



Abb. 1: Oberer Bergbaubereich des Reviers am Schneeberg, Moos in Passeier / Südtirol. Am rechten Bildrand die Bergbausiedlung St. Martin (2354 m ü. NN) (Hinterwaldner / Holdermann 2012).

### „Geschichte und Technik des Montanwesens am Schneeberg / Moos in Passeier Montan- archäologische Grundlagenforschungen zur mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Bergbaugeschichte Südtirols“, Forschungs- projekt des SÜDTIROLER BERGBAUMUSEUMS.

Projektleitung:  
**Dr. Josef Pahl**  
Direktor  
SÜDTIROLER BERGBAUMUSEUM  
<http://www.bergbaumuseum.it>

wissenschaftliche Leitung:  
**Mag. Claus – Stephan Holdermann**  
CONTEXT OG  
Archäologie – Bauforschung – Kulturraumanalysen  
<http://www.context-archaeology.info>

Archäotechnik:  
**Frank Trommer**  
trommer-archaeotechnik  
<http://www.trommer-archaeotechnik.de>

Das Revier am Südtiroler Schneeberg / Moos in Passeier (Abb.1) ist eines der größten Tirols. Seine Abbauzone erreicht Höhenlagen von ca. 2030 m ü. NN (Karlstollen) bis ca. 2530 m ü. NN (Kaindlstollen). 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 Passeiertal und im Ridnauntal. Der historische Erzabbau, mit der ehemaligen Bergbausiedlung und heutigen Schutzhütte St. Martin (2354 m ü. NN), liegt hierbei auf dem Gebiet der Gemeinde Moos in Passeier. Seit dem Jahr 2009 werden im Revier vom SÜDTIROLER BERGBAUMUSEUM montanarchäologische Untersuchungen durchgeführt (weiterführend: Holdermann 2011; 2012a - 2012d; i. Dr.).

Die älteste Schriftquelle zum Revier datiert in das Jahr 1237 n. Chr., als Bergbau auf Silber 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).



Abb. 2: Die „Alte Schmiede im Himmelreich“, Arbeitssituation 2012. Am rechten Gebäude Rand ist der quadratische, steinerne Unterbau der Esse zu erkennen (CONTEXT 2012).

Im Jahr 2012 wurde die „Alte Schmiede im Himmelreich“ (Abb.2) archäologisch untersucht. Es handelt sich hierbei um eine der kleinen Bergschmieden im unmittelbaren Bereich eines alten Stollens (etwa 300 Meter Luftlinie oberhalb der alten Bergbausiedlung St. Martin, 2354 m ü. NN; s. Abb. 1). Neben den bereits wasserkraftbetriebenen größeren Revierschmieden dienten diese kleineren Bergschmieden dem unmittelbaren Bedarf vor Ort im Berg. Die Ausgrabung konnte nachweisen, dass die „Alte Schmiede im Himmelreich“ in einem Brandereignis zerstört und nicht wieder instandgesetzt wurde.

