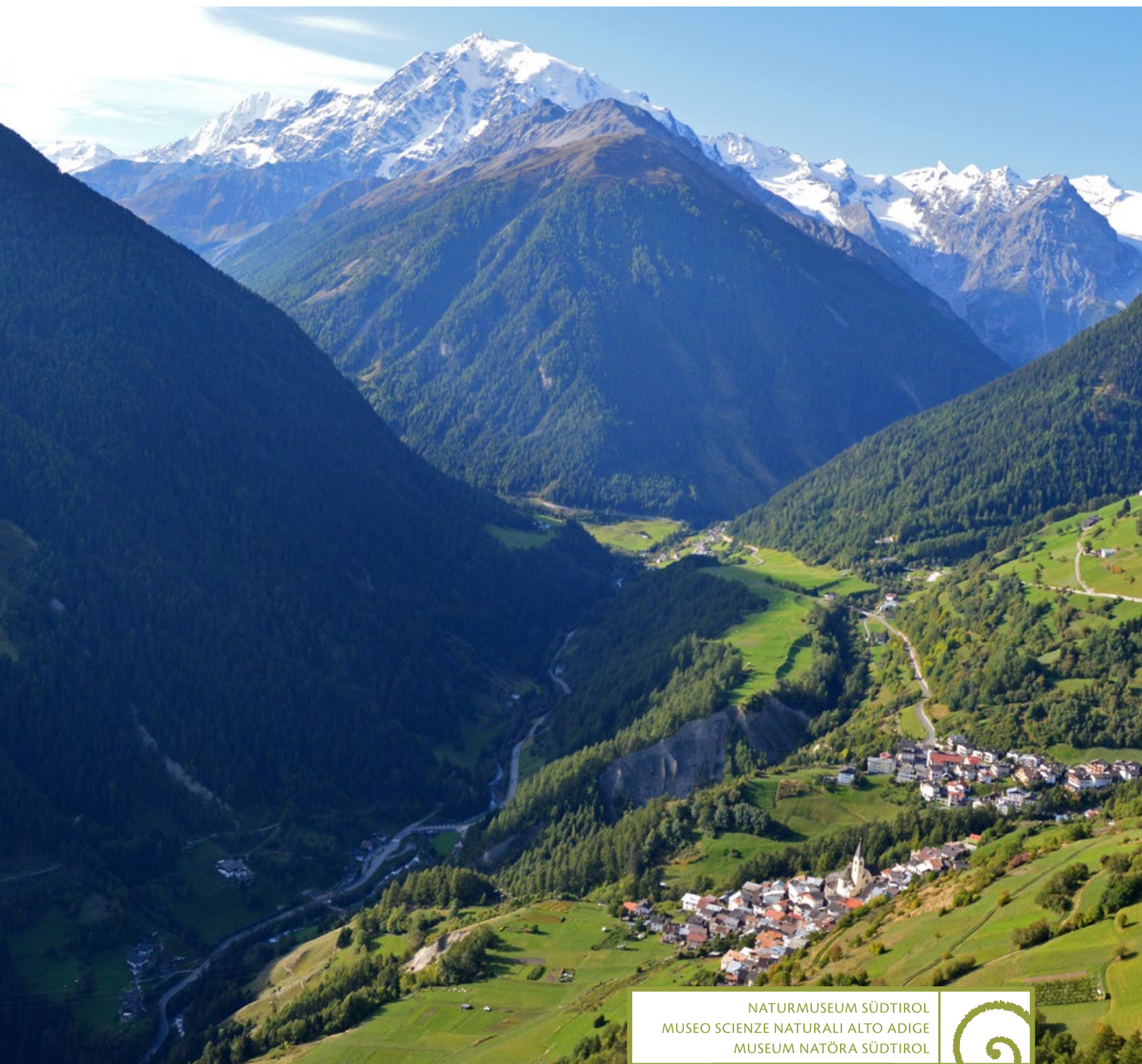


Geo.Alp

Das Suldental mit dem historischen Knappendorf Stilfs und dem Ortler im Hintergrund.
The Sulden Valley with the historic miners' village of Stilfs and the Ortler Mountain in the background. | Photo: Th. Koch Waldner



NATURMUSEUM SÜDTIROL
MUSEO SCIENZE NATURALI ALTO ADIGE
MUSEUM NATÛRA SÜDTIROL



BIODIVERSITY CENTER

Geo.Alp

GEO.ALP

Geo.Alp is an annual journal of the Museum of Nature South Tyrol (Bozen/Bolzano, Italy). Geo.Alp is the successor of the former “Geologisch-Paläontologische Mitteilungen Innsbruck” and is dedicated to all aspects of alpine geology. In the years 2004–2016, the journal was published jointly with Institute of Geology at the University of Innsbruck (Austria). Since 2017, the journal is published solely by the Museum of Nature South Tyrol. Topics include regional geology, structural deformation, stratigraphy, sedimentology, palaeontology, palaeoecology, mineralogy, petrology, mining, physical geography, geophysics, geoarchaeology and the history of geoscientific investigation of the Alps. The journal is issued once a year but papers can be submitted all year round. Articles may range in length from short communications to longer papers with more extensive documentation (figures, tables, plates). All submitted articles are subject to review by experts in the respective field of research and will appear as “in press” on the journal homepage as soon as they are reviewed and processed for the journal’s layout style.

IMPRINT

Publisher:

Museum of Nature South Tyrol
Binderergasse 1/Via Bottai 1, I-39100 Bozen/Bolzano, Italy

Editorial Committee:

Benno Baumgarten, Museum of Nature South Tyrol, Bozen/Bolzano (Italy), petrography
Massimo Bernardi, MUSE, Trento (Italy), palaeozoology
Paolo Ferretti, MUSE, Trento (Italy), mineralogy
Piero Gianolla, University of Ferrara, geology and stratigraphy
Evelyn Kustatscher, Museum of Nature South Tyrol, Bozen/Bolzano (Italy), palaeobotany
Volkmar Mair, Amt für Geologie und Baustoffprüfung/Ufficio Geologia e prove materiali, Kardaun (Italy), mapping, mineralogy, and tectonics
Christoph Spötl, Institute of Geology, University of Innsbruck (Austria), geochemistry

Graphic/layout:

Typoplus, Frangart

Editors in chief, Geo.Alp 17:

Thomas Koch Waldner, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, Bochum (Germany)
Mathias Mehofer, Archaeological Science, University Vienna (Austria)
Benno Baumgarten, Museum of Nature South Tyrol, Bozen/Bolzano (Italy)

Responsible director:

Dr. David Gruber, Museum of Nature South Tyrol, Bozen/Bolzano (Italy)
Approval number 12/2004 from 2004, November, 5, of the regional court of Bozen/Bolzano

ISSN 1824-7741

Print/press:

Printed in Italy

Homepage:

www.natura.museum/de/forschung/publikationen
www.natura.museum/it/ricerca/pubblicazioni

© 2021

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in retrieval systems or transmitted in any form, without the written permission of the copyright owner.

Introduction

Dear readers,

this volume of Geo.Alp is designed as the accompanying booklet for the workshop “Alpine copper in the Vinschgau”. For organisational reasons, no Geo.Alp issue could be published in 2020. Due to the restrictions and anti-Covid-19 measures, the workshop planned for October 2020 unfortunately had to be postponed to May 2021. The editorial team therefore decided to keep the issue number Volume 17/2020 for the conference proceedings. We hope for the understanding of the readers that this issue could only be published in 2021.

The workshop results from the eponymous research project of the German Mining Museum Bochum (DBM), funded by the Fritz Thyssen Foundation. The project was carried out in cooperation with the Office of Archaeology of South Tyrol and the Vienna Institute for Archaeological Science (VIAS), University of Vienna, from 2019 to 2021. Furthermore, the research was supported by the Museum of Nature of South Tyrol and the Office for Geology and Building Materials Testing, in which several ore and slag samples were made available for scientific analyses. The Vintschger Museum in Schluderns provided an office as well as the finds depot during the field work.

The South Tyrol Museum of Mining was involved in the organisation and implementation of the workshop as co-organiser.

Prähistorische Schlacken und Erze aus dem Vinschgau – Geochemische und archäometallurgische Analysen

Prehistoric slags and ores from the Vinschgau – Geochemical and archaeometallurgical analyses

→ Thomas Koch Waldner¹, Mathias Mehofer², Michael Bode³

¹ Deutsches Bergbau-Museum Bochum, Abteilung Forschung, Forschungsbereich Montanarchäologie, Am Bergbaumuseum 31, 44791 Bochum, thomas.koch-waldner@bergbaumuseum.de

² University Vienna, Archäometallurgie, VIAS Vienna Institute for Archaeological Science, Franz-Klein-Gasse 1, A-1190 Vienna, mathias.mehofer@univie.ac.at

³ Deutsches Bergbau-Museum Bochum, Abteilung Forschung, Forschungsbereich Forschungslabor, Herner Straße 45, 44787 Bochum, michael.bode@bergbaumuseum.de

KEY WORDS

Vinschgau, Erz, Schlacke, Kupfer, Bronzezeit, Bergbau, Geochemie, Bleiisotopen

EINLEITUNG

In den vergangenen Jahren konnte vor allem durch die Forschungen des Deutschen Bergbau-Museums Bochum und des Forschungszentrums HiMAT der Universität Innsbruck, die herausragende Bedeutung des bronzezeitlichen Kupferbergbaus in den Alpen aufgezeigt werden. Die Forschungen konzentrierten sich bislang auf die großen Kupferproduktionszentren des Mitterberggebietes, Kitzbühels, des Inntals und des Trentinos. Um den Wissenstransfer in diesem Großraum besser nachvollziehen zu können, wird nun der Fokus auch auf kleinere Bergbaureviere gelegt. Südtirol liegt zwischen den genannten Montanzentren in den Nord- und Südalpen und stellt ein bis dato montanarchäologisch nahezu unerforschtes Gebiet dar. Die Entdeckung bronzezeitlicher Verhüttungsspuren im Vinschgau, im Westen Südtirols, stellt den jüngsten Nachweis einer prähistorischen Kupferproduktionsregion in den Alpen dar (Koch Waldner 2019). Aufgrund seiner geographischen Lage an einem inneralpinen Verkehrsknotenpunkt mit Anbindungen in die Nord- und Südalpen sowie nach Westen in die Schweiz könnte das Vinschgauer Bergbauggebiet eine besondere Rolle im Technologietransfer eingenommen haben. Darüber hinaus hätte es die zentrale Lage innerhalb des Alpenbogens ermöglicht, das hier produzierte Kupfer in die Metallkreisläufe bzw. Handels- und Tauschnetzwerke sowohl südlich als auch nördlich der Alpen einzuspeisen.

Der Nachweis eines spätbronzezeitlichen Kupferschmelzplatzes auf Vellnair am Prader Berg gab den Anlass für erste montanarchäologische Prospektionen und archäometallurgische Untersuchungen im Vinschgau (Koch Waldner 2019). Die Ergebnisse aus diesen initialen Forschungen führten schließlich zu einem gemeinsamen Forschungsprojekt des Deutschen Bergbau-Museums Bochum (DBM) mit dem Vienna Institute for Archaeological Science (VIAS) der Universität Wien, finanziert durch die Fritz-Thyssen-Stiftung (Pr.Nr. Az.10.19.1.040AA)

und das Amt für Bodendenkmäler Südtirol. Das Projekt steht in Kooperation mit dem Amt für Bodendenkmäler sowie dem Amt für Geologie und Baustoffprüfung des Landes Südtirol.

Im Zuge des Projektes konnten weitere prähistorische Kupferschmelzplätze sowie historische Bergbauspuren entdeckt werden. Die gewonnenen Erkenntnisse aus den 2019 und 2020 durchgeführten Prospektionen verdeutlichen, dass sich im Ortlergebiet eine ausgedehnte Bergbauregion befand, in der über einen langen Zeitraum Metalle produziert wurden.

Durch systematische Analysen von Erzen, Schlacken und Bronzeobjekten soll nun festgestellt werden, welche Rolle dieses Bergbauggebiet in der regionalen sowie überregionalen Metallversorgung während der Bronze- und Eisenzeit einnahm. Als Grundlage dieser Studie gilt es zunächst, die Kupferlagerstätten im oberen Vinschgau zu charakterisieren. Hierfür wurden die geochemische Zusammensetzung sowie die Bleiisotopenverhältnisse ausgewählter Kupfererze und prähistorischer Schlacken ermittelt. Die Ergebnisse dieser ersten Untersuchungen werden im vorliegenden Beitrag präsentiert.

FRAGESTELLUNG

Ziel der Pilotstudie ist es, die bis dato bekannten montanarchäologischen Spuren im Vinschgau systematisch aufzunehmen und zu erforschen. Neben den Geländearbeiten liegt der Fokus auf der Analyse von Erzen, Schlacken und Bronzeobjekten. Folgenden Fragestellungen wird dabei besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

- Welche Kupfererzlagertstätten des Vinschgaus wurden in der Urgeschichte genutzt?
- Welche Schmelzprozesse lassen sich anhand der Schlackenanalysen rekonstruieren?

- Lässt sich die Nutzung lokaler Erze in bronze- und früheisenzeitlichen Metallobjekten nachweisen?
- Ist die geochemische Zusammensetzung dieser Erze in Buntmetallobjekten aus den benachbarten Regionen (Norditalien, Tirol, Schweiz) feststellbar?
- Welche Großräume lassen sich als Abnehmer des im Vinschgau produzierten Kupfers identifizieren?

Der Umstand, dass der Vinschgau und das Stilsfer Gebiet ab der Mittelbronzezeit einen Aufschwung erlebten, lässt sich allerdings nur dann umfassend beschreiben, wenn man auch seine Einbindung in überregionale Handels- und Austauschnetzwerke betrachtet. Die in Norditalien verbreitete Terramare-Kultur besitzt ein reichhaltiges Repertoire an Bronzetypen. Die Hortfunde von Pila del Brancon oder das Gräberfeld von Olmo di Nogara (Salzani 1994; Salzani 2000; Salzani 2005), beide am Übergang der Südalpen in die Poebene, nahe Verona gelegen, zeigen sehr eindrücklich die Bandbreite der archäologischen Metallfunde. Es lassen sich z. B. die so genannten Doppelpickelbarren nennen, die sich als typische (Rohmetall)Form von Norditalien bis in den westbalkanischen Raum finden. Wo die Kupferlagerstätten des dafür verwendeten Erzes lagen, war bis vor Kurzem noch nicht geklärt. Natürlich bieten sich die Südalpen mit ihren reichen Erzvorkommen an (Artioli et al. 2016). Bis in jüngster Zeit fehlten jedoch die naturwissenschaftlichen Nachweise, auf deren Basis sich solche Austauschnetzwerke rekonstruieren lassen (Jung et al. 2011).

Lothar Sperber konnte in seiner Arbeit bereits die Rolle der Nordtiroler und Salzburger Bergbaureviere in der spätbronzezeitlichen Kupferversorgung in Mitteleuropa beschreiben (Sperber 2004). So zeigen z. B. aktuelle Forschungen, dass das Kupfer der berühmten Himmelscheibe von Nebra aus den Ostalpen stammt (Pernicka 2011). Dies belegt, dass die zuvor genannten Bergbaureviere eine dominierende Position für die Metallversorgung Mittel- und Nordeuropas einnahmen (Stöllner 2011), wohingegen die südlich des Alpenhauptkammes gelegenen Regionen ihr Kupfer aus anderen Quellen bekamen (Jung et al. 2011, 240 Fig. 23.8). Aktuelle archäometallurgische Forschungen zeigen nun, dass die Südalpen eine herausragende Rolle in der bronzezeitlichen Metallversorgung Italiens eingenommen haben (Jung et al. 2011; Jung & Mehofer 2013). Diese Untersuchungen ließen erkennen, dass das Trentino eine wesentliche Versorgungsrolle in diesem Netzwerk gespielt haben dürfte, wie dies bereits in der von Jan Cierny vorgelegten Zusammenstellung bronzezeitlicher Kupferschmelzplätze angedeutet wurde (Cierny 2008). Inwieweit Südtirol und insbesondere der Vinschgau Kupfer in diese Distributionsnetzwerke, die bis nach Süditalien reichten (Jung et al. 2011), einspeisten, ist bis dato noch ungeklärt. Seine verkehrstechnische Lage würde es möglich machen, dass das dort produzierte Kupfer sowohl nach Nordtirol als auch nach Italien verhandelt worden sein könnte. Dies mag als Hinweis dienen, wie weit die Handelsbeziehungen schon während der Bronzezeit gereicht haben mögen.

GEOGRAPHISCHE LAGE

Der Vinschgau liegt im Westen Südtirols (Italien), am Oberlauf der Etsch und erstreckt sich vom Reschenpass (1507 m ü.d.M.) bis zum Schnalstal. Im geografischen Sinne zählt auch das

Hochtal von Nauders in Nordtirol (Österreich) zum Vinschgau, wo er durch die Finstermünz-Schlucht vom Inntal getrennt wird. Die geografische Grenze im Osten verläuft entlang der Talstufe bei Töll (508 m ü.d.M.) westlich von Meran. Das Vinschgauer Haupttal verläuft parallel zur Etsch, vom Alpenhauptkamm am Reschen nach Süden bis in das Gurnser Becken. Hier wenden sich Tal und Fluss um annähernd 90° nach Osten und verlaufen in dieser Richtung bis zur Töll bzw. in das Meraner Becken.

