

DER BRONZEZEITLICHE BERGBAU IM SÜDREVIER DES MITTERBERGGEBIETES. BERICHT ZU DEN FORSCHUNGEN DER JAHRE 2002 BIS 2006

Thomas Stöllner
Jan Cierny †
Clemens Eibner
Nicole Boenke
Rainer Herd
Alexander Maass
Klaus Röttger
Trivun Sormaz
Gero Steffens
Peter Thomas

Abstract

The excavations carried out in the Southern Mining district of the Mitterberg copper ore deposit have revealed a plenty of new data concerning the technology of Bronze Age Mining, the ore-dressing above the ground as well as the dating and the resource-management of a Middle-Bronze-Age mine. Mining obviously has reached nearly 200 m below ground during the Middle Bronze Age (Arthurstollen) but likely has started from the late Early Bronze Age as a surface near entrance. Older finds from the 4th mill. BC. gained during excavations at the so called Höchbauern-Gut are indicating a much earlier start of mining work. According to one geoelectric section measured in autumn 2006 the surface-near-mining-depressions have been exploited almost to a depth of 20 m. It is likely that these exploitations have extended from there to underground by following richer and worthy ore-deposits. The survey-technology used has been turned out as a perfect method to follow the structure, depth and extension of these mining-depressions in order to understand their interconnection with deep mining below ground. The article describes new results from excavations, surveys and archaeometric investigations between 2002 and 2006: most important the excavations have confirmed a highly developed mining technology that had used measuring devices for planning and opening new galleries and adits. At one site an interconnection had been driven on from two sides to interconnect two prospecting-galleries. It can be clearly dated to the Middle Bronze Age: this admirable example of Bronze Age mining skills also is mirrored by the finding of an early measuring tool that we would describe as a pair of compasses. Dendrochronology and Radiocarbon-dating are able to date the mining activity in the Arthurstollen to the 15th and 14th century BC.

1. Einleitung – Montanarchäologische Forschungen im Mitterberggebiet (Th. Stöllner)

Das Mitterberggebiet (Abb. 1–2) zählt nicht umsonst zu den Klassikern der österreichischen Montanarchäologie: Die eindrucksvollen montanarchäologischen Geländebefunde verbinden sich hier mit einer sehr langen und erfolgreichen

Forschungstradition, die bis in die siebziger Jahre des 19. Jhs. zurückgeht.

Auf dem Mitterberg mag die großflächige Pingenlandschaft des Hauptganges zu der Annahme verleitet haben, dass eine Aufschließung nicht mehr lohne (Abb. 3). Die in Folge geringere Rolle des Kupferkiesabbaues im Salzburger

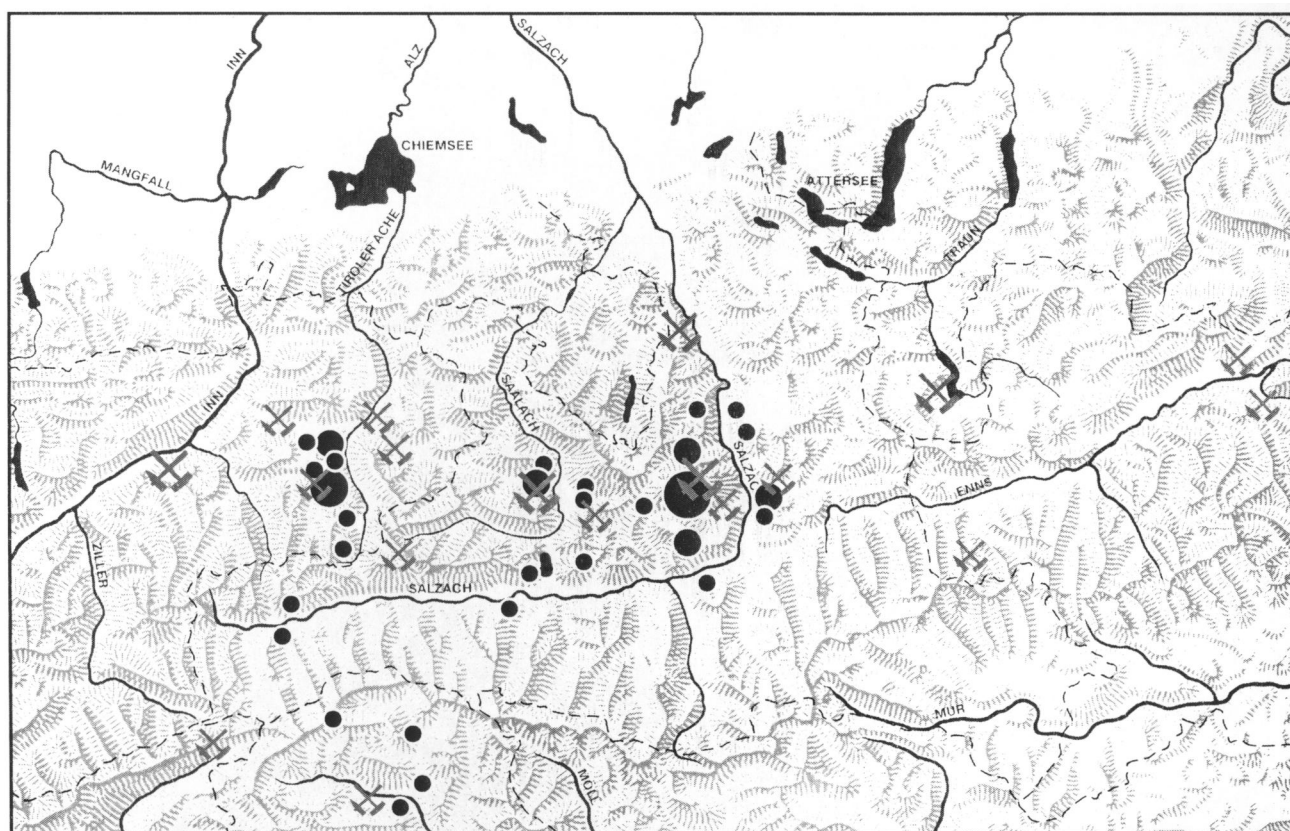


Abb. 1. Der prähistorische Kupfer- und Steinsalzbergbau in den Ostalpen; Eisen- und Schlägelzeichen stellen bronze- und eisenzeitlichen Bergbau auf Kupfer und Salz dar; Punkte das Vorkommen prähistorischer Verhüttungsplätze, Größe nach Anzahl (Schmelzplätze nach C. Eibner, mit Ergänzungen).

Erzbisum hat so eine zu frühe historische Erschließung dieser Lagerstätten und damit unweigerlich auch die teilweise Zerstörung des bergbauarchäologischen Befundes bereits seit dem Hochmittelalter verhindert. Erst der nach der neuzeitlichen Wiederentdeckung von 1827 in Gang gekommene, zeitweise sehr erfolgreiche Kupferbergbau hat den prähistorischen Bergbau wieder erschlossen. Die weitere Forschungsgeschichte mit Gelehrten wie J. Pirchl, J. Zötl und M. Much bis hin zum groß angelegten Rekonstruktionsversuch von K. Zschocke und E. Preuschen (1932) zeigt jedoch deutlich, dass trotz der sehr guten Dokumentationen die eigentlichen Kenntnisse zum vorgeschichtlichen Grubenbetrieb nur beschränkt sind¹. Zudem sind nur wenige Grubenfunde wirklich zweifelsfrei einem Bergbauareal zugewiesen (wie im Falle der Funde vom Josefi-Unterbau oder des Mariahilf-Stollens). Eine zeitlich differenzierte Betrachtung der Abbaugeschichte erweist sich darum besonders im Bereich des Mitterberger Hauptganges als problematisch. Dieser

Forschungsstand ist besonders vor dem Hintergrund jüngster Diskussionen um die Versorgung mit Kupfer aus verschiedenen nordalpinen Lagerstätten nicht ausreichend. So wurden zuletzt vereinfachte Modelle zur Versorgung der bronzezeitlichen Kulturgruppen des 2. Jahrtausends im Alpenvorland aus den Fahlerz- und Kupferkieslagerstätten diskutiert. Demnach hätten die Fahlerzlagerstätten vor allem am Beginn und am Ende der Bronzezeit größte Bedeutung besessen: L. Sperber etwa versucht dies mit dem Abbruch der Kupfererzförderung am Mitterberg zu begründen und vermutet ein Katastrophenszenario, das zum Auflösen der Gruben geführt hätte².

Doch ist der Schluss nur bedingt zulässig, weil eben die durch ihre Nebenelemente charakteristischen Fahlerze sich im Analysenbestand der Fertigprodukte sehr viel deutlicher abzeichnen als die chemisch eher diskreten Kupferkiese. Zudem bleiben direkte Produktionsdaten aus den Produktionsgebieten nach wie vor Mangelware³. In der Mitterberg-

¹ MUCH 1879, 18–36. – DERS. 1893. – ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932.

² SPERBER 1999, 48–51. – DERS. 2004.

³ STÖLLNER 2003b. – Neue Daten bei JAMNIK, KRAUSS, STAUBMANN 2004, 34–39. Vgl. dazu auch EIBNER 2001, 37 f. und ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932, Kap. III und IV.

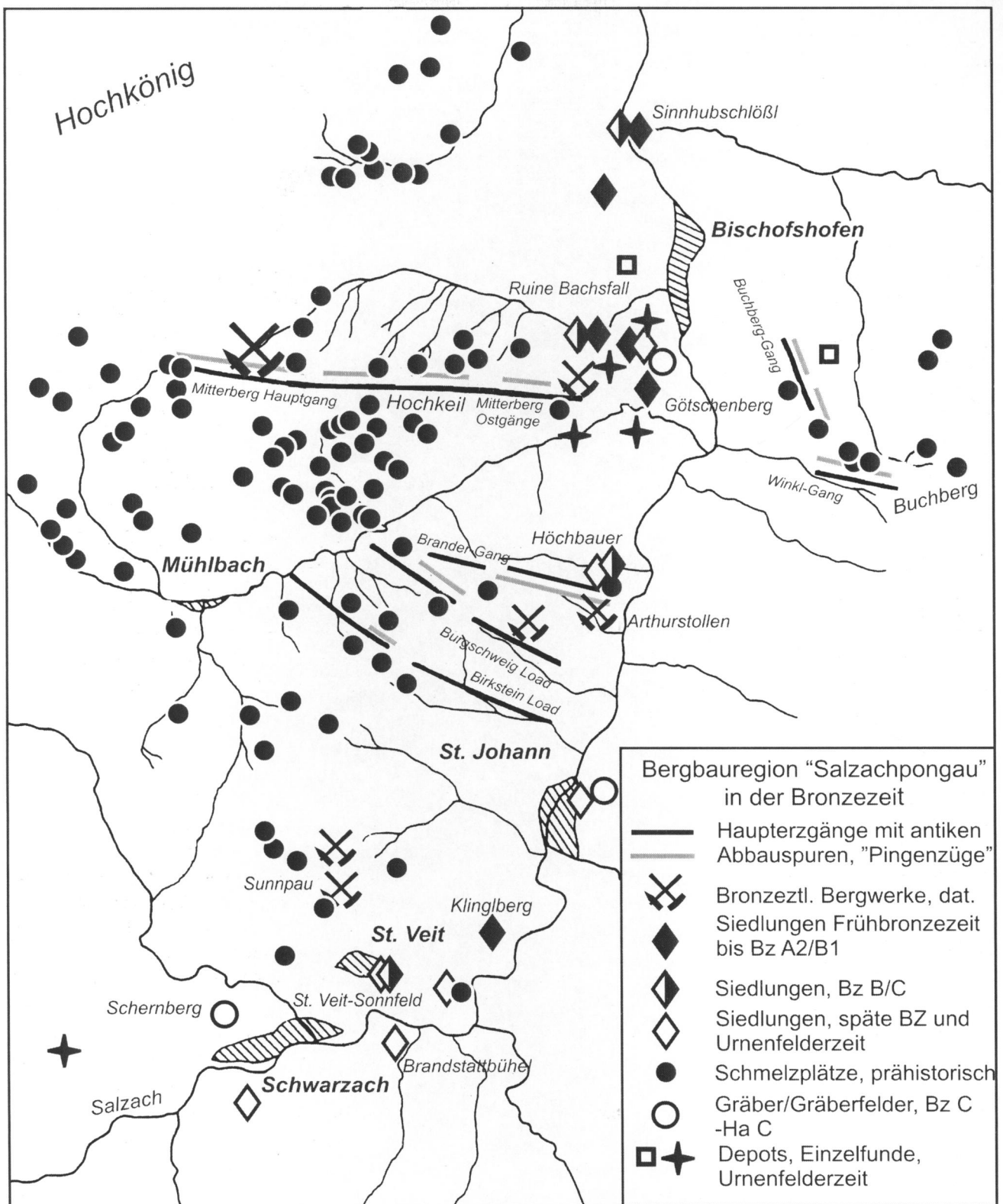


Abb. 2. Der Salzachpongau während der Blütezeit der prähistorischen Kupfergewinnung (nach Stöllner 2003a).



Abb. 3. Mühlbach am Hochkönig. Der beeindruckende Pingenzug des Mitterberger Hauptgangs am Troiboden, Foto J. Cierny.

Region dominieren sichtlich die Denkmäler der Mittel- und frühen Spätbronzezeit (Abb. 2). Doch fehlen bisher Datierungsserien zu Produktionsensembles, etwa den Hüttenplätzen (EIBNER 1989, 35, Abb. 4). Da die Bergbaue selbst nur noch sehr eingeschränkt zugänglich sind, sind es gerade diese Quellen, die Fortschritt in dieser Frage versprechen.

Betrachten wir den heutigen Forschungsstand zum Kupferbergbau des Mitterberggebietes im Gesamten⁴, so lassen sich weitere grundsätzliche Forschungsprobleme formulieren. In Teilen können diese Forschungsfragen aus der Sicht des Südreiviers bzw. des im Arthurstollen aufgeschlossenen prähistorischen Bergbaues näher beurteilt werden. Es ist vor allem die Technologie des Gangerzbergbaues in der Bronzezeit, der im Südreivier nachgegangen werden kann. Dazu zählt auch die Frage, wie der Bergbau aufgeschlossen bzw. von wo er angefahren wurde. Muss seit der späten Frühbronzezeit mit kontinuierlichem Bergbau gerechnet werden, der sich aus den oberflächennahen Lagerstättenteilen in den Tiefbergbau entwickelt hat? Oder ist in jüngerer Zeit mit einer gezielten Aufschließung auf der Basis eines prinzipiellen Verständnisses um die Lagerstätte zu rechnen? Gerade die stark absetzigen Erzgänge des Branderreviers⁵ könnten eher für letzteres sprechen, würden dabei aber eine entsprechend weit entwickelte Bergbautechnik erfordern.

Vor allem das von K. Zschocke und E. Preuschen⁶ entwickelte Modell der bergmännischen Technologie ging von einer kontinuierlich von ober nach unter Tage entwickelten Lagerstättenaufschließung aus. Demgegenüber erweckten aber die Befunde des Arthurstollens wie auch anderer

ostalpiner Kupferbergbaue Zweifel an diesem Modell: So wurden in mehreren Tiefbergbauen wie dem „Sunnpau“ bei St. Veit, dem Hermastollen oder dem Arthurstollen (siehe unten) prähistorische Firsten in beträchtlicher Tiefe nachgewiesen⁷. In den Verhauen II und III des Hermastollens, aber auch den Aufbrüchen im „Sunnpau“ sind zudem direkte schachtförmige Zugänge an den Tag nachgewiesen. Nach bisherigem Kenntnisstand verbinden sich diese eher mit Wetterschächten; dass manche dieser Tagverbindungen jedoch als Auffahrungs- und hauptsächliche Förderschächte, etwa im Sinne eines tonnlägigen Schachtes zu deuten sind, ist wahrscheinlich. Jüngst haben W. Jamnik, R. Krauß und G. Staubmann Argumente für ein Aufschließen durch weitgehend waagrechte Stollen gesammelt und als wesentliches Argument vor allem die Wasserlästigkeit ins Feld geführt⁸. Die Wasserhaltung an den Abbauörtern muss tatsächlich ein beträchtliches Problem gewesen sein, rechnet man die Hinweise auf Wasserdämme, vor allem aber die zahlreichen Kübelfunde ein⁹. Kübelfunde könnten auch mit dem Feuer setzen zusammenhängen (Abschrecken des überhitzten Gesteins). Doch vor allem im Südreivier, wo das Feuer setzen keine große Rolle als Abbautechnik gespielt hat, müssen solche Geräte zweifellos mit der Wasserhaltung zusammenhängen. Ob allerdings handreichend gefördert wurde oder Haspel zu Hilfe genommen wurden, kann in Ermangelung weiterführender Befunde nicht beantwortet werden.

So sind bis heute grundlegende Fragen der Bergbautechnik der Bronzezeit nicht beantwortet oder werden zumindest kontrovers diskutiert. Infolge der Stilllegung der Kupfergewinnung im Mitterbergrevier 1977 ist es heute kaum mehr möglich, untertägigen Bergbau zu untersuchen. Nur noch vereinzelt sind kleine, tagnahe Bereiche der Lagerstätte zugänglich. Ältere Abbauspuren sind dort aber kaum zusammenhängend zu erfassen und nicht immer sicher in die Urzeit zu datieren. Ohne aufwendige bergmännische Erschließungsarbeiten sind sie im Grunde nicht weiter aussagekräftig und müssen durch montanarchäologische Grabung erforscht werden (Burgschweiggang im Südreivier; Josefi-Unterbau-Stollen) (Abb. 2). Hier bestand nun durch die aktuellen Forschungen im Arthurstollen des Branderreviers die Chance, weiter voran zu kommen. Der Arthurstollen eröffnet als einer der letzten einen noch freien Zugang zu einem bronzezeitlichen Tiefbergbau. Mit annähernd 200 m seigerer Teufe stellt diese Grube auch das tiefste, bis heute nachgewiesene bronzezeitliche Bergwerk der Ostalpen dar. Die hier vorgestellten Forschungsergebnisse basieren auf einem Forschungsprojekt, das mit Unterstützung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Prähistorische

⁴ Siehe allgemein STÖLLNER, EIBNER, CIERNY 2004, 95–106.

⁵ Zur Geologie siehe PAAR 1973, 26–33. – DERS. 1993, 41–55.

⁶ ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932.

⁷ KYRLE 1918. – KRAUSS 2002.

⁸ JAMNIK, KRAUSS, STAUBMANN 2004, 34 ff.

⁹ KLOSE 1918, 1–40.

Kommission (Projekt: Bronzezeitliches Kupferbergwerk Arthurstollen), der Mommertz-Stiftung (Bochum), der Salzburger Landesarchäologie, dem Verein Montandenkmal Arthurstollen sowie dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum zwischen 2002 und 2006 durchgeführt wurde¹⁰.

2. Das Südrevier – Bemerkungen zu den bisherigen Arbeiten bis 2002 (C. Eibner, Th. Stöllner)

2.1 Die Untersuchungen bis in die 1980er Jahre

Die prähistorische Nutzung des Südreviere war den Bergleuten des 19. Jhs. schon bekannt; M. Much hat eine Datierung analog dem prähistorischen Bergbau auf dem Mitterberger Hauptgang schon 1893 erwogen¹¹. Letztlich bestätigt hat diese G. Kyrle anlässlich seiner Gesamtzusammenschau in der Österreichischen Kunsttopographie von 1918, in der er die durch den Arthurstollen gelöcherten Fundstellen, allerdings vom Salzachtal her kommend, beschrieb und interpretierte¹². Kyrle behandelte nicht nur den untertägigen Bergbau und seine zweifelsfrei prähistorischen Fundstücke, sondern auch die obertägigen Fundstellen wie Scheidehalden und Pingan. Angesichts dieser konzisen Darstellung ist es überraschend, dass in der jüngeren Übersicht von K. Zschocke und E. Preuschen¹³ von einem barockzeitlichen Alter der Einbaue im Arthurstollen gesprochen wird, vor allem angezweifelt wegen der bis dahin unglaublichen Teufe von weit über 160 m unter Tage, einer möglichen Verbindung zu den „geschichtlichen“ Einbauten im Branderstollen sowie gewissen Beobachtungen zur Verzimmerungs- und Vortriebstechnik. Vor allem, dass Hinweise auf die im Hauptgang gut belegte Feuersetzmethode hier fehlen, wurde als seltsam und nicht gemäß einer urzeitlichen Technologie betrachtet.

Sicherlich wesentlich für das Verständnis des Bergbaubetriebes im Südrevier war das Anfang 1930 in Teilen untersuchte sog. Berghaus¹⁴. Es lag nahe der Scheidehalde zwischen Arthurstollen und Unterem Höchstollen. Vor allem

die chronologische Einordnung der dort gefundenen Keramik- und Metallfunde hatte eine längere Diskussion zur Folge, wonach die Erstvorlage durch R. Pittioni zunächst zu einer Einordnung in eine nach heutigem Verständnis jüngere Urnenfelderzeit bzw. ältere Eisenzeit führte¹⁵. Dem wurde in Folge vor allem von P. Reinecke heftig widersprochen, der den keramischen Fundbestand auf zwei Phasen, etwa eine späte Früh- bzw. eine frühe Mittelbronzezeit (im Sinne der keramischen Phase Bz A2/B1) und eine ältere Spätbronzezeit im Sinne Bz D/Ha A verteilte. Seine Argumente sind bis heute durchaus nachvollziehbar¹⁶. Schon die komplexeren Baubefunde deuteten zuzüglich mehrerer Laufhorizonte an, dass man mit länger andauernden Siedlungsabfolgen zu rechnen hatte. Entsprechend sind wohl auch die Scheidehalden unter Umständen längere Zeit in Nutzung gestanden, was verschiedene keramische Funde andeuten, über deren Aufsammlung seit mehreren Jahrzehnten immer wieder berichtet wird¹⁷. Dem offensichtlich komplexeren Befundzusammenhang unterhalb des Höchgutes galt schließlich auch eine 1986–1987 von der Universität Heidelberg unter Leitung von C. Eibner durchgeführte Grabung. Im Zuge der Untersuchungen konnte auf einer Geländeschulter ein ebenfalls mehrperiodiger Siedlungsplatz (Frühbronzezeit bis Urnenfelderzeit) untersucht werden. Teile des urzeitlich abgebauten Erzganges konnten bis 4 m Tiefe verfolgt werden: Bühnlöcher im Liegenden schienen das Einfallen des tonnlägigen Abbaues anzudeuten und ließen die verstärkte Verzimmerung in der Art eines Mundlochs erkennen. Hier sind besonders kantige Rüstlöcher für eine gebäudeartige Struktur zu erwähnen. Die aus einer dieser Löcher geborgene Schlaufennadel¹⁸ konnte die Datierung der Konstruktion und somit auch den Tiefbergbau in die späte Frühbronzezeit belegen; allerdings wurde auch älterer Bergbau beobachtet. Im Hangenden wurde ein Plateau entdeckt, dessen südliche Böschung im Felsen steil abgearbeitet worden war. Eine von der frühbronzezeitlichen Schicht überdeckte Abbautasche datiert sicher älter. Auffäl-

¹⁰ Das von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften genehmigte Projekt wurde unter der Ägide von Univ.-Prof. Dr. H. Friesinger, Generalsekretär der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, sowie dem damaligen Landesarchäologen von Salzburg, SR Dr. F. Moosleitner, beantragt; eine Kooperation mit dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum (folgend DBM) sowie der Universität Heidelberg ermöglichte die Zusammenstellung eines interdisziplinären Projektteams; die Feldforschungen beinhalten untertägige Grabungs- und Vermessungskampagnen zwischen 2002 und 2005 sowie zwei Surveys zu den obertägigen Bergbauspuren. Dankbar sind wir in diesem Zusammenhang E.-M. Feldinger, Salzburg, Generalsekretär Prof. Dr. H. Friesinger, Wien, Dr. R. Kastler, Salzburg, SR Dr. F. Moosleitner, Salzburg, Obersteiger R. Paraschin, Bischofshofen, R. Pils, Bischofshofen, Prof. Dr. R. Slotta, Bochum, Dr. DI M. Steinberger, Felden/Kärnten, sowie den

Mitgliedern des Vorstandes der Wilhelm-Mommertz-Stiftung Bochum. Das Korrekturlesen besorgte freundlicherweise Dr. A. Eibner, Wien.

¹¹ MUCH 1893, 282.

¹² KYRLE 1918, 17 ff.

¹³ ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932, 14 ff.

¹⁴ ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932, 114 ff.

¹⁵ R. PITTIONI in ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932, 164 f.

¹⁶ REINECKE 1933.

¹⁷ B. REITERER, Fundber. Österreich 20, 1981, 420. – KRAUSS 2002, 10 f., 102 und mündl. Mitt. Dr. R. Krauß, Saalfelden.

¹⁸ OLEKSA 1987, 255–275 (Grab 280). – MOHEN 1991, 131–142. – Unter Schlaufennadel: NOVOTNÁ 1980, 57 f. – SCHALK 1992 (hier als Drahtösenkopfnadel angesprochen). – DIES. 1998, 119 (hier Drahtösen- bzw. Schlaufennadel genannt).

lig war auch die große Anzahl von Steingeräten, die hier entdeckt wurde.

Die Grabung lieferte neben älterurnenfelderzeitlichem Fundmaterial auch ausreichende Belege für die entwickelte Frühbronzezeit. Jüngst hat eine Scherbenanalyse auch typische Randformen der spätneolithischen/chalkolithischen Altheimer Kultur ergeben, so dass hier mit kleinen Siedlungsstellen analog jener auf dem Götschenberg zu rechnen ist¹⁹.

2.2 Die Fundstellen des Arthurstollens – Die älteren Untersuchungen seit den 1980er Jahren (C. Eibner, Th. Stöllner)

Der im Südevier des Mitterberges gelegene Brandergang hat im Gegensatz zum Mitterberger Hauptgang einen gering mächtigeren Erzkörper aus einzelnen, teilweise stark absetzigen Vererzungen aus Chalkopyrit (Kupferkies), eisenhaltigen Pyriten (Ankerit) und geringen Fahlerzanteilen. Die schichtkonkordant eingelagerte Vererzung ist in schwarz-schieferige Phylite und bankige Quarzite eingebettet. Dabei wurde auf Höhe des Arthurstollens zumindest der Kobalt führende Hangendgang abgebaut, in den höher liegenden Abbaubereichen des Reviere mindestens zwei bis drei parallel laufende Vererzungen, vielleicht auch der Nickel führende Liegendgang. Dies zumindest lässt das Pingenstreichen vermuten. Der Liegendgang kann im Bereich des Arthurstollens beim sog. 500er Schacht angetroffen werden; dort ist er durch einen Verwerfer nach Süden in nicht bauwürdigem Zustand aufgeschlossen.

Der von Mühlbach bis in das Gemeindegebiet von St. Johann geführte Arthurstollen hat in neuerer Zeit verschiedene Zwecke erfüllt und eine wechselvolle Geschichte gehabt. Zunächst wurde er nach 1907 von der Salzachtal-Seite zur Gewinnung von Kupfererzen von der St. Johanner Kupfergewerkschaft angelegt; in den 1920er Jahren schließlich auf insgesamt 5 km Länge bis nach Mühlbach hin durch taube Gesteinspartien ausgebaut, um die Förderung von Kupfererz zur Hütte nach Außerfelden (heute Mitterberghütten) zu ermöglichen. 1931 wurde der Stollen aufgrund der Wirtschaftskrise zur Errichtung eines Wasserkraftwerkes verkauft und bis Anfang der 1990er Jahre von der Oberösterreichischen Kraftwerke AG (OKA) betrieben. Dies sicherte die Erhaltung der Zugänglichkeit bis in jüngste Zeit. Im Zuge dieser Neunutzung wurden im östlichen Stollen-

vorhaupt das Wasserschloss und der heutige Hauptzugang, der Arthur-Förderstollen, angelegt.

Zur Einrichtung einer neuen Wasserseige wurde der Stollen um mehrere Meter nach oben übersprengt. Im Sprengversatz wurde jenes Gerinne angelegt, durch das die Zuleitung zu einem Wasserrückhaltebecken im heute noch erhaltenen Wasserschloss für das Kleinkraftwerk der OKA erfolgte. Die baulichen Umgestaltungen des Arthurstollens haben zur Folge, dass der seinerzeit von G. Kyrle²⁰ dokumentierte Bestand heute knapp 4 m tiefer liegt (Abb. 4). Dennoch lässt sich aus den alten Planvorlagen unschwer erkennen, dass schon vor 1913 im Wesentlichen zwei Fundstellen bekannt waren, die Kyrle durch eine gewinkelte Strecke meinte verbinden zu können²¹. Unschwer sind das die beiden Aufschlüsse bei Streckenmeter 4635 und 4650; die Strecke läuft ja parallel zu den Nordwest-Südost streichenden Erzgängen bzw. Brandenzonen des Reviere²².

Insgesamt läuft der Stollen zwischen Lfm. 4740 und dem Querschlag beim sog. 500er Schacht (Lfm. 4595) parallel zum urzeitlich abgebauten Erzgang. In der Regel steht der Abbau heute unter Wasser. Bei Lfm. 4795 ist eine Verwerfung des Erzganges etwa 9 m nach Süden zu beobachten. Hier scheint ein Ende des prähistorischen Abbaues erreicht. Damit ist der bronzezeitliche Bergbau ungefähr auf einer Länge von 150 m parallel zum heutigen Stollen vorhanden.

Bei Lfm. 4635 kommen sich Erzgang und Stollen so nahe, dass an dieser Stelle das bronzezeitliche Bergwerk offen gelegt wurde (Abb. 4, 5). Auch bei Stollenmeter 4650 durchfährt der Stollen Teile des alten Grubengebäudes, das dort einer geologischen Verwerfung folgend angelegt worden ist. Waren dies bis 1991 die einzigen beiden zugänglichen Stellen des prähistorischen Grubenbaues, so änderte sich dies mit den modernen Grabungen. Schon 1992 wurde durch die Bergbaufirma ÖSTU in der Strecke bei Lfm. 4685 ein Querschlag nach Süden auf die prähistorisch abgebauten Gangpartien vorgetrieben und erwartungsgemäß nach wenigen Metern auch angetroffen. Ein ähnliches Vorhaben stand auch am Beginn des neuerlichen Projektes im Jahr 2002 (siehe unten). An zwei Stellen wurde nach vormaliger Vermessung durch das Deutsche Bergbaumuseum (DBM) der Alte Mann „gelöchert“, nämlich bei Lfm. 4655 und bei Lfm. 4670 (Abb. 4, 5).

¹⁹ LIPPERT 1992. – Das Fundmaterial der Grabungen soll im Rahmen einer Bochumer Masterarbeit aufgearbeitet und zusammen mit einer Befundbearbeitung vorgelegt werden. Die Fundstellen sowohl der Berghausgrabung wie auch der Untersuchungen der Universität Heidelberg sind heute durch Geländeauffüllungen und Straßenbau weitgehend verändert und zerstört.

²⁰ KYRLE 1918, 17 f.

²¹ Allerdings hat sich KYRLE 1918, 17 f. mit den Meterangaben um eine Zehnerstelle vertan: Die unserer Fundstelle 4650 entsprechende Stelle liegt nicht 35 m sondern ganze 350 m vom östlichen Mundloch entfernt.

²² Die Laufmetereinteilung erfolgt von der Mühlbacher Seite, nimmt also im Bereich der Fundstellen von Westen nach Osten zu.

Abb. 4. Blockbild der 3D-Visualisierung der Grabungsbefunde im Arthurstollen, westliches Gangtrumm: 1 Fundstelle Lfm. 4635, 2 Fundstelle Lfm. 4650; Sondierungsgebäude: 3 Nordaufbruch in der Mylonitzone des „Verwerfers“, 4 „Ingenieurbau“, 5 Nordstrecke; östliches Gangtrumm: 6 Fundstelle Lfm. 4670; 7 Fundstelle Lfm. 4700; Arthurstollen: 8 moderne Strecke, 9 Niveau der Strecke vor der Umgestaltung in den 1920er Jahren.

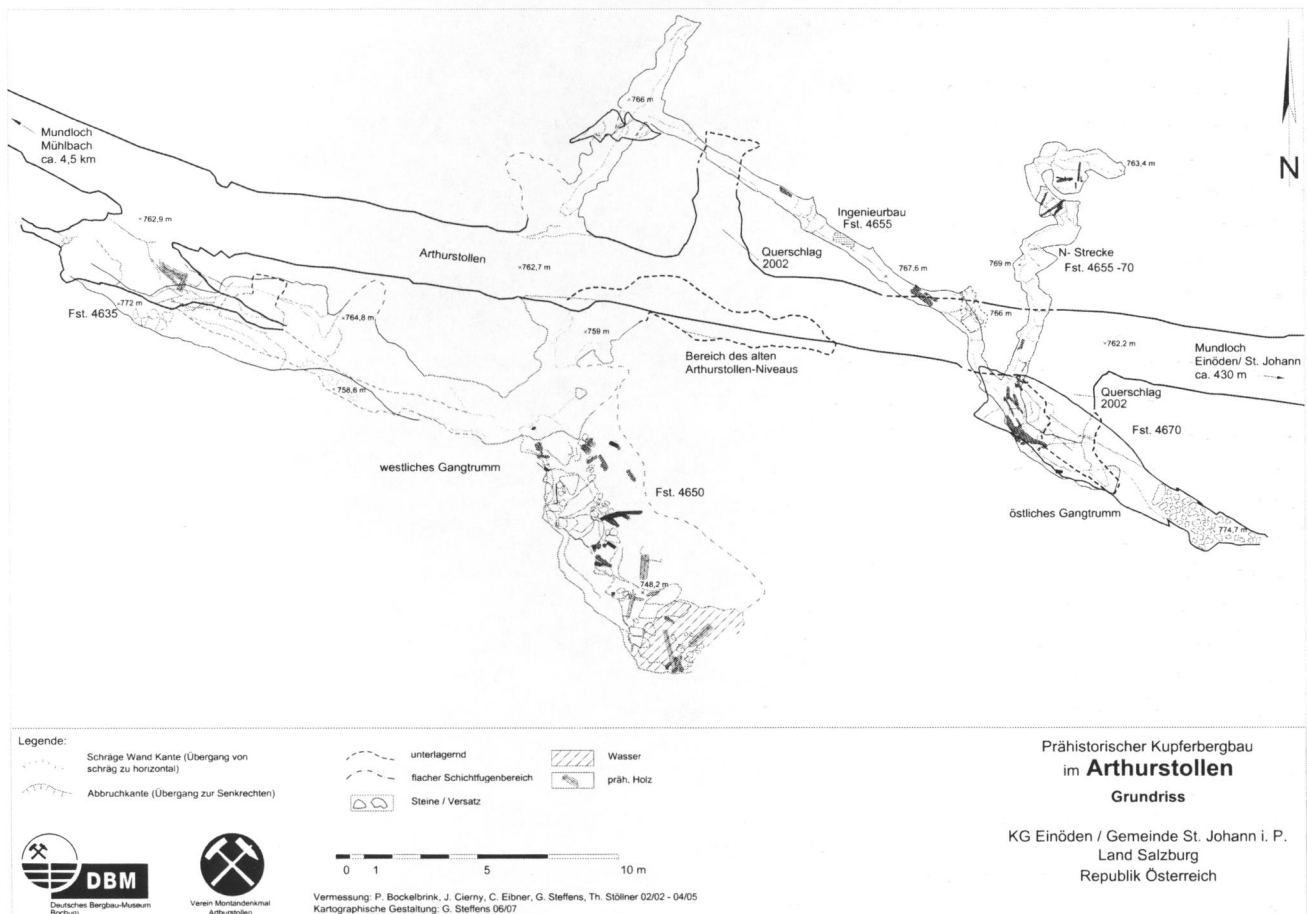
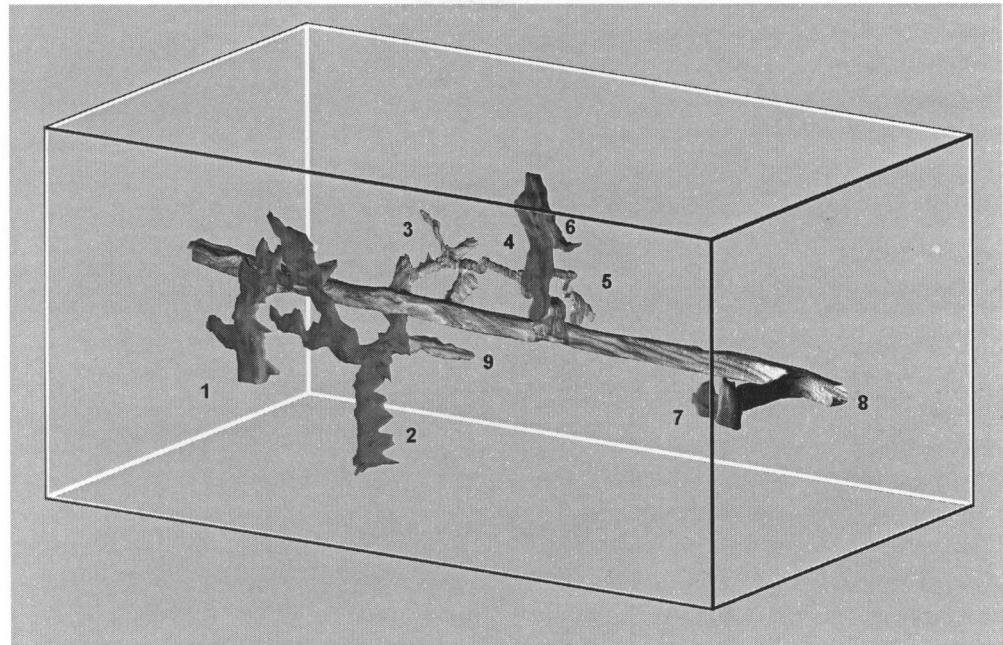


Abb. 5. Arthurstollen, Grundriss der Fundstellenbereiche zwischen Lfm. 4670 und Lfm. 4635 mit Darstellung der wichtigsten Grabungsbefunde; in dunkelgrau: bronzezeitliche Holzbefunde, Vorlage DBM (Deutsches Bergbau-Museum).

