

DER PRÄHISTORISCHE BERGBAU IN EUROPA UND ARCHÄOMETALLURGISCHE UNTER- SUCHUNGEN IM MONTAFON

1 Geografische Verbreitung in Europa

Wie eine Vielzahl von Funden prähistorischer Gerätschaften belegt, wurde das Aufsammeln von nützlichen Gesteinen von der Erdoberfläche bereits von den frühesten Menschen durchgeführt. Als die ersten europäischen Belege für das Sammeln und Bearbeiten von Gesteinen gelten die groben Werkzeuge der fröhpaläolithischen Kulturstufe des Abbévillien. Benannt wurde diese Kulturstufe nach der nordfranzösischen Stadt Abbéville, wo im 19. Jahrhundert neben einfachen Abschlägeräten die frühesten Faustkeile gefunden wurden. Erste bergbauliche Tätigkeiten sind ebenfalls für das Paläolithikum belegt. Vor zirka 50 000 Jahren wurde in Tagebaugruben Rötel gefördert¹.

Im europäischen Raum lassen sich die ersten bergbaulichen Tätigkeiten bis in das Neolithikum zurückverfolgen. Bereits in der Mitte des 4. Jahrtausends vor Christus wurden in Krzemionki Opatowskie (Polen) die im Jurakalk eingeschlossenen gebänderten Hornsteinlagen abgebaut. Auf einer Fläche von zirka 50 Hektar wurden mehr als 1000 bis zehn Meter tiefe Schächte aufgefunden, von denen bis zu 30 Meter lange und nur etwa 60 Zentimeter hohe Stollen ausgingen. Aufgrund der Größe der Abbaufläche ist anzunehmen, dass der Abbau des Hornsteins nicht nur für den eigenen Bedarf stattfand, sondern bereits ein organisierter Bergbau war, der auch auf eine Weiterverhandlung abzielte². Grime's Graves (Norfolk) ist mit ungefähr 400 erforschten, senkrecht im Kalk abgeteuften Schächten das bisher größte bekannte Silex-Bergwerk Englands³. Eines der ältesten Silex-Abbaugebiete Europas befindet sich in Spiennes (Belgien). Sowohl der Silex-Abbau als auch eine Besiedlung lassen sich dort bis in die Mitte des 4. Jahrtausends datieren. Neben Pingenfeldern wurden über 50 Schächte lokalisiert und archäologisch untersucht⁴. In Österreich wurde um die Mitte des 3. Jahrtausends vor Christus in Wien-Mauer einige Jahrhunderte lang in bis zu zwölf Meter tiefen

Schächten und Kammern Hornstein abgebaut⁵. Als derzeit ältester europäischer Erzbergbau gilt das Bergwerk von Rudna Glava (Serbien), dessen Abbaubeginn in die erste Hälfte des 5. Jahrtausends datiert wird. Ausgehend von oberflächlich sichtbaren Ausbissen der Erzgänge wurden karbonatische Kupfererzvorkommen bis zu einer Teufe von 20 Metern ins Gestein hinein verfolgt und abgebaut⁶.

Eine der metallreichsten Lagerstättenregionen Europas ist die Iberische Halbinsel, deren Vorkommen an Gold, Silber, Kupfer und Blei seit der Bronzezeit abgebaut und weiter verarbeitet wurden. Prähistorischer Bergbau ist auch für Irland und England nachgewiesen; bislang konnten 30 Bergbauregionen identifiziert werden. Zu den am besten erforschten bronzezeitlichen Bergbaustätten gehören die Abaugebiete von Ross Island und Mount Gabriel in Irland sowie Great Orme, Cwmystwyth und Alderley Edge in Wales beziehungsweise Süden-England. Als älteste dieser Bergbaustätten gilt jene von Ross Island, deren Anfänge in die zweite Hälfte des 3. Jahrtausends, die Frühbronzezeit Irlands, datiert werden⁷. Besonders reiche Kupfer- und Zinnvorkommen besitzt Cornwall, wo früher Bergbau ebenfalls für die Bronzezeit nachgewiesen ist⁸.

Bereits für die prähistorische Zeit werden große Produktionsmengen an Erzen für die Bergbaureviere der österreichischen Alpen angenommen. Zu den bedeutendsten und am besten montanarchäologisch untersuchten Revieren gehört das Kupferkiesbergwerk Mitterberg bei Bischofshofen⁹.

Bronzezeitlicher Bergbau in den Alpen

2

In den Alpen lässt sich noch heute eine Vielzahl von prähistorischen Bergbauspuren beobachten. Wie eine ganze Reihe von wissenschaftlichen Untersuchungen im letzten Jahrhundert bewiesen hat, können neben gut in der Landschaft sichtbaren Abraumhalden und Pingenfeldern auch Scheide- und Schmelzplätze sowie Stollen und Schächte auf prähistorischen beziehungsweise bronzezeitlichen Bergbau zurückgeführt werden. Erste Forschungsergebnisse wurden bereits Ende des 19. beziehungsweise Anfang des 20. Jahrhunderts von Much, Kyrle und Klose veröffentlicht¹⁰. Mit diesen Untersuchungen des Kupferkiesbergwerks am Mitterberg bei Bischofshofen (Salzburg) begannen die systematischen montanarchäologischen Forschungen in

¹ Weisgerber 2000.

² Zemmer-Plank 1990.

³ Felder 1980; Mercer 1980; Holgate 1991.

⁴ Hubert 1980.

⁵ Jahn 1960; Zemmer-Plank 1990.

⁶ Wilsdorf 1987.

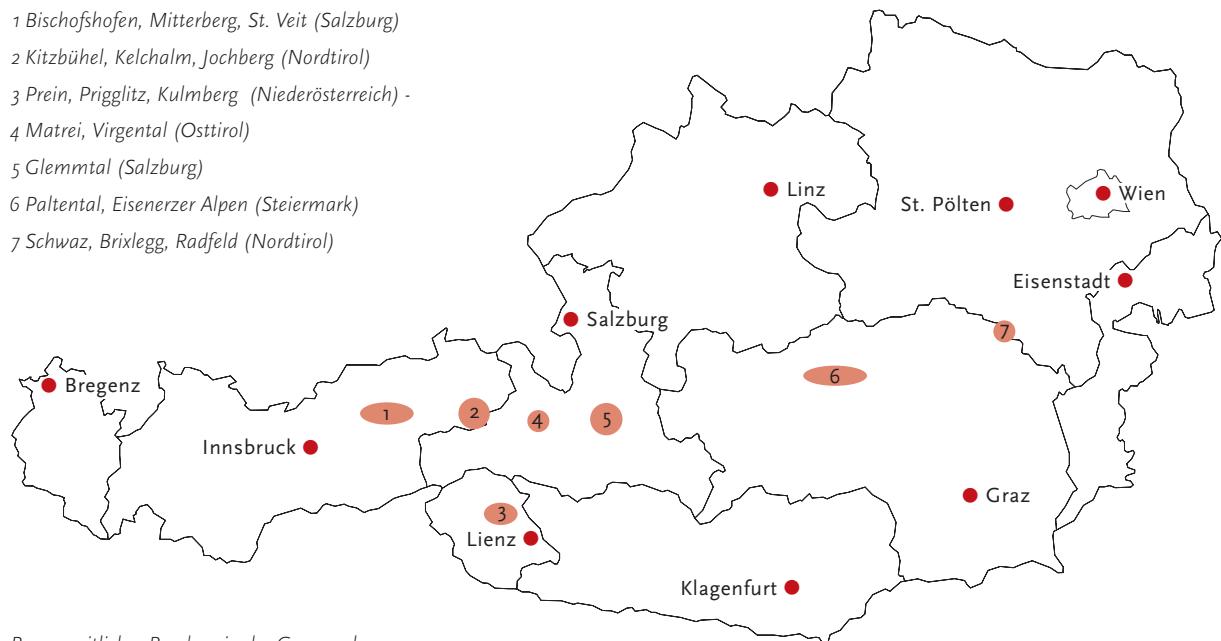
⁷ Budd 1998.

⁸ Jackson 1968; Zimmermann 1993.

⁹ Siehe Kapitel 2.

¹⁰ Much 1879; Kyrle 1912; Klose 1916.