Aus geographischer Sicht stellt die Etsch im oberen Vinschgau die Grenze zwischen den westlichen (Sesvenna Gruppe), mittleren (Öztaler Alpen) und südlichen (Ortler Gruppe) Ostalpen dar. Das Gebirge östlich und nördlich der Etsch ist Teil der Öztaler Alpen. Westlich der Etsch liegt die Sesvenna-Gruppe, die den Vinschgau vom Unterengadin in Graubünden (Schweiz) trennt. Südlich der Etsch liegen die Ortler Alpen (auch Ortler-Gruppe), benannt nach dem höchsten Berg Südtirols, dem Ortler (3905 m ü.d.M.). Dieser Gebirgsstock trennt das Untersuchungsgebiet vom Veltlin (Valtellina) und der Lombardei. Auf Vinschgauer Seite ist die Gebirgsgruppe besonders durch das Trafoi-, Sulden- und Martelltal geprägt. Über diese Täler bzw. den Trafoi- und Suldenbach sowie die Plima fließt ein erheblicher Teil des Wassers der Ortler Alpen nach Norden ab. Der Trafoibach mündet in Gomagoi (Beidewasser) in den Suldenbach, der bei Spondinig nördlich von Prad in die Etsch mündet. Der Großteil der bisher nachgewiesenen prähistorischen Bergbauspuren liegt in diesem Bereich, mit einem Schwerpunkt am Ausgang des Suldentales bei Stils und Prad.

GEOLOGIE

Die Gebirgsgruppen der Ortler und Öztaler Alpen sowie der Sesvenna-Gruppe treffen im Gurnser Becken aufeinander. Dieser Spannungsbereich ist durch Überschiebungen der Ortler-Campo Decke, der Öztal Decke sowie der Sesvenna Einheit geprägt und wird als Vinschgauer Scherzone bezeichnet (Keim et al. 2018). Die Scherzone ist durch eine heterogene Geologie gekennzeichnet. Die Zone erstreckt sich vom nordwestlichen Teil des Ortlergebietes bei Stils bis an die Südflanke der Öztaler Alpen bei Schluderns im Norden und Laas im Osten (Abb. 1). Die untersuchten Erzproben stammen von den Kupferlagerstätten bei Stils und Eyrs, die in dieser Zone liegen.

Mit Ausnahme der Erze aus Eyrs stammen sämtliche Erz- und Schlackenproben aus den Ortler Alpen. Der zentrale Stock dieser Gebirgsgruppe besteht größtenteils aus Dolomit- und Kalkgestein über einem Kristallinsockel (Keim et al. 2018). Die dominante geologische Einheit stellt die Ortler-Campo-Decke dar, in der vor allem metamorphe Gesteine – Glimmerschiefer, Quarzphyllite, Orthogneise, Amphibolite und Marmore – in Erscheinung treten. Erze bzw. Erzminerale kommen vor allem entlang tektonischer Linien vor.

Hinsichtlich des Kupferbergbaus im Gebiet von Stils gilt es hervorzuheben, dass das Gebirge in diesem Bereich durch stark verfaltete Gesteinsschichten geprägt ist. Der oberflächennahe Bereich in der Vinschgauer Scherzone wird von phyllitischem Schiefer dominiert. Das Kupfererz bei Stils kommt vorwiegend mit Quarz als Gangart, mit Dolomit als Nebengestein vor. Die Abbauprodukte beschränkten sich jedoch nicht allein auf die Lagerstätten der beschriebenen Scherzone. Die historischen

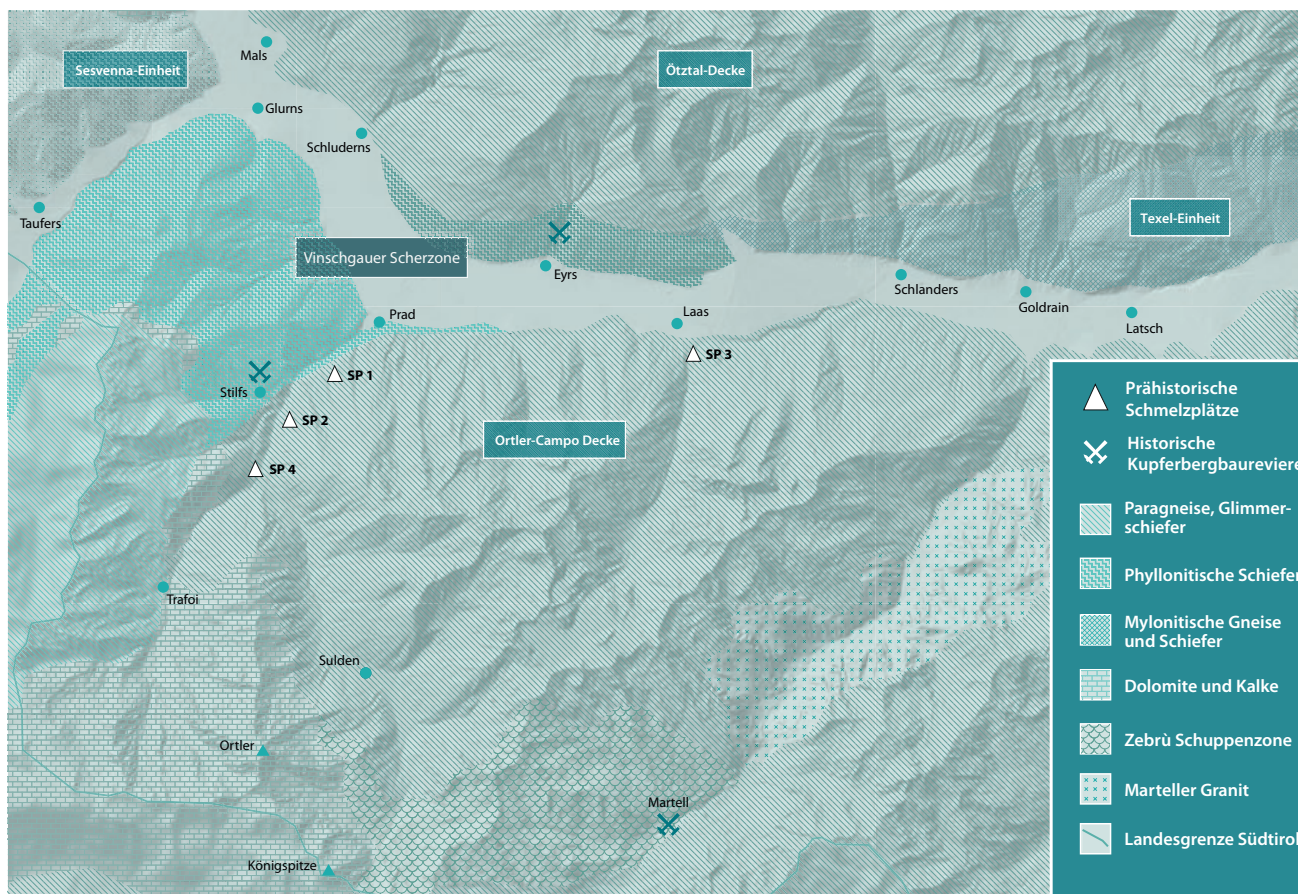


ABB 1: Tektonische Einheiten, historische Kupferbergbaureviere und prähistorische Schmelzplätze im Untersuchungsgebiet. (Grafik: T. Koch Waldner & N. Auer)
FIG. 1: Tectonic units, historic copper mining districts and prehistoric smelting sites in the investigation area. (graphic: T. Koch Waldner & N. Auer)

Bergbauspuren am Prader Berg sowie im Zaytal bei Sulden liegen im Bereich der Ortler-Campo Decke, während sich jene im hinteren Martelltal in der Zebrü-Schuppenzone befinden.

ARCHÄOLOGIE

Im Ortlergebiet, an den Grenzen zur Schweiz und der Lombardei, entwickelten sich ab der Mitte des 2. Jahrtausends v. Chr. zwei Siedlungen an der Kupferlagerstätte von Stilfs. Hinweise darauf, dass diese Lagerstätte bereits während der Bronzezeit abgebaut wurde, lieferten Schlackenfunde von der Höhensiedlung Kaschlin (Lunz 1997). Im Jahre 2008 wurden schließlich die Reste eines weitläufigen Kupferschmelzplatzes aus der Späten Bronzezeit am gegenüberliegenden Prader Berg entdeckt (Koch Waldner 2019; in Druck). Diese Entdeckung sowie erste archäometallurgische Untersuchungen der Schlacken führten zum gegenwärtigen Forschungsprojekt.

Seit dem Beginn der Forschungen im Sommer 2019 konnten weitere Kupferschmelzplätze lokalisiert werden. Mit einer Ausnahme liegen die Fundstellen am Eingang des Suldentales, unweit der Chalkopyritlagerstätte sowie den Mittel- und Spätbronzezeitlichen Höhensiedlungen „Weiberbödele“ und „Kaschlin“ bei Stilfs. Ein Schmelzplatz liegt 12 km östlich dieses Fundbereiches, am Ausgang des Laaser Tales (Koch Waldner in Druck). Auch diese Fundstelle befindet sich in unmittelbarer Nähe zweier Höhensiedlungen, die spätestens in der mittleren

Bronzezeit gegründet wurden und bis in die Eisenzeit bewohnt waren.

Die Schlackenfunde der entdeckten Schmelzplätze zeigen deutliche Parallelen zueinander und zu Funden aus anderen prähistorischen Bergbauregionen der Ostalpen. Es finden sich Schlackenkuchen mit flachen Unterseiten sowie zwei typologische Gruppen von Plattenschlacken.

Das Untersuchungsgebiet liegt an der Reschenpassroute, einem bedeutenden Verkehrsweg für den urgeschichtlichen Alpen transit. Im oberen Vinschgau zweigen von dieser Nord-Süd-Verbindung Wege nach Westen in die Ostschweiz und die nördliche Lombardei ab. Aufgrund seiner verkehrsgeografisch günstigen Lage liegt die Vermutung nahe, dass dieses Gebiet eine wichtige Rolle für den technologischen Wissenstransfer – besonders nach Westen – einnahm. Die spätbronzezeitliche und früheisenzeitliche Laugen-Melaun Kultur breitete sich vom Vinschgau über das Sesvenna-Gebirge in das schweizerische Unterengadin, die westlichste Region dieses Kulturkreises, aus. Anlass zur Annahme eines Technologietransfers zwischen dem Vinschgau und Graubünden geben zudem die zahlreichen Funde von Laugen-Melaun Keramik im Oberhalbstein (Rageth 1986), der westlichsten bekannten ostalpinen Kupferbergbauregion dieser Epoche.

Neben Technologie- und Kulturtransfers erlaubt es die geographische Lage des Vinschgaus, das hier produzierte Kupfer in die Metallkreisläufe nördlich und südlich der Alpen einzuspeisen. In diesem Zusammenhang gilt es zu betonen, dass während der späten Bronze- und frühen Eisenzeit der Oberlauf der

Etsch sowie die Kupferproduktionsregion im Trentino (Silvestri et al. 2015) Teil desselben Kulturraumes waren. Tatsächlich liegen sämtliche bislang bekannten Bergbauspuren der späten Bronze- (1300–800 v. Chr.) und frühen Eisenzeit (800–550 v. Chr.) südlich des Alpenhauptkammes innerhalb des Gebietes der Laugen-Melaun Kultur bzw. im Trentino, Süd- und Osttirol (Koch Waldner in Druck). Dies mag einen Eindruck davon geben, welche Bedeutung die Kupferproduktion und –distribution für die Laugen-Melaun Kultur hatte. Die präsentierten Untersuchungen sollen eine Grundlage für weiterführende Forschungen zur Rekonstruktion der Bedeutung des prähistorischen Kupferbergbaus für die überregionale Metallversorgung sowie die wirtschaftlichen und kulturellen Entwicklungen im Gebiet des heutigen Südtirols darstellen.

BEDEUTUNG DER VERKEHRSWEGE

Neben den Erzvorkommen spielte die verkehrsgeographische Lage des oberen Vinschgaus die wichtigste Rolle für wirtschaftliche und kulturelle Entwicklungen. Die größte Bedeutung hatte dabei der Reschenpass, über den ein wichtiger Verkehrsweg durch die zentralen Alpen führt. Die Reschenpassroute führt von Oberitalien, der Etsch entlang zum Alpenhauptkamm, über den Reschen in das Inntal und über den Fernpass nach Süddeutschland. Dieser Weg wurde seit prähistorischer Zeit genutzt und stellte schon damals eine Verbindung zwischen der oberen Donau und der Adria her. Unter römischer Herrschaft wurde der Weg zur Via Claudia Augusta ausgebaut und stellte bis in die Spätantike eine der am stärksten frequentierten Nord-Süd-Verbindungen durch die Alpen dar.

Im oberen Vinschgau, speziell im Glurnser Becken zweigen von dieser Route Wege nach Westen und Süd-Westen ab. Durch das Münstertal, welches bei Glurns in den Vinschgau mündet gelangt man zum Ofenpass im Schweizer Kanton Graubünden. Dieser Übergang verbindet den Vinschgau mit dem Engadin. Aus archäologischer Sicht bestanden während der Bronze- und Eisenzeit enge Kontakte zwischen dem Vinschgau und dem Unterengadin (Rageth 2000). In diesem Zusammenhang sind neben dem Ofenpass auch die Übergänge Schliniger Pass (Südtirol) und Norbertshöhe (Nordtirol) als Verbindungen durch das Sesvenna Gebirge in das Engadin zu erwähnen.

Südlich des Münstertales verläuft das Suldental, welches bei Prad in das Haupttal mündet. Über das Sulden- und Trafoital gelangt man zum Stilfser Joch (2757 m ü.d.M.), das den Vinschgau mit dem Veltlin (Valtellina) verbindet. Der Pass stellt eine direkte Verbindung zwischen dem Tiroler Raum und der Lombardei her und ermöglicht über das Veltlin Kontakte in das Gebiet von Mailand und in die Westalpen. Neben dem Bergbau war dieser Übergang von zentraler Bedeutung für die infrastrukturelle Entwicklung des Ortlergebietes.

METHODEN

PROBENVORBEREITUNG (HAUS FÜR MATERIAL UND ANALYTIK [HFMA], DEUTSCHES BERGBAU-MUSEUM BOCHUM)

Für die chemische Analyse geeignete Stücke der Schlacken und Erze wurden analysenfein gemahlen und die homogenisierten Probenpulver für 8 h bei 105°C getrocknet. Ca. 100 mg wurden

jeweils in PTFE-Druckbehältern eingewogen und mit 1,2 g HF und jeweils 5 g HNO₃ und HCl, alle konzentriert, benetzt. In einer Mikrowelle (μ PREP-A microwave, MLS GmbH) wurden die Proben für 40 min bei 250°C aufgeschlossen. In einem zweiten Schritt wurden zur Vermeidung von Niederschlägen durch CaF₂-, FeF₃- und/oder AlF₃-Bildung 10 ml 5%ige H₃BO₃ zugegeben und die Gemische nochmals für 20 min auf die gleiche Temperatur erhitzt. Abschließend wurden die Aufschlusslösungen mit destilliertem Wasser auf eine Konzentration von ca. 1000 mg/l aufgefüllt.

CHEMISCHE ANALYSE DER PROBELNÖSUNGEN (HAUS FÜR MATERIAL UND ANALYTIK [HFMA], DEUTSCHES BERGBAU-MUSEUM BOCHUM)

Die Haupt-, Neben- und Spurenelementbestimmung wurde mit einem HR-ICP-MS Element XR (Thermo Fisher Scientific) durchgeführt. Mit einer externen Kalibration wurde quantifiziert. Zur Konzentrationsbestimmung der Haupt- und Nebenelemente wurden die Probenlösungen 1:100 mit 5%iger HNO₃ verdünnt, für die Spurenelemente 1:10. Gemessen wurde mit einem FAST SC-Autosamplersystem, einem ST 5532 PFA μ -FLOW-Zerstäuber, einer Peltier-gekühlten PFA-Sprühkammer und einem 1,8 mm Saphirinjektor im dreifach-Detektormodus in Niedrig-, Mittel- und Hochauflösung. Kontrolliert wurden die Messungen mit Matrix-kompatiblen Standardmaterialien (FER-1 und FER-2 [Canadian Certified Reference Materials Project]) und GSR-5 (GBW07107) (LGC Standards, Teddington, Middlesex, UK). Die relative Standardabweichung (RSD) betrug für die Spurenelemente ca. 0,5 bis 4,5 %, für die Haupt- und Nebenelemente ca. 0,5 bis 2 %.

BLEIABTRENNUNG DER PULVERISIERTEN ERZ- UND SCHLACKEN-PROBEN (HAUS FÜR MATERIAL UND ANALYTIK [HFMA], DEUTSCHES BERGBAU-MUSEUM BOCHUM)

Die Bleiabtrennung erfolgte mit einem vorgereinigten Ionenaustauscher-Harz (BIO-RAD Laboratories, AG@1-X8 Resin). Je nach Bleigehalt der Materialien wurde eine entsprechende Menge (für ca. 0,01 Gew.-% Pb = 50 mg) Probenpulver in Teflon-Bechern über Nacht bei ca. 100°C mit 5 g HF/HNO₃ (5:1) aufgeschlossen. Danach wurde die Probenlösung eingedampft. Der Rückstand wurde mit 1 ml 7N HBr aufgenommen und nach 30 min mit 6 ml H₂O_{dest.} verdünnt. Das Austauscher-Harz wurde in Teflonsäulen gegeben (Menge entspricht einem Harzvolumen [1HV]), mit 3HV 1 N HBr konditioniert und die Probenlösung darüber pipettiert. Danach wurde das Harz mit mindestens 2 HV 1 N HBr und anschließend mit 2 HV 2 N HCl gewaschen, bevor mit 4,5 HV 6 N HCl das Blei aus dem Harz eluiert und für die Bleiisotopenanalyse bei 120°C eingetrocknet wurde. Aus den Tabellen 3 und 4 kann entnommen werden, dass einige Erz- und Schlacken-Proben sehr wenig Blei besitzen (<10 ppm) (Proben 15, 16, 24, 28, 29, 32, 51, 57 und 58 [5 ppm Pb]). Die Einwaage betrug hier jeweils 350 mg und entsprechend hoch war die Matrix, aus der das wenige Pb extrahiert werden musste. Trotz verlängerter Auswaschzeiten (s. o.) stößt das Verfahren verständlicherweise hier an seine Grenzen (z. B. Fraktionierung).

