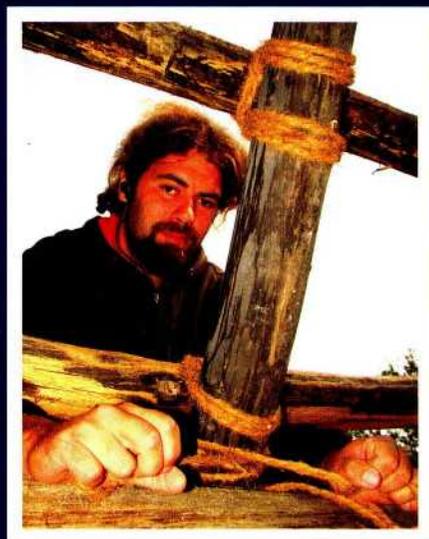
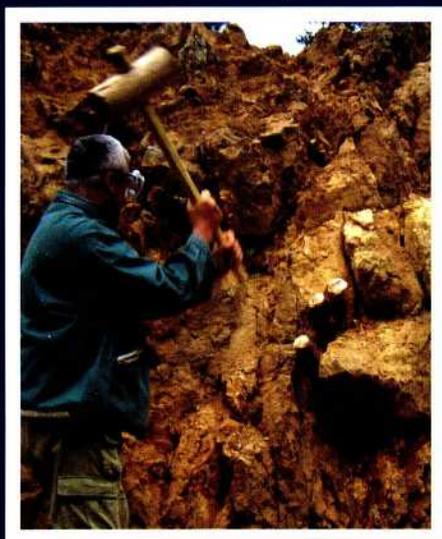


EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE

in Europa

BILANZ 2014



EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE IN EUROPA
BILANZ 2014
Heft 13

Herausgegeben von Gunter Schöbel
und der Europäischen Vereinigung zur
Förderung der Experimentellen
Archäologie / European Association for
the advancement of archaeology by
experiment e.V.

in Zusammenarbeit mit dem
Pfahlbaumuseum Unteruhldingen,
Strandpromenade 6,
88690 Unteruhldingen-Mühlhofen,
Deutschland



EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE
IN EUROPA
BILANZ 2014



Unteruhldingen 2014

Gedruckt mit Mitteln der Europäischen Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie / European Association for the advancement of archaeology by experiment e.V.

Redaktion:	Ulrike Weller, Thomas Lessig-Weller, Erica Hanning, Brigitte Strugalla-Voltz
Textverarbeitung und Layout:	Ulrike Weller, Thomas Lessig-Weller
Bildbearbeitung:	Ulrike Weller, Thomas Lessig-Weller
Umschlaggestaltung:	Thomas Lessig-Weller, Ulrike Weller

Umschlagbilder: W. F. A. Lobisser/VIAS, S. Rusev, P. Georgiev

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie, detaillierte bibliographische Daten sind im Internet abrufbar unter: <http://dnb.dbb.de>

ISBN 978-3-944255-02-6

© 2014 Europäische Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie / European Association for the advancement of archaeology by experiment e.V. - Alle Rechte vorbehalten
Gedruckt bei: Beltz Bad Langensalza GmbH, 99947 Bad Langensalza, Deutschland

Inhalt

<i>Gunter Schöbel</i> Vorwort	8
 Experiment und Versuch	
<i>Bente Philippsen</i> Scherben scheibenweise – Röntgen- und Neutronentomographie von experimenteller und archäologischer Keramik	10
<i>Anja Probst</i> „Knochenjob“ – Untersuchungen zu Gebrauchsspuren an jung- und endneolithischen Knochenwerkzeugen	18
<i>Hristo Popov, Zdravko Tsintsov, Albrecht Jockenhövel, Plamen Georgiev</i> Feuersetzen beim Abbau der goldhaltigen Quarzgänge im spätbronzezeitlichen Goldbergwerk auf dem Ada Tepe, Südbulgarien	27
<i>Ruslan Stoychev, Petya Penkova, Margarita Grozeva</i> Practical challenges of archaeometallurgy of gold found in the Thracian gold mine at Ada Tepe, Southeast Bulgaria – Analytical approaches and experimental reconstructions	45
<i>Franz Georg Rösel</i> Kochen mit hallstattzeitlichen Keramikgefäßen	59
<i>Hannes Lehar</i> Mit moderner Technik Probleme bei der Rekonstruktion antiker Technik lösen? – Ein Besuch in Carnuntum	70
<i>Rüdiger Schwarz</i> Römische Ziegelproduktion an der Saalburg in der Praxis nachvollzogen	83

Rekonstruierende Archäologie

Wolfgang F. A. Lobisser

Wissenschaftliche Fragestellungen zum Aufbau eines frühneolithischen Hausmodells im Sinne der Experimentellen Archäologie im Urgeschichtemuseum Asparn an der Zaya in Niederösterreich 97

Hans Joachim Behnke

Muschelschalenpailletten der Schnurkeramik – Wer war zuerst da: die Paillette oder ihr Loch? 111

Helga Rösel-Mautendorfer

Möglichkeiten der Rekonstruktion eisenzeitlicher Frauentracht mit zwei und drei Fibeln 119

Thomas Flügen, Thomas Lessig-Weller

Die Bogenbewaffnung des Keltenfürsten vom Glauberg – Vom Befund zur Rekonstruktion 129

Alexandra Schubert, Tobias Schubert

Funktionale Gedanken zur merowingischen Frauentracht 144

Claus-Stephan Holdermann, Frank Trommer

Zum Fertigungsprozeß von „Bergeisen“ im spätmittelalterlichen/frühneuzeitlichen Bergbaubetrieb am Schneeberg, Moos in Passeier/Südtirol 153