- 1 Bischofshofen, Mitterberg, St. Veit (Salzburg)
- 2 Kitzbühel, Kelchalm, Jochberg (Nordtirol)
- 3 Prein, Prigglitz, Kulmberg (Niederösterreich) -
- 4 Matrei, Virgental (Osttirol)
- 5 Glemmtal (Salzburg)
- 6 Paltental, Eisenerzer Alpen (Steiermark)
- 7 Schwaz, Brixlegg, Radfeld (Nordtirol)



Bronzezeitlicher Bergbau in der Grauwackenzone.

den Alpen. Besonders um die Erforschung des prähistorischen Bergbaus hat sich E. Preuschen verdient gemacht, dessen montanarchäologische Prospektionen in den Alpen die Grundlage vieler Forschungen bildeten. Ausgehend von den Untersuchungen Preuschens wurden die montanarchäologischen Forschungen im Laufe der Zeit auf ganz Österreich ausgeweitet. Neben dem Montanrevier von Mühlbach-Bischofshofen (Salzburg) konnten auf der Kelchalm bei Kitzbühel (Nordtirol)¹¹, den Eisenerzer Alpen im Paltental (Steiermark)¹², in Pitten-Prein (Niederösterreich) und in der Region von Schwaz-Brixlegg (Nordtirol) bedeutende Zeugnisse des prähistorischen Kupfererzbergbaus in Österreich aufgefunden und erforscht werden.

Heute zählen die prähistorischen Bergbaureviere der österreichischen Alpen zu den am besten erforschten überhaupt. Weitere Belege für ein prähistorisches Zentrum des Kupfererzbergbaus und der Kupfererzverhüttung wurden im Trentino auf der Hochfläche von Lavarone beziehungsweise Vézzena südlich von Levico in den Lessinischen Alpen aufgefunden. In den meisten dieser Regionen liegen vor allem Zeugnisse der Verarbeitung von Kupfererzen vor. Neben vielen Schmelzplätzen zeugen zum Teil ausgedehnte Schlackenhalden vom intensiven Abbau und der Verhüttung der Erze.

Die Kenntnisse über einen prähistorischen Bergbau in den französischen und schweizerischen Alpen sind bislang noch relativ gering¹³. Nach dem bisherigen Stand der Forschung hat sich der prähis-

torische Bergbau vor allem auf die bedeutenden Erzlagerstätten beschränkt, die an die Nördliche Grauwackenzone gebunden sind. Diese schließt sich südlich an die Nördlichen Kalkalpen an und erstreckt sich etwa von Innsbruck im Westen bis an den Südrand des Wiener Beckens im Osten.

Eines der bedeutendsten prähistorischen Kupfererzgewinnungs- und Kupferverarbeitungszentren ist das Montanrevier Mühlbach-Bischofshofen mit dem Mitterberg beziehungsweise dem Mitterberger Hauptgang, dem so genannten Südrevier am Einödberg mit dem Brandergang und dem Buchberg.

Wie bereits festgehalten stellt das angesprochene Montanrevier eines der am intensivsten archäologisch erforschten dar und zählt daher heute zu den am besten untersuchten prähistorischen Bergbaureviere. Bereits 1932 nahmen K. Zschocke und E. Preuschen erste grundlegende Forschungen zu den Abbautechniken und den Methoden der Aufbereitung und Verhüttung der Erze vor¹⁴. Untersuchungen der Metallartefakte wurden von H. Neuninger durchgeführt¹⁵. Erste Ausgrabungen im Bereich des Mitterberger Bergaugebiets nahmen Zschocke und Preuschen im Zuge ihrer Untersuchungen zu den Abbau- und Aufbereitungstechniken prähistorischen Bergbaus vor. Seit den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts wurden diese Arbeiten von der Arbeitsgruppe um C. Eibner fortgesetzt und sind nunmehr Gegenstand intensiver montanarchäologischer Untersuchungen im Rahmen des Forschungsverbunds HiMAT an der Universität Innsbruck¹⁶.

¹¹ Goldenberg 2004.

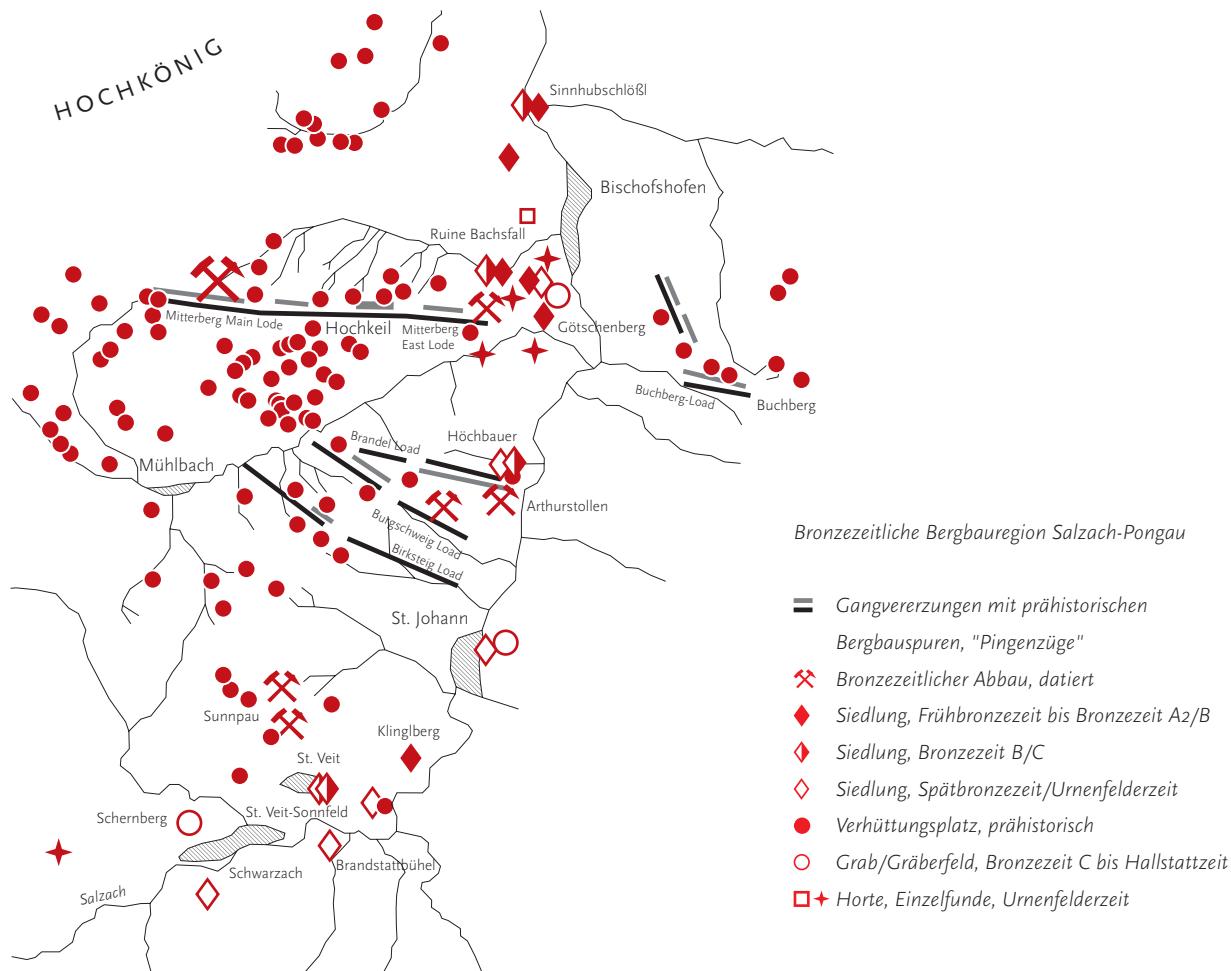
¹² Eibner 1998; Klemm 2003 u. 2004.

¹³ Ancel 1997.

¹⁴ Zschocke/Preuschen 1932.

¹⁵ Zum Beispiel Neuninger/Pittioni 1963.

¹⁶ The History of Mining Activities in the Tyrol and Adjacent Areas: Impact on Environment and Human Societies, <http://www.uibk.ac.at/himat/>.



Mitterberg (Pongau): Bergbau und Siedlungen.

