurden am Hauptgang seit der Wiederöffnung des Bergbaues im 19. Jahrhundert betrieben und sind durch den Spezialforschungsbereich (SFB) HiMAT der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck nochmalig intensiviert worden (zuletzt: Stöllner u. a. 2006; Stöllner u. a. 2009; Stöllner u. a. 2012).

Das Ziel der neuesten Untersuchungen ist letztlich die wirtschaftsarchäologische Modellierung dieses bedeutenden Ensembles prähistorischer Kupfererzgewinnung. Erstmals seit 1972 wurden auch Grabungen am Aufbereitungsgelände des Troibodens durchgeführt. Diese haben durch den Fund eines Nassaufbereitungskastens in den Jahren 2008 und 2009 die Diskussion um die hochkomplexen Aufbereitungstechniken des bronzezeitlichen Bergbaues erneut belebt. Der Troiboden ist ein Hochmoorgelände, das sich zu beiden Seiten des berühmten Hauptganges am Mitterberg erstreckt (**Abb. 1**). Es besteht aus dem Langmoos und dem Sulzbachmoos. In letzterem sind parallel zum prähistorischen Bergbau die Halden des trocken- und nassmechanisch durchgeführten Aufbereitungsprozesses eingelagert. Diese erstrecken sich auf knapp 200 m parallel zum bronzezeitlichen Pingenzug, der östlich des Scheitels bis über den Sulzbachgraben und in Richtung Vorderkeil reicht. 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 ihrer Größe zu den bedeutendsten Befunden der bronzezeitlichen Bergbaugeschichte der Ostalpen.

Erste Funde wurden am Troiboden schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts gemacht, als das Areal als Torfstich betrieben wurde. Der Torf wurde als Heizmaterial für den am Mitterberg durchgeführten Bergbau genutzt. Dabei kamen verschiedentlich Funde wie Holzpfähle (»Pfahlbau«) zum Vorschein. Die Anlage einer grabenartigen Rösche im Jahr 1928 im östlichen Teil des Sulzbachs (**Abb. 1**) führte schließlich auch zur

¹ Eine kürzere Version dieses Aufsatzes ist an anderer Stelle im Rahmen der Publikation des 5. Milestone-Meetings in Mühlbach veröffentlicht: Stöllner u. a. 2011. Dank an P. Fleischer (Göttingen), A. Kuczminski (Bochum), C. Eibner (Wien, Heidelberg), E. Hanning M.A. (Bochum), N. Boenke M.A. (Herawies), Dipl.-Geogr. K. Röttger (Haiger) und F. Krois (Salzburg) für Hilfestellung und Diskussion sowie an die Studenten K. Arnold, J. Smuda,

D. Demant, W. Buchmüller, C. Kremer, J. Müller-Kissing und M. Kreft für die engagierte Mitarbeit vor Ort. Dr. R. Kastler (Salzburger Landesarchäologie/Salzburg Museum) und dem Salzburg Museum (Direktor Dr. E. Marx, Dr. W. Kovacovics) danken wir für vielfältige Unterstützung, u. a. für die Überlassung der mobilen Schlammanlage.



Abb. 1 Der Troiboden (Bz. St. Johann im Pongau/A) mit dem Sulzbachmoos und der Rösche von 1928 im Vordergrund sowie mit dem Pingenzug der Hauptgangvererzung (Josefi-Gang) im Hintergrund. – (Foto R. Pils).

Entdeckung der bronzezeitlichen Aufbereitungshalden. Sie wurden später durch Sondagen von Ernst Preuschen weiter untersucht (s. zusammenfassend: Zschocke/Preuschen 1932, 109ff.). Schon in den 1930er Jahren erfolgte eine pollenstratigraphische Beschreibung durch Franz Firbas, die verdeutlichte, dass die bronzezeitlichen Halden auf älterer, holozäner Moorbildung aufgelagert waren. Oberflächennahe Tümpele zwischen den Halden hatten zu einer erneuten Moorbildung über den Aufbereitungshalden geführt (s. F. Firbas in: Zschocke/Preuschen 1932, 173ff.).

In den späten 1960er Jahren wurde durch die Mitarbeit von Clemens Eibner und Alexandrine Eibner-Persy am Troiboden erstmals flächig gegraben (**Abb. 2. 4**). So konnte schon 1968 neben der genannten Rösche ein erster Aufbereitungskasten in Teilen untersucht werden (s. u.; Eibner-Persy/Eibner 1970). Vor allem im nördlichen Abschnitt der Aufberei- lungslandschaft wurde eine aus mehreren 5 × 5 m großen Quadranten gebildete Grabungsfläche systematisch erforscht (Eibner 1972; Eibner 1974). Am Rande der Quadranten A3/A4 kam schließlich eine Ecke des hier vorgestellten Kastens zutage.

C. Eibner nahm zusammen mit E. Preuschen eine erste Differenzierung der Halden in Grob- und Feinkornabgänge vor und erarbeitete erstmals einen Verfahrensablauf der Aufbereitung (Eibner 1979). Nass- und trockenmechanische Prozesse scheinen demnach genau aufeinander abgestimmt gewesen zu sein: So wurde zunächst eine Trennung in direkt verhüttbare Derberze und in verwachsenes Erz vorgenommen. Letzteres wurde in die Feinaufbereitung verbracht. Nach trockener Zerkleinerungsarbeit, dem Pochen, wurde durch Mahlen ein mehlfines Erzkonzentrat erzeugt, das schließlich nassmechanisch aufbereitet wurde. Mittels Stauchsiebsetzen, eines Verfahrens, das E. Preuschen aus Befunden aus den alten Verhauen

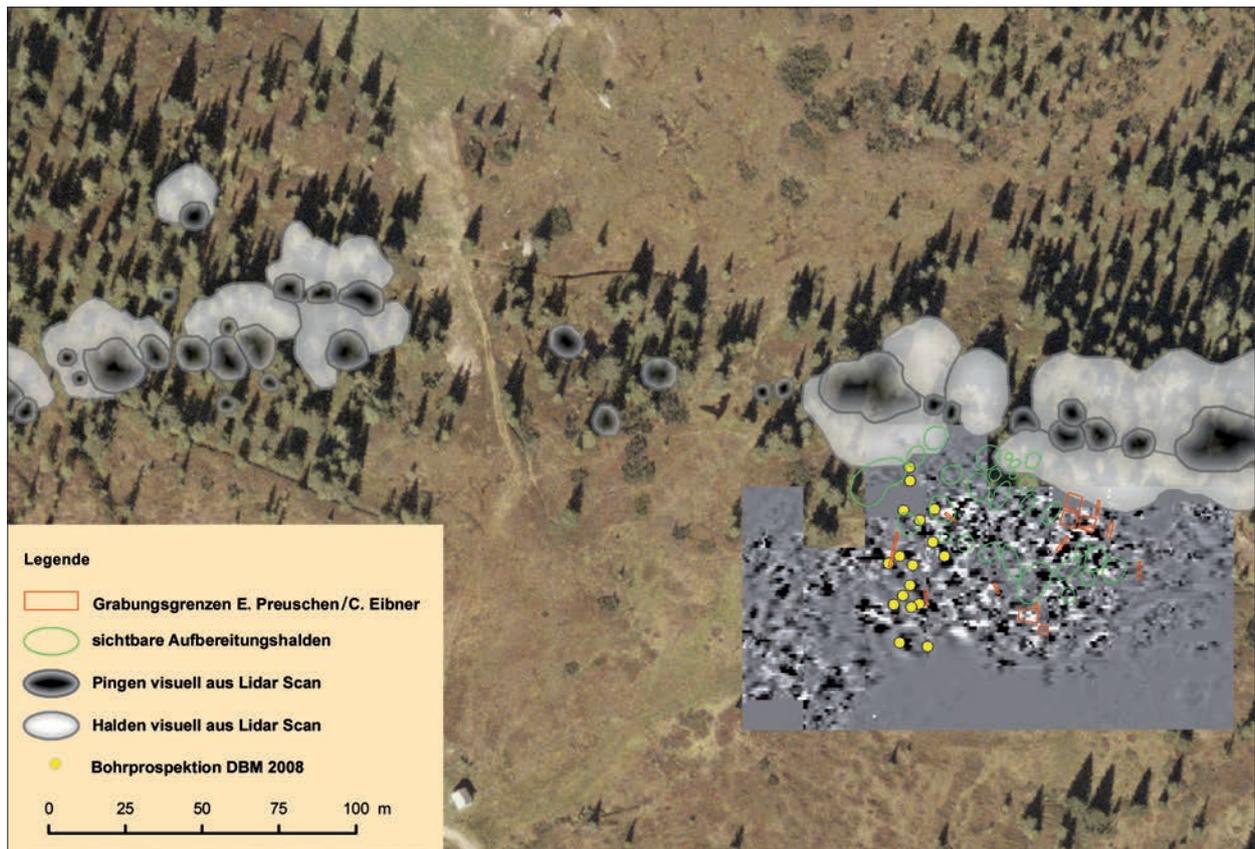


Abb. 2 Die Aufbereitungslandschaft auf dem Troiboden mit dem Grauwertbild der magnetischen Prospektion 2008-2009, den Bohrprospektionen sowie den Grabungsarealen der Grabung C. Eibner/E. Preuschen 1968-1972. – (Graphik A. Hornschuch, Deutsches Bergbau-Museum).

der Kelchalm, oberhalb des Danielistollens, erschlossen hatte (Preuschen/Pittioni 1937, 3f. Anm. 3, 155; Eibner 1979), sei schließlich eine Trennung nach dem spezifischen Gewicht von Erzen und Nebenmineralen vorgenommen worden. Für die Holzmesser, wie sie sich am Troiboden wie auch auf der Kelchalpe bei Kitzbühel fanden, vermutete man schon früh einen Bezug zu den nassmechanischen Aufbereitungsarbeiten (Preuschen/Pittioni 1937, 80f.; »Streichmesser«: Eibner 1972, 7f.; auch Klaunzer 2008, 117f.). Der komprimierte Erzschlamm wäre schließlich mithilfe von Sichertrögen weiter konzentriert worden. Ein Schlichfund mit ca. 10 % Kupfergehalt belegt, mit welcher Genauigkeit die bronzezeitlichen Aufbereitungsspezialisten gearbeitet haben. In welchem Zusammenhang die Werkskästen mit diesem Prozess standen, blieb aber unklar: Eibner-Persy/Eibner (1970, 19) konnten 1970 nicht mehr als »irgendeine Beziehung zur nassmechanischen Feinaufbereitung« erschließen und deuteten den Kasten als »Depot für die Zwischenlagerung von Feinkonzentrat«.

Im Vordergrund der neuen Untersuchung standen zunächst Überlegungen, inwieweit man die Haldenstratigraphien sowie die Aufbereitungslandschaft selbst weiter zeitlich differenzieren könnte (Abb. 2). Da der Bergbau selbst nicht mehr zugänglich ist, sind hier grundsätzliche Herangehensweisen bezüglich der Datierung des Hauptgangbergbaues möglich. Natürlich interessierten aber auch übergeordnete Strukturen der Wasserhaltung und des Aufbereitungsgangs, wird doch das Troibodenmoor als hypertrophes Hochmoor nicht mit einer permanent gleichmäßigen Wasserzufuhr versorgt. Insofern wurden erste Voruntersuchungen im Bereich der Grabung von C. Eibner im Jahr 1968 an der Rösche eingeleitet und schließlich ebenso

die Grabungsstellen nahe der Grabung 1970-1972 an den seinerzeitigen Quadranten A3/A4 und B3 mit einbezogen (Stöllner u. a. 2009; Stöllner u. a. 2012).

So gelang durch die Erweiterung des alten Schnittes B3 die Auffindung eines Holzrostes, der mit einer Planierung im Zuge der Platzherrichtung verbunden werden muss. Zwischen den verlegten Hälblingen und Viertlingen aus Fichtenholz waren grobe Aufbereitungsrückstände planiert und aufgefüllt 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 Prinzipien ausgegraben werden. Die Grabung 2008-2009 erfolgte im Bereich der 1 m dicken alten Profilstege und in den noch nicht ausgegrabenen Teilen der Quadranten A3, A4 und B4 von C. Eibner. Durch erneute Keramikfunde konnte schon zu Beginn eine ungefähre Datierung in das 14. Jahrhundert v. Chr. gesichert werden (s. auch Eibner 1972, 7 f. Abb.; ebenso **Abb. 4**).

T. S.

DIE VEGETATION IM UMFELD DES TROIBODENS

Die bronzezeitliche Vegetation im Bereich des Troibodens ist durch Pollenprofile aus dem Kreuzbergmoos am Mitterbergsattel, dem Sulzbachmoos nahe dem Mitterberger Hauptgang (**Abb. 3A-B**) und dem Wilden See am Fuße des Vorderkeils (s. E. Breitenlechner/K. Oeggel in: Stöllner u. a. 2012, 140 ff.) erfasst. Alle Profile stammen aus der hochmontanen Vegetationsstufe, welche heute durch einen Fichtenwald (*Piceetum*) mit vereinzelt Lärchen (*Larix decidua*) und Latschen (*Pinus mugo*), überwiegend auf dem Hochmoor am Troiboden bzw. in den subalpinen Lagen stockend, charakterisiert ist. In den Tallagen kommen Fichten-Tannen-Buchenwälder (*Abieti-Fagetum*) und Schluchtenwälder (*Acereto-Ulmetum*) vor (s. auch Wahlmüller 1992). Die Abschirmung des Hochkeils durch die nördlichen Kalkalpen führt zu einem kontinental geprägten, mitteleuropäisch-ozeanischen Klima im Gebiet. Der mittlere Jahresniederschlag an der Südseite des Hochkönigs liegt bei ca. 1650 mm, die Jahresdurchschnittstemperatur bei ca. 4°C (Weinmeister 1983).

Das Pollenprofil des Kreuzbergmooses (**Abb. 3A**) wurde aus dem ca. 0,8 ha großen Niedermoor am Mitterbergsattel auf 1525 m Seehöhe entnommen und erfasst die Vegetationsentwicklung vom Ende des Neolithikums bis in die Spätbronzezeit. Am Übergang vom Neolithikum zur Bronzezeit sind die Vegetationsverhältnisse am Mitterbergsattel stabil. Die Kurven der dominierenden Baumarten Tanne (*Abies*) und Fichte (*Picea*) verlaufen parallel und reflektieren einen Tannen-Fichtenwald (*Piceeto-Abietetum*). Die kaum nachgewiesenen Gräser und Kräuter lassen einen dichten Kronenschluss erwarten. Ein Anstieg der Gräser (*Poaceae*) und Siedlungszeiger in der Frühbronzezeit (195 cm Tiefe) deutet auf erste lokale Auflichtungen und einen moderaten anthropogenen Eingriff hin, der in der zweiten Hälfte der Frühbronzezeit wieder endet. Am Übergang zur Mittelbronzezeit verringern sich die Fichten-Werte stetig, und ab 190 cm Tiefe breiten sich Gräser und Kräuter, überwiegend Weidezeiger, aus. Zusätzlich spiegeln die in Prozentwerten auftretenden Siedlungszeiger eine erste lokale Siedlungsaktivität wider. Der Anstieg der Mikroholzkohlen und das Auftreten von Feuerfolgern wie Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*) und Kleiner Sauerampfer (*Rumex acetosella*) deuten auf eine erhöhte Feueraktivität in der Mittelbronzezeit hin.