Vermittlung und Theorie

Thomas Lessig-Weller

Zwischen Fakt und Fiktion – Überlegungen zur Rekonstruierenden Archäologie 166

Fabian Brenker

Living History und Wissenschaft – Einige Überlegungen zur jeweiligen Methode, deren Grenzen und Möglichkeiten der gegenseitigen Ergänzung 177

<i>Stoycho Bonev, Tsvetanka Boneva, Severina Yorgova, Stoyan Bonev</i> 3D reconstruction and digital visualization of the south of the Royal Palace in Great Preslav	187
<i>Sylvia Crumbach</i> Mit dem Webstuhl in die Vorzeit! Textilforschung und Rekonstruktion textiler Techniken in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts mit Ausblick auf die Folgen am Beispiel Brettchenweben	194
Kurzberichte, Jahresbericht und Autorenrichtlinien	
<i>Rüdiger Schwarz</i> Kerzen mit Binsendocht und römische Kerzenhalter	205
<i>Ulrike Weller</i> Vereinsbericht der Europäischen Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie e.V. (EXAR) für das Jahr 2013	207
Autorenrichtlinien „Experimentelle Archäologie in Europa“	214

Zum Fertigungsprozess von „Bergeisen“ im spätmittelalterlichen/frühneuzeitlichen Bergbaubetrieb am Schneeberg, Moos in Passeier/Südtirol

Claus-Stephan Holdermann und Frank Trommer

Summary – Aspects of the production of “Bergeisen” from the mining district at the Schneeberg/Moos in the Passeier Valley/South Tyrol at the transition from the Middle Ages to the early modern era. This paper presents a selection of results from a module of the mountain archaeology project carried out by the SÜDTIROLER BERGBAUMUSEUM. Based on data from research on a small mountain smithy at the Schneeberg, Moos in Passeier/South Tyrol, the experimental part of the project deals with the production processes of pitmen's toolkits used for the operation of medieval and early modern-age mines. Within this framework, research primarily focused on the production of picks (also known as gads); these tools were subject to heavy wear and tear. Depending on the type of rock, a miner needed an average kit of up to twenty picks (gads) per shift. He used these successively, replacing the respective blunted tool with a new, still sharp one. Thus, picks were part of a constant cycle of wear and repair. Unearthed historical picks not only provided insights into the technology used for their production, but also showed manufacturing defects and carelessness. However, many features, timeframes and observations concerning the demand for materials can only be interpreted and reconstructed after a professional experimental reenactment of the production process. This paper not only outlines the archaeological/historical data base, but also presents a manufacturing model for picks (gads) and deals with problems related to the curing process.

Dieser Beitrag präsentiert eine Ergebnisauswahl aus einem Modul des montanarchäologischen Forschungsprojektes des SÜDTIROLER BERGBAUMUSEUMS. Ausgehend vom Befund einer archäologisch untersuchten kleinen Bergschmiede am Schneeberg, Moos in Passeier/Südtirol befasst sich der experimentelle Projektpart mit Fertigungsprozessen von Gezähnen im spätmittelalterlichen/frühneuzeitlichen Bergbaubetrieb. In diesem Rahmen steht die Herstellung von

Bergeisen im Vordergrund. Die Bergeisen waren starkem Verschleiß unterworfen. Ein Bergmann benötigte in einer Schicht einen Satz von mehreren, je nach Gestein bis zu 20 Bergeisen. Diese verwendete er nacheinander, indem er das jeweils stumpf geschlagene durch ein frisches, noch spitzes Eisen, ersetzte. Bergeisen befanden sich in einem steten Kreislauf von Abnutzung und Instandsetzung. Funde von historischen Bergeisen liefern Erkenntnisse über ihre Herstel-



Abb. 1: Die „Alte Schmiede im Himmelreich“, Grabungssituation im Herbst 2012. Am rechten Gebäuderand ist der steinerne Unterbau der Esse zu erkennen. – The „Old Smithy at the Himmelreich“, excavation situation in autumn 2012; the stone substructure of the forge can be seen at the right edge of the building.

lungstechnik, bei der Herstellung unterlaufene Fehler und Unachtsamkeiten. Viele Merkmale, Zeitansätze und Materialbedarf können jedoch erst interpretiert und rekonstruiert werden, wenn der Fertigungsprozess fachgerecht im Experiment nachvollzogen wird. Im Beitrag wird die archäologisch/historische Datenbasis skizziert, ein Fertigungsmodell für Bergeisen vorgestellt sowie auf Probleme im Zuge des Härteprozesses eingegangen. Das Revier am Südtiroler Schneeberg, Moos in Passeier ist eines der größten Tirols. Seine Abbauzone erreicht Höhenlagen von ca. 2030 m ü NN (Karlstollen) bis ca. 2530 m ü. NN (Kaindstollen). Es zählt

somit zu den höchstgelegenen Bergwerken Europas und stellt ein montanhistorisches Kulturdenkmal von internationalem Rang dar. Dieser Bedeutung widmet sich das SÜDTIROLER BERGBAUMUSEUM (<http://www.bergbaumuseum.it>) nachhaltig durch den Ausbau seiner Museumsbereiche im Passeier und im Ridnauntal. Die älteste Schriftquelle zum Revier datiert in das Jahr 1237 n. Chr., als Bergbau auf silberhaltige Erze (Bleiglanz) durchgeführt wurde. Seine Blütezeit erlebte der Schneeberg um das Jahr 1500, nach einer Verlagerung des Förderziels von Silber auf Blei, welches im Rahmen des neuen „Saigerverfahrens“ zur Trennung

von Silber und Kupfer unentbehrlich geworden war. Diese Situation änderte sich, als der allgemeine Niedergang des Tiroler Bergbaus im 17. und 18. Jahrhundert auch den Schneeberg erfasste. 1870 begann der industrielle Abbau auf Zink, neben Kupfer ein Bestandteil des in der beginnenden Industrialisierung wichtigen Werkstoffes Messing. Nach rund 800 Jahren Bergbautätigkeiten führte im Jahre 1985 mangelnde Rentabilität zum Einstellen der Abbautätigkeiten (weiterführend:

TASSER 1994; VOELCKEL 1978; VOELCKEL 1989).

Seit dem Jahr 2009 werden im Revier vom SÜDTIROLER BERGBAUMUSEUM montanarchäologische Untersuchungen durchgeführt (weiterführend: HOLDERMANN 2011; HOLDERMANN 2012a; HOLDERMANN 2012b; HOLDERMANN 2012c; HOLDERMANN 2012d; HOLDERMANN i. Dr.). Im Jahr 2012 erfolgte die archäologische Untersuchung des Befundes „Alte Schmiede im Himmereich“, einer der vielen kleinen Berg-

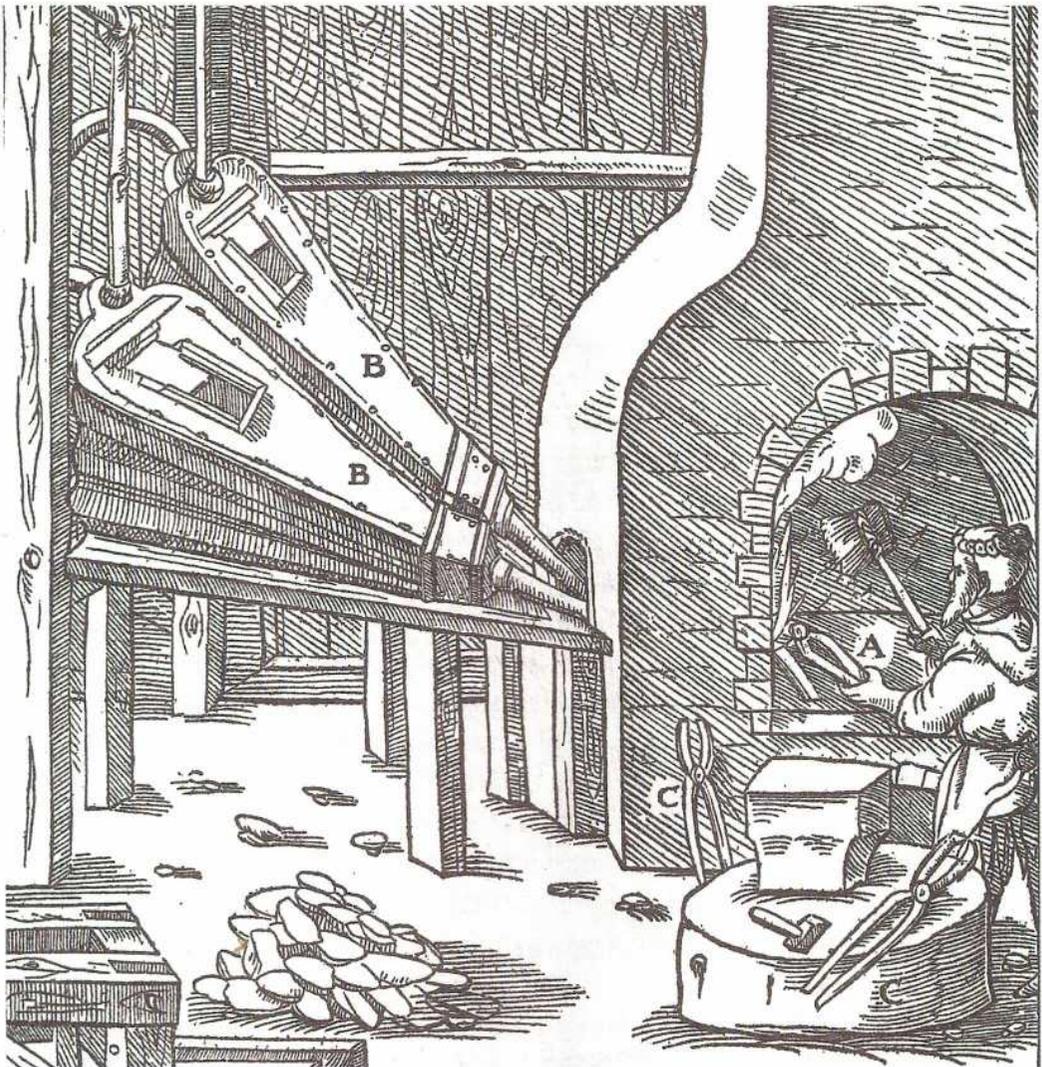
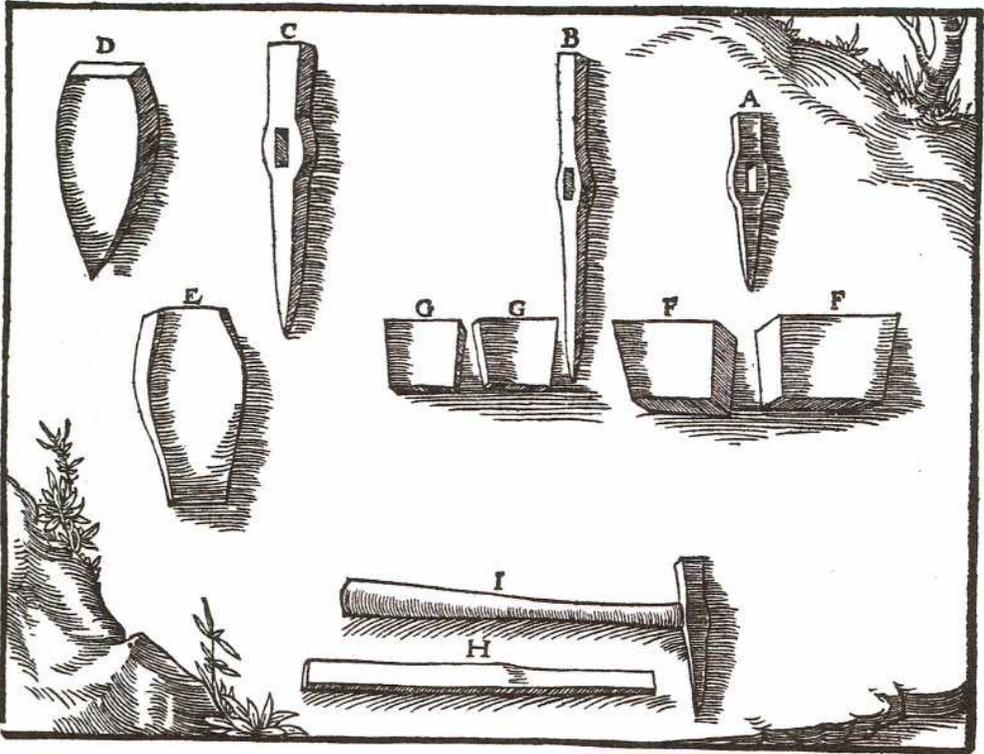