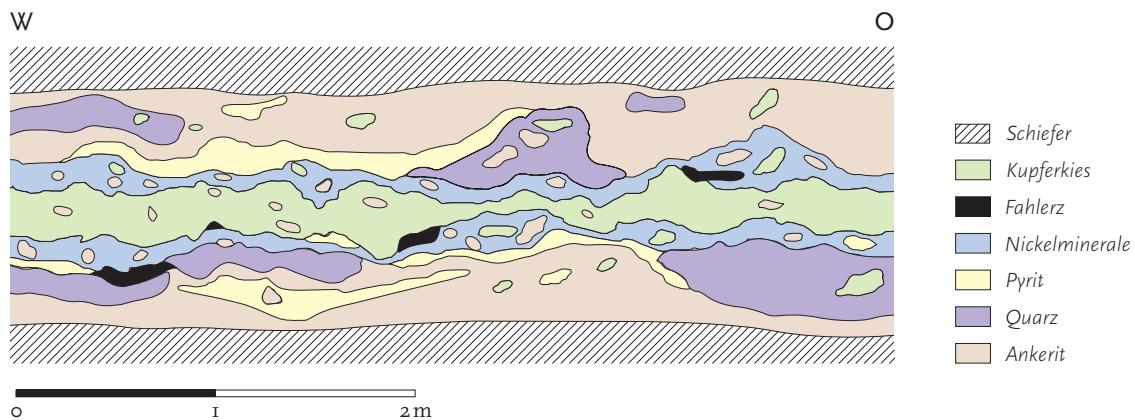
Die Kupferkieslagerstätte von Mühlbach-Bischofshofen ist eine Ganglagerstätte, deren Hauptgang, der Mitterberger Hauptgang, eine Mächtigkeit von zwei Metern erreicht. Parallel zu diesem schließen sich weiter südlich mehrere geringer mächtige Gänge an. Alle davon streichen in ostwestlicher Richtung und fallen steil nach Süden ein. Heute kann das Streichen des Mitterberger Hauptganges anhand der Pingenzüge in der Landschaft verfolgt werden. Abgebaut wurde das Erz mit der »Firstenstreckentechnik mit Bergversatz«, das heißt, es wurde mittels der Methode des Feuersetzens¹⁷ in Richtung des Erzganges ein Gesenk mit einem Gefälle von 18 bis 26 Grad niedergebracht, von dem aus der Abbau erfolgte. Sowohl die beachtliche Höhe der entstandenen Grubenhohlräume als auch mehrere Pfostenlöcher in den Grubenwänden belegen, dass man zum Teil mehrere Zwischenbühnen einzog und von diesen den Abbau weiter vortrieb. Reste solcher Grubenausbae sind im Arthurstollen, der den Brandergang am Einödberg aufschließt, erhalten geblieben. Durchschnittlich gelangte man im Mitterberger Revier bis in eine Tiefe von 60 bis 80 Metern. An der tiefsten Stelle wurden 105 Meter unter der Erdoberfläche erreicht¹⁸.

¹⁷ Zur Technik des Feuersetzens siehe weiter unten.



Rekonstruktion des bronzezeitlichen Bergbaus mithilfe des Feuersetzens am Mitterberg.

¹⁸ Eibner 1993.



Mitterberg: Grafik des Hauptgangs.

An zwei Lokalitäten konnte die Erzaufbereitung untersucht werden. Am Troiboden oberhalb des Mitterberger Hauptganges und im Bereich des Ursprungs des Sulzbaches haben intensive archäologische Grabungen vielerlei Zeugnisse der Aufbereitungsprozesse nachgewiesen. Neben Haldenmaterial wurden Reste von Werkzeugen zur Grob- und Feinzerkleinerung, wie Bodenplatten und Klopfsteine, und Bruchstücke eines Rillenschlägels ergraben. Ferner wurden große Mengen an Holzresten aufgefunden. Meist handelte es sich um die Reste von Leuchtspänen. Daneben kamen auch solche von Werkzeugstielen vor sowie eine Holzkonstruktion, die möglicherweise einen Hinweis auf eine nassmechanische Feinaufbereitung darstellt. Bereits Zschocke und Preuschen haben im Montanrevier von Mühlbach-Bischofshofen über 100 Verhüttungsplätze lokalisiert. Heute sind auf einer Fläche von 250 Quadratkilometern fast 200 Schmelzplätze mit Röstbetten und Ofenbatterien nachgewiesen.

Schätzungen zufolge wurden aus dem Mitterberger Hauptgang im Laufe der prähistorischen Abbauperiode von etwa 550 Jahren rund 10 000 Tonnen Kupfer gewonnen. Die archäologischen Forschungen belegen für alle Reviere des Montanreviers von Mühlbach-Bischofshofen längere Abbauphasen. Der Bergbau begann bereits in der Frühen Bronzezeit und dauerte bis zur Späten Bronzezeit an. Für den Brandergang (Arthurstollen) ist der Abbau ab zirka 1750 bis um 1300 vor Christus nachgewiesen. Am Mitterberger Hauptgang begannen die bergbaulichen Tätigkeiten etwa 100 Jahre später als am Brandergang und hielten bis zirka 1100 vor Christus an. Im Revier des Buchbergs belegt ein ¹⁴C-Alter eines Grubenholzes um 1300 vor Christus ebenfalls die bronzezeitliche Nutzung. Siedlungsspuren in der Region des Montanreviers können bis in das 8. Jahrhundert vor Christus datiert werden¹⁹.

Zwischen 1931 und 1953 nahmen E. Preuschen und R. Pittioni umfangreiche Ausgrabungen auf der Kelchalm bei Kitzbühel vor. Abgebaut wurde eine Kupferkieslagerstätte. Neben einigen alten Grubenbauen und ausgedehnten Pingenzügen sind auf der Kelchalm eindrucksvolle Reste von Erzaufbereitungsanlagen erhalten geblieben. Es wurden Reste von Unterlagsplatten, Boden- und Klopfsteinen für die Grobzerkleinerung der Erze sowie Zeugnisse, die eine nassmechanische Aufbereitung belegen, gefunden. Angetroffen wurden hölzerne Tröge, die als Waschtröge für die Trennung der Erze nach der



Mitterberg, Arthurstollen: Blick in den so genannten »Ingenieurbau«.

Feinzerkleinerung interpretiert werden. Außerdem lieferten die Ausgrabungen viele Erkenntnisse zum Alltagsleben der Bergleute. Datiert werden die bergbaulichen Tätigkeiten auf der Kelchalm in die Zeit von der Späten Bronzezeit bis in die Frühe Eisenzeit, vom 13. bis zum 9. beziehungsweise 8. Jahrhundert vor Christus.

Etwa 100 Kilometer östlich der Stadt Salzburg befindet sich das Paltental, das aufgrund seiner günstigen geografischen und verkehrspolitischen Lage schon zu Beginn der Bronzezeit eine überregionale Bedeutung als Alpenübergang hatte und damit ein wichtiges kulturelles Verbindungsglied zwischen Norden und Süden darstellte. An unzähligen Stellen lassen sich im Paltental Spuren eines prähistorischen Bergbaus finden. Bei den abgebauten Lagerstätten handelte es sich um Kupferkies und Fahlerze. Meist erfolgte nur ein oberflächennaher Abbau in Form von Schürfen, erst in späteren Abbauphasen wurden vereinzelt Stollen angelegt. Abgesehen von den Abbausspuren wurden bisher über 20 Verhüttungsplätze prospektiert, zum Teil ausgegraben und näher untersucht. Neben verschiedenen Schlackentypen fand man Röstbetten und Ofenanlagen. Datiert werden die bergbaulichen Tätigkeiten im Paltental von der Frühen Bronzezeit bis in die Frühe Latène-Zeit, vom 17. bis zum 8. Jahrhundert vor Christus²⁰.



Jochberg bei Kitzbühel: Röstbett zum Aufbereiten des Erzes aus der Bronzezeit (Ausgrabungen der Universität Innsbruck, 1995).

²⁰ Eibner 1998.

Eines der bedeutendsten Bergbaureviere Österreichs ist die Region Schwaz-Brixlegg, welche die reichen Fahlerzlagerstätten im Schwazer Dolomit aufschließt. In der Umgebung von Schwaz und Brixlegg befindet sich eine Vielzahl von Bergbausspuren, die bis in prähistorische Zeit zurückreichen. Obwohl eine Reihe dieser Abbaustätten noch in der Neuzeit genutzt wurde, sind etliche Spuren prähistorischen Bergbaus nachweisbar. Neben Schrämmsspuren wurden verschiedene bergbauliche Werkzeuge wie Steinschlägel und -fäustel, Unterlagsplatten, Gezähe, aber auch Keramiken und zum Teil Essensreste in den Abbauen oder in deren unmittelbarer Umgebung gefunden. Aufgrund dieser Funde konnten die frühen Bergbauspuren in die Zeit von der Urnenfelderkultur bis in die frühe Hallstattzeit, also in die Späte Bronzezeit, datiert werden²¹.

Einige Kilometer östlich von Schwaz liegt eines der bekanntesten prähistorischen Bergaugebiete dieser Region, der so genannte Eiblschrofen, an dessen Nordwand sich mehrere Mundlöcher befinden. Diese durchsetzen den Eiblschrofen stockwerkartig und markieren die ehemaligen Ausbissstellen von Vererzungen. Der Abbau dieser Erze erfolgte mittels des Feuersetzens. Neben einer Reihe von kleineren Abbaustätten, die nur wenige Meter in den Fels reichen, wurden mehrere Stollen 20 bis 30 Meter



Jochberg bei Kitzbühel: Kupferschmelzöfen der mittleren Bronzezeit (Ausgrabungen der Universität Innsbruck, 1995).