Von ca. 1500 v. Chr. bis zum Ende der Mittelbronzezeit wird der Fichtenwald zunehmend aufgelichtet, was durch den Anstieg der Gräser auf bis zu 15 % dokumentiert ist und von hohen Werten der Siedlungszeiger begleitet wird. In der Folge kommen lokal vereinzelt lichtliebende Arten wie die Birke (*Betula*) und die Lärche (*Larix*) vor, und der Fernflug der Hasel (*Corylus avellana*) und Buche (*Fagus*) aus den Tieflagen kann sich manifestieren. Dies ist eine ausgeprägte Bergbau- oder Siedlungsphase, in der die Umgebung des Moores

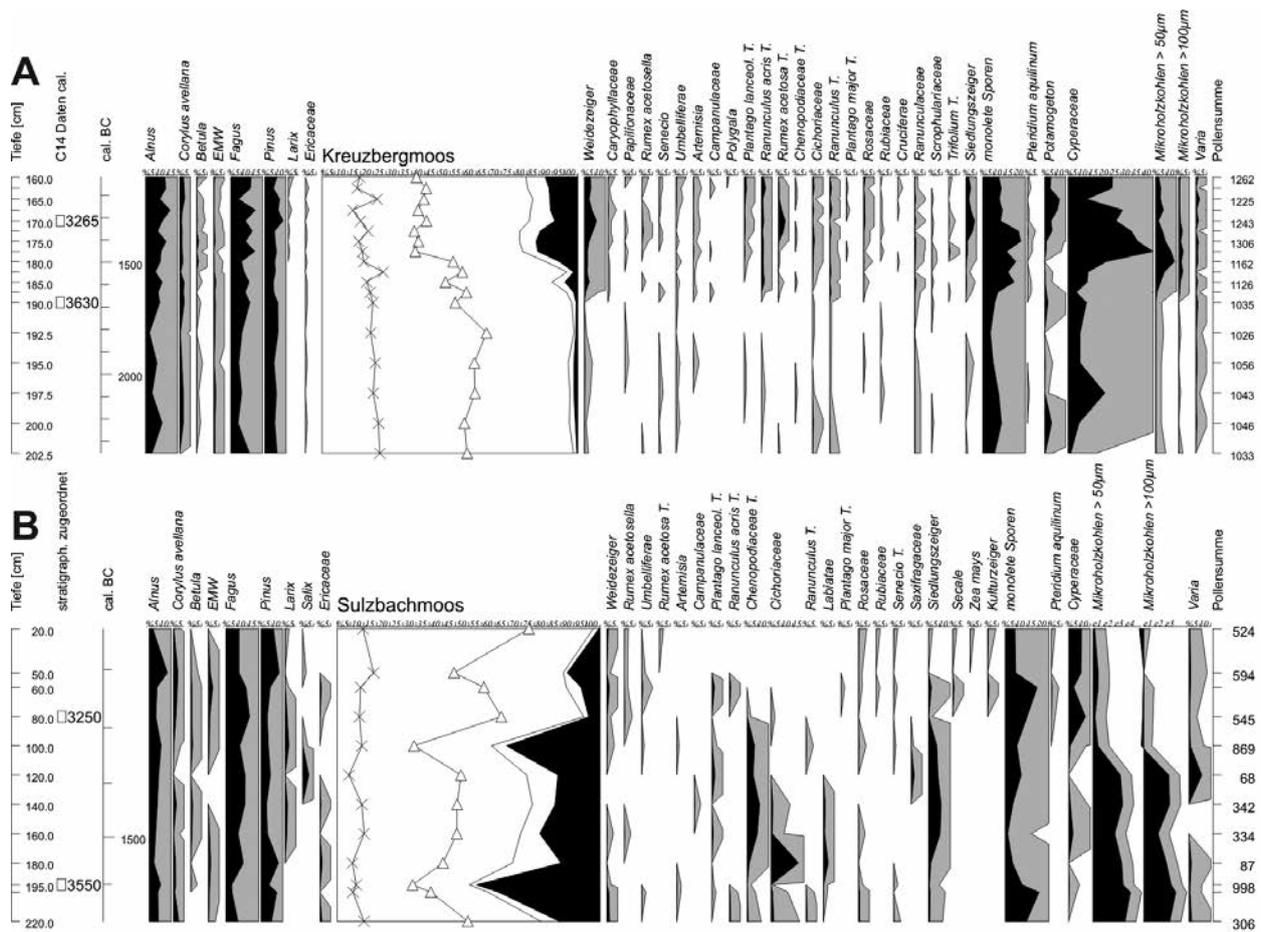


Abb. 3 Pollenprofile aus dem Kreuzbergmoos (A) und Sulzbachmoos (B) (nur ausgewählte Arten dargestellt). In den Einzeldiagrammen zeigen schwarz unterlegte Flächen Prozentwerte, grau unterlegte Flächen eine Überhöhungskurve $\times 10$ an. Signaturen im Hauptdiagramm: x = Tanne (*Abies*); Δ = Fichte (*Picea*); die schwarze Linie ist die Grenze zwischen den Anteilen der Baum- und Nicht-Baum-Pollen, die schwarz unterlegte Fläche von rechts nach links gelesen stellt den Anteil der Gräser (*Poaceae*) dar. Die Radiokarbondaten im Profil Sulzbachmoos wurden biostratigraphisch korreliert. Die Mikroholzkohlen im Sulzbachmoos-Diagramm sind in einer logarithmischen Skala dargestellt.

weitgehend aufgelichtet war. In diese Periode mit Maxima an Siedlungs- und Weidezeigern in 170 cm Tiefe fällt auch der Fund des Erzaufbereitungskastens aus dem Sulzbachmoos auf dem Troiboden.

Zu Beginn der Spätbronzezeit (170 cm Tiefe) steigen die Werte der Fichte und Tanne wieder leicht an. Auch die Prozentwerte der Kiefer (*Pinus*) und jene der Lärche verzeichnen eine Zunahme, und zeigen damit eine initiale Bestockung auf Blockschutt und Rohböden an. Alles in allem spiegelt sich darin eine Regeneration des Waldes wider, wenngleich die Gräser und Siedlungzeiger immer noch beachtliche Werte besitzen und auf eine deutliche Siedlungsaktivität, wenn auch mit geringerer Intensität als in der Mittelbronzezeit, hinweisen.

Das Pollenprofil Sulzbachmoos (Abb. 3B) wurde aus dem ca. 0,3 ha großen, gleichnamigen Übergangsmoor am Rande des Hochmoorkomplexes am Troiboden auf 1575 m Seehöhe erbohrt. In unmittelbarer Nähe verläuft der Mitterberger Hauptgang, dessen Pingenzüge heute noch deutlich im Gelände sichtbar sind. Auf halbem Weg zwischen dem Pingenzug des Mitterberger Hauptganges und dem Bohrpunkt befindet sich auch die hier besprochene Grabungsstelle. Die Bohrung im Moor konnte die Pochsandlagen (Teile einer Aufbereitungshalde) nicht durchdringen und zeigt daher die Vegetationsentwicklung ab der metallurgischen Nutzungsphase in der Mittelbronzezeit auf. Aufgrund der noch ausstehenden Ergebnisse der ^{14}C -

Datierungen basiert die Chronostratigraphie der Pollensequenzen auf biostratigraphisch korrelierten Radiokarbonaten aus dem Profil Kreuzbergmoos. Die Sedimentation setzt demnach in der Mittelbronzezeit ein. Die dominierende Vegetation in dieser Zeit ist ein lichter, mit Gräsern und Alpenrosenheiden durchsetzter Tannen-Fichtenwald. Einzelne Kiefern stehen in den subalpinen Lagen bzw. auf dem Hochmoor des Troibodens. Die großen Mengen an Mikroholzkohlen lassen auf intensive Feueraktivität in der Nähe des Moores schließen. Parallel zum Anstieg der Fichten-Werte ab 180 cm Tiefe kommt es zu einer Zunahme der Siedlungszeiger auf über 5 %, was auf intensive menschliche Aktivitäten auf dem Troiboden hindeutet. Ab ca. 1500 v. Chr. (160 cm Tiefe) stocken im lichten Baumbestand auch Lärchen. Die aufeinanderfolgende Ausbreitung der Kiefer und Lärche zu Beginn der Mittelbronzezeit weist auf die Sekundärsukzession aufgelassener Haldenbereiche mit Pioniergehölzen hin. Am Ende der Mittelbronzezeit (100 cm Tiefe), parallel zur Altersdatierung des Aufbereitungskastens, gehen die extrem hohen Werte der lokalen Mikroholzkohlen auf unter 5 % zurück. Dies deutet auf eine Abnahme der lokalen Feueraktivität mit dem Beginn der Nassaufbereitung in diesem Bereich des Troibodens hin. Während die Gräserpollen und auch die Siedlungszeiger in 80 cm Tiefe weniger werden, breitet sich die Fichte erneut aus und erhöht somit den Kronenschluss des Baumbestandes am Troiboden.

Nach dieser Siedlungsphase treten in 60 cm Tiefe erste Pollenfunde von Roggen (*Secale*) auf, und in der obersten Schicht (20 cm Tiefe) auch von Mais (*Zea mays*), der erst ab dem 17. Jahrhundert n. Chr. in den Alpen angebaut wurde. Diese Torfschichten scheinen deutlich jünger als jene der bronzezeitlichen Nutzungsperiode zu sein. Es ist daher von einem minimalen Torfwachstum ab der Spätbronzezeit oder von einer Schichtlücke durch Torfabbau auszugehen.

E. B. / K. O.

DER NASSAUFBEREITUNGSKASTEN

Stratigraphie und Befund

Die Grabung hat 2008 und 2009 den Kreuzungsbereich der seinerzeitigen Quadranten A3 und A4 durch einen neuen Schnitt erweitert (**Abb. 4**). Grabungstechnisch bestand die Schwierigkeit darin, dass die alten wiederverfüllten Schnitte keine großflächige Arbeit erlaubten und auch die Wasserableitung der Feuchtsedimente behinderten. Ein vorzeitiger Wintereinbruch hat 2008 überdies zu einem verfrühten Ende der Grabung geführt. Erst 2009 konnte der Befund vollständig erfasst werden. Die Holzteile des Nassaufbereitungskastens formten ein Geviert aus eingeneteten Brettern, von denen jene im Süden und im Norden länger waren und den Nutfalz aufwiesen. Nach außen und innen waren die Bretter in den Ecken von kleinen Holzpiloten gestützt: Wir fanden diese in der Südost- und in der Nordwestecke, doch ein einzelner Pilot stand auch an der Westseite. Quer zur Konstruktion schließlich war eine Querstange eingelassen, die in zwei Nute verkeilt war, die an den kürzeren Querbrettern etwa bis zur Mitte der Bretthöhe ausgestemmt worden waren (s. u.). Wichtig für die Befunddeutung ist außerdem die Tatsache, dass die beiden Längsbretter jeweils durchgestemmte Löcher im oberen Drittel aufwiesen, einmal im Südosten, einmal im Nordwesten. Jenes im Südosten lag zudem deutlich höher als jenes im Nordwesten. In Ausströmrichtung war der Holzkranz ebenfalls leicht schräg gestellt (**Abb. 5**).

Die Schichtverhältnisse im und im Umfeld des Kastens können durch die Grabungsdokumentation der 1970er Jahre² bzw. durch die neuen Befunde einigermaßen rekonstruiert werden (**Abb. 7-8**): Der gesam-

² Dank an C. Eibner (Heidelberg, Wien) für die Möglichkeit, die alte Dokumentation einsehen zu können.

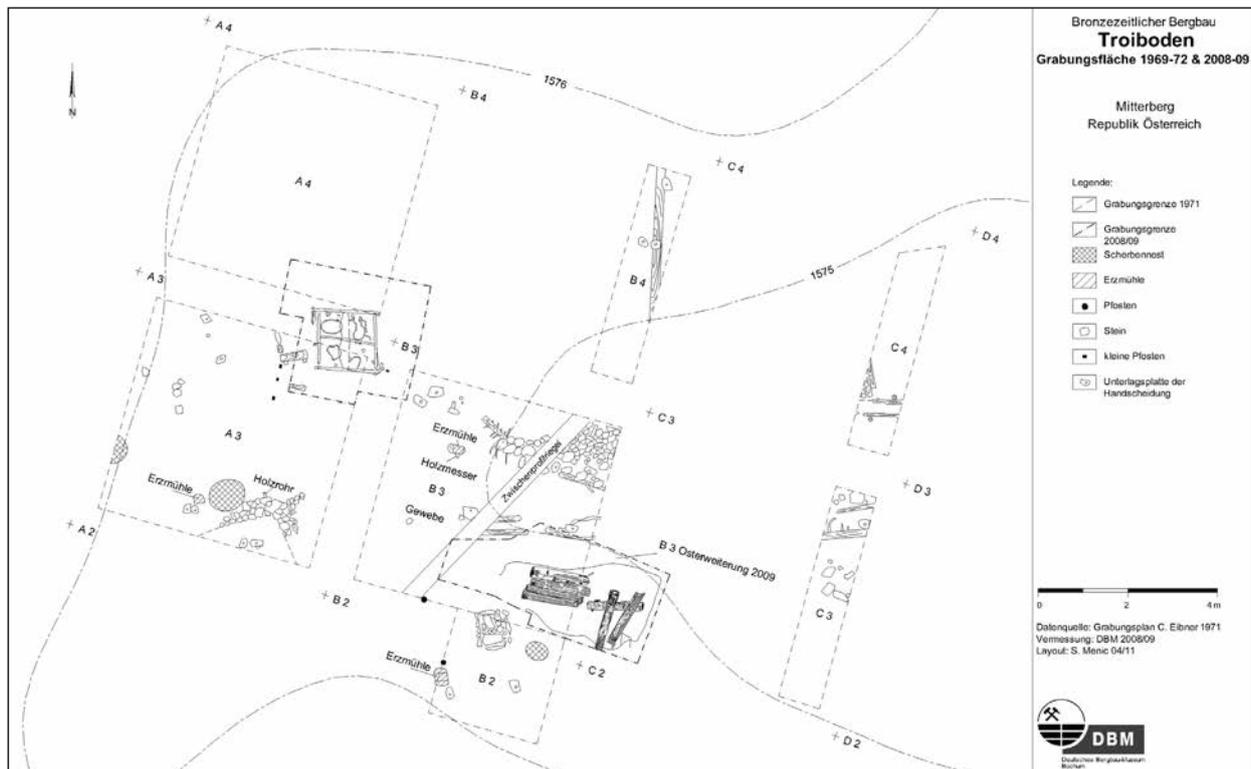


Abb. 4 Gesamtplan des Grabungsareals auf dem Troiboden mit den Ergebnissen der Jahre 1969-1972 und 2008-2009. – (Graphik Deutsches Bergbau-Museum/Ruhr-Universität Bochum nach Eibner 1972 und Neugrabung).

te stratigraphische Komplex ruht auf dem (Moränen-)Lehm 82154, der hier vermutlich die Rolle des anstehenden Bodens übernimmt. Darüber befindet sich eine schwarze feste organogene Schicht, wahrscheinlich degradiertes Torf. Diese Schichten wurden leider nicht komplett freigelegt, sondern in den Profilen erfasst, die beim Bergen der Pflöcke (7240, 7243-7744) angelegt worden waren.

In den Profilen und in der Sondage im westlichen Teil der Ausgrabungsfläche wurde oberhalb dieser Schichten eine schluffig-feinsandige bis feinschottrige hellgraue Schicht aus Quarz-Körnern und Phyllit-Plättchen entdeckt. In den genannten Profilen um den Kasten lag die Schicht 82146 (schluffig-feinsandig, organogen, schwarz) darüber. Im benachbarten Schnitt B3 wurde diese Schicht großflächig freigelegt, nicht aber in der Sondage im westlichen Teil des Quadranten A4 getroffen. Der Kasten 82032 befand sich auf dieser Schicht. Die abschließende Bergung des Holzkranses führte auch zur Nachuntersuchung der Pfostenstellungen und zur Entdeckung einer Spundwand aus mindestens drei einseitig angespitzten Spundbrettern nach Westen, die – sich einander überlappend – in den Untergrund getrieben worden waren. Eine tiefere Reihe von Pfosten kam an der Unterkante der Versteifungspiloten im Südosten wie auch im Nordwesten zutage und ließ den Verdacht aufkommen, es handle sich dabei um eine ältere Bauphase des Kastens (**Abb. 6**). So könnten die älteren Schichten auf Ablagerungen zurückgehen, die durch den Betrieb einer Vorgängerkonstruktion entstanden waren. Die geringfügig ältere dendrochronologische Datierung der mit dieser tieferen Pilotenreihe verbundenen Spundbretter (s. u.) lässt das möglich erscheinen.

Der Kasten 82032 ist vom dunklen, grau-schwarzen, organogenen, mittel- bis grobsandig bis schottrigen Schichtenkomplex 82078 = 82111 umgeben. Diese Schicht enthält auch Schluff-Anteile, Quarz, Phyllit und Holzreste. Ob der Kasten in diese Schicht eingetieft wurde oder sie um den Kasten herum während seiner Funktionszeit entstanden ist, ist unklar.



Abb. 5 Troiboden. Nassaufbereitungskasten: der freigelegte Befund ohne die abgegrabene Sedimentfüllung. – (Foto Th. Stöllner).



Abb. 6 Troiboden. Nassaufbereitungskasten: die nachgesetzte Pfostenstellung im Südosten des Kastens mit den Pflocken Nr. 7240 (oben) und Nr. 7248 (unten). – (Foto Th. Stöllner).