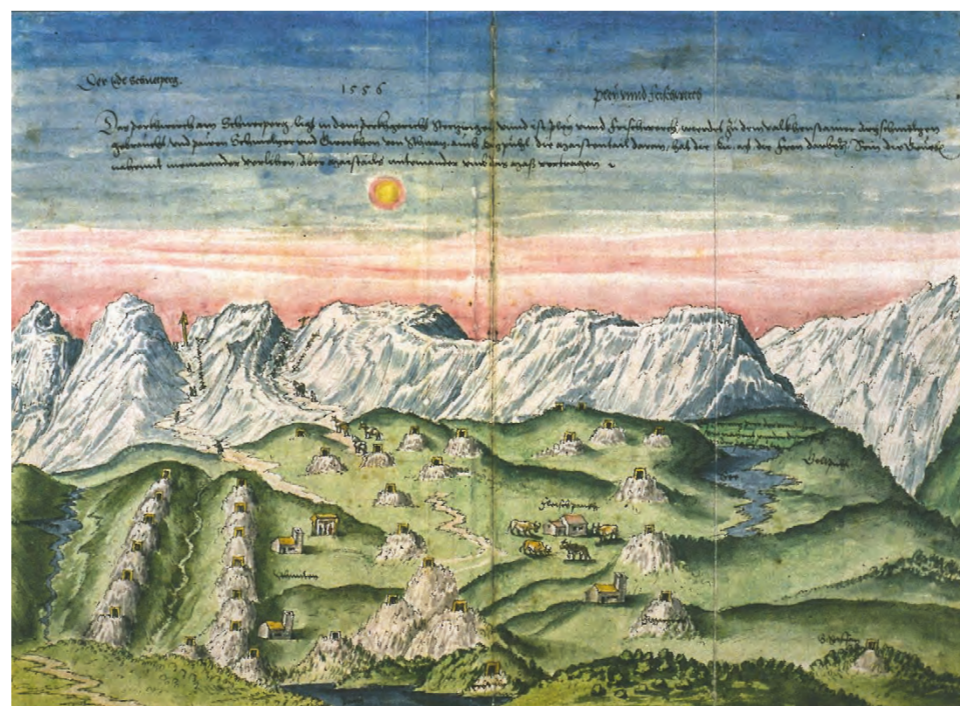


Abb. 3: Darstellung des Reviers am Schneeberg im Schwazer Bergbuch von 1556. (TUMF Bibliothek; Dip. 856).

Die Analyse der dokumentierten Keramikfunde lässt es zu, das Brandereignis in den Zeitbereich zwischen die Jahre 1475 und 1525 zu datieren. Die Gliederung des Gebäudes entspricht dem Aufbau der im Schwazer Bergbuch (1556) abgebildeten Bergschmieden (Abb.3).

Historische Darstellungen von Georg Agricola (1556) und Hans Sebald Beham (etwa 1528) geben uns über den inneren Aufbau der Schmieden Auskunft. Die Essen waren gemauerte, kuppelförmig geschlossene Öfen. So konnte der im Unterschied zur heutigen Schmiedekohle (schwere, fossile Steinkohle) wesentlich 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 Blasebügeln.



Abb. 4: Aufbau einer Esse um das Jahr 1556 (Detail aus: G. Agricola 1556, 369).

Der Erzabbau wurde am Schneeberg in Stollen, Schächten und im Tagebau durchgeführt. Hierbei ist in den historische Abbaubereichen, bis zur Einführung der Sprengtechnik um ca. 1600 n. Chr., ausschließlich von Hand gearbeitet worden. Die verwendeten Werkzeuge („Gezähe“) waren im Wesentlichen Schlägel und Eisen.

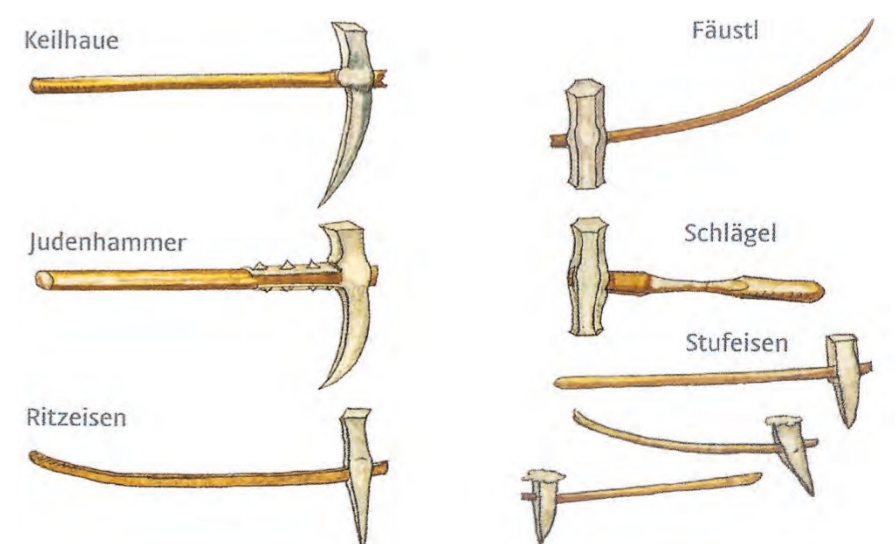


Abb. 5: Verschiedene Gezähe (aus: Haller / Schölzhorn 2011, S.53).

Der Bergmann hielt das Eisen gegen das Gestein und führte mit dem Schlägel Schläge auf die Bahn des Eisens aus. Hierbei wurde ein Teil des Gesteins abgesprengt. Die Abbauleistung mit Schlägel und Eisen war niedrig. Bei mittelfestem und weichem Gestein konnte man mit einem Vortrieb von 5 bis 10 Zentimeter in einer Arbeitsschicht (8 - 10 h) rechnen, bei hartem Gestein oft nur mit einem bis zwei Zentimetern.