Abb. 2: Aufbau einer Bergschmiede um das Jahr 1556. – Structure of a mountain smithy around the year 1556.



Das Bergeisen A. Das Ritzeisen B. Das Sumpfeisen C. Der Fimmel D. Der Keil E. Der Plötz F. Das Legeisen G. Der hölzerne Stiel²⁾ H. Der im Bergeisen steckende Stiel I.

Abb. 3: Gezüge (Auswahl) der Bergleute um das Jahr 1556. – Miners' toolkit (selection) from around 1556.

schmieden des Schneebergs, die, neben dem zentralen wasserkraftbetriebenen Hammerwerk der großen Revierschmiede, dem unmittelbaren Bedarf vor Ort dienten. Der Gebäudebefund (Abb. 1) liegt in der Nähe eines alten Stollenmundlochs, etwa 300 Meter Luftlinie östlich der alten Bergbausiedlung und heutigen Schutzhütte St. Martin, 2354 m ü. NN. Die Schmiede wurde in einem Brandereignis zerstört und nicht wieder instandgesetzt. Reste der Gebrauchskeramik (Passauer Ware) lassen es beim derzeitigen Bearbeitungsstand zu, das Brandereignis um das Jahr 1500 n. Chr. zu datieren. Die umfassende Analyse des Fundgutes ist noch nicht abgeschlossen.

Historische Darstellungen, z. B. bei Georg Agricola (1556) (Abb. 2) oder Hans Se-

bald Beham (etwa 1528) geben uns über den inneren Aufbau der Schmieden Auskunft. Die Essen waren massive kuppelförmig geschlossene Öfen. So konnte der im Unterschied zur heutigen Schmiedekohle (schwere, fossile Steinkohle) niedrigere Brennwert der damals verwendeten leichten Holzkohle besser genutzt werden. Im Gegensatz zu modernen Essen wurde die Luft nicht mit einem Gebläse von unten in die Esse geführt. Die Sauerstoffzufuhr erfolgte von der Seite mittels Blasbälgen. Schmiedeschlacken dieser Zeitstellung belegen durch ihre Kalottenform, dass das Kohlebecken eng begrenzt, randlich direkt unterhalb des Lufteinlasses des Gebläses lag (HOLDERMANN, TROMMER i. Vorb.). Die Schmiedeschlacken aus der „Alten Schmiede im Him-

melreich“ lassen sich in zwei Haupttypen unterteilen, die Hinweise auf zwei getrennte Produktions-/Instandsetzungsprozesse liefern, bei dem der damals verwendete sehnige Schweißstahl (s. u.) verarbeitet wurde und die jeweils prozessstypischen Schlacken hervorrief: einen reinen Ausschmiede- und Schweißprozess sowie einen Prozess, bei dem im Zuge der Instandsetzung benutzter Gezähe u. a. die überstehenden Bärte der Schlagflächen abgebrannt wurden (HOLDERMANN, TROMMER i. Vorb.).