Neben den obertägigen Forschungen kamen in den späten 1980er Jahren die Untersuchungen im Arthurstollen erneut in Gang; so konnte ein erstes, gezielt entnommenes AMS-C14-Datum die Datierung in das 15. Jh. v. Chr. bestätigen, nachdem ein zuvor untersuchtes konventionelles Radiokarbondatum eine bronzezeitliche Datierung jedenfalls schon belegt hatte²³. Nach dem Ende des Kraftwerksbetriebes durch die OKA schien auch die Zeit für eine neuerliche montanarchäologische Forschungstätigkeit gekommen. Dazu hatte sich auf Initiative der Salzburger Landesarchäologie (F. Moosleitner, E.-M. Feldinger), von C. Eibner sowie engagierter Bergleute und interessierter Laien der Verein Montandenkmal Arthurstollen etabliert. Zeitgleich wurde die Öffnung als Schaubergwerk betrieben und 1997 nach mehrjährigen Sanierungsarbeiten tatsächlich verwirklicht. Die ersten montanarchäologischen Grabungen

setzten 1990/91 in kleiner Besetzung ein²⁴ (1990–1992; 1995–2001). Es gelang vor allem an der alten Fundstelle bei Lfm. 4635 sowie an einem neu aufgeschossenen Querschlag (siehe unten) zu graben, Profile durch den abgebauten Erzgang zu dokumentieren und neben Zimmerungsholz teils spektakuläre Objekte zu bergen. Besonders sei auf das Fragment eines „Förderschiffchens“ verwiesen, das bei Fundstelle Lfm. 4685 im Versatz zu Tage kam (Grabungen an dieser Stelle nach 1995, siehe unten Beitrag P. Thomas, Abb. 38). Es besitzt beste Parallelen in dem schon aus dem Hermastollen bei Viehhofen geborgenen Stück²⁵. Bei Fundstelle 4635 wurde in dem noch seit der Urzeit bestehenden Hohlraum vor allem auf der Suche nach der Sohle tiefer gegraben. Dabei konnte von der Oberkante des Arthurstollens der Versatz um mehrere Meter abgeteuft werden: An dieser Fundstelle mussten wegen des beständigen Wasserzuflusses

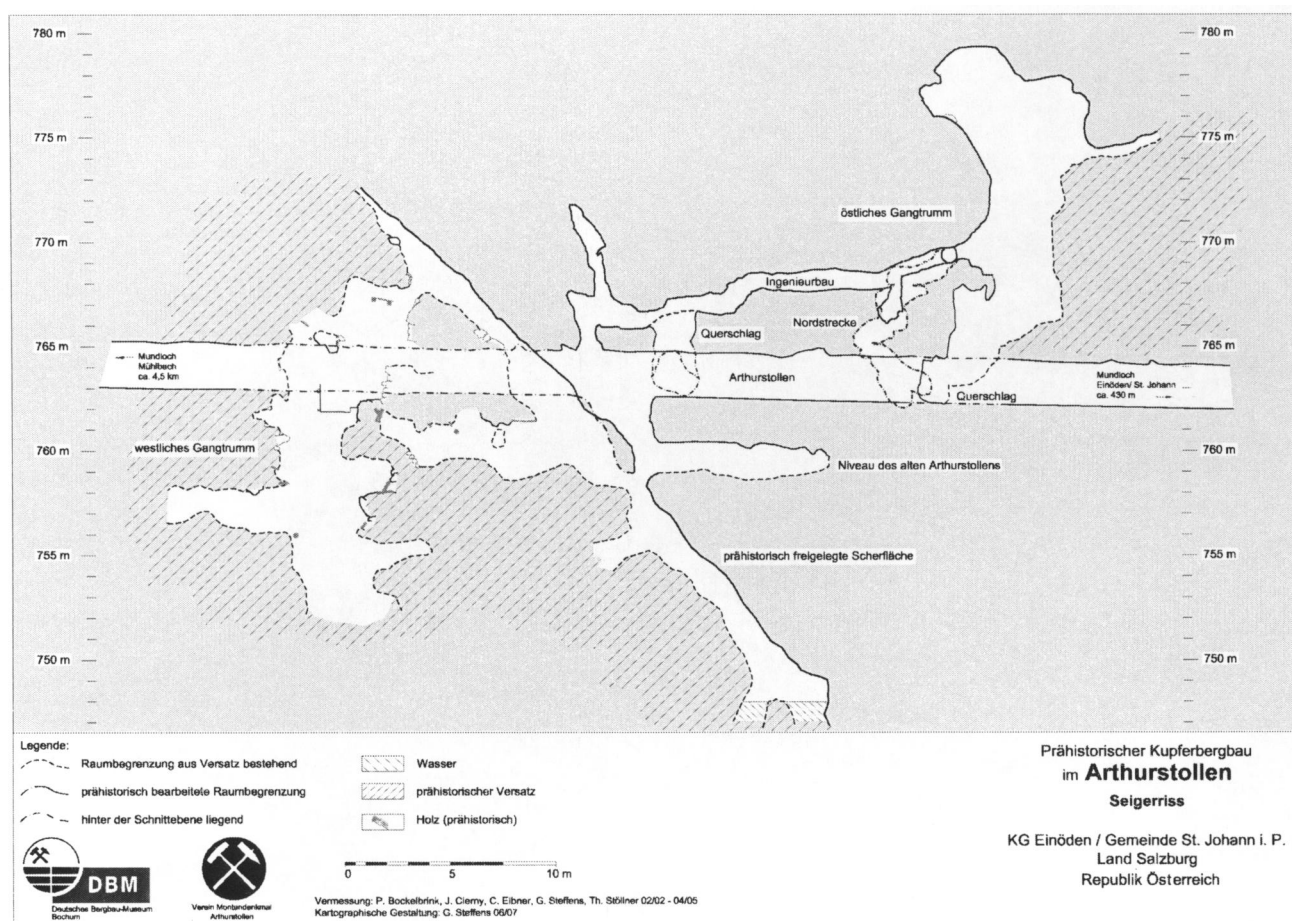


Abb. 6. Arthurstollen, Seigerriss der Fundstellenbereiche zwischen Lfm. 4670 und Lfm. 4635 mit Darstellung der wichtigsten Grabungsbefunde, Vorlage DBM.

²³ EIBNER 1982, 399–408. – GSTREIN 1988, 425–438.

²⁴ Neben Prof. Dr. C. Eibner waren Dr. DI Michael Steinberger und Rudolf Paraschin als Steiger und Bergmann im Einsatz; als weitere Mitarbeiter konnten die Bergleute Joachim Messerer

sowie Anton Kupferschmied gewonnen werden: EIBNER 1992. – DERS. 1998.

²⁵ KYRLE 1918, 30, Fig. 36.

Pumpen eingesetzt werden, allerdings waren dadurch auch die Erhaltungsbedingungen für organische Fundgegenstände, in der Regel Altholz, besonders gut.

Im Rahmen der Grabungen wurde vor allem aber der schon bei G. Kyrle beschriebene Verwerfer (heute Fundstelle 4650) über die Strecke nach Norden hin verfolgt und ausgeräumt²⁶; die Grabungen legten seit 1995 ein Streckenkreuz frei, von dem ein Bau in Richtung OSO entsprechend der Hauptstreichrichtung abzweigte²⁷. Die Grabung sollte hier zur Aufdeckung des erst in den jüngeren Grabungen vollständig untersuchten „Ingenieurbaues“ führen. Doch schon damals war aufgrund des engen Durchhiebes klar, dass

diese Strecke in der Urzeit von zwei Seiten zusammengeschlossen worden und darum eine technische Meisterleistung war. Die aus finanziellen Gründen erzwungenermaßen kleinen Grabungen dieser Zeit erbrachten damit wesentliche Vorarbeiten zu der Ausweitung des Grabungsprogrammes zwischen 2002 und 2006.

3. Die neuen Grabungen im Arthurstollen (Th. Stöllner, J. Cierny, C. Eibner)

In Grabungskampagnen seit 2002 konnte der bronzezeitliche Gangbergbau an mehreren Stellen untersucht und dokumentiert werden (Abb. 4, 5, 6). Diese Grabungsberei-

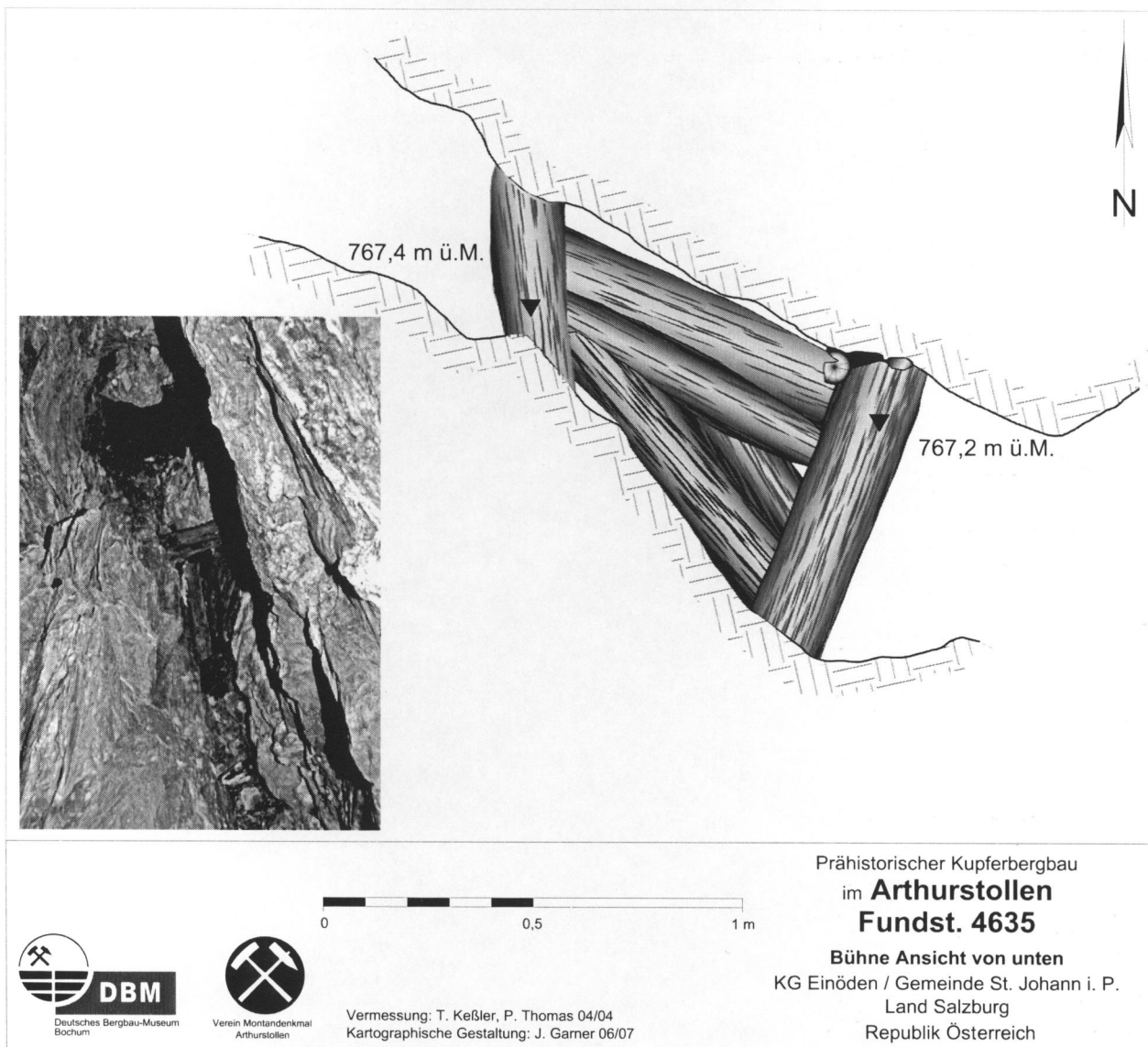


Abb. 7. Arthurstollen, Fundstelle 4635, Bühne im ausgeerzten Gang; Detailzeichnung, Foto Th. Stöllner, Vorlage DBM. (Foto und Zeichnung: Untersicht)

²⁶ KYRLE 1918, 18, Fig. 16–17.

²⁷ EIBNER 1998, 85–89.

che sind in ein bronzezeitliches Abbau- und Streckensystem eingebunden, das sich – grob gesprochen – in zwei Abbauzonen sowie ein dazwischen liegendes Streckensystem unterteilen lässt. Die zwei Abbaubereiche werden als das sog. östliche und das westliche Gangtrum bezeichnet. Dazwischen verhält sich die Kupfer führende Mineralisation, der Erzgang, absetzig und läuft aus. Bislang gibt es keine Belege dafür, dass beide Gänge etwa in tieferen, heute nicht zugänglichen Lagen verbunden gewesen sind. Immerhin könnte die Geometrie des leicht schräg geneigten Ganges eine solche Möglichkeit eröffnen. Beide Abbaubereiche waren durch ein Streckensystem verbunden, das höchst raffiniert angelegt und aufschlussreich war. Zwei Teile lassen sich unterscheiden. Zunächst die sog. Nordstrecke, die vom östlichen Gangtrum aus nach Norden und Nordwesten vorgetrieben wurde, und der sog. „Ingenieurbau“, der vom östlichen Gangtrum aus nach Nordwesten angelegt und ziemlich zielgerichtet nach mehreren Metern mit einem vom westlichen Gangtrum kommenden Streckenteil verbunden wurde.

3.1 Die Grabungsarbeiten im westlichen Gangtrum

3.1.1 Grabungen im alten Tiefbau bei Lfm. 4635

Die nahe dem Arthurstollen aufgeschlossene Fundstelle bot schon seit den 1980er Jahren hervorragende Einblicke in die bronzezeitliche Bergbautechnik. So ist eine Arbeitsbühne erhalten, die etwas verdrückt im Gang noch *in situ* liegt (Abb. 7); ebenso sind deutlich Verzimmerungen (Reste von Bühnen oder Strecken?) auf tieferem Niveau im Abraum zu erkennen. Ihre Interpretation ist aber vorläufig schwierig.

Bei den im Jahr 2002 wieder eingeleiteten Grabungen an dieser Fundstelle ging es vor allem darum, weitere Aufschlüsse über den Verlauf der Sohle bzw. der Gesamtteufe des Grubenbaues zu erhalten (Abb. 5, 6). Doch zeigten die beiden Grabungskampagnen 2003 und 2004, dass es trotz interessanter Teilergebnisse an dieser Stelle kaum möglich sein würde, in ausreichender Breite tief genug zu kommen. Nach Abpumpen und Einrichten einer Haspelförderung konnte der Tiefbau insgesamt noch einmal um knapp 3 m

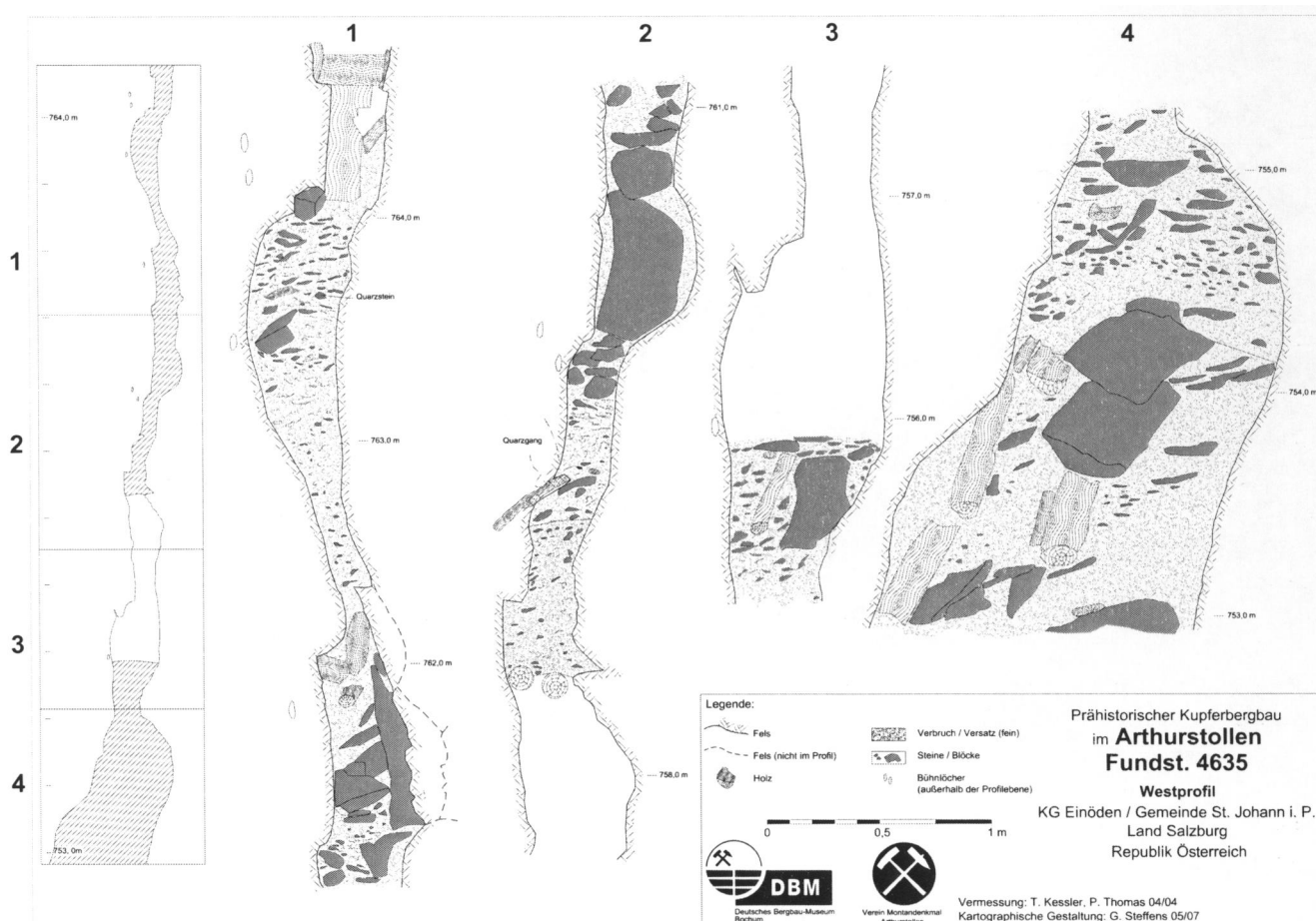


Abb. 8. Arthurstollen, Fundstelle 4635, Querprofil durch den Erzgang des westlichen Gangtrumms, Vorlage DBM.

abgeteuft werden. Nach Erreichen eines nördlichen Sohlabsatzes richtete sich der Gang mit etwa 60° stärker nach Süden. Ab 2004 konnte somit nur noch in einem deutlich verkleinerten Grabungsfeld in einem nach Süden abfallenden Gangbereich gearbeitet werden. Darum wurden die Grabungen hier nach zwei Kampagnen vorläufig eingestellt.

2003 und 2004 wurde die Fundeinlagerung des Versatzes über insgesamt sechs Plana dokumentiert. Immer wieder lagen, vor allem in den höheren Teilen, Verzimmerungshölzer in teils chaotischer Lage mit Phyllitplatten und Versatz vermischt (Abb. 8). Geregelte Ablagerung ließ sich nicht erkennen. In den tieferen Lagen schließlich konnte man eine deutliche Ablagerung auch kleinerer Hölzer, zum Teil abgetrennter Werkstücke der Verzimmerungsarbeit, gemäß der Struktur des Hohlraumes nach Süd abgesetzt, beobachten. Verzimmerungsholz wie große Stempel samt Stempelschuhen konnten in teilweise sehr dicht abgelagerten Hölzerschichten geborgen werden – sie sprechen für eine bestimmte Abfallholzentorgung, möglicherweise aus einer demontierten Holzkonstruktion.

Ein besonderer Glücksfall war der Befund zweier noch *in situ* befindlicher Stempel, die offensichtlich auf dem nördlichen Sohlabsatz aufliegend einem gefährlichen Hangenden unterstellt worden waren (Abb. 9). Der kürzere der beiden konnte nur noch abgeknickt geborgen werden. Auf der Sohle waren Stempelschuhe untergelegt. Möglicherweise waren die beiden Stempel Teil einer nicht mehr erhaltenen Konstruktion. Ferner wurde an dieser Stelle ein Kübelboden aus Tannenholz gefunden (siehe Abb. 10).

3.1.2 Grabungen im neuen Tiefbau bei Lfm. 4650

Ein weiterer Grabungsplatz wurde erst 2003 nach erstmalig tiefem Abpumpen zugänglich und in seiner gesamten Dimension bekannt (Abb. 5, 11). Schon G. Kyrle²⁸ hatte die Nord-Süd gerichtete Verwerfung und den Bergbau an dieser Stelle beschrieben. Die tieferen Bereiche dieser Verwerfungszone im Südosten wurden allerdings damals noch nicht gefunden, war doch die Sohle vollständig durch Versatz bedeckt. Nach der Ausräumung des Versatzes in den 1990er Jahren erkannte man, dass der tiefere Bereich an dieser Stelle nur mit mehreren Platten abgedeckt worden war. Darunter öffnete sich ein abgesoffener, aber noch offener Hohlraum. Offensichtlich wurde dieser auf einer Höhe, die dem natürlichen Wasserspiegel im Grubenbau entsprach, schon in alter Zeit abgedeckt.

Da während der älteren Grabungen keine leistungsfähige Pumpe zur Verfügung stand, konnte dieser Grubenhohlraum zunächst nur im obersten Teil ausgepumpt und befahren werden. Dies änderte sich erst während der Vermes-



Abb. 9. Arthurstollen, Fundstelle 4635, einer der beiden Stempel *in situ* im Gangbereich, Foto Th. Stöllner.

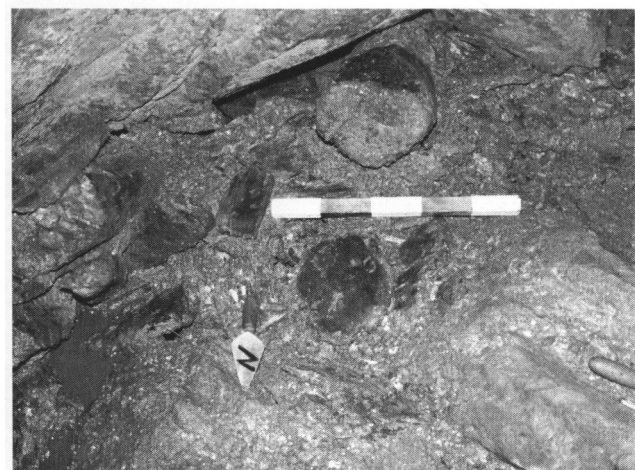


Abb. 10. Arthurstollen, Fundstelle 4635, Fundlage des Kübelbodens mit weiteren Holzfunden einer Holzlage, Foto Th. Stöllner.

sungskampagne im Herbst 2003, als der Grubenhohlraum bis 15 m unter Stollenniveau von Wasser befreit wurde und befahren werden konnte. 2004 bis 2006 wurden damit auch erste Räumungen, später Grabungen und Dokumentationen

²⁸ KYRLE 1918, 17 f.

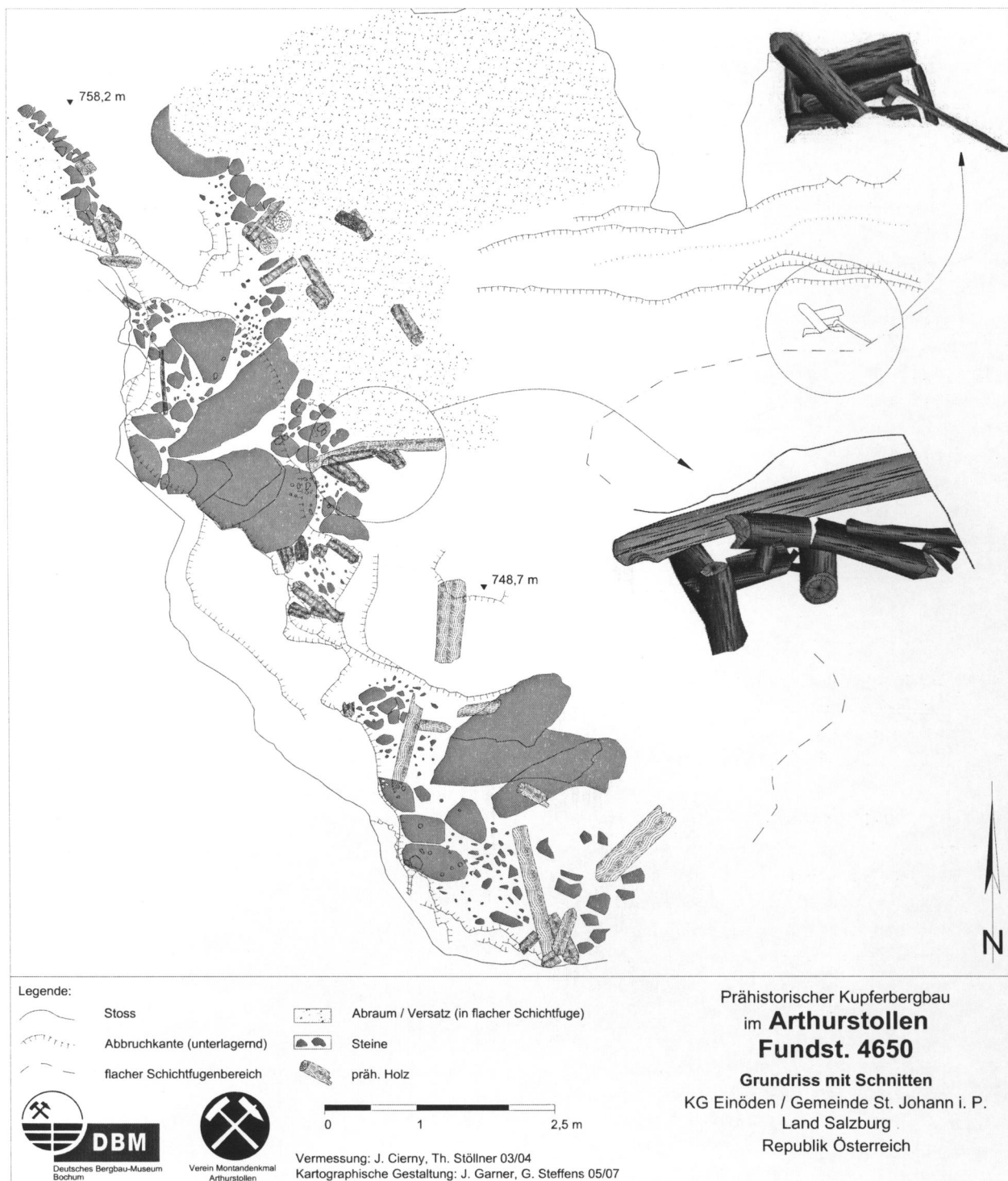


Abb. 11. Arthurstollen, Fundstelle 4650, Grundriss des Grabungsbereiches mit Holzbefunden, den Versatzbereichen sowie den verfüllten bzw. verbrochenen Gangbereichen, Vorlage DBM.



Abb. 12. Arthurstollen, Fundstelle 4650, mittlere Verschalzimmerung *in situ* von unten, kurz nach der Entdeckung 2003, Foto Th. Stöllner.



Abb. 13. Arthurstollen, Fundstelle 4650, mittlere Verschalzimmerung, nach Abbau der Laufschiebe mit grundliegender Schwelle, Foto Th. Stöllner.

möglich, faszinierend vor allem deswegen, weil in diesem Grubenteil noch Ausbauhölzer und Verschalzimmerungen *in situ* angetroffen werden konnten (Abb. 12, 15).

Bei diesem Bergbaubereich handelt es sich eigentlich um eine ursprünglich mit Mylonit verfüllte tektonische Gleitzone, die den erzführenden Hangendgang des Reviers hier wohl mehrere Meter gegen Norden verworfen hat. Im Zuge des prähistorischen Bergbaues hat man diese weichere und wahrscheinlich auch erzführende Zone ausgeräumt und damit einen etwa 60° geneigten Hohlraum geschaffen (Abb. 6, 11). Später hat man ihn mit Arbeits- und Versatzbühnen ausgestattet und wieder mit Abraum versetzt. Es entstand eine offene Zone, die als Fahrrinne interpretiert werden kann. In dem steil geneigten Grubenraum fanden wir Verschalzimmerungen nur nördlich wie auch südlich dieser nicht versetzten, allerdings leicht verbrochenen Zone vor.

Die Grabungen selbst wurden vorwiegend an einem durch Versatz und Gesteinsverbrauch verlegten Absatz etwa in mittlerer Höhe des Grubenbauteils durchgeführt. Mit Hilfe von Akkühämmern wurde zunächst der größte Versatz geräumt. Danach konnte vor allem in den nördlichen Grubenbauteilen gegraben werden. Dort waren eine aus mehreren Stempeln und Querhölzern bestehende Verschalzimmerung sowie eine Reihe von Einzelstempeln mit feinem bergmännischem Abraum versetzt (Abb. 11, 12, 14). Längs zur Baurichtung wurden daraufhin mehrere Profile angelegt, die näheren Aufschluss zur Verfüllgeschichte geben. Sie verraten auch, dass die Einzelstempel offensichtlich zur Stabilisierung des Versatzes, vor allem aber zur Sicherung des Hohlraumes in steiler Lage beitragen sollten. Interessant war auch die Untersuchung der sog. mittleren Versatzbühne, die 2005 untersucht werden konnte. Die Bühne war etwa auf Halbhöhe in den Hohlraum eingebaut worden (Abb. 11–13). Sie lässt erstmals ein bestimmtes Bauprinzip erkennen. Hinter mehreren senkrecht zum Grubenbau eingestellten Stempeln sowie mehreren Querliegern wurde eine etwa 50 cm breite Standfläche quer zum Hohlraum eingebaut. Diese Standfläche wurde regelrecht mit Grubenabraum und organischen Resten (z.B. Leuchtspäne) planiert und festgestampft. Ob die Fläche auch als Verweilplatz genutzt wurde, lässt sich aber nicht eindeutig sagen. Schlämmarbeiten an der dort aufgefundenen Laufschiebe haben von sehr zahlreichen Leuchtspänen abgesehen keine archäobotanischen Hinweise erbracht, die so einen Schluss rechtfertigen würden.

Auch südlich der sog. Fahrrinne konnten in den oberen Teilen *in situ* befindliche Verzimmerungen dokumentiert werden (Abb. 14); auch hier hängen sie mit der Versetzung von Grubenbauteilen zusammen. Besonders eindrücklich sind die zwischen die Stempel fein säuberlich geschichteten Gesteinsplatten, die offensichtlich ein Nachrieseln des feineren Versatzmaterials gegen die Fahrrinne verhindern sollten.

Ca. 15 m unter dem Niveau des Arthurstollens konnte die bisher tiefste Stelle erreicht und dokumentiert werden. Weiterer Vortrieb in die Tiefe konnte damals wegen großer, zum Teil noch hängender Gesteinsplatten nicht realisiert werden. In den tieferen Teilen des Hohlraumes lagen eine Reihe aufgeschwemmter Stempel, die sich dort am Übergang zu einer stärker zerrütteten Gebirgszone fanden. Bemerkenswert sind vor allem ein 1,4 m langer, unbenutzter Stempel mit Trageösen sowie ein ebenfalls nicht mehr *in situ* befindlicher Stempel mit einem Durchmesser von über 55 cm.

Ob weiter im Osten bzw. dort noch westlich tiefer Bergbau betrieben wurde, lässt sich einstweilen nicht sagen: Der eigentliche Gang, der ja durch die o.g. Verwerfung wahrscheinlich nach Norden abgeschert wurde, kann vorläufig



Abb. 14. Arthurstollen, Fundstelle 4650, Verschalzimmerung im Westen des Tiefbaues; dahinter sorgsam geschichteter Versatz, Foto Th. Stöllner.