Die eigentliche Verfüllung des Kastens 82032 besteht aus einem Wechselspiel zwischen den feinen grauen schluffigen und schluffig-lehmigen Schichten 82131, 82141 und 82141,1 sowie den schluffig-sandigen grauen bis grau-schwarzen Schichten 82138, 82139, 82140 und 82143 (**Abb. 7-8**). Es sind Schichten, die im Zuge der Nutzung des Kastens entstanden sind. Dabei bedecken nur die »körnige« Schicht 82138 und

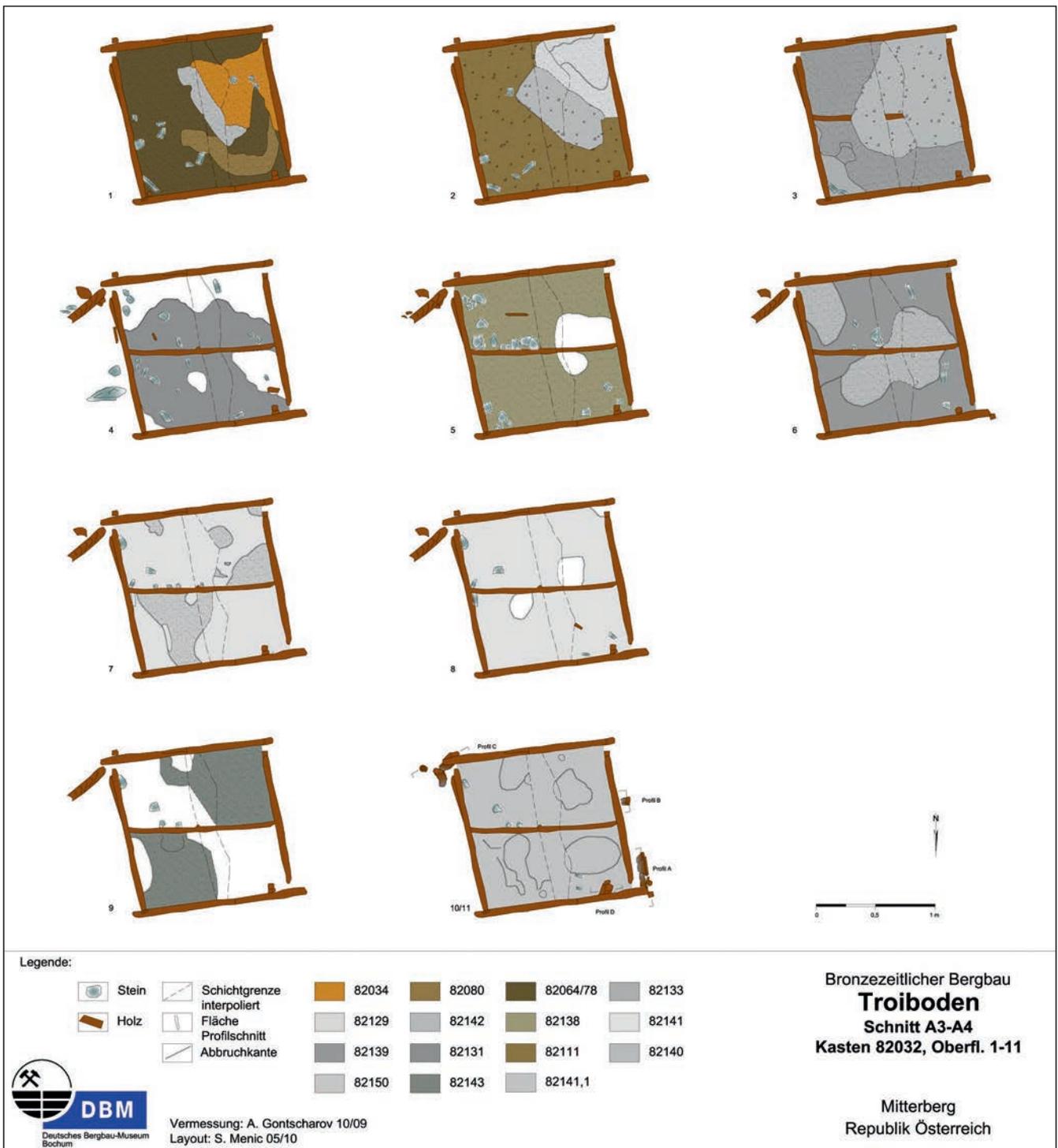


Abb. 7 Troiboden. Nassaufbereitungskasten: Abfolge der Schichtkomplexe im Kasten nach der archäologischen Schichtdokumentation. – (Graphik S. Menic / A. Gontscharov, Deutsches Bergbau-Museum).

die feine (Schwemm-)Schicht 82141-82141,1 jeweils die gesamte Innenfläche des Kastens, was auf komplizierte Vermischungsprozesse hindeutet.

Ein noch komplexeres Bild bietet die obere Verfüllung des Kastens. Über den Schichten 82138 und 82131 liegen nebeneinander drei verschiedene Schichten: die gelbliche grobkörnige 82081, die grau-schwarze

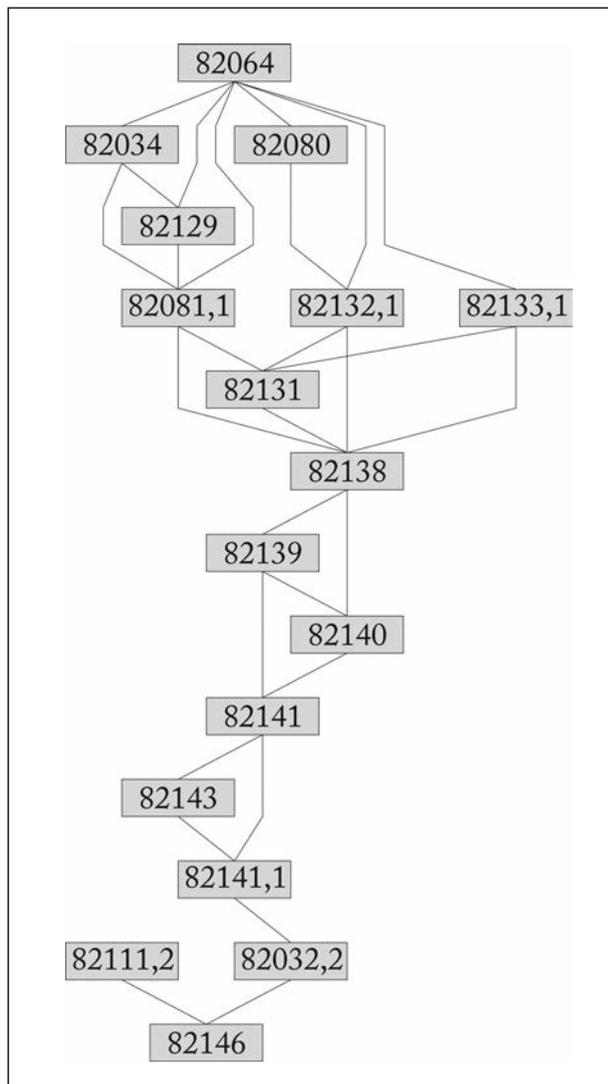


Abb. 8 Troiboden. Nassaufbereitungskasten: Abfolge der Schichtkomplexe im Kasten nach der Harris-Matrix. – (Graphik A. Gontscharov/Th. Stöllner).

sandig-schluffige 82132 und die graue sandig-schluffige 82133. Darüber befinden sich nebeneinander die grau-weiße lehmige Schicht 82080 und die sehr intensiv-orangefarbene lehmig-sandige bis schottrige Schicht 82034, die die Oberfläche der vom westlichen Hang in die Senke des Kastens eingeflossenen Halde markiert. Die gesamte Kastenabfolge liegt unter der grobkörnigen schwarzen Schicht 82064.

Interessant sind einige Bereiche unmittelbar neben dem Kasten. So wurden nördlich davon, neben der vermuteten Ausgussöffnung, einige schluffige hellgraue Schichten wie 82142 angetroffen. Sie befinden sich über oder innerhalb der Schicht 82111 und korrespondieren wahrscheinlich mit der Schicht 82141 und anderen schluffigen Schichten im Kasten. Das wiederholte Auftreten des Schwemmmaterials aus dem Kasten könnte ein Indiz für die allmähliche Akkumulation von 82111 sein (s. o.).

Zusammengefasst waren die Sedimente im Inneren deutlich zweigeteilt: Im oberen Teil des Kastens wurde eine sehr aufgefächerte Abfolge von schluffigen und dunklen 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 Spülsäume im Umfeld von »tümpelartigen« Vertiefungen in den darunterliegenden Schichtoberflächen erkennen. An den Rändern des Holzkranzes waren weiterhin Schichten zuweilen angehäuft. Die strati-

graphische Ausgrabung wie auch die Sedimentansprache ließen erkennen, dass offensichtlich Wasser aus dem Südosten eingeströmt und über das Loch im Nordwesten wieder ausgeflossen war. Dies zeigen schluffig-hellgraue Schichten, u. a. die Schicht 82142. An der Querstange, die sich genau auf der Höhe des südöstlichen Einströmloches befand, könnte demnach Wasser leicht angestaut worden sein. Zudem scheinen sich im Kasten Tümpel gebildet zu haben.

Östlich des Kastens wurde eine ca. 25 cm mächtige, hellgraue lehmige Schicht vorgefunden, die sich annähernd in östliche Richtung gezogen hat. Sie wurde mit mehreren Steinen und einem Baumstamm verstärkt und stellte wohl eine Art Damm dar. Die ganze Konstruktion ruhte wiederum auf der Schicht 82111. Südlich davon und von diesem Damm nach Norden hin begrenzt erstreckte sich eine Schicht aus feinschottrigem, grau-bräunlichem Pochmaterial.

Nach der Aufgabe des Kastens 82032 wurde er über einen relativ langen Zeitraum hinweg zusedimentiert, was eine komplexe Stratigraphie oberhalb der Holzkonstruktion belegt. Eine Zeit lang stand der Bereich westlich davon wohl unter Wasser: So könnte man die Existenz der grauen, mit ockerfarbenen Bändern

durchzogenen, schluffig-lehmigen und sehr festen Schicht erklären, die über dem 82111-Komplex lag. Die Senke, in der sich der Kasten befand, wurde mit dem Material aus den umliegenden Halden zugeschüttet. Hier sind vor allem zwei aneinanderstoßende Schichten interessant. Die Schicht 82049=82102³ erstreckte sich über dem Kasten, östlich und nördlich davon. Sie war weißlich-gelb sowie grob schottrig und enthielt sehr viel Phyllit sowie Holzreste. Es handelt sich um Handscheideberge. In der nordöstlichen Ecke der Grabungsfläche (Übergang von A4 zu B4) wurde die Schicht 82049 von einem ca. 40-50 cm breiten Band aus schwarzem feinsandigen Material unterbrochen, das sich von Osten nach Westen zog – die Schicht 82060. Diese zwei Schichten stammten wohl aus einer im Norden befindlichen Halde: Die Schichtbefunde lagen über dem gesamten Paket im und unmittelbar über dem Kasten (Schichten 82034, 82064 u. a.). Scheinbar sind sie (besonders 82034) aus dem Westen in die Senke eingeflossen. Die Schichten 82049 und 82060 bildeten zusammen mit einigen kleinflächigen Befunden in ihrem oberen Bereich die Oberfläche der Halde, die den Kasten 82032 unter sich begraben hat. Offensichtlich liegen zahlreiche jüngere Aufbereitungshalden in Superposition zum Aufbereitungskasten und überdeckten diesen teilweise. Zwischen diesen Halden haben sich schließlich tümpelartige, anmoorige Sedimente gebildet, die zugleich die nachbronzezeitliche Moor- und Vegetationsentwicklung aufschließen.

A. G. / R. P. / T. S.

Lasergestützte 3D-Dokumentation des Nassaufbereitungskastens

Eine Aufgabenstellung des Projektteils »Vermessung und Geoinformation« im SFB HiMAT ist die Dokumentation der archäologischen Ausgrabungen und Funde (Hanke u. a. 2009). Der Nassaufbereitungskasten wurde mit einer Kombination verschiedener Vermessungsmethoden genauestens analysiert und erfasst. Die Datenaufnahme erfolgte mit einem terrestrischen Laserscanner Trimble GX 3D im Oktober 2009. Die erste Dokumentation wurde durchgeführt, als die Archäologen die etwa 1,5 × 1,5 m breite und 0,5 m hohe Holzkonstruktion gerade gefunden hatten. Die zweite Datenerfassung erfolgte nach der Freilegung, vor dem Beginn der Bergung. Als Auflösung für beide Grabungsschichten und die Holzteile wurde 2 mm gewählt und darüber hinaus die Umgebung des Holzkastens mit einer Auflösung von 20 mm dreidimensional aufgenommen. In zwei Tagen wurde so von 14 verschiedenen Positionen aus gescannt; das Volumen der Rohdaten beträgt insgesamt etwa 14 Millionen Einzelpunkte. Der Waschkasten wurde zusätzlich mit einer kalibrierten Nikon D200 Digitalkamera photogrammetrisch aufgenommen. Die hochauflösenden Fotos lieferten die benötigten Bilddaten für die anschließende Texturierung des Objektes (Moser u. a. 2009). Die Datenauswertung erfolgte in vier Schritten:

1. Vorverarbeitung und Filterung der Punktwolken,
2. Vermaschung der Punktwolken und Erzeugung eines 3D-Modells,
3. gemeinsame Orientierung der Fotos als photogrammetrischer Bündelblock und
4. Texturierung der 3D-Modelle mit dem generierten Bildverband.

Die Rohdaten aus der terrestrischen Vermessung mittels Laserscanner wurden aus verschiedenen Positionen in jeweils einem eigenen lokalen Koordinatensystem erfasst. Wir verwendeten sphärische Zielobjekte (Passkugeln), um die Punktwolken der einzelnen Standpunkte in ein gemeinsames Koordinatensystem zu transformieren. Die geometrischen Zentren der Kugeln wurden dabei als geodätische Referenzpunkte zur

³ Die folgenden Schichtbezeichnungen finden sich auf der vollständigen Harris-Matrix des Schichtbefundes, die hier aus Platzgründen nicht wiedergegeben wird.



Abb. 9 Troiboden. Das fotorealistische 3D-Modell des bronzezeitlichen Holzkastens.

Registrierung benutzt. Der nächste Schritt war die Segmentierung der 3D-Punktwolke in drei verschiedene Datensätze (erste und letzte Phase der Grabung sowie die Umgebung des Holzkastens) als Grundlage für die weiterführende Vermaschung und Bearbeitung.

Die Punktwolken des Holzkastens und die Umgebung konnten weitestgehend automatisch trianguliert und verarbeitet werden. Die fertigen 3D-Modelle der beiden Grabungsphasen bestehen insgesamt aus 5,5 Millionen Dreiecken. Um eine Visualisierung der texturierten 3D-Daten zu ermöglichen, musste softwarebedingt anschließend die Anzahl der Dreiecke – ohne sichtbare Änderung der Geometrie der Holzteile – um 90 % reduziert werden.

Die innere Orientierung der Kamera war für die Texturierung vorab bekannt, weil mit einer »in-house« kalibrierten Digitalkamera gearbeitet wurde. Die relative Orientierung der benutzten Fotos wurde mit homologen Punkten in den verwendeten Bildern ermittelt, und zur äußeren Orientierung wurden die beiden photogrammetrischen Teilprojekte anhand der Passkugeln in das Koordinatensystem der digitalen 3D-Modelle aus dem Laserscan transformiert. Deshalb war es anschließend möglich, die Fototexturierung mithilfe von Sichtbarkeitsanalysen weitestgehend automatisiert durchzuführen. Zuletzt wurden die erzeugten 3D-Modelle des Holzkastens in OBJ-Datenformat inklusive ihrer Textur als 5000 × 5000 Pixel-TIFF-Material exportiert (**Abb. 9**) und im 3D-PDF-Format an die Archäologen übergeben.

Der Projektteil »Vermessung und Geoinformation« konnte darüber hinaus, nach der Bergung im März 2010, mit einem FARO LaserScanArm™ einen Detail-Laserscan der einzelnen Holzteile mit einer sehr hohen Auflösung von 0,2 mm durchführen. Das Ziel dieser Aufnahme war eine allseitige Dokumentation und 3D-Modellierung der Einzelteile (**Abb. 10, 1**).

Neigungs- und Richtungsanalysen des hochauflösenden räumlichen Modells der Holzbretter zur Untersuchung der bronzezeitlichen Bearbeitungsspuren mit ArcGIS bestätigen bereits jetzt die Erwartungen der Archäologen (**Abb. 10, 2**).

K. H. / K. K. / M. M.

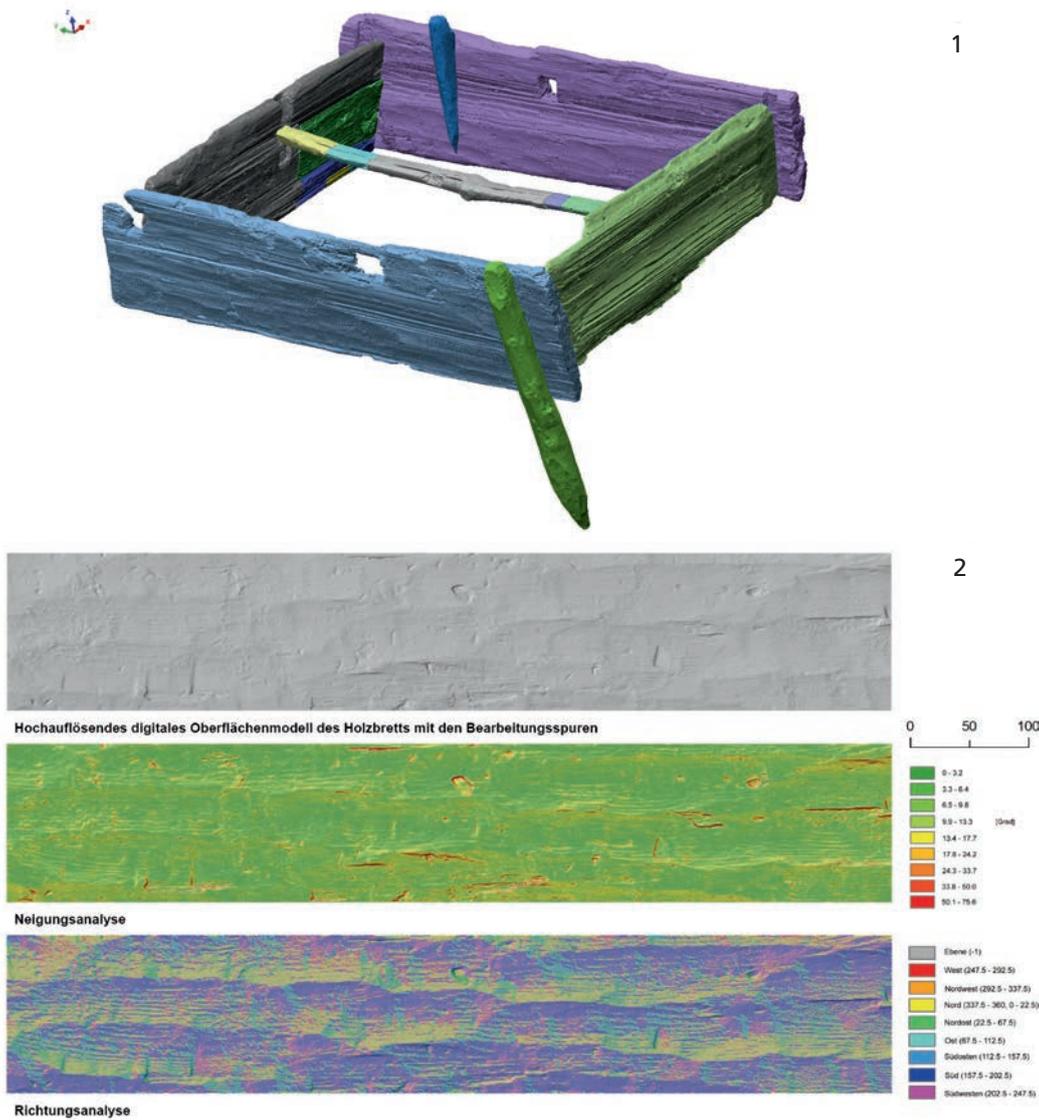


Abb. 10 Troiboden: **1** Visualisierung und lagegenaue Montage der hochauflösenden Holzteile des Holzkastens. – **2** Visualisierung der bronzezeitlichen Bearbeitungsspuren mit ArcGIS.