Abb. 6: Arbeitende Bergleute, Pfarrkirche St. Stephan, Villanders / Südtirol, ca. 1500 n. Chr. (Hinterwaldner / Holdermann 2012).

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 Gezähe, Massenware. 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 (Abb.7). Das Schmieden und Reparieren dieser Werkzeuge war wesentlicher Bestandteil der Arbeiten des Bergschmieds.



Abb. 7: Schichtbeginn der Bergleute. Einzug in den Stollen. (Details aus: Heinrich Gross, um 1550).

Bergeisen waren somit Massenware. Sie befanden sich in einem steten Kreislauf von Abnutzung und Instandsetzung. Funde von historischen Bergeisen liefern Erkenntnisse über Techniken, Fehler und Unachtsamkeiten. Viele Merkmale an Fundstücken, Zeitanätze und Materialbedarf können jedoch erst interpretiert werden, wenn der Fertigungsprozess fachgerecht im Experiment nachvollzogen wird.

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. Daneben wurden in der „Alten Schmiede im

Himmelreich“ zahlreiche Eisenfragmente, Halbzeug, komplette Bergeisen und Fragmente von Bergeisen (Abb.8) - insbesondere der Spitzen - gefunden.



Abb.8: Bergeisenfragmente (Härtefehler?) aus dem archäologischen Kontext „Alte Schmiede im Himmelreich“, Schneeberg, Moos in Passeier / Südtirol (Holdermann / Hinterwaldner 2012), vgl. Abb.13; Abb.14.

Aufgrund fehlenden historischen Rohmaterials (Schweißstahl, s.u.) wurde im Experiment ein Kohlenstoffstahl mit ca. 0,5 % C verwendet, um einen Gezähesatz von 15 Bergeisen und einen Hammer zu fertigen:

Das vierkantige Stahl - Rohstück (Halbzeug), welches historisch in der mit Wasserkraft betriebenen großen Revierschmiede vorgefertigt wurde, wird auf eine Schmiedetemperatur zwischen 950 °C und 1100 °C erhitzt (ca. 10 min) und dann auf die Länge des Werkstücks für ein Gezähe abgeschrotet (abgelängt) (2 min) (Abb.9).



Abb. 9: Abgelängter Bergeisenrohling im Schmiedefeuer (Holzkohle) (Holdermann / Trommer 2013).

Die Öffnung (das Auge) für den Stiel formte der Bergschmied am glühenden Stück in mehreren Schritten durch Aufspaltung des Rohlings vor (10 min) (Abb.10). In einem weiteren Arbeitsschritt wurde es, nach erneutem Erhitzen auf Schmiedetemperatur, mit einem rechteckigen Durchschlag auf die beabsichtigte Form geweitet (5 min), damit es später den Stiel aufnehmen konnte.



Abb. 10: Aufspalten des Bergeisenrohlings (Holdermann / Trommer 2013).

Nun erfolgte, nach erneutem Erhitzen, das Ausschmieden der Spitze (10 min) (Abb. 11), das Härten des Spitzenbereichs (Abb. 12) 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).



Abb. 11: Ausschmieden der Bergeisen spitze (Holdermann / Trommer 2013).



Abb. 12: Härten des Spitzenbereichs im Wasserbad (Holdermann / Trommer 2013).