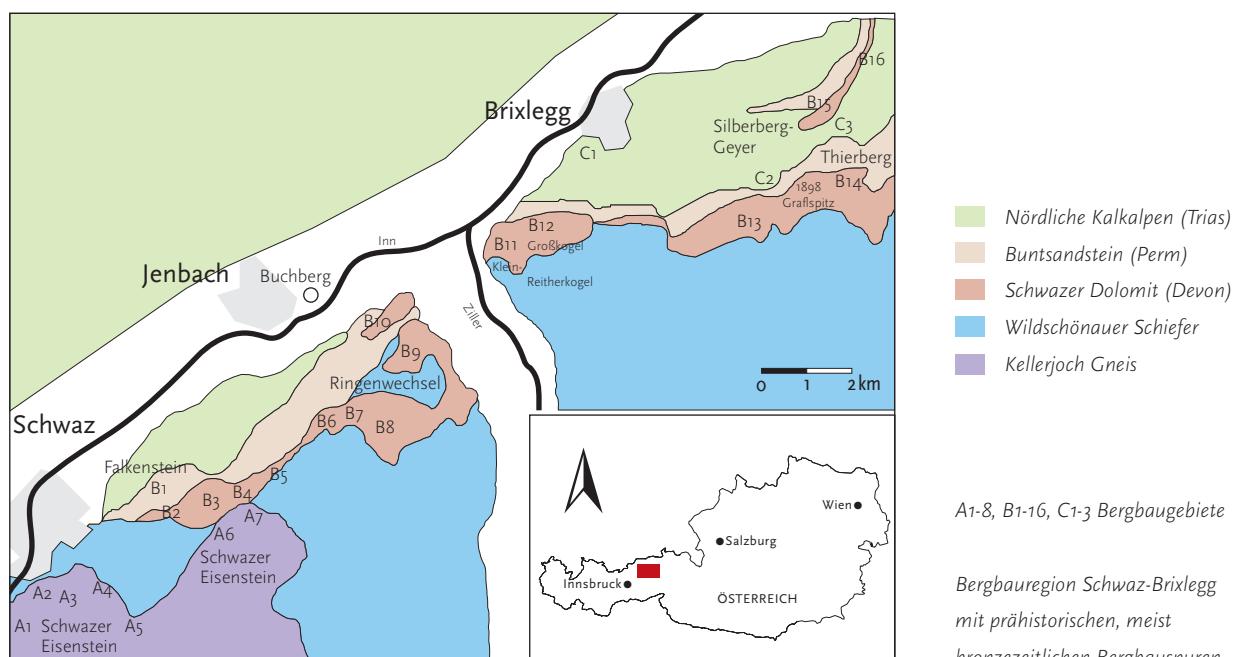
²¹ Goldenberg 1998; Goldenberg/Rieser 2004.

weit vorgetrieben. Der längste erreichte ein Ausmaß von 65 Metern²².

Bei den Erzlagerstätten des Trentino handelt es sich vor allem um hydrothermal entstandene Sulfiderzlagerstätten, die an die Granitinvasion von Cima d'Asta gebunden sind. Da sich im Bereich dieser Lagerstätten zahlreiche Spuren rezenter Bergbautätigkeiten finden lassen, war es bislang nicht möglich, prähistorische Abbauspuren nachzuweisen. Jedoch wurde eine ganze Reihe von Verhüttungsplätzen angetroffen. Bereits für die späte Kupferzeit und die frühe Bronzezeit gibt es im Trentino Belege für den Abbau und die Verhüttung von Kupfererzen, wobei sich die Befunde auf das Etschtal um Trient

konzentrieren. Zu den frühesten Funden zählen vor allem Feuerstellen beziehungsweise Schmelzmulden mit Schlacken und einigen Steinwerkzeugen zur Zerkleinerung der Erze²³.

Wenige Kilometer östlich von Trient in der unmittelbaren Umgebung des Kurorts Vetricolo konnte Preuschen verschiedene Spuren prähistorischer Bergbau- und Verhüttungstätigkeiten nachweisen. Auf einer Fläche von 200 mal 150 Metern erbrachte eine archäologische Untersuchung Scheide- und Waschhalden zutage. Es wurde eine Fülle von Bruchstücken typischer bronzezeitlicher Steingeräte für die Erzzerkleinerung aufgefunden. Daneben kamen Keramikscherben, Tierknochen, Grubenhölzer und



A1-8, B1-16, C1-3 Bergaugebiete

Bergbauregion Schwaz-Brixlegg mit prähistorischen, meist bronzezeitlichen Bergbauspuren.



Schwaz, Eiblschrofen.

²² Rieser/Schrattenhaller 1998/99 u. 2002.

²³ Nothdurfter 1999; Čierny et al. 2004/1 u. 2004/2.



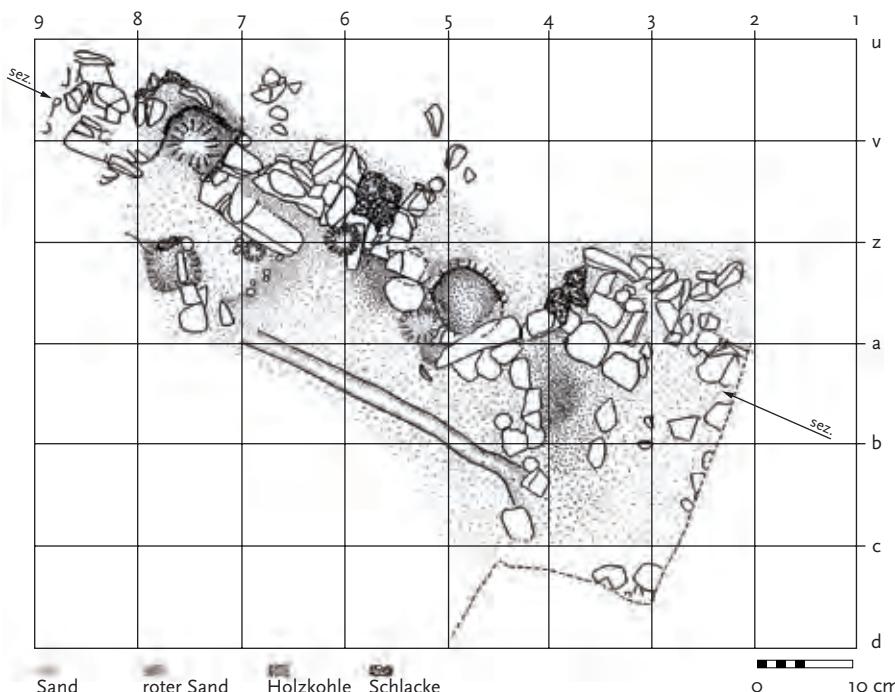
Brixlegg, Mooschrofen: Bronzezeitlicher Bergbau durch Feuersetzen.

eine Holzkonstruktion, die wahrscheinlich zur Haltenstabilisierung diente, ans Tageslicht²⁴.

Etwa 20 Kilometer südöstlich von Trient, auf der Hochfläche von Lavarone, befinden sich verteilt auf einer Fläche von zirka 20 Quadratkilometern mehrere Verhüttungsplätze. Obwohl, abgesehen von einer einzelnen Konstruktion, die möglicherweise als Unterbau eines Schachtofens angesehen werden kann, keine Reste von Öfen gefunden wurden, belegen die Verhüttungs- und Schlackenschichten die Nutzung als Schmelzplätze. Anhand der Schlacken konnte

festgestellt werden, dass auf der Hochfläche von Lavarone sowohl das Rohschmelzen als auch die Reduktion zu Schwarzkupfer erfolgt ist. Neben den Verhüttungsrückständen wurden auch Reste von Zerkleinerungswerkzeugen, Holzkohlestücke, Tierknochen und Keramikscherben ergraben. Datiert werden die Schmelzplätze anhand der Keramiken in die Späte Bronzezeit. Da die in der unmittelbaren Umgebung der Hochfläche anstehenden Gesteine keinerlei Vererzungen aufweisen, wird davon ausgängen, dass die Hochfläche aufgrund ihres ursprünglich hohen Waldbestandes als bevorzugter Ort für die Verhüttung der nur wenige Kilometer weiter nördlich abgebauten Erze verwendet wurde²⁵.

Nahe der Quelle Aqua Fredda auf dem Redebus-Pass, nordöstlich von Trient, wurde ein weiterer Verhüttungsplatz angetroffen. Bei den Ausgrabungen kam eine Ofenbatterie zutage, die aus sechs Öfen mit einem rechteckigen Grundriss besteht, sowie ein weiterer einzeln stehender Ofen. Einige der Öfen waren bis zu einer Höhe von 60 Zentimetern erhalten. Sie waren aus Quarzit gesetzt und wurden offenbar über die Ofenfront befüllt und entleert, die dazu immer wieder neu aufgebaut beziehungsweise eingerissen werden musste. In unmittelbarer Nähe zu den Schmelzöfen wurde Platten- und Rohschlacke angetroffen, welche die verschiedenen Verarbeitungsstufen des Verhüttungsprozesses belegten. Des Weiteren wurde auf einer Fläche von knapp zwei Quadratkilometern Schlackensand von einer geschätzten Menge von 800 bis 1000 Tonnen aufgefunden. Außerdem hat sich eine große Zahl von Holzresten erhalten. Es wurden angespitzte Pflöcke, Reste von Brettchen und eine Holzbohle



Aqua Fredda bei Trient:
Spätbronzezeitliche Schmelzöfen.