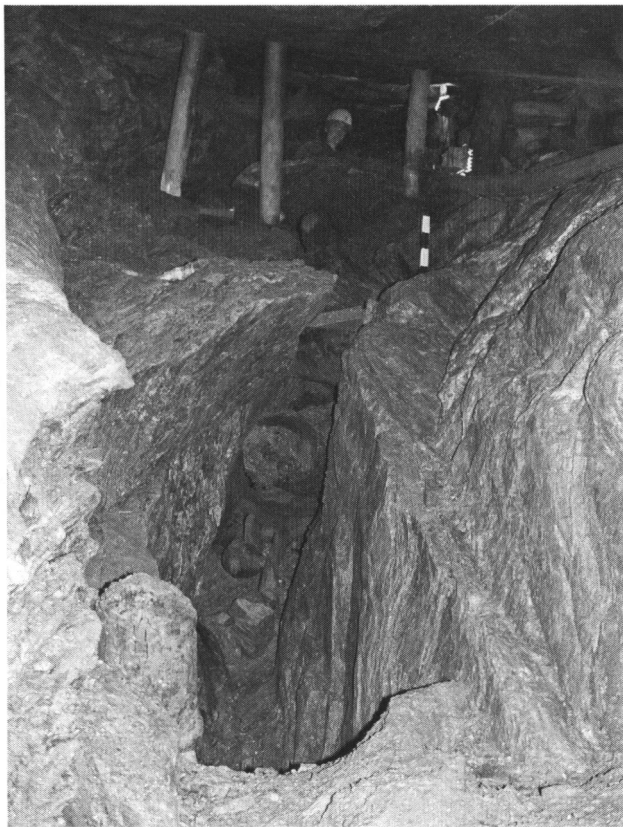


Abb. 15. Arthurstollen, Fundstelle 4650, ausgeerzter Gang mit Abraumverfüllung, von Süden nach Nord, Grabung 2004, Foto Th. Stöllner.

nicht in den östlichsten, zerrütteten Teil des Hohlraums verfolgt werden. Nach Westen ist er allerdings noch weiter geteuft und sicher noch tiefer abgebaut worden. Der Übergang zwischen dem eigentlichen Gang und der darüberliegenden Scherzone ist vor allem in den tieferen, nicht versetzten Lagen gut zu beobachten. Dort ließen sich im Gang noch einige Querstempel beobachten (Abb. 15). Interesse verdient vor allem ein Rundling, auf dessen Oberfläche deutlich Schleifspuren einer Seilförderung zu erkennen sind.

3.1.3 Untersuchungen des „Ingenieurbau“ und der Nordstrecke zwischen Lfm. 4650–4670

Zu Beginn der Untersuchungen war der sog. „Ingenieurbau“ nur durch die Engstelle im Westen der Verwerfungszone zugänglich; erste Befahrungen hatten die Strecke erkundet und die Verbindung zu einem weiteren Abbau festgestellt (Abb. 5, 6). Im Frühjahr 2002 konnte der Abbau erstmals vermessen werden; ab Herbst 2002 wurde schließlich auch die Grabung begonnen, die ebenfalls von Westen aus erfolgte. Durch die zuvor erfolgte Öffnung eines Seitenquerschlaßes konnte auch die Förderung über den „Ingenieurbau“ erfolgen²⁹. Erst ab 2003 wurde der Zugang über das östliche Gangtrümm bewerkstelligt, in die der „Ingenieurbau“ bzw. die Nordstrecke einmündete. Dort war die Förderung infolge über eine dort eingebaute Arbeitsbühne leichter vorzunehmen.

Die Grabung in der bronzezeitlichen Sondierungsstrecke („Ingenieurbau“) erfolgte 2002 vom prähistorischen Durchhieb in Richtung Osten und untersuchte zuerst die Sohle des weitgehend noch offenen prähistorischen Hohlraums. Auf den weichen Phylliten der Sohle fand sich vom Durchhieb bis Lfm. 10,5 nur eine sehr dünne Sedimentschicht, die offensichtlich von Wetterzug und Feuchtigkeit in der Strecke herrührte (Abb. 16). Ab Lfm. 10,5 bis hin zur Einmündung in das östliche Gangtrümm wurde der Sedimentaufrag mächtiger. Er zeigte im Wesentlichen einen vergleichbaren Aufbau. Über einer auf der Sohle aufliegenden grau-lehmigen Laufschiebt mit Holzkohle und Leuchtpänen lag eine weitere, festgetretene, rötlich oxydierte Schicht aus Versatz mit Leuchtpänen, die als jüngere Laufschiebt zu interpretieren ist. Bei Lfm. 13–14 wurde vor einer Sohlstufe ein mit Versatz verfülltes Gesenk entdeckt. Dieses konnte 2003 vollständig untersucht werden und erwies sich als schachtartige, bronzezeitliche Sondage (Abb. 17).

Nach einem etwa 1,5 m tiefen, rechteckigen Schacht (ca. 1 x 0,6 m) weitete sich das Gesenk zu einer regelrechten

²⁹ Die von F. Moosleitner beauftragte Tiefbaufirma hielt sich allerdings bei den Aufschließungsarbeiten nicht an den von uns angegebenen Aufschließungswinkel bzw. die -richtung und

zerstörte die bergbautechnisch bedeutsame Engstelle bzw. den Durchhieb durch Schießarbeit.

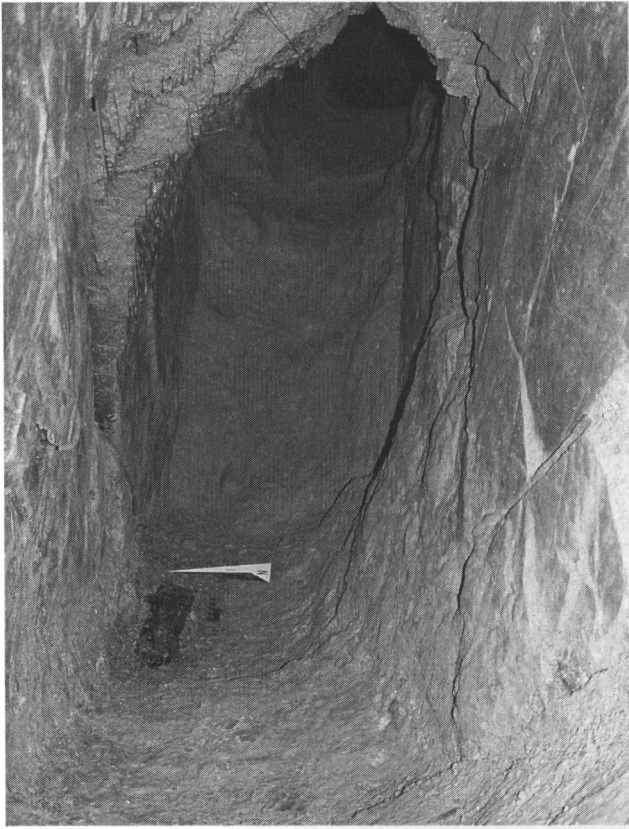


Abb. 16. Arthurstollen, „Ingenieurbau“, Sohlabsatz bei Lfm. 4–5, von Westen, Foto J. Cierny.

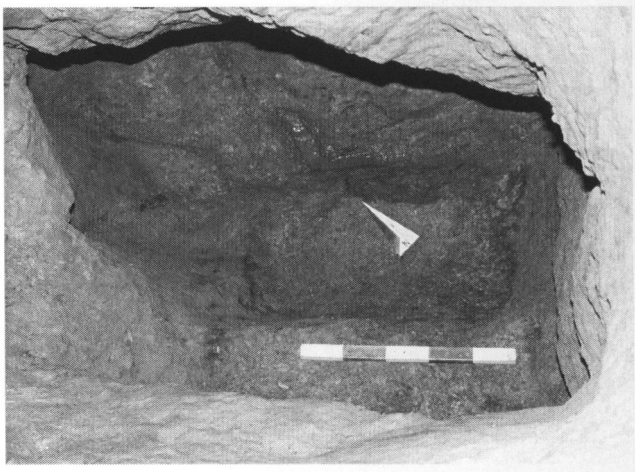


Abb. 17. Arthurstollen, „Ingenieurbau“, sog. Gesenk bei Lfm. 13–14, deutlich sind der Sohlabsatz, Schrame und Abkeilungen der Keilhauenarbeit zu sehen, Foto J. Cierny.

kleinen Abbaukammer. Im Schacht selbst waren einige längs zum „Ingenieurbau“ liegende Rundhölzer entdeckt worden. Sie könnten einst als Überquerungshilfe auf der Oberkante des Schachtes eingebaut gewesen sein. Die tieferen Teile des Gesenkes waren mit eindeutigem Bergematerial

versetzt; direkt über einer oberen Sohlstufe ließ sich zudem eine holzkohlereiche Lauffläche nachweisen. Auf der Sohle der nach Nordwesten erweiterten Abbaukammer konnten weitere kurze Rundhölzer aufgefunden werden. Auch sie mögen einst der Fahrung im Gesenk gedient haben und – wie Bühnlöcher an den Stößen des Gesenkes andeuten – im Schacht eingebaut gewesen sein. Die getreppte Sohlfläche bzw. der zuletzt gegen Nordwest geschwenkte Vortrieb im Gesenk zeigen deutliche Abschlüge und Spuren der Keilhauen- und Abkeilarbeit. Sicherlich ist das Gesenk in einer jüngeren Phase verfüllt worden.

Zwischen Lfm. 16 und der Einmündung des Baues in den Hauptgang bei Lfm. 19 zweigt eine weitere Seitenstrecke, die sog. Nordstrecke ab, die teilweise ebenfalls mit Bergeversatz verfüllt war. An dieser Streckengabel wurden während der Kampagne 2003 ebenfalls mehrere Profile angelegt (Abb. 19). Sie zeigen, dass über die zuunterst liegenden Laufsichten Versatz von jüngeren Abbautätigkeiten des

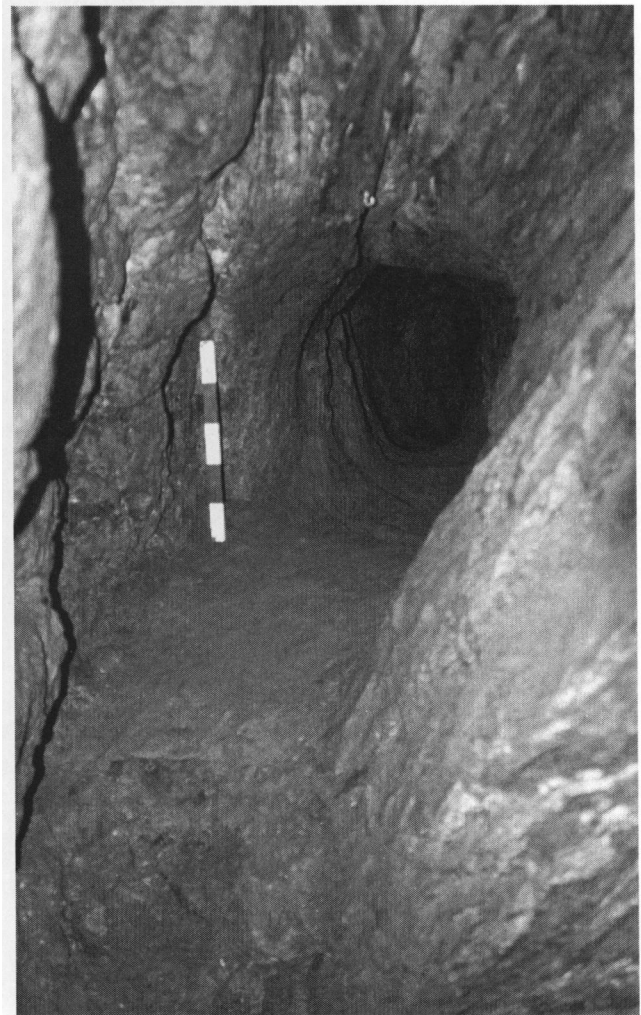


Abb. 18. Arthurstollen, Ansatz des „Ingenieurbau“ vom östlichen Gangtrumm aus, Foto J. Cierny.

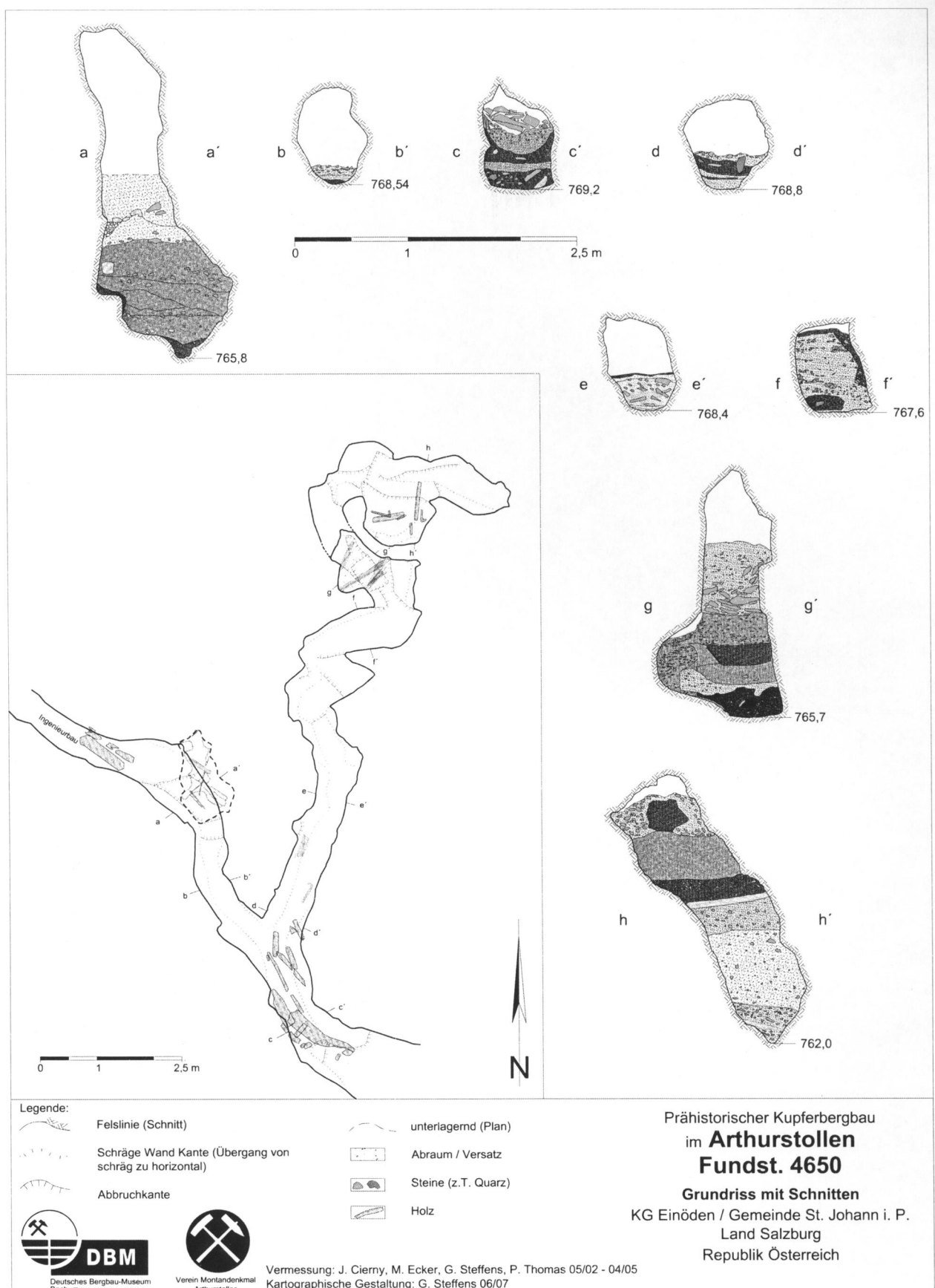


Abb. 19. Arthurstollen, „Ingenieurbau“/N-Strecke, Grundriss und Profile durch Strecken und Gesenke, Vorlage DBM.

Hauptganges geschüttet wurde. Gerade an der Einmündung der beiden Strecken auf das östliche Gangtrum ließ sich die Einfüllung aus dem Abbaubereich deutlich erkennen. Offensichtlich wurde auch dieser Zugang in späterer Zeit versetzt. Der sog. Durchbruch barg einige Grubenhölzer, die somit den Abbautätigkeiten des Hauptganges zuzurechnen sind (Abb. 18). Zu erwähnen sind einige Spaltbohlen, und vor allem das Fragment eines eingehackten Steigbaumes, der 2003 hier gefunden wurde. Allerdings wurde der Bau nicht vollständig versetzt, sondern wohl zur Wetterführung weiterhin offen gehalten.

Als 2003 im Bereich des östlichen Gangtrummes eine Arbeits- und Förderbühne eingebaut wurde, konnte mit der Räumung der seitlich gegen Nord geführten Nordstrecke begonnen werden (Abb. 19). Während der Kampagne 2003 wurde die Strecke bis auf Lfm. 4, 2004 bis Lfm. 7 geräumt. Die Arbeiten des Jahres 2004 waren wesentlich auch durch die aufwendige Untersuchung eines bei Lfm. 7 aufgefundenen Schachtteils geprägt. Erst 2005 konnte schließlich die Grabung bis zum Ende der Blindstrecke bei Lfm. 12 geführt werden. Zwischenzeitlich hatte aufgrund rückwärts gerichteter Abbauspuren an Stößen und Sohlen die Hoffnung bestanden, die Strecke würde einen Verbindungsbau zu einem weiteren Abbaubereich darstellen.

Die Nordstrecke selbst war in manchen Teilbereichen vollständig, in anderen Teilen nur teilweise mit Material verfüllt (Abb. 19–21). Die Profile zeigten wieder, vor allem in den ersten Metern, einen charakteristischen Aufbau. Es waren eine zuunterst liegende Laufschicht sowie zwei weitere darüber liegende, intentionell eingebrachte Versatzschichten zu erkennen. Die oberste Schicht war meist durch Korrosion fest verbacken. Die unterste Schicht war meist grauer und feiner strukturiert, häufig auch stärker mit Holzkohle vermischt. Man wird sie als Laufschicht ansprechen dürfen. An den in der Sohle eingebrachten Absätzen wurden auch größere Schichtmächtigkeiten beobachtet. Ein prinzipieller Unterschied ließ sich nur in den ersten ein bis zwei Laufmetern der Nordstrecke erkennen, wo das Profil einen komplexeren Aufbau zeigte, in dem Korrosionsschichten und graue Schichten aus Bergematerial sich abwechselten. Da die Korrosionsschichten auf offen liegende Schichtoberflächen deuten, dürfte die Verfüllung mit gewissem Zeitabstand erfolgt sein. Dies ist sicherlich darauf zurückzuführen, dass im Bereich des Streckenzwiesels Schichten aus dem Abbauraum in die Strecke einfließen und dort schon teilweise versetzte Grubenteile überdeckt haben. Interessant war 2003 die Auffindung einer vollständigen Tüllenpickelschäftung in der älteren Laufschicht direkt am Beginn der Nordstrecke: Die Schäftung weist aufgrund ihres trapezförmigen Schäftungsquerschnittes auf die typische Tüllenpickelform im

Mitterberger Raum hin (siehe unten Beitrag P. Thomas). Diesem Schäftungstyp entsprechen auch die in den neunziger Jahren am westlichen Ende des „Ingenieurbaues“ sowie die beiden 2005 am nördlichen Ende der Nordstrecke gefundenen Exemplare³⁰.

Der sicher aufregendste Befund der Grabungskampagne 2004 war ein schachtförmiges Gesenk bei Lfm. 7 in der Nordstrecke (Abb. 19, 22). Dieser etwa 1,5 m tiefe Schacht war vollständig verfüllt und ließ sich somit nur von oben her untersuchen. Nach Südwesten wies der Schacht knapp über der Sohle eine ungefähr 0,5 m tiefe Nische auf. Ob diese als Ausweiche bei der Fahrung diente, bleibt aber ungewiss. Auffällig war eine generell zwei- oder sogar dreigeteilte Füllstruktur, die zur zuführenden Strecke hin, also nach Südosten, eher gröber, zum wegführenden Streckenteil (nach Nordwest) viel feiner verfüllt war. Dazwischen liegend wurden zweimal querliegende Rundhölzer dokumentiert, die ehemals als Steighilfe im Schacht montiert gewesen sein dürften. Darauf deuten auch Bühnlöcher. Die Struktur der Einfüllschichten wie auch die querliegenden Hölzer lassen gewisse Aussagen zu der Art der Einfüllung bzw. zur Nutzung des Schachtes zu. Gut möglich, dass zu einem



Abb. 20. Arthurstollen, N-Strecke, Querprofil durch den Versatz bei Lfm. 3–4, Foto J. Cierny.

³⁰ KLOSE 1918, 18 ff., Fig. 29–30. – MAYER 1977, 226 ff., Taf. 90/1342–1344; 91/1345–1352; 92/1353–1355.

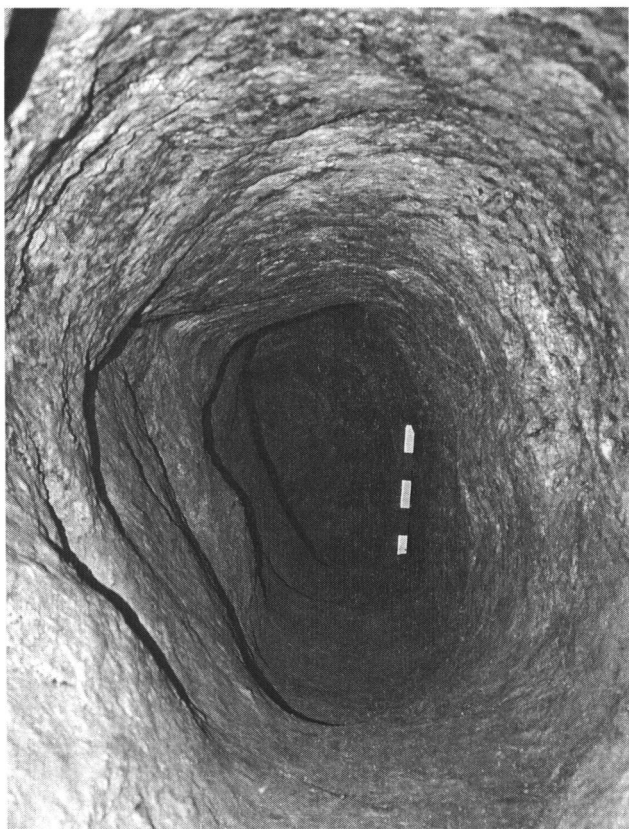


Abb. 21. Arthurstollen, N-Strecke, Lfm. 1–3, Zustand des Grubenbaues nach Ausgrabung, Foto J. Cierny.

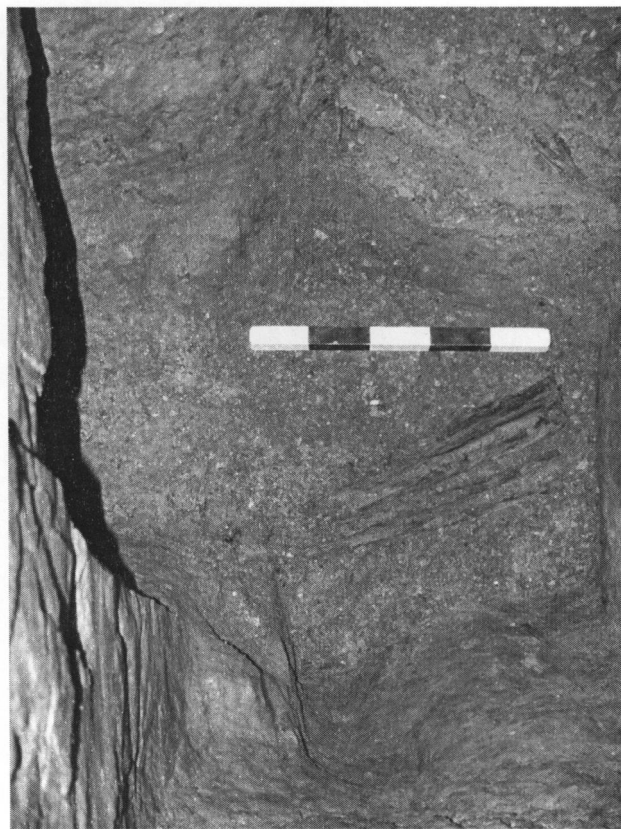


Abb. 22. Arthurstollen, N-Strecke, Lfm. 7, Blick in das Gesenk mit dem Fund des Messzirkels *in situ*, Foto Th. Stöllner.

Zeitpunkt der Streckennutzung (oder während des Versetzvorgangs) der Schacht mit Trethilfen ausgestattet und dabei teilverfüllt wurde, um ihn leichter befahren zu können. Erst später hat man ihn dann mit dem feineren Material vollständig verfüllt³¹. Auffällig war zudem der Fund des sog. Messzirkels (Abb. 22) direkt über der Sohle des Schachtes etwa auf Höhe der nach Südwesten geweiteten Nische.

Vom vollkommen verfüllten Schacht setzt sich ein etwa 1,5 m langer, weitgehend waagrechter Grubenbauteil fort. Dieser war zunächst bis an die Firste verfüllt; der Schuttkegel verlor allerdings nach etwa 1 m deutlich an Mächtigkeit. Die Strecke führte nun erneut nach Norden. In diesem Bereich bestand das verfüllte Material aus grobem Hauklein und war, wie in den auswärts liegenden Streckenteilen, an der Oberfläche stark korrodiert. Mehrere grobkeramische Wandscherben wurden ebenfalls in der Verfüllung aufgefunden.

³¹ Die Befahrung des Schachtes ist ohne Lastentransport für einen Geübten relativ einfach zu bewerkstelligen. Vor allem während des Vortriebes wird man mit nach hinten reichender Förderung aus dem Schacht in den höheren Streckenteil rechnen müssen. Der Befund im Schacht sieht jedenfalls so aus, als hätte man

Nach weiteren 1–2 m war der prähistorische Bau um weitere 1–2 m abgeteuft und hatte sich wieder nach Nord ausgedreht. Von diesem schachtähnlichen Grubenbaubereich ausgehend erstreckte sich die Strecke letztlich noch weitere 2 bis 3 m nach Osten, um dann unvermittelt an einer Ortsbrust zu enden (Abb. 19, 23). Die Ortsbrust selbst steht in quarzhaltigem Gestein und zeigt noch deutlich den beim Vortrieb zunächst erzeugten Mittelschram der Keilhauenarbeit.

Die oberen Versatzschichten des gesamten Endteils der Strecke bestanden ebenfalls aus grobem Haufwerk. Am unteren Ende der o.g. schachtartigen Vertiefung konnte ein weiteres, etwa 1,5 m tiefes Gesenk untersucht werden. Die Verfüllung war hier nun deutlich feiner. Darin konnten eine Reihe querliegender Rundlinge (Trittbretter?), Brettfragmente und kleine stielartige Rundlinge aufgedeckt werden. Besonders erwähnenswert war die Auffindung einer

bewusst einen Abraumhaufen liegen gelassen und zuzüglich mindestens zwei Querhölzer eingebaut, um ihn leichter (vielleicht zu Transportzwecken) befahren zu können. Vielleicht hat man dies während der Verfüllphase gemacht, denn in Betrieb gestanden ist die Seitenstrecke ja nie.

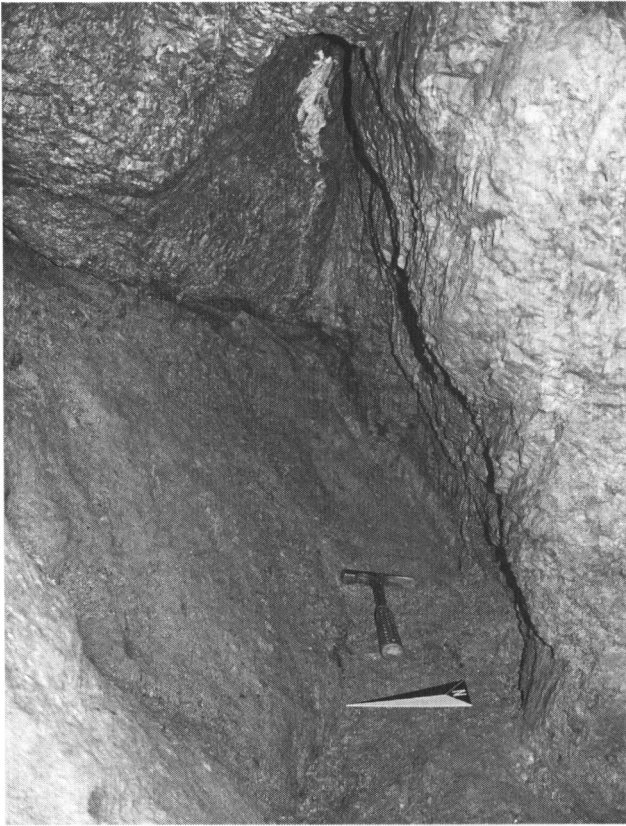


Abb. 23. Arthurstollen, N-Strecke, Ortsbrust bei Lfm. 12 der N-Strecke, Foto J. Cierny.



Abb. 24. Arthurstollen, N-Strecke, Schäftung *in situ*, im nördlichen Gesenk der N-Strecke, Foto J. Cierny.

gebrochenen, aber weitgehend vollständigen Tüllenpickelschäftung (Abb. 24). Auf der Sohle des Gesenkes wurde aufrecht stehend das Fragment einer zweiten Schäftung aufgefunden, letztere vielleicht bewusst hier zurückgelassen.

Die Untersuchungen in der Nordstrecke waren vor allem gegen das blinde Ende hin von zunehmenden Bewetterungsproblemen gekennzeichnet. Teilweise fiel der Sauerstoffgehalt unter die kritische Marke und es konnte nur phasenweise nach erfolgter Auswitterung an diesem Ort gearbeitet werden. Dies könnte ein Grund dafür sein, warum die Suchstrecke in prähistorischer Zeit letztlich eingestellt wurde. Die verwinkelte Streckenführung war offensichtlich durch die intensive Suche nach dem im sog. östlichen Gangtrumm vertaubten Haupterzgang begründet. Ihre Bedeutung erhält die Strecke vor allem dadurch, dass sie einmalig gut erhalten ist und vielfältige Spuren der Keilhauenarbeit an Firste und Sohle zeigt. Die Nordstrecke ist jedenfalls zusammen mit dem sog. „Ingenieurbau“ ein bemerkenswertes Denkmal bronzezeitlicher Bergmannskunst.

Eine letztendliche Interpretation der beiden Strecken, sowohl des „Ingenieurbau“ wie auch der Nordstrecke, hängt wesentlich auch an der zeitlichen Einordnung beider

Grubenbauteile. Betrachtet man die Anlage genauer, so ist unschwer zu erkennen, dass der „Ingenieurbau“ vor allem ab Lfm. 12 (von Westen gerechnet) relativ gerade einem an der Firste erkennbaren Pyritband folgend nach Westen vorgetrieben wurde. Dagegen sind die Nordstrecke und vielleicht auch die ersten 2–3 m des nordwestlich gerichteten „Ingenieurbau“ eher unregelmäßig und verwinkelt angelegt. Es scheint, als sei man in diesen Teilen tatsächlich verschiedenen kleinsten Pyrit- bzw. Ankeritbändern nachgegangen, in der Hoffnung, den im östlichen Gangtrumm verlorenen Erzgang wieder aufzufinden. Demnach hätte man die Suche nach drei Streckenmetern mit dem abgeteuf-ten Gesenk in dem nach Nordwesten gerichteten „Ingenieurbau“ wie auch in der Nordstrecke (dort nach 16 m) aufgegeben und vielleicht erst zu einem späteren Zeitpunkt die Verbindung nach Westen gesucht.

Die Streckenführung in der Nordstrecke ist von der Suche nach der Vererzung bestimmt. Zumindest kann man beobachten, dass sich die Schrämararbeit vor allem an kleinen Querverwerfungen ausgerichtet hat. Diesen Schwachzonen im Gebirge ist man auf kurzen Distanzen gefolgt. Überhaupt zeigen die Strecken viele Beispiele der Schrämararbeit, dagegen lässt sich die Feuersetztechnik nicht einwandfrei nach-

weisen. Die Bergfesten sind wohl eher durch Fahrung und Wetterzug gerundet (Abb. 21); zudem lassen sich typisch ausgekeilte Firsten mit senkrecht stehenden Phyllitplatten erkennen und es fehlen typische horizontale Verebnungen sowie Holzkohleauflagerungen und Verruungen, wie sie bei der Feuersetztechnik gang und gäbe sind.

Besonders erwähnenswert ist die Tatsache, dass die Nordstrecke in Teilen völlig, sonst teilweise versetzt aufgefunden wurde; relativ vollständig versetzt war die Strecke vor allem bei Lfm. 5–6 und dann vor allem im Bereich des Gesenkes und des anschließend nach Nordwest verlaufenden Streckenteils. Das Versetzen der Strecke erfolgte sicherlich nicht, um sich der Berge zu entledigen. Um im Firstenbau stehend auf Versatzbergen zu arbeiten, hatte man eher viel zu wenig Abraum. Auch hätte man die geringe Versatzmenge von wenigen Kubikmetern (ca. 10 m³) leicht im östlichen Gangtrumm unterbringen können. Eher wird man andere, vielleicht rituelle Gründe für den Vorgang annehmen. Beispiele für das systematische, aber technisch nicht notwendige Versetzen kleiner dimensionierter Strecken sind z.B. aus dem europäischen Silexbergbau wie auch aus dem kupferzeitlichen Bergwerk von Aibunar sowie aus einer Art „rituellem Bergbau“ in Kargaly/Gorny bekannt³².

3.2 Grabungen im östlichen Gangtrumm (Abb. 5, 6)

3.2.1 Grabungen im Aufschluss bei Lfm. 4670

Während der Grabungskampagnen 2002 und 2003 erwies sich auch der Aufschluss bei Lfm. 4670 als besonders informativ. Durch die Schießarbeit der Fa. Ing. Walter Greiffenhagen, Sprengtechnik Ges. m. b. H. (St. Veit im Pongau) konnte 2002 das östliche Gangtrumm angefahren und das Grubentiefste des abgebauten und verfüllten Erzganges bloßgelegt werden. Eine daraufhin im Herbst 2002 begonnene Grabung sollte zunächst die freigelegten Teile dokumentieren. Doch schon bald stellte sich heraus, dass hier aufgrund der schwebenden Lasten kein gefahrloses Weiterkommen war. Infolge eines bewusst herbeigeführten Niedergangs entleerten sich die teilweise verfüllten Gangteile in die Strecke. Dies erlaubte eine weitgehende Dokumentation des nun vollständig zugänglichen Grubenbauteils. Er wies nach oben eine lichte Höhe von über 11 m auf (Abb. 25). Nachdem schon 2002 die unteren Teile eines östlichen und westlichen Versatzprofils dokumentiert worden waren, gelang eine vollständige Dokumentation. Dazu musste 2003 in die Gangspalte etwa auf Höhe des Streckenansatzes zum „Ingenieurbau“ eine Bühne eingebaut werden. So konnte

der bis zur prähistorischen Firste erhaltene prähistorische Grubenhohlraum vermessen, gezeichnet und beschrieben werden. Außerdem wurde ein östliches Versatzprofil bis zur Oberkante des Abraumkegels dokumentiert. Demnach war der Verhau nur ungefähr bis zu einem Drittel mit bergmännischem Abraum gefüllt gewesen. Er wies einen nach Westen, also zum „Ingenieurbau“ hin, abfallenden Schuttkegel auf. Darüber öffnete sich die bis heute noch 10 m hohe Abbauhalle mit erhaltener, unregelmäßiger Firste (Abb. 25). Der Grubenraum weist eine Reihe von Absätzen und Vorsprüngen auf, sogar eine nach Westen gerichtete Ortsbrust mit davor liegendem Arbeitsabsatz (Abb. 27); auch ein *in situ* verbliebener Stempel ist noch zu erkennen. An diesem Hohlraum setzt der Streckenabgang zu „Ingenieurbau“ und Nordstrecke an und folgt deutlich einem aus dem Hauptgang wegführenden Pyritband. Der Gang selbst teilt sich ein wenig und zieht in seinem hangenden Teil stärker nach Westen in die Höhe.