RÖNTGENDIFFRAKTOMETRIE (HAUS FÜR MATERIAL UND ANALYTIK [HFMA], DEUTSCHES BERGBAU-MUSEUM BOCHUM)

Die Feinstrukturanalyse der Pulver der Schlacken- und Erzproben wurden mit einem 2Theta-Diffraktometer (Panalytical, Modell X'pert Pro) mit X'Celerator-Detektor durchgeführt. Ca. 100 mg wurden dafür auf einen Probenhalter gegeben und mit einem Stempel verdichtet. Die Probenoberfläche wird mit Cu-K α -Strahlung unter einem Winkel θ aus der Röntgenröhre (Betrieb bei 45 kV und 40 mA) bestrahlt. Mit der 2Theta-Anordnung des Geräteaufbaus werden die Winkel im Bereich der Totalreflexion angefahren und mit Hilfe eines Computers aufgezeichnet. Die Messdauer betrug jeweils 120 s, die Auswertung geschah mit der High Score Plus-Software.

BLEIISOTOPENANALYSE (FRANKFURT ISOTOPE & ELEMENT RESEARCH CENTER AT GOETHE UNIVERSITÄT FRANKFURT [FIERCE])

Für die Bleiisotopenbestimmung mit einer Multikollektor-ICP-MS Neptune Plus (Thermo Fisher Scientific) werden in der Regel ca. 40 Proben in einer Messserie automatisiert gemessen. Das eingetrocknete Bleieluat der Probe wird dazu mit 2%iger HNO₃ auf etwa 125 ppb Pb verdünnt. Dieser Probenlösung wird 10 ppb Tl-Standardlösung (NIST SRM-997) zur internen Fraktionierungskorrektur zugesetzt. Bleistandards mit 125 ppb Pb (NIST SRM-981) werden zur Überprüfung der Richtigkeit der Analyseergebnisse und der Stabilität des Messgerätes (massdrift) während der Messreihe nach jeweils 5 Proben zwischen geschaltet. Die 2-fache absolute Standardabweichung (2SD) ist für ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 0,008–0,013, für ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 0,007–0,012, für ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 0,017–0,034, für ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 0,00008–0,00015 und für ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb 0,00030–0,00042.

GEOCHEMISCHE ANALYSE DER ERZE

Von acht Gesteinsproben aus den Geländebegehungen im Vinschgau wurden für die röntgendiffraktometrische und nasschemische Analyse jeweils eine möglichst erzeiche Zone mit einer Trennscheibensäge genommen und pulverfein gemahlen. Die Ergebnisse der Untersuchungen hinsichtlich des Erzmineralbestandes sowie die Cu-, Fe- und S-Gehalte sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Ankerit und Quarz sind in den Proben die vorherrschenden Gangarten. Bis auf Probe 58 führen sie alle Chalkopyrit, in zwei Fällen zusammen mit Pyrit. Goethit, Hämatit und Malachit treten als begleitende sekundäre Eisen- bzw. Kupfererze auf (Proben 49, 52, 57). In Probe 52 kommen Boulangerit und Bindheimit als Sb-, bzw. Sb-Pb-reiche akzessorische Begleitphasen des Chalkopyrits hinzu (vergleiche Mair 1996), Stibnit in Probe 50. Probe 58 enthält Tennantit, ein As-Fahlerz, zusammen mit mehreren Gangmineralen. Gleichfalls variabel wie der Mineralbestand sind auch die Summen für Cu, Fe und S in den Proben. Sie schwanken zwischen 24 und 84 Gew.-% (Abkürzungen der Erzminerale, wenn möglich, nach Kretz [1983] bzw. Whitney und Evans [2010]).

Abbildung 2 veranschaulicht die Spurenelementmuster der acht Laborproben von sechs verschiedenen Stellen im Vinschgau (Tab. 3). Teilweise sind Peakspitzen (As, Bi, Sb) identifizierten Mineralphasen zugeordnet. Für den Plot gilt die Annahme, dass die dort aufgereihten chemischen Elemente hauptsächlich

PROBEN-NR.	GANG (XRD)	ERZ (XRD)	GEW.-% CU	GEW.-% FE	GEW.-% S	GEW.-% CU,FE,S
49, EYRS	ANK, QZ	CCP, GTH, PY	5.5	28	15	49
50, EYRS	-	CCP, STN	13	9.4	13	35
51, STILFS-ARZLOCH	ANK, QZ, SD, GP	CCP, PY	8.1	18	19	46
52, STILFS-ARZLOCH	ANK, QZ	BIN, BOU, CCP, HEM	2.2	16	5.3	24
54, STILFS-FATIRA	ANK, QZ	CCP, PY	14	21	17	52
56, STILFS-KAR-MATSCH	QZ, GTH	CCP	4.9	44	11	59
57, STILFS-SCHARTE	QZ	CCP, MLC	30	25	29	84
58, STILFS-GIPS	ANH, GP, MGS, QZ	TNT	2.4	5.2	22	29

TAB. 1: Alphabetische Auflistung der Erzphasen und Gangart in den acht untersuchten Probenstücken der gesammelten Gesteine aus dem Vinschgau mit Angabe der Anteile an Cu, Fe und S in Gew.-%. Abkürzungen: Ank = Ankerit, Bin = Bindheimit, Bou = Boulangerit, Ccp = Chalkopyrit, Gp = Gips, Gth = Goethit, Hem = Hämatit, Mgs = Magnesit, Mlc = Malachit, Py = Pyrit, Qz = Quarz, Sd = Siderit, Stn = Stibnit, Tnt = Tennantit.

TAB. 1: Ore phases and gangue in alphabetical order in the eight analysed samples from the Vinschgau area with contents of Cu, Fe and S in wt.-%. Abbreviations: Ank = ankerite, Bin = bindheimite, Bou = boulangerite, Ccp = chalcopyrite, Gp = gypsum, Gth = goethite, Hem = hematite, Mgs = magnesite, Mlc = malachite, Py = pyrite, Qz = quartz, Sd = siderite, Stn = stibnite, Tnt = tennantite.

Teil der primären sulfidischen Cu-Fe-Sulfide (Ccp, Py) mit ihren akzessorischen Erzmineralanteilen und nicht des Ganggesteins sind, weshalb die analytischen Daten auf Cu, Fe und S normiert wurden. Sicherlich gehört ein Teil des Fe und S auch zur Gangart, aber nur so lassen sich die Resultate in erster Annäherung vergleichen.

Allgemeingültige Merkmale für die lokalen Vorkommen oder die Vinschgau-Vererzungen als Ganzes zu definieren lässt sich bei den wenigen Proben und ihrer mineralogischen Diversität kaum durchführen. Zumindest liegen die Ni-, Se- und Te-Gehalte in einem relativ engen, niedrigen Schwankungsbereich. Gleiches lässt sich für As feststellen, nur auf höherem Konzentrationsniveau, wobei die Anwesenheit von Tennantit den As-Gehalt stark ansteigen lässt. Die Ag-, Co- und Pb-Anteile streuen am deutlichsten. Wie aus den vorliegenden Analysen deutlich wird, bestimmen akzessorische Minerale wie Bindheimit, Boulangerit, Bismuthinit, Stibnit oder auch Tennantit als Einschlüsse oder Verwachsungen in den Haupterzen Chalkopyrit und Pyrit, welches geochemisches Charakteristikum die jeweilige Probe hat.

An den in Mair (1996) beschriebenen Erzparagenesen orientiert, kann man in den Stilfs-Vererzungen, in denen Chalkopyrit der wichtigste und häufigste Vertreter ist, am ehesten mit Pb und Sb als signifikanten Beimengungen rechnen. Führt das Erzgestein auch Tennantit, wie im Beispiel von Probe 58, kommt As als weiteres chemisches Element hinzu. Auch im Bergbaurevier von Eyrs dominiert Chalkopyrit. Pyrit tritt stark zurück. Als häufig wird noch Fahlerz, selten Bismuthinit aufgezählt (siehe auch Schifferle et al. 2014). In Probe 50 zeigte sich zudem Stibnit. As, Sb und Bi müssten daher als typische geochemische Begleiter des lokalen Kupferbergbaus im Vordergrund stehen. Schifferle et al. (s. o.) publizierten 2014 ein interessantes Forschungsprojekt, in dem Kupferschlacken des 13./14. Jahrhunderts v. Chr. vom Schmelzplatz Fennhals aus Kurtatsch in Südtirol chemisch untersucht wurden. Auf der Suche nach den zu den Schlacken passenden Erzvorkommen werden einige wichtige prähistorische Montanlandschaften aus den Südalpen, aus dem Pennin und auch aus den Ostalpen mit ihren typischen Erzparagenesen überblickhaft beschrieben, darunter auch eine Pb-Zn-Cu-Vererzung aus Eyrs. Neben Chalkopyrit, Sphalerit, Galenit, Pyrit und Pyrrhotin tritt vereinzelt Cobaltit,

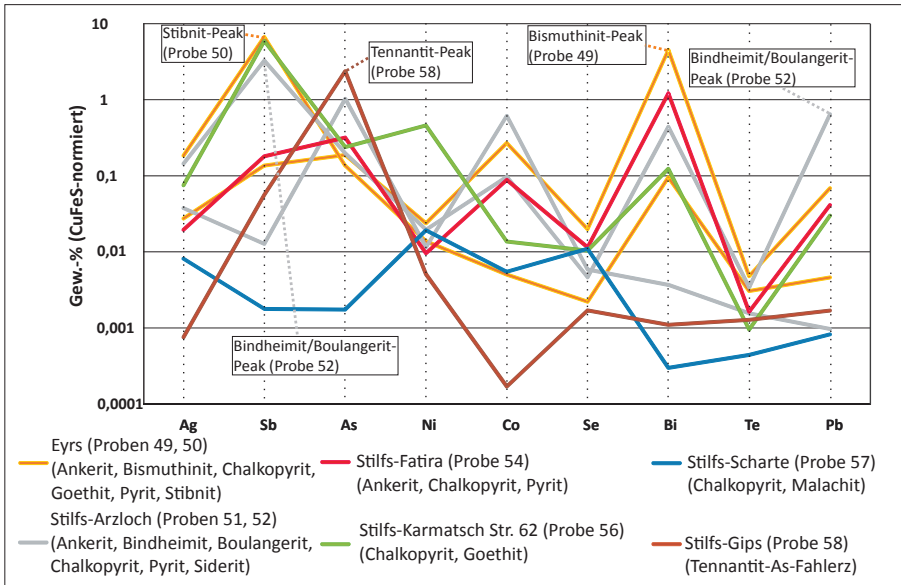


ABB. 2: Spiderdiagramm mit den CuFeS-normalierten Gehalten an ausgewählten chemischen Elementen in den untersuchten Proben aus dem Vinschgau. Das Erzmineral Bismuthinit in Probe 49 wurde durchlichtmikroskopisch detektiert (Grafik: M. Bode).

FIG. 2: Spider diagram with CuFeS-normalized contents of selected chemical elements in the samples from the Vinschgau area. The ore mineral bismuthinite in sample 49 was detected using a transmitted light microscope (graphic: M. Bode).

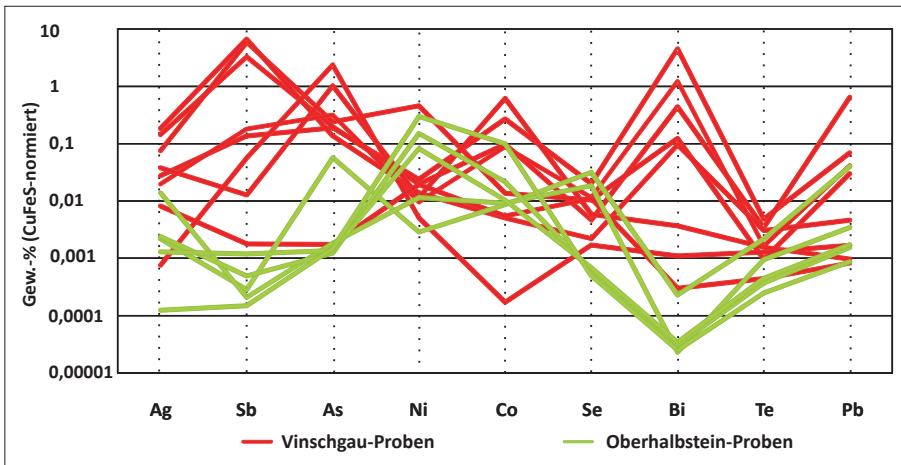


ABB. 3: Spiderdiagramm mit den CuFeS-normalierten Gehalten an ausgewählten chemischen Elementen in den untersuchten Proben aus dem Vinschgau und fünf erzhaltigen Gesteinsproben aus dem Oberhalbstein-Tal (Reitmaier-Naef et al. 2020) (Grafik: M. Bode).

FIG. 3: Spider diagram with the CuFeS-normalized contents of selected chemical elements in the samples from the Vinschgau area and five ore-containing rock samples from the Oberhalbstein valley (Reitmaier-Naef et al. 2020) (graphic: M. Bode).

Arsenopyrit, Bismuthinit, gediegen Bismut, Elektrum und gediegen Gold auf. Tabelle 1 in Schifferle et al. (2014) weist auf die Rolle mehrerer chemischer Elemente als Haupt-, Neben- oder Spurenelement hin. Als Nebenelement und damit signifikant auftretend werden mit Blick auf Abbildung 2 Ag, As, Bi, Co und Pb genannt. Dieser Aufzählung kann man unseren Analysen nach durchaus zustimmen, zumal sich z. B. Co und auch As sogar in den hier untersuchten Schlacken mengenmäßig hervorheben (Tabelle 3). Lediglich Sb sticht in unseren Analysen noch als weiteres erwähnenswertes Element heraus.

Eine Gegenüberstellung mit Kupfererz aus dem Oberhalbstein-Tal (Graubünden, Schweiz) etwa 80 km westlich von Eyrs ist in Abbildung 3 dargestellt. Zwei prähistorische Bergbaureviere (Avagna-Ochsenalp, Cotschens) von dort wurden kürzlich mit einigen geochemischen Analysen Cu- und Fe-Erz-führender Gesteinsproben vorgestellt (Reitmaier-Naef et al. 2020). Fünf der insgesamt 7 Probenanalysen werden für den Vergleich mit dem Vinschgau herangezogen. Probe 4427-AO aus Avagna-Ochsenalp repräsentiert eines der Cu-reichsten Mineralisationen in der Oberhalbstein-Region. Sie setzt sich im Grunde lediglich aus Chalkopyrit und Quarz zusammen, mit einem Cu-Anteil von 3,26 Gew.-% (Reitmaier-Naef et al. 2020, Tabelle 1). Für diesen Vererzungstyp wird ein geringer Spurenelementgehalt prognostiziert. Die anderen vier Analyseergebnisse sind von Erzen aus Cotschens, die im Hauptteil in einer Serpentin-Sequenz ein-

gebettet sind und in zwei Typmineralisationen eingeteilt werden (Reitmaier-Naef et al. 2020, Tabelle 3). Typ 1 ist durch Pyrrhotin, Chalkopyrit und Bornit charakterisiert und bis auf Ni, Cr und Co relativ arm an Spurenelementen. Die Paragenese aus Bornit, Chalkosin und wenig Chalkopyrit prägt den Typ 2. Da hier der Serpentin lokal durch einen Metabasit ersetzt ist, liegen die Ni-, Cr- und Co-Werte deutlich tiefer. Festzuhalten bleibt, auch hinsichtlich Abbildung 3, dass beide Kupferbergbaureviere den Untersuchungen nach in ihrer Paragenese, ihrem geologischen Milieu und damit auch in ihrem Spurenelementmuster, von denen im Vinschgau unterscheidbar sind.

Als eines der wichtigsten prähistorischen Kupferbergbaureviere in den Ostalpen gilt die Mitterberg-Region südlich von Salzburg. Man kennt von dort drei Mineralisationstypen, die unterschiedlichen Erzformations-Phasen entstammen. Chalkopyrit gehört zur zweiten und dominanten Stufe. Co-reiches Kupfererz wird für den dritten Typ beschrieben. Fahlerz, hauptsächlich Sb-reicher Tetraedrit, tritt mit Ni- und As-haltigen Sulfiden akzessorisch auf (Pernicka et al. 2016). Mehr als 100 chemische Analysen wurden für die Erzvorkommen des Mitterbergs durchgeführt. Davon werden in Abbildung 4 und 5 solche Datensätze herangezogen, in denen alle in den hier vorgestellten Spiderdiagrammen dargestellte Spurenelemente gemessen wurden (Pernicka et al. 2016 Tabelle 4). Da dort S als Gemengteil nicht angegeben wird, werden die Datensätze mit

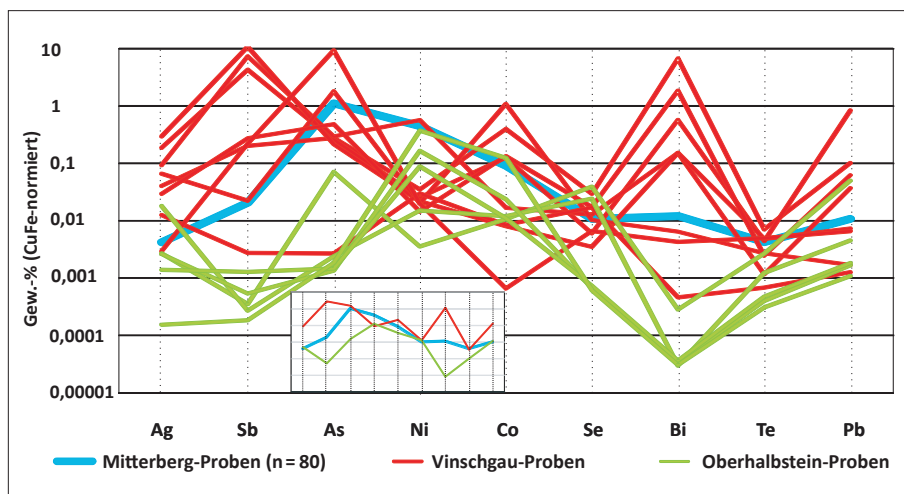


ABB. 4: Spiderdiagramm mit den FeCu-normierten Gehalten an ausgewählten chemischen Elementen in den untersuchten acht Proben aus dem Vinschgau, fünf erzhaltigen Gesteinsproben aus dem Oberhalbstein-Tal und 80 vom Mitterberg-Revier (Pernicka et al. 2016; Reitmaier-Naef et al. 2020). Das Miniaturdiagramm stellt für alle drei Lokalitäten die Durchschnittswerte dar (Grafik: M. Bode).