Der Holzbefund und seine Aussage

Wichtige Anhaltspunkte für die Funktionsweise können aus den Herstellungs- und Nutzungsspuren der Holzteile des Nassaufbereitungskastens erschlossen werden (**Abb. 11**).

Der Nassaufbereitungskasten vom Troiboden besteht in seiner Grundform aus vier großen Spaltbrettern, die die Wände bilden, aus einem einseitig abgeflachten Rundholz als Mittelsteg sowie aus einer Anzahl von Pflöcken, die der Fixierung und Stabilisierung der Wände dienen.

Bei den Wandbrettern können zwei lange Stücke von zwei kürzeren unterschieden werden, die sich jeweils gegenüberliegen. Die kürzeren sitzen dabei mit ihren Enden, die zu diesem Zweck seitlich leicht verjüngt wurden, in randlich an den langen Brettern angebrachten Schlitzen. Durch diese Art von »Steckverbindung« war der Kasten leicht und schnell zu montieren, indem die kurzen Bretter zwischen die langen eingeklemmt wurden.

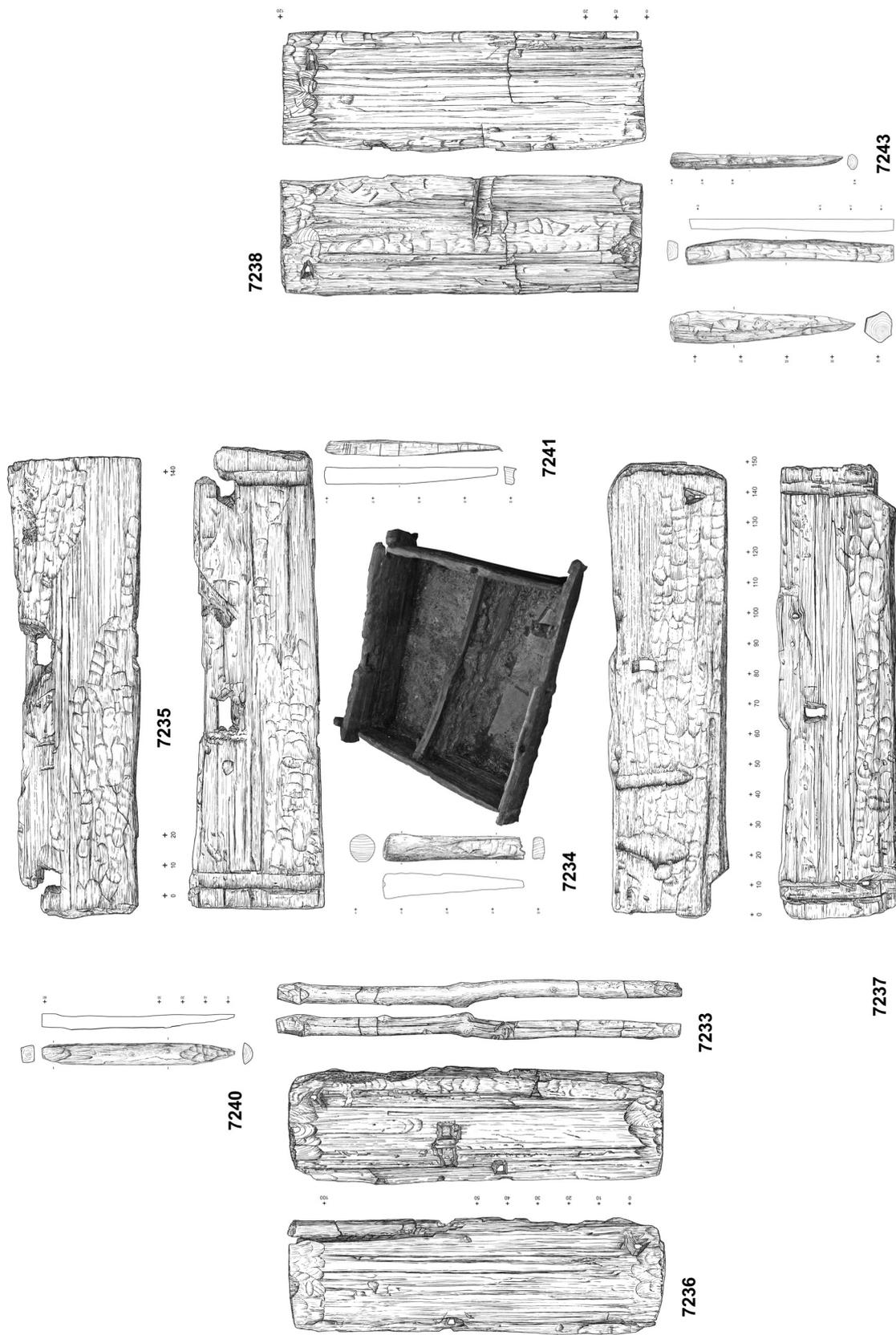


Abb. 11 Troiboden, Nassaufbereitungskasten: der freigelegte Befund ohne die abgegrabene Sedimentfüllung, Bretter, Mittelstange und Pflöcke sowie spateilförmiger Holzkeil. – (Fotos/Zeichnungen Th. Stöllner / P. Thomas / P. Fleischer/ A. Kuczminski, Ruhr-Universität Bochum). – Nr. 7234, 7239, 7241 ca. M. 1:13; sonst M. 1:20.

Fd.-Nr.	Bezeichnung	Dimension [cm]	Holzart	Jahrringe [n]	Waldkante	Datierung der Jahrringserie
7235	südl. Kastenbohle	6 × 42 × 151	Fichte	239	ja	1614-1376 v. Chr.
7236	östl. Kastenbohle	4,5 × 37 × 122	Fichte	82	ja	1457-1376 v. Chr.
7237	nördl. Kastenbohle	6 × 38 × 149,5	Fichte	98	ja	1473-1376 v. Chr.
7238	westl. Kastenbohle	5 × 40 × 118	Fichte	118	ja	1493-1376 v. Chr.
7240	Pflock	∅ 9 × 83,5	Lärche	77	ja	1451-1375 v. Chr.
7242-1	Spundbrett	2,5 × 8,5 × 60	Fichte	78	ja	1454-1377 v. Chr.
7242-2	Spundbrett	2,5 × 15 × 60	Fichte	138	ja	1514-1377 v. Chr.
7242-3	Spundbrett	1,8 × 11 × 58	Fichte	77	nein	1464-1388 v. Chr.
7243	Pflock	∅ 4,5 × 55,5	Lärche	47	ja	1421-1375 v. Chr.

Tab. 1 Übersicht über die dendrochronologisch datierten Hölzer des Nassaufbereitungskastens am Troiboden.

Der Mittelsteg, der aus einem krumm gewachsenen Erlenholz hergestellt und dessen nach oben gewandte Seite durch Abspalten eines tangentialen Segments abgeflacht wurde, ist leicht dezentral in die kürzeren Bretter eingelassen. Seine Enden wurden dafür zum Zweck der besseren Befestigung rechteckig zugebeilt. An einer Seite wurde der Steg in ein eingestemmt, nicht durchschlagiges Loch eingepasst, auf der gegenüberliegenden Seite liegt er am unteren Ende eines vertikalen Schlitzes auf, der bis an die Oberkante des Brettes verläuft. Durch diese Anbringung war er aus dem fertig montierten Kasten einfach zu entfernen und wieder einzusetzen, indem man ihn nach oben aus dem Schlitz hob und anschließend aus dem Loch zog. Die Positionierung der Pflöcke scheint keinem einheitlichen Schema zu folgen. Sie sitzen teils innerhalb, teils außerhalb des Kastens und finden sich sowohl mittig wie auch randlich der Bretter. Ihr Einsatz könnte somit sekundärer Natur und den jeweiligen Erfordernissen entsprechend erfolgt sein.

Alle vier Wandbretter wurden durch Spalten erzeugt. In der Regel sind beide Spaltflächen tangential ausgebildet (**Abb. 11**). Nur bei dem südlichen Brett (Nr. 7235), das auch durch seine große Anzahl an Jahrringen auffällt (s. **Tab. 1**), verläuft die ventrale Spaltfläche durch den ehemaligen Stammmittelpunkt, sodass hier der Markkanal erhalten ist.

Eine nachträgliche Überarbeitung der Spaltflächen mit dem Beil oder Dechsel ist primär an den beiden langen Brettern zu beobachten. Während diese Bearbeitung beim Nordbrett (Nr. 7237) vor allem auf der Dorsalseite flächig ausgeführt ist, folgt sie beim Südbrett (Nr. 7235) einem anderen Muster. Die Schlagmarken konzentrieren sich hier auf den jeweiligen Seiten auf zwei sich diagonal gegenüberliegende Ecken, wobei sich die entsprechenden Ecken beider Seiten komplementär gegenüberstehen.

Die nachträgliche Überarbeitung von Spaltflächen dürfte immer dann erforderlich gewesen sein, wenn das Ergebnis der Spaltung, z. B. wegen ungeeigneten Rohmaterials, nicht den Erwartungen entsprach⁴. Eine schlecht gelungene Spaltung mit unregelmäßiger Oberfläche mag der Grund für die flächige Bearbeitung des Nordbretts gewesen sein, durch die das Werkstück auf eine einheitliche Stärke gebracht wurde. Die auffällige Verteilung der Schlagmarken auf dem Südbrett ließe sich hingegen am ehesten damit erklären, dass man versuchte, die Folgen eines leichten Drehwuchses des verwendeten Stammes auszugleichen. Ein solcher dürfte sich bei tangentialer Spaltung deutlich im Werkstück gezeigt haben. Die kürzeren Bretter wurden weitgehend roh belassen. Die Bearbeitung beschränkt sich hier im Wesentlichen auf die erwähnte Verjüngung der Enden.

Für die weitere Gestaltung lassen sich vor allem an den langen Brettern qualitative Unterschiede in der Ausführung erkennen. So ist an beiden Stücken jeweils ein Ende sorgfältig abgebeilt. Die Endflächen sind nahe-

⁴ Lobisser 2005, 50f. – Thomas 2009, 129f.

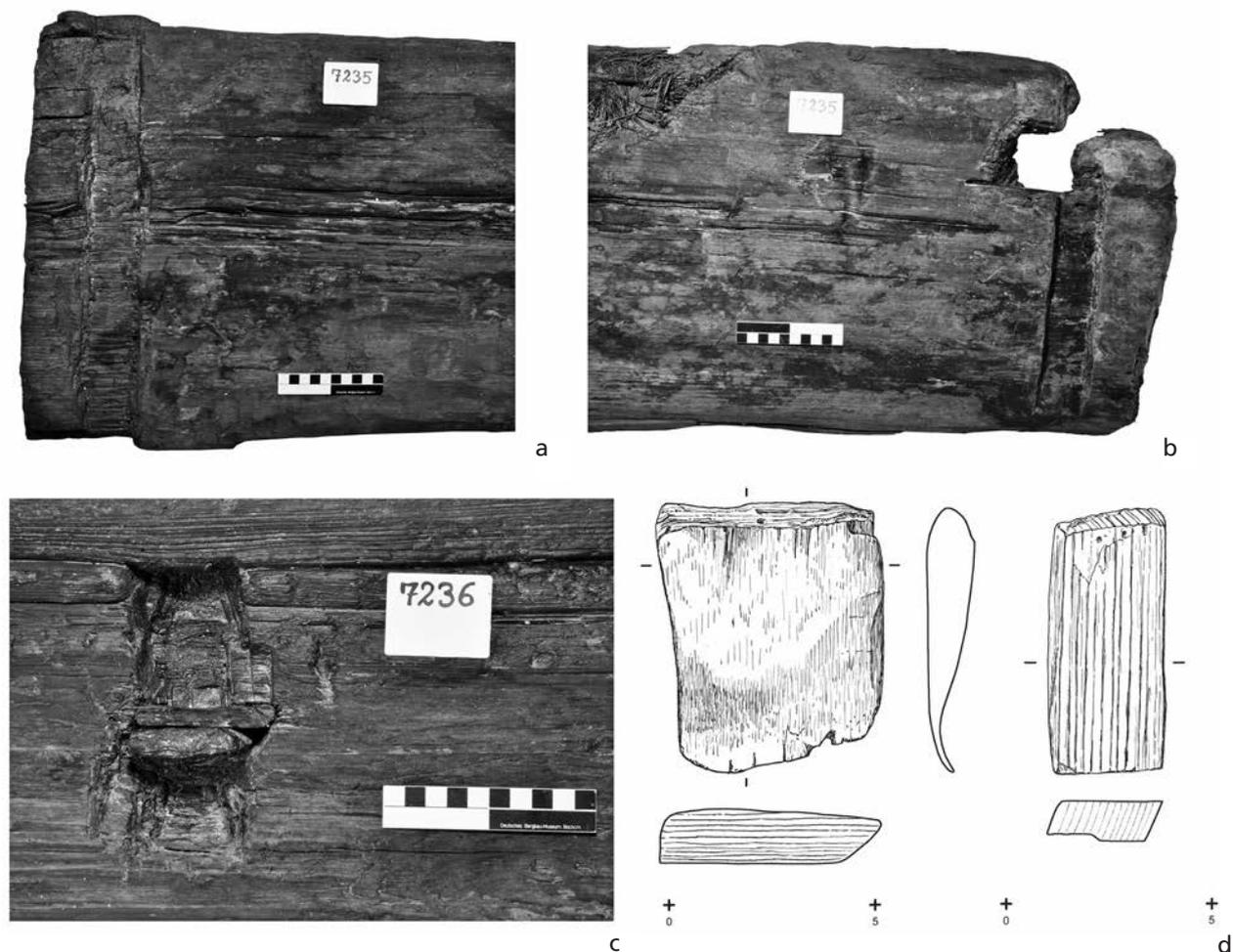


Abb. 12 Troiboden. Nassaufbereitungskasten: Details der Stecknute des Bretts Nr. 7235 (a-b) sowie der Aufnahmenut für die Mittelstange in Brett Nr. 7236 (c) und zwei der verwendeten Keile Nr. 7236-1 und 7236-2 (d). – (Fotos / Zeichnungen R. Pils / A. Kuczminski, Ruhr-Universität Bochum).

zu eben und stehen senkrecht zu den Spaltflächen. Das zweite Ende lässt in beiden Fällen eine eher nachlässige Arbeit erkennen. Die Endflächen sind hier uneben sowie von Graten und Absätzen unterbrochen. Ähnliches kann man auch für die Schlitzte feststellen, in die die kürzeren Bretter eingelassen wurden. Auf jedem der Bretter ist eine solche Nut sorgfältig herausgestemmt, mit geraden und senkrecht stehenden Stirnseiten. Die jeweils andere ist breiter, die Stirnseiten fallen schräg ein und zeigen an mehreren Stellen Ausbrüche von ungenau geführten Schlägen⁵ (Abb. 12). Womöglich lassen diese Unterschiede auf mindestens zwei Personen schließen, die an der Herstellung der Werkstücke beteiligt waren. Erwähnenswert ist zudem, dass sich an zweien der Schlitzte längere, vielleicht mit einem Messer gezogene Ritzlinien finden, mit denen wahrscheinlich der Verlauf der einzustemmenden Nut angerissen wurde.

Darüber hinaus legt die Analyse der Schlagmarkenbreite die Herstellung durch mehrere Personen nahe. Mit einem Mittelwert von 3,94 cm sind die Spuren auf dem Südbrett – wenn auch nur geringfügig – breiter als die auf dem Nordbrett, wo der Mittelwert lediglich 3,75 cm beträgt⁶. Möglicherweise lassen sich auf diesem Weg unterschiedliche Geräte und somit vielleicht auch verschiedene Hersteller fassen.

⁵ Für diese Beobachtungen sei Robert Pils herzlich gedankt.

⁶ Die Spuren wurden unabhängig vom jeweiligen Arbeitsschritt zusammengefasst. Die meisten stammen allerdings vom Über-

beilen der Spaltflächen. Die Summe beträgt bei Nr. 7235 n=53, bei Nr. 7237 n=82.

Die beiden Löcher, die in der oberen Hälfte der langen Bretter etwa mittig durchgestemmt wurden, sind die einzigen weiteren Bearbeitungen, die einen unmittelbaren Zusammenhang mit der Funktion des Kastens erkennen lassen. Sie stellen den Ein- und Ausfluss dar und versorgten so den Kasten mit Wasser. Vor allem beim Südbrett ist der Bereich um diese Öffnung stark beschädigt und ausgebrochen – auch die darüber liegende Kante ist sehr stark abgewetzt. Zudem scheint letztere in diesem Bereich absichtlich konkav gestaltet zu sein.