Besonders aufschlussreich ist das auch aus einer Vielzahl von feiner und gröber körnigen Schuttschichten bestehende Ostprofil durch den bergmännischen Abraum („Berge“) (Abb. 26a). Wie überall im Arthurstollen besteht dieser aus groben Phyllit- und Quarzbrocken, zuzüglich Altholz sowie groben und feinen Haukleinschichten, die sich in Farbe, Körnung, Quarz-, Ankerit- und Phyllitanteil gut voneinander trennen lassen. Das Profil lässt jedenfalls erkennen, dass der scheinbar regellose und in kleinen Portionen abgelagerte Abraum wohl an Ort und Stelle verblieb und im Zuge

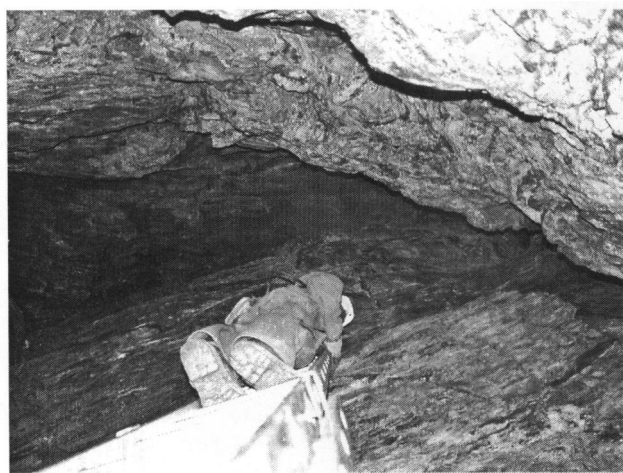


Abb. 25. Arthurstollen, östliches Gangtrumm, Fst. 4670, Blick in den Grubenbau Richtung Firste, Foto Th. Stöllner

verfüllt wurden: Die Interpretation als eine Art wieder verfülltes, „rituelles“ Bergwerk in der Siedlung kann durchaus kontrovers gesehen werden; auffällig und nicht alltäglich erklärbar bleiben die Befunde aber allemal).

³² Silexbergwerke z.B. Grimes Graves oder Spiennes: BARBER, FIELD, TOPPING 1999. – COLLET et al. 2006, 67–72. – Zu Aibunar: CHERNYKH 1978, 203–217. – Zu Gorny in Kargaly: CHERNYKH et al. 2002 (auffällig sind dort nicht lagerstättenbezogene, abbauartige Grubenbaue, die später wieder vollständig

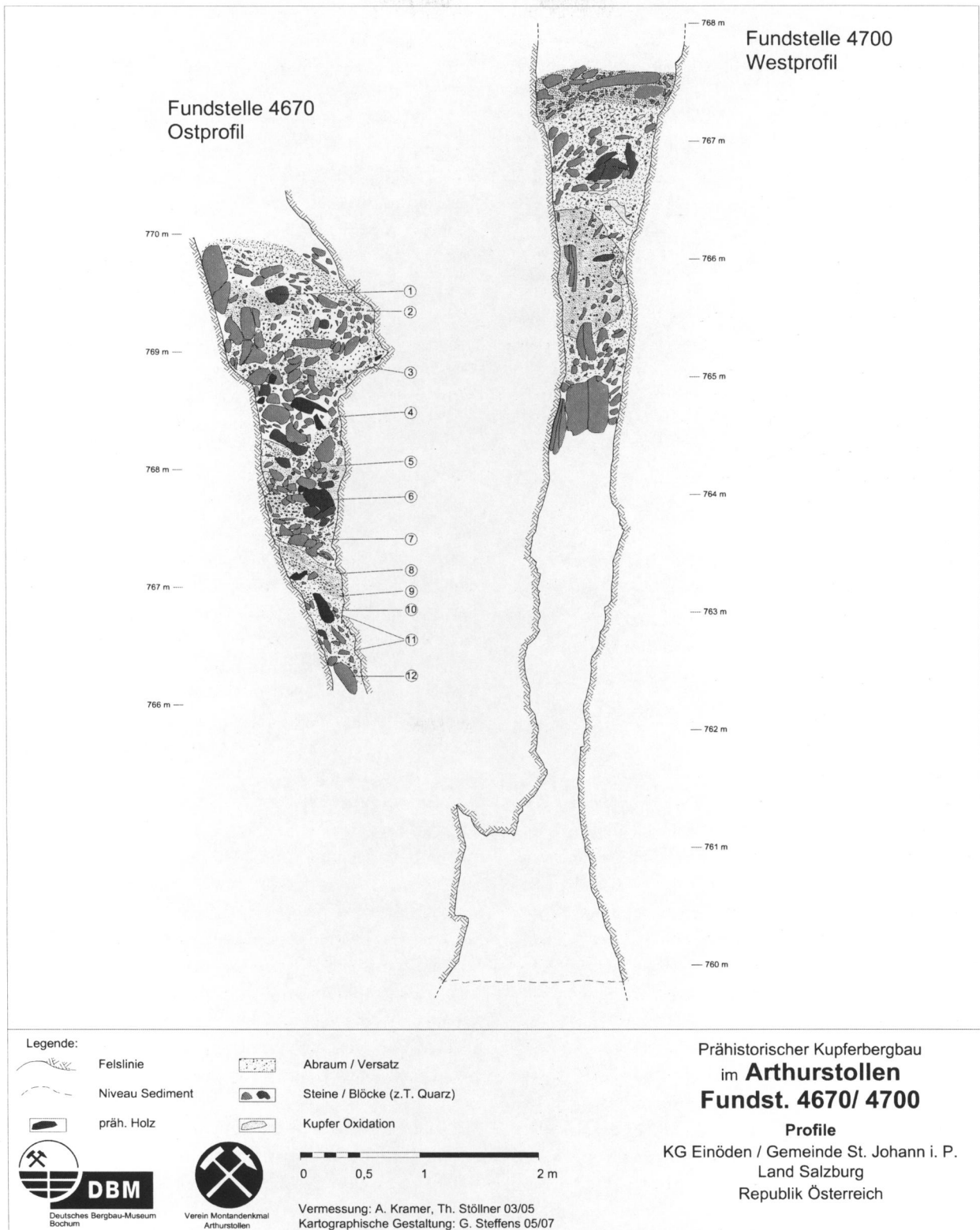


Abb. 26. Arthurstollen, östliches Gangtrumm, a.) Fst. 4670: O-Profil durch den Versatz, 1 Quarz/Gangmaterial, 2 Versatzschicht aus feinschottrigem, braun-grauem, schiefrigem Versatz, 3 heterogener, an der Oberfläche oxydierter Versatz, 4, 5 heterogener, braun-grauer Versatz mit großen Blöcken und Holzstückchen, 6 Brett, 7 Versatzschicht aus groben Schieferplatten und grauem Schieferschotter, 8 Bänder feinschottriger Versatz mit oxydierter Oberfläche, 9 feinschottriger, blau-grauer Versatz mit Holzkohlestückchen, 10 feinschottriger, grauer Versatz, 11 prähistorischer Ulmabbruch, 12 mittelgrober, heterogener Versatz mit Blöcken; b.) Fst. 4700: W-Profil durch den Grubenbau, Vorlagen DBM.



Abb. 27. Arthurstollen, östliches Gangtrumm, Fst. 4670, westliche Ortsbrust mit Abraum und Verbruch, Foto Th. Stöllner.

des Firstenbaues entstand (Abb. 27). Ein regelrechtes Versetzen durch Abraum aus anderen Grubenbauteilen hätte wohl eine stärkere Durchmischung und Fraktionierung (wie z.B. an den Schichten in der Nordstrecke zu erkennen ist) zur Folge gehabt. Sollte sich dieser Schluss bestätigen, dann wäre das östliche Gangtrumm erst in einer jüngeren Phase in die Firste abgebaut worden. Dabei wäre zugleich die schon zuvor angelegte Nordstrecke bzw. der „Ingenieurbau“ verfüllt worden.

3.2.2 Grabungen im Querschlag bei Lfm. 4700

Untersuchungen im geringeren Umfang wurden bei Lfm. 4700 durchgeführt. Dort wurde am Ende des 1992 geschossenen Querschlages ebenfalls im bergmännischen Abraum des östlichen Gangtrummes gearbeitet. 1992 wurde als herausragender Fund ein Förderschiffchen geborgen (Abb. 38, siehe unten Beitrag P. Thomas). Da die Stelle aufgrund der Versatzüberdeckung nicht nach oben untersucht werden kann, wurde in einem Bereich des Ganges, der schon in den älteren Grabungen (1992 ff.) abgeteuft worden

war, eine Holzlage dokumentiert und geborgen. Die im Firststraßenbau abgebauten Gänge weisen bekanntlich immer wieder offene Stellen mit verdrückten Zimmerungen auf. Von Interesse ist darum die im Jahr 2002 dort entdeckte Holzlage aus einem stempelartigen Querlieger sowie mehreren längs liegenden Schwartlingen bzw. Hälblingen. Es könnte sich um Reste einer eingebauten, nahe gelegenen Verzimmerung oder sogar um die Reste einer Arbeitsbühne handeln, die hier abgelagert wurden. Die an dieser Stelle dokumentierten Profile zeigten offene und teilversetzte Gangbereiche, ließen aber keine eigentlichen, durch Abraum bedeckten verzimmerten Strecken erkennen. Doch sind die Mächtigkeiten des Erzganges hier teilweise so gering, dass der Abraum sich an solchen Engstellen verlegt hatte. Darunter blieb der Gangbereich hohl und offen. Das Westprofil zeigt anschaulich, wie große, vielleicht bewusst eingesetzte Blöcke das Abrutschen des Abraumes weiter nach unten verhinderten (Abb. 26b).

3.2.3 Aufschluss der Fundstelle bei Lfm. 4740

Im Rahmen der Untertagegrabungen wurde 2004 auch eine Fundstelle wieder entdeckt, die sich nahe der Streckenabzweigung des Arthur-Förderstollens vom heute als Wasserzulauf dienenden Hauptstollen befand. An dieser Stelle schneidet der Stollen das erste Mal den prähistorisch ausgezerten Gang. Zwar werden sowohl von G. Kyrle wie auch von K. Zschocke und E. Preuschen weiter auswärts liegende Fundstellen genannt, doch können diese derzeit aufgrund der Ausbetonierung des Stollenvorhauptbereiches (als ehemaliger Wasserspeicher des OKA-Kleinkraftwerkes) nicht verifiziert werden³³.

Die Fundstelle bei Lfm. 4740 ist über das ehemalige, bis zu 4 m tiefer liegende Niveau des alten Arthurstollens zugänglich gemacht worden. Im Zuge der Umgestaltung des Arthurstollens wurde hier im Gang eine Kaverne aufgeschossen und wahrscheinlich ein Verbruch herbeigeführt. Heute sind die mit Abraum und Altholz versehenen Gangbereiche vor allem im oberen Teil des Verbruchraumes zu sehen (Abb. 28). Die Fundstelle konnte bislang aufgrund der erheblichen Nachfallgefahr nur fotografisch dokumentiert werden.

3.3 Bemerkungen zur Bergbautechnik im prähistorischen Grubenbau des Arthurstollens (Th. Stöllner)

Die Untersuchungen im Grubenbau des Arthurstollens haben zu neuen Einblicken in die bronzezeitliche Abbau-technik verholfen. Allerdings ist insgesamt zu fragen, inwieweit die im Tiefbergbau des Arthurstollens erkannten Prinzipien auf den Gesamtbereich des Bergbaues vom Typ Mitterberg übertragen werden dürfen.

³³ KYRLE 1918, 18 f. – ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932, 14 f.

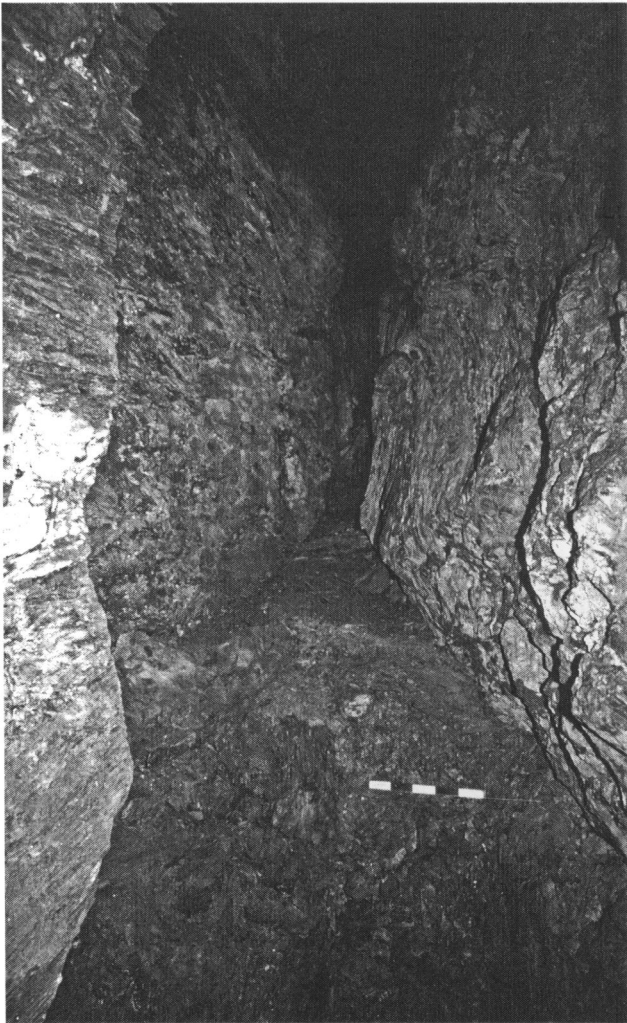


Abb. 28. Arthurstollen, östliches Gangtrumm, Fst. 4740, O-Profil durch den Grubenbau, Foto Th. Stöllner.

K. Zschocke und E. Preuschen³⁴ gingen in ihrer Rekonstruktion im Wesentlichen von einem Firststraßenbau aus, also einer von einer tonnlägigen Auffahrungsstrecke im Gangbereich nach oben und im Brustbereich weiter geführten Vortriebsrichtung. In diesem Zusammenhang waren damals vor allem zwei Problemkreise diskutiert worden, nämlich das Problem der Vortriebstechnik und das Problem der Menge des anfallenden Abraumes. Ausreichende Haulberge wurden als Standflächen zum Arbeiten an der Firste als nötig betrachtet.

Als wesentliche Vortriebsmethoden nahmen Zschocke und Preuschen das Feuersetzen an. Sie sahen diese Methode allein aufgrund technischer Notwendigkeit für begründet

an; liest man aber die Berichte der Mitterberger Kupfergewerkschaft, so wird von den alten Bergleuten (19. Jh.) Feuersetzen nicht in allen Fällen beschrieben³⁵. Für Zeche 42³⁶ wird ausdrücklich erwähnt, dass „das Feuersetzen hier nicht mehr so...angewendet worden ist – es fehlen nämlich Brände, Kohlen, Ruß, was aber an die Stelle des Feuers als Einbruchsmittel gestellt worden ist, konnte man nicht mehr ermitteln.“ Es bleibt also festzuhalten, dass selbst am Mitterberger Hauptgang Feuersetzen nur eine Technik unter mehreren gewesen ist. Bis in jüngste Zeit ist Feuersetzen immer in Kombination mit Schrämarbeiten angewendet worden. Sie ist zum Quertreiben im Gang an den Stößen zum Hangenden hin äußerst praktikabel. Dagegen wurde das Nachsetzen der Sohlstraßen mit Hereintreibemethoden vorgenommen. Allgemein dürfte die Hereintreibearbeit und eine Art „Eisenschlägelarbeit“ große Bedeutung besessen haben, wie mindestens das Gezähe (Treibfäustel, Tüllenpickel auf kurzstieligen Schäftungen und Steinschlägel) andeutet.

Da eine detaillierte Spurenanalyse von Abbauspuren am Hauptgang nicht mehr durchführbar ist, verspricht in dieser Hinsicht nun der Arthurstollen weiteren Aufschluss. Nun sind in den Bauteilen des Arthurstollens bisher keine deutlichen Hinweise auf das Feuersetzen gefunden worden: Die erhaltenen Firsten, vor allem die westliche Ortsbrust im östlichen Gangtrumm zeigen keine markanten Spuren (Abb. 27). Als indirekten Beleg mag man auch die geringe Einlagerung von Holzkohlen im bergmännischen Abraum nehmen. Zudem zeigen die Bergfesten jedenfalls häufig Spuren der Keilhauenarbeit, während die typischen, im Hangenden gerundeten, zu den Sohlen aber verebneten Feuersetzspuren nicht auftauchen. Besonders deutlich ist dies in den Strecken des Sondierungsbaues, der Nordstrecke und dem „Ingenieurbau“. Dort lassen sich vor allem im „Ingenieurbau“ die an Klüften erweiterten Vortriebsarbeiten erkennen. Auch in der Nordstrecke ist dies so, doch mag die gerundete Form mancher Stöße hier zu gegenteiliger Annahme führen (Abb. 21). Was den Firsten fehlt, sind aber die charakteristischen Absätze, die bei der Methode am Hangenden entstehen. So führe ich die geglättete Oberfläche eher auf Wetterzug und Fahrung zurück. Die Sohlen der beiden Gesenke zeigen durch typische Abkeilspuren ohnehin deutlich, dass in Schrämarbeit geteufte wurde (Abb. 17). Es scheint also, dass die Feuersetzmethode in den tiefen Bauen des Arthurstollens keine größere Bedeutung gehabt hat³⁷.

Die bisher angetroffenen Abbauhohlräume sind jedenfalls über eine größere Höhe betrieben worden. Die zahlreichen Bühnlöcher, die Arbeitsbühne bei Fundstelle Lfm. 4635 wie

³⁴ ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932, bes. 26 ff.

³⁵ ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932, 228.

³⁶ ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932, 224.

³⁷ Wie im Übrigen auch ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932, 16 annehmen.

auch auf Druck verlegte Querstempel belegen, dass die Grubenräume ehemals auch in größeren Höhen abgebaut wurden (Abb. 7); dort war ein Arbeiten auf dem Versatz stehend, wie für den Mitterberger Hauptgang angenommen, jedenfalls unmöglich. Die in den Grubenräumen verbliebenen Abraummengen reichten keinesfalls dafür aus. Eher hat man aufgrund der Versatzprofile den Eindruck, dass die Baue nicht kontinuierlich versetzt wurden, sondern immer wieder Material von oben abgelagert wurde. Wahrscheinlich ist aber nicht nur der Firststraßenbau zur Anwendung gekommen, sondern es ist ausgehend von einer tonnlägigen Auffahrungsstrecke sowohl söhlig wie auch an Stößen und Firsten gearbeitet worden. Dies bestätigt auch die im östlichen Gangtrum erhaltene Brust, die Vorsprünge und Absätze aufweist (Abb. 27); zwischenzeitlich wird man wohl mit geringen Bergfesten in mehreren Etagen gearbeitet haben, ehe man diese am Ende der Ausbeutung, vielleicht mit Behelfsbühnen hereingewonnen hat. Diese Hypothese ist – so wahrscheinlich sie ist – erst durch eine Analyse von Bühnlöchern und Abbauspuren im Gangbereich weiter abzusichern.

In Hinblick auf Versatz ist der Befund des Tiefbaues bei Lfm. 4650 aussagekräftig. Die zuvor ausgeräumte Mylonitzone ist jedenfalls nach Einbau der Verschalzimmerungen östlich und westlich der Fahrrinne (siehe oben) systematisch versetzt worden. Im Gegensatz zum sehr heterogen zusammengesetzten Abraum im Gangbereich bestanden die Versatzschichten im Tiefbau im Wesentlichen aus zwei Versatzschichten. Die obere war aus groben Blöcken und grobem, plattigem Haufwerk zusammengesetzt (Abb. 15) und war deutlich brauner als eine darunter liegende, graue Schicht. Diese wiederum bestand aus eher klein geschrämtem, phyllitischem Material. Versatz fand sich auch in der Nordstrecke. Auch hier war die eigentliche Versatzschicht 3 (z.B. zwischen Lfm. 1 und 7) relativ homogen aufgebaut, ein Hinweis, darauf, dass das Material aus einem Bereich genommen wurde. Auch ist über den Transport mit einer weiteren Fraktionierung zu rechnen.

Diese Beobachtungen lassen es unwahrscheinlich werden, dass in den Gangbereichen selbst wieder eingefüllter Versatz vorliegt. Eher ist mit Abraumbergen zu rechnen, die auf der Sohle akkumulierten. Neben Abraum aus dem Firstenbau ist aber Umlagerung innerhalb des Ganges nicht auszuschließen.

Nur eingeschränkt sind wir über die Förderung, die Fahrung und die Wasserhaltung unterrichtet. Das von C. Eibner bei Fundstelle 4685 schon 1992 gefundene Förderschiffchen (Abb. 38) belegt jedenfalls schleifende, söhlige

Förderung im Gangbereich, wahrscheinlich hin zu einer zentralen Fördereinrichtung, die sich im Bereich der tonnlägigen Zubaue befunden hat. Der Fund eines Haspels aus dem Hauptgang spricht für solche Installationen³⁸. Im etwa gleichzeitigen Salzbergbau von Hallstatt, vor allem an den Fundstellen im Tuschwerk, lässt sich eine über Schächte laufende Seilförderung mit grob gewebten, textilen Fördersäcken sowie eine tragende Zuförderung nachweisen³⁹. Ähnliche Verfahren wären auch im Kupferbergbau denkbar.

Hinweise auf Fahrung liefern derzeit nur das Fragment eines vermutlichen Steigbaumes sowie die Bühnen und Querstempel, die natürlich auch der Fahrung in größeren Höhen gedient haben.

Auch ist das Problem der Wasserhaltung nicht wirklich geklärt. Der Kübelboden, der im Tiefbau bei Lfm. 4635 gefunden wurde (Abb. 39), ist aufgrund seiner Brandspuren sicherlich nach seiner letzten Verwendung an dieser Stelle im Grubenbau belassen worden. Die Wasserlästigkeit des Grubenbaues kann eigentlich nicht wirklich beurteilt werden. Weder kennen wir die Zugänge, noch wissen wir, ob eine Kübelförderung die sicher mehr oder weniger intensiv zusetzenden Wässer bewältigen konnte. Grundwasser spielt in den Hanglagen eher keine Rolle, vielmehr muss mit beträchtlichen Zuströmen während der Frühjahrsschneeschmelze und während heftiger Sommergewitter gerechnet werden. Ob es den Bergleuten gelang, den Wasserzustrom durch Mundlochhütten und Dämme an den Eingängen abzuhalten, ist gleichfalls unbekannt, allemal aber wahrscheinlich.

3.4 Bemerkungen zur Streckenführung im Arthurstollen (Th. Stöllner)

Besonders spektakulär sind die neuen Erkenntnisse zur Streckenführung, also jene Fragen, die sich mit dem Abbauprozess und der damit verbundenen Anlage von Grubenhohlräumen beschäftigen (Abb. 5, 6). Vor allem im Gangbereich sind solche Fragen nur schwer zu beantworten, wenn wesentliche Teile der Bergfesten nicht freigelegt vorliegen. Die von K. Zschocke und E. Preuschen⁴⁰ favorisierte Streckenführung über tonnlägige Einbaue mit Wiedereinfüllung von Versatz ist bisher weitgehend und kritiklos übernommen worden (siehe dazu oben). Vom Standpunkt des Arthurstollens ist die Richtung des Auffahrungsstollens bisher ungeklärt. Er sollte sich nach Maßgabe des obertägigen Hangverlaufs am ehesten östlich befunden haben. Jedenfalls ist bei dieser Teufe entweder ein flacher geneigter Zubau etwa aus dem Bereich der sog. Furchenpingen ober-

³⁸ KLOSE 1918, 13.

³⁹ BARTH 1998, 123–128. – RESCHREITER 2005.

⁴⁰ ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932. – Vgl. EIBNER 1982. – DERS. 1989, 31, Abb. 1.

halb des Arthurstollen-Mundloches anzunehmen (Neigung von ca. 10°, Länge des Zubaues 293 m) oder ein entsprechend steiler, ca. 50° geneigter Bau mit einer Länge von 146 m. Im ersteren Fall hätte sich der Abbau sicherlich von Osten genähert und hätte das östliche Gangtrum von mindestens Lfm. 4740 bis Lfm. 4670 abgebaut. Im letzteren Fall hätte ein Tagschurf, der von einem über dem Unteren Höchstollen gelegenen Mundloch ausging, nur sehr steil die bergauswärts liegenden Fundpunkte treffen können. Eher wahrscheinlich wäre dagegen eine Aufschließung des westlichen Gangtrummes von diesen seitlich nach Norden versetzt liegenden Mundlöchern. Möglicherweise hängen aber all diese Pingenzüge mit den ausgeerzten Gangpartien im Arthurstollen zusammen; auch senkrechte Wetterschächte, etwa vom Pingenzug 2 ausgehend, wären nach den Befunden in St. Veit, Sunnpau, und Viehhofen, Hermastollen (siehe oben) denkbar.

Was vorläufig nicht eindeutig zu beantworten ist, ist die Frage, ob es sich bei den beiden abgebauten Erzgängen um zwei prinzipiell unabhängige Einbaue mit jeweils eigener Tagverbindung gehandelt hat. Vom Standpunkt der Datierung lassen sich vorläufig keine Zeitunterschiede zwischen beiden Gangtrümmern beobachten (siehe unten).

Die Abbauführung unter Tage hat – zumindest in der letzten Phase – vorwiegend an der Firste und der oberen Ortsbrust im Gang angesetzt. Dies lässt die Einlagerung von bergmännischem Abraum erkennen, der auf der Sohle des Bergbaues zu liegen kommt bzw. das offensichtlich ältere Sondierungsgebäude (Nordstrecke-„Ingenieurbau“) verfüllt. Ein kleiner Sohlbereich ist am unteren Ende des östlichen Gangtrummes zu vermuten und dort von etwa 4 m bergmännischem Abraum überdeckt (Abb. 26a). Doch bleiben auch hier Fragen offen, weil längere Sohlstücke nicht freigelegt sind. Wir wissen nicht, ob es tatsächlich entlang der Sohle geführte Strecken gegeben hat, so wie dies K. Zschocke und E. Preuschen rekonstruieren⁴¹.

Auch die mittlerweile in beiden Gangtrümmern bekannten Firsten lassen keine abschließenden Aussagen über die Streckenführung zu. Im westlichen Gangbereich endet der Abbau an der Harnischfläche der Verwerfung. Man kann annehmen, dass der Abbau von unten im Firstenbau kommend entlang dieser Fläche geendet hat. Doch ob der Abbau von Osten nach Westen oder umgekehrt aufgefahren wurde, bleibt unbekannt. Auch im östlichen Gangtrum ist die Firste vor dem Abbauende noch einmal auf einer Länge von 5 bis 6 m um 2 bis 3 m erhöht. Aufgrund der westlich liegenden Ortsbrust ist aber zumindest anzunehmen, dass die Firststraßen von Osten herangeführt wurden und in einem letzten Arbeitsgang noch einmal erhöht wurden.

Eine weitere Frage ist sicherlich die nach der Anlage des Sondierungsgebäudes samt westlich liegendem Aufbruch sowie nach dem „Ingenieurbau“ bzw. der Nordstrecke. Wesentlicher Ausgangspunkt für unsere Überlegungen ist der an einer Stelle bei Lfm. 2 von zwei Seiten vorgenommene Zusammenschluss. Dabei ist von Westen her nur ein kurzes Streckenstück vorgetrieben worden. Der östliche, längere Streckenteil verläuft relativ gerade und folgt wohl einem Pyritband, das noch heute in der Firste zu sehen ist. Besonders auffällig ist, dass die Strecke kurz vor dem Zusammenschluss um etwa 1,5 m abgeteuft wurde, um nach etwa 3 m westwärts mit dem westlichen Streckenteil zusammenzuschließen. Die von zwei Seiten zu Stande gekommene Anlage bedeutet letztlich, dass die östlichen Streckenteile jedenfalls vom östlichen Gangtrum aus angelegt wurden. Dort setzt der „Ingenieurbau“ wie auch die Nordstrecke an der Westbrust des östlichen Abbaubereiches an. Man kann annehmen, dass der „Ingenieurbau“ zunächst nur bis zum Gesenk geführt wurde. Bis dorthin verläuft die Strecke deutlich winkelig und gleicht darin der ebenfalls gewinkelt geführten Nordstrecke, in der man immer wieder einzelnen Spalten und Pyritbändern gefolgt war. Es hat somit den Anschein, dass der „Ingenieurbau“ erst später aufgrund detaillierter markscheiderischer Kenntnisse in Richtung Westen aufgefahren wurde. Dass der Zusammenschluss überhaupt gelang, muss als bergmännische Meisterleistung angesehen werden, spektakulär insofern, weil nicht nur die Richtung eingehalten wurde (die man ja anhand des Pyritbandes vielleicht hätte erschließen können), sondern vor allem weil man imstande war, die Höhe richtig zu korrigieren. Dass unsere Kenntnisse zur prähistorischen Vermessungskunst immer noch viel zu rudimentär sind, zeigt allein der Fund des zirkelartigen Gerätes im Gesenk der Nordstrecke (zum Objekt siehe unten, Abb. 40). Es belegt immerhin Kenntnisse von zwei vermessungstechnischen Grundtechniken schon für die mittlere Bronzezeit: einerseits das Messen von Längen, wie auch das Messen von Winkeln. Ob man in der Lage war, komplexere Rechenoperationen auszuführen, ist unbekannt. Doch können einfache trigonometrische Kenntnisse als bekannt vorausgesetzt werden, etwa die Notwendigkeit einer Reduktion schräger Strecken sowie das Abtragen von Winkeln zur Bestimmung der Richtung⁴².

Der westliche Teil des „Ingenieurbau“ ist sicher von unten aus dem westlichen Gangtrum kommend bzw. dem westlichen Sondierungsbau aufgeschlossen worden. Dieser Streckenbereich ist entlang der Verwerfungszone von Süden nach Norden gemäß der tektonischen Verschiebung aufgefahren worden; die Verwerfungszone war wohl mit Mylonit, einem Gesteinsgereibsel und Derberzen gefüllt und darum

⁴¹ ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932.

⁴² Siehe in dieser Hinsicht u.a. die Überlegungen von EIBNER 2006, 203–207 und DERS. 1998, 87.

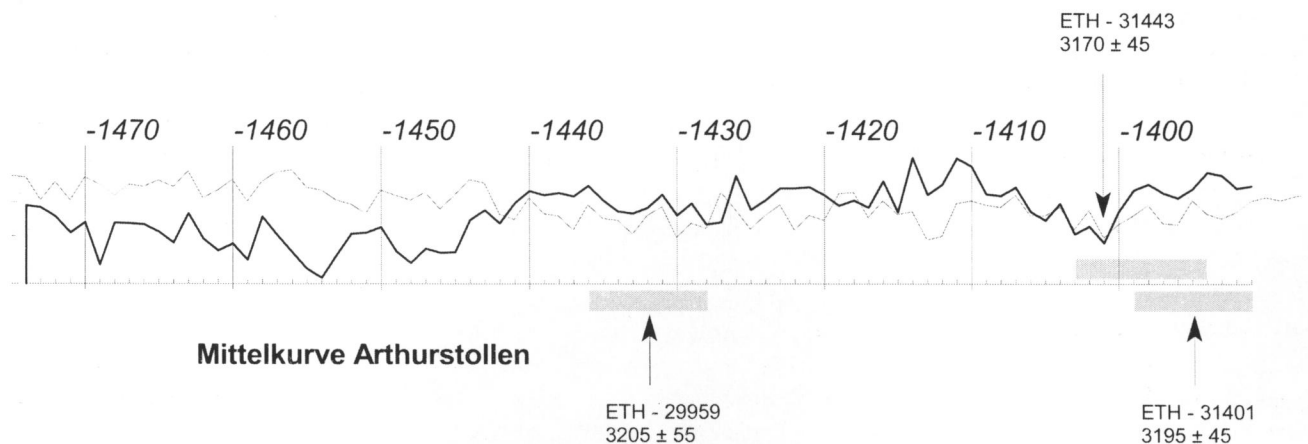


Abb. 29. Arthurstollen, Synchronlage der Mittelkurven und Datierung über wiggle-matching, Vorlage Dendrolabor, Amt für Archäologie, Stadt Zürich, T. Sormaz.

relativ leicht auszuräumen. Im Bereich des tiefer liegenden westlichen Gangtrümms ist ja auf diese Weise der Hohlraum des Tiefbaues bei Lfm. 4650 entstanden; seine Geräumigkeit belegt Erzgewinnung ebendort. Es wäre nahe liegend anzunehmen, dass die Alten, von unten im Firstenbau kommend, nun zunächst die verzogenen Derberze nach Norden hin abbauten. Dagegen ist der höher liegende Teil sicher bei der Suche nach dem Erzgang aufgeföhren worden. Dabei nützte man sicherlich die natürlich entstandene Klüftung. Im oberen Teil der Strecke folgte man der Kluft nach Nordosten bzw. senkrecht nach oben, indem man einen unregelmäßigen, schachtförmigen Aufbruch erzeugte. Nach Südosten zweigte man etwa rechtwinkelig den „Ingenieurbau“ ab, um ihn nach 2 m mit der von Osten kommenden Strecke zusammenzuschließen. Ob diese Aufbruchstrecke zeitgleich mit der Erzräumung im unmittelbaren Umfeld des Ganges folgte, ist unbekannt. Man könnte diesen erst ausgezimmert und dann mit dem Versetzen begonnen haben, ehe man auf die Suche nach dem Erzgang nach Norden ging.

Jedenfalls erlaubt der Bergbau im Arthurstollen überhaupt erstmals detaillierte Überlegungen zur Anlage einer bronzezeitlichen Grube. Überraschend modern wirken die entwickelten Kenntnisse der Vermessung, aber auch mit welchen Mühen man verschiedentlich versuchte, den verworfenen Erzgang, vor allem im Westen des Grubengebäudes wieder zu finden.