24 Winkelmann 1961; Preuschen 1965.

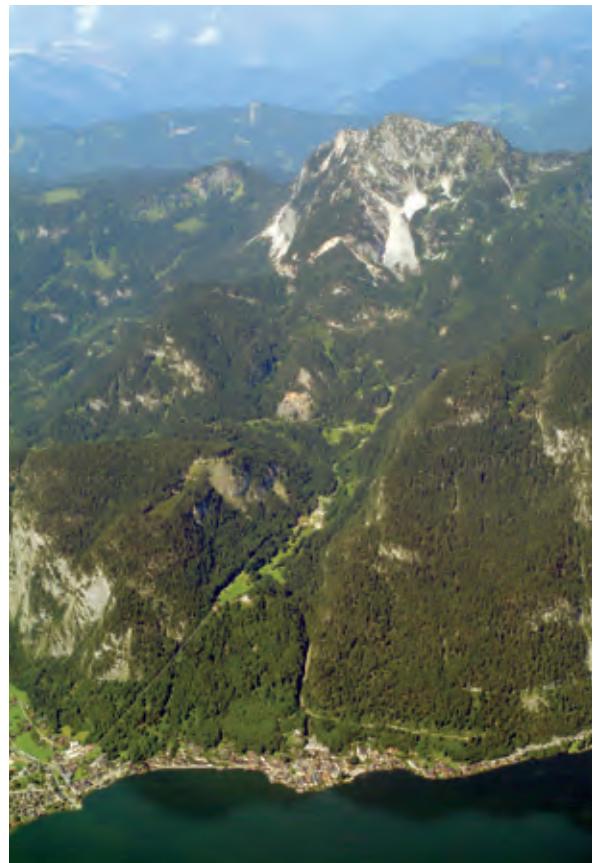
25 Preuschen 1965.

mit Bearbeitungsspuren eines Beils und einer Säge gefunden. Besonders interessant war der Fund einer Erzmühle und von Resten der dazugehörigen Mahlsteine, die zur Feinzerkleinerung der Erze gedient haben. Obwohl nur vergleichsweise wenige Keramikscherben zutage kamen, konnte aufgrund ihrer typischen Ausprägung dennoch eine zeitliche Einordnung des Verhüttungsplatzes von Aqua Fredda vorgenommen werden. Offenbar war dieser vom Beginn der späten Bronzezeit im 13. bis zum 11. Jahrhundert vor Christus in Gebrauch²⁶.

Neben dem Abbau und der Verhüttung von Kupfererzen erfolgte im Land Salzburg in Hallstatt und Hallein bereits in der Bronzezeit der Abbau von Salz. Aufgrund des Drucks des überlagernden Deckgebirges schließen sich im Salzkörper angelegte Hohlräume innerhalb eines relativ kurzen Zeitraumes wieder. Daher sind die Bereiche der bronzezeitlichen Abbaustätten heute nur noch als komprimierte Profile mit eingelagerten Funden aufgeschlossen, die durch neuzeitlichen Abbau beziehungsweise durch die archäologischen Forschungstätigkeiten angeschnitten wurden. Man nimmt an, dass der Abbau des Salzes ähnlich wie der Abbau der Kupfererze im Montanrevier von Mühlbach-Bischofshofen erfolgt ist. Ausgehend von einem mit leichtem Gefälle vorgetriebenen Stollen, wurden im Firstenstoßbau kleinstückige Salzbrocken mit Hilfe von bronzenen Spitzen, die an einem Stiel befestigt waren, herausgebrochen. Der Transport des Salzes nach Übertage erfolgte in Tragsäcken aus Tierfellen. Die wichtigsten Fundpunkte des bronzezeitlichen Bergbaus befinden sich in der so genannten Nordgruppe. Dort wurden mehrere interessante Funde gemacht, die zur Klärung der Abbaumethoden beitrugen. Neben den Resten eines hölzernen Schachtausbaus wurden unzählige Kienspäne, mehrere Tragesäcke aus Tierfellen, ein armdickes Seil aus Lindenbast sowie Reste von hölzernen Trögen und Kratzern gefunden. ¹⁴C-Datierungen an den Holzeinbauten und dem Lindenbastseil datieren diesen Bereich des Salzabbaus in das 12. Jahrhundert vor Christus²⁷.

3 Vortriebs- und Gewinnungstechniken

Anfangs erfolgte die Gewinnung von Rohstoffen durch das Aufsammeln brauchbarer Materialien von der Erdoberfläche. Dazu gehörte zum Beispiel die gezielte Ausbeutung von Strandwällen zur Feuersteingewinnung. Später wurde dazu übergegangen, auch Material direkt aus dem Erdboden abzubauen, indem oberflächlichen Ausbissen durch Graben



Hallstatt (Salzburg): Hoch über dem Hallstätter See liegt in einem Hochtal der berühmte prähistorische Salzabbau, der bis jetzt in die Urnenfelderkultur der Späten Bronzezeit zurückverfolgt werden kann.

oder das Entfernen der Deckschichten nachgegangen wurde. Erste ausgedehntere Grubenbaue sind bereits für das Paläolithikum für die Feuerstein gewinnung belegt. Es handelt sich dabei um kleine, nur wenige Meter tiefe, trichterförmige Gruben oder Kuhlen. War durch einen Ausbiss oder einen Hanganschnitt bekannt, dass sich eine Feuersteinlage dicht unter der Erdoberfläche befand, wurde durch die Deckschicht bis auf diese herabgegraben. War die Feuersteinlage erreicht, wurde sie vom entstandenen »Schacht« aus auf der Sohle in alle Richtungen weiter abgebaut. Diese Aushöhlung wurde soweit betrieben, so lange sichergestellt war, dass die darüber befindliche Deckschicht nicht einbrach. Wurde die Einsturzgefahr zu groß, musste in unmittelbarer Nähe eine weitere Grube angelegt werden. Oft diente die alte Grube zur Aufnahme des neu entstehenden Abraums. Wenn die zum Abbau vorgesehene Lage in Lockergesteine eingelagert war, war ein Kuhlenbau wie zuvor beschrieben nicht möglich. In diesem Fall erfolgte der Abbau, indem mehrere meist parallel zueinander verlaufende Gräben angelegt wurden. Eine weitere Abbaumethode stellte der Pingenbau dar. Ähnlich wie beim Kuhlenbau wurde bis auf die abzubauende Lage eine Grube geegraben. Nachdem das Material an der Sohle

²⁶ Čierny/Marzatico/Weisgerber 1995; Hohlmann/Hauptmann/Schröder 1995.

²⁷ Stadler 1999; Barth/Lobisser 2002.

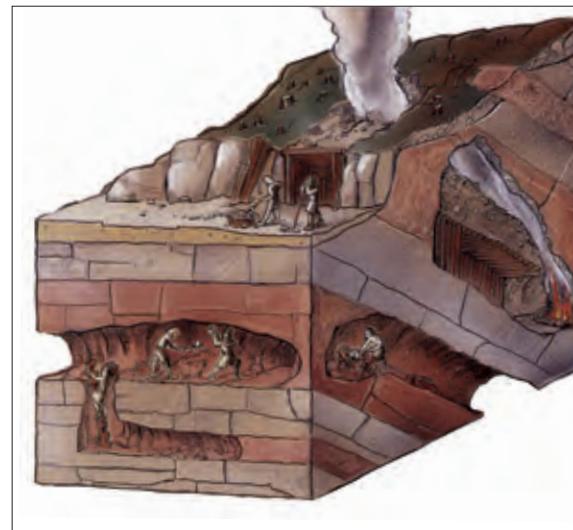
abgebaut war, erfolgte die Ausweitung der Grube auf die gesamte Tagesöffnung.