Weitere Bearbeitungen entziehen sich bisher einer funktionalen Ansprache. Hierzu zählen dreieckige Löcher, die sich nahe der Unterkante an drei der Bretter finden, Ausklinkungen an jeweils einer Ecke des Nord- und Südbretts, ein kleines Einstemmloch knapp unterhalb der Oberkante des Ostbretts sowie kleine Kerben, die in mehreren Fällen an den Kanten der Bretter beobachtet wurden⁷.

Bei diesen kleinen Kerben könnte es sich um Markierungen handeln, die sich direkt auf den Herstellungsprozess der Kastenbretter beziehen. Für diese Überlegung lassen sich zwei Beispiele als mögliche Belege anführen: So markieren die auf der Unterkante des Südbretts eingeschlagenen zwei Kerben die Ränder des im oberen Bereich eingestemmt durchflusses. Diejenigen auf Ober- und Unterkante des Ostbretts liegen auf einer Linie mit dem kleinen Einstemmloch.

Neben der durch die verschiedenen Werkzeugbreiten und die Qualitätsunterschiede wahrscheinlich gemachten Beteiligung mehrerer Personen am Herstellungsprozess könnten die Markierungen in Form von Ritzlinien und Kerben auch auf eine personelle Trennung von planerischen und ausführenden Tätigkeiten hinweisen und somit tiefere Einblicke in die Arbeitsorganisation des bronzezeitlichen Bergbaubetriebs gewähren.

Anhand mehrerer Beobachtungen können Aussagen zur Betriebsgeschichte des Kastens gewonnen werden. Im Einzelnen handelt es sich dabei um Modifikationen, die während der Nutzungszeit aus verschiedenen Gründen nötig wurden.

Am auffälligsten ist die unregelmäßige Verteilung der Pflöcke, die bereits erwähnt wurde. Sicher dem Kasten zuzuweisen ist ein großer Pflock (Nr. 7240), der von außen randlich vor das Südbrett gesetzt wurde (**Abb. 11**). Er besteht aus einem halbierten Rundholz, das am unteren Ende angespitzt wurde. Das obere Ende ist verdickt und im Querschnitt rechteckig. Mit seiner Position außerhalb des Kastens mag er am ehesten dazu gedient haben, ein Kippen des Südbretts nach außen zu verhindern. Dass diese Gefahr bestand, bestätigt die Auffindungssituation des Kastens: Das Südbrett war deutlich nach Süden gedrückt, sodass sich sogar die kürzeren Wandbretter aus den Stecknuten gelöst hatten. Ein weiterer Pflock (Nr. 7239), der sicher zur Kastenkonstruktion gehört, steckte auf der Innenseite vor dem Nordbrett. Er besteht aus einem radial gespaltenen Werkstück und ist mit 40 cm nur halb so lang wie der zuvor beschriebene. Der Auffindungsort innerhalb des Kastens verwundert, da die kürzeren Wandbretter ja eigentlich ein Kippen der langen Bretter nach innen verhindert haben sollten.

Ebenfalls bemerkenswert ist, dass sich genau an den Positionen der eben beschriebenen Pflöcke weitere fanden, die aber wegen ihrer stratigraphisch tieferen Lage nicht der dokumentierten Phase des Kastens zuzuschreiben sind. Unter Nr. 7240 kam der Pflock Nr. 7248⁸ zutage (**Abb. 11**), unter Pflock Nr. 7239 das Stück Nr. 7244. Bei letzterem handelt es sich streng genommen um keinen Pflock, da es keine Spitze besitzt. Vielmehr ist es ein Werkstück, das mit seinen im Querschnitt rechteckigen Enden trotz der deutlich geringeren Länge große Ähnlichkeit mit dem Mittelsteg des Kastens (Nr. 7233) hat und vermutlich in sekundärer Verwendung als Pflock benutzt wurde. Diese tiefer liegenden Pflöcke deuten auf eine Vorgänger-

⁷ Mit diesen vergleichbare kleine Kerben finden sich auch auf den Grubenhölzern aus dem prähistorischen Bergbau des Arthurstollens (Thomas 2009, 26ff. 44ff.).

⁸ Noch nicht geborgen.

phase des Kastens an eben dieser Stelle hin (s. o.), bei deren Aufgabe die Bretter gezogen und wiederverwendet, die Pflöcke aber aufgegeben wurden. Dass die Wandbretter in der dokumentierten Periode tatsächlich nicht zum ersten Mal in Gebrauch waren, belegen auch die dendrochronologisch bestimmten Fälldaten. Das Holz des sicher zur letzten Phase des Kastens gehörenden Pflocks Nr. 7240 wurde ein ganzes Jahr nach dem der Wandbretter geschlagen (s. **Tab. 1**).

Der deutliche Niveauunterschied zwischen den Pflöcken an einer Position legt nahe, dass das Umsetzen des Kastens wegen einer anhaltenden und starken Akkumulation von Sediment erforderlich wurde. Unabhängig von der Neukonstruktion scheint die Notwendigkeit einer Absicherung durch Pflöcke weiter bestanden zu haben, was auf einen äußeren Einflussfaktor hindeutet. Das durch den ständigen Wasserzufluss aufgeweichte Gelände wird den Kastenbrettern nicht von sich aus genügend Halt gegeben haben, sodass sich diese leicht hätten verschieben können. Durch die zusätzlichen, im Süden und Westen angebrachten Stützen versuchte man, diesem Effekt entgegenzuwirken. Eine leichte Bewegung des Sediments in Richtung Süden lässt sich anhand der Schrägstellung nicht nur des Südbretts, sondern auch von Plock Nr. 7248 sowie des Stücks Nr. 7244 der älteren Kastengeneration erkennen.

Während des letzten Umsetzens des Kastens wurde aus nicht näher zu klärenden Gründen das Westbrett (Nr. 7238) nicht mehr in die Nut des Nordbretts (Nr. 7237) eingefügt, sondern nach innen versetzt. Eine seitliche Stabilisierung der westlichen Wand war somit nicht mehr in dem ursprünglichen Maße gegeben. Ob der Plock Nr. 7241, der etwas westlich der Wandung vorgelagert ist, aus diesem Grund eingeschlagen wurde oder ob er einer früheren Phase angehört, wofür die stratigraphisch tiefere Lage und der Abstand zum Westbrett sprechen würden, ist bisher nicht zu klären.

Eine vermutlich letzte Modifikation lässt sich im Inneren des Kastens beobachten. Das im Westbrett (Nr. 7236) eingestemmte Loch, das der Aufnahme des Mittelstegs diene, muss zu einem bestimmten Zeitpunkt den Anforderungen nicht mehr genügt haben und wurde daher nach oben erweitert. Als Auflage für den Steg wurde anschließend ein kleiner Buchenkeil (Nr. 7236-1) in das Holz getrieben und – vielleicht zu einem noch späteren Zeitpunkt – ein kleines Holzplättchen untergeschoben (Nr. 7236-2; **Abb. 12**). Auch auf der gegenüberliegenden Seite wurde in den Schlitz des Ostbretts (Nr. 7238) ein Buchenkeil eingetrieben, der die Auflage des Steges um mehrere Zentimeter anhub. Hier fand sich zudem ein fragmentiertes, spatelförmiges Holzgerät mit rundem Griff, das vielleicht einer zusätzlichen Fixierung diene.

Dieser letzte Eingriff stellt eine nicht reversible Modifikation dar. Sie mag aufgrund derselben Sedimentationsprozesse notwendig geworden sein, die auch das frühere Höhersetzen des Kastens erforderlich machten: Vermutlich setzte sich der Innenraum durch die durchgeführten Tätigkeiten immer weiter mit feinem Sediment zu, bis er so weit angefüllt war, dass ein weiteres Arbeiten nicht mehr möglich war.

Nach einer längeren Nutzung waren die Bretter aber bereits in einem so schlechten Zustand, dass sich ein weiteres Umsetzen nicht mehr lohnte. Dafür sprechen die Buchenkeile, von denen zumindest derjenige in Nr. 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. Um den Kasten doch noch eine Weile weiter nutzen zu können, wurde der Steg etwas nach oben versetzt, bevor die Konstruktion, wahrscheinlich bald darauf, endgültig aufgegeben wurde.

Die beschriebene Aufweichung des Holzes lässt sich vor allem im mittleren Bereich von Brett Nr. 7238 feststellen. Hier finden sich zudem kleinere Löcher, die von einem beginnenden Abbau der Holzsubstanz zeugen. Der untere Teil, der vermutlich bereits mit dem Bau der Anlage in das Feinsediment eingetieft wurde, ist hingegen sehr gut erhalten. Das oberste Drittel schließlich ist recht spröde und von Eisenoxidkrusten überzogen, die den unmittelbaren Kontakt mit dem groben Material der Pochhalden und Handscheideberge belegen, die den Kasten nach seiner Aufgabe überlagerten.

P. T.

Ergebnisse der dendrochronologischen Analyse und Datierung

Gegenstand der dendrochronologischen Untersuchung sind nicht nur die vier Kastenbohlen, sondern auch die mit diesen in konstruktivem Zusammenhang stehenden drei Spundbretter und sechs Pflöcke. An diesen archäologischen Hölzern wurden jeweils die Jahrringbreiten ausgemessen, die Holzart bestimmt und bei fehlendem Mark eine Schätzung des Abstandes zwischen innerstem gemessenen Jahrring und Kern durchgeführt. Dendrochronologische Jahrringbreitenmessungen an Holzproben erfolgen in der Regel an Querschnitten unter Verwendung von Messtisch und Binokular. Diese Vorgehensweise war an den Pflöcken (z. B. Nr. 7240) und an zwei der drei Spundbretter (Nr. 7242-1, 7242-2) sowie an der westlichen Bohle (Nr. 7238) durchführbar, da hier meist Bruchkanten Messungen ohne Präparierung erlaubten. Die Auswertung der Jahrringbreiten an den übrigen Hölzern des Nassaufbereitungskastens erforderte hingegen bildanalytische Arbeitsmethoden. Damit waren die Untersuchungen ohne oder mit höchstens gering-invasiver Probenpräparierung möglich. Jahrringserien von Bergbauhölzern der Kelchalm wurden auf diese Weise bereits dendrochronologisch analysiert und in weiterer Folge datiert (Pichler u. a. 2009).

Die Kastenbohlen und die Spundbretter wurden aus Fichtenholz (*Picea abies*) gearbeitet, jeweils zwei Pflöcke aus dem Holz der Lärche (*Larix decidua*), der Tanne (*Abies alba*) und der Erle (*Alnus spp.*). Die Holzart des Querstegs ist ebenfalls Erle. Die Dominanz der Fichte in den untersuchten Hölzern entspricht der rezenten Waldzusammensetzung am Troiboden und damit auch dem Waldbild der subalpinen Stufe in diesem Alpenbereich (Mayer 1974). Das Vorherrschen der Fichte lässt sich aber auch anhand von subfossilen Hölzern, die aus den Moorflächen am Troiboden geborgen und dendrochronologisch bearbeitet wurden, bestätigen⁹.

Die erarbeiteten Jahrringserien streuen mit einer Ausnahme zwischen 8 und 138 Werten. Aus diesem Rahmen fällt die südliche Kastenbohle mit insgesamt 239 Jahrringen. Damit hebt sich das Baumalter dieser Fichte bei gleichem Durchmesser deutlich von jenen der anderen Kastenbohlen ab. Vergleichsweise geringe Reihenlängen liegen für drei analysierte Pflöcke vor: Nr. 7244: Holzart Erle, 8 Jahrringe; Nr. 7243-1 bzw. 7241: Holzart Tanne, 30 bzw. 44 Jahrringe.

Über visuelle Abgleiche der Jahrringkurven untereinander gelang eine Synchronisation von neun Messserien. In einem weiteren Schritt konnte daraus eine 240 Werte umfassende Mittelkurve zusammengestellt werden. Für die dendrochronologische Datierung wurde jener Abschnitt der Kasten-Mittelkurve herangezogen, der zumindest dreifach belegt ist. Als Datierungsgrundlage diente die ostalpine Nadelholzchronologie (Nicolussi u. a. 2009). Danach markiert der letzte Jahrring der Kasten-Chronologie das Jahr 1375 v. Chr. Die Endjahre der synchronisierten Jahrringserien der archäologischen Hölzer streuen dabei lediglich über einen Zeitraum von max. zwei Jahren, zwischen Herbst/Winter 1377/1376 und Spätsommer 1375 v. Chr. (Abb. 13).

Oftmals primäres Ziel von dendrochronologischen Analysen an archäologischen Hölzern ist die Bestimmung des Fällzeitpunktes, über den im Regelfall die Verwendungsaktivität selbst datierbar ist. Voraussetzung dafür ist die Erhaltung des letzten gebildeten Jahrringes vor der Fällung (=Waldkante). Bei der Zurichtung der Konstruktionshölzer kann diese Waldkante leicht abgearbeitet werden oder aber durch die Einbettung in Sedimentschichten verloren gehen. An allen datierten Hölzern (Ausnahme: Spundbrett Nr. 7243-3) des Ensembles blieb jedoch dieser letzte Jahrring erhalten.

⁹ Die Ergebnisse dieser Studie wurden in einer Diplomarbeit am Institut für Geographie, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, erarbeitet.

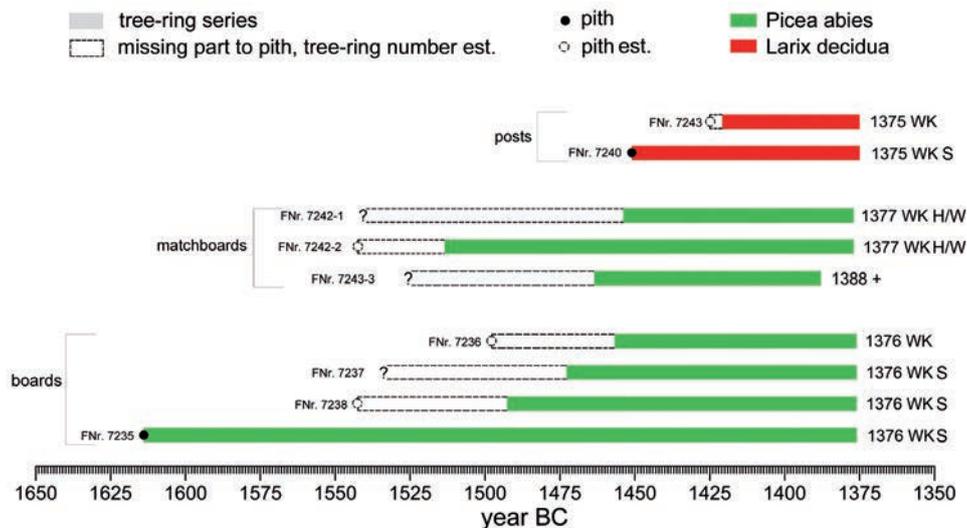


Abb. 13 Troiboden. Nassaufbereitungskasten: zeitliche Erstreckung der Jahrringserien der datierten Fichten- und Lärchenhölzer. Angegeben sind jeweils die Endjahre der Probenreihen sowie der Status der Waldkante: WK S: Waldkante erfasst, Fällung im Sommer; WK H/W: Waldkante erfasst, Fällung im Herbst/Winter; WK: Waldkante erfasst, Jahreszeit der Schlägerung nicht bestimmbar; +: keine Waldkante, Nennung des letzten gemessenen Jahrrings.

Abhängig davon, wie dieser Jahrring ausgebildet ist¹⁰, lässt sich nicht nur das Fälljahr bestimmen, sondern auch der Zeitraum innerhalb eines Kalenderjahres, in dem die Fällung erfolgte, eingrenzen. Demzufolge zeichnet sich für die archäologischen Hölzer des Nassaufbereitungskastens folgendes Bild: An allen vier Kastenbohlen ist die Ausbildung der Frühholz zellen abgeschlossen, vereinzelt sind Ansätze zu Spätholz zellen erkennbar, hier liegt eine Fällung im Spätsommer 1376 v. Chr. vor. Etwas früher erfolgte hingegen die Schlägerung der für die Spundbretter verwendeten Bäume: Der letzte Jahrring ist an zwei der drei Exemplare vollständig ausgebildet, eine Schlägerung während der Vegetationsruhe im Winterhalbjahr 1377/1376 v. Chr. – also zwischen Herbst 1377 und Frühsommer 1376 v. Chr. – ist hier bestimmbar. Bei den beiden Lärchenpflöcken ist wiederum von einer Fällung im Spätsommer 1375 v. Chr. auszugehen (Abb. 13; Tab. 1).

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 randalpinen Zone mit jährlichen Niederschlägen über 1650 mm zu rechnen, die zu einem beträchtlichen Teil im Winter und damit in Form von Schnee fallen; die entsprechenden Schneehöhen können Fällarbeiten erheblich erschweren (Weinmeister 1983). Demgemäß erfolgte die Schlägerung der für die Spundbretter verwendeten Bäume entweder noch im Herbst 1377 oder erst im Frühsommer 1376 v. Chr. unmittelbar vor Wachstumsbeginn und damit wenige Monate vor jener der Kastenbohlen (Spätsommer 1376 v. Chr.).