4. Dendrochronologie und Radiokarbonuntersuchungen – Die Datierung des bronzezeitlichen Bergwerkes im Arthurstollen (T. Sormaz, Th. Stöllner)

Die naturwissenschaftlich gestützte Datierung von altem Bergbau ist oftmals die einzige Möglichkeit für eine zeitli-

che Bestimmung. Funde sind häufig zu unspezifisch, als dass sie immer sofort eine Einordnung zulassen würden. So waren die Fundstellen im Arthurstollen von G. Kyrle als prähistorisch, von K. Zschocke und E. Preuschen dagegen als „geschichtlich“ eingestuft worden⁴³. Weder Kyrle noch Zschocke und Preuschen lagen aber eindeutig prähistorische Funde vor, so dass ihre Zeitstellung bis zu dem ersten im Wiener C14-Labor Anfang der 1980er Jahre konventionell datierten Holzfund letztlich offen blieb. Die Wiener Datierung⁴⁴ sowie später in Groningen vorgenommene Untersuchungen, nun mit der „feineren“ Beschleuniger-Methode (Accelerator Mass Spectrometry)⁴⁵, haben eine spätföhbronzezeitliche bis urnenfelderzeitliche Datierung des Bergbaues gesichert. Durch die seit den 1990er Jahren vorgenommenen Ausgrabungen haben sich nun auch Funde eingestellt, die diesen Zeitansatz bestätigen. Mehrere Tüllenpickelschäftungen, das Förderschiffchen, der Eimerboden wie auch das Stempelholz, die Leuchtspanform u.a. sind eindeutige Belege für den gerätetechnisch bronzezeitlichen Bergbau. Insofern ging es nun um eine detailliertere Einordnung des Grubenbaues, vor allem um die Frage, ob, wie das junge Datum der Scheidehalde bzw. wie die Befunde der Höchbauerngrabung angedeutet haben, tatsächlich mit einer Mehrperiodigkeit unter Tage zu rechnen sei.

Insofern wurden die im Projekt avisierten Datierungsversuche nun mit zwei Zielen begonnen. Zunächst sollten erste dendrochronologische Datierungsversuche an vielversprechenden, jahrringreichen Holzfunden erfolgen. Dann sollte, mit Hilfe des Wiggle-Matching-Verfahrens versucht werden, diese zu datieren. Dieser Weg versprach doppelten Erfolg, da damit auch an Grundlagen für eine ostalpine Jahrringchronologie des 2. Jt. v. Chr. gearbeitet werden

⁴³ KYRLE 1918. – ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932, 15 f., Anm. 3.

⁴⁴ EIBNER 1982, 400, Anm. 3.

⁴⁵ GSTREIN 1988. – LIPPERT 1992. – KRAUSS 2002, 4, 47 ff.

konnte (Abb. 29). Erst wenn dieser Weg ausgeschöpft sein würde, wären schließlich weitere Einzeldaten zu erheben.

Bei den Datierungsarbeiten der Jahre 2002–2005 erwies sich als hinderlich, dass selbst die durchmesserstärksten Stempel des Arthurstollens in der Regel nur wenige Jahrringe aufwiesen. Dies lässt an schnell nachwachsende Holzressourcen denken, mitunter auch an die Entnahme gut gewachsener Bäume aus bestimmten Waldstandorten (siehe unten Beitrag N. Boenke). Bedingt durch diese geringere Eignung, vor allem in Hinblick auf den Aufbau einer regionalen Standardkurve, zeichnete sich rasch ab, dass mit schnellen Datierungen nicht zu rechnen war.

Nach den bisher vorliegenden Untersuchungen dominieren Fichte/Lärche und Tanne, gefolgt von geringeren Anteilen, wohl für besondere Zwecke ausgesuchte Hölzer wie Buche oder Erle (siehe Beitrag N. Boenke) (Abb. 30). Dies spiegelt sich auch in den für die Dendrochronologie bestimmten Hölzern wider.

Rein dendrochronologisch ließen sich die Hölzer nicht absolut datieren. Um den Datierungsspielraum einzuengen, ließen wir folgende Jahrringsequenz mittels C14 AMS datieren (Abb. 31).

Alle mittels C14 datierten Jahrringsequenzen ergaben mittelbronzezeitliche Daten. Damit konnte der zeitliche

Spielraum soweit eingengt werden, dass man erneut Datierungsversuche unternehmen konnte. Dies erwies sich als schwierig, weil uns entsprechende artspezifische Chronologien fehlen. Aufgrund der Korrelationen mit der Süddeutschen Eichenchronologie konnten vier Hölzer absolut datiert werden: Zwei Fichten auf das Jahr 1427 v. Chr. (unsichere Waldkante) und zwei Weißtannen auf das Jahr 1392 v. Chr. (ohne Waldkante) und 1391 v. Chr. (unsichere Waldkante). Diese Datierungen bewerten wir aber noch als unsichere B-Korrelation (Abb. 29).

Alle übrigen Hölzer sowie die Mittelkurven 2689 und 2690 ließen sich weder unter sich korrelieren, noch konnten sie absolut datiert werden.

Eine unsichere dendrochronologische Datierung ist somit gelungen. Danach datieren die Grubenbaue des Arthurstollens vom ausgehenden 15. bis zum Beginn des 14. Jhs. v. Chr. Dies steht im Einklang mit den bisher angefertigten AMS-C14-Datierungen (Abb. 32), die aus verschiedenen Grubenbauteilen, allerdings bevorzugt aus dem westlichen Gangtrumm genommen wurden. Auch die bisher korrelierten Mittelkurven 2689–2691 enthalten nur Einzelkurven aus dem westlichen Gangtrumm. Dadurch bleibt letztlich unsicher, wie viele Jahre im Detail zwischen beiden Grubenbauteilen liegen: Aufgrund der Dendrodaten kann dies

Holzart		Code	Anzahl Bestimmungen	% Anteil	Anzahl Dendro	%-Anteil
Weißtanne	Abies	2	12	43%	12	43%
Fichte	Picea	17	16	57%	16	57%
Total			28		28	

Abb. 30. Dendrochronologisch untersuchte Hölzer aus dem Arthurstollen, Stand 2006, Vorlage: Dendrolabor, Amt für Archäologie, Stadt Zürich, T. Sormaz.

Probe	Labornummer	Jahrringsequenz	Labornummer C14	C14-Daten	
				BP	BC cal (2σ)
P-9	39168	52–61	ETH-29958	3205 ± 55	1617–1385
P-10	39166	39–48	ETH-29959	3205 ± 55	1617–1385
P-11	39163	93–102	ETH-29960	3260 ± 55	1642–1427
P-12	39179	44–53	ETH-31401	3195 ± 45	1610–1380
P-13	39171	25–34	ETH-31402	3170 ± 50	1527–1315
P-14	39163	1–10	ETH-31403	3155 ± 50	1522–1306
P-15	39309	41–50	ETH-31443	3170 ± 45	1530–1310

Abb. 31. AMS-C14-Daten für das wiggle-matching der Hölzer aus dem Arthurstollen, Stand 2006, Vorlage Dendrolabor, Amt für Archäologie, Stadt Zürich, T. Sormaz.

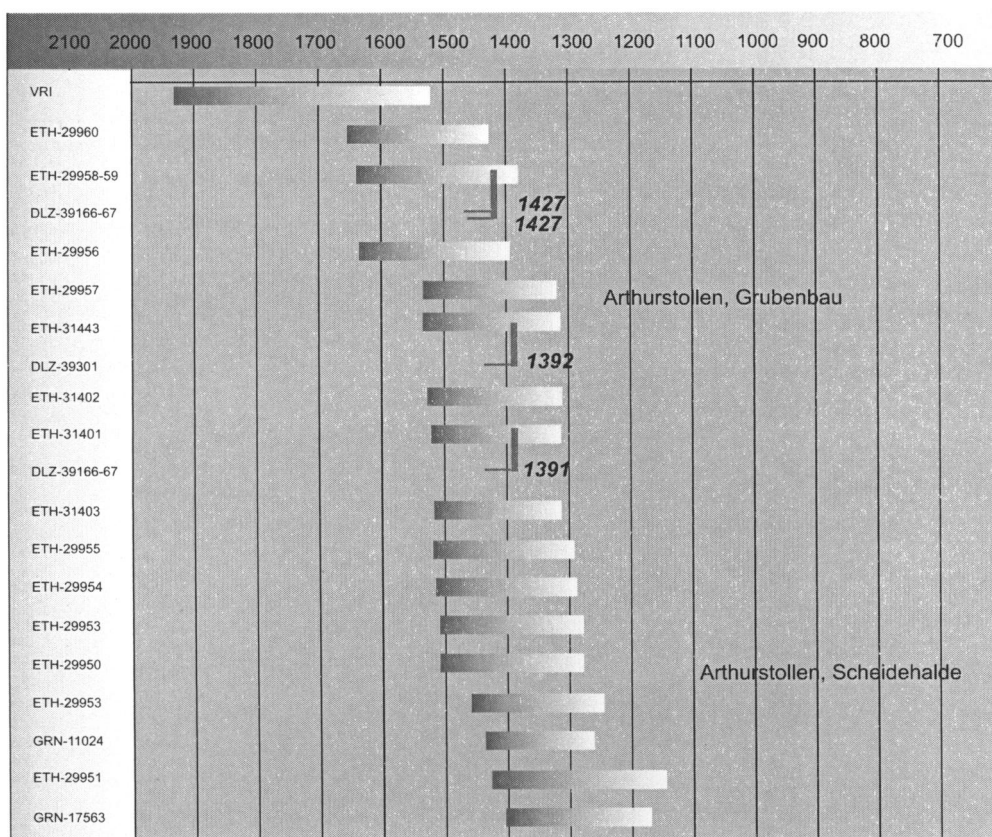


Abb. 32. AMS-C14-Daten und Dendrodaten aus dem Südtrevier (Brandergang) des Mitterberg-Gebietes, Stand 2006, Vorlage DBM.

vorläufig nicht beurteilt werden. Das aus dem östlichen Gangtrumm stammende Brett 67 (Nr. 39163) könnte aufgrund zweier C14-Daten eine Spur älter datieren, doch sind weitere Daten abzuwarten.

Immerhin ist eine Reihe von Hölzern intern korreliert worden, was an sich schon gewisse Aussagen zuließ. So lassen sich zumindest die Hölzer aus dem westlichen Gangtrumm auf derzeit höchstens 36 Jahre Abstand im Fälldatum (aufgrund der unsicheren Waldkanten) einengen. Obwohl das Ergebnis vorläufig ist, lässt das zunächst vergleichsweise kurze Betriebszeiten erwarten. Dies zeigen letztlich auch die bisher vorgenommenen C14-Datierungen, die hauptsächlich zwischen dem späten 16. und dem frühen 13. Jh. v. Chr. liegen (Abb. 32).

Damit ist immerhin deutlich, dass eine spätbronze- älterenfelderzeitliche Datierung in den Grubenbauten des Arthurstollens vorläufig auszuschließen ist; dies dürfte wegen der Weitläufigkeit und der eben obertägig bekannten Datierungsansätze (Höchbauer-Grabung, Scheidehalden, Berghaus) aber nicht für das Gesamtrevier gelten.

5. Die holzanatomische Untersuchung der Funde aus den untertägigen Ausgrabungen (Grabungen 1991–2005) (N. Boenke)

5.1 Das organische Fundmaterial im Blick der archäologischen Forschung

Erste Begutachtungen von Holzfunden aus dem Arthurstollen und dem Mitterberggebiet wurden bereits im Zuge der Altgrabungen von G. Kyrle insbesondere durch O. Klose zu Beginn des vorigen Jahrhunderts durchgeführt⁴⁶. Entsprechend der Seltenheit subfossil erhaltener bzw. durch Salze konservierter Hölzer in Österreich und weiten Teilen Europas sowie ihrer Bedeutung für die Kenntnis der bronzezeitlichen Bergbautechnik wurde der Einordnung der bronzezeitlichen Holzfunde bereits damals ein angemessener Stellenwert zuerkannt. Die Grundlage der durchgeführten Holzartenbestimmungen ist im Einzelnen jedoch nicht mehr feststellbar. Entsprechend dem zeitgenössischen Forschungsstand handelte es sich vermutlich um eine rein „makroskopische“ Ansprache anhand des Augenscheins und fundierter handwerklicher Erfahrungswerte⁴⁷. Erneut in den

⁴⁶ KYRLE 1918. – KLOSE 1931.

⁴⁷ KLOSE 1918, 2, Anm. 5.

Artefakt/Holzart Angaben nach Klose 1918	Anzahl (Summe aus Klose)	Anzahl neue Untersuchungen Stand 2006
Bündel Leuchtspäne bzw. bestimmte Leuchtspäne	3	766
Stempel	3	38
Stempelschuh	1	
Platten/Bretter bzw. Spaltbohlen	1	24
Pfähle/Bretter	4	
Zimmerungshölzer	12	70
Wasserrinne	2	
Steigbäume	3	
Treppenholz	1	
Haspelwelle	1	
Keile	x	
Pickelstiele/Knieholzschäftung	4	6
Fäustelkopf	2	
Fäustelstiel	2	
Schaukeln	2	
Holzspatel	2	
Fülltröge	2	
Wassertröge	2	
Kübelböden	23 bzw. "hunderte"	1
Daubenfragmente		3
Tragbügel/Tragehölzer u. Griffe	4	4
Schöpfkelle	1	
Hölzer unbestimmter Funktion / Sonstiges Werkzeug	10	2
Zweige/Äste		19
Fragmente		129
SUMME	>85	1062

Abb. 33. Arthurstollen, Gegenüberstellung der Zahl der in KLOSE 1918 genannten Holzfunde und der aktuell bearbeiteten Funde.

Fokus der Forschung geriet die Mitterbergregion durch die Arbeiten C. Eibners ab den 60er Jahren des 20. Jhs.⁴⁸. Während der im Bereich eines mittelbronzezeitlichen Aufbereitungsgeländes durchgeführten Feuchtbodengrabung konnten zahlreiche organische Funde freigelegt werden. Eine naturwissenschaftliche Analyse dieses Fundmaterials erfolgte jedoch nicht. Daher kann infolge zu Vergleichszwecken nur auf die Ergebnisse von Klose zurückgegriffen werden. Während man sich damals vor allem den hervorragenden Besonderheiten, insbesondere Werkzeugen bzw. Werkzeugteilen und bearbeiteten Konstruktionshölzern widmete (Abb. 33), ist das Ziel der modernen Aufarbeitung, den gesamten Fundbestand möglichst repräsentativ in seiner Artenvielfalt zu erfassen. Die Abbildung zeigt aufgrund der

neueren Untersuchungen deutlich, dass gemessen an der Zahl von besonderen Werkzeugen etc. eine weitaus höhere Anzahl an Verbrauchsgütern zu erwarten ist⁴⁹. Gerade die in großer Zahl auftretenden Fundobjekte wie Bauhölzer und Leuchtspäne geben am meisten Aufschluss über Nutzungsstrategien des bronzezeitlichen Menschen in Bezug auf die umliegenden Wälder oder den Holzhandel mit der Umgebung.

Weitere Interpretationshilfen liefern hier einige Pollendiagramme vom benachbarten Haidberg, wo im Zuge der archäologischen Untersuchungen auf dem Götschenberg begleitende pollenanalytische Arbeiten von N. Wahlmüller durchgeführt wurden⁵⁰.

5.2 Material und Methode

Bei dem hier vorgelegten Fundmaterial (siehe Beispiele Abb. 37–40) handelt es sich im Wesentlichen um die Holzfunde der Grabungen 2003 bis 2005 im Bereich des Arthurstollens sowie um einige Altfunde. Während die Bearbeitung der meisten Artefaktgruppen aus diesem Zeitraum als vollständig betrachtet werden kann, werden von den in großer Zahl vorliegenden Leuchtspänen nur Stichproben⁵¹ analysiert. Ihre holzanatomische Bestimmung sowie die Analyse der nicht näher zuweisbaren Holzfragmente sind noch nicht abgeschlossen. Ebenso bedarf die Auswertung der leider nur in geringer Zahl vorliegenden sonstigen pflanzlichen Reste⁵² noch der genaueren Überprüfung.

Die Hölzer stammen aus untertägigen Grabungen im Bereich des so genannten Arthurstollens. Dabei handelt es sich um Funde aus einem bronzezeitlichen Kupfererzabbau, der im Zuge der neuzeitlichen Auffahrung des Arthurstollens entdeckt wurde, und nicht um Material aus dem Arthurstollen selbst. Die zeitliche Einordnung kann als gesichert gelten und ist durch naturwissenschaftliche Daten abgedeckt (siehe Beitrag Sormaz und Stöllner). Hölzer finden sich sowohl in prähistorischen Abraumschichten als auch als *in situ* befindliche Grubenhölzer zur Verzimmerung des bronzezeitlichen Abbaus. Die Erhaltungsfähigkeit wird hier durch zwei Faktoren begünstigt. Zum einen durch die Anwesenheit von Kupfersalzen, zum anderen durch die Lagerung unter Wasser in den teilweise voll gelaufenen Grubenbauen⁵³. Anders als bei direkt an Metallobjekten anlagern-

⁴⁸ EIBNER 1972a, 3–8. DERS. 1972b, 3–15. – DERS. 1974, 14–22. – DERS. 1993a, 83–88. – EIBNER-PERSY, EIBNER 1970, 12–19.

⁴⁹ Aus den Grabungsbereichen wurde in den von C. Eibner (ab 1991–2001) und jenen von Th. Stöllner geführten Grabungen (ab 2002) alles Holz geborgen. Eine Selektion besteht höchstens in der Art der Erhaltung, etwa dass die trocken gefallenen Partien des Grubenbaues schlechtere Erhaltungsbedingungen aufweisen als jene, die spätestens seit der Anlage des Alten Branderstollens (tiefer liegender Horizont), wahrscheinlich aber seit der Urzeit unter Wasser gestanden sind.

⁵⁰ WAHLMÜLLER 1992, 129–142.

⁵¹ Jeweils zehn Leuchtspäne pro archäologischer Fundeinheit.

⁵² Vor allem Blatt- und Gräserfragmente, daneben Fragmente von Haselnusschalen (*Corylus avellana* L.) und eine Nadel der Lärche (*Larix decidua* Mill.). Insgesamt ist die Zahl der aufgefundenen Reste eher gering.

⁵³ Zur Thematik der Erhaltungsformen pflanzlicher Reste vgl. JACOMET, KREUZ 1999, 55–66, bes. 59.

den organischen Resten (z.B. bei Grabfunden) ist die positive Wirkung der Kupfersalze hier in dem ausgebeuteten Gangmaterial jedoch deutlich geringer. Die Artefakte weisen zwar auf den ersten Blick in Form und Farbe einen morphologisch guten Erhaltungszustand auf, bei der näheren Betrachtung unter dem Mikroskop wird jedoch ein z.T. weit fortgeschrittener Abbau der Zellstruktur deutlich. Dies führt zu einer relativ weichen Konsistenz, die die Objekte anfällig für Verformung und sekundäre Eindrücke oder „Bearbeitungsspuren“ macht. Bereits Klose machte auf relativ starke Unterschiede im Erhaltungszustand der Funde aufmerksam und führte sie auf den wechselnden Anteil des Kupfers in der Umgebung zurück⁵⁴. So seien die „im Schlamm der Ganggesteine“ liegenden Hölzer besser erhalten, als die in den von „reinem Wasser ersäufte Gruben“. Aufgrund der Ergebnisse zahlreicher Feuchtbodenuntersuchungen in Seeufersiedlungen des Alpenraumes kann jedoch konstatiert werden, dass die alleinige Anwesenheit von Wasser und der daraus resultierende, völlige Luftabschluss hervorragende Konservierungsbedingungen bietet. Problematischer erscheint eher der Einfluss von wechselnden Wasserständen auf die Funde infolge der Auffahrung durch den neuzeitlichen Bergbau. Während eingebettete Funde einen zusätzlichen Schutz durch das umgebende Sediment erhalten, sind freiliegende Objekte bei Absinken des Wassers wechselnden Einflüssen ausgesetzt. Die Zellstruktur der meisten Hölzer ist von Pilzhypen durchdrungen, darunter z.T. auch sofort nach der Bergung analysierte Funde⁵⁵. Bei starkem Befall ist eine genaue Ansprache der Holzart oftmals nicht mehr möglich.

Die Bestimmung der Hölzer erfolgt anhand der gängigen Bestimmungsliteratur⁵⁶. Für die Analyse der Artefakte werden von Hand mit dem Skalpell radial und tangential ausgerichtete Schnitte angefertigt und im Durchlicht betrachtet. Die Betrachtung des Querschnittes erfolgt in der Regel am Objekt im Auflicht, in schwierigen Fällen wird aber auch hier ein Dünnschnitt angefertigt. Die Durchlichtmikroskopie erfolgt bei 40– bis 250facher Vergrößerung. Daneben wurden auch einige Holzkohlenanalysen anhand frischer Bruchkanten im Auflicht bei 10– bis 100facher Vergrößerung durchgeführt⁵⁷.

Bei der archäobotanischen Bearbeitung der Hölzer werden ferner der Holzdurchmesser der Artefakte, die Anzahl und Breite der Jahrringe sowie wenn möglich der Zeitpunkt der Fällung im Jahresverlauf aufgenommen. Außerdem erfolgt neben der Dokumentation wuchsbedingter Auffälligkeiten auch die Beschreibung etwaiger Bearbeitungsspuren, um natürliche, handwerkliche und sekundäre Einflüsse zu unterscheiden. Ziel der hier vorgelegten Auswertung soll jedoch zunächst die Darstellung des verwendeten Artenspektrums und die Diskussion daran anschließender nutzungsbedingter Fragen sein. Eine Vorlage der hölzernen Artefakte erfolgt im Rahmen der Grabungspublikation. Erste Beobachtungen werden im Folgenden von P. Thomas vorgestellt.

5.3 Das Ergebnis der holzanatomischen Untersuchungen

Grundlage dieser ersten, vorläufigen Untersuchungsergebnisse (Abb. 34a) ist die Analyse von 1062 Holzobjekten. Die Ergebnisse werden im Folgenden zusammenfassend vorgestellt, da die Anzahl für eine Aufgliederung nach einzelnen Grabungsbereichen noch zu gering ist. Sinnvoll erscheint jedoch eine Gliederung nach einzelnen Artefaktgruppen wie Bauhölzer, Pickelschäftungen, sonstige Werkzeuge, Leuchtpäne und Sonstiges (Abb. 34b). Unter Sonstiges fallen vor allem Holzfragmente, deren Zugehörigkeit zu einem bestimmten Artefakttyp nicht mehr ermittelt werden kann.

Auffällig ist das deutliche Vorherrschen von Nadelhölzern, hier in Graustufen dargestellt, gegenüber den Laubhölzern. Nadelhölzer machen hier 97% aller bestimmten Objekte aus. Auch die Artenzahl ist mit nur sechs vertretenen Baumarten vergleichsweise gering (vgl. Abb. 34). Bei den Nadelbäumen überwiegen Fichte und Lärche (*Picea* und *Larix*) mit 45%, die Weißtanne (*Abies alba* Mill.) mit nur 18%. Die artgenaue Unterscheidung von Fichte oder Lärche ist anhand der Holzanatomie nur selten möglich. In der Regel zeigen sämtliche Merkmale große Übereinstimmung. Nur manche Lärchen lassen sich wegen des Vorkommens der in Doppelreihen in den Gefäßen angeordneten Zwillingsstüpfel mit zwischengeschalteten sanioischen Balken si-

⁵⁴ KLOSE 1918, 3, Anm. 6.

⁵⁵ Das feuchte Klima innerhalb des Bergbaus scheint für Schimmelpilze durchaus günstig. So finden sich im Bereich des neuzeitlichen Stollens immer wieder organische Materialien, die vom Schimmel befallen sind. Die Schimmelsporen können sich dann mit dem Wetterzug verbreiten.

⁵⁶ GROSSER 1977. – SCHWEINGRUBER 1990.

⁵⁷ Die ersten anthrakologischen Analysen entsprechen dem Artenspektrum der Leuchtpäne. Möglicherweise handelt es sich hier überwiegend um abgebrannte Leuchtpanefragmente. Eine sys-

tematische Aufarbeitung der Holzkohlen wird im Rahmen der fortführenden Arbeiten erfolgen. Anhand von vier Fundkomplexen wurden bisher 54 Bestimmungen vorgenommen. Dabei handelte es sich ausschließlich um Nadelholz. Darunter konnte jeweils dreimal Fichte oder Lärche (*Picea/Larix*) und dreimal Weißtanne (*Abies alba* Mill.) nachgewiesen werden. Weitere 22 Stücke konnten aufgrund der bereits leicht aufgelösten Strukturen nur als cf. *Abies*, d.h. vermutlich Weißtanne bestimmt werden. Der Rest entzog sich aufgrund des Erhaltungszustandes der genauen Bestimmung.

Holzartenverteilung in den einzelnen Gruppen (n Bestimmungen = 1062)

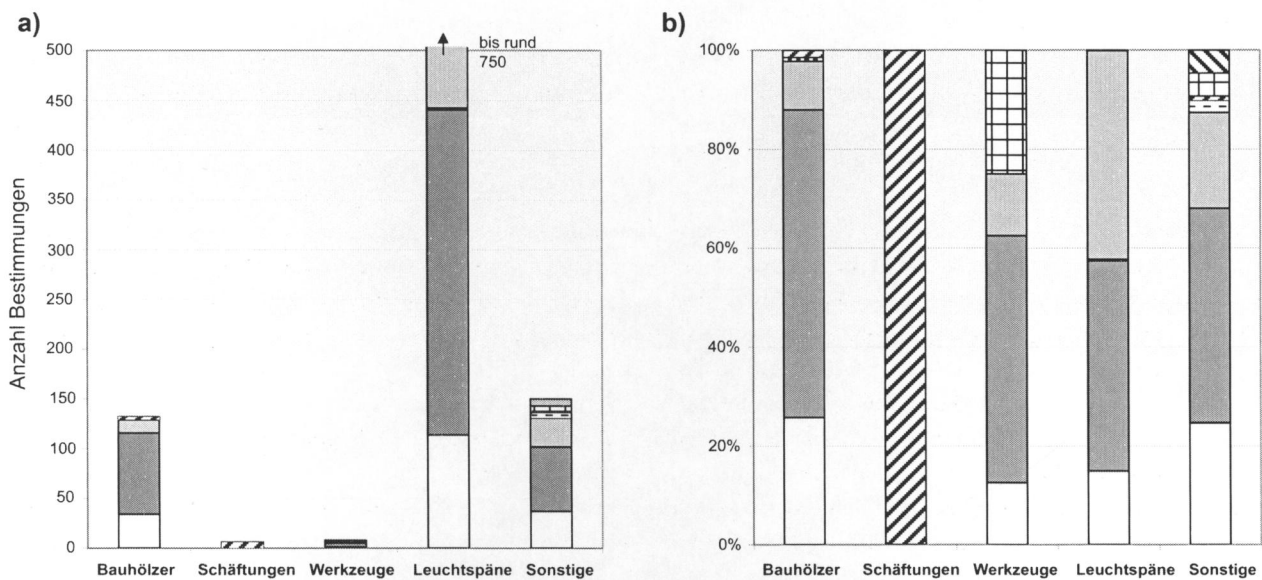


Abb. 34. Die Holzartenverteilung im bronzezeitlichen Kupfererzbergbau am Arthurstollen aufgrund der jüngsten Untersuchungen. Dargestellt ist zum einen a) die absolute Anzahl der ermittelten Holzobjekte nach Arten, zum anderen b) das prozentuale Auftreten der einzelnen Arten in den Artefaktgruppen.

Legende: weiß = *Abies alba* Mill., Weißtanne; grau = *Picea/Larix*, Fichte/Lärche; hellgrau = Nadelholz indet.; Kästchen = *Corylus avellana* L., Hasel; gestrichelt = Laubholz indet.; vertikal gestreift = Holz indet.; gestreift links/rechts = *Fagus sylvatica* L., Rotbuche; gestreift links\rechts = *Alnus spec.*, Erle.

cher bestimmen, bei allen anderen ist nur eine Bestimmung als Fichte oder Lärche möglich. In zwei Fällen ist Lärche hier sehr wahrscheinlich.

Bei den nachgewiesenen Laubholzarten handelt es sich um Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.), Hasel (*Corylus avellana* L.) und Erle (*Alnus spec.*). Die Masse der untersuchten Holzartefakte fand als Bauholz und Leuchtspäne Verwendung, Werkzeuge sind selten. Entsprechend ihrem Gesamtanteil findet sich in den Gruppen Bauholz, Werkzeuge und Sonstiges jeweils viel Nadelholz und nur ein wenig Laubholz. Ausnahmen stellen die Leuchtspäne dar, die ausschließlich aus Nadelholz gefertigt wurden und die Pickelschäftungen, für die hier ausschließlich Rotbuche verwendet wurde.

Bei der Bearbeitung der Stämme wurden vielfach die natürlichen Wuchseigenschaften des Holzes ausgenutzt. Die Herstellung von Spaltbohlen erfolgte entlang der natürlichen Wuchsrichtung vorwiegend tangential. Dies wurde auch bei der Erzeugung der in großen Mengen abgebrannten Leuchtspäne genutzt. Ebenfalls aus einem zugearbeiteten Spaltbrett hergestellt ist ein Kübelboden aus Tanne (Abb. 39). Das Material für die Kübelwandung wurde nicht ge-

funden. Klose schlägt eine spanschachtelartige Rekonstruktion des Gefäßes vor⁵⁸. Denkbar wäre im Einzelfall aber auch ein Aufbau mit kleinen Holzdauben, wie sie z.B. aus dem Mittelalter für Becher, Kübel oder Eimer zahlreich belegt sind. Durch das Quellen des Holzes wären solche Konstruktionen, im Gegensatz zu von Klose angeführten Bedenken,⁵⁹ relativ stabil.

Auch die Lage des Holzrohstoffes im Baum wurde bei der Auswahl genau bedacht, um die Belastung durch Druck- und Zugkräfte bestmöglich durch den natürlichen holz anatomischen Aufbau abzufangen. So bildet z.B. bei den Buchenholzschaftungen parallelfaseriges Stammholz den Pickelstiel, während für den Einsatz des Pickels ein Astabzweig genutzt wurde.

5.4 Die Interpretation des Holzartenspektrums in Bezug auf die bronzezeitliche Waldnutzung

Natürlich kann das hier dokumentierte Holzartenspektrum nicht als Spiegelbild des bronzezeitlichen Waldbildes aufgefasst werden. Zu groß ist der Einfluss bei der Auswahl für bestimmte Zwecke geeigneter Holzarten auf die über-

⁵⁸ KLOSE 1918, 6, Fig. 7.

⁵⁹ KLOSE 1918, 6–10.

lieferten Funde. Ein Beispiel ist hier die Nutzung der Rotbuche mit ihrem harten, schweren Holz als geeigneter Rohstoff für die Schäftung der Abbaugeräte. Ferner wären die gut spalt- und brennbaren Nadelhölzer als Leuchtspäne zu nennen. Bei den Bauhölzern wurde sicherlich wiederum der gerade Wuchs und die gute Spaltbarkeit der Stämme geschätzt. Auf zunehmenden Druck reagieren sie ferner durch Splintern und Reißen, so dass die zunehmende Instabilität eines Grubenverbaues im günstigen Fall zuvor an den Hölzern ablesbar war⁶⁰.

Dennoch lässt sich im Vergleich mit z.B. der am Rande des Salzburger Beckens gelegenen eisenzeitlichen Fundstelle am Dürrnberg bei Hallein zeigen (Abb. 35), dass auch eine Beeinflussung durch die naturräumlichen Gegebenheiten vorliegt. Am Dürrnberg tritt uns ein weitaus größerer Artenreichtum mit insgesamt 18 nachgewiesenen Holzarten entgegen. Dies ist sicherlich durch seine günstige Lage am Rande des Salzburger Beckens, auf einer durch den montanen Buchenmischwald mit Fichten und Tannen geprägten Höhenstufe bedingt. Auch der Naturraum des hier weiten Salzachtales liegt in unmittelbarer Nähe. Es erschließt sich folglich eine größere Vielfalt an Hölzern. Die klimatischen Gegebenheiten des am Einöbberg bei Bischofshofen gelege-

nen bronzezeitlichen Kupfererzbergbaus sind hingegen bereits rauer. Obwohl nur etwa dreißig Kilometer entfernt, ist das Klima hier bereits inneralpin geprägt. Das Salzachtal ist an dieser Stelle relativ schmal und steil eingeschnitten. Betrachtet man den heute vorherrschenden Wald, fällt auf, dass – einmal abgesehen von den natürlich durch die Forstwirtschaft bedingten Fichtenmonokulturen – Nadelhölzer den Mischwald dominieren. Entlang der zu Tal fließenden Bergbäche wachsen dichte Erlenbestände. Bereits in der Bronzezeit bildeten hier die ab dem mittleren Subboreal etablierten, montanen Fichten-Tannenwälder mit vereinzelt Buchen die vorherrschende Vegetation⁶¹. Alle im Arthurstollen aufgefundenen Hölzer wurden vermutlich aus diesen lokalen Beständen gewonnen. Hinweise auf eindeutige Importe, z.B. Eichenschäftungen, wie sie aus der spätbronzezeitlichen Fundstelle Christian-Tusch-Werk im Salzbergbau von Hallstatt massenhaft belegt sind⁶², fehlen hier bisher völlig.

In welcher Weise der Wald genutzt wurde, darüber können verschiedene Wachstumsmerkmale eines Baumes Auskunft geben. Zu Rate gezogen werden der Stammdurchmesser, die Zahl seiner Jahrringe sowie die Jahrringbreiten, die die Zuwachsraten verschiedener Jahre zeigen. Da der jährliche Zuwachs eines Baumes jedoch multikausal (Boden,

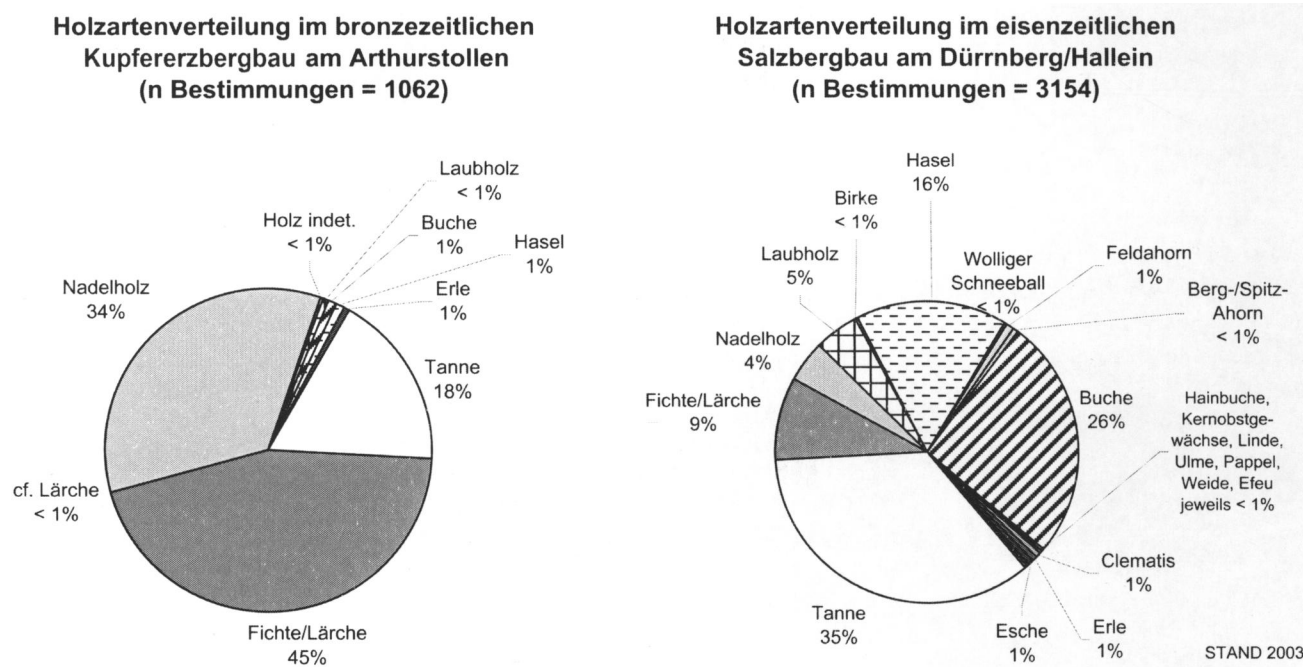


Abb. 35. Vergleich des Holzartenspektrums der bronzezeitlichen Fundstelle am Arthurstollen bei Bischofshofen im inneralpinen Bereich des Salzachtales mit dem eisenzeitlichen Salzbergbau am Dürrnberg bei Hallein am Rande des Salzburger Beckens.