Der Erzabbau erfolgte am Schneeberg in Stollen, Schächten und im Tagebau. Hierbei ist in den historischen Abbaubereichen bis zur Einführung der Schießtechnik (Sprengtechnik) ausschließlich von Hand gearbeitet worden. Die Art der Häuerarbeit, d. h. das Lösen von Teilen des Gesteins aus dem Gebirge, hing von der Festigkeit des Gesteins ab, d. h. von der Kraft, mit welcher das Gestein den Gezähen (Werkzeugen) widerstand. Am Übergang vom Mittelalter zur Frühen Neuzeit wurden in Abhängigkeit von der Festigkeit des Gesteins unterschiedliche Gezähe verwendet. Neben Werkzeugen wie Keilen, Plötzen, Legeblechen, Fäusteln, Brecheisen, Brechstangen, Keilhauen, Kratzen und Schaufeln (weiterführend: Agricola 1556, 121), die auch außerhalb der Bergbaubereiche Verwendung fanden, wurden vier Gezäheformen unter „Häuerzeuge“ im engeren Sinne zusammengefasst. Sie wurden weniger aufgrund ihrer Gestalt, jedoch nach Länge und Dicke sowie ihrer unterschiedlichen Anwendungsbereiche voneinander unterschieden: das Bergeisen, das Ritzeisen, das Sumpfeisen sowie der Fimmel (Agricola 1556, 120) (Abb. 3). Auf härterem Gestein wurde die Häuerarbeit mit Schlegel und Bergeisen verrichtet. Mit dem Schlegel (auch Fäustel oder Handfäustel) schlug der Bergmann auf die Bahn des auf einen Holzstiel aufgesetzten Bergeisens, welches er mit der Spitze auf das



Abb. 4: Bergleute beim Abbau unter Tage, Schwazer Bergbuch um das Jahr 1556. – Pitmen working underground, Schwazer Bergbuch (Schwaz Mountain Book, translator's note), around 1556.

Gestein setzte, das er abbauen wollte (Abb. 4). Der Hauer trug immer mehrere Bergeisen vor Ort, um jederzeit abgestumpfte Eisen austauschen zu können.

Die Abbauleistung mit Schlägel und Bergeisen war niedrig. So wurde am Schneeberg noch im Jahre 1638 bei der Planung des neuen Carl-Erbstollen (2017 m ü NN; Planungslänge: 2292 m) mit einer Vortriebsleistung von 17 Bergklaftern im Jahr gerechnet (31,96 m; 1 Bergklafter sind 1,88 m). 1660 wurde der Stollen angeschlagen, 1666 war er 50 Bergklafter (94,00 m) vorgearbeitet, 1686 waren 269 Bergklafter (505,72 m) vorgetrieben. Im Jahr 1750, nach 90 Jahren Vortriebsleistung, erreichte der Stollen das Erzlager (bereits nach 400 m Abbauleistung war auf Schießtechnik umgestellt worden) (MUTSCHLECHNER 1993, 340-342).

Die Bergeisen waren starkem Verschleiß unterworfen. Ein Bergmann benötigte in einer Schicht einen Satz von mehreren, je nach Gestein bis zu 20 Bergeisen. Diese verwendete er nacheinander, indem er das jeweils stumpf geschlagene durch ein frisches, noch spitzes, Eisen ersetzte. Bergeisen waren, wie auch andere Gezä-



Abb. 5: Abgelängter Bergeisenrohling im Schmiedefeuer (Holzkohle). – Pick (or gad) blank in the smithy fire (charcoal) after cutting to length.



Abb. 6: Aufspalten des Bergeisenrohlings. – Splitting of the pick blank.



Abb. 7: Ausschmieden der Bergeisenspitze. – Drawing out of the pick point.



Abb. 8: Härten des Spitzenbereichs in Wasserbad. – Curing of the point in a water bath.

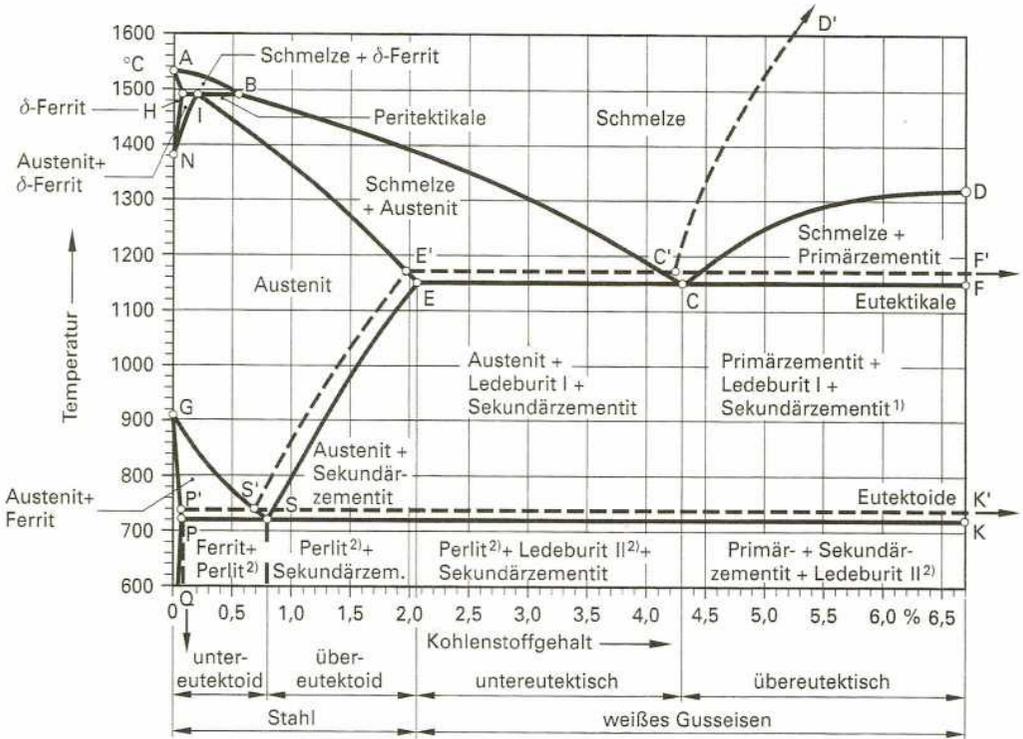


Abb. 9: Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm. – Iron-carbon chart.