Es ist davon auszugehen, dass der Fällung der Fichtenbäume für die Herstellung der Kastenbohlen im Spätsommer 1376 v. Chr. eine unmittelbare Weiterverarbeitung folgt, da die Hölzer im saftfrischen Zustand mit den prähistorischen Werkzeugen leichter zu bearbeiten sind¹¹. Anzunehmen ist daher eine Inbetriebnahme des Kastens noch im Jahr 1376 oder – allerdings weniger wahrscheinlich – im darauffolgenden Jahr. Gegen eine Inbetriebnahme der Wascheinrichtung erst im Sommer 1375 v. Chr. sprechen die beiden im

¹⁰ Nadelhölzer weisen Jahrringe mit vegetationszeitabhängig unterschiedlichen Zelltypen auf. Während der Vegetationsperiode werden im Früh- bzw. Hochsommer die weitlumigen dünn-

wandigen Tracheiden (Frühholz) ausgebildet, im Spätsommer die englumigen und meist dickwandigen Tracheiden (Spätholz).
¹¹ Ruoff 1998, 8.

Spätsommer 1375 geschlägerten Lärchenpflocke, deren Verwendung als Stützen für den Kasten bereits mit einer Höhersetzung der Wascheinrichtung verbunden war. Entsprechend sind die Lärchenpflocke als Beleg für eine Instandsetzungs- und Umbauphase des Kastens und nicht als zur eigentlichen Errichtungsphase gehörend aufzufassen. Die Errichtung und wohl auch erste Nutzung des Kastens erfolgten somit höchstwahrscheinlich im Jahr 1376 v. Chr. unter Verwendung wenige Monate früher (zwischen Herbst 1377 und Frühsommer 1376) geschlägerter Hölzer. Die Weiterführung der Nutzung ist zumindest für 1375 v. Chr. belegbar.

Die Errichtung des Waschkastens ist im Rahmen von nachweislich umfangreicheren Aktivitäten zur Erzverarbeitung in diesem Areal zu sehen. Das zeigen die Fälldaten von Hälblingen, Viertlingen und weiteren Holzteilen aus Fichtenholz, die im erweiterten Schnitt B3 geborgen wurden (**Abb. 4**). Die Ergebnisse belegen Schlägerarbeiten im Spätsommer 1377 sowie zwischen Herbst 1377 und Frühsommer 1376 v. Chr. Damit datieren diese Holzteile weitgehend übereinstimmend mit den Spund- und Kastenbrettern des Waschkastens. Nur die Analyse des Pflockes Nr. 7217-3 aus Schnitt B3 erbrachte mit Spätsommer 1380 v. Chr. ein abweichendes, etwas früheres Fälldatum.

Mit der dendrochronologischen Datierung des 2009 geborgenen Nassaufbereitungskastens am Troiboden liegen für das Bergbauggebiet am Mitterberger Hauptgang nunmehr Ergebnisse vor, die die lokalen bergbaulichen Aktivitäten am Troiboden in die späte Mittelbronzezeit stellen.

T. P. / K. N.

Die Gerätefunde

Neben den Beobachtungen zur Stratigraphie und zu den Holzteilen der Konstruktion geben auch die innerhalb des Kastens gefundenen Geräte Aufschluss über die Funktionsweise. Dabei können funktionstüchtige und weitgehend vollständige sowie fragmentierte Geräte beschrieben werden (**Abb. 14**). Zwei handteller-große Kombinationsgeräte gehören zum Poch- bzw. Mahlprozess der schon grob vorgeschiedenen Erze (Nr. 7207, 7225). Daneben ist ein »bügeleisenförmiger« Läuferstein einer Erzmühle zu nennen (Nr. 7074). Sinngemäß sollte das Mahlen des Erzkonzentrats vor der letzten Nassaufbereitung stattgefunden haben. Da die Geräte vollständig erhalten sind, wäre es denkbar, dass sie direkt mit den Arbeiten im Umfeld des Kastens in Verbindung stehen (s. u.). Den Mahlprozess verdeutlichen auch einige Bruchstücke von Unterlegplatten (Nr. 7131, 7066), die freilich sekundär in den Haldenresten verlagert wurden und deshalb nicht direkt mit der Anlage in Zusammenhang zu bringen sind. Weiterhin sind Scheidplattenfragmente des Pochprozesses zu nennen (Nr. 7130). All das verdeutlicht, dass die trockenmechanische Erzkonzentration direkt neben der Nassaufbereitung durchgeführt wurde, vielleicht auch in einzelnen Zwischenschritten mit dieser verbunden war. Erzmühlenreste sind zudem zahlreich aus den Grabungen C. Eibners überliefert (Eibner 1972, 8ff.).

Interessant sind überdies die Holzmesserfunde (Nr. 7184, 7202-2; **Abb. 15**), die den Exemplaren von der Kelchalm, aus dem Maukengraben (Bz. Kufstein/A) sowie der Grabung C. Eibners im Jahr 1972 ähneln (Eibner 1972, 7 Abb.; Klaunzer 2008, 117f.). 1971 kamen nur etwa 2 m südlich des Kastenkranzes Holzmesser in »blauem Feinsediment« zutage. Nr. 7184 lässt deutlich einen Griff und eine flach 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?

T. S.

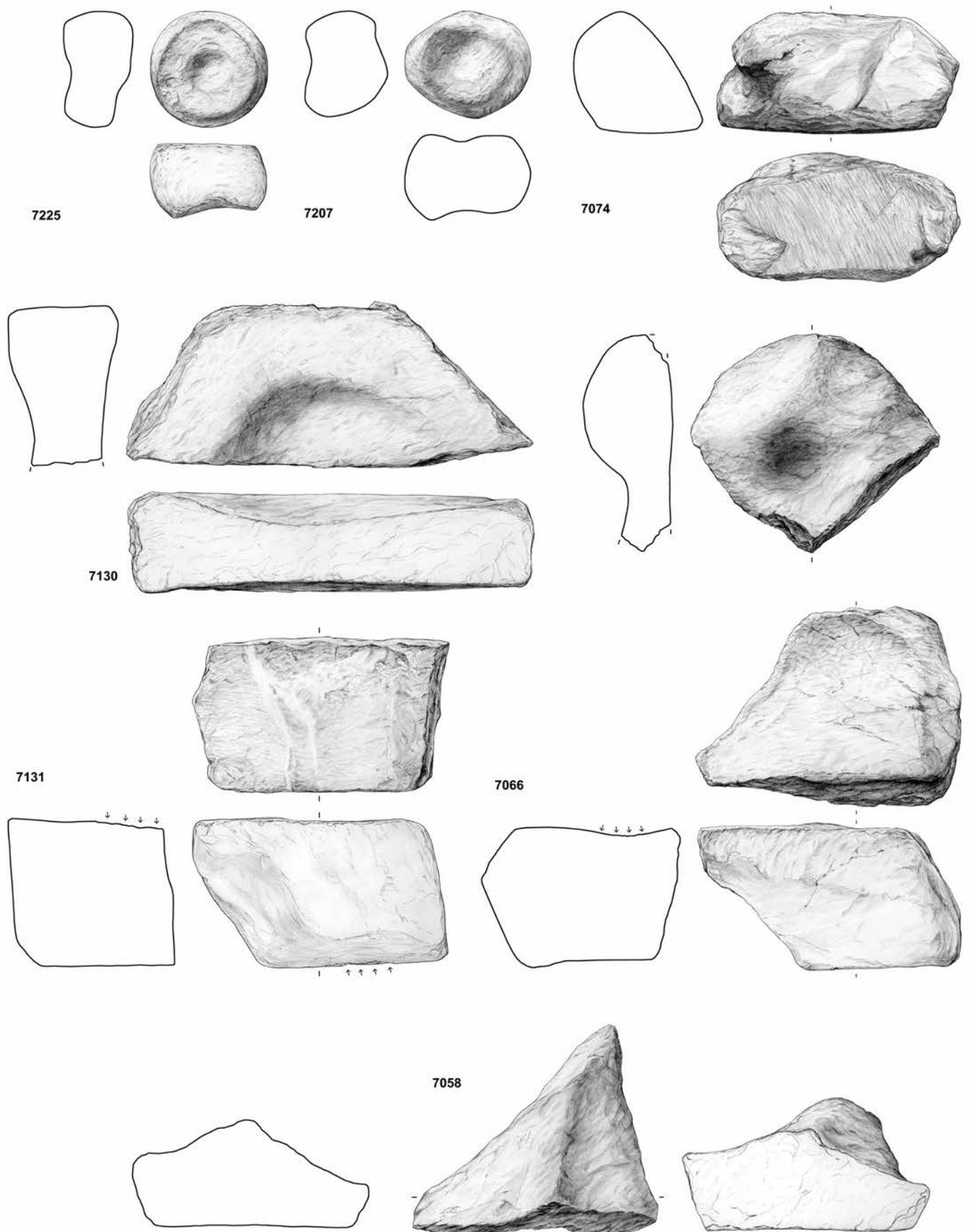


Abb. 14 Troiboden. Nassaufbereitungskasten: Steingeräte aus dem Inneren und dem Umfeld des Werkskastens. – (Fotos / Zeichnungen A. Kuczminski, Ruhr-Universität Bochum). – M. 1:2.

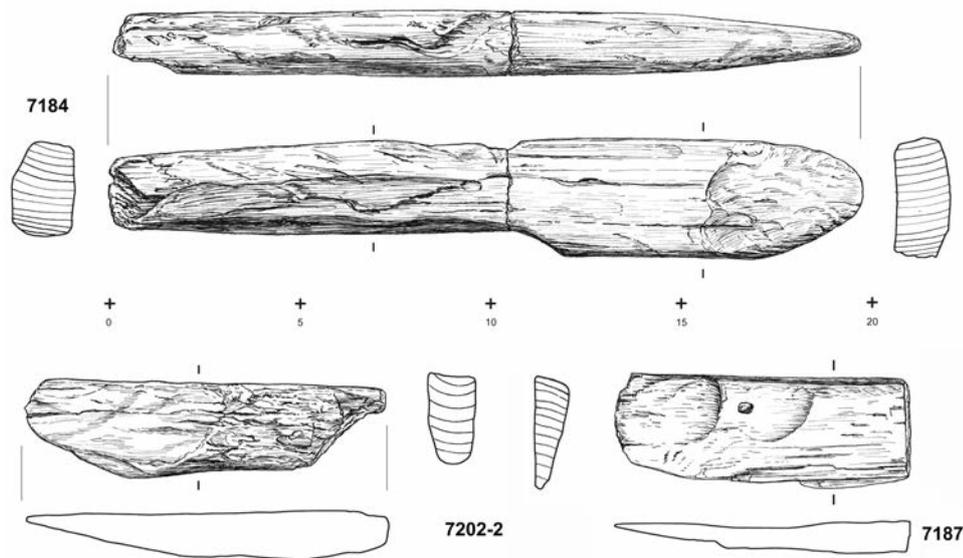


Abb. 15 Troiboden. Nassaufbereitungskasten: Holzmesser (Nr. 7184), sogenanntes Streichmesser (Nr. 7202-2) und mögliches Fragment (Nr. 7187). – (Fotos/Zeichnungen P. Fleischer/A. Kuczminski, Ruhr-Universität Bochum). – M. 1:2.

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 im Anschluss grob klassifiziert. Demnach können die Schichten nach der grobklastischen Fraktion in einige grundsätzliche Schichtarten unterteilt werden: Häufig sind etwa Schichten aus feinem Phyllit sowie Quarz- und Karbonatsand (Gangart) und ebenso Schichten aus größerem Phyllit sowie Quarz- und Karbonatsand, die mit größeren Quarzstücken vermischt waren. Demgegenüber liegen auch Grobfractionen aus gepochter, grober Gangart mit einem lediglich geringen Phyllitanteil vor. Unabhängig von den verfahrenstechnischen Aspekten der Aufbereitung lässt allein diese Schichtzusammensetzung schon den Schluss zu, dass offensichtlich auch größer fraktionierte, verwachsene Erze im Kasten gewaschen und nicht nur feine Erzschlämme verarbeitet wurden. Dies ist ein Hinweis auf eine bestimmte Multifunktionalität. Im Anschluss wurde eine genaue mikromorphologische Untersuchung der Sedimente durchgeführt, bei der die Art des Sedimentationsprozesses und eine mögliche Metallanreicherung beurteilt werden sollten. Ein Sedimentblock aus dem Inneren des Kastens (unterhalb der Mittelstange) wurde im Block geborgen und für eine Analyse hinsichtlich der Mikromorphologie, der mineralischen Komponenten und der Metallanreicherung der einzelnen Schichten im Labor verprobt (**Abb. 16**). Die Untersuchung nach den Mineralgehalten und der Metallanreicherung der getrockneten und homogenisierten Schichten ist am Materialkundlichen Labor des Deutschen Bergbau-Museums erfolgt. Ein zweiter Teil des Blockes wurde für eine mikro-

Gehalte in Gewichts-%												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Si K	30,44	31,36	29,42	28,77	33,73	32,82	35,83	33,21	33,06	26,52	31,57	31,73
S K	3,28	3,42	3,64	3,53	2,62	2,22	2,48	1,75	1,56	4,43	1,76	2,50
Fe K	6,43	12,42	12,26	10,05	6,47	5,80	6,03	5,31	4,72	17,39	5,06	7,63
Cu K	1,78	3,86	3,29	5,36	1,28	1,49	1,31	0,77	0,65	2,46	1,23	1,86
Summe	41,93	51,06	48,61	47,71	44,10	42,33	45,65	41,04	39,99	50,80	39,62	43,72
sonstige	58,07	48,94	51,39	52,29	55,90	57,67	54,35	58,96	60,01	49,20	60,38	56,28

Tab. 2 Troiboden. Nassaufbereitungskasten: Verteilung der Hauptbestandteile nach der Untersuchung mit dem REM der Proben 1-12. – (Graphik M. Prange).

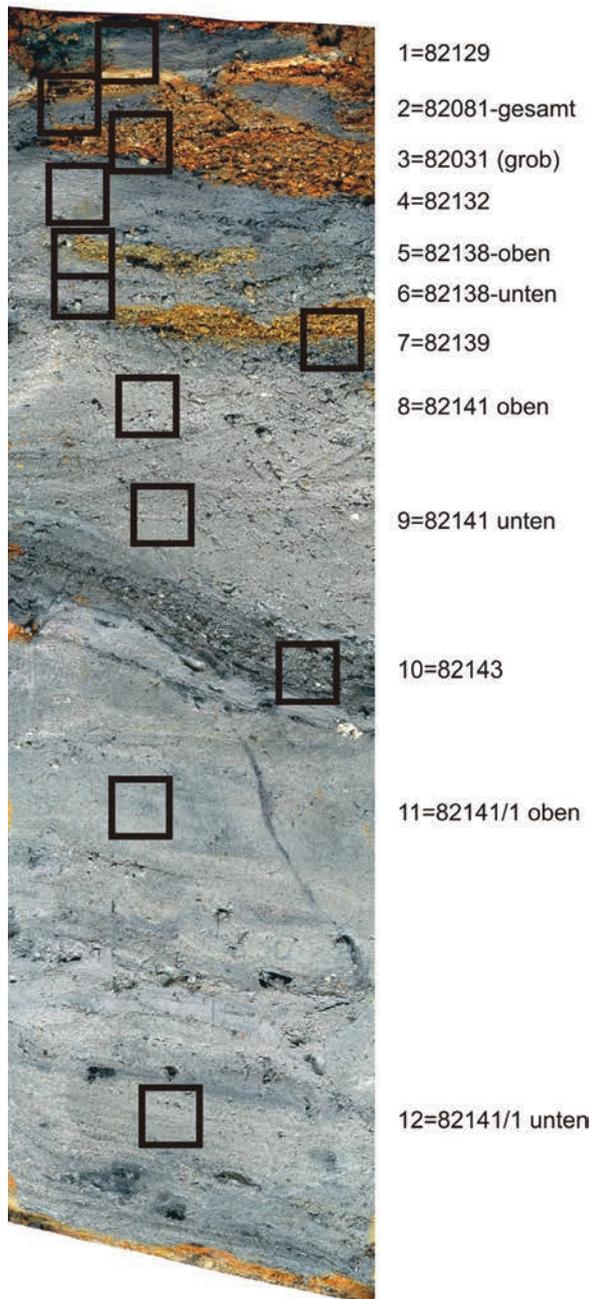


Abb. 16 Troiboden. Nassaufbereitungskasten: Sedimentblock mit Verprobung der Schichten für die Untersuchung nach dem Mineralbestand und den chemischen Elementen. – (Graphik Th. Stöllner).