FIG. 4: Spider diagram with the FeCu-normalized contents of selected chemical elements in the eight samples from the Vinschgau area, five ore-containing rock samples from the Oberhalbstein valley and 80 from the Mitterberg district (Pernicka et al. 2016; Reitmaier-Naef et al. 2020). Small diagram shows average values for all three localities (graphic: M. Bode).

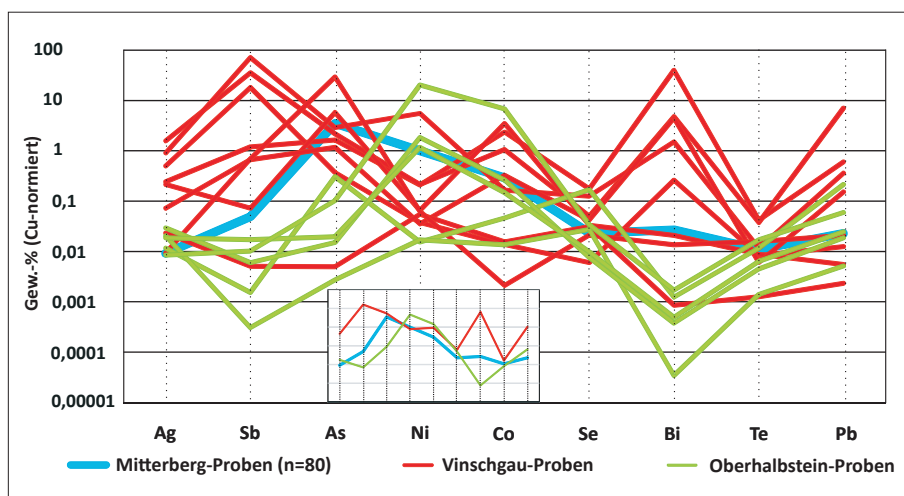


ABB. 5: Spiderdiagramm mit den Cu-normierten Gehalten an ausgewählten chemischen Elementen in den untersuchten acht Proben aus dem Vinschgau, fünf erzhaltigen Gesteinsproben aus dem Oberhalbstein-Tal und 80 vom Mitterberg-Revier (Pernicka et al. 2016; Reitmaier-Naef et al. 2020). Das Miniaturdiagramm stellt für alle drei Lokalitäten die Durchschnittswerte dar (Grafik: M. Bode).

FIG. 5: Spider diagram with the Cu-normalized contents of selected chemical elements in the eight samples from the Vinschgau area, five ore-bearing rock samples from the Oberhalbstein valley and 80 from the Mitterberg district (Pernicka et al. 2016; Reitmaier-Naef et al. 2020). Small diagram shows average values for all three localities (graphic: M. Bode).

den Daten aus Abbildung 3 einmal CuFe- und einmal Cu-normiert gezeigt.

Auch für die Mitterberg-Studie gilt, dass die Laboranalysen vorwiegend mit den Anteilen der Akzessorien schwanken. Nach deren Eigenart kann man am ehesten mit signifikanten Verschiebungen der As-, Co-, Ni- und Sb-Werte rechnen. Beide Abbildungen 4 und 5 zeigen, auch dank der hohen Zahl an Messungen (80), genau für diese Elemente verhältnismäßig hohe Mittelwerte. Das Missverhältnis an Laboranalysezahlen macht den geochemischen Vergleich zwischen dem Vinschgau und dem Oberhalbstein auf der einen Seite und dem Mitterberg auf der anderen aber schwierig. In den Abbildungen 4 und 5 zumindest stechen sowohl die Einzelanalysen als auch die Durchschnittswerte der Vinschgau-Proben im Ag-, Sb- und Bi-Gehalt klar heraus.

Die Spurenelement-Gegenüberstellung konnte sich nur auf zwei Publikationen über benachbarte Erzvorkommen aus dem Ostalpen, mit analytisch vergleichbaren Datensätzen, beziehen. Die eigene Probenanzahl ist für einen guten Überblick über die Geochemie der Vinschgauer Vererzungen noch zu gering. Es lässt sich aber erahnen, dass es möglich ist, die alten Montanreviere im Alpenraum bei umfassender Untersuchung mineralogisch und chemisch zu unterscheiden. Dem kommt zugute, dass Alter und metallogenetische Prozesse der Erzbildungen im Alpenraum zum Teil sehr verschiedenartig sind (vgl. z. B. Überblickartig Schifferle et al. 2014).

BLEIISOTOPENANALYSEN

Als nächster Schritt wurden die obig geochemisch beschriebenen acht Erzproben und zusätzlich 12 Schlackenproben (Tab. 1, 3 und 4) einer Bleiisotopenanalyse unterzogen, um eine mögliche analytische Verbindung zwischen den lokalen Erzlagern, den Vor-Ort gefundenen metallurgischen Überresten und den daraus produzierten Metallen zu untersuchen. Als Abfallprodukte der Kupferverhüttung sind Schlacken als relativ ortsfest einzustufen, ihr Entstehungs- und Auffindungsort liegen im Regelfall relativ nahe beieinander. Weiters sind sie als Bindeglied zwischen dem Ausgangsmaterial (Erz, Kupferstein, Rohmetall etc.) und den Produkten (Rohkupfer, Gusskuchen, fertige Objekte) anzusehen. Ihre chemische Zusammensetzung und Bleiisotopenverhältnisse sind durch die gleichen Einflüsse wie die produzierten Metalle geprägt, deshalb stehen sie mit ihnen aus analytischer Sicht in enger Beziehung. Diese Einflüsse umfassen z.B. Bleieinträge aus der Gangart, den Ofenwandbestandteilen, der technischen Keramik, dem Flussmittel, dem Brennstoff oder aus gemischten Erzen und Metallen mit unterschiedlicher Herkunft. Es muss aber erwähnt werden, dass die Forschung im Allgemeinen davon ausgeht, dass sich die Bleiisotopenverhältnisse während des Verhüttungsprozesses nicht oder nur äußerst geringfügig ändern (Pernicka 2014, 255). Hatte das in diesen Materialien enthaltene Blei andere

PROBEN NR.	BEZEICHNUNG	FLUR/FUNDORT/GEMEINDE	VORLÄUFIGE ANSPRACHE
PROBE 1	PRAD-SP 1	VELLNIR, PRADER BERG, GEM. PRAD	DICKE PLATTENSCHLACKE
PROBE 2	PRAD-SP 1	VELLNIR, PRADER BERG, GEM. PRAD	SCHLACKENKUCHEN-FRAGMENT
PROBE 3	PRAD-SP 1	VELLNIR, PRADER BERG, GEM. PRAD	DICKE PLATTENSCHLACKE
PROBE 5	PRAD-SP 1	VELLNIR, PRADER BERG, GEM. PRAD	SCHLACKENKUCHEN-FRAGMENT
PROBE 15	STILFS-SP 2	KLEIN BODEN, GEM. STILFS	DICKE PLATTENSCHLACKE MIT RAND UNTEN
PROBE 16	STILFS-SP 2	KLEIN BODEN, GEM. STILFS	DICKE PLATTENSCHLACKE MIT RAND UNTEN
PROBE 24	STILFS-SP 2	KLEIN BODEN, GEM. STILFS	DICKE PLATTENSCHLACKE
PROBE 28	STILFS-SP 2	KLEIN BODEN, GEM. STILFS	SCHLACKENKUCHEN-FRAGMENT
PROBE 29	STILFS-SP 2	KLEIN BODEN, GEM. STILFS	SCHLACKENKUCHEN-FRAGMENT
PROBE 30	STILFS-SP 2	KLEIN BODEN, GEM. STILFS	SCHLACKENKUCHEN-FRAGMENT
PROBE 31	GOMAGOI-SP 4	GOMAGOI, GEM. STILFS	SCHLACKENKUCHEN-FRAGMENT
PROBE 32	GOMAGOI-SP 4	GOMAGOI, GEM. STILFS	SCHLACKENKUCHEN-FRAGMENT

TAB. 2: Liste der 12 analysierten Schlackenproben.
 TAB. 2: List of the 12 slag samples under study.

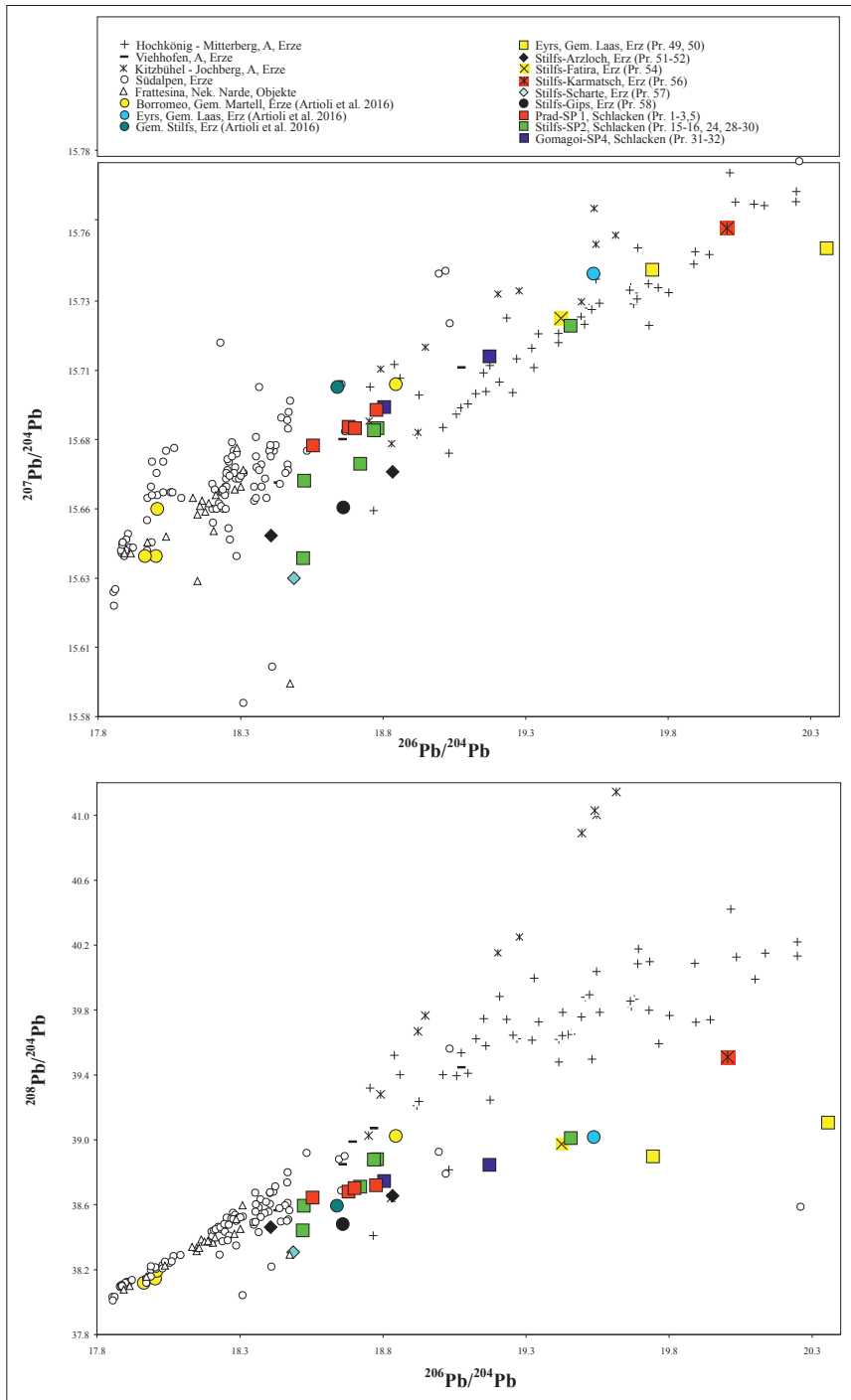


ABB. 6: In den Bleisotopendiagrammen wurden die Analysedaten der Erze und Schlacken aus dem Vinschgau mit denen aus den benachbarten Regionen Trentino, Tirol und Salzburg verglichen, sie unterscheiden sich sehr gut von diesen. Einige der Schlacken und Erze überlagern einander (z.B. Prad-SP1, rote Quadrate), sodass von einer gemeinsam genutzten Lagerstätte ausgegangen werden kann (Grafik: M. Mehofer, Universität Wien, Daten: dieses Projekt; Artioli et al. 2016; 32 Tab. 2; Pernicka et al. 2016, 106, 54 Tab. 5; Mehofer et al. 2020, 192, Tab. 2).

FIG. 6: In the lead isotope diagrams, the isotopic data of the slags and ores from the Vinschgau were combined with those from the neighbouring regions of Trentino, Tyrol and Salzburg; they differ very well from these. Some of the slags and ores overlap each other (e.g. Prad-SP1, red squares), so that a commonly used copper ore deposit can be assumed (graph: M. Mehofer, University Vienna, data: this project; Artioli et al. 2016; 32 Tab. 2; Pernicka et al. 2016, 106, 54 Tab. 5; Mehofer et al. 2020, 192, Tab. 2).

Isotopenverhältnisse (z. B. aufgrund von differierenden Uran-Thorium/Verhältnissen) als das verwendete Schmelzgut, so würde dies auch die Isotopenwerte des produzierten Metalls und der Schlacken verändern und eine direkte Zuordnung zu den Ausgangserzen erschwert bzw. verhindert. Eine Korrelation zwischen Schlacken und Metallen wäre aber weiterhin möglich. Trotz der zuvor genannten Einschränkungen ist es lohnend, solche Analysen durchzuführen. Manches Mal erlauben die Analysen allerdings nur, eine Bergbauregion als Herkunftsgebiet des untersuchten Kupfers auszuschließen.

Die zur Verfügung stehenden Bleiisotopenverhältnisse wurden zuerst zu den aussagekräftigen Dreisisotopendiagrammen $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ sowie $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ kombiniert und um bereits publizierte Messwerte von Erzen aus dem Trentino, Südtirol, dem Veneto sowie dem Tiroler und Salzburger Raum ergänzt (Artioli et al. 2016; Pernicka et al. 2016). Gilberto Artioli führte in den letzten Jahren intensive Beprobungen und Analysen von Erzlagerstätten in den Südalpen durch und publizierte die Resultate in einem zusammenfassenden Artikel. Ausgehend von den geologischen und geochemischen Daten definierte er anhand der Bleiisotopenverhältnisse fünf Gruppen: 1) die Valsugana VMS Gruppe, 2) die südalpine AATV Gruppe (Alto Adige/Südtirol, Trentino, Veneto), 3) die austroalpine AA Gruppe (Alto Adige/Südtirol), 4) die Erze der Karnischen Alpen und 5) die Ophiolith assoziierten Erze der Region Prettau (Artioli et al. 2016, 32 Tab. 2). Die Daten der Vinsch-

gauer Erze wurden zur austroalpinen AA Gruppe zusammengefasst. Einschränkend muss aber erwähnt werden, dass von Artioli nur sechs Erzproben aus drei Lagerstätten – Stilfs (1 Probe), Eysrs (1 Probe), Borromeo (4 Proben) – für den hier diskutierten Untersuchungsraum publiziert wurden und diese eine sehr weite Streuung der Isotopenwerte ausweisen. Ihre $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ Verhältnisswerte variieren zwischen 17,972 und 19,537. Hier offenbart sich eine der Schwächen solcher Analysen, besonders, wenn die U/Pb-Verhältnisse, wie es für alpine Kupfererze typisch ist, stark variieren und damit ebenso die Bleiisotopenzusammensetzungen. Deshalb können sie nur ziel führend eingesetzt werden, wenn eine entsprechend große Anzahl an Vergleichsdaten zur Verfügung steht. So wäre es wünschenswert, wenn pro Lagerstätte mindestens 10, idealerweise bis zu 30 Erzstücke aus unterschiedlichen Tiefen analysiert würden, um den Erzkörper möglichst komplett zu erfassen. Eine heterogene Geologie des Untersuchungsgebietes – wie im vorliegenden Fall die der Vinschgauer Scherzone – erschwert solche Untersuchungen zusätzlich, da auf relativ kleinem Raum Kupferlagerstätten mit unterschiedlichen Isotopenverhältnissen vorhanden sein können. Wurden diese Erze, oder die aus ihnen gewonnenen Metalle in prähistorischer Zeit zusammen verarbeitet und geschmolzen kam es zur Mischung der Isotopenwerte, was eine Zuordnung zu einer spezifischen Lagerstättenregion sehr erschwert.