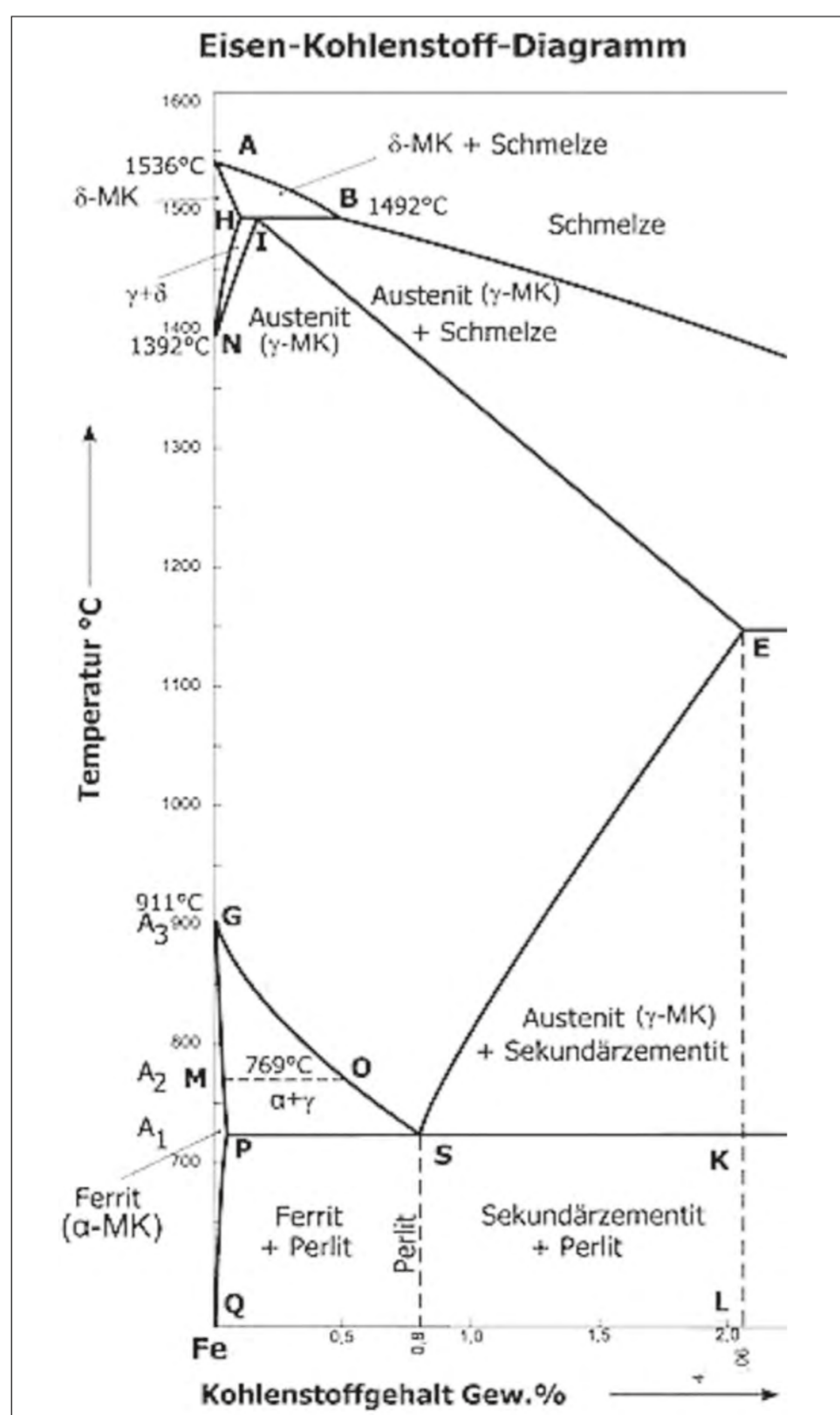
Die Bahn des Bergeisens, auf die der Bergmann mit dem Hammer schlug, wurde nicht gehärtet. Sie durfte nicht zu hart und damit zu spröde sein, da sie starker Beanspruchung ausgesetzt war.

Für die Neufertigung eines Bergeisens benötigte ein Bergschmied im oben skizzierten Fertigungsmodell 42 Minuten. Im zunehmenden Bedarfsfall wird der Schmied allerdings mehrere Eisen im Feuer gehabt haben und damit die Produktionszeit pro Stück um ca. 1/3 gesenkt haben.

Die Qualität des Härteprozesses (weiterführend: Hundeshagen 2001; Läßle 2003) war von entscheidender Bedeutung für die Standhaftigkeit der Bergeisen, deren 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 Anlasstemperatur erwärmt und anschließend gezielt abgekühlt wurde. Je höher die Anlasstemperatur 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 zwischen 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 zur 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 (hier verwandelt sich das weiche Ferrit- in ein Austenitgefüge, welches mehr Kohlenstoff aufnehmen kann).



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 heute 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 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 Schweißstahl zeigen, dass der am Übergang vom Mittelalter zur Frühen Neuzeit noch verwendete inhomogene Schweißstahl beim Härten deutlich mehr Erfahrung benötigte. 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 gehärteten 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 Gefügestand vorliegt.