Es ist davon auszugehen, dass es sich bei dem Schlamm um Gangart handelt, da das vorherrschende Gestein ein Serizitquarzit ist. Daneben kommen noch weitere Bestandteile in variierenden Mengen vor. Fast alle Proben wiesen zusätzlich Mikroklin (Feldspat) und Kaolinit (Tonmineral) auf, zwei andere enthielten jeweils Ankerit (Calcium-Eisen-Karbonat; Nr. 82143) oder Dolomit (Calcium-Magnesium-

morphologische Analyse an das Institut für Physische Geographie der Goethe-Universität Frankfurt a. M. (H. Thiemeyer, D. Fritzsich) abgegeben (s. u.). Die Proben für die Metallgehalte aus den einzelnen Schichtpaketen konnten nur makromorphologisch differenziert entnommen werden (**Abb. 16**). Dabei zeigt sich in den Schichten grundsätzlich ein erhöhter Erzanteil bei geringerem Silikatanteil (**Tab. 2**; **Abb. 17**). Die Gehalte von metallischen Elementen korrelieren positiv und lassen erkennen, dass Kupfer- und Eisenanteile in den Erzen systematisch erhöht sind. Bei Gewichtsprozenten von deutlich > 1,5 % kann von erhöhter Kupferkonzentration gesprochen werden¹²; auffällig sind Spitzenwerte von 3-5 %, was tatsächlich für eine intentionelle Konzentration spricht. Dabei sollte nicht vergessen werden, dass ja wahrscheinlich noch höher konzentrierte Erzschlämme 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 jedoch an die unteren Schichten. Sie deuten darauf hin, dass eine erhöhte Kupferkonzentration in Schichten mit hohem Holzkohlen- und Organikanteil vorliegt, was auf keine Verbindung mit Starkwasserzuflüssen in den Kasten (die ja auch Holzkohlenflitter mit sich führten) hinweist, sondern eher auf das Absinken des Erzschlammes in den ebenfalls beobachteten kleinen Tümpeln. Hier konnten sich die Organikanteile leichter absetzen (s. auch nächster Abschnitt). Mittels Röntgendiffraktometrie wurden die Mineralphasen in den Schichten bestimmt¹³. Die Erzminerale, die in allen Proben enthalten waren, sind Chalkopyrit, also Kupferkies (CuFeS_2), und Pyrit (FeS_2). Hauptbestandteile des Schlammes sind Quarz, Muscovit (Hellglimmer) und Siderit (Eisen-

¹² Der Kupfergehalt in den Aufbereitungshalden wird etwa mit 1,5 % angegeben, der Kupfergehalt des Erzkörpers wird mit durchschnittlich 1-2,5 % angegeben: Zschocke/Preuschen 1932, 43. 133. – Eibner 1972, 14.

¹³ Zum Einsatz kam ein Diffraktometer vom Typ X'Pert PRO der Firma PANalytical. Die damit aufgenommenen Spektren wurden mit den Daten des International Centre for Diffraction Data verglichen und ausgewertet.

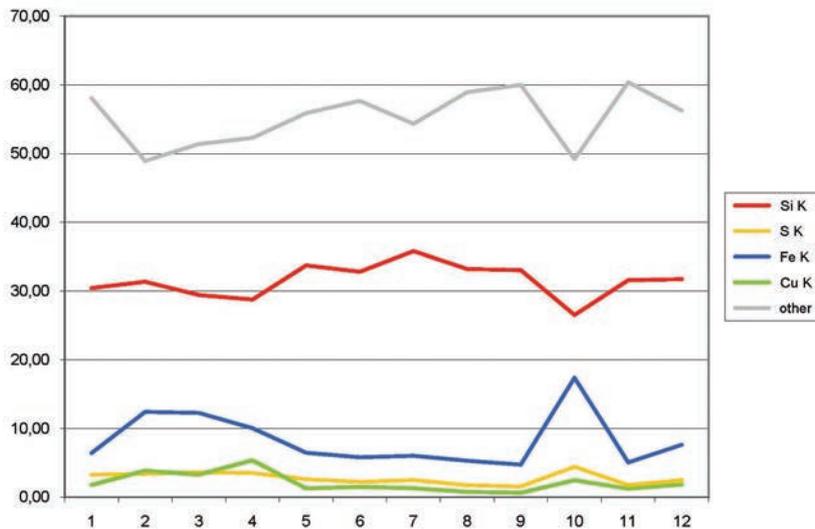


Abb. 17 Troiboden. Nassaufbereitungskasten: Verteilung der Hauptbestandteile nach der Untersuchung mit dem REM. – (Graphik M. Prange / P. Thomas).

Karbonat; Nr. 82138 unten). In einer Probe (Nr. 82081 grob) konnte Gips, eventuell als Sekundärbildung, bestimmt werden und in einer Probe (Nr. 82081 gesamter Schichtkomplex) Apatit (Calciumphosphat). Apatit ist u. a. Bestandteil von Knochen.

D. K. / M. P. / T. S.

Mikromorphologische Untersuchungen an den Ablagerungen innerhalb des Waschkastens – erste Ergebnisse

Der geborgene Sedimentblock mit Ablagerungen des Waschkastens wurde in Anlehnung an Altemüller (1962) präpariert. Daraus wurden vier Großdünnschliffe (90 × 60 mm) angefertigt, die einen Einblick in Stratigraphie, Mikrostruktur und Zusammensetzung der Ablagerungen erlauben. Die Dünnschliffe wurden im linear polarisierten Durchlicht (PPL) und im gekreuzt polarisierten Durchlicht (XPL) beschrieben.

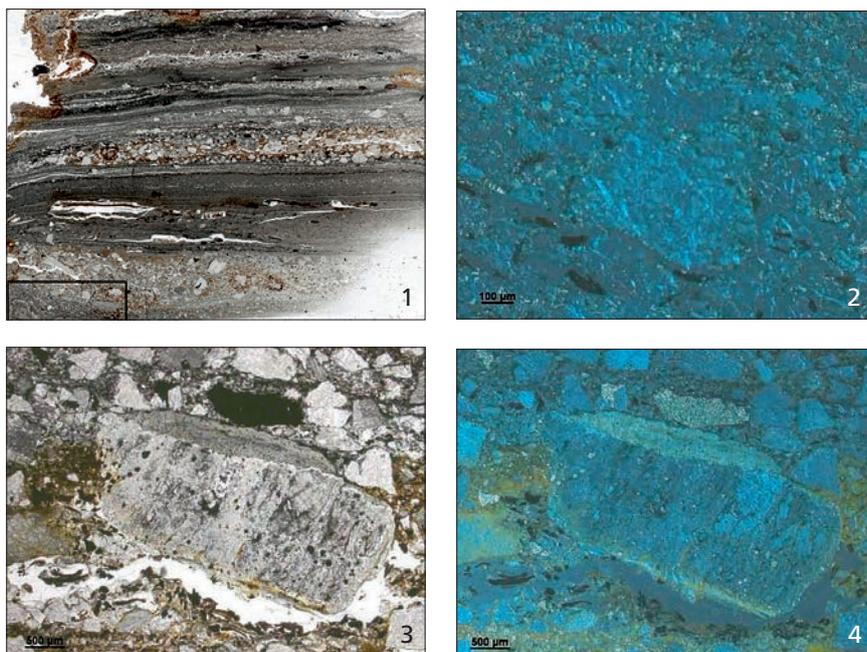


Abb. 18 Troiboden. Nassaufbereitungskasten: **1** mikromorphologischer Dünnschliff des oberen Sedimentblockteils. – **2** Details (hoher Anteil an Erzfragmenten [metallischer Glanz] im Feinsediment [OIL]; schwarze Komponenten: Holzkohlefragmente). – **3** Geschichtetes Karbonatgesteinsfragment mit opaken Einschlüssen (PPL). – **4** Vgl. **Abb. 18, 3**: Einschlüsse zeigen im OIL den typischen Glanz; gut unterscheidbar sind die organischen Reste unterhalb des Fragments. – (Fotos D. Fritzschn).

Bestandteil aller Proben sind Gesteinsfragmente, die überwiegend von Karbonatgesteinen stammen. Die Korngrößen reichen von Feinschluff bis hin zu Sandkörnern von 200 µm, vereinzelt auch bis zu 2000 µm Durchmesser. Daneben existiert eine beträchtliche Menge opaker (undurchsichtiger) Körner und Bruchstücke, die unter schräg einfallendem Auflicht (OIL) einen metallischen Glanz zeigen (Abb. 18, 2). Anhand dieses Merkmals sind Erzurückstände sehr gut von organischen Resten und von ebenfalls opaken Holzkohlefragmenten und -flittern unterscheidbar (Abb. 18, 2) (vgl. Stoops 2010), die in nahezu allen Schichten vorkommen. Auch in feinsedimentreichen Schichten ist dieser typische Glanz deutlich sichtbar. An vielen Stellen sind in karbonatischen Gesteinsfragmenten opake Einschlüsse zu erkennen (Abb. 18, 3), die unter OIL ebenfalls einen metallischen Glanz zeigen (Abb. 18, 4).

Bereits makroskopisch lassen sich deutlich unterschiedlich gefärbte Straten verschiedener Körnung und Mächtigkeit ausmachen.

Der obere Bereich (Abb. 18, 1; Bildausschnitt: 75 mm) des analysierten Sedimentmonoliths ist von markanten Schichtwechseln geprägt (Schliff 1). Es hat dabei eine deutliche Sortierung der Materialien nach ihrem spezifischen Gewicht stattgefunden. Chaotische Ablagerungen basieren auf einer Sedimentation bei höheren Fließgeschwindigkeiten. Holzkohlefragmente sind deshalb in diesen Schichten kaum vorhanden. Feinsedimentreiche Lagen wurden in deutlich ruhigerem Sedimentationsmilieu abgelagert. Wahrscheinlich kam die Wasserbewegung durch Überstauung zeitweilig zum Erliegen, sodass feines, leichtes Material, wie Holzkohleflitter, langsam sedimentieren konnte. In den weiteren mikromorphologisch untersuchten Abschnitten des Blocks wurden vergleichbare Wechsel zwischen feinmaterialreichen Schichten und Lagen mit grobkörnigen Sedimenten in dieser Ausprägung nicht erkannt.

Am Übergang zum zweiten Schliff, der sich insgesamt gleichförmiger darstellt, sind Verwirbelungen der feinmaterialreichen Sedimente zu sehen (Abb. 18, 1, Bildausschnitt), was auf eine Störung nach der Ablagerung schließen lässt.

Im mittleren Bereich des Sedimentblocks (Schliffe 2-3) sind die feinen materialreichen Sedimentschichten stärker vertreten. An dieser Stelle können anhand der mikromorphologischen Untersuchung die oberen Profileile (d.h. etwa bis zur Unterkante der Fixierungsnut an den kurzen Brettern des Holzkranses) von jenen des unteren Profileils getrennt werden. In beiden Schliffen treten einige Schichten mit opaken, im OIL glänzenden Körnern auf, die gut mit den chemischen Analysen des Erzgehaltes korrelieren.

An der Basis des Sedimentblocks (Schliff 4) zeigt sich wiederum eine auffällige Laminierung, die aber nicht vergleichbar ist mit der Schichtung im Schliff 1. Die feine Stratifizierung beinhaltet in diesem Bereich feinsedimentreiche, dicht gelagerte Schichten, die einen hohen Anteil an Holzkohleflittern aufweisen. Hier kann von einer Sedimentation in vielen einzelnen Ereignissen mit geringer Wasserkraft ausgegangen werden.

D. F. / H. T.

Vorläufige Interpretation der Arbeiten am Nassaufbereitungskasten – ethnographische und historische Parallelen

Nach den bisherigen Beobachtungen lässt sich die Arbeitsweise im Nassaufbereitungskasten vom Troiboden grob skizzieren: Offensichtlich wurden im Kasten bei wahrscheinlich unterschiedlich intensivem Wasserzulauf Erze gewaschen und konzentriert. Nach der Erzwäsche wurden die Erze erneut »nass« gepocht und vielleicht auch gemahlen. Während die Erzwäsche eher unter einem permanenten Frischwasserstrahl erfolgt sein dürfte, wurde Erzkonzentration möglicherweise nur unter leichtem Rühren vorgenommen. Hierzu war die Einflussöffnung zeitweilig zu verschließen. Auf wiederholtes Schließen und Öffnen des Ein-

flusssloches im Südosten des Kastens deutet seine starke Abnutzung. Dadurch konnten feinere und leichtere Fraktionen über die Mittelstange »abflotiert« werden und sich in kleinen Tümpeln Anreicherungen von schwererem Erzschlamm bilden. Dabei kamen wahrscheinlich auch die hölzernen Streichmesser zum Einsatz, mit denen der taube Aufbereitungsschlamm über die Mittelstange abgestrichen wurde. Der offensichtlich hohe Karbonatanteil ist als Gangmaterial mit dem Erz selbst in das Sediment gelangt und Teil der Erzcharge. Auch er musste abgetrennt werden.

Der Nassaufbereitungsvorgang erinnert an verschiedene ethnographische und historische Beispiele: So schildert John Percy (1861, 388f.) ähnliche Aufbereitungsvorgänge bei den Sikkim in Nordindien (**Abb. 19**):

»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.

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«.

Eine ähnliche Beschreibung lieferte Peter Schmidtmeier anlässlich seiner Reisen in den chilenischen Anden bei Guasco im Zuge der Silbergewinnung mithilfe der Amalgamation, eines Verfahrens, das bekanntlich erst mit den Spaniern Südamerika erreichte. Uns interessiert hier die Erzaufbereitung, bei der ebenfalls leicht abflotierende Wassertröge zum Einsatz kamen. So schreibt Schmidtmeier (1824, 268f.):

»The ore after having been broken into small pieces and sometimes slightly heated in an oven is crushed in a mill ... A stream of water directed into the trough, carries the earthy and metallic particles of ores, as they become sufficiently pulverized for being washed out into a cistern or pit, the contents of which overflow into another, so that the heaviest of them sink to the bottom of the first, the lightest to that of the following. These pasty sediments are taken out and laid on ox hides or stone floors, in separate and equal heaps, of which each forms ... a *cuerpo* or body and with this are common salt and some mules dung well mixed« (**Abb. 20**).

1556 beschreibt Georg Agricola (1556, 259f. Abb.) 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 ver-

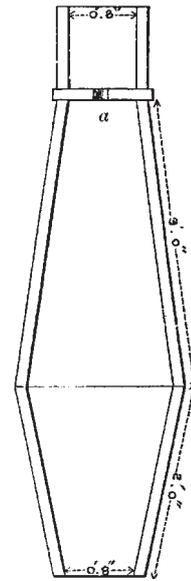


Abb. 19 Nassaufbereitungskasten der Sikkim in Nordindien. – (Nach Percy 1861, 389 Abb.).



Abb. 20 Aufbereitung, Amalgamation und Schmelzen von silberhaltigen Erzen im chilenischen Andenraum um 1821/1822. – (Nach Schmidtmeier 1824, Taf. 17).

wirbelt; das grobe Sediment wird direkt entnommen, das feine Material über einer mit Textil bespannten Waschbühne gewaschen. Auch pulverisiertes Erz wurde in solchen Trögen gewaschen (**Abb. 21**). Im 16. Jahrhundert wurde diese Tätigkeit sowohl von Jungen als auch von Frauen durchgeführt. In Bezug auf die genannten Textilien sollte nicht vergessen werden, dass schon bei dem 1968 gefundenen Kasten Textilien nahe einer Art Ausfluss gefunden wurden (Eibner-Persy/Eibner 1970, 18 Abb.) und auch in Schnitt A3 Textilien erwähnt werden (Eibner 1972, 7ff.).

ERGEBNIS

Der in den Jahren 2008-2009 abschließend untersuchte Waschkasten gehört zu einer Nassaufbereitungsanlage, die während der Blütezeit des prähistorischen Bergbaues in der späten Mittelbronzezeit im Aufbereitungsgelände am Troiboden (Sulzbachmoos) errichtet wurde. Es ist nach einem ersten, aber schlechter erhaltenen Befund des Jahres 1968 die erste modern erforschte und ausgewertete Anlage ihrer Art in den Ostalpen.

Die an der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck vorgenommene dendrochronologische Datierung lässt uns eine 1376 v. Chr. errichtete Waschanlage erkennen. Dazu musste das Gelände drainagiert und vorbereitet werden. Dafür sprechen die geringfügig älteren Datierungen der an der Westwand der Waschanlage aufgefundenen, tief sitzenden Spundbretter in das Winterhalbjahr 1377/1376 v. Chr. Zuvor war das Gelände vorbereitet und mit einer trittsicheren Schotterung aus Pochgängen ausgestattet worden. Diese

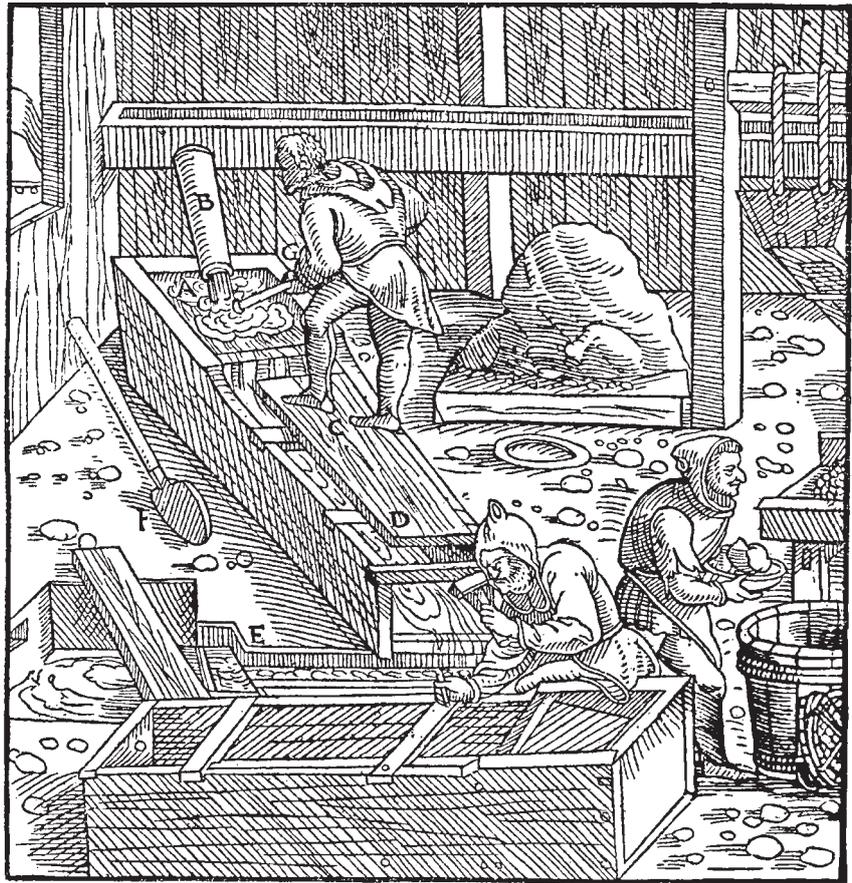


Abb. 21 Nassaufbereitung im 16. Jahrhundert. – (Nach Agricola 1556, 260 Abb.).