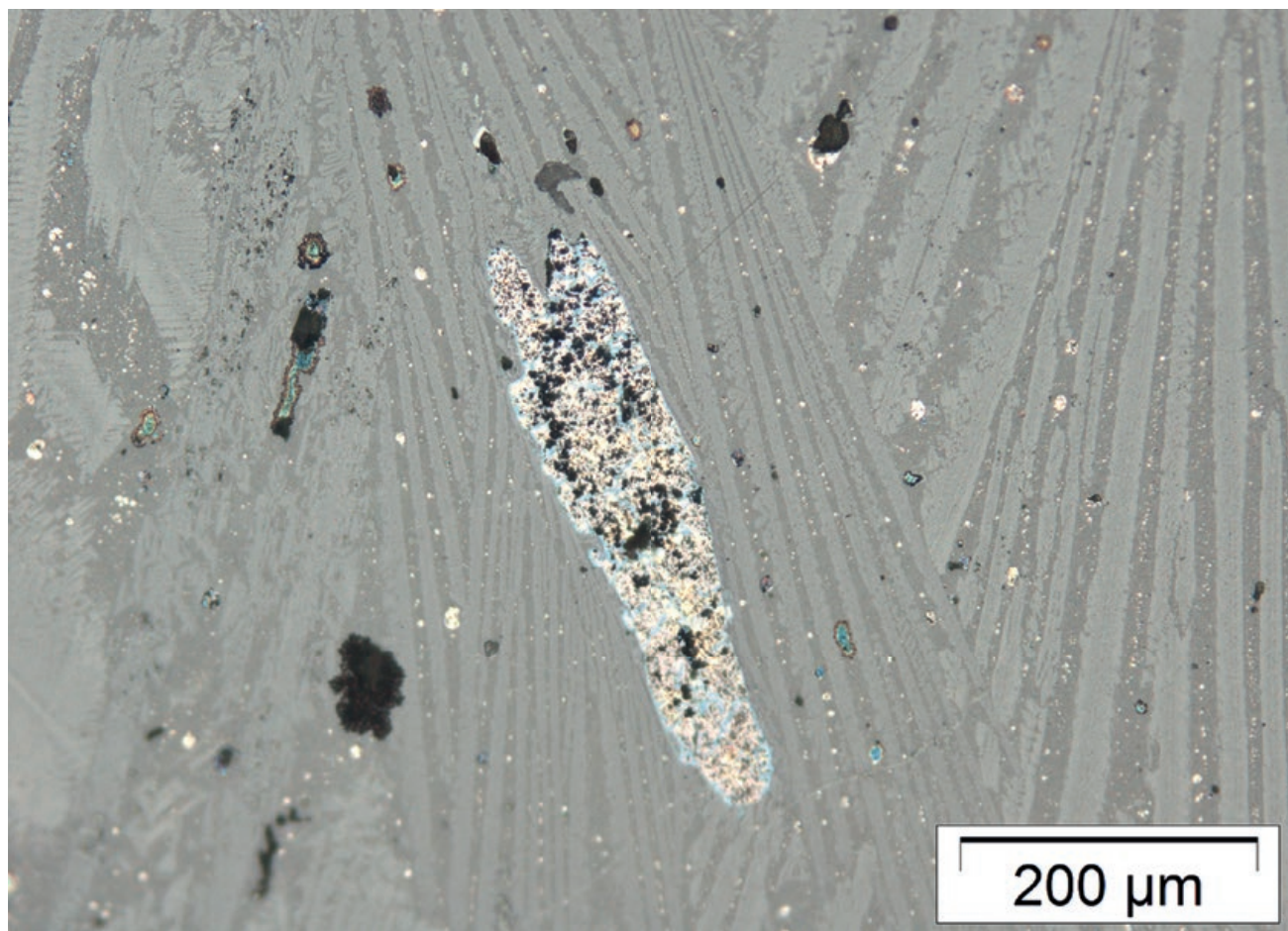


ABB. 7: Mikroskopaufnahme der Pr. 11 vom Schmelzplatz Prad-SP 1. Das Mikrogefüge der Plattenschlacke wird von langstängeligen Olivinen (Fayalit, hellgrau) dominiert. Dazwischen sind Kupferstein (gelb-bläulich) und gelegentlich Magnetite in die Schlackenmatrix (dunkelgrau) eingelagert (Foto: M. Mehofer, Universität Wien).

FIG. 7: Micrograph of sample no. 11 from the smelting site Prad-SP 1. The microstructure of the plate-slag is dominated by olivines (fayalite, light grey). In between, matte (yellow-bluish) and occasionally magnetites are visible in the slag matrix (dark grey) (photo: M. Mehofer, University of Vienna).

Zuallererst kann festgestellt werden, dass die Isotopenverhältnisse der Vinschgauer Erz- und Schlackenfunde in einem ähnlichen Bereich variieren. Sie setzen sich relativ gut von den aus den umliegenden Regionen (Tirol, Salzburg, Trentino) stammenden Erzproben ab (Abb. 6). Dies soll in Zukunft eine Eingrenzung spezifischer Lagerstättenbezirke als Herkunftsgebiet des verwendeten Kupfers ermöglichen. Es gilt aber zu bedenken, dass die analysierten Erze (und auch die Schlacken) sehr geringe Bleikonzentrationen haben. Ist in der begleitenden Gangart ebenfalls Blei in entsprechenden Mengen vorhanden und kann diese während der Probenaufbereitungsprozesse nicht abgetrennt werden, so geht auch das in ihr enthaltene Blei in die Analyse mit ein. Dies verändert natürlich die gemessenen Isotopenverhältnisse des Erzes und kann sie hin zu denen des Nebengesteins verschieben, was bei der Interpretation entsprechend berücksichtigt werden muss.

Die analysierten Schlacken zeigen die für sie üblichen Bestandteile (Tab. 3). Die zwischen 0,43% und 2,79% schwankenden Kupferkonzentrationen weisen sie als Abfallprodukte des Kupferverhüttungsprozesses aus (Abb. 7), die messbaren Schwefelwerte stehen damit in Zusammenhang und zeigen eine sulfidische Erzbasis an. Ein Zusammenhang mit Eisenverhüttung ist auszuschließen, da weder die Morphologie, noch das Mikrogefüge der untersuchten Schlackenproben mit dem von hallstattzeitlich datierten Eisenverhüttungsschlacken – wie etwa vom Waschenberg, OÖ – übereinstimmt (Haubner & Strobl 2014). In keiner der untersuchten Schlacken fand sich z.B. metallisches Eisen, wie es für solche Eisenverhüttungsschlacken typisch ist. In einigen der untersuchten Erze sind deutlich erhöhte Bismutgehalte von bis zu 2,2% (Probe 49) sowie Antimonkonzentrationen von bis zu 3,48% (Probe 50 und 56) messbar, was allerdings keinen eindeutigen Niederschlag in den Analysewerten der Schlacken findet. Dies kann damit erklärt werden, dass Bismut und auch Antimon während der Verhüttung vornehmlich ins Metall übergehen und/oder teilweise aboxidieren und verdampfen. Natürlich ist es auch möglich, dass die beproben Erze aus Lagerstättenbereichen stammen, die nicht urgeschichtlich genutzt wurden. Kobalt und Arsen haben, wie bereits zuvor erwähnt, erhöhte Mengenanteile in den Schlacken.

Die von Artioli und im Rahmen unserer Forschungen untersuchten Erzproben aus dem Stollen bei Eyrs in der Gemeinde Laas (Pr. 49 und 50) haben als Gemeinsamkeit hohe $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ Verhältniswerte über 19,5, auch wenn sie nicht übereinstimmen. Ob diese Abweichungen z.B. durch unterschiedliche Beprobungsstellen innerhalb der Lagerstätte begründet sind, kann zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht geklärt werden. Fest steht aber, dass die drei Erzproben 49, 50 und 56 unserer Studie mit Verhältniswerten zwischen 19,74 und 20,53 die höchsten Urangehalte besitzen und somit verhältnismäßig stark radio-gen ausgeprägt sind. Gleiches gilt für das von Artioli aus der Gemeinde Stilfs analysierte Erz. Da in seiner Publikation keine weiteren Informationen angegeben wurden, aus welchem Stollen diese Probe stammt, kann nur festgehalten werden, dass ihre Isotopenverhältnisse grundsätzlich in einem ähnlichen Bereich wie die der in diesem Projekt analysierten Erze und Schlacken liegen.

Für eine Schlacke vom Schmelzplatz Stilfs-SP 2 (Pr. 28) und eine Erzprobe aus Stilfs-Fatira (Pr. 54) kann in den Bleiisotopendiagrammen eine gewisse Nähe zueinander (Abb. 5) und damit Korrelation erkannt werden (Tabelle 4). Dies deutet darauf hin, dass die Schlacke aus einem Verhüttungsprozess stammt, in dessen Rahmen Erz mit ähnlichen Bleiisotopenver-

hältnissen wie aus der Probe Stilfs-Fatira geschmolzen wurde. Zwei Schlacken vom Schmelzplatz Prad-SP1 (Pr. 3 und 5), jeweils eine Schlacke von Prad-SP1 und Gomagoi-SP4 (Pr. 2 und 31) sowie zwei Schlacken vom Verhüttungsplatz Stilfs-SP 2 (Pr. 15 und 16) haben einander stark ähnelnde Isotopenverhältnisse. Dies lässt für die jeweiligen Schlacken auf eine gemeinsam genutzte Erzbasis, etwa aus derselben Lagerstätte, schließen. Für die restlichen analysierten Schlacken konnten keine solchen Übereinstimmungen beobachtet werden.

Bedauerlicherweise konnte aufgrund der SARS-Covid19 Restriktionen die geplante Beprobung der Buntmetallgegenstände vom Ganglegg und anderen Fundstellen im oberen Vinschgau noch nicht durchgeführt werden. Deshalb kann zur möglichen Verteilung und Verbreitung des produzierten Kupfers noch keine Aussage getroffen werden. Die Untersuchung, in welche Verteilungsnetzwerke das Metall eingespeist wurde, muss deshalb auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden. Es ist zu diskutieren, ob das im Vinschgau produzierte Kupfer entlang der Flussläufe bis in das Alpenvorland und weiter gelangte. Dies lässt sich zumindest für das im Trentino produzierte Kupfer rekonstruieren, wie die Auswertung von Analysedaten ausgewählter Funde aus dem norditalienischen Fundort Frattesina sowie der Nekropole Narde I zeigte (Jung et al. 2001; Jung & Mehofer 2012; Jung & Mehofer 2013; Mehofer & Jung 2017; Mehofer et al. 2020, 192, Tab. 2). Auch hier kann keine direkte isotopische Übereinstimmung mit Vinschgauer Erzen festgestellt werden, die meisten Funde lassen sich mit Erzen aus dem Trentino verbinden. Nur wenige dieser Funde haben Verhältniswerte, die sich in der Nähe der Erze aus Borromeo (Vinschgau), aber auch Valle Imperina und Calceranica (beide Trentino) befinden (Abb. 5). Die Ergebnisse der Bleiisotopenanalysen der Funde vom Ganglegg sind abzuwarten, bevor hier weitere Rückschlüsse zur Metallzirkulation gezogen werden können.

ZUSAMMENFASSUNG

Aufgrund der komplexen Geologie in den Vinschgauer Bergbaurevieren reichen 8 Erzgesteinsproben für eine repräsentative Beschreibung der Geochemie der Erzvorkommen nicht aus. Neben den Haupterzen Chalkopyrit und Pyrit konnten aber einige der typischen akzessorischen Begleitminerale bereits im spärlichen Untersuchungsmaterial erkannt werden (Bindheimit, Bismuthinit, Boulangerit, Stibnit, Tennantit). Sie machen in wechselnden Kombinationen die Charakteristika der geochemischen Spurenelementmuster im Vinschgau aus (Ag, As, Bi, Co, Pb, Sb). Ob sich hier ein Alleinstellungsmerkmal für den Vinschgau herauskristallisiert, können nur weitere Analysen für dieses Gebiet und weitere Untersuchungen alter Kupferbergbau im alpinen Raum zeigen. In dieser Studie konnten zumindest deutliche Unterschiede zu den Kupfer-(Eisen)erzen vom Oberhalbstein (Schweiz) und dem Mitterberg festgestellt werden.

Die Bleiisotopenanalysen geben einen ersten Einblick in die Nutzung der örtlichen Kupferlagerstätten. Zum einen ist erkennbar, dass sich die bis dato analysierten Erze isotopisch von denen des benachbarten Trentino unterscheiden. Die nördlich bzw. nordöstlich gelegenen Erzreviere von Kitzbühel, Viehofen und Hochkönig-Mitterberg zeigen ebenfalls keine Übereinstimmung. Dies erleichtert die zukünftig geplanten Analysen von Buntmetallartefakten, da deren Spurenelement-

und Bleiisotopensignatur, so sie nicht durch Recycling verändert wurden, prinzipiell einer dieser Lagerstättenregionen zuordenbar sein sollten. Beispielgebend wurden die Analyseergebnisse von Artefakten aus Frattesina und der Nekropole Narde I einbezogen, deren Kupfer im Trentino erschmolzen und dann in die Poebene gebracht, wo es in den örtlichen Werkstätten verarbeitet wurde.

Des Weiteren zeigen die Ergebnisse, dass einige der analysierten prähistorischen Schlacken – z.B. Prad-SP1 (Pr. 2) und Gomagoi-SP4 (Pr. 31) sowie Stilfs-SP 2 (Pr. 15 und 16) – fast identische Bleiisotopenwerte haben. Da es sich dabei um Schlacken handelt, die unterschiedlichen Prozessstufen zugeordnet werden können (Probe 3: dicke Plattenschlacke; Probe 5: Schlackenkuchen) kann angenommen werden, dass bei der Entstehung dieser Abfallprodukte die gleiche Erzbasis verwendet wurde. Leider handelt es sich bei den betreffenden Stücken um Oberflächenfunde, weshalb keine genauere chronologische Zuordnung möglich ist. Es kann daher keine Aussage darüber getroffen werden, ob die beiden analysierten Schlacken eventuell aus demselben Schmelzprozess stammen. Einige weitere Schlacken von verschiedenen Vinschgauer Fundplätzen weisen ebenfalls eine isotopische Korrelation auf, was auf eine gemeinsam genutzte Lagerstätte schließen lässt. Am offensichtlichsten wird dies anhand einer Erzprobe aus Stilfs-Fatira (Pr. 54) und einer Schlackeprobe vom Schmelzplatz Stilfs-SP2 (Pr. 28), deren Isotopenwerte gut miteinander korrelieren. Diese bleiisotopische Ähnlichkeit könnte die Annahme nahelegen, dass Erz im Bereich der Flur Fatira geschürft, zum Schmelzplatz Stilfs-SP2 am gegenüberliegenden Berghang transportiert und dort verhüttet wurde.

LITERATUR

- ARTIOLI, G., ANGELINI, I., NIMIS, P. & VILLA, J. M., 2016: A lead-isotope database of copper ores from the Southeastern Alps: A tool for the investigation of prehistoric copper metallurgy. – *J. Arch. Sci.*, 75: 27–39.
- CIERNY, J., 2008: Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen: Region Trentino Orientale. – *Der Anschnitt*, 22. 1–248, Bochum.
- HAUBNER, R. & STROBL, S. 2014: Slag investigation from iron smelting and iron processing sites in Austria – from Hallstatt and medieval period and the 19th century. – *Materials Science Forum*, 782 (2014) 635–640.
- JUNG, R., MEHOFER, M. & PERNICKA, E., 2011: Metal Exchange in Italy from the Middle to the Final Bronze Age (14th–11th Century BCE). – In: Betancourt, P. P., Ferrence, S. C. (Hrsg.), *Metallurgy: Understanding How, Learning Why. Studies in Honor of James D. Muhly*, 231–248, INSTAP Academic Press, Philadelphia.
- JUNG, R. & MEHOFER, M., 2012: Analisi archeologica ed archeometrica di una Punta di giavelotto del BR. – In: Cazzella B., Moscoloni, M., Recchia, G. (Hrsg.), *Coppa Navigata e l'area umida alla foce del Candelaro durante l'età del Bronzo*, 453–456, Foggia.
- JUNG, R. & MEHOFER, M., 2013: Mycenaean Greece and Bronze Age Italy: Cooperation, Trade or War? – *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 43 (2): 175–193.
- KEIM L., MAIR V. & MORELLI C., 2018: Geologische Übersichtskarte von Südtirol, Tirol und Trentino; Version 2018. Amt für Geologie und Baustoffprüfung (Bozen 2018).
- KOCH WALDNER T., 2019: Prähistorische Siedlungen und Bergbauspuren im Ortlergebiet – Bergbau an einem Verkehrsknotenpunkt der Zentralalpen. In: Hye S., Töchterle U. (Hrsg.): UPIKU:TAUKE. Festschrift für Gerhard Tomedi zum 65. Geburtstag. UPA 339 (Bonn 2019) 275–285.
- KOCH WALDNER T., (in Druck): Bronze Age Copper Mining in the Vinschgau, South Tyrol – The discovery of a mining landscape at a central alpine traffic junction. In: Gavranovic M., Mehofer M. (Hrsg.): *Bronze Age Metallurgy. production – consumption – exchange. Proceedings of the Workshop at the Austrian Academy of Science, May 2019. OREA 13* (Wien in Druck).
- KRETZ, R., 1983: Symbols of rock-forming minerals. *American Mineralogist* 68: 277–279.
- LUNZ, R., 1997: Ur- und Frühgeschichte des Raumes Glurns-Prad-Stilfs-Trafoi. In: R. Loose (ed.), *Prad am Stilfserjoch. Beiträge zur Orts- und Heimatkunde von Prad, Aguns und Lichtenberg* (Prad a. Stilfserjoch 1997).
- MAIR, V., 1996: Die Kupferbergbaue von Stilfs, Eys und Klausen. *Stoansuacher* 1: 38–44.
- MEHOFER, M. & JUNG, R., 2017: Weapons and metals – Inter-regional contacts between Italy and the Eastern Mediterranean during the Late Bronze Age. – In: Fischer, P., Burge T. (Hrsg.), *Sea Peoples up-to-Date: New Research on Transformations in the Eastern Mediterranean in the 13th–11th Centuries BCE: Proceedings of the ESF-Workshop Held at the Austrian Academy of Sciences, Vienna, 3–4 November 2014*, 389–400, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.
- MEHOFER, M.; JUNG R. & PERNICKA, E., 2020 (in Druck): On the copper-based exchange processes between the southern alps and the eastern Mediterranean. – *Padusa LVI*.
- PERNICKA, E., 2014: Provenance determination of archaeological metal objects. A short history of provenance analysis of archaeological metal objects – In: B. W. Roberts & C. P. Thornton (Hrsg.), *Archaeometallurgy in Global Perspective*, NewYork, 239–268.
- PERNICKA, E., LUTZ, J. & STÖLLNER, T., 2016: Bronze age copper produced at Mitterberg, Austria, and its distribution. *ArchA* 100: 19–55.
- RAGETH J., 1986, Die wichtigsten Resultate der Ausgrabungen in der bronzezeitlichen Siedlung auf dem Padnal bei Savognin (Oberhalbstein GR). *JbSGUF* 69, 1986, 63–103.
- RAGETH, J., 2000: Der Kanton Graubünden und der obere Vinschgau. *Helvetica Arch.* 123/31, 2000, 91–99.
- REITMAIER-NAEF, L., THOMAS, P., BUCHER, J., OBERHÄNSLI, M., GRUTSCH, C. O., MARTINEK, K.-P., SEIFERT, M., RENTZEL, PH., TURCK, R., REITMAIER, TH. & DELLA CASA, PH., 2020: Mining at the Fringes. High-Altitude Prehistoric Copper Mining in the Oberhalbstein Valley (Grisons, Switzerland). *Archaeologia Austriaca* 104: 123–151.
- SALZANI, L., 1994: Nogara. Rinvenimento di un ripostiglio di bronzi in località «Pila del Brancón». – *Quaderni di Archeologia del Veneto* 10, 83–94.
- SALZANI, L., 2000: Fratta Polesine. Il ripostiglio di bronzi n. 2 da Frattesina. – *Quaderni di Archeologia del Veneto* 16: 38–46.
- SALZANI, L., 2005: La necropoli dell'età del Bronzo all'Olmo di Nogara, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2 Serie, Sezione Scienze Dell'Uomo 8. Verona.