Erste Bergwerke wurden im Neolithikum angelegt. Eines der bekanntesten Beispiele ist der Feuersteinbergbau von Spiennes. Ausgehend vom Abbau durch die Anlage von Kuhlen wurden in den Bereichen, in denen sich die Feuersteinlage in größeren Tiefen befand, enge Schächte abgeteuft, von denen aus sternförmig Stollen in die Feuersteinlage gegraben wurden, um diese abzubauen. Die Schächte erreichten eine Tiefe von knapp 20 Metern. Um die Standsicherheit zu gewährleisten, blieben zwischen den sternförmig vorgetriebenen Stollen kräftige Pfeiler stehen. Die Stollen selbst wurden nur bis zu der Höhe gegraben, die nötig war, um den Feuerstein fördern zu können. Außerdem wurden nicht mehr benötigte Schächte und Stollen wieder mit Abraum verfüllt. Diese Art des Abbaus wird als Duckelbau bezeichnet. Eine weitere Form war der Weitungsbau. Ausgehend von den Schächten wurden in der abzubauenden Lage Strecken vorgetrieben, die dann für den Abbau zu kleinen Höhlen ausgeweitet wurden. Der Abraum wurde wie beim Kuhlenbau zu Versatzzwecken genutzt²⁸.

Während der Bronzezeit kam die Technik des Feuersetzens auf. Dabei wurde das abzubauende Gestein durch das Abbrennen eines Holzstoßes erhitzt. Aufgrund der unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten der verschiedenen gesteinbildenden Minerale und der Erze kommt es dabei zu Spannungen im Gestein. Beim Abkühlen, das mancherorts durch das Abschrecken mit kaltem Wasser beschleunigt wurde, führen die Spannungen zu Rissen und Sprüngen. Das auf diese Weise gelockerte Gesteinsmaterial konnte dann mit Pickeln leichter aus dem Gesteinsverband gelöst werden. Außerdem war es so möglich, entlang der entstandenen Risse Keile in das Gesteinsmaterial zu treiben und so größere Brocken herauszubrechen. Im Montanrevier von Mühlbach-Bischofshofen erfolgte der Abbau, indem im Bereich des Lagerstätten-ganges mittels des Feuersetzens eine schräg nach unten verlaufende (»tonnlägige«) Strecke aufgefahrt wurde. Von dieser Strecke aus erfolgte der Abbau sowohl weiter in den Berg hinein als auch aufwärts. Dazu wurden zunächst »schwebende« Holzbühnen eingezogen, von denen aus der Abbau betrieben wurde. War eine ausreichende Höhe erreicht, wurden Zwischenböden eingezogen, die den ehemals einheitlichen Abbauraum in zwei Bereiche, in die Sohlstrecke und die Firststrecke, teilten. Auf die Zwischenbühnen wurde das beim Scheiden anfallende taube Material verbracht. Von dort aus erfolgte dann der weitere Abbau, wobei

mehrere Feuer den Abbau nach oben erweiterten. Auf diese Art und Weise entstand ein weiteres Mundloch, womit die Wetterführung entscheidend verbessert wurde. Auf der Sohlstrecke wurde die kalte frische Luft angesaugt, während über die Firststrecke der Rauch und die Abgase der Abbaufelder abziehen konnten. Wurde die Sohlstrecke nicht mehr gebraucht, konnte die Firststrecke zur Sohlstrecke werden, von der aus man eine neue Firststrecke anlegen konnte²⁹.

Bereits zur Bronzezeit erfolgte eine Sicherung der entstandenen Hohlräume. In mehreren Bergbaurevieren sind prähistorische Grubeneinbauten in Form von Holzkonstruktionen, wie zum Beispiel Türstöcke, nachgewiesen. Zum einen dienten diese Einbauten der Stabilisierung, zum anderen wurden wie im Montanrevier von Mühlbach-Bischofshofen Zwischenbühnen aus Holz eingezogen.



Rekonstruktion eines bronzezeitlichen Bergwerks.

Auf welche Art und Weise die Förderung des abgebauten Materials erfolgt ist, lässt sich nur durch wenige eindeutige Belege rekonstruieren. Es ist anzunehmen, dass kleinstückiges Material in hölzernen Gefäßen oder in Lederbeuteln zutage gefördert wurde. Schon in neolithischen Bergwerken gibt es Hinweise auf Steigbäume. In einigen Bergwerken wurden in Schachtwänden Löcher vorgefunden, die als Bühnenlöcher interpretiert werden. Es wird angenommen, dass die Förderung des abgebauten Materials durch Zureichen von einer Arbeitsbühne zur nächsten erfolgt ist. Waren die Schächte sehr eng, war der Einbau von Zwischenbühnen aufgrund des Platzmangels nicht möglich. In diesen Fällen wird angenommen, dass die Förderung mithilfe von Seilen, an denen die gefüllten Behälter befestigt wurden, erfolgt ist. Größere Brocken wurden innerhalb der Stollen und Strecken wahrscheinlich geschoben oder gerollt und mithilfe eines Seils aus dem Schacht

28 Jahn 1960; Föber/Weisgerber 1980.

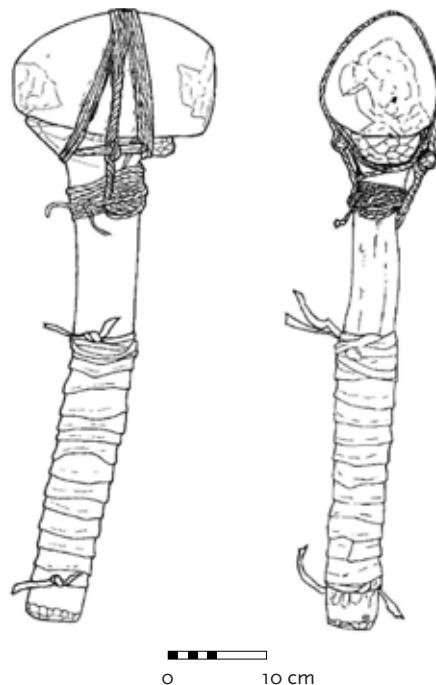
29 Zschocke/Preuschen 1932; Eibner 1982.

gefördert. Möglicherweise erfolgte auch der Transport untertage mit Unterstützung durch Zugseile. Da das Gewicht der zu fördernden Brocken und der gefüllten Behälter beträchtlich gewesen sein dürfte, gibt es Überlegungen dahingehend, dass die Förderung mithilfe eines Gegengewichts vorgenommen wurde³⁰. Im Montanrevier von Mühlbach-Bischofsdorf wurde ein Rest eines Holztrogs beziehungsweise eines so genannten Förderschiffchens gefunden, als dessen Verwendungszweck das Ausbringen des abgebauten Erzes angesehen wird. Dieses Förderschiffchen besteht aus einem zugespitzten Halbstamm, der mit einer trogartigen Vertiefung versehen ist. Im zugespitzten Teil befindet sich ein Loch, durch das ein Seil gezogen werden und an dem das Förderschiffchen aus dem Berg herausgeschleift werden konnte. Je nach Größe des abgebauten Materials erfolgte die Beladung des Förderschiffchens per Hand oder mittels Holzschaufeln.

4 Werkzeuge

Zu Beginn der bergbaulichen Tätigkeiten erfolgte der Abbau der zu gewinnenden Materialien mit einfachen Werkzeugen allein mittels menschlicher Kraft durch Hämtern und Schlagen. Entscheidend für die Wahl der Werkzeuge sind neben den Eigenschaften des abzubauenden Rohstoffs auch die des Nebengesteins. Zu Beginn des Abbaus von Gesteinen während des Paläolithikums wurden meist einfache Gerätschaften verwendet. Erfolgte der Abbau aus weichem oder stark verwittertem Gestein, benutzten die Knappen Gezähe aus Geweihstücken oder Knochen. Härtere Gesteine wurden anfangs mit einfachen, nicht zugerichteten Geröllsteinen abgebaut, die als Schlag- oder Klopfsteine verwendet wurden. Später erfolgte eine Zurichtung der Geröllsteine zu Schlägeln. Diese waren entweder an den Ecken gekerbt (Kerbschlägel) oder besaßen zusätzlich an den Seiten Kerben oder eine umlaufende Rille, die zum Anbringen und Fixieren einer Schäftung benutzt wurden (Rillenschlägel). Des Weiteren machte man aus widerstandsfähigen Gesteinen Werkzeuge wie scharfkantige Pickel, Hacken, Hämmer, Kratzen, Keile und Hebel. Hergestellt wurden steinerne Werkzeuge aus sehr hartem Gestein, wie zum Beispiel Basalte oder Kieselsteine.

Auch während der Bronzezeit wurden die oben beschriebenen Abbaugeräte benutzt. Aus den prähistorischen Bergbauregionen in den Alpen ist eine Vielzahl verschiedener Steingeräte erhalten. In den untersuchten Gebieten wurden unzählige Reste von Unterlags- beziehungsweise Bodenplatten, von



Rillenschlägel zum Zerkleinern des Erzes und Trennung von
Taubgestein.

Klopf- und Läufersteinen, aber auch von Rillen- und Kerbschlägeln gefunden, die zur Zerkleinerung des abgebauten Materials dienten.