⁶⁰ Diese und andere Bevorzugungen lassen sich durchaus auch an anderen Fundstellen feststellen, vgl. BOENKE, Dürrnberg.

⁶¹ Vgl. WAHLMÜLLER 1992, 135.

⁶² BARTH, GRABNER 2003, 85–89. – Vgl. dazu aber die alten Bestimmungen für Schlackenstichel vom Mitterberg als Eiche bei KLOSE 1918, 31 f.

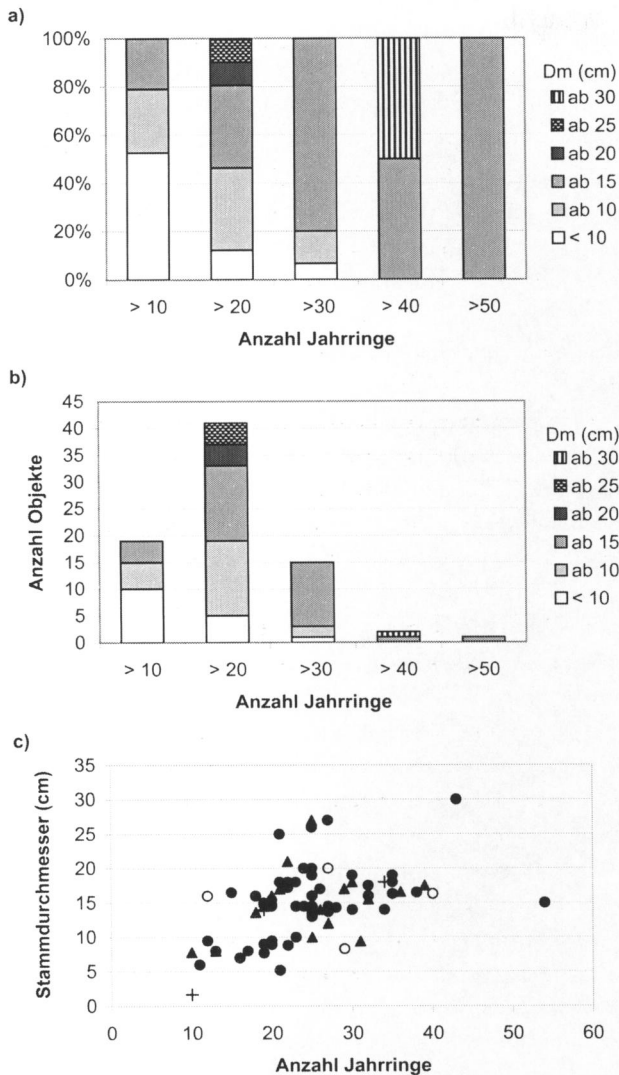


Abb. 36. Korrelation der Stammdurchmesser mit dem individuellen Baumalter (n=100).

Zur besseren Übersicht ist in a) und b) zum einen die Anzahl der Jahrringe nach Dekaden (z.B. 10–20 Jahre alt, 20–30 Jahre alt usw.) gruppiert sowie der Durchmesser der Stämme in Gruppen eingeteilt.

Dargestellt ist a) Die prozentuale Verteilung der Stammdurchmesser in den einzelnen Altersgruppen, b) die tatsächliche Anzahl der aufgefundenen Objekte unterschiedlicher Stammdurchmesser in den Altersgruppen und c) die individuelle Korrelation von Stammdurchmesser und Anzahl Jahrringen der einzelnen Stämme (schwarze Kreise = Fichte/Lärche; schwarze Dreiecke = Weißtanne; offene Kreise = Nadelholz indet.; Kreuze = Holz indet.).

Klima, Standortexposition etc.) bedingt wird, können die Ergebnisse nur in Zusammenhang mit weiteren Daten als Modell diskutiert werden.

In diese Betrachtung aufgenommen werden zunächst das individuelle Baumalter und die Jahrringbreiten der untersuchten Hölzer mit einem vollständigen Stammquerschnitt inkl. Waldkante oder zumindest einem vollständigen Radius, der die Ermittlung des Gesamtdurchmessers zulässt (Abb. 36). Hölzer, die jünger als zehn Jahre sind, werden nicht berücksichtigt⁶³. Bei den in Frage kommenden rund 78 Objekten handelt es sich vermutlich ausnahmslos um Bauhölzer aus Nadelholz, die aufgrund ihrer Nutzung als gerade Stämme oder Spaltbohlen das nötige un- oder nur teilbearbeitete Format aufwiesen (Abb. 36). Der erste Teil der Abbildung zeigt erwartungsgemäß, dass der Stammdurchmesser prinzipiell mit ansteigendem Alter größer wird (Abb. 36a und b). Hölzer, die älter als vierzig Jahre sind, sind hier nur in geringer Anzahl vertreten. Daneben gibt es einzelne Stämme, die zwar mit 20–30 Jahren noch nicht sehr alt sind, aufgrund guter Zuwachsraten jedoch bereits stattliche Durchmesser erzielen. Insgesamt fehlen Stämme mit großen Durchmessern. Gemessen an einem potentiellen Lebensalter der verwendeten Nadelhölzer von mehreren 100 Jahren wurden die Bäume fast ausnahmslos sehr jung gefällt. Das könnte darauf schließen lassen, dass ehemals ein Sekundärwald ohne alte „Baumriesen“ vorlag. Dies lässt sich gut mit pollenanalytischen Untersuchungen von N. Wahlmüller zum nicht weit entfernten Haidberg in Einklang bringen. Dort zeichnen sich für die Frühbronzezeit zunehmende menschliche Aktivitäten und größere Rodungseingriffe ab⁶⁴. Deutlich fällt vor allem der Rückgang der Fichte aus, die einerseits zu diesem Zeitpunkt einen Großteil des nun gefällten Bestandes bildete, andererseits als gerade gewachsenes Holz ein gutes Bauholz abgab. Gut die Hälfte der untersuchten Stämme weist zudem in jungen Jahren starke Zuwächse mit Jahrringen von 3–4 mm auf, was für gute Wachstumsbedingungen in einem lichten Bestand spricht. Diese müssen jedoch nicht auf einen vorangegangenen Kahlschlag zurückzuführen sein, sondern könnten auch natürlich z.B. durch Windbruch, Waldbrände oder Lawinen bedingt sein. Ein anderer Teil der verwendeten Hölzer zeigt Anzeichen einer plötzlichen, extremen Wachstumszunahme, die auf eine Freistellung des Baumes hindeutet.

Für die Bewertung der Ergebnisse ist es ferner wichtig, dass für die Verwendung eines Baumes weniger das Alter, sondern der gewünschte Durchmesser die entscheidende Rolle spielte. Der durchschnittliche Stammdurchmesser beträgt rund 15 cm. Abbildung 36c zeigt deutlich, dass unabhängig vom Alter, der Schwerpunkt der verwendeten Hölzer bei einem Durchmesser von etwa 15–20 cm liegt. Eine weitere Häufung gibt es bei Hölzern um 8–10 cm

⁶³ Dabei handelt es sich nur um wenige Objekte, bei denen nicht eindeutig feststellbar ist, ob es sich um junge Stämme oder um Astfragmente handelt.

⁶⁴ WAHLMÜLLER 1992.

Stammdurchmesser. Größere, schwere und sperrige Baumstämme wären vermutlich in der Enge des Grubenbaus nur schwer zu handhaben gewesen. Aufgrund der hier aufscheinenden Selektion kann sicherlich der Stammdurchmesser nicht allein, sondern nur im Zusammenspiel mit anderen Faktoren bewertet werden. Eine abschließende Beurteilung der bronzezeitlichen Waldnutzung kann somit aufgrund des bisher untersuchten Materials noch nicht vorgenommen werden, allerdings weist das bisher vorliegende Spektrum auf keinerlei Kahlschlagaktivitäten oder die Not, jedes verfügbare Holz zu nutzen, hin. Die Frage, ob sich im Rahmen des Kupfererzbergbaus und der daran anschließenden, energieintensiven Kupfergewinnung und -verarbeitung bereits eine regelgerechte Waldbewirtschaftung etabliert hat, gehört sicherlich zu den interessanten Forschungsperspektiven der nächsten Jahre.

6. Die Holzfunde aus dem Arthurstollen (P. Thomas)

Da die Bearbeitung der Hölzer in einer eigenen Arbeit erfolgen wird, soll in diesem Rahmen nur ein kurzer Einblick in das Material gegeben werden.

Abgesehen von einigen Altfunden stammt die Masse der Funde aus den Grabungskampagnen des Deutschen Bergbau-Museums während der Jahre 2002–2005. Besondere Bedeutung erlangt das Material dadurch, dass erstmals auch die Bauhölzer in entsprechender Menge geborgen und berücksichtigt wurden. In älteren Arbeiten konzentrierte man sich mehrheitlich auf die Sonderfunde und stellte die Bau- und Grubenhölzer nur sehr unterrepräsentiert dar⁶⁵. Die Menge von etwa 400 geborgenen Bauhölzern und deren Fragmente, denen nur zehn sicher identifizierte Werkzeugfunde gegenüberstehen, verdeutlichen die Relationen im Fundniederschlag.

6.1 Bauhölzer

Neben dem Ausbau der Grube zum Zwecke der Sicherung erforderte auch die Schaffung der notwendigen Infrastruktur, zum Beispiel Arbeitsbühnen und Versatzbühnen zum Verörtern des tauben Gesteins, Einbauten aus Holz⁶⁶. Eine größere Stichprobe noch in ihrem funktionalen Zusammenhang stehender Hölzer bietet eine Reihe Stempel,

die zeigen, dass man damals wie heute starke Rundhölzer zum Abstützen des Hangenden oder als Träger für Bühnen verwendete, die sich in seltenen Fällen ebenfalls erhalten haben.

Einen der eindrucksvollsten Befunde dieser Art stellen mit Sicherheit die noch stehenden Zimmerungen im Tiefbau, Fundstelle 4650, dar. Mindestens drei verschiedene Techniken des Stempelsetzens sind hier zu erkennen, die durch Beobachtungen am geborgenen Fundmaterial noch vermehrt werden können.

Unter den bisher geborgenen Hölzern nehmen die Schwartlinge mit mindestens 135 Stücken den größten Teil ein, gefolgt von Brettern mit mindestens 50 Exemplaren und mindestens 39 Rundhölzern vom Stamm. Bei allen handelt es sich fast ausschließlich um Nadelhölzer, Tanne (*Abies alba* Mill.), Lärche (*Larix decidua* Mill.) und Fichte (*Picea abies* (L.) – nur einmal wurde ein Bauholz aus Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) gefertigt⁶⁷.

Neben den eigentlichen Bauhölzern sind es vor allem Reststücke, manche mit Ösen für den Transport der schweren Stempel mit Hilfe von Seilen⁶⁸, andere mit Hinweisen auf mehrfache Verwendung, die Einblicke in die Arbeitsvorgänge und die Ausnutzung des Materials gewährleisten.

6.2 Leuchtspäne und Hackscharten

Die zahlenmäßig größte Gruppe an Holzfunden bilden die Leuchtspäne und Hackscharten. Beide Fundgattungen sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt jedoch noch nicht ausgewertet, so dass auf sie hier nicht näher eingegangen werden kann.

6.3 Werkzeuge

Den Hauptteil der Werkzeugfunde stellen sieben Schäftungen für Tüllengeräte dar (Abb. 37)⁶⁹. Auch wenn im Arthurstollen selbst keine dazugehörigen Aufsätze gefunden wurden, macht es der Fund eines bronzenen Tüllenpickels aus dem Mitterberger Hauptgang mit erhaltenen Resten einer eben solchen Schäftung⁷⁰ wahrscheinlich, dass man auch für die Stücke aus dem Arthurstollen mit Tüllenpickeln der Mitterberger Form⁷¹ als Aufsätze zu rechnen hat.

Die Herstellung der Schäftungen erfolgte, soweit diese an den Stücken nachvollziehbar war⁷², bei allen Exemplaren

⁶⁵ Vgl. Beitrag N. Boenke, Abb. 33.

⁶⁶ EIBNER 1998, 87. – STÖLLNER, EIBNER, CIERNY 2004.

⁶⁷ Holzartenbestimmung durch N. Boenke.

⁶⁸ WEISGERBER 1990, 2–18, bes. 2. Vergleiche in Hallstatt aus dem Grüner Werk (BARTH 1986, 1–32, bes. 28) und aus der Gewerbesiedlung im Ramsautal am Dürrenberg (LOBISSER 2005, 40 ff.). – Zweifel an einer Funktion der eingestemmtten Löcher für die Seilführung äußerte KYRLE 1918, 20 ff., Abb. 23/3; 24/2–3.

⁶⁹ Die ersten drei bereits erwähnt bei EIBNER 1998, 88, Abb. 3 (im Vordergrund); eine weitere publiziert bei STÖLLNER, EIBNER, CIERNY 2004, 101, Abb. 7, 8.

⁷⁰ KLOSE 1918, 11, 18 ff. Fig. 29, 9.

⁷¹ MAYER 1977, 226 ff. Taf. 90/1342–1344, 91/1345–1352, 92/1353–1355.

⁷² Ein Stück war so stark vergangen und weich in seiner Konsistenz, dass es keine Beobachtungen dieser Art mehr zuließ; ein weiteres Stück, ein schlecht erhaltenes Kopffragment, ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht untersucht.

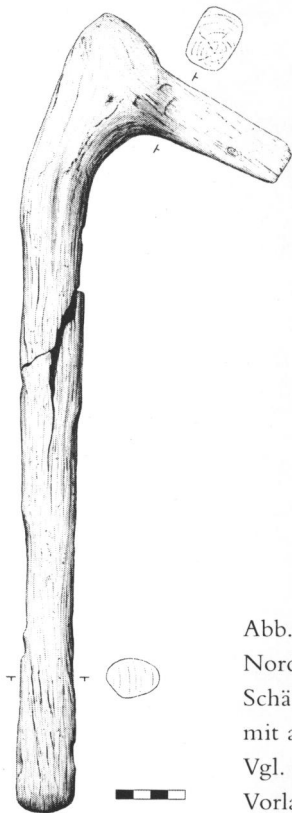


Abb. 37. Arthurstollen, Nordstrecke. Komplette Schäftung für Tüllengeräte mit alt gerissenem Stiel. Vgl. Abb. 23 u. 24, Vorlage DBM, P. Thomas.

nach demselben Prinzip, bei dem der Stiel aus Stammholz besteht, der Kopf mit dem Tüllenzapfen aber aus einem Astansatz herausgearbeitet ist⁷³. Als Material diente Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.), die in fünf Fällen sicher bestimmt werden konnte. In zwei weiteren Fällen war die Holzstruktur weitgehend abgebaut – wahrscheinlich handelt es sich aber ebenfalls um Rotbuche (cf. *Fagus sylvatica* L.).

Ein teilweise beschädigter Fördertrog⁷⁴ (Abb. 38) mit einer erhaltenen Öse zeigt, dass man sich die Förderung des Erzes in solchen Behältnissen mit Hilfe von Seilen vorzustellen hat – ein Verfahren, das sich in den engen Strecken auch während der Grabungskampagnen als sehr nützlich erwies. Gefertigt ist der Trog aus einem Fichten- oder Lärchenstamm (*Picea/Larix*), der etwa mittig gespalten und anschließend rechteckig ausgehöhlt wurde. Am erhaltenen Ende wurde er mit dem Beil leicht angespitzt, was ein Gleiten über unebene Flächen erleichterte. Oben befindet sich an einer vorspringenden Rippe die nur fragmentarisch erhaltene Öse.

Zu den Sonderfunden zählt auch ein teilweise fragmentierter Eimerboden (Abb. 39), der sehr gute Entsprechungen unter den Funden des Mitterberger Hauptgangs oder der Kelchalm bei Kitzbühel findet⁷⁵. Der aus Tannenholz (*Abies alba* Mill.) gefertigte Boden weist zwei eingestemte Löcher

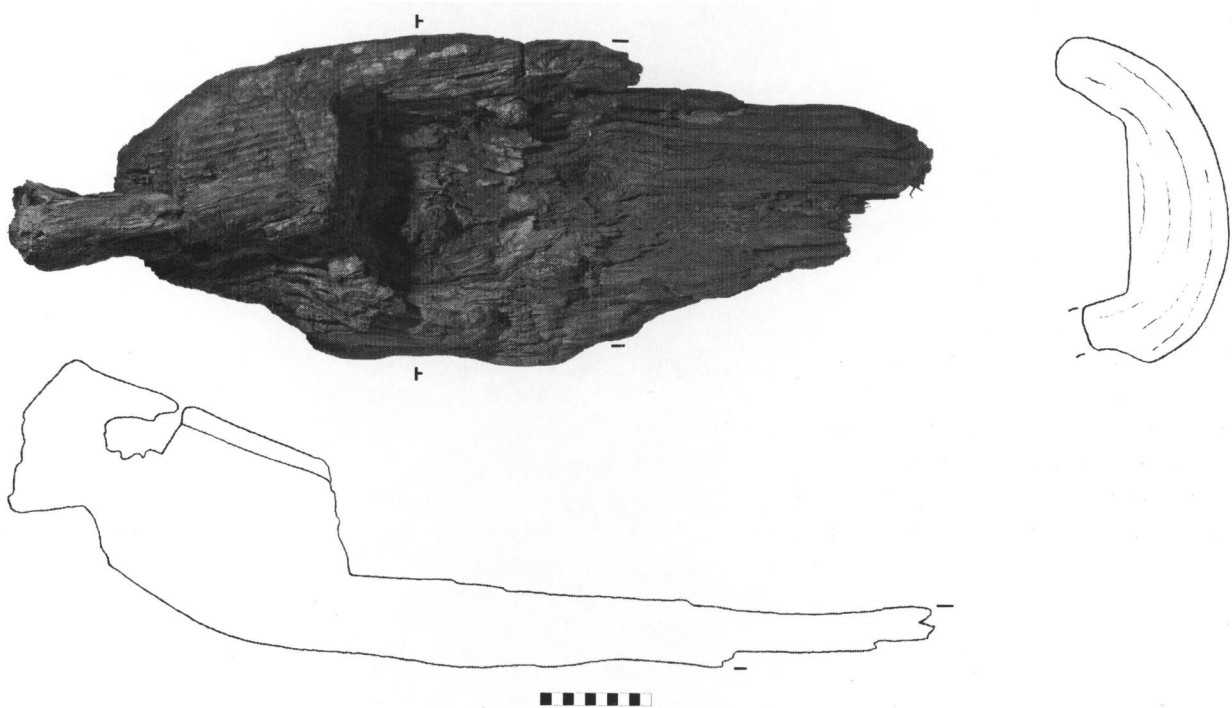


Abb. 38. Arthurstollen, Fst. 4700. Fördertrog mit erhaltener Öse, Vorlage DBM, P. Thomas.

⁷³ Vgl. Beitrag N. Boenke.

⁷⁴ Erwähnung bei EIBNER 1998, 87, Abb. 2/11.

⁷⁵ KLOSE 1918, 6–10; 6, Fig. 7.

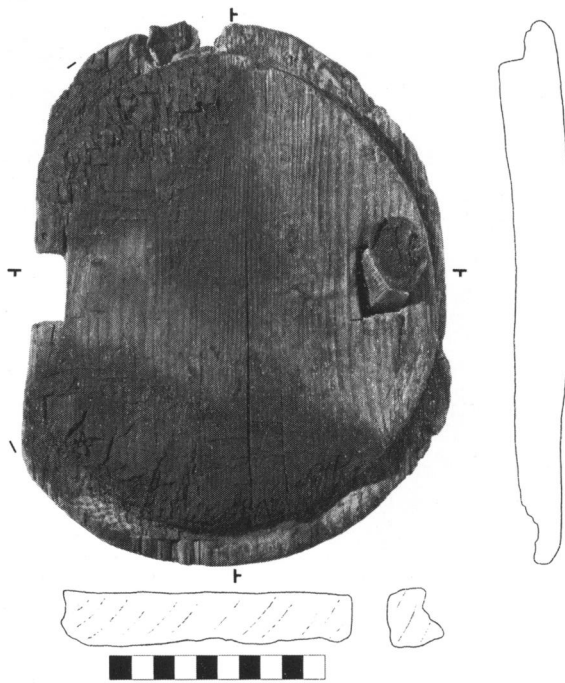


Abb. 39. Arthurstollen, „alter“ Tiefbau, Fst. 4635, Kübelboden mit Resten des Henkels, Vorlage DBM, P. Thomas.

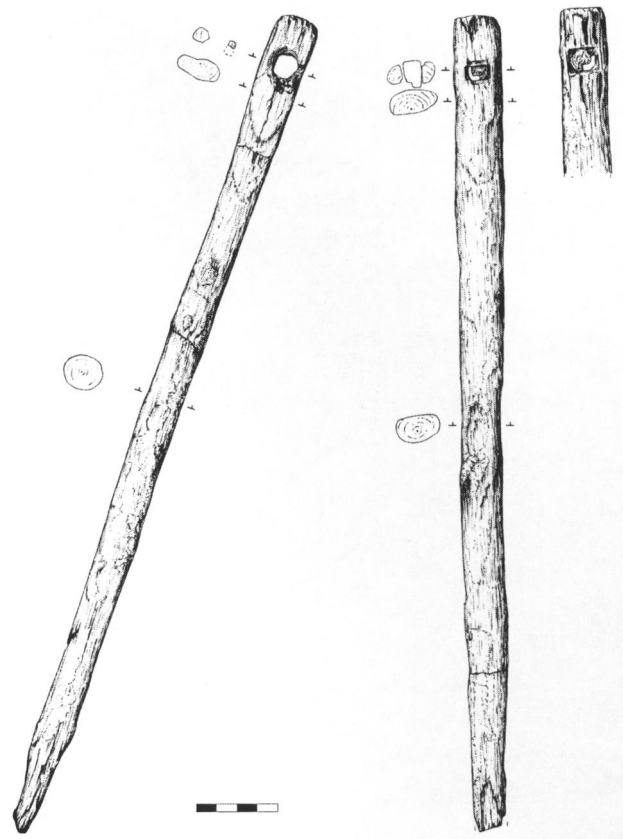


Abb. 40. Arthurstollen, sog. Nordstrecke. Zirkelartiges Gerät mit nietartiger Achse (vor der Restaurierung), Vorlage DBM, P. Thomas.

auf, in denen der Henkel befestigt war⁷⁶. Der Rest eines solchen Henkelzapfens hat sich in dem vollständigen Loch erhalten⁷⁷.

Bisher ohne Vergleich sind zwei Hölzer, die im Jahr 2004 in einem Schacht in der sogenannten Nordstrecke, Fundstelle 4655–70, gefunden wurden (Abb. 40). Die beiden aus Hasel (*Corylus avellana* L.) bestehenden Rundhölzer lagen direkt nebeneinander neben einem weiteren, noch nicht näher untersuchten Holz. Beide Hölzer weisen an einem Ende ein rechteckiges Loch auf, das vermutlich mit einem schmalen Meißel eingestemmt wurde. In einem dieser Löcher befindet sich noch ein Rundholz, welches teilweise tangential verjüngt ist, wodurch eine Drehung in der eckigen Öffnung verhindert wird. Gleichzeitig verhindert der rund belassene Querschnitt des einen Endes ein Durchrutschen des Holzes durch die Öffnung, so dass es einen nietartigen Charakter erhält. Das zweite Holz hat sich während des Konservierungsprozesses verzogen, so dass die Öffnung nun oval erscheint. Auch sie war aber ursprünglich eckig und in ihrer Größe mit der anderen vergleichbar.

Die Gleichartigkeit der beiden Stücke sowie ihre Fundlage machen es wahrscheinlich, in diesen Hölzern die Schenkel eines zirkelartigen Gerätes zu sehen, die durch den erhaltenen Holzstift verbunden waren. Die genaue Befestigung des zweiten Holzes lässt sich nicht mehr rekonstruieren, doch zeigt eine flächige Abarbeitung beider Hölzer im Bereich der Löcher, dass man bestrebt war, durch ein flächiges Aufliegen der Schenkel eine möglichst stabile Verbindung zu erhalten.

Eine erschöpfende Behandlung der Möglichkeiten, die ein solches Gerät gerade in Bezug auf Vermessungsarbeiten bietet, kann an dieser Stelle nicht erfolgen, doch sei darauf hingewiesen, dass das Abmessen und Übertragen von Längen und vor allem Winkeln – beides mit einem Zirkel zu bewerkstelligen – auch bei heutigen Vermessungsarbeiten unverzichtbar sind⁷⁸.

7. Prospektionsarbeiten am Einöddberg

7.1 Vorbemerkungen (Th. Stöllner)

Im Südevier sind seit dem 19. Jh. die prähistorischen Pingenzüge des Branderganges wohl bekannt und in der

⁷⁶ KLOSE 1918, 8, Abb. 10; 9, Abb. 11/3–6.

⁷⁷ Zur Konstruktion der Wandung s. Beitrag N. Boenke.

⁷⁸ Direkte Hinweise auf spätbronzezeitliche Vermessungsgeräte lieferte bereits der Fund eines als Streichmaß interpretierten Holzobjektes aus Zug-Sumpf: MAISE 2004, 276–293, 276 f.,



Abb. 41. St. Johann, Einödsberggebiet mit Arthurstollenverlauf und Fundpunkten; schraffierter Bereich: Scheidehalden, gestrichelt dargestellt die historisch kartierten Pingen, hervorgehoben das auf Abb. 42 herausgestellte Areal vom Pingenzug Nr. 3. Der Kreuzungspunkt der Pfeile ist der Bereich der Untertagefunde.

älteren Literatur⁷⁹ mehrfach erwähnt und abgebildet worden. Weitere Erkenntnisse gelangen in den 1980er Jahren während der Grabungen der Univ. Heidelberg unterhalb des Höchbauern-Gutes. Damals war in der heute verschütteten Pinge oberhalb des Arthurstollens tagnaher Bergbau dokumentiert sowie ein Mundloch entdeckt worden (siehe oben). Insofern ging es nicht nur um die Pingenzüge selbst, sondern auch um die im Umfeld der Pingen feststellbaren montanarchäologischen Strukturen: Scheideplätze, Ausdehnung und Lage der Bergehalden bzw. zugehöriger Siedlungsstrukturen. Ausgangspunkt war eine detaillierte Begehung der Flächen, die auf eine möglichst vollständige Kartierung und Bestimmung von Steingeräten und anderen Artefakten abzielte⁸⁰. Die Arbeiten konzentrierten sich auf die Grundparzellen 429, 431, 156, 170 und 43, letztere im Bereich des Höchlebens, die ersten in den darüber liegenden Waldparzellen (Abb. 41).

Dabei erwiesen sich die Untersuchungen in den mit dichtem Unterwuchs bestandenen Waldteilen mitunter als schwierig. Zu Hilfe kamen hier an einigen Stellen kurz vor unserer Untersuchung durchgeführte, umfangreiche Rodungsarbeiten mit z.T. neu geschobenen Forstwegen. So konnten knapp 90 Steingeräte im Gelände aufgesammelt und kartiert werden. Ebenso gelang es, ein etwa 30 m langes Profil durch eine Scheidehalde zu dokumentieren. Es war durch fortwirtschaftliche Arbeiten frisch an der Wege-

böschung angeschnitten und konnte detailliert dokumentiert und verprobt werden. Dabei ließen sich bronzezeitlich überdeckte Böden klar erkennen. Auch war offensichtlich, dass die Halde schuttstromartig fließt. Holzkohlen werden hier sicherlich einen Datierungsanhalt geben können.

Die Begehungs- und Kartierungsarbeiten erstreckten sich von Pingenzug 1 (nahe Höchbauern-Gut) hinauf bis zu Pingenzug 5, der am Sattel des Einödsberges zu liegen kommt und sich dort in drei Stränge aufteilt (5a–c) (Abb. 41). Besonderer Fokus wurde aber auf Pingenzug 3 gelegt, wofür vor allem seine gute Erhaltung sowie die im Nahbereich liegende, o.g. Scheidehalde sprach (Abb. 42). Somit konnte der Versuch einer detaillierten Dokumentation eines Pingenzuges gemacht werden. Neben einer Kartierung von Oberflächenfunden und einer detaillierten tachymetrischen Aufnahme konnten auch geophysikalische Methoden eingesetzt werden. In Zusammenarbeit mit der BTU Cottbus (Brandenburgische Technische Universität Cottbus) wurde durch Pingenzug 3 eine geoelektrische Widerstandstomographie im Wenner/Schlumberger Verfahren gelegt (siehe Beitrag R. Herd): Es ging vor allem um Erkenntnisse zur Tiefe der Pingen sowie zum Erzkörper selbst, der durch das Verfahren der induzierten Polarisation gut abgebildet werden kann. Das Ergebnis war sehr ermutigend: Es lassen sich jetzt Angaben zur Struktur des Grubenbaues, seiner Tiefe bzw. zu den noch vorhandenen, nicht abgebauten Erz-

280, Taf. 212/2375. – Vgl. zum bronzezeitlichen Vermessungswesen auch EIBNER 1998, 87. – DERS. 2006.

⁷⁹ KYRLE 1918. – ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932.

⁸⁰ Eine erste Geräteaufsammlung wurde schon in den 1980er

Jahren im Rahmen einer M.A. Thesis an der University of Southampton (Betreuung unter Prof. B. Ottaway) durchgeführt: GALE 1991, 143–150; die neuerlichen Prospektionsarbeiten fanden zwischen 12.09. und 26.09.2006 statt.

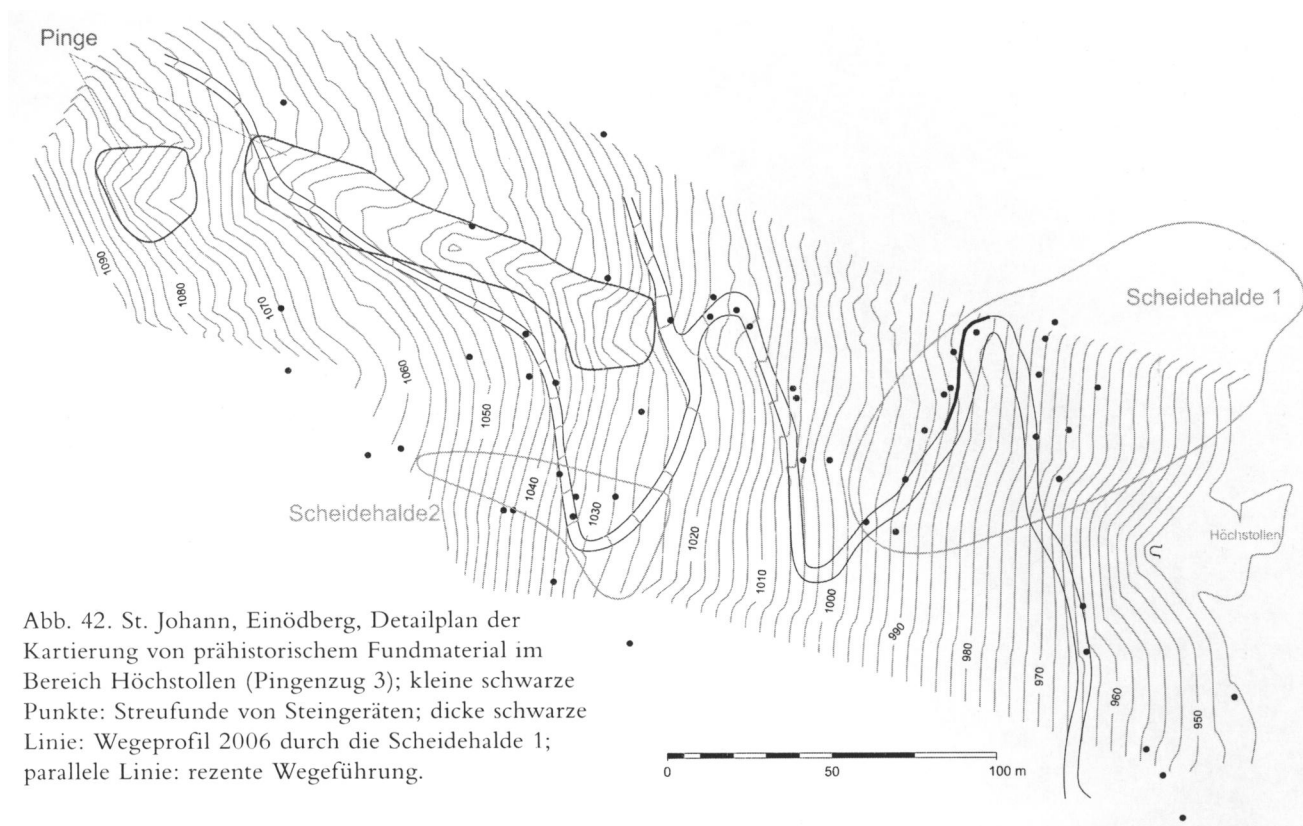


Abb. 42. St. Johann, Einödsberg, Detailplan der Kartierung von prähistorischem Fundmaterial im Bereich Höchstollen (Pingenzug 3); kleine schwarze Punkte: Streufunde von Steingeräten; dicke schwarze Linie: Wegeprofil 2006 durch die Scheidehalde 1; parallele Linie: rezente Wegeführung.

körnern machen. Demnach ist Pingenzug 3 bis mindestens 20 m unter Oberfläche abgebaut worden, wohl zunächst als offener Verhau. Ob von ihm dann untertägige Abbaue bzw. Strecken in größere Tiefen ausgingen, lässt sich aufgrund der Messung allerdings nicht aussagen (siehe Beitrag R. Herd).