- SCHIFFERLE, L., KRISMER, M. & TROPPEL, P., 2014: Woher stammen die Kupfererze vom Fennhals (Kurtatsch, Südtirol)? Ein chemischer und mineralogischer Vergleich der Kupferschlacken mit ausgewählten Cu-führenden Erzvorkommen aus Südtirol und dem Trentino. *Geo.Alp* 11: 85–102.
- SILVESTRI E., HAUPTMANN A., BELLINTANI P., MOTTES E., NICOLIS F., 2015: Bronzezeitliche Kupferverhüttung in Trentino. In: Stöllner T., Oegg K. (Hrsg.): *Bergauf Bergab. Eine Zeitreise durch 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Wissenschaftl. Beiband zur Ausstellung im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.04.2016, im Vorarlberg Museum Bregenz vom 11.06.2016–26.10.2016 (Rahden/Westf. 2015)* 201–208.
- SPERBER, L., 2004: Zur Bedeutung des nördlichen Alpenraumes für die spätbronzezeitliche Kupferversorgung in Mitteleuropa: mit besonderer Berücksichtigung Nordtirols. – In: Weisgerber, G. & Goldenberg, G. (Hrsg.), *Alpenkupfer – Rame delle Alpi, Der Anschnitt Beiheft 17*, Bochum, 303–345.
- STEINER H., 2007: Die befestigte Siedlung am Ganglegg im Vischgau – Südtirol: Ergebnisse der Ausgrabungen 1997–2001 (Bronze-/Urnenfelderzeit) und naturwissenschaftliche Beiträge. *Forsch. Denkmalpflege in Südtirol* 3, (Bozen).
- STÖLLNER, TH., 2011: Der Mitterberg als Großproduzent für Kupfer in der Bronzezeit: Fragestellungen und bisherige Ergebnisse. – In: Oegg, K.; Goldenberg, G.; Stöllner, Th. & Prast, M. (Hrsg.), *Die Geschichte des Bergbaues in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten. Proceedings zum 5. Milestone-Meeting des SFB HiMAT vom 07.-10.10.2010 in Mühlbach (Innsbruck)*, 93–106.
- WITNEY, D.L. & EVANS, B.W., 2010: Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist* 95: 185–187.

Eingereicht am: 1.4.2021

Angenommen am: 13.5.2021

PROBEN N.R.	FUNDORT	ANSPRACHE	NA2O	MGO	BAO	AL2O3	SIO2	P2O5	S	CAO	TIO2	ZNO	MNO	FE	CU	K2O	SB	PB	BI	SUM	AG	SN	TE	U	V	CR	CO	NI	SR	AS	SE
1	PRAD- SP 1	DICKE PLATTEN-SCHLACKEN (FA, MAG, WO)	0,26	0,70	0,02	3,46	25,8	1,94	1,52	3,78	0,10	0,12	0,12	54,1	2,32	0,97	0,002	0,060	0,0003	95	0,0016	0,011	<0,00035	0,0005	0,0017	0,001	0,26	0,015	0,007	0,029	0,001
2	PRAD- SP 1	SCHLACKEN-KUCHEN-FRAGMENT (CRS, FA, MAG, MC, QZ)	0,44	1,57	0,04	6,18	38,5	3,49	0,51	6,13	0,29	0,02	0,14	39,0	0,60	2,20	0,002	0,002	0,0002	99	0,0004	0,004	0,0004	0,0006	0,0041	0,003	0,35	0,004	0,013	0,022	0,0002
3	PRAD- SP 1	DICKE PLATTEN-SCHLACKEN (BN, DI, FA, MAG, MS, QZ)	0,53	1,24	0,04	6,08	35,0	3,33	0,17	5,95	0,18	0,06	0,19	43,0	0,90	2,08	0,002	0,019	0,0003	99	0,0004	0,010	0,0004	0,0006	0,0026	0,002	0,44	0,014	0,013	0,020	0,002
5	PRAD- SP 1	SCHLACKEN-KUCHEN-FRAGMENT (CRS, FA, QZ)	0,27	1,07	0,03	5,09	46,6	4,59	0,34	6,64	0,17	0,02	0,07	28,4	0,71	1,83	<0,0015	0,007	0,0001	96	0,0005	0,004	<0,00035	0,0006	0,0025	0,002	0,26	0,008	0,010	0,021	<0,0005
15	STILFS- SP 2	DICKE PLATTEN-SCHLACKEN MIT RAND UNTEN (FA, DI, GH)	0,16	0,34	0,01	2,09	31,5	0,30	2,48	1,21	0,09	0,08	0,02	60,0	0,59	0,76	0,002	0,001	0,001	100	0,0002	0,004	<0,00035	0,0002	0,0011	0,001	0,03	0,003	0,003	0,016	<0,0005
16	STILFS- SP 2	DICKE PLATTEN-SCHLACKEN MIT RAND UNTEN (FA, HD)	0,15	0,33	0,02	1,97	30,1	0,28	2,51	1,19	0,09	0,01	0,03	61,4	0,60	0,80	0,002	0,001	0,001	99	0,0002	0,004	<0,00035	0,0002	0,0012	0,054	0,03	0,039	0,003	0,016	<0,0005
24	STILFS- SP 2	DICKE PLATTEN-SCHLACKEN (CCP, DELAFROSSIT, FA, GTH, WUS)	0,06	0,28	0,02	1,15	20,3	0,23	3,71	1,00	0,06	0,005	0,03	69,4	0,87	0,37	<0,0015	0,001	0,001	98	0,0004	0,002	<0,00035	0,0002	0,0008	0,004	0,03	0,002	0,002	0,025	0,001
28	STILFS- SP 2	SCHLACKEN-KUCHEN-FRAGMENT (CRS, FA, MAG, QZ)	0,17	0,89	0,03	5,70	46,1	1,65	0,84	2,25	0,16	0,01	0,02	35,8	0,59	1,98	0,002	0,001	0,001	96	0,0004	0,006	<0,00035	0,0009	0,0021	0,001	0,09	0,006	0,007	0,015	<0,0005
29	STILFS- SP 2	SCHLACKEN-KUCHEN-FRAGMENT (CRS, FA, HEM, MAG, QZ)	0,15	0,40	0,02	2,15	30,3	0,23	2,32	0,99	0,09	0,005	0,02	57,2	0,66	0,62	0,002	0,001	0,002	95	0,0003	0,002	<0,00035	0,0002	0,0012	0,001	0,05	0,005	0,003	0,015	<0,0005
30	STILFS- SP 2	SCHLACKEN-KUCHEN-FRAGMENT (CRS, FA, QZ)	0,15	0,94	0,02	4,51	50,1	1,38	0,43	2,10	0,16	0,01	0,02	32,9	0,43	1,67	<0,0015	0,009	0,001	95	0,0003	0,005	<0,00035	0,0007	0,0021	0,001	0,09	0,002	0,006	0,013	0,001
31	GOMAGOI- SP 4	SCHLACKEN-KUCHEN-FRAGMENT (CRS, FA, MAG, QZ)	0,20	0,79	0,02	4,91	59,1	2,33	0,16	3,78	0,22	0,03	0,02	17,9	2,79	1,63	0,002	0,004	0,001	94	0,0010	0,005	<0,00035	0,0011	0,0028	0,002	0,21	0,018	0,007	0,045	<0,0005
32	GOMAGOI- SP 4	SCHLACKEN-KUCHEN-FRAGMENT (CRS, FA, FLOURAPATIT, QZ)	0,34	1,71	0,04	6,15	44,3	4,22	0,17	7,87	0,29	0,02	0,07	26,7	0,79	2,14	<0,0015	0,001	0,0001	95	0,0005	0,003	<0,00035	0,0007	0,0044	0,20	0,32	0,014	0,016	<0,0005	
49	EYRS- GEM- LAMS	ANK, BISMUTINIT, CCP, GP, GTH, MS, PY, QZ	0,04	0,35	0,001	0,17	9,44	0,01	15,2	12,45	0,001	0,08	0,35	27,9	5,54	0,06	0,07	0,033	2,200	74	0,013	0,010	0,0023	0,007	<0,00005	<0,0001	0,13	0,012	0,01	0,09	0,010
50	EYRS- GEM- LAMS	AB, AN, CCP, MS, STIBNIT	3,66	0,38	0,02	12,6	32,4	0,24	12,8	0,22	0,13	0,56	0,008	9,44	13,0	3,21	2,35	0,002	0,034	91	0,065	0,001	0,0011	0,054	0,0003	<0,0001	0,00	0,005	0,01	0,05	0,001
51	STILFS- ARZLOCH	ANK, CCP, GP, MS, PY, SD, QZ	0,03	1,83	0,001	0,26	26,9	0,01	19,2	7,06	0,003	0,04	0,83	18,3	8,06	0,05	0,01	0,0004	0,002	83	0,017	0,003	0,0007	0,001	0,0001	<0,0001	0,28	0,005	0,005	0,47	0,003
52	STILFS- ARZLOCH	ANK, BINDEHEIMIT, BOULANGERIT, CCP, HEM, QZ	0,04	5,49	0,001	0,08	15,4	0,01	5,26	26,5	0,001	0,09	2,25	16,4	2,18	0,03	0,78	0,154	0,105	75	0,034	0,001	0,0008	0,0005	<0,00005	0,02	0,005	0,02	0,05	0,001	
54	STILFS- FATRA	ANK, CCP, PY, QZ	0,03	1,66	0,001	0,22	13,7	0,01	17,0	12,3	0,007	0,03	0,65	20,7	14,1	0,07	0,09	0,021	0,632	81	0,010	0,007	0,0008	0,0003	0,0001	<0,0001	0,05	0,005	0,01	0,16	0,006
56	STILFS- KARWATSCH	CCP, GTH, QZ	0,04	0,03	0,003	0,44	14,5	0,04	10,5	0,001	0,02	0,01	0,01	43,7	4,89	0,35	3,48	0,018	0,073	78	0,044	0,004	0,0006	0,002	0,0004	<0,0001	0,01	0,27	0,003	0,14	0,006
57	STILFS- SCHARTE	CCP, MLC, QZ	0,04	0,01	0,001	0,12	12,0	0,02	29,2	0,27	0,002	0,08	0,01	25,2	29,7	0,02	0,0015	0,001	0,0003	97	0,007	0,0003	0,0004	0,0002	0,0002	<0,0001	0,005	0,016	0,0002	0,00	0,009
58	STILFS- GIPS	ANH, GP, MGS, QZ, TNT	0,04	3,59	0,008	0,24	5,90	0,01	21,8	31,8	0,01	0,22	0,01	5,24	2,38	0,04	0,02	0,0005	0,0003	71	0,0002	0,002	0,0004	0,0005	0,0003	<0,0001	0,00005	0,001	0,37	0,70	0,0005

TAB. 3: Chemische Zusammensetzung der Schlacken- und Erzproben aus dem Vinschgau mit Angabe der Schlackentypen und des Mineralbestands in den Schlacken und Erzen sowie für die jeweiligen Proben (Abkürzungen der Mineralphasen nach Kretz [1983] bzw. Whitney und Evans [2010]). Alle Angaben in Masseprozent (Gew.-%).

TAB. 3: Chemical composition of the slag and ore samples from the Vinschgau area with information on slag types and mineral content in the slags and ores (abbreviations of the mineral phases according to Kretz [1983] and/or Whitney and Evans [2010]). All values are given in mass percent (wt.-%).

PROBEN-NR.	ANSPRACHE	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁸ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb	MG/KG PB	MG/KG U
1	DICKE PLATTENSCHLACKE (FA, MAG, WO)	18,553	15,678	38,644	0,8450	2,0828	600	4,6
2	SCHLACKENKUCHEN-FRAGMENT (CRS, FA, MAG, MC, QZ)	18,776	15,691	38,719	0,8357	2,0622	22	6,0
3	DICKE PLATTENSCHLACKE (BN, DI, FA, MAG, MS, QZ)	18,679	15,685	38,681	0,8397	2,0709	190	6,2
5	SCHLACKENKUCHEN-FRAGMENT (CRS, FA, QZ)	18,701	15,684	38,702	0,8387	2,0696	70	6,2
15	DICKE PLATTENSCHLACKE MIT RAND UNTEN (FA, DI, GH)	18,779	15,684	38,880	0,8352	2,0703	10	2,0
16	DICKE PLATTENSCHLACKE MIT RAND UNTEN (FA, HD)	18,768	15,683	38,878	0,8357	2,0715	8,8	2,1
24	DICKE PLATTENSCHLACKE (CCP, DELAFOSSIT, FA, GTH, WUS)	18,523	15,665	38,595	0,8457	2,0836	10	2,3
28	SCHLACKENKUCHEN-FRAGMENT (CRS, FA, MAG, QZ)	19,457	15,721	39,011	0,8080	2,0050	9,0	8,6
29	SCHLACKENKUCHEN-FRAGMENT (CRS, FA, HEM, MAG, QZ)	18,720	15,671	38,711	0,8372	2,0679	6,8	2,4
30	SCHLACKENKUCHEN-FRAGMENT (CRS, FA, QZ)	18,520	15,637	38,443	0,8444	2,0758	85	7,2
31	SCHLACKENKUCHEN-FRAGMENT (CRS, FA, MAG, QZ)	18,803	15,692	38,747	0,8345	2,0606	40	11
32	SCHLACKENKUCHEN-FRAGMENT (CRS, FA, FLOURAPATIT, QZ)	19,172	15,710	38,847	0,8194	2,0262	13	7,2
49	ANK, BISMUTINIT, CCP, GP, GTH, MS, PY, QZ	19,744	15,741	38,898	0,7973	1,9702	330	70
50	AB, AN, CCP, MS, STIBNIT	20,356	15,749	39,105	0,7737	1,9211	16	540
51	ANK, CCP, GP, MS, PY, SD, QZ	18,833	15,668	38,655	0,8320	2,0525	4,4	13
52	ANK, BINDHEIMIT, BOULANGERIT, CCP, HEM, QZ	18,407	15,645	38,461	0,8500	2,0895	1500	4,8
54	ANK, CCP, PY, QZ	19,424	15,724	38,975	0,8095	2,0066	210	2,5
56	CCP, GTH, QZ	20,005	15,757	39,510	0,7876	1,9750	180	17
57	CCP, MLC, QZ	18,487	15,630	38,308	0,8455	2,0722	6,9	2,0
58	ANH, GP, MGS, QZ, TNT	18,660	15,655	38,480	0,8390	2,0622	5,0	4,7

TAB. 4: Bleisotopenverhältnisse der Schlacken- und Erzproben aus dem Vinschgau mit Angabe der Schlackentypen und des Mineralbestands in den Schlacken und Erzen sowie für die jeweiligen Proben die Pb- und U-Gehalte (Abkürzungen der Mineralphasen nach Kretz [1983] bzw. Whitney und Evans [2010]).

TAB. 4: Lead isotope ratios of the slag and ore samples from the Vinschgau area with information on slag types and mineral content in the slags and ores as well as the Pb and U contents (abbreviations of mineral phases according to Kretz [1983] and/or Whitney and Evans [2010]).