Abgesehen von Hirschgeweihpickeln, die zu Abbauzwecken genutzt wurden, liegen auch verschiedene Belege für unterschiedliche Nutzungen von Tierknochen vor. Neben den bereits erwähnten Schabwerkzeugen, mit denen kleinere Vererzungen ausgeschabt werden konnten, wurden Knochen als Schäftung verwendet und als Schaufelwerkzeuge (Schulterblattknochen) benutzt. Auch eine Verwendung als Keil zum Herausbrechen von Gesteinsbrocken ist nicht auszuschließen. Ebenso wurde die Zahl und Verwendung von Holzwerkzeugen während der Bronzezeit vielfältiger. Neben den verschiedenen Transportgefäßern verwendete man unterschiedliche Schaufel- und Schiebegeräte. Abgesehen von der Nutzung als Transportmittel und zum Grubenausbau hatte Holz eine weitere wichtige Bedeutung im Bergbau. Unzählige Reste abgebrannter Kienspäne in den prähistorischen Abbaustätten belegen dessen Nutzung als Lichtquelle.

Mit dem Beginn der Verwendung von Metallen wurden diese zur Herstellung von Werkzeugen genutzt. Im Bergbau wurden Werkzeuge zum Heraushecken und Zerkleinern verwendet. Für den bronzezeitlichen Bergbau ist vor allem die Verwendung von Tüllen- und Lappenpickeln belegt.

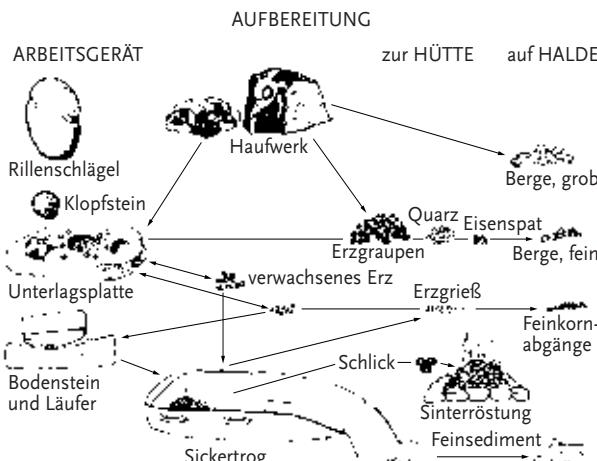
5 Erzaufbereitung

Nach dem Abbau erfolgte zunächst eine Trennung des Erzes vom tauben, nicht erzhaltigen Gangmaterial. Dieser Vorgang wird als Scheiden bezeichnet. Oftmals wurde bereits im Schacht eine erste Vorsortierung und Grobzerkleinerung vorgenommen. Dabei kam ein Rillenschlägel zum Einsatz. Für die weitere Grobzerkleinerung verwendete man so genannte Unterlagsplatten, auf denen man die Hauwerkstücke legte, die dann mit Hilfe eines Schlagsteins zerkleinert wurden. Sowohl die Unterlagsplatten als auch die Schlagsteine waren aus einem sehr harten Gestein. Die Platten waren nicht weiter bearbeitet und konnten Abmessungen von über einem halben Meter erreichen. Als Schlag- oder Klopfsteine wurden in der Regel bis faustgroße Steine verwendet, die in Folge des Gebrauchs deutlich gerundet sind. Vereinzelt wurden auch Schlagsteine größerer Durchmessers benutzt.

Nach der Grobzerkleinerung wurde das Erz ausgelesen und das taube Gestein auf die Halde ver-

Obwohl bisher keine eindeutigen Belege für eine nassmechanische Trennung zermahlener feinerer Erzkörper vom Gangmaterial vorhanden sind, kann man aufgrund verschiedener Befunde davon ausgehen, dass diese Methode bereits in der Bronzezeit angewendet wurde. Das Prinzip dieser Methode beruht auf einer Schweretrennung. Zunächst musste das Mahlgut durch Sieben in seine Korngrößenbestandteile zerteilt werden, die dann jeweils in einer einfachen mit Wasser gefüllten Holzrinne aufgeschwemmt wurden. Dabei setzten sich die schwereren Erzkörper am Boden der Rinne ab, während das leichtere Gangmaterial fortgeschwemmt werden konnte. Im Montanrevier von Mühlbach-Bischofshofen wurde im Gebiet der Erzaufbereitung auf dem Troiboden eine Holzkonstruktion gefunden, die möglicherweise als eine solche Aufbereitungsanlage genutzt wurde. Zum anderen weisen vielerorts extrem feine Haldenrückstände auf die Nutzung einer nassmechanischen Trennung hin, da davon ausgingen werden kann, dass das Auslesen so feiner Körner mit der Hand nicht mehr praktikabel war.

77



Schema der Erzaufbereitung und Trennung von Erz und Taubgestein.



Das Zerkleinern von erzhaltigem Gestein mit einem Rillenschlägel (Schwaz, 1995).

bracht. Gesteinsmaterial mit fein verwachsenem Erz wurde für eine Feinzerkleinerung in einer Erzmühle ausgelesen. Dazu wurden Bodensteine mit einer konkaven und Läufersteine mit einer konvexen Oberfläche verwendet. Der Läuferstein wurde meist mit einem Stiel aus einem zurechtgebogenen Astholz versehen und an diesem in einer Vor- und Zurückbewegung über den Bodenstein gezogen beziehungsweise geschoben, wobei die verwachsenen Erze zermahlen wurden. Mittels dieser Technik war es möglich, Erzkörper mit einer Korngröße von rund drei Millimeter vom tauben Gesteinsmaterial zu trennen. Feinere Verwachsungen konnten nicht abgetrennt werden und wurden ebenfalls auf die Halden verbracht³¹.

³¹ Preuschen 1965; Eibner-Persy/Eibner 1970.

Zur Situation im Montafon

6

Im Montafon kommen zahlreiche Vererzungen vor, die alle heute nicht mehr wirtschaftlich nutzbar sind. Für den mittelalterlichen und prähistorischen Bergbau können diese aber durchaus eine beachtenswerte Rohstoffquelle gewesen sein. Es sind im Wesentlichen drei Vererzungstypen mit Kupfer bekannt: a) fein verteilte Kupfer-Molybdän-Gold-Erze, b) sedimentgebundene Kupfererze und c) silberhaltige Kupferkies-Fahlerz-Gänge. Daneben gibt es noch kleinere Vorkommen anderer Entstehung im Gaflunatal und innerhalb der Amphibolite des Silvretta Kristallins³².

³² Haditsch/Krainer 1991.



Silbertal, beim Langsee: Spuren mittelalterlicher Bergbautätigkeit in Form von Halden und zwei kleinen Stollen.

Kupfer-Molybdän-Gold-Vererzungen treten im Montafon in Rissen und Zwickelfüllungen in den Schichten des Alpinen Verrucano-Buntsandsteins auf. Die Erze sind häufig von kleineren Mengen von Uran- und Thoriummineralen begleitet. Vorkommen dieses Typs, der international als Copper-Porphyry-Typ bekannt ist, befinden sich im Sacktobel, Verspeller, Rellstal, Mustergieltobel und im Fuchswald. Heute zählen derartige Erzvorkommen wirtschaftlicher Größe zu den wichtigsten Kupfer- und Goldlagerstätten der Welt, wohingegen sie im Montafon niemals wirtschaftliche Bedeutung erlangten, wohl auch nicht in früheren Perioden.

Bei den sedimentgebundenen Kupfervererzungen handelt es sich um fein verteilte Kupferminerale in feldspatreichen Sandsteinen des Alpinen Verrucano-Buntsandsteins³³. Da in diesen Sandsteinen charakteristische Minerale aus den Vulkaniten am Beginn der Abfolge nachgewiesen wurden und das Kupfer/Molybdän/Gold-Verhältnis den dort vorkommenden Erzmineralen entspricht, stammt auch die Kupfermineralisation aus diesen Vulkaniten. Es sind folglich Aufarbeitsprodukte der fein verteilten Kupfer-Molybdän-Gold-Erze als primärem Erzmineral. Die Schichtmächtigkeit der Sandsteine erreicht 30 Meter bei einer Längenerstreckung von zwei Kilometern und einer Breite von 200 Metern, wobei Kupfergehalte von 0,1 bis 0,5 Prozent und Goldgehalte von zehn Gramm pro Tonne bestimmt wurden. Mitunter lässt sich auch Malachit beobachten.

Am bedeutendsten waren die jungalpidischen, silberhaltigen Kupferkies-Fahlerz-Gänge, deren Abbau mit Unterbrechungen vom 9. Jahrhundert bis ins 20. Jahrhundert andauerte³⁴. Sie enthalten die Erzminerale Siderit, Fahlerz (silberhaltig), Pyrit, Kupferkies, Ankerit, Zinkblende, Bleiglanz und Magnetkies in steil, mit 50 bis 80 Grad einfallenden Gängen und Mächtigkeiten bis zu dreieinhalf Metern. Deren bergmännischer Abbau konzentrierte sich vor allem im Rellstal, am Bartholomäberg und



Erze aus dem Montafon:
Azurit, eine Oxidationsform von
Kupfererz.