he, Verbrauchsware. Sie befanden sich in einem steten Kreislauf von Abnutzung und Instandsetzung. Der Bergmann gab am Ende seiner Schicht die abgenutzten Eisen beim Schmied ab und bekam bei Beginn der neuen Schicht einen gebrauchsfähigen Satz ausgehändigt. Das Schmieden und Reparieren dieser Werkzeuge war wesentlicher Bestandteil der Arbeiten des Bergschmieds. Bergeisen waren somit Massenware. Funde von historischen Bergeisen liefern Erkenntnisse über ihre Herstellungstechnik, bei der Herstellung unterlaufene Fehler und Unachtsamkeiten. Viele Merkmale der Funde, Zeitansätze und Materialbedarf können jedoch erst interpretiert und rekonstruiert werden, wenn der Fertigungsprozess fachgerecht im Experiment nachvollzogen wird. In diesem Rahmen sollen Zeitansatz und Produktionsabläufe der Fertigung von Bergeisen kurz dargestellt werden.

Wie die Ausgrabungen am Schneeberg zeigen, benötigte der Bergschmied eine Esse, ein Gebläse, Holzkohle, einen Amboss, verschiedene Hämmer und weitere Werkzeuge wie Zangen und Durchschläge zum Lochen der heißen Eisen. Hierneben wurden in der „Alten Schmiede im Himmelreich“ zahlreiche Eisenfragmente, Halbzeug, komplette Bergeisen und Fragmente von Bergeisen – insbesondere der Spitzen – gefunden. Aufgrund des Mangels an historischem Rohmaterial (Schweißstahl, s. u.) wurde im Experiment ein Kohlenstoffstahl mit ca. 0,5% C verwendet (vgl.: Abb. 9), um einen Gezähesatz von 15 Bergeisen und einem Hammer zu fertigen.

Das vierkantige Stahl-Rohstück (Halbzeug), welches historisch in der mit Wasserkraft betriebenen großen Revierschmiede vorgefertigt wurde, wurde in einer mit Holzkohle betriebenen Esse auf eine Schmiedetemperatur zwischen



Abb. 10: Durch gezieltes Überhärten herbeigeführter Spannungsriss im Bereich der Bergeisenspitze. – Stress crack in the point of a pick, induced by purposeful overcuring.

950°C und 1100°C erhitzt (ca. 10 Min.) und dann auf die Länge des Werkstücks für ein Gezähe (Abb. 5) abgeschrotet (abgelängt) (2 Min.). Die Öffnung (das Auge) für den Stiel formte der Bergschmied am glühenden Stück in mehreren Schritten durch Aufspaltung des Rohlings vor (10 Min.) (Abb. 6). In einem weiteren Arbeitsschritt wurde es, nach erneutem Erhitzen auf Schmiedetemperatur, mit einem rechteckigen Durchschlag auf die typische rechteckige Form geweitet (5 Min.), damit es später den Stiel aufnehmen konnte.

Nun erfolgte, nach erneutem Erhitzen auf Schmiedetemperatur, das Ausschmieden der Spitze (10 Min.) (Abb. 7), das Härten des Spitzenbereichs (Abb. 8) und abschließend das Anlassen – das gezielte Ändern und Umwandeln des Metallgefüges (s. u.) durch Erhitzen und Abkühlen des glühenden Stückes in einem Wasserbad (5 Min.). Die Bahn des Bergeisens, auf die der Bergmann mit dem Hammer

schlug, wurde nicht gehärtet. Sie durfte nicht zu hart und damit zu spröde sein, da sie starker Beanspruchung ausgesetzt war. Für die Neufertigung eines Bergeisens würde ein Bergschmied im oben skizzierten Fertigungsmodell 42 Minuten benötigt haben. Im zunehmenden Bedarfsfall hätte der Schmied allerdings mehrere Eisen im Feuer liegen gehabt, damit wäre die Produktionszeit pro Stück um ca. 1/3 zu verkürzen.

Die Qualität des Härteprozesses (im Folgenden: HUNDESHAGEN 2001, 142-157; LÄPPLE 2003, 98-184) war von entscheidender Bedeutung für die Standhaftigkeit des Bergeisens, dessen Härte dem abgebauten Gestein/Erz anzupassen war. Dafür war die richtige Materialwahl und Wärmebehandlung ausschlaggebend. Zuerst wurde das fertig geformte Werkstück auf Härtetemperatur (s. u.) erwärmt und anschließend abgeschreckt. Hierdurch wird der Stahl spröde und bruchempfindlich

(glashart). Seine Gebrauchseigenschaften (Härte, Zähigkeit, Zugfestigkeit) erhielt das Bergeisen, indem es erneut, dieses Mal nur bis auf die von den gewünschten Materialeigenschaften abhängige Anlass-temperatur erwärmt und anschließend gezielt abgekühlt wurde. Je höher die Anlass-temperatur gewählt wird, desto geringer fällt die Härte des Bergeisens aus. Dafür nimmt seine Zähigkeit zu. Das Anlassen erfolgt heutzutage, je nach Gehalt an Legierungselementen und Kohlenstoff, im Temperaturbereich von 100°C und 350°C, bei hochlegierten Stählen bis zu 600°C.