A—HEAD OF BUDDLE. B—PIPE. C—BUDDLE. D—BOARD. E—TRANSVERSE BUDDLE. F—SHOVEL. G—SCRUBBER.

Arbeiten dürften wohl ebenfalls zwischen 1377 und 1376 v. Chr. vorgenommen worden sein. Die Datierung eines Holzpflockes (Nr. 7217-3), der die 1377/1376 datierten Stämme in Schnitt B3 sichern sollte, ist geringfügig älter und weist in das Jahr 1380 v. Chr. Da es sich hierbei aber um ein vermutlich wiederverwendetes Lattenholz handelt, ergibt sich daraus kein Widerspruch für eine planerische Gesamtanlage der Aufbereitungsareale rund um den Nassaufbereitungskasten (s. auch **Abb. 4**). Die Nassaufbereitungsanlage wurde danach mindestens bis 1375 v. Chr. genutzt. In diesem Jahr wurde sie nochmals umgebaut, vielleicht weil sie durch die zunehmende Zuschlammung des Untergrundes höher gesetzt werden musste. Im Falle des Südbretts Nr. 7235 lassen sich deutliche Abnutzungen am Einflussloch erkennen, und auch die letztmalige Verankerung des Querholzes mithilfe zweier Keile in den östlichen und westlichen Querbrettern weist darauf hin, dass die Anlage danach außer Betrieb gesetzt wurde. Eine taphonomische Betrachtung der Hölzer legt überdies nahe, dass das Holz durch die intensive Nutzung aufgeweicht war und es sich vielleicht nicht lohnte, die Anlage nochmals hoch zu setzen bzw. den Kasteninnenraum zu reinigen. Die vor allem im Westen und ebenso im Norden gesetzten Stützpflocke lassen zudem erkennen, dass durch den stetigen Gebrauch auch die Konstruktion insgesamt stabilisiert werden musste. Diese Beobachtungen sind unserer Meinung nach ausschlaggebend für die Frage, warum der Werkskasten aufgegeben wurde. Doch spiegelt die Kurzlebigkeit vielleicht auch den Charakter der Nassaufbereitung insgesamt wider: Denn obwohl der Kasten wegen seiner Baufähigkeit und Zuschlammung aufgeben wurde, hatte man an dieser Stelle keine neue Anlage gebaut. Der Waschkasten wurde schließlich von Halden überlagert, die im Süden und Westen angeschüttet worden sind. Dies dürfte mit Umstrukturierungen im Aufbereitungsgelände zu tun haben, über die wir derzeit aber nur mutmaßen können.

Wichtig sind auch die nun erstmals interdisziplinär erarbeiteten Erkenntnisse zur Art der Nutzung: Deutlich ist, dass die Anlage in den schluffigen Untergrund eingesetzt wurde und vor allem im oberen Teil des Kastens gröbere Pochgänge, aber auch feingemahlene Erz gewaschen und möglicherweise durch »Überflotieren« über die Mittelstange auf 3-5 % konzentriert wurden. Feineres Erzmehl wurde vielleicht mithilfe von textilbespannten Sieben gewaschen und konzentriert. Dies deuten vor allem die Befunde einer ähnlichen, schon 1968 entdeckten Anlage an. Ob der von C. Eibner entdeckte Schlich mit 10 % Kupfergehalt ebenfalls in solchen Anlagen erzeugt wurde, ist aber noch unklar. Ebenso ist unklar, ob mit den Anlagen auch die Nutzung von Sichertrögen verbunden war: Eine solche wird für die beiden sehr großen, ebenfalls mit Querstange ausgestatteten Waschtröge von der Kelchalm vermutet (aufgrund einer ähnlichen Abnutzung, wie sie an unserem Befund erkennbar ist; Preuschen/Pittioni 1954, 20f.). Auch der aus dem Mitterberg bekannte Sichertrög deutet auf eine kombinierte Verwendung mit Anlagen unserer Art hin. Allerdings sind seine Datierung und Herkunft nicht restlos gesichert (Klose 1918, 26f. Abb. 35). Dennoch kann man sich gut vorstellen, dass solche Tröge zur weiteren Feinaufbereitung, z. B. des schon erwähnten hochkonzentrierten Schlichs, eingesetzt wurden. Doch in welcher Weise, bleibt bisher offen.

Am Arbeitsablauf waren wahrscheinlich mehrere Personen beteiligt, wobei nach ethnographischen Parallelen ebenso an Frauen und Kinder zu denken ist. Dabei scheint man das Erz neben dem Kasten auch »nass gepocht« zu haben, wie zwei vollständige, im Kasten aufgefundene Steingeräte andeuten. Der Wasserzufluss wurde vielleicht durch ein Verschließen der südlichen, höheren Öffnung geregelt; möglicherweise kamen auch hierbei die schon erwähnten Textilien zum Einsatz.

Die Waschanlage kann jedenfalls als eine einfache und effiziente Anlage beschrieben werden. Sie lässt sich im Prinzip mit jüngeren Anlagen und ihrem technischen Prinzip vergleichen. Nassaufbereitungskästen dieser Art waren aber nur Teil eines größeren und komplexen Aufbereitungsprozesses, dessen Stufen längst noch nicht im Detail nachvollziehbar sind.

T. S.

LITERATUR

- Agricola 1556: G. Agricola, *De re metallica libri XII* (1556, Nachdruck Düsseldorf³1961).
- Altemüller 1962: H.-J. Altemüller, Verbesserung der Einbettungs- und Schleiftechnik bei der Herstellung von Bodendünnschliffen mit VESTOPAL. *Zeitschr. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkde.* 99/2-3, 1962, 164-177.
- Eibner 1972: C. Eibner, Mitterberg-Grabung 1971. *Anschnitt* 24/2, 1972, 3-15.
- 1974: C. Eibner, Mitterberg-Grabung 1972. *Anschnitt* 26/2, 1974, 14-22.
- 1979: C. Eibner, Zum Stammbaum einer urzeitlichen Kupfererzaufbereitung. *Berg- u. Hüttenmännische Monatsh.* 124, 1979, 157-161.
- Eibner-Persy/Eibner 1970: A. Eibner-Persy / C. Eibner, Erste Großgrabung auf dem bronzezeitlichen Bergbaugelände von Mitterberg. *Anschnitt* 22/5, 1970, 12-19.
- Hanke u.a. 2009: K. Hanke / G. Hiebel / K. Kovács / M. Moser, Surveying and Geoinformation – Contributions to an interdisciplinary special research program on the history of mining activities. In: Y. Takase (Hrsg.), *Digital documentation, interpretation and presentation of cultural heritage*. 22nd CIPA Symposium, October 11-15, 2009, Kyoto, Japan. The ISPRS International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences and The CIPA International Archives for Documentation of Cultural Heritage 22 (Kyoto 2009).
- Klaunzer 2008: M. Klaunzer, *Studien zum spätbronzezeitlichen Bergbau auf der Kelchalm und Bachalm, Bez. Kitzbühel, Nordtirol* [Diplomarbeit Univ. Innsbruck 2008].
- Klose 1918: O. Klose, Die prähistorischen Funde vom Mitterberge bei Bischofshofen im städtischen Museum Carolino-Augusteum zu Salzburg und zwei prähistorische Schmelzöfen auf dem Mitterberge. In: G. Kyrle, *Urgeschichte des Kronlandes Salzburg*. Österr. Kunsttopogr. 17 (Wien 1918) 1-40.

- Lobisser 2005: W. Lobisser, Die eisenzeitlichen Bauhölzer der Gewerbesiedlung im Ramsautal am Dürrnberg bei Hallein. *Dürrnberg-Forschungen* 4 Abt. Siedlung (Rahden/Westf. 2005).
- Mayer 1974: H. Mayer, Die Wälder des Ostalpenraumes. Standort, Aufbau und waldbauliche Bedeutung der wichtigsten Waldgesellschaften in den Ostalpen samt Vorland. *Ökologie der Wälder u. Landschaften* 3 (Stuttgart 1974).
- Moser u. a. 2009: M. Moser / S. Hye / G. Goldenberg / K. Hanke / K. Kovács, Digital documentation and visualization of archaeological excavations and finds using 3D scanning technology. In: *Proceedings of ARQUEOLOGICA 2.0. 1st International Meeting on Graphic Archaeology and Informatics, Cultural Heritage and Innovation* (Sevilla 2009) 351-356.
- Nicolussi u. a. 2009: K. Nicolussi / M. Kaufmann / T. M. Melvin / J. van der Plicht / P. Schiebling / A. Thurner, A 9111 year long conifer tree-ring chronology for the European Alps – a base for environmental and climatic investigations. *Holocene* 19/6, 2009, 909-920.
- Percy 1861: J. Percy, *Metallurgy. The Art of Extracting Metals from their Ores and adapting them to various purposes of Manufacture* (London 1861).
- Pichler u. a. 2009: Th. Pichler / G. Goldenberg / M. Klaunzer / K. Nicolussi, Die Hölzer des bronzezeitlichen Bergbaus auf der Kelchalm bei Kitzbühel – Dokumentation und erste Ergebnisse dendrochronologischer Analysen. *Arch. Korrbbl.* 39, 2009, 59-75.
- Preuschen/Pittioni 1937: E. Preuschen / R. Pittioni, Untersuchungen im Bergbaugebiete Kelchalpe bei Kitzbühel, Tirol. Erster Bericht über die Arbeiten 1931-1936 zur Urgeschichte des Kupferbergwesens in Tirol. *Mitt. Prähist. Komm. Österr. Akad.* 3, 1937, 3-159.
- 1954: E. Preuschen / R. Pittioni, Untersuchungen im Bergbaugebiet Kelchalm bei Kitzbühel, Tirol. Dritter Bericht über die Arbeiten 1946-1953 zur Urgeschichte des Kupferbergwesens in Tirol. *Arch. Austriaca* 15, 1954, 7-97.
- Ruoff 1998: U. Ruoff, Greifensee-Böschchen, Kt. Zürich. Die Unterwasser-Rettungsgrabung. *Helvetia Arch.* 29, 1998, 2-20.
- Schmidtmeyer 1824: P. Schmidtmeyer, *Travels into Chile, over the Andes, in the Years 1820 and 1821* (London 1824).
- Stöllner u. a. 2006: Th. Stöllner / J. Cierny / C. Eibner / N. Boenke / R. Herd / A. Maass / K. Röttger / T. Sormaz / G. Steffens / P. Thomas, Der bronzezeitliche Bergbau im Südrevier des Mitterberggebietes – Bericht zu den Forschungen der Jahre 2002 bis 2006. *Arch. Austriaca* 90, 2006, 87-137.
- 2009: Th. Stöllner / P. Thomas / A. Maass / A. Hornschuch / R. Pils / K. Röttger, Großproduktion für Kupfer im Raum Mitterberg in der Bronzezeit – Forschungsbericht für die Jahre 2008-2009. In: K. Oeggl / M. Prast (Hrsg.), *Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten. Proceedings zum 3. Milestone-Meeting des SFB HiMAT vom 23.-26.10.2008 in Silbertal* (Innsbruck 2009) 231-242.
- 2011: Th. Stöllner / D. Fritsch / A. Gontscharov / D. Kirchner / K. Nicolussi / T. Pichler / R. Pils / H. Thiemeyer / P. Thomas, Überlegungen zur Funktionsweise des mittelbronzezeitlichen Nassaufbereitungskastens vom Troiboden. In: K. Oeggl (Hrsg.), *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* (Innsbruck 2011) 141-155.
- 2012: Th. Stöllner / T. Kienlin / A. Maass / K. Röttger / B. Song / P. Thomas / C. Eibner / E. Breitenlechner / K. Nicolussi / T. Pichler / A. Thurner / R. Herd / N. Taube / R. Pils / J. Lutz, *Der Mitterberg – Der Großproduzent für Kupfer im östlichen Alpenraum während der Bronzezeit. Arch. Österreich Sonderbd.* (Wien 2012) 111-145.
- Stoops 2010: G. Stoops, *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths* (Amsterdam u. a. 2010).
- Thomas 2009: P. Thomas, Grubenhölzer aus dem prähistorischen Bergbau des Arthurstollens – Methodischer Zugriff und Erkenntniswege. In: K. Oeggl / M. Prast (Hrsg.), *Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten. Proceedings zum 3. Milestone-Meeting des SFB HiMAT vom 23.-26.10.2008 in Silbertal* (Innsbruck 2009) 243-247.
- Wahlmüller 1992: N. Wahlmüller, Beitrag der Pollenanalyse zur Besiedlungsgeschichte des Haidberges bei Bischofshofen/Salzburg. In: A. Lippert, *Der Götschenberg bei Bischofshofen: eine ur- und frühgeschichtliche Höhensiedlung im Salzachpongau. Mitt. Prähist. Komm. Österr. Akad.* 27 (Wien 1992) 129-142.
- Weinmeister 1983: J. W. Weinmeister, *Die Vegetation am Südfuß des Hochkönigs, Pongau-Salzburg* [unpubl. Diss. Univ. Salzburg 1983].
- Zschocke/Preuschen 1932: K. Zschocke / E. Preuschen, Das urzeitliche Bergbaugebiet von Mühlbach-Bischofshofen. *Mat. Urgesch. Österreich* 6 (Wien 1932).

ZUSAMMENFASSUNG / ABSTRACT / RÉSUMÉ

Ein Nassaufbereitungskasten vom Troiboden. Interdisziplinäre Erforschung des bronzezeitlichen Montanwesens am Mitterberg (Land Salzburg, Österreich)

Der Mitterberg zählt zu den wichtigsten Kupfererzrevieren der Bronzezeit Europas. 2008 und 2009 wurde im Aufbereitungsgelände am Troiboden (Sulzbachmoos) nahe des größten Bergbaudenkmals, des Pingenzuges am Hauptgang, die Nassaufbereitung verwachsener Kupfererze weiter erforscht und ein Nassaufbereitungskasten entdeckt. Die bisherigen Untersuchungen lassen eine 1377/1376 v. Chr. errichtete Waschanlage erkennen, die ein Jahr später nochmals höher gesetzt und 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 und möglicherweise durch »Überflotieren« über die Mittelstange auf 3-5 % konzentriert wurden. Feineres Erzmehl wurde vielleicht mithilfe von textilbespannten Sieben gewaschen und konzentriert. Es ist aber unklar, ob auch der bis auf 10 % Kupfergehalt konzentrierte feine Schlich in solchen Anlagen erzeugt wurde. Die Waschanlage kann als eine einfache und effiziente Anlage beschrieben werden und lässt sich mit jüngeren Anlagen und ihrem technischen Prinzip vergleichen.

A wet-tye from the Troiboden. Interdisciplinary research into Bronze Age mining in the Mitterberg (Salzburg, Austria)

The Mitterberg belongs to the most important copper-ore deposits of Bronze Age Europe. In 2008 and 2009 in the processing area of the Troiboden (Sulzbachmoos) near the largest mining monument, the mining depression line of the Main lode, the wet-processing of washed copper-ores was investigated further and a wet-tye was discovered. Investigations up to now have revealed a washing plant constructed in 1377/1376 BC, which was raised a year later and used further. It is plain that it was set into the silty soil and, especially in the upper part of the tye, coarser low-grade ore, but also finely ground ore were washed and upgraded to 3-5 %, possibly by »suprafloating« over the central head-board. Finer ore meal was washed and upgraded, perhaps with the aid of sieves covered with cloth. However, it is unclear whether the fine clean ore upgraded up to 10 % of copper was produced in such apparatuses. The washing plant can be described as a simple and efficient construction and in principle allows comparisons to be made with later structures and their technical principles.

Translation: C. Bridger

Un caisson de lavage du Troiboden. Étude interdisciplinaire de l'exploitation minière du Mitterberg à l'âge du Bronze (Land de Salzbourg, Autriche)

Le Mitterberg compte parmi les bassins cuprifères les plus importants d'Europe à l'âge du Bronze. En 2008 et 2009, on a poursuivi l'étude du lavage des minerais de cuivre enrobés dans leur gangue sur l'aire de traitement du Troiboden (Sulzbachmoos), à proximité du plus grand monument minier, la rangée de cônes d'effondrement le long du filon principal. Y fut également découvert un caisson de lavage. Les investigations menées jusqu'ici ont permis d'identifier un lavoir installé en 1377/1376 av. J.-C. et surélevé une année plus tard pour continuer de fonctionner. Il est établi que cette installation fut construite sur un sol limoneux et que des minerais plus grossiers, mais également finement broyés, furent lavés surtout dans la partie supérieure du caisson pour être éventuellement concentrés à 3-5 % par »flottation« au-dessus de la barre transversale. De la poudre de minerai plus fine fut probablement lavée et enrichie à l'aide de tamis de toile. Par contre, on ne peut vérifier pour l'instant si le schlich fin atteignant une teneur de cuivre de 10 % fut obtenu dans de telles installations. Ce lavoir peut être considéré comme une installation simple et efficace, et est comparable globalement à des exemplaires plus récents et leur principe technique.

Traduction: Y. Gautier