INTERNATIONALER WORKSHOP

Alpenkupfer im Vinschgau Alpine Copper in the Vinschgau

28.-29. Mai 2021

Online Konferenz:

Deutsches Bergbau-Museum Bochum

YouTube-Kanal



Thomas Koch Waldner
Deutsches Bergbau-Museum Bochum

Mathias Mehofer
Vienna Institute for Archaeological Science, Universität Wien

Programm / Program

FREITAG, 28. MAI 2021 / FRIDAY, 28TH MAY 2021

9:00 Begrüßung / Welcome

Deutsches Bergbau-Museum Bochum
Vienna Institute for Archaeological Science, Universität Wien
Amt für Archäologie Südtirol
Landesmuseum Bergbau Südtirol
Vintschger Museum

9:20 Einleitung / Introduction

T. Koch Waldner, M. Mehofer

1. SESSION – SÜDTIROL UND TRENTINO (SOUTH TYROL AND TRENTINO)

9:30 P. Bellintani, E. Silvestri, M. Bassetti, N. Cappelozza, N. Degasperi, F. Nicolis, N. Pagan, M. Pearce

Prehistoric copper production in Trentino (Italy)

10:00 U. Tecchiati, I. Angelini, C. Canovaro, G. Artioli

Metallurgy in the 3rd and 2nd millennium BC in South Tyrol and adjacent areas.
Research and excavations of the Archaeological Heritage Office of the Autonomous Province of Bolzano-South Tyrol

10:30 H. Oberrauch

Kupfermetallurgie und Brandopfer am Felsenheiligtum Piglener Kopf (Pfatten) –
Die Produktion axtförmiger Barren als alpines Gerätgeld im 3. Jt. BC

11:00–11:15 KAFFEPAUSE / COFFEE BREAK

11:15 A. Torggler, R. Lamprecht, B. Zerobin

Prähistorischer Kupferbergbau im Ahrntal? Eine Spurensuche

11:45 T. Koch Waldner

Der „Missing Link“ des ostalpinen Kupferbergbaus – Prähistorische Kupferproduktion im Vinschgau, Südtirol

12:15 H. Steiner

Die Bronze- und Eisenzeit im Vinschgau

12:45–14:00 MITTAGSPAUSE / LUNCH BREAK

2. SESSION – KUPFERVERHÜTTUNG UND VERTEILUNGSNETZWERKE (SMELTING TECHNOLOGY AND DISTRIBUTION NETWORKS)

14:00 H. Herdits

Überlegungen zur bronzezeitlichen Kupferkiesverhüttung anhand der Abfalltypen eines Schmelzplatzes in Mühlbach/Salzburg

14:30 E. Hanning, T. Rose, S. Klein

Reconstruction of the Bronze Age Alpine Copper Smelting process. Possibilities and Limitations

15:00 T. Koch Waldner, M. Mehofer, M. Bode

Archäometallurgische Analysen an bronzezeitlichen Schlacken und Metallen aus dem Vinschgau – Produktion und Austauschnetzwerke

15:30–16:00 KAFFEPAUSE / COFFEE BREAK

16:00 C. Grutsch, J. Lutz, C. Ginthart, G. Goldenberg, G. Hiebel, B. Danthine

Nutzung verschiedener Kupfersorten im Spiegel prähistorischer Beile und Äxte aus Südtirol und dem Trentino

16:30 M. Mehofer, A. Kapuran, M. Gavranović

Interregional copper exchange and metal production during the 2nd millennium BC in the western and central Balkans – a comparative view from Eastern Serbia

18:00 FESTVORTRAG / KEYNOTE LECTURE

T. Stöllner

Bronzezeitliche Rohstoffsysteme und die frühe Kupferproduktion in den Zentral- und Ostalpen

BITTE BEACHTEN SIE / PLEASE NOTE:

Der Workshop wird online gehalten:

YouTube-Kanal des Deutschen Bergbau-Museum Bochum

The workshop will be held online:

YouTube-Channel of the German Mining Museum Bochum

<https://www.youtube.com/watch?v=uWjZQtqwF1c>

SAMSTAG, 29. MAI 2021 / SATURDAY, 29TH MAY 2021

**3. SESSION – BERGBAU IN DEN ALPEN UND OSTEUROPA
(MINING IN THE ALPS AND EASTERN EUROPE)**

9:00 E. Neuber, B. Horst

Das ist doch noch gut! Rohstoffmanagement und Recycling in der Erzaufbereitung am Troiboden, Slbg.

9:30 M. Staudt, G. Goldenberg, R. Lamprecht, M. Scherer-Windisch, B. Zerobin

Neue Forschungen zum prähistorischen Kupferbergbau in Nordtirol

10:00 R. Turck, L. Reitmaier-Naef, A. Stobbe, P. Della Casa

Prähistorisches Bergbauprojekt im Oberhalbstein (GR) – Projektphase II

10:30–11:00 KAFFEPAUSE / COFFEE BREAK

11:00 J. Garner

Montanarchäologische Untersuchungen zum bronzezeitlichen Kupferbergbau in der Mittelslowakei

11:30 P. Thomas, K. Kowarik, H. Reschreiter

Tülle für Kupfer, Lappen für Salz? Überlegungen zu metallzeitlichen Pickelformen als Leitfossilien prähistorischer Bergbauaktivitäten

12:00–13:30 MITTAGSPAUSE / LUNCH BREAK

13:30 E. Thurner

Chalcopyrite and antimony from the Bernstein-Rechnitzer-Fenster – The easternmost mining area of Austria

14:00 L. Reitmaier-Naef, M. Peter Schindler, T. Reitmaier

Produzenten, Händler oder Konsumenten? Spuren der Buntmetallverarbeitung in bronzezeitlichen Siedlungen des Zentralen Alpenraums

14:30–13:45 ABSCHLUSSDISKUSSION / FINAL DISCUSSION

Prehistoric copper production in Trentino (Italy)

→ Paolo Bellintani¹, Elena Silvestri¹, Michele Bassetti², Nicola Cappellozza³, Nicola Degasperì², Franco Nicolis¹, Nicola Pagan⁴, Mark Pearce⁵

¹ Soprintendenza per i beni culturali della Provincia autonoma di Trento, Ufficio beni archeologici, via Mantova 67, 38122 Trento (Italia), paolo.bellintani@provincia.tn.it, elena.silvestri@provincia.tn.it, franco.nicolis@provincia.tn.it

² Cora Società Archeologica srl, via Salisburgo, 16, 38121 Trento (Italia), info@coraricerche.com

³ SAP Società Archeologica srl; Via Fienili 39/a, 46020 Quingentole, Mantova (Italia), mail@archeologica.it

⁴ Ar.Tech. srl, vicolo San Pietro, 6 Monticelli Brusati (Brescia, Italia), nicola.pagan@artech-archeologia.it

⁵ University of Nottingham, Room B35 Humanities Building, University Park, Nottingham, NG7 2RD, UK, Mark.Pearce@nottingham.ac.uk

KEY WORDS

smelting sites; pyrotechnological structures; Bronze Age; Early Iron Age

In Trentino 198 Late Bronze Age smelting sites have been mapped in the context of a collaborative research project between the Archaeological Heritage Office of the Autonomous Province of Trento and the Bochum Bergbau-Museum in the 1980s and



FIG. 1: Vetriolo (Levico Terme, TN). Fragment of millstone found in the mining dump area (surface cm 29×12 ca).

1990s (Cierny, 2008; Marzatico et al., 2010). Since the early 2000s, the Trento Archaeological Heritage Office has begun more systematic protection of these particular archaeological deposits, which has entailed excavation, archaeometric analysis and the georeferencing of known and new sites (Bellintani et al., 2010; Silvestri et al., 2019 and bibliography therein).

The main copper ore deposits are found in a large territory to the east of Trento, from Mount Calisio to the Pinè plateau, the Mocheni Valley and the Upper Valsugana. This area roughly coincides with that of the later prehistoric smelting sites, which may be grouped into four macro-areas: the Cembra and Mocheni Valleys; the Valsugana; the Lavarone and Luserna plateaux and finally Tesino and Primiero.

One of the most important results of the last years was the preliminary investigation of the oldest mining area identified on the southern side of the central-eastern Alps: Vetriolo (Levico Terme, Trento). The site was discovered by Ernst Preuschen in the 1960s, but only now recent works in the area brought stone tools (over 35 anvils and millstones found so far, fig. 1) and pottery to light that finally allowed to date the site to the Italian Recent-Final Bronze Age.

The smelting sites have many characteristics in common: proximity to the ore deposits (with the important exception of the Lavarone and Luserna plateaux); the presence of water at the site itself or close by; their location on flat areas, natural or artificial, on the slopes (fig. 2). During survey, most sites were identified thanks to the presence of coarse and flat slags, while slag sand, partly because less visible, has been recorded at a significantly lower number of sites.

1. STRUCTURES AND PROCESSING RESIDUES

The paper is going to present some preliminary considerations about the internal organization of the smelting sites and the characteristics of the structures, that can be summarised as follows.



FIG. 2: S.Orsola Le Val (TN). General overview of the smelting site, built on an artificial terrace contained uphill by a wall, with two quadrangular furnaces.

1.1 FURNACES

Pyrotechnological structures intended for the processing of ore and / or derived products. In 16 cases these are masonry structures of a quadrangular form which always and only have three sides (the fourth side must have been removable). In several cases (Acqua Fredda, Fierozzo – Valcava, Luserna – Platz von Motze), complex structures, such as double furnaces and the unique battery at Acqua Fredda, consisting of 4 contiguous furnaces built into a single masonry structure, were found.

1.2 HEARTHES

Combustion structures that cannot be explained as smelting furnaces. One of them, the Transacqua “hearth” context n. 517, could have been – according to the results of micromorphological analyses – used to obtain quartz sand from local metamorphic rocks, useful for the processing of copper sulphides.

1.3 PITS

Oval depressions found at Acqua Fredda and S.Orsola Le Val, without traces of combustion.

1.4 ROASTING BEDS

Remains of elongated regular-shaped areas, delimited by stones of various sizes, used for the roasting of the ore and / or intermediate products of the smelting process.

1.5 WOODEN STRUCTURES

Pointed poles, planks and large boards presumably relating to structures such as roofs, canopies, fences etc. At Acqua Fredda there are also the remains of the wooden lining of a channel that drew water from the stream for washing smelting products that were to be reprocessed or perhaps even the ore.

1.6 SMELTING SITES DUMPS

The dumps were located downslope of the smelting facilities. At Luserna – Platz von Motze, the dump seems to consist of a large heap (over two metres thick) of coarse and flat slag. At the better investigated sites (Acqua Fredda and Segonzano – Peciapian) the lower part, in terms of altitude, of the dump is characterized by the presence of “slag sand”, with sequences of layers that, in the case of Acqua Fredda, are over two metres thick.

1.7 PORTABLE EQUIPMENT

Anvils, strikers and millstones. For coarser crushing, there were anvils (from 20 to 60 cm max. width) with cup-shaped depressions on their active surface, caused by percussion. For fine crushing, millstones were used consisting of a fixed lower element, with a slightly concave and ribbed surface, and a mobile upper part with a convex surface.

1.8 TYPES OF SLAG

Five types of slag have been identified: coarse slag (*Schlacken-kuchen*); flat slag (*Plattenschlacken*, with a thickness between 0.2 and 0.8 cm); flat slag with a thickness between 1 and 1.2 cm; “massive” slag more than 1.8 cm thick; and “slag sand” (grain size 1–3 mm).

1.9 FORM AND INTERNAL ORGANISATION OF THE SITES

The maximum area recorded to date for a smelting site is that of Segonzano – Peciapian, which is estimated to be around 5200 m², followed by Acqua Fredda and Fierozzo – Valcava (between 3000 and 2500 m² approx.), Luserna – Platz von Motze (c. 1850 m²) and finally Transacqua – Pezhe Alte and Terrebis (between 1000 and 1500 m² approx.).

At the best documented sites (Luserna – Platz von Motze and Acqua Fredda) there are groups of four or five furnaces per phase. At Luserna – Platz von Motze the “work units” seem to consist of a pair of furnaces and a roasting bed, placed opposite each other, as frequently documented in the Austrian mining districts since the Middle Bronze Age. At Acqua Fredda, however, there are individual furnaces (perhaps also in pairs) during the first phase of the site, but a single “battery” of four ovens embedded in a wall in the second phase. Structural elements that can be attributable to washing facilities are clearly documented only at Acqua Fredda and were used to process ground slag.

2. PROBLEMS OF CHRONOLOGY OF THE SECOND PHASE OF TRENTO METALLURGY

In the archaeological literature, the prehistoric mining activity in Trentino is traditionally divided in two phases: the first dated to end of the Copper Age – beginning of the Early Bronze Age (second half of the III millennium BC) and the second dated to the Recent Bronze Age and phases 1 and 2 of the Final Bronze Age (last decades of the 14th – 11th century BC). However, there are currently several indications that the second phase may have begun earlier, such as at the settlement, cult and funerary complex of Gardolo di Mezzo, where different types of smelting slags can also be found in levels dating back to the Early and Middle Bronze Age (Mottes et al., 2011; Mottes et al., 2017).

The problem of dating the gap between the two phases of prehistoric smelting has also been raised by some of the 46 radiocarbon dates obtained from 18 smelting sites, which seem to

confirm that the second phase of smelting began earlier than the Recent Bronze Age. Some other radiocarbon dates seem to indicate that the end of the second phase may be dated to the 9th century BC ca.

REFERENCES

- BELLINTANI, P., MOTTES, E., NICOLIS, F., SILVESTRI, E., STEFAN, L., BASSETTI, M., DEGASPERI, N. & CAPPELLOZZA, N., 2010: New Evidence of Archaeometallurgical Activities During the Bronze Age in Trentino. – In: Anreiter, P. et al. (eds.): Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies. Proceedings for the 1st Mining in European History-Conference of the SFB-HiMAT, 12.-15. November 2009, Innsbruck: 277–282.
- CIERNY, J., 2008: Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen – Der Anschnitt, 22, Bochum.
- MARZATICO, F., VALZOLGHER, E. & OBERRAUCH, H., 2010: Dating the Later Bronze Age metal production in the South-Central Alps. Some remarks on the relative and absolute chronology of the Luco-Laugen culture. – In: Anreiter, P. et al. (eds.): Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies. Proceedings for the 1st Mining in European History-Conference of the SFB-HiMAT, 12.–15. November 2009, Innsbruck University Press: 129–143.
- MOTTES, E., BASSETTI, M. & MAGGIONI, C., 2017: Nuove scoperte archeologiche a Gardolo di Mezzo (Trento). Necropoli a cremazione della Cultura di Luco/Laugen – AdA. Archeologia delle Alpi, 2016: 149–151.
- MOTTES, E., BASSETTI, M. & SILVESTRI, E., 2011: The Bronze age tumuli of Gardolo di Mezzo (Trento, Italy) in the Adige Valley. – In: Borgna, E., Müller Celka, S. (eds), Ancestral Landscapes. Burial mounds in the Copper and Bronze ages (Central and Eastern Europe – Balkans – Adriatic – Aegean, 4th–2nd millennium BC), Proceedings of the International Conference held in Udine, 14–19 May 2008, TMO 61, Maison de l’Orient et de la Méditerranée, Lyon: 523–532.
- SILVESTRI, E., BELLINTANI, P. & HAUPTMANN, A., 2019: Bronze Age copper ore mining and smelting in Trentino (Italy). – In: Turk, R., Stöllner, T., Goldenberg, G. (eds): Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production. Der Anschnitt, Beiheft 42, Bochum: 261–278.

Metallurgy in the 3rd and 2nd millennium BC in South Tyrol and adjacent areas. Research and excavations of the Archaeological Heritage Office of the Autonomous Province of Bolzano-South Tyrol

→ Umberto Tecchiati¹, Ivana Angelini², Caterina Canovaro³, Gilberto Artioli³

¹ Università degli studi di Milano, Dipartimento di Beni Culturali e Ambientali – PrEcLab – Laboratorio di Preistoria, Protostoria ed Ecologia Preistorica, Via Noto 6, 20141 Milano, umberto.tecchiati@unimi.it

² Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Beni Culturali: Archeologia, Storia dell'arte, del Cinema e della Musica – DBC, Piazza Capitaniato 7, Palazzo Liviano, Padova, ivana.angelini@unipd.it

³ Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Geoscienze, Centro Interdipartimentale di ricerca per lo Studio dei Materiali Cementizi e dei Leganti Idraulici (CIRCe), Via G. Gradenigo 6, Padova, caterina.canovaro@unipd.it, gilberto.artioli@unipd.it

Since the early 2000s, the Archaeological Heritage Office of the Autonomous Province of Bolzano/Bozen-South Tyrol has carried out a series of research projects that have significantly contributed to the increasing of our knowledge of mining and metallurgical activities in local prehistory and protohistory (Angelini et al. 2013).

The excavation of three sites showing evidence of copper ore (chalcopyrite) reduction slags was complemented by analytical investigations conducted first on the slags, and later also on the artifacts from the same study area.

The findings in the field and the studies that followed have led to a greater complexity of the historical-archaeological questions underlying the reconstruction of the, in a broad sense, “metallurgical” activities in the early Metal Ages not only in South Tyrol, but also in the neighboring regions. Here, in addition to a general overview of what is known to date, the results of recent investigations conducted on about fifteen finds are reported for the first time.

First of all, the chronology of the activation, on a local scale, of the metallurgical activities is worthy of being addressed. The wide set of radiocarbon measurements available to date makes them archaeologically visible around the middle of the third millennium BC. The three late Neolithic flat axes found in the middle Isarco Valley, made of Balkan copper (Bulgaria), indicate that local copper was not used before the 3rd millennium BC, but they could also indicate forms of incipient contact with areas where mining and metallurgical activities were already active, and perhaps the entry of specialized workers from the south-east who presided over the start of those activities on a local scale.

In this sense, an important objective of future research will be to intensify studies aimed at identifying, on an isotopic basis, the origin of the ore used for the manufacture of artifacts, not only of regional origin, older than the third millennium BC. The investigations carried out on the Iceman's axe prove, in fact, that in the IV millennium BC there could have been extra-regional sources of supply of metal and/or finished artefacts (Artioli et al. 2017). This observation does not exclude the possibility that local sources were used in South Tyrol and Trentino for the production of artifacts that did not necessarily

remain in use and circulation in the area of origin, but could have been exported elsewhere within the framework of broader cultural relations between different archaeological facies.

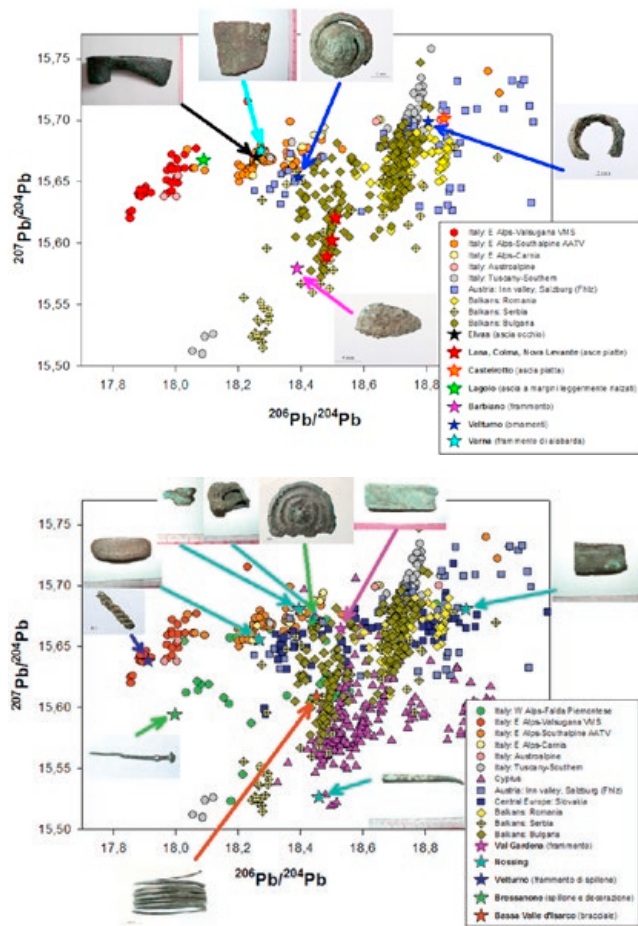
The analytical study of the smelting slags of the 3rd millennium BC coming from the geographical sector between Chiusa/Klausen and Bressanone/Brixen indicates in all cases that the relative mining area was located on Montefondoli/Pfunderer Berg (Angelini et al. 2015). From a technological point of view we are in the presence of reduction processes of medium efficiency, characteristic of the period, which probably took place in the crucible.