Abschreckgeschwindigkeit zu hoch - es ist mit dem Auftreten von Spannungsrissen zu rechnen. Das Stück weist darüber hinaus eine zu hohe Härte auf. Das Bergeisen ist spröde und besitzt eine zu geringe Zähigkeit (Abb. 13; Abb. 14).

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.



Abb. 13: Durch gezieltes Überhärten herbeigeführter Spannungsriss im Bereich der Bergeisenstange (Holdermann / Trommer 2013).



Abb. 14: Durch gezieltes Überhärten herbeigeführter Spannungsriss im Bereich des Hauses des Bergeisens (Holdermann / Trommer 2013).

Die Autoren gehen davon aus, dass falsch gehärtete Bergeisen bei der Arbeit vor Ort unbrauchbar wurden. Größere Fragmente dürften erneut aufgelesen und als Rohmaterial wieder in die Bergschmiede gebracht worden sein. Teilweise werden die Fragmente aus dem archäologischen Kontext der „Alten Schmiede im Himmelreich“, insbesondere die kürzeren Spitzenbereiche, auf Härtefehler zurückzuführen sein. Sie fielen bei Testvorgängen in der Bergschmiede an. Ein Auswechseln (durch Feuerschweißen verbinden von kurzen neuen Spitzen mit dem Rest des Eisens) der Spitzenbereiche abgearbeiteter, verkürzter Bergeisen, wie es teilweise von anderen Autoren postuliert wird (vgl.: Cech / Walach 2004, 123), ist aus verschiedenen Gründen aus unserer Sicht technisch und wirtschaftlich nicht praktikabel (Holdermann / Trommer i. Vorb.).

## Literatur / Quellenangaben

- 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, Inv.-Nr.: G 35, 24. Stiftung Schloss Friedenstein Gotha.
- Cech, B. / Walach, G. (2004): Alpine Bergschmieden des 15. und 16. Jahrhunderts. In: W. Melzer (Hrsg.): Schmiedehandwerk in Mittelalter und Neuzeit. Soeter Beiträge zur Archäologie, Band 5. Beiträge des 6. Kolloquiums des Arbeitskreises zur archäologischen Erforschung des mittelalterlichen Handwerkes, 2004, 117 - 128.
- Gross, H. (um 1550): La rouge Myne de Saint Nicolas de la Croix (Vogesen).
- 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, i.Dr.
- Holdermann, C.-St. (2012a): Denkmalpflegerische Arbeiten. Grundlagen - Intentionen - Methoden - Fallbeispiele. In: Autonome Provinz Bozen - Südtirol (Hrsg.): Handbuch INTERREG IV, Italien-Osterreich: „Bergbauerlebnisse in den Ostalpen“, Seiten: 24 - 38. Stand: 12.12.2012, <http://www.bergbauerlebnisse.eu/files/Manual%20Bergbauerlebnisse%20deutsch%201.pdf>, abgerufen am 12.12.2012.
- Holdermann, C.-St. (2012b): 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, 2012, 162 - 165.
- Holdermann, C.-St. (2012c): Geschichte und Technik des Montanwesens am Schneeberg / Moos in Passeier. Archäologie Österreichs, 23 / 1, 2012, 54 - 56.
- Holdermann, C.-St. (2012d): Die „Alte Schmiede im Himmelreich“. Neue Ausgrabungen am Schneeberg. „s Psairer Heftl“, 28, 2012, 9.
- 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. / Trommer, F. (i. Vorb.): Schmiedehandwerk - Montanarchäologische Grundlagenforschungen zur mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Bergbaugeschichte Südtirols (Arbeitstitel).
- Hundeshagen, H. (2001): Der Schmied am Amboss. Ein praktisches Lehrbuch für alle Schmiede. Schäfer, Hannover 2001.
- Läßle, V. (2003): Wärmebehandlung des Stahls. Grundlagen, Verfahren und Werkstoffe. Europa - Lehrmittel, Haan - Gruiten, 2003.
- Tasser, R. T. (1994): Das Bergwerk am Schneeberg. Athesia, Bozen 1994.
- Voelckel, H. M. (1978): Chronik vom Schneeberg bei Sterzing. Ein mittelalterlicher Erzabbau hoch über dem Passeier. Südtirol Verlag, Innsbruck - München 1978.
- Voelckel, H. M. (1989): Schneeberg 800 Jahre Bergbau zwischen Ridnaun und Passeier. Ferrari - Auer, Bozen 1989.