Erze aus dem Montafon:
silberhaltiges Fahlerz.

auf dem Kristbergsattel. Ihre geologische Stellung ist vielfältiger als die der anderen Vorkommen. Obwohl sie sich auf den Bereich der Phyllitgneis-Zone konzentrieren, greifen sie teilweise in die Kristberg-Formation und den Alpinen Verrucano-Buntsandstein hinein. Wie die Erzanalysen zeigen, enthalten die Erze acht bis 25 Prozent Kupfer, 0,3 bis 3,2 Prozent Zink und 30 bis 700 Gramm Silber pro Tonne Erz. Auf vielen der Bergbauhalden, im Silbertaler Bergbaumuseum und beim aufmerksamen Wandern durch die Tobel lassen sich die Spuren dieser Erzgänge und des damit verbundenen Bergbaues finden³⁵.

Archäometallurgische Untersuchungen im Montafon 7

Im Rahmen der archäometallurgischen Untersuchungen wird der Weg des Metalls von der Lagerstätte bis zum Fertigprodukt, dem archäologischen Metallobjekt, aufgrund charakteristischer Spurenlemente und anhand der Isotopenverhältnisse des Bleis verfolgt. Blei wird deshalb verwendet, weil es fast immer in Kupfer als Verunreinigung auftritt und weil es im Gegensatz zu allen anderen schweren Elementen eine variable und für eine Lagerstätte typische Isotopenzusammensetzung wegen des radioaktiven Zerfalls von Uran und Thorium aufweist. Das Spurenelementmuster und die Isotopenverhältnisse des Bleis werden sowohl in den Erzen des Montafons als auch in bronzezeitlichen Metallobjekten aus der Region verglichen. Bei Übereinstimmung beider Herkunftsparameter kann vermutet werden, dass das untersuchte Erz das Ausgangsmaterial für die Objekte bildete. Dennoch ist es kein zwingender Beweis für eine solche Herkunftsbeziehung, so lange nicht alle Erzvorkommen im weiteren Umkreis bekannt und untersucht sind. Es ist allerdings schwierig, den erforderlichen Umkreis zu quantifizieren. Er wird aber sicher den gesamten Ostalpenraum umfassen, wenn man das Verbreitungsgebild der kulturellen Hinterlassenschaften der frühen Bronzezeit betrachtet.

Im Rahmen des archäometallurgischen Projekts wurden zunächst zwanzig Proben von frühbronzezeitlichen Metallfunden aus dem Montafon, dem Walgau bis zum Rheintal im Raum Feldkirch ausgewählt und mittels energiedispersiver Röntgenfluoreszenzanalyse zerstörungsfrei analysiert. Zusätzlich löste man etwa 20 Milligramm der Proben auf. Das darin enthaltene Blei wurde in einem Reinstlabor chemisch abgetrennt, und die Konzentrationen und

³³ Haditsch/Leichtfried/Mostler 1978.

³⁴ Haditsch/Mostler 1986.

³⁵ Schedl et al. 1997.

Isotopenverhältnisse des Bleis wurden in einem Massenspektrometer gemessen.

Von den bekannten Vererzungen wurden am Bartholomäberg im Gebiet der Knappagruaba und Worms sowie im Silbertal südlich des Kristbergsatels Proben, vorwiegend aus Halden, entnommen, wobei eine Haldenkartierung der Geologischen Bundesanstalt, Wien³⁶, als Grundlage diente. Es handelt sich um so genannte Klaubproben, die nicht zur Bewertung des Gesamtinhalts von Halden dienen können. Für die archäometallurgische Fragestellung sind sie aber ausreichend. Aus diesen Rohproben wurden die kupferreichen Partien ausgewählt und die Kupferminerale weiter mit der Hand beziehungsweise unter dem Stereomikroskop ausgelesen. Diese bestand aus dem Zerkleinern und der weiteren Anreicherung der Erzminerale unter dem Mikroskop. Diese Methode sichert die größtmögliche Ähnlichkeit mit der vermuteten Aufbereitung prähistorischer Bergleute, die mit Sicherheit sehr viel reicheres Erz verarbeitet haben.

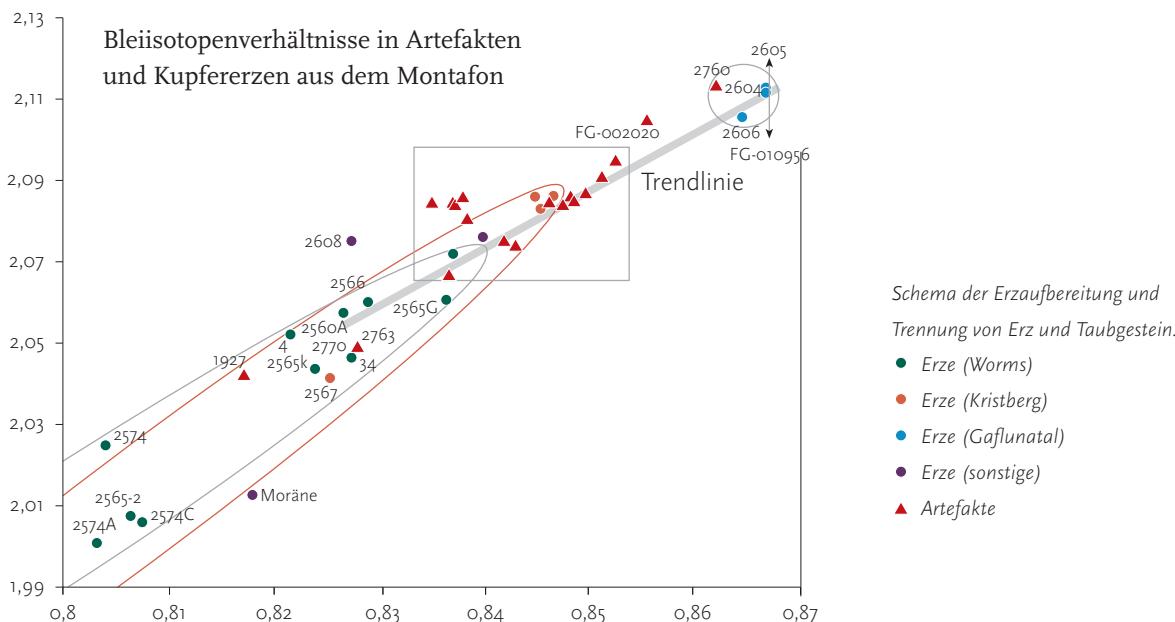
Die Ergebnisse der Erz- und Artefaktanalysen zeigen, dass einige der Erzproben von Bartholomäberg und Silbertal die Artefaktproben sowohl in ihren Bleiisotopenverhältnissen als auch in den für die Herkunft aussagekräftigen Spurenelementen überlagern, so dass man sie zunächst durchaus als Ausgangsmaterial für die Kupferartefakte betrachten könnte. Allerdings ist dieser Schluss – wie schon erläutert – so lange nicht zwingend, wie man nicht alle in der Region auftretenden Erzvorkommen analysiert und allenfalls als Rohstoffquelle ausgeschlossen hat. Immerhin wird aber eine Nutzung dieser Erze in prähistorischer Zeit nicht ausgeschlossen. Weitere



Bartholomäberg: Mittelalterliche Bergbauzone in der Knappagruaba mit Halden und Stollenmundlöchern.

Analysen werden zeigen, ob sich die Hypothese weiter unterstützen lässt. Die Frage nach der Metallgewinnung durch Verhüttung am Ort lässt sich nur durch weitere Geländeuntersuchungen und gegebenenfalls glückliche Umstände beantworten, wie zum Beispiel Funde von Schlacken, etwa bei Erdbewegungen. Bisher sind nur vereinzelte Oberflächenfunde von Schlacken bekannt, deren Datierung aber völlig unklar ist.

Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs HiMAT werden die montanarchäologischen Untersuchungen im Montafon fortgesetzt, und die bis jetzt erzielten Ergebnisse auf dem Kristberg und am Bartholomäberg sind vielversprechend³⁷. Schon jetzt liegen Befunde und naturwissenschaftliche Datierungen vor, die den hochmittelalterlichen Bergbau belegen. Es scheint aber auch nicht aussichtslos zu sein, den prähistorischen und insbesondere den postulierten bronzezeitlichen Bergbau im Montafon zu lokalisieren.



Schema der Erzaufbereitung und
Trennung von Erz und Taubgestein.
 ● Erze (Worms)
 ● Erze (Kristberg)
 ● Erze (Gaflunatal)
 ● Erze (sonstige)
 ▲ Artefakte