Das Erwärmen auf Härtetemperatur muss bis auf ca. 700°C langsam erfolgen, um zu verhindern, dass im Werkstück große Temperaturunterschiede entstehen, die Spannungen hervorrufen würden. Hierdurch werden beim anschließenden Abschrecken Härteverzug und Härterisse vermieden. Sind etwa 700°C erreicht, wird die Erhitzung bis zum Erreichen der eigentlichen Härtetemperatur (780 bis ca. 850°C) rasch fortgesetzt, um eine Entkohlung des Bergeisens in seinen Randzonen und die Bildung eines grobkörnigen Gefüges zu vermeiden. Ist die Härtetemperatur erreicht, wird das Werkstück auf Härtetemperatur gehalten, bis das Gefüge über den gesamten Querschnitt des Werkstückes umgewandelt ist, hierbei verwandelt sich das weiche Ferrit in ein Austenitgefüge (Abb. 9), welches mehr Kohlenstoff aufnehmen kann (Abb. 9).

Aufgrund der gezielt durch spezielle Zusammensetzungen erzeugten Materialeigenschaften heutiger, homogener Industriestähle (Flussstahl) wird jeder Werkstoff zum Erreichen der gewünschten Materialeigenschaften innerhalb einer bestimmten Mindestzeit abgeschreckt. Hierfür werden unterschiedliche Abschreckmittel und Abschreckvorgänge verwendet, z. B. das Eintauchen in Wasser oder Öl oder das Anblasen mit Luft. Der Abschreckvorgang verhindert, dass sich Austenit wieder in

weichen Ferrit zurückbildet (Abb. 9) und sich statt dessen ein hartes Martensitgefüge ausbildet (Dieses geschieht durch ein Verzerren der kubisch-raumzentrierten Gitterstruktur durch den Kohlenstoff.). Im Vergleich mit dem modernen homogenen Stahl konnten Versuche mit historischem Material zeigen, dass der am Übergang vom Mittelalter zur Frühen Neuzeit verwendete inhomogene Schweißstahl beim Härten deutlich mehr Erfahrung benötigt (HOLDERMANN, TROMMER i. Vorb.). Im Akkord gefertigte Bergeisen könnten somit aufgrund der historischen Materialinhomogenität auch bei einem erfahrenen Schmied deutlich mehr Härtefehler aufgewiesen haben, die dann auch im archäologischen Kontext nachweisbar sein sollten. Dieses ist insbesondere für die Spitzenbereiche anzunehmen.

Härtefehler entstehen durch:

- Härtetemperatur zu hoch – es entsteht ein grobkörniger und spröder Werkstoff, der zur Rissbildung neigt.

- Härtetemperatur zu niedrig – es entstehen Spannungen im Werkstück, da ein ungleichmäßiger Gefügezustand vorliegt.

- Abschreckgeschwindigkeit zu hoch – es ist mit dem Auftreten von Spannungsrisen zu rechnen. Das Stück weist darüber hinaus eine zu hohe Härte auf. Das Bergeisen ist spröde und besitzt eine zu geringe Zähigkeit (Abb. 10).

- Abschreckgeschwindigkeit zu gering – die Härte des Stahls ist zu gering. Das Stück reißt nicht, ist für den Gebrauch aber zu weich.

- Ungleichmäßige Erwärmung – Spannungsrisse können entstehen, Verzug ist möglich, das Bergeisen weist eine ungleichmäßige Härte auf.

Die Autoren gehen davon aus, das unsachgemäß gehärtete Bergeisen bei der Arbeit vor Ort unbrauchbar wurden. Größere Fragmente dürften aufgelesen und als Rohmaterial wieder in die Bergschmiede gebracht worden sein. Die Autoren nehmen weiterhin an, dass ein Großteil der Bergeisenfragmente aus dem archäologischen Kontext der „Alten Schmiede im Himmelreich“ auf Härtefehler zurückzuführen ist. Die Fragmente fielen bei Härte- oder bei Testvorgängen in der Bergschmiede an. Dieses sollte insbesondere die kurzen Spitzenfragmente betreffen, welche häufig unregelmäßig ausgeprägte Bruchflächen aufweisen (vgl. *Abb. 10*; HOLDERMANN, TROMMER i. Vorb.). Ein Auswechseln von Spitzenbereichen abgearbeiteter, verkürzter Bergeisen, wie es teilweise von anderen Autoren postuliert wird (z. B. CECH, WALACH 2004, 123), ist aus unserer Sicht unwirtschaftlich und bei einem gezielten Härten der Spitzenbereiche auch nicht notwendig. Archäologische Befunde zeigen häufig, dass sich die Schlagflächenbereiche von Bergeisen – die nicht gehärtet sein sollten – stärker abarbeiten als ihre Spitzenbereiche (z. B. HOLDERMANN, WALSER 2011, 337, *Abb. 16*; für Bergeisen des 13. Jahrhunderts). Der oben dargestellten Logik folgend, müssten somit beide Zonen ausgewechselt werden, um definitiv die Nutzungsdauer der Werkzeuge zu verlängern. Das trifft insbesondere auf Bergeisen zu, deren Spitzenbereiche aus einem widerstandsfähigeren Material gefertigt worden sein könnten als ihre Schlagflächenbereiche (HOLDERMANN, TROMMER i. Vorb.). Abgenutzte Stücke, die das kritische Volumen unterschreiten und nicht mehr nachgearbeitet werden konnten, wurden ausgeschieden und dienten erneut als Rohmaterial (HOLDERMANN, TROMMER i. Vorb.).