7.1.1 Bodenkundliche Geländeuntersuchungen (N. Boenke, K. Röttger, Th. Stöllner)

Neben Messarbeiten wurden verschiedentlich Bohrungen zur bodenkundlichen Beurteilung des Geländes durchgeführt. Die Arbeiten wurden mit einem Pürkhauer 1m-Bohrstock (1,5 cm Durchmesser) gemacht, der bei tiefer gehenden Bohrungen mit einem einfachen Bohrgestänge maximal um einen weiteren Meter verlängert wurde. In der Regel endeten die Bohrungen jedoch schon zuvor auf Fels oder in massiveren Geröllschichten. Es wurde von Hand gebohrt.

Diese ersten, nicht flächigen Bohrstocksondagen orientierten sich vornehmlich an markanten Geländemerkmale wie Kuppen, Senken und Verebnungen im Nahbereich von Pingenzügen und vermuteten Halden. Die erbohrten Abfolgen konnten dabei sowohl im Bereich von Pingenzug 2 als auch von Pingenzug 3 deutliche Anzeichen von umgelagertem Material nachweisen. Dabei handelte es sich zumeist um

einen grau bis grau-gelben schiefrigen Gesteinsgrus z.T. eingebettet in einen braunen Verwitterungslehm mit wechselnden Lehm- bzw. Schluffanteilen. Vereinzelt ließen sich auch alte Bodenoberflächen sog. rAh ausmachen. Daneben ist das relativ steile Gelände geprägt von Solifluktsdecken (siehe auch Abb. 49).

Die Bohrstocksondagen ließen bei Pingenzug 2 und 3 erkennen, dass Halden und vermutlich Aufbereitungsplätze sich in einem weiten Areal vor allem nördlich des Abbaues befanden. Dass Abraum dort in irgendeiner Weise aufbereitet wurde, bezeugen allein die über eine große Fläche verteilten Abraumhaufen. Wie sich dazu weitere Scheideplätze chronologisch und technologisch verhalten, kann aber nur durch weitere Feldarbeit geklärt werden.

7.2 Geoelektrische Untersuchung (2-D-Tomographie) eines Nordwest-Südost gerichteten Pingenzuges im Bereich des Branderganges (R. Herd)

7.2.1 Einleitung und Zielstellung

Die Kupfererzlagerstätte Mitterberg im Salzburger Land stellt eine der bedeutenden Kupfererzlagerstätten Mitteleuropas dar⁸¹. Die aus der frühen Phase des Abbaus stammenden, gut erhaltenen Pingenzüge zeichnen die alten

⁸¹ PAAR 1973. – DERS. 1993.

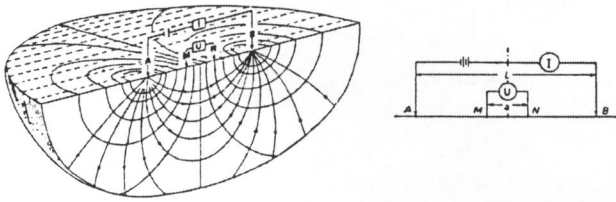


Abb. 43. Geoelektrische 4-Punkt-Anordnung, Vorlage BTU Cottbus, R. Herd.

Abbaubereiche und Vererzungszonen nach. Aus dem Mitterberger Gebiet sind neben obertägigen auch untertägige Abbaubereiche bekannt. Unklar ist, ob obertägige Abbaubereiche mit Tiefbauten in Verbindung stehen. Die durchgeführten geophysikalischen Erkundungsarbeiten hatten zum Ziel, Aussagen über die Struktur und Tiefenerstreckung eines ausgewählten, gut erhaltenen Pingenzuges im Bereich des Branderganges zu ermöglichen.

7.2.2 Untersuchungsmethodik

Bei der eingesetzten Untersuchungsmethodik handelt es sich um ein geoelektrisches Multi-Elektroden-Verfahren, das als 2-D-Tomographie oder auch als ERT (Earth Resistivity Tomography) bezeichnet wird. Das Verfahren basiert auf der klassischen 4-Punkt-Geoelektrik (Abb. 43), wobei ein Strom über zwei Elektroden (A und B) in den Untergrund eingeleitet wird und an zwei weiteren Elektroden, den sog. Sonden (M und N) die Spannungsdifferenz abgegriffen wird. Nach dem Ohm'schen Gesetz lässt sich hieraus unter Berücksichtigung der Abstände zwischen den Elektroden, dem sog. K-Faktor (Geometriefaktor), der spezifische Widerstand des Untergrundes berechnen: $\rho = K \cdot U/I$ (Abb. 44).

Je nach Fragestellung kommen verschiedene Elektrodenkonfigurationen zum Einsatz (Wenner-, Schlumberger-, Dipol Dipol-, Pol Dipol-Anordnung etc.). Bei der sog. Widerstandskartierung interessiert die laterale Veränderung des Widerstandes. Hier wird häufig die Wenner-Anordnung, die sich durch gleiche Abstände zwischen den Elektroden auszeichnet, verwendet. Bei einer geoelektrischen Tiefensondierung ist die vertikale Widerstandsveränderung wichtig. Hier verwendet man die Schlumberger-Anordnung, bei der die Sonden an ihren Positionen verbleiben und nur der Abstand der Stromelektroden (A und B) vergrößert wird. Durch diese Abstandsvergrößerung erzielt man eine größere Eindringtiefe: Aussagen über den vertikalen Aufbau sind möglich.

Bei der eingesetzten geoelektrischen 2-D-Tomographie handelt es sich um eine Sonderform. Hierbei wird eine große Anzahl von Elektroden unter Verwendung eines speziellen Kabels mit einem Widerstandsmessgerät verbunden.

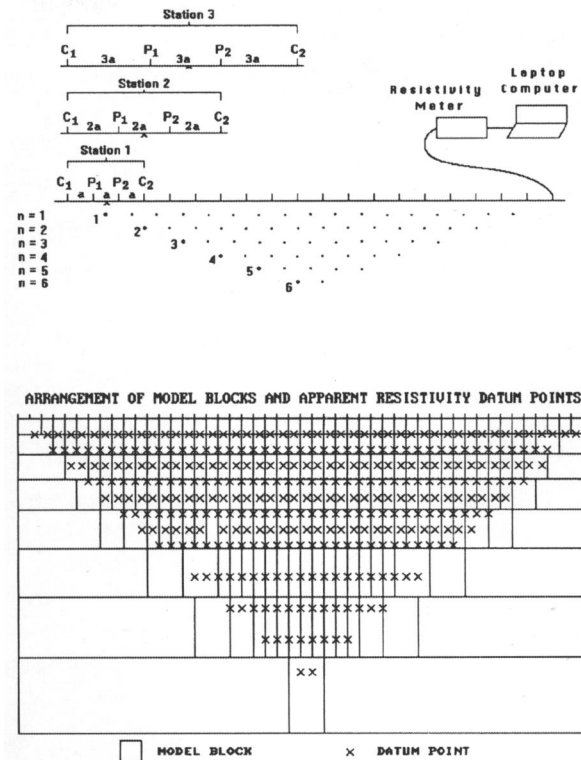


Abb. 44. Messablauf eines Multi-Elektroden-Verfahrens mit Entstehung einer Pseudosektion (oberer Teil) sowie Verteilung der Modellblöcke für den Inversionsprozess (unterer Teil) (C1, C2 entsprechen A und B; P1, P2 entsprechen M und N in Abb. 43): GEOTOMO (2005).

Eine zuvor programmierte Messabfolge (Sequenz) wird gestartet und in relativ kurzer Zeit werden Hunderte von Elektrodenkombinationen (z. B. Wenner- und Schlumberger-Anordnungen) geschaltet und gemessen.

Das Ergebnis ist die sog. Pseudosektion, dargestellt mit Werten des scheinbaren Widerstandes (ρ_s) im üblichen Falle eines nichthomogenen Untergrundes. Zum Erhalt der wahren spezifischen Widerstände (ρ) wird ein Inversionsprogramm in diesem Falle RES2DINV von GEOTOMO Software verwendet. Hierbei wird der Untergrund in ein Feld rechteckiger Blöcke aufgeteilt. Die Größe der Blöcke richtet sich nach der Verteilung der Messwerte. Die Aufgabe des Programms besteht darin, die Widerstände der einzelnen Blöcke so zu bestimmen, dass sie eine Widerstandspseudosektion ergeben, die der gemessenen möglichst nahe kommt. Zur Berechnung der scheinbaren Widerstände wird eine Vorwärtsmodellierung und zur Inversion eine nicht-lineare Optimierungsroutine auf Basis der kleinsten Fehlerquadrate verwendet. Das Programm unterstützt sowohl Finite-Differenz- als auch Finite-Element-Vorwärtsmodellierungstechniken. Die Optimierungsroutine versucht die Differenzen zwischen den gemessenen und den berechneten Pseudosektionen durch eine Anpassung der Widerstände der Blöcke



Abb. 45. St. Johann, Einödsberg, Brandergang, Blick gegen die Profilrichtung auf Profilmeter 210 bis 190, Messung der Geoelektrik im Herbst, Foto BTU Cottbus.

zu reduzieren. Ein Maß für diese Differenz ist der RMS (root-mean-squared)-Fehler. Weitere Details finden sich in den „Tutorial Notes“ von GEOTOMO⁸².

Das Ergebnis ist ein 2-D-Widerstandsmodell des Untergrundes. Die Abbildungen 44 und 45 zeigen den Messprozess, die Verteilung der Messpunkte des scheinbaren Widerstandes sowie die Aufteilung des Untergrundes in Modellblöcke für die nachfolgende Modellierung. Neben den Widerstandsmessungen wurde auch die Aufladbarkeit des Untergrundes aufgezeichnet. Sie erlaubt Aussagen über das Vorhandensein von z. B. sulfidischen Erzen, die eine verstärkte Aufladbarkeit aufweisen. Beide Untersuchungen wurden mit einem Messgerät der Marke SYSCAL R1 Plus Switch-48 Resistivity meter unter Verwendung von 48 Elektroden und einem speziellen Seismik-Kabel hergestellt von IRIS Instruments, Orleans, Frankreich, durchgeführt. Folgende Einstellungen wurden verwendet:

Eingespeister Strom: automatisch entsprechend gewähltem Spannungsbereich

Injektionszeit: 500 ms

Qmax.: 3%

Wiederholungsmessungen: min. 3, max. 6

Elektrodenkonfiguration: Gemischte Wenner/Schlumberger-Anordnung

7.2.3 Ergebnisse und Diskussion

7.2.3.1 Profilbeschreibung

Profilverlaufsrichtung (Magn. Nord): 108°

Elektrodenabstand: 5 m

Gesamtlänge: 235 m

Das geoelektrische Profil hat eine Richtung von 108° und beginnt ca. 72 m nordwestlich der letzten gut erkennbaren Depression im Bereich des Pingenzuges. Die topographische Höhe des Profilbeginns liegt bei 1085,7 m über NN. Der erste Teil des Profils weist ein starkes Gefälle auf. Bei 66,5 m schneidet das Profil einen Weg und bei 72 m trifft das Profil auf die erste erkennbare Depression. Im Weiteren folgt das Profil dem Verlauf der Depression. Bei Profilmeter 120 trifft das Profil auf den Rand einer tieferen zirkularen Depression (als Trichter in Abb. 46–47 ausgewiesen). Innerhalb dieser Depression trifft das Profil bei 128 m auf einen umgestürzten Baum, der in Abb. 48 zu sehen ist. Der südöstliche Rand der Depression liegt bei ca. 137 m. Bei 145 m trifft das Profil wiederum auf eine zirkulare Depression, die sich bis 157 m erstreckt. Im folgenden Profilverlauf tritt wiederum ein stärkeres Gefälle auf. Bei 170,4 m touchiert das Profil einen anstehenden (?) Felsblock. Bei Profilmeter 200 trifft das Profil wiederum auf den Weg. Der Endpunkt des Profils liegt bei 235 m (topographische Höhe: 1011,9 m) und befindet sich bergseitig an einer Serpentine des soeben erwähnten Weges.

Im Folgenden sind die Ergebnisse der 2-D-Widerstandstomographie dargestellt. Die beiden nachfolgenden Darstellungen (Abb. 46a und Abb. 46b) haben den gleichen Datensatz zur Grundlage, wobei bei der zweiten Darstellung ein Algorithmus verwendet wurde, der auftretende Widerstandskontraste stärker hervorhebt (Robust version).

Das Ergebnis in Abb. 46a Resistivity zeigt fast durchgängig relativ hohe Widerstände von 1500–2400 Ωm im oberflächennahen Bereich, dies deutet auf trockenes und zum Teil auch auf relativ grobes Material hin, z.B. nachgerutschte Blöcke, Teile des Anstehenden etc. Zur Tiefe hin folgt bis zur Aussagetiefe von ca. 20 m im Bereich von Profilmeter 45 bis zum Profilende (235 m) ein Widerstandsbe- reich, der sich durch Werte von 300–1000 Ωm ausweist. Dies deutet mit Ausnahme des Bereiches von 190–235 m auf Verfüllungen im Abbaubereich hin, oberflächlich sind hier die Bergbaudepressionen erkennbar. Der Bereich 190–235 m weist zwar ähnliche Widerstandswerte auf, doch scheinen diese auf nicht abgebautes Erz zurückzugehen, die Untersuchungen zur Aufladbarkeit (Chargeability) zeigen für diesen Bereich sulfidische Erzvorkommen an (vgl. Abb. 47a–b). Im Bereich 115–130 m (entspricht in etwa der zweiten, tieferen zirkularen Depression) tritt in etwa 8 m Tiefe eine äußerst markante, hochohmige, annähernd vertikal stehende Struktur auf. Hierbei könnte es sich um einen offenen Hohlraum (unverfüllter Bereich des Abbaus) oder aber auch um einen nicht mineralisierten Quarzgang handeln.

Das Ergebnis der Modellierung mit Betonung der Widerstandskontraste (Robust version) zeigt grundsätzlich

⁸² GEOTOMO (2005): Tutorial Notes.

Abb. 46a. St. Johann,
Einöberg, Brandergang,
Geoelektrische
2-D-Tomographie.

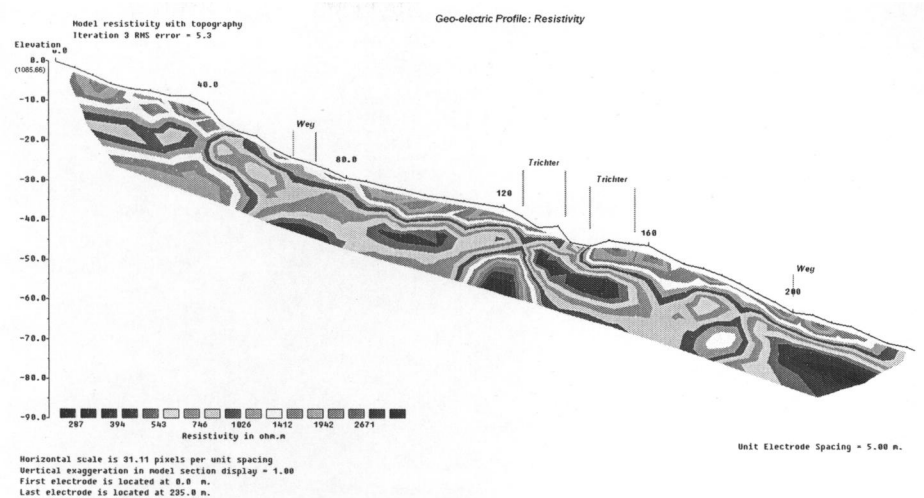
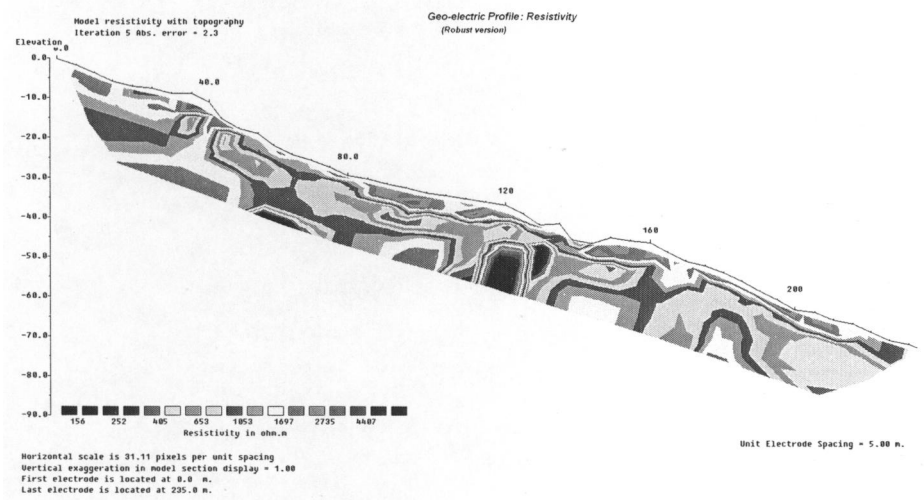


Abb. 46b. Geoelektrische
2-D-Tomographie
(Robust version), Vorlage
BTU Cottbus, R. Herd.



ähnliche Tendenzen wie das bereits beschriebene, vorhergehende Modell, wobei die Widerstandsgrenzen hier stärker herausgearbeitet werden. Da im vorliegenden Fall extreme Widerstandskontraste zwischen z. B. luftgefüllten und verfüllten Abbaubereichen erwartet werden können, dürfte die Robust version in diesen Fällen realistischere Ergebnisse liefern. Der verfüllte Abbaubereich von Profilmeter 45–190 wird nun stärker aufgelöst, einzelne höher ohmige Bereiche, evt. nicht abgebaute Blöcke bei ca. 100 m, 150 m und 185 m erscheinen. Auch die markante vertikale Struktur bei 120 m wird stärker konturiert und realistischer dargestellt.

Eine weitere Untersuchungsmethode, die angewandt wurde, ist die bereits erwähnte Aufladbarkeit oder Induzierte Polarisation. Nach dem Abschalten eines in den Boden injizierten Stromes zeigen verschiedene Materialien eine mehr oder weniger schnell abklingende Spannung. Dieser Effekt tritt insbesondere bei bestimmten Erzmineralien auf.

Die nachfolgenden beiden Abbildungen zeigen die modellierten Aufladbarkeiten, Chargeability und Chargeability (Robust version) mit verstärkter Betonung der Kontraste (Abb. 47a–b). Da aufgrund der geologischen Gegebenheiten starke Kontraste erwartet werden können, beziehen sich die nachfolgenden Erläuterungen vorwiegend auf das Modellierungsergebnis Robust version.

Der Bereich von Profilmeter 0–140 erscheint bis zu einer Tiefe von knapp 20 m erzfrei. Unterhalb von 20 m deuten sich für diesen Bereich Erzvorkommen an. Der Bereich 140–170 m scheint noch tiefer erzfrei zu sein. Ab 170 m bis zum Profilmeter bei 235 m steht Erz ab einer Tiefe von ca. 6 m an. Dieser Bereich wurde durch die Bergleute scheinbar noch nicht abgebaut, eventuell weil kein Erz an der Erdoberfläche gefunden wurde oder weil das Erz bei 140 m plötzlich steil abtauchte und man deshalb den Abbau nicht weiter in Richtung Profilmeter fortsetzte.

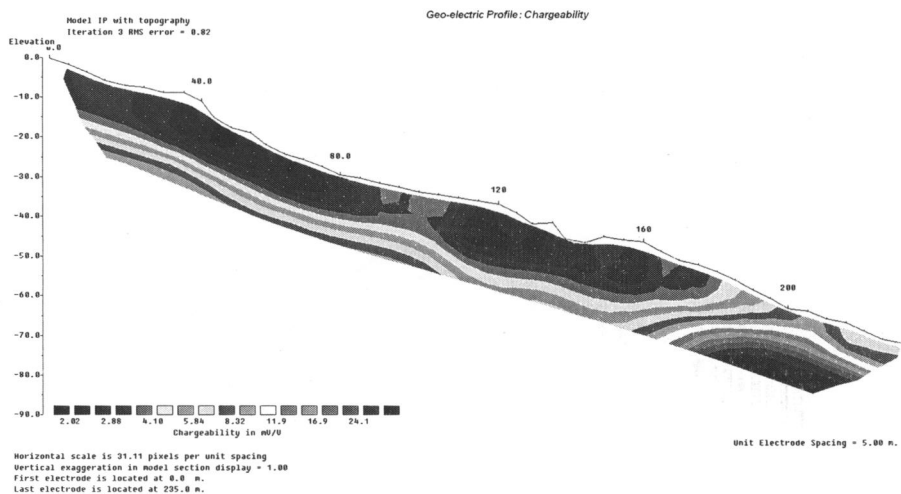


Abb. 47a. St. Johann, Einödsberg, Brandergang, Induzierte Polarisation (Aufladbarkeit, Chargeability).

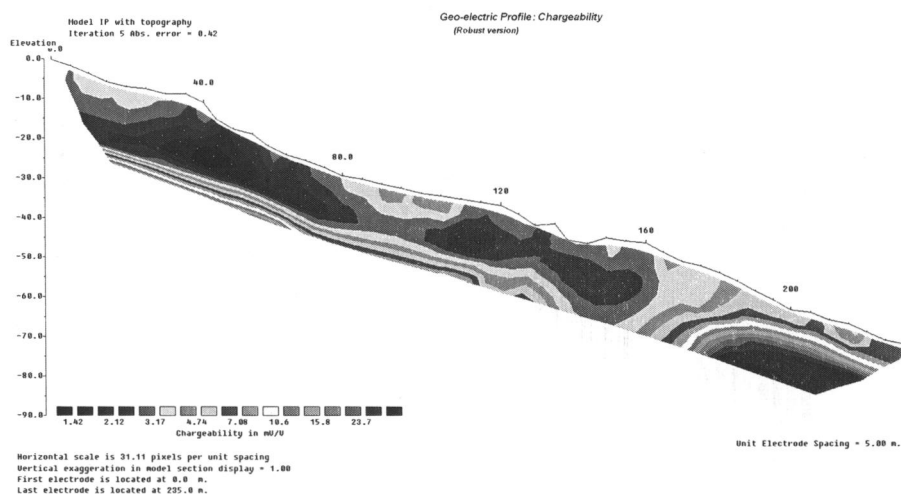


Abb. 47b. Induzierte Polarisation (Robust version). Vorlage BTU Cottbus, R. Herd.



Abb. 48. St. Johann, Einödsberg, Pingenzug Nr. 3 von Nordost nach Südwest, Foto Th. Stöllner.

7.2.3.2 Interpretation und Zusammenfassung

Die vorgestellten Ergebnisse haben gezeigt, dass sich die eingesetzten Verfahren Widerstandstomographie und Induzierte Polarisation sehr schön ergänzen und in dieser Kombination wertvolle Informationen zum Aufbau des ehemaligen Grubengebäudes und eventuell sogar zur Grubenhistorie liefern können. Es wird deutlich, dass der Bereich der oberflächlich sichtbaren Bergbaudepressionen bis zu einer Tiefe von knapp 20 Metern vollständig ausgeerzt ist. Dieser Bereich ist großteils verfüllt. Darunter scheint für den Bereich 0–140 m weiteres, durch die frühen Bergleute nicht abgebautes Erz vorhanden zu sein. Von 140–170 m ist kein Erz bis zur Erkundungstiefe von etwas über 20 Metern nachweisbar. Ab Profilmeter 175 bis Profilende (235 m) steht Erz ab einer Tiefe von ca. 6 m unter Gelände an. In

diesem Bereich sind oberflächlich keine Bergbaudepressionen erkennbar. Hier liegt der Schluss nahe, dass es sich bei Profilmeter 140 um ein natürliches Abtauchen des Erzganges handelt, dem die frühen Bergleute nicht folgen konnten oder wollten und ihnen somit das Auftauchen des gleichen Ganges bei Profilmeter 175 verborgen blieb. Möglicherweise war auch die Kupfererzföhrung dieses Gangbereiches zu gering. Jedenfalls scheint ein Abbau in diesem Bereich auch nicht stattgefunden zu haben.

Neben dem bereits Erwähnten, konnten markante Strukturen, wie z. B. die vertikale Struktur bei Profilmeter 120, detektiert werden, die wichtige Ansatzpunkte für weitergehende, zielgerichtete Untersuchungen liefern. Die Frage nach der Verbindung von oberflächlichem zu untertägigem Abbau im Bereich des Pingenzuges kann nicht abschließend beantwortet werden. Eine großflächige Verbindung hat es sicher nicht gegeben, eine geringe Wahrscheinlichkeit für kleinere Verbindungsgänge erscheinen allenfalls im Bereich von Profilmeter 120 (vertikale Struktur) bzw. bei Profilmeter 150 möglich. Aus verschiedenen Gründen erscheint insbesondere eine weitergehende Untersuchung und Klärung der vertikalen Struktur bei Profilmeter 120 wichtig für das Verständnis dieses frühen Abbaubereiches.

7.3 Die Scheidplätze (N. Boenke, A. Maass, K. Röttger, Th. Stöllner)

7.3.1 Die Scheidehalde 1 im Wegeprofil unterhalb von Pingenzug 3

Im Wegeprofil zwischen dem Pingenzug 3 und dem Höchstollen war auf ca. 40 m eine prähistorische Aufbereitungshalde aufgeschlossen (Abb. 42, 49). Sie zieht sich von einer Verebnungsfläche oberhalb des Weges den Hang hinunter und läuft auf einer Verebnungsfläche nördlich der



Abb. 49. St. Johann, Einöberg, Brandergang, Profil durch Scheidehalde 1 entlang des Wegeprofils, Herbst 2006, Foto Th. Stöllner.

⁸³ Datierungsergebnisse anhand von Holzkohlefragmenten aus den Schichten stehen derzeit noch aus.

modernen Halde des Höchstollens aus. In der Halde fanden sich ein handgeführter Schlägel aus Kalk, mehrere kugelige Abscheidsteine (Klopfsteine), teilweise mit Pochmulden, eine Scheidplatte und das Fragment eines Mahlsteins (Unterleger) sowie zahlreiche Splitter und Fragmente von Schlägeln. An einer Stelle war die Halde durch forstwirtschaftliche Arbeiten entlang der Wegeböschung aufgeschlossen (Abb. 49): Das Profil ließ einen detaillierten Einblick in die Schüttstrukturen und den Abraum eines Scheideplatzes zu; zahlreiche Geräte fanden sich im Umfeld und noch *in situ* im Profil: Neben Pochsteinen fielen vor allem auch Unterlagssteine, sog. Scheidplatten, auf.

Im Profil konnte die kolluviale Überdeckung von vermutlich prähistorischen (bronzezeitlichen?) Haldenschüttungen beobachtet werden⁸³. Ferner war erkennbar, dass das bronzezeitliche Haldenmaterial nachbronzezeitlich mobilisiert und dabei auf jüngere Oberflächen umgelagert wurde.

7.3.2 Kleine Aufbereitungshalde 2 westlich Pingenzug 3

Auf der Höhe des Pingenzugs 3, jedoch ca. 60 m südlich wurde eine weitere kleine Aufbereitungshalde beobachtet (Abb. 42). Anhand der Werkzeuge und des Pochmaterials, das am Weg sowie am Hang darüber aufgeschlossen war, war es möglich, ihre Form und Größe recht genau zu erfassen. Sie kam aus einer sanften Mulde, ca. 60 m oberhalb des Weges und endete auf der Höhe des Weges im Bereich einer ehemaligen Verebnungsfläche. Ihre Breite betrug ca. 5 m am oberen Ende, ca. 10 m im mittleren Bereich und maximal 30 m am Fuß. Das obere Ende der Halde und damit der ehemalige Scheidplatz dürfte sich wenige Meter oberhalb eines Baumwurfs befunden haben, in dem noch Haldenmaterial und mehrere Schlägelsplitter lagen. In einem weiteren Baumwurf, 10 m oberhalb war kein Haldenmaterial mehr zu beobachten.

7.3.3 Große Aufbereitungshalde 3 südwestlich bzw. südlich Pingenzug 3 und 4

Die größte und interessanteste Aufbereitungshalde wurde südlich und westlich oberhalb des Pingenzugs 4 beim Oberen Höchstollen entdeckt (Abb. 41, 42). Diese Halde unterschied sich in Bezug auf Größe, Formenreichtum und Rohmaterial der verwendeten Werkzeuge deutlich von den beiden unteren. Sie zieht von ihrem höchsten Punkt in zwei Armen nach Osten und Norden, wobei der nördliche Ausläufer in den oberen Bereich des Pingenzugs 4 schüttet. Ihre in die Horizontale projizierte Fläche umfasst über 3,5 ha, allerdings konnte der Fuß des nördlichen Endes in einem Sumpfgebiet noch nicht genau ermittelt werden. Im östlichen Bereich ist die Halde durch einen Forstweg auf ca. 90

m Länge und bis zu 4 m Höhe angeschnitten. Vermutlich verschüttet sie an dieser Stelle eine ehemalige Senke, denn in anderen Bereichen ist sie nur deutlich niedriger ausgeprägt. Die Halde wird von mehreren Bächen durchlaufen, die teilweise einem Sumpfgebiet direkt unterhalb des höchsten Punktes der Halde entspringen und nach Osten und Norden abfließen. Das hohe Wasserangebot könnte auch ein Grund für ihre Lage sein, da Wasser bei der Trennung von Erz und taubem Gestein eine wichtige Rolle spielte.

In der Halde wurden im Gegensatz zu den beiden andern wesentlich mehr Werkzeuge auch im Vergleich zur Größe der Scheidehalden gefunden. Auch die Vielfalt der verwendeten Geräte war deutlich höher. Neben Abscheidsteinen (Klopfsteinen) von unterschiedlicher Form fanden sich auch Geräte, die aufgrund der Arbeitsspuren vermutlich als Meißel gedient haben, mit denen Gangmaterial und taubes Gestein getrennt wurden. Als Hammer könnten hölzerne Schlägel gedient haben, die auch bei den Altgrabungen gefunden wurden. Zusätzlich fanden sich mehrere Wackelmühlen, Läufer und ein Fragment eines Mahlsteins, Wetzsteine und mögliche Feuerschlagsteine (einseitig geschlagene Steine) im Bereich der Halde. Überraschend war die minderwertige Qualität der Rohmaterialien der meisten Geräte, die größtenteils aus Grünschiefer und Phyllit bestanden, die aufgrund ihrer schiefrigen Struktur schnell splintern. Dagegen waren im Vergleich Geräte aus hochwertigem Quarzit, Quarz oder massigen Grüngesteinen nur sehr selten vertreten.

Die Größe spricht am ehesten für einen zentralen Aufbereitungsplatz, zu dem das Erz mehrerer Gruben oder wahrscheinlich sogar mehrerer Erzgänge transportiert und verarbeitet wurde. Allerdings sind noch weitere Geländeuntersuchungen notwendig, die vor allem die innere Gliederung und Verteilung der Werkplätze klären müssen.

Zusammengefasst könnte es sich bei diesem Befund, mit aller Vorsicht gesagt, also um einen Platz handeln, an dem vor allem Feinaufbereitung stattgefunden hat. Wie fein aufbereitet wurde, lässt sich aber ohne weitere Untersuchungen nicht sagen. Wegen der günstigen Wassersituation und auch der Lage nahe des südlich liegenden Burgschweigganges sowie der günstigen Lage zwischen den Pingengebieten 3 bis 5 wäre hier eine zentrale, nasse Feinaufbereitung durchaus überlegenswert.

7.4 Die Steingeräte (A. Maass)

Die systematische Steingerätesammlung in diesem Revier führte schließlich zu einer erneuten Klassifikation von Aufbereitungsgerät im Mitterberggebiet (Abb. 50). Neben

Standardgeräten wie Klopfsteinen oder Reib- und Scheid(Poch)platten konnten neue Gerätetypen erkannt werden. Es lassen sich zuerst vier Funktionsklassen unterscheiden: Gezähe für die Gewinnung, Geräte zur Aufbereitung, die Gruppe der Wetzsteine und die Sondergruppe der „einseitig geschlagenen Steine“ sowie sonstiger Werkzeuge. Die Gezähe bestehen vornehmlich aus Schlägeln, die am Einödsberg sowohl geschäftet als auch ungeschäftet verwendet wurden. An geschäfteten wurden nur solche mit gegenüberliegenden Schäftungskernen beobachtet. Regelrechte Rillenschlägel sind selten. Als Rohmaterial dienten Gerölle aus unterschiedlichen Quarziten und Metamorphiten. Die ungeschäfteten Schlägel waren sowohl aus Geröllen als auch aus aufgelesenen Steinbrocken gefertigt. Das Material variierte hier von Kalkstein bis Quarzit, die Größe von ca. 0,5 kg bis ca. 10 kg⁸⁴.

Die größte Gruppe bildeten die Aufbereitungsgeräte, die sich in Abscheidsteine (u.a. Klopfsteine), mahlende Geräte (Handmühlen mit Läufer und Unterlagssteinen) und Kombiwerkzeuge untergliedern lassen.

Zu den Abscheidsteinen zählen vor allem schlagende Geräte, die hauptsächlich entweder als Klopfsteine oder als kleine geschäftete Scheidhämmer verwendet wurden. An einigen Geräten lassen die Spuren darauf schließen, dass sie als Meißel eingesetzt wurden, die mit Hilfe von Holzhämmern Bereiche mit Erz und taubem Material trennten. Insgesamt konnten sechs Typen mit teilweise mehreren Untergruppen unterschieden werden: kugelige – teilweise mit abgeflachten Seiten –, dreieckige, bei denen entweder die Spitze oder die Basis als Arbeitsfläche diente, zylindrische, lang-schmale, kurz-breite und unregelmäßige. Hinweise auf die Verwendung als Meißel konnten nur an den lang-schmalen und den dreieckig-basisorientierten Abscheidsteinen beobachtet werden, während mit den anderen aktiv geschlagen wurde. An vielen Abscheidsteinen waren Einkerbungen, die zur besseren Handhabung der Geräte dienten. Das Material variierte von minderwertigem Phyllit, Grünschiefer über massige Grüngesteine bis hin zu Quarzit und Quarz.

Als mahlende Geräte werden die aktiven Teile von Steinmühlen bezeichnet. Am Einödsberg konnten zwei Arten nachgewiesen werden. Die so genannten Wackelmühlen sind große Steine aus einem harten kristallinen Gestein mit einem Gewicht von ca. 30 bis 60 kg. Die Arbeitsseite war bei allen halbrund und rau, während die obere Seite bei einem Exemplar eben war, so dass darauf gestanden und mit dem Körpergewicht zusätzlicher Druck ausgeübt werden konnte. Die zweite Art bilden Läufersteine, mit deren Hilfe

⁸⁴ Kalkstein mag zunächst ungewöhnlich erscheinen; dennoch kann er durchaus geeignet sein, vor allem bei einem vergleichsweise weichen Muttergestein, wie dem Phyllit. Die Anwendung

zahlreicher Kalksteinschlägel lehren auch die bronzezeitlichen Zinngruben Mittelasiens.