Quellen

Agricola, G. 1556: *De Re Metallica*. Libri

XII. Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen. Neue deutsche Übersetzung. Herausgegeben und verlegt von der Agricola-Gesellschaft beim Deutschen Museum. Berlin 1928.

Beham, S. um 1528: Sächsisches Bergwerk. Holzschnitt. Stiftung Schloss Friedenstein Gotha. Inv.-Nr.: G 35, 24.

Literatur

BARTELS, Ch., BINGENER, A., SLOTTA, R. (Hrsg.) 2006: „1556 Perchwerk etc.“ Das Schwazer Bergbuch. Band I: Der Bochumer Entwurf von 1554-Faksimile. Bochum 2006.

CECH, B., WALACH, G. 2004: Alpine Bergschmieden des 15. und 16. Jahrhunderts. In: W. Melzer (Hrsg.), *Schmiedehandwerk in Mittelalter und Neuzeit*. Soester Beiträge zur Archäologie 5. Beiträge des 6. Kolloquiums des Arbeitskreises zur archäologischen Erforschung des mittelalterlichen Handwerkes. Soest 2004, 117-128.

HOLDERMANN, C.-St. 2011: Montanarchäologie am Südtiroler Schneeberg. Grundlagenforschungen zur mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Bergbaugeschichte Südtirols. *Wissenschaftliches Jahrbuch der Tiroler Landesmuseen* 4, 2011, 58-71.

HOLDERMANN, C.-St. 2012a: Die „Alte Schmiede im Himmelreich“. Neue Ausgrabungen am Schneeberg. 's Psairer Heftl 28, 2012, 9.

HOLDERMANN, C.-St. 2012b: Geschichte und Technik des Montanwesens am Schneeberg/Moos in Passeier. *Archäologie Österreichs* 23/1, 2012, 54-56.

HOLDERMANN, C.-St. 2012c: Grundlagenforschungen zur mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Bergbaugeschichte Südtirols. *Montanarchäologie am Südtiroler Schneeberg*. In: K. Oeggel, V. Schaffer (Hrsg.), *Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten*. *Proceedings zum 6. Milestone-Meeting*

des SFB HiMAT in Klausen/Südtirol. Innsbruck 2012, 162-165.

HOLDERMANN, C.-St. 2012d: Denkmalpflegerische Arbeiten. Grundlagen – Intentionen – Methoden – Fallbeispiele. In: Autonome Provinz Bozen-Südtirol (Hrsg.), Handbuch INTERREG IV, Italien-Österreich: „Bergbauerlebnisse in den Ostalpen“, 2012, 24-38. <http://www.bergbauerlebnisse.eu/files/Manual%20Bergbauerlebnisse%20deutsch%201.pdf> (Stand 12. 12.2012).

HOLDERMANN, C.-St. i. Dr.: The Highest Abattoir of the Tyrol at the Schneeberg/Moos in the Passeier Valley/South Tyrol. On the food supply of the miners during the transition from the Middle Ages to the early modern era. 7. Milestone-Meeting des SFB HiMAT in Innsbruck, im Druck.

HOLDERMANN, C.-St., TROMMER, F., i. Vorb.: Schmiedehandwerk – Montanarchäologische Grundlagenforschungen zur mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Bergbaugeschichte Südtirols (Arbeitstitel). In Vorbereitung.

HOLDERMANN, C.-St., WALSER, Ch. 2011: Montanarchäologische Untersuchungen zur Eisenerzförderung am Übergang vom 13. zum 14. Jahrhundert auf der Alpe Netza, Bereich Luterseeberg/Verwallgruppe. In: M. Kasper, K. Pfeiffer (Hrsg.), Netza, Monigg und Sasarscha. Traditionelle Berglandwirtschaft in Gortipohl. Montafoner Schriftenreihe 23. Schruns 2011, 319-345.

HUNDESHAGEN, H. 2001: Der Schmied am Amboß. Ein praktisches Lehrbuch für alle Schmiede. Hannover 2001.

LÄPPLE, V. 2003: Wärmebehandlung des Stahls. Grundlagen, Verfahren und Werkstoffe. 8., völlig überarbeitete und erweiterte Auflage. Haan-Gruiten 2003.

MUTSCHLECHNER, G. 1993: Der Carl-Stollen im Schneeberg. Der Schlern 67, 1993, 340-342.

TASSER, R. T. 1994: Das Bergwerk am Schneeberg. Bozen 1994.

VOELCKEL, H. M. 1978: Chronik vom Schneeberg bei Sterzing. Ein mittelalterlicher Erzabbau hoch über dem Passeier. Innsbruck, München 1978.

VOELCKEL, H. M. 1989: Schneeberg 800 Jahre Bergbau zwischen Ridnaun und Passeier. Bozen 1989.

Abbildungsnachweis

Abb. 1: Hinterwaldner, Holdermann
 Abb. 2: Detail aus Agricola 1556, 369
 Abb. 3: Detail aus Agricola 1556, 121
 Abb. 4: Detail aus BARTELS, BINGENER, SLOTTA (Hrsg.) 2006, 50
 Abb. 5-8, 10: Holdermann, Trommer
 Abb. 9: LÄPPLE 2003, 55, 2,6

Autoren

APMT (Arbeitsgruppe prähistorische Metalltechnologie)
 Claus-Stephan Holdermann
 Oberdorf 24
 6179 Ranggen
 Österreich

Frank Trommer
 Ulmer Str. 43
 89143 Blaubeuren
 Deutschland

ISBN

978-3-944255-02-6