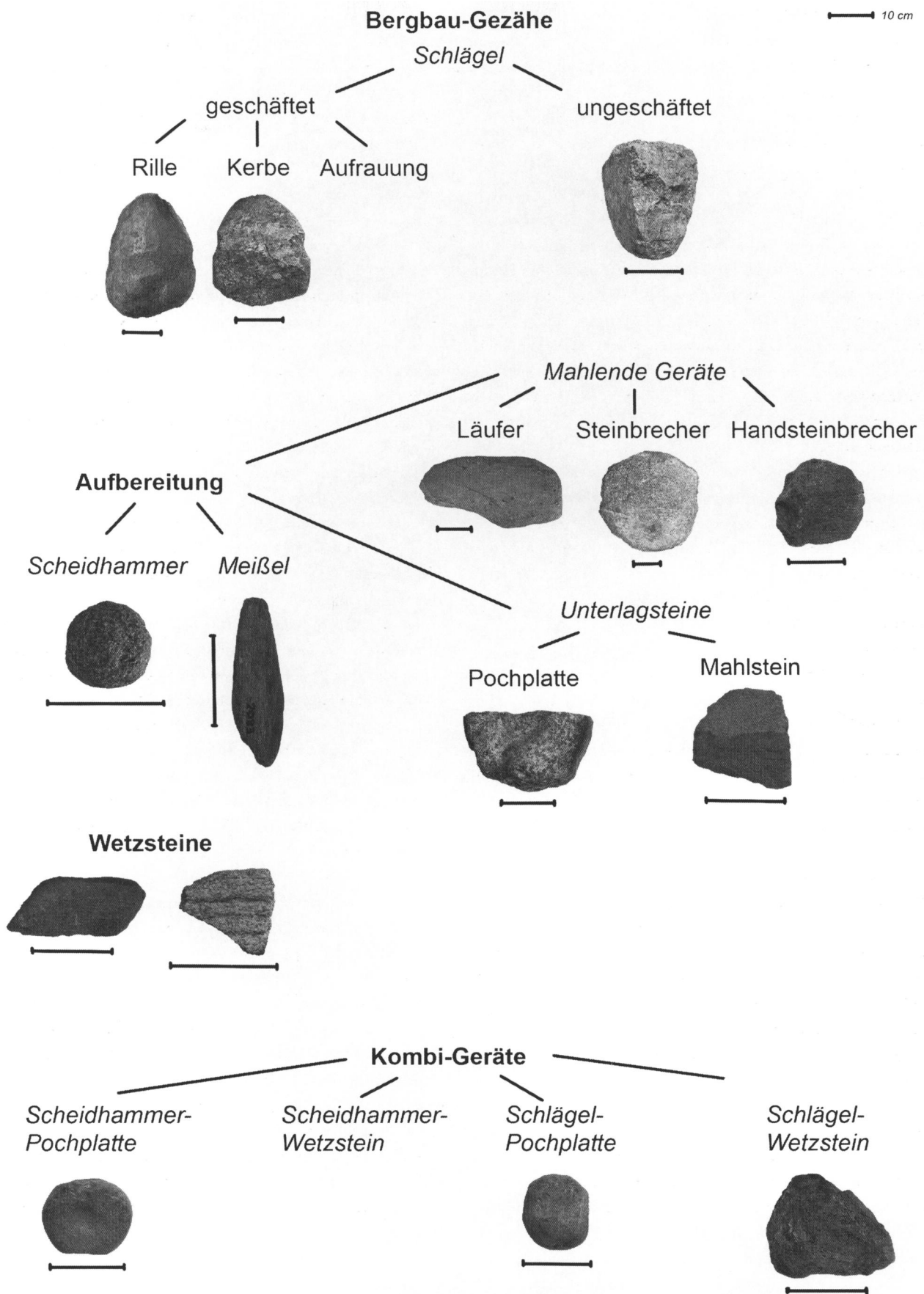


Abb. 50. Klassifikation der Steingeräte aus dem Bergbauggebiet Einöndberg, Vorlage DBM, A. Maass.

Gesteinsgrus zu -mehl zerrieben werden konnte. Die Läufer waren ungleich kleiner als die Wackelmühlen, mit einem Gewicht von ca. 2 bis 7 kg und bestanden aus einem schief-rigen Grünstein oder Quarzit.

Die Unterlegplatten sind in zwei Kategorien zu unterteilen: die Pochplatten (=Unterlagsplatten) und die Mahlsteine, welche in Verbindung mit den mahlenden Geräten (=Handmühlen/Erzmühlen) zu sehen sind. Die Pochplatten dienten als Unterlage für die Abscheidsteine und sind durch eine rundliche, im Laufe der Arbeit entstandene bzw. eingepickte Mulde mit einem Durchmesser von 2 bis 6 cm gekennzeichnet. Die einzige reine Pochplatte, die aufgefunden wurde, war aus Quarzit.

Es wurden bei der Prospektion zwei Mahlsteinfragmente gefunden, die aus einem Grünstein beziehungsweise aus Quarzit waren. Über ihre ursprüngliche Größe kann aufgrund des zu geringen Erhaltungsgrades keine Aussage gemacht werden.

Zahlreiche Geräte waren Multifunktionswerkzeuge, die gleichermaßen zu zwei unterschiedlichen Arbeiten verwendet wurden (nicht dazu gerechnet werden Geräte, die sekundär eine neue Funktion erhielten). Am häufigsten war die Kombination Abscheidstein und Pochplatte, daneben kamen aber auch Abscheidstein und Wetzstein beziehungsweise Schlägel und Wetzstein vor.

Eine neue, bislang wenig beachtete Werkzeuggruppe bilden die Wetzsteine. Sie dienten der Nachschärfung der im Abbau benutzten Bronzepickel, Beile und Messer. Die meisten waren kleine „Taschenwetzsteine“, nur wenige Zentimeter kleine Steine mit zumindest einer ebenen Seite, in der Schleiffrillen zu beobachten waren. Daneben kamen aber auch größere bis 10 cm große und ca. 500 bis 700 g schwere Geräte vor. Die Wetzsteine waren hauptsächlich aus unterschiedlichen Grüngesteinen, während nur ein Objekt aus einem gneisähnlichen Gestein bestand.

Eine weitere, bislang nicht beachtete Gruppe bildet die Sondergruppe der „einseitig geschlagenen Steine“. Es sind kleine Gerölle aus einem kieseligen, teilweise kristallinen Gestein, mit einem Gewicht von ca. 60 bis 160 g. Typisch sind leichte, nur einseitige Schlagspuren und einzelne Absplitterungen zur anderen Seite. Aufgrund der Spuren wäre eine Verwendung als Feuerschlagstein möglich, zumindest ist es bislang schwierig, sie mit anderen Tätigkeiten bei der Gewinnung beziehungsweise Aufbereitung in Verbindung zu bringen.

8. Schluss und Ausblick (Th. Stöllner)

Das zwischen 2002 und 2006 durchgeführte Forschungsprojekt hat in vielerlei Hinsicht zu neuen Ergebnissen geführt. Die verschiedenen, interdisziplinär angewandten Verfahren lassen deutlich erkennen, welches Potenzial auch heute noch in einer Forschungsregion schlummert, welche

seit fast 150 Jahren untersucht wird. Vor allem wird deutlich, dass ein Großrevier wie der Mitterberg eines neuen und systematischen Ansatzes bedarf, wenn die Vielzahl seiner archäologischen Quellen verstanden und in Beziehung zueinander gesetzt werden soll.

Im Einzelnen lässt sich dies an den schon bislang erzielten Ergebnissen im Südevier der Mitterberger Region ablesen. Die Grabungen unter Tage lassen erstmals einen größeren zusammenhängenden Grubenbau erkennen. Die Auserzung der Kupferkiesgänge geschah zwar ausschließlich in reich vererzten Gangzonen, folgte dort aber auch kleinen und relativ unbedeutenden Erzmitteln. Die bis jetzt untersuchten Abbaue wurden offensichtlich in der mittleren Bronzezeit gezielt im Tiefbergbau angelegt. Sie haben sich, höchstens von den Zugangsbauen – wahrscheinlich tonnlägigen Strecken – ausgehend, von den oberflächennahen Verhauen entwickelt. Ob sich die Abbautätigkeit dabei kontinuierlich von einem oberflächennahen Bergbau hin zu einem untertägigen Bergbau entwickelt hat, lässt sich vorerst aber nur vermuten. Die Datierung verschiedener Bergbauanlagen ist derzeit noch unsicher. Allerdings gibt es Indizien: Die von C. Eibner in den 1980er Jahren während der Grabung am Höchbauerngut geborgenen Funde lassen sich wohl eher in die ausgehende Frühbronzezeit datieren. Dies gilt vor allem für eine spätfühbronzezeitliche Schlauffennadel nach der Art Nižná Myšľa, die in einem der Bühnlöcher eines baulich mit dem Mundloch verbundenen Gebäudes gefunden wurde (siehe oben). Dies könnte bedeuten, dass die Anfänge des Tiefbergbaues tatsächlich in das 17. und frühe 16. Jh. v. Chr. zurückreichen. Da die Grabungsstelle der 1980er Jahre östlich der Tiefbergbaue im Arthurstollen liegt, kommt der Bereich auch für einen tonnlägigen Anfahrungsschacht in Frage. Somit wäre denkbar, dass sich der Tiefbergbau im Laufe der Jahrhunderte zum Ende des 15. und des frühen 14. Jhs. v. Chr. bis auf etwa 180–200 m unter Tage entwickelt hat.

Interessant sind in diesem Zusammenhang auch die Ergebnisse der geoelektrischen Prospektion auf Pingenzug 3 (Abb. 42, 46, 47). Dieser liegt ja wesentlich höher als die zum Arthurstollen gehörigen, obertägigen Bergbauanlagen. Dort wurde deutlich, dass die Unterkante des Verhaues nahe der ca. 20 m Teufe liegen sollte. Bestenfalls einzelne Grubenbauteile führen davon ab bzw. reichen tiefer. Weiteren gezielten Bohrkernprospektionen wäre es dann vorbehalten zu klären, ob die in der Elektrik festgestellten Bereiche mit hohen Aufladbarkeiten (Erzkörper) oder jene mit besonders hohen Widerständen (Hohlräume, Quarzgänge) in der Urzeit als nicht abbauwürdig stehen geblieben sind; sollte dies der Fall sein, so wäre zunächst die Pingentiefe oder eben auch die Anlage eines Tiefbergbaues von der Bauwürdigkeit und nicht vom Technologiestand abhängig. In einem solchen Falle wäre auch die chronologische Argumentation mit der Tiefe des Abbaues hinfällig. So deutet sich an, dass es

auch oberflächennahen Abbau in fortgeschrittenen Phasen der technologischen Entwicklung innerhalb des Mitterberggebietes gegeben hat. So datieren die am Haidberg ausgegrabenen tagnahen Verhaue eher in die ältere Urnenfelderzeit⁸⁵. Damit sind schon die Schwierigkeiten skizziert, mit denen man zu tun hat, wollte man ein konkretes Modell zu einzelnen Abbauphasen entwerfen. Hilfreich könnten in dieser Hinsicht vor allem auch die Indizien sein, wie man sie aus den obertägigen Aufbereitungsplätzen gewinnen könnte. Leider fehlen auch hierzu entsprechende Vorarbeiten, doch deuten sich erste Ansätze an. Die 2006 dokumentierten Scheideplätze lassen Unterschiede in den verwendeten Geräten (siehe Beitrag A. Maass) erkennen, was zunächst funktionale Gewichtungen in der Aufbereitungsarbeit andeutet (Abb. 50). Doch zeigen die Halden auch, dass mit chronologischer Differenzierung in den Abraumschüttungen zu rechnen ist. So konnten nahe Ping 3 (Abb. 42) zwei Halden mit ähnlichem Aufbereitungsgerät geborgen werden (Scheideplatz 1–2); zudem ist Scheideplatz 1 deutlich kleiner. Liegen zwei zeitlich unterschiedliche, aber technologisch ähnliche Prozesse vor? Gibt es innerhalb der durchwegs homogen scheinenden Schüttungen der Aufbereitungsplätze zeitliche Unterschiede?

Besonders bedeutsam sind aber die Ergebnisse, die durch die Grabungen unter Tage erzielt werden konnten. Vieles, was in ersten Ansätzen schon vor 2002 erkennbar war, lässt sich nun *en detail* bestätigen bzw. in ein neues Licht rücken. Produziert wurde in zwei Gangtrümmern westlich und östlich einer massiven Verwerfung. Deutlich ist die Auffahrung im Gang, die wahrscheinlich im Firststraßenbau vorgenommen wurde. Dabei wurde auf Arbeitsbühnen und ohne Feuersetzen wahrscheinlich in großen Höhen in „Eisenschlägelarbeit“ herein gewonnen. Der immer mangelnde Versatz (als Füllung und Stehhilfe) stellte dabei ein Problem dar. So wäre zu prüfen, ob man nicht zunächst mit „schwebenden“ Bergfesten gearbeitet hat, die man bei fortschreitendem Abbau hereingewinnen konnte.

Vor allem ist bemerkenswert, mit welcher Ausdauer und welchem Geschick die Bergleute der mittleren Bronzezeit die zwischen Lfm. 4650 und 4670 aufgetretenen Probleme mit der absetzigen Lagerstätte meisterten. Der geologisch-tektonisch verursachten Vertaubung bzw. Verwerfung der Kupferkiesgänge wurde mit Suchstrecken, schließlich mit einem messtechnisch unterstützten Zusammenschluss von Strecken begegnet. Es bleibt allerdings noch zu klären, in welchen zeitlichen Ablauf die einzelnen Arbeitsschritte z.B. im Verhältnis zu jenen in den Abbaubereichen zu setzen sind. Dabei kommt der Dendrochronologie eine wesentliche Aufgabe zu, gilt es doch zu klären, in welcher zeitlichen Staffe lung einzelne Abbaue angelegt wurden. Die zwischen-

zeitlich erlangten Datierungen könnten für eine kurze Staffe lung der Abbaue sprechen, wofür auch der relativ enge Kalibrationsbereich der C14-Daten spräche (siehe Beitrag Sormaz und Stöllner, Abb. 32). Vor einer Vergrößerung der Datenbasis ist aber hier noch keinesfalls das letzte Wort gesprochen.

Die Frage ist also, ob man weiterhin an den Firsten produzierte, während man die Suchstrecken und schließlich den Verbindungsbau anlegte. Gewisse Indizien sprechen dafür, dass man im östlichen Gangtrümm zunächst eine Suchstrecke anlegte, ehe man an der Firste weiter arbeitete und die Baue im „Ingenieurbau“ zusammenschloss. Die Beobachtungen, die hier zur bronzezeitlichen Bergbautechnik gemacht wurden, sind so einzigartig, dass sie bislang ohne Parallele dastehen.

Doch sind abseits der bronzezeitlichen Grubenbautechnik schon heute eine Fülle von Einzelbeobachtungen möglich, die die Auffahrung von untertägigen Strecken, die Auszimmerung von Hohlräumen sowie die zugehörige Waldwirtschaft und Holztechnologie betreffen. So lassen sich durch subtile Beobachtungen vor allem in den Suchstrecken das Arbeiten an der Ortsbrust mit Mittelschram und seitlichem Hereingewinnen belegen. Dazu kommt die Arbeiten mit Keilen bzw. der „Eisenschlägelarbeit“ an Sohlen, die klassischer Weise immer in Absätzen vorgenommen wird. Für die mittlere Bronzezeit muten diese Techniken sehr modern an.

Auch die Zimmerungstechnik mutet in vielem sehr ausgefeilt an: Die Stämme wurden offensichtlich als Rohlinge in die Grube geschafft und dort auf das rechte Maß abgelängt (siehe Beitrag P. Thomas; Stammrohling von 1,4 m Länge mit Schlepp- bzw. Trageösen). Dabei wurde gezielt selektiertes Holz verwendet (siehe Beitrag N. Boenke).

Noch nicht zusammenfassend ausgewertet sind die in den Abbauen an den Ulmen (Stößen) vorkommenden Bühnlöcher, die – wie es scheint – von temporär eingesetzten Fahr- und Arbeitsbühnen herrühren; ihre Auswertung in größerem Zusammenhang wird erstmals auch die Hinweise auf den Ablauf des Firststraßenabbaues (mit temporären Zwischensohlen in den Gängen?) deutlicher vor Augen führen. Dass hier mit komplexen Arbeitsstrategien zu rechnen ist, zeigen allein schon die Verzimmerungen und Versatzbühnen im Tiefbau. Dort könnte sich andeuten, dass ein Teil der dort zahlreich eingebrachten Stempel zunächst nur der Sicherheit während des Abbaues diente; erst später scheint man einen Teil dieser Stempel als Versatzbühnen umgewidmet bzw. mit Standflächen versehen zu haben (z.B. mittlere Versatzbühne im Tiefbau bei Lfm. 4650).

Verzimmerungstechnik, Waldwirtschaft und Holzbearbeitung zeugen von einem sehr erfahrenen Umgehen mit

⁸⁵ GSTREIN, LIPPERT 1987.

der Ressource Holz. Die diesbezüglich begonnenen Arbeiten (siehe Beitrag N. Boenke u. P. Thomas) werden hier einzigartiges Quellenmaterial vollständig an die Hand gegeben.

Die bisherigen Ergebnisse deuten auf funktional und logistisch bestens aufeinander abgestimmte Arbeitsabläufe. Erklärt dies im Gegensatz zu den eisenzeitlichen (nicht bronzezeitlichen!) Salzbergwerken Hallstatt und Dürrnberg auch die äußerst geringfügige Einlagerung von Abfall aller Art? Dies ist besonders anhand des weitgehenden Fehlens von botanischen Makro- und Faunenresten deutlich. Da ein Fehlen erhaltungsbedingt auszuschließen ist, wäre zu fragen, ob sich darin nicht auch bestimmte Organisationsprinzipien spiegeln? Gab es „Bergordnungen“, die für ein Reinhalten der Gruben sorgten, etwas was im Mittelalter und in der Neuzeit eine Selbstverständlichkeit gewesen ist⁸⁶. Auch im mittel- bis spätbronzezeitlichen Bergbau von Hallstatt ist ja das Vorkommen von Paläofäzes (menschlichen Exkrementen) ausgesprochen selten, ganz im Gegensatz zur Eisenzeit.

Damit sind wir abschließend zu einem Fragenkreis gelangt, der schon in ein nächstes Projekt zielt, das ab 2007 im Rahmen des SFB „Himat“ (Spezialforschungsbereich „The History of Mining Activities in the Tyrol: Impact on Environment and Human Societies“, gefördert vom FWF an der Universität Innsbruck) durchgeführt werden wird. Viele der angedeuteten übergeordneten Fragestellungen hoffen wir in den kommenden Jahren einer Lösung näherzubringen. Neben Fragen des Bergbaues, seiner Organisation und seiner Chronologie stehen vor allem Subsistenzfragen und die Herausarbeitung eines spezifischen wirtschaftlichen „Musters“ für den bronzezeitlichen Bergbau im Zentrum. Die Region um den Mitterberg eignet sich in besonderer Weise, sind doch hier bergbauprägte Strukturen über lange urzeitliche Perioden wirtschaftlich bestimmend gewesen⁸⁷.

Literatur

BARBER, FIELD, TOPPING 1999

M. BARBER, D. FIELD, P. TOPPING, *The Neolithic Flint Mines of England*, London 1999.

BARTH 1986

F. E. BARTH, *Der urzeitliche Bergbau im Grüner Werk des Salzbergwerkes Hallstatt*. Begleitheft zur Ausstellung Hallstatt 1986, Hallstatt, Bad Ischl 1986, 1–32.

BARTH 1998

F. E. BARTH, *Bronzezeitliche Salzgewinnung in Hallstatt*. In: B. HÄNSEL (Hrsg.), *Mensch und Umwelt in der Bronzezeit Europas*, Kiel 1998, 123–128.

BARTH, GRABNER 2003

F. E. BARTH, M. GRABNER, *Wirtschaftliche Außenbeziehungen des spätbronzezeitlichen Hallstatt*, *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft Wien* 133, 2003, 85–89.

BOENKE, Dürrnberg

N. BOENKE, *Analyse botanischer Großreste aus dem Salzbergwerk am Dürrnberg bei Hallein: Eine Untersuchung zu Ressourcen, Umwelt und Ernährung*, *Dürrnberg-Forschungen* 5 (in Vorbereitung).

COLLET et al. 2006

H. COLLET et al., *The Flint Mines of Petit-Spiennes (Province de Hainault): an Update*. In: G. KÖRLIN, G. WEISGERBER, *Stone Age – Mining Age*. V3. *Internat. Flint Symposium 1999*, *Der Anschnitt*, Beih. 19, Bochum 2006, 67–72.

CHERNYKH 1978

E. N. CHERNYKH, *Aibunar – a Balkan Copper Mine of the Fourth Millennium B.C.*, *Proc. Prehist. Soc.* 44, 1978, 203–217.

CHERNYKH et al. 2002

E. N. CHERNYKH et al., *Kargaly II. Gorny – the Late Bronze Age Settlement: Topography, Lithology, Stratigraphy: Household, Manufacturing and Sacral Structures: Relative and Absolute Chronology*, Moscow 2002.

EIBNER-PERSY, EIBNER 1970

A. EIBNER-PERSY, C. EIBNER, *Erste Großgrabung auf dem bronzezeitlichen Bergbaugelände von Mitterberg*, *Der Anschnitt* 22/5, 1970, 12–19.

EIBNER 1972a

C. EIBNER, *Gedanken über die urgeschichtliche Bergbaugrabung*, *Der Anschnitt* 24/1, 1972, 3–8.

EIBNER 1972b

C. EIBNER, *Mitterberg-Grabung 1971*, *Der Anschnitt* 24/1, 1972/2, 3–15.

⁸⁶ In Mitterberg bis vor Einführung der Flotation im Bergbau streng eingehalten – „Man muss vom Boden essen können“: Freundl. Mitt. von A. Hohengassner †, Bergmann in Mühlbach am Hochkönig und Teilnehmer an den Grabungen im Aufbereitungsgelände am Troiboden; herzlichen Dank an A. Eibner-Persy für diesen Hinweis.

⁸⁷ Siehe allgemein die jüngeren Bemerkungen bei EIBNER 2001. – STÖLLNER 2003a, 433 ff. sowie bei STÖLLNER, CIERNY, EIBNER 2004, 97 ff. (dort sind die wesentlichen Fragestellungen zusammengefasst, die nun auch Inhalt der Projektphase ab 2007 werden). Aus der älteren Literatur vor allem zu beachten LIPPERT 1992. – EIBNER 1993b. – SHENNAN 1995.

EIBNER 1974

- C. EIBNER, Mitterberg-Grabung 1972, *Der Anschnitt* 26/2, 1974, 14–22.

EIBNER 1982

- C. EIBNER, Kupfererzbergbau in Österreichs Alpen. In: B. HÄNSEL (Hrsg.), *Südosteuropa zwischen 1600 und 1000 v. Chr., Prähistorische Archäologie in Südosteuropa* 1, Berlin 1982, 399–408.

EIBNER 1989

- C. EIBNER, Die Kupfergewinnung in den Ostalpen während der Urzeit. Vorträge des 7. Niederbayerischen Archäologentages 1989, 29–36.

EIBNER 1992

- C. EIBNER, Der Kupferbergbau in den österreichischen Alpen in der Urzeit, *Archäologie Österreichs* 3/1, 1992, 12–16.

EIBNER 1993a

- C. EIBNER, Urzeitliche Bergbautechnik in den Ostalpen. In: H. STEUER, U. ZIMMERMANN (Hrsg.), *Montanarchäologie in Europa*, Freiburger Forschungen 4, Sigmaringen 1993, 83–88.

EIBNER 1993b

- C. EIBNER, Die Pongauer Siedlungskammer und der Kupferbergbau in der Urzeit. In: W. GÜNTHER et al., 5000 Jahre Kupferbergbau Mühlbach am Hochkönig – Bischofshofen, Bischofshofen 1993, 11–26.

EIBNER 1998

- C. EIBNER, Schaubergwerk Arthurstollen, *Archäologie Österreichs* 9/1, 1998, 85–89.

EIBNER 2001

- C. EIBNER, Der urzeitliche Kupfererzbergbau im Raum Bischofshofen. In: F. HÖRMANN (Hrsg.), *Chronik Bischofshofen I. Vom urzeitlichen Kupfererzbergbau über die Maximilianszelle bis zur Eisenbahn*, Bischofshofen 2001, 31–38.

EIBNER 2006

- C. EIBNER, Überlegungen zur Messtechnik der Bronzezeit. In: P. AMANN, M. PEDRAZZI, H. TAEUBER (Hrsg.), *Italo-Tusco-Romana. Festschrift für Luciana Aigner-Foresti zum 70. Geburtstag am 30. Juli 2006*, Wien 2006, 203–207.

GALE 1991

- D. GALE, The Surface Artefact Assemblage for a Prehistoric Copper Mine, Austria. In: P. BUDD et al. (ed.), *Archaeological Sciences* 1989. *Oxbow Monographs* 9, Oxford 1991, 143–150.

GROSSER 1977

- D. GROSSER, Die Hölzer Mitteleuropas. Ein mikrophotographischer Lehratlas, Berlin, Heidelberg, New York 1977.

GSTREIN 1988

- P. GSTREIN, Neuaufnahme eines vorgeschichtlichen Abbaus im Arthur-Stollen (Bergbau Mitterberg), *Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde* 128, 1988, 425–438.

GSTREIN, LIPPERT 1987

- P. GSTREIN, A. LIPPERT, Untersuchungen bronzezeitlicher Pingen am Hochmoos bei Bischofshofen, Salzburg, *Archaeologia Austriaca* 71, 1987, 89–100.

JAMNIK, KRAUSS, STAUBMANN 2004

- W. JAMNIK, R. KRAUSS, G. STAUBMANN, Der prähistorische Kupfererzbergbau bei Mühlbach am Hochkönig, *Archäologie Österreichs* 15/2, 2004, 34–39.

JACOMET, KREUZ 1999

- S. JACOMET, A. KREUZ, *Archäobotanik: Aufgaben, Methoden und Ergebnisse vegetations- und agrargeschichtlicher Forschung*, Stuttgart 1999.

KLOSE 1918

- O. KLOSE, Die prähistorischen Funde vom Mitterberge bei Bischofshofen im städtischen Museum Carolino-Augustum zu Salzburg und zwei prähistorische Schmelzöfen auf dem Mitterberge, *Österreichische Kunsttopographie* 17, Beitrag II, Wien 1918, 1–40.

KLOSE 1931

- O. KLOSE, Die zeitliche Stellung des prähistorischen Kupferbergbaues in den Ostalpen, *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft Wien* 61, 1931, 137–155.

KRAUSS 2002

- R. KRAUSS, Der Bergbau auf der Au zu St. Veit. Prähistorisch-mittelalterlich-frühneuzeitlicher und neuzeitlicher Kupferbergbau in St. Veit. *Archäologie in St. Veit im Pongau* 2, 2002, 1 ff.

KYRLE 1918

- G. KYRLE, Der prähistorische Bergbaubetrieb in den Salzburger Alpen. In: G. KYRLE (Bearb.), *Urgeschichte des Kronlandes Salzburg. Österreichische Kunsttopographie* 17, Beitrag I, Wien 1918, 1–50.

LIPPERT 1992

- A. LIPPERT, Der Götschenberg bei Bischofshofen. Eine ur- und frühgeschichtliche Höhensiedlung im Salzachpongau, *Mitteilungen der Prähistorischen Kommission* 27, Wien 1992.

- LOBISSER 2005
W. LOBISSER, Die eisenzeitlichen Bauhölzer der Gewerbesiedlung im Ramsautal am Dürrnberg bei Hallein, Dürrnberg-Forschungen 4, Rahden/Westfalen 2005.
- MAYER 1977
E. F. MAYER, Die Äxte und Beile in Österreich, Prähistorische Bronzefunde 9/9, Frankfurt 1977.
- MAISE 2004
C. MAISE, Holzfunde. In: I. BAUER, B. RUCKSTUHL, J. SPECK, Zug-Sumpf 3/1. Die Funde der Grabungen 1923–37, Zug 2004, 276–293.
- MOHEN 1991
J.-P. MOHEN, Les sépultures des métallurgistes du début des Ages des Métaux en Europe. In: Chr. ELUÉRE, J.-P. MOHEN, Découverte du Métal. Papers from an International Colloquium at the Musée des Antiquités Nationales, St. Germain en Laye, on the occasion of the Prehistoric Gold from Bulgaria exhibition in 1989, Paris 1991, 132–142.
- MUCH 1879
M. MUCH, Das vorgeschichtliche Kupferbergwerk auf dem Mitterberg bei Bischofshofen (Salzburg), Mitteilungen der k.k. Centralkommission zur Erforschung und Erhaltung der kunst- und historischen Denkmale N.F. 5, 1879, 18–36.
- MUCH 1893
M. MUCH, Die Kupferzeit in Europa und ihr Verhältnis zur Kultur der Indogermanen, Jena 1893.
- NOVOTNÁ 1980
M. NOVOTNÁ, Die Nadeln in der Slowakei, Prähistorische Bronzefunde 13/6, München 1980.
- OLEKSA 1987
L. OLEKSA, Gräber von Metallgießern in Nyžná Myžl'a, Arch. Rozhledy 39, 1987, 255–275.
- PAAR 1973
W. PAAR, Die Kupfererz-Lagerstätte Mitterberg, LAPIS 3/5, 1973, 26–33.
- PAAR 1993
W. PAAR, Geologische Einführung und Mineralogie der Kupfererzlagerstätten im Raum Mühlbach-Bischofshofen. In: W. GÜNTHER et al., 5000 Jahre Kupferbergbau Mühlbach am Hochkönig – Bischofshofen, Bischofshofen 1993, 41–55.
- REINECKE 1933
P. REINECKE, Besprechung zu K. Zschocke und E. Preuschen 1932, Germania 17, 1933, 143–146.
- RESCHREITER 2005
J. RESCHREITER, Neufund einer bronzezeitlichen Holzstiege im Salzbergwerk Hallstatt, Archäologie Österreichs 16, 2005, 27–32.
- SCHALK 1992
E. SCHALK, Das Gräberfeld von Hernádkak. Studien zum Beginn der Frühbronzezeit im nordöstlichen Karpatenbecken, Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 9, Bonn 1992.
- SCHALK 1998
E. SCHALK, Die Entwicklung der prähistorischen Metallurgie im nördlichen Karpatenbecken. Eine typologische und metallanalytische Untersuchung, Internationale Archäologie: Naturwissenschaft und Technologie 1, Rahden/Westfalen 1998.
- SCHWEINGRUBER 1990
F. H. SCHWEINGRUBER, Anatomie europäischer Hölzer. Ein Atlas zur Bestimmung europäischer Baum-, Strauch- und Zwergstrauchhölzer, Bern, Stuttgart 1990.
- SHENNAN 1995
S. J. SHENNAN, Bronze Age Copper Producers of the Eastern Alps: Excavations at St. Veit-Klinglberg, Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 27, Bonn 1995.
- SPERBER 1999
L. SPERBER, Krisen der spätbronzezeitlichen Metallversorgung im westlichen Mitteleuropa: Von der Bronze zum Eisen. In: Götter und Helden der Bronzezeit. Europa im Zeitalter des Odysseus, Kopenhagen, Bonn, Paris, Athen 1999, 48–51.
- SPERBER 2004
L. SPERBER, Zur Bedeutung des nördlichen Alpenraumes für die spätbronzezeitliche Kupferversorgung in Mitteleuropa mit besonderer Berücksichtigung Nordtirols. In: G. WEISGERBER, G. GOLDBERG (Hrsg.), Rame delle Alpi – Alpenkupfer, Der Anschnitt, Beiheft 17, Bochum 2004, 303–345.
- STÖLLNER 2003a
TH. STÖLLNER, Mining and Economy. A Discussion of Spatial Organisations and Structures of Early Raw Material Exploitation. In: Th. STÖLLNER et al., Man and Mining. Studies in honour of Gerd Weisgerber, Der Anschnitt, Beiheft 16, Bochum, 415–446.
- STÖLLNER 2003b
TH. STÖLLNER, Bemerkungen zur bronzezeitlichen Gewinnung von sog. Fahl- und Kupferkieserzen in Salzburg und Nordtirol. In: Th. STÖLLNER et al., Man and Mining. Studies in honour of Gerd Weisgerber, Der Anschnitt, Beiheft 16, Bochum 2003, 30–35.

STÖLLNER, EIBNER, CIERNY 2004

TH. STÖLLNER, C. EIBNER, J. CIERNY, Prähistorischer Kupferbergbau Arthurstollen – ein neues Projekt im Südrevier des Mitterberggebietes. In: G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), Rame delle Alpi – Alpenkupfer, Der Anschnitt, Beiheft 17, Bochum 2004, 95–106.

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. Mitteilungen der Prähistorischen Kommission 27, Wien 1992, 129–142.

WEISGERBER 1990

G. WEISGERBER, Montanarchäologie – Grundzüge einer systematischen Bergbaukunde für Vor- und Frühgeschichte und Antike. Teil 2, Der Anschnitt 42, 1990, 2–18.

ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932

K. ZSCHOCKE, E. PREUSCHEN, Das urzeitliche Bergbauggebiet von Mühlbach-Bischofshofen, Materialien zur Urgeschichte Österreichs 6, Wien 1932.

Autoren

Nicole Boenke M.A.

Archäologische & Archäobotanische Untersuchungen
Herawies 42
A-6723 Blons
nboenke@gmx.net

Univ.-Prof. Dr. Clemens Eibner

Institut für Ur- und Frühgeschichte und Vorderasiatische Archäologie
Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
Marstallhof 4
D-69117 Heidelberg
clemens.eibner@zaw.uni-heidelberg.de

Univ.-Prof. Dr. Rainer Herd

Juniatorprofessur Rohstoff- und Ressourcenwirtschaft
Brandenburgische Technische Universität Cottbus
Konrad-Wachsmann-Allee 1
D-03046 Cottbus
herd@tu-cottbus.de

Dr. Alexander Maass

Deutsches Bergbau-Museum Bochum
Forschungsbereich Montanarchäologie
Forschungsstelle Archäologie und Materialwissenschaften
Herner-Straße 45
D-44787 Bochum
alexander.maass@bergbaumuseum.de

Dipl. Geogr. Klaus Röttger

Geoarchäologische Prospektionen
Usingerstr. 14
D-35641 Schöffengrund
Klaus-roettger@web.de

Lic.-phil. Trivun Sormaz

Labor für Dendrochronologie
Amt für Städtebau, Archäologie und Denkmalpflege
Seefeldstraße 317
CH-8008 Zürich, Schweiz
trivun.sormaz@bluewin.ch

Dipl. Ing. Gero Steffens

Deutsches Bergbau-Museum Bochum
Forschungsbereich Montanarchäologie
Forschungsstelle Archäologie und Materialwissenschaften
Herner-Straße 45
D-44787 Bochum
gero.steffens@bergbaumuseum.de

Univ.-Prof. Dr. Thomas Stöllner

Deutsches Bergbau-Museum Bochum
Forschungsbereich Montanarchäologie
Forschungsstelle Archäologie und Materialwissenschaften
Herner-Straße 45
D-44787 Bochum
Institut für Archäologische Wissenschaften
Fach Ur- und Frühgeschichte
Ruhr-Universität Bochum
Universitätsstraße 150
D-44780 Bochum
thomas.stoellner@bergbaumuseum.de

Cand. phil. Peter Thomas

Vorgeschichtliches Seminar
Philipps-Universität Marburg
Biegenstraße 11
D-35032 Marburg/Lahn
tompitt@gmx.de