The only structures in some way referable to the smelting process (in the crucible) are perhaps those of Gudon/Gufidaun-Plank, but their state of preservation seems insufficient for a well-founded interpretation.

On the other hand, the battery of shaft or chimney furnaces of Cortaccia is of great importance. The available radiocarbon dates indicate an age probably prior to the activation of the production cycle of the Recent and Final Bronze Age (Luco culture).

Recent chemical and isotopic analyses have focused mainly on Eneolithic (Fig 1) and Early/Middle Bronze Age objects (Nössing, Bressanone/Brixen – Plabach, Val Gardena/Gröden, and some finds from Velturmo/Feldthurns and the Lower Isarco Valley – Fig 2). For Feldthurns/Velturmo (“tumuli”) there are no radiocarbon dates available, nor are there any strongly chronologically characteristic finds of material culture, but there is nothing to prevent a possible classification in the beginning of the Early Bronze Age. With regard to the oldest materials, part of the analyses were carried out as part of the extensive analytical project promoted by the South Tyrol Museum of Archaeology in collaboration with the Padova Unit (“Studies on the circulation of copper at the time of Ötzi”), which is currently being completed. Some of the results obtained on South Tyrolean axes are reported here. Other analyses were obtained within the framework of researches and projects of the Archaeological Heritage Office of Bolzano (Elvas, Velturmo/Feldthurns, Varna/Vahrn-Salern, Barbiano/Barbian).

Of the South Tyrolean axes analyzed, Fig. 1 reports the isotopic data obtained so far and clearly shows that the flat axes of the



FIGS 1-2: Isotopic ratios of Pb measured on finds from South Tyrol: 1) referable to the 4th-3rd millennia BC; and 2) dated to the Early and Middle Bronze Ages. The images refer to the finds analyzed for the first time in this new study.

4th millennium BC have a Balkan origin (Bulgaria: Lana, Colma/Kollmann, Nova Levante/Welschnofen; Romania: Castelrotto/Kastelruth), as well as the copper of the metal fragment from Barbiano/Barbian (Bulgaria or Serbia) and the ring from Velturmo/Feldthurns (Romania) are Balkan. The axes of the full and respectively late Copper Age (Lagolo, Elvas) were instead made of South-Alpine copper, mostly from the mines of Valsugana. The halberd blade from Varna/Vahrn (Castel Salern) also has a typical South-Alpine copper isotopic signature. The end of a spiral decorative object from Velturmo/Feldthurns ("tumuli") has a typical Tyrolean copper signature, which would perhaps help to indicate that it belongs to the Early Bronze Age.

In general, the evidence is consistent with the circulation of Balkan or Tuscan copper (i.e., Ötzi's axe) in South Tyrol in the Copper I (4th millennium BC), and with the beginning of the exploitation of mines in Trentino and South Tyrol at the same time as the Bell-Beaker event. A peak of local production of the metal is observed in the second half of the III millennium BC (Gudon/Gufidaun, Millan/Milland, Bressanone/Brixen).

With regard to chronology, it is important to emphasize the existence of an important gap in the documentation regarding mining activities in the Early and Middle Bronze Age in South Tyrol. While in Trentino various finds can be dated to the initial phases of the Early Bronze Age, and at Gardolo di Mezzo slag from the Middle Bronze Age is documented, production in Alto Adige seems to stop in the Late Copper Age, despite the

fact that at least the Montefondoli deposits were available, and only resumed in the Late Bronze and Late Bronze Ages. However, the new data seem to indicate the coexistence of local copper exploitation (of the AATV compartment) and the use of imported copper (Fig. 2); a clue in this sense are the analyses carried out on the Nössing finds (copper, Fahlerz and bronze), and those on the Velturmo/Feldthurns finds (bronze, Fahlerz and copper), coming from a westward extension of the Late Copper Age cult site ("tumuli"), possibly occurring in the Early Bronze Age.

The isotopic data show the abundant presence of copper from the South-Eastern Alps in the finds from Nössing, Feldthurns and Brixen, while single objects still show the use of copper from the East (Slovakia or Serbia, and Bulgaria). The data of two brooches (from Brixen and Nössing) are peculiar; they are more difficult to interpret and seem to show anomalous origins (possibly from the Western Alps and Cyprus).

The massive resumption of production of copper from the Middle Bronze Age in the Southeastern Alps is substantiated by recent survey work on Scandinavian and Central European finds (Melheim et al. 2018, Ling et al. 2019), which showed the wide-ranging spread of Alpine copper to the north.

From the Early Iron Age, the cultivation of deposits in the Southeastern Alps suffered a setback at least until the Early Middle Ages, although some flat-type reduction slags surprisingly come from 5th-4th century BC houses from Bressanone-Stufles/Brixen/Stufels. Clarifying to what extent these gaps are the product of the state of the finds and of the whim of research, and do not correspond instead to actual setbacks that can be interpreted on a larger geographical scale, is certainly among the tasks of future research.

REFERENCES

- ANGELINI, I., ARTIOLI, G., PEDROTTI, A. & TECCHIATI, U., 2013: La metallurgia dell'età del Rame dell'Italia settentrionale con particolare riferimento al Trentino Alto Adige: le risorse minerarie e i processi di produzione del metallo. In de Marinis R. C. (Ed.), *L'età del Rame: la pianura padana e le Alpi al tempo di Ötzi*, La compagnia della stampa Massetti Rodella, Brescia: 101-116.
- ARTIOLI, G., ANGELINI, I., KAUFMANN, G., CANOVARO, C., DAL SASSO, G. & VILLA, I. M., 2017: Long-distance connections in the Copper Age: new evidence from the Alpine Iceman's copper axe. – *PLOS ONE* 12, e0179263.
- ARTIOLI, G., ANGELINI, I., TECCHIATI, U. & PEDROTTI, A., 2015: Eneolithic copper smelting slags in the Eastern Alps: local patterns of metallurgical exploitation in the Copper Age. – *Journal of Archaeological Science*, 63: 78-83.
- LING, J., HJÄRTHNER-HOLDAR, E., GRANDIN, L., STOS-GALE, Z., KRISTIANSEN, K., MELHEIM, A. L., ARTIOLI, G., ANGELINI, I., KRAUSE, P. & CANOVARO, C., 2019: Moving metals IV: Swords, metal sources and trade networks in Bronze Age Europe. – *Journal of Archaeological Science: Reports* 26, 101837. doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.05.002.
- MELHEIM, L., GRANDIN, L., PERSSON, P. O., BILLSTRÖM, K., STOS-GALE, Z., LING, J., WILLIAMS, A., ANGELINI, I., CANOVARO, C., HJÄRTHNER-HOLDAR, E. & KRISTIANSEN, K., 2018: Moving metals III: Possible origins for copper in Bronze Age Denmark based on lead isotopes and geochemistry. – *Journal of Archaeological Science*, 96: 85-105.

Kupfermetallurgie und Brandopfer am Felsenheiligtum Pigloner Kopf (Pfatten)

Die Produktion axtförmiger Barren als alpines Gerätgeld im 3. Jt. BC

Metallurgy and burnt offerings on the rock sanctuary Pigloner Kopf (Vadana)

The production of axe-shaped copper ingots in the 3rd millennium BC

→ Hanns Oberrauch

Hans-Feur-Str. 30, I-39040 Tramin, hanns.oberrauch@uni.tn

KEY WORDS

Alpine metallurgy, melting, shaft-hole axes, copper hoard, ingot trading, burnt offerings, Bell Beaker culture

Im Rahmen eines Forschungsdoktorates an der Universität Trient (2017–2020) wurden die Grabungen am Felsturm Pigloner Kopf (1995–2013) umfassend aufgearbeitet. Die Ergebnisse der interdisziplinären Studie erlauben Einblicke in die Verarbeitung (melting) und den Handel von südalpinem Kupfer sowie in die Deponierungssitten von Metallobjekten im Rahmen von Brandopferfritten.

Der Felsturm Pigloner Kopf (550 m) befindet sich in exponierter Lage am Mitterberg im Südtiroler Unterland in der Gemeinde Pfatten. Die Fundstelle zeichnet sich durch seine geologische Beschaffenheit aus. Aus den Öffnungen der Felsspalten des freistehenden Gesteinsblocks aus Sedimentporphyr (Sandstein) entweicht im Winter ein konstant warmer Luftstrom (+15 °C). Das geothermale Phänomen dieser „Warmlöcher“ beruht auf der Luftzirkulation im Inneren des Berges. Die Fundstelle liegt zwischen den Kupfer-Revieren des 3. Jahrtausends BC im Eisacktal und in der Valsugana (Artioli et al., 2015).

Auf der Kuppe des Felsens kamen zwei Depotfunde aus importierten Silexgeräten (Monti Lessini/Baldo) ans Licht, die aus Fertig- und Halbfertigprodukten (Blattspitzen) bestehen. Ein Depot von 50g Birkenteer aus dem Warmloch 1 wurde C¹⁴ datiert um 2900 BC (Oberrauch, 2019).

Am Fuß des Felsturms wurde zwischen großen Felsblöcken eine 3m mächtige sekundäre Ablagerung von Brandrückständen dokumentiert. Die intentionelle Füllung im Abri zeigt mächtige kohle- und aschehaltige Schichten, sie ist typologisch und absolut-chronologisch homogen und datiert um 2500 BC. Die Keramik (18000 Stück) und die Silexindustrie (14500 Stück) zeigt Glockenbecherelemente und trägt sekundäre Brandspuren. Die über 30 gestielten und konkaven Pfeilspitzen und einige Dolchfragmente sind aus importiertem Silex (Monti Lessini/Baldo) gefertigt, während 130 Sichelemente, 100 Kratzer, 307 Segmente (semilune), Abschlüge und Nuklei aus lokalem Silex (Val di Non) bestehen (Bertola et al., unpubl.). Die Silexgeräte waren Teil der Opfergaben. Den rituellen Aspekt

unterstreichen 64000 Tierknochen, die zu 95% verbrannt oder kalziniert sind. Die archäozoologische Bestimmung (Riedel & Tecchiati, 2007; Tecchiati et al., unpubl.) zeigt, dass die Fauna zu 70% aus Wildtieren (Hirsch, Wildschwein, Reh, Wolf, Bär, Schildkröte, Biber, Fische, Vögel, Muscheln u. a.) und nur zu 30% aus Haustieren (Schwein, Schaf/Ziege, Rind, Hund) zusammengesetzt ist, was sie von zeitgleichen Siedlungen unterscheidet. Es gibt keine Menschenknochen. Die botanische Auswertung erbrachte den Nachweis von verkohlten Getreideresten, Sammelfrüchten und Lein (Gattringer, 2006).

Der Pigloner Kopf erfüllt die Kriterien, die für die Identifikation eines Brandopferplatzes formuliert wurden (Steiner 2010): sekundäre Ablagerung, verbrannte Tier- und Speiseopfer, fragmentierte Keramik, Silexgeräte und Votivgaben aus Kupfer mit Brandspuren. Als weiteres Indiz für ein Heiligtum gilt die Nutzung über längere Zeit, die durch eine Drago-Fibel (6. Jh. BC) und 8 römische Münzen (2.–3. Jh. AD) deutlich wird (Oberrauch, 2002).

Die Kupferfunde veranschaulichen die metallurgische Bedeutung der Fundstelle, insbesondere die insgesamt 10 miniaturisierten Kupferäxte vom Typ Fresach, die zu jeweils 5 Stück in zwei Hortfunden deponiert wurden. Wie bereits von einigen Autoren (Franz, 1929; Mayer, 1977) vermutet, handelt es sich bei diesen kleinen Lochäxten nicht um funktionsfähige Geräte, sondern vielmehr um Barren und Handelsgut (Gerätgeld), die letztlich auch als Opfergaben dienen konnten und bislang aus Kärnten und Salzburg bekannt waren. Erstmals wurden diese Äxte in gesichertem Kontext gefunden, wodurch sie absolut datiert werden konnten (2700–2300 BC). Sie stellen den westlichsten Verbreitungspunkt der Lochäxte dar, die typologisch in den Balkan- und Donaauraum verweisen (Neumann, 2015). Zu den Kupferfunden zählen sieben Ahlen, eine Rollkopfnadel, drei Drahtspiralen und ein facettierter Dolch, der typologisch der Fontbouisse-Kultur nahesteht (Oberrauch, 2014).

Die Kupferobjekte wurden in Trient (pXRF) und am Dipartimento di Geoscienze der Universität Padua mittels micro-sampling



ABB. 1: Die 10 Kupferäxte und der Dolch vom Piglener Kopf spiegeln die Ikonografie der Menhire wider (Foto Chistè, UniTN)
FIG. 1: The 10 copper axes and the dagger blade reflect the iconography of the contemporary stelae (Foto Chistè, UniTN)

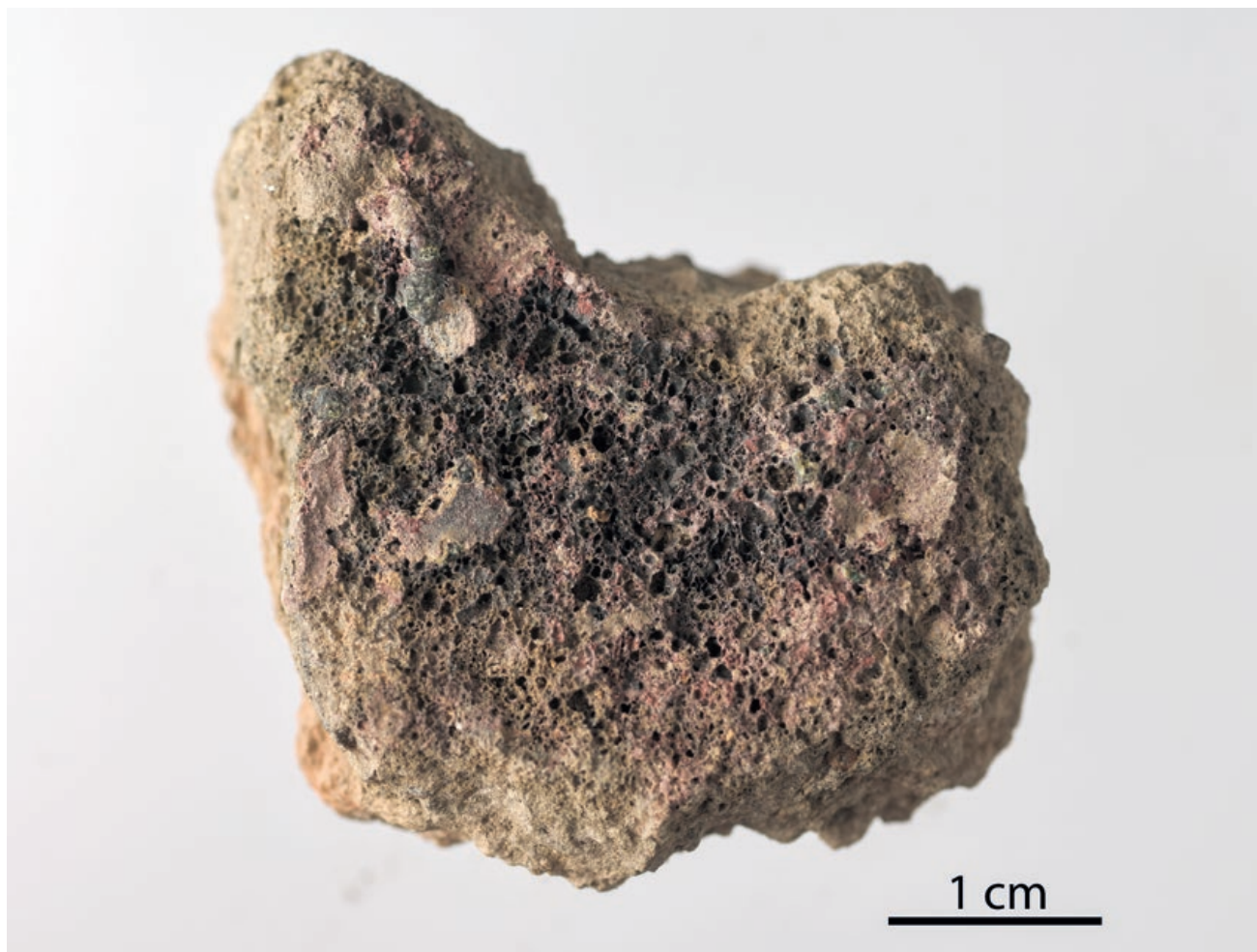


ABB. 2: Fragment eines Schmelzriegels aus Keramik mit poröser Struktur und rötlichem Cuprit auf der Innenseite (Foto Castelli, UniPD)
FIG. 2: Fragment of a crucible with traces of cuprite on the inner side (Foto Castelli, UniPD)

analysiert (SEM-EDS, EPMA, LIA), um ihre chemische und isotopische Zusammensetzung zu bestimmen (Artioli, Angelini, Canovaro, Oberrauch, unpubl.). Vier Lochäxte, drei Ahlen und die Rollkopfnadel bestehen aus nahezu reinem Kupfer (99%) mit Spuren von Schwefel, Blei, Arsen, Antimon und Silber. Die Analyse der Blei-Isotope zeigt, dass es sich um Produkte aus lokalem südalpinem Erz handelt, das im 3. Jahrtausend BC bereits abgebaut und verarbeitet wurde, wie in Milland (Dal Ri et al., 2005) und im Trentino (Artioli et al., 2014) nachgewiesen wurde. Durch eine vergleichende Analyse der Blei-Isotopen mit den Miniaturäxten aus Kärnten (Fresach) und Salzburg (Dürnbach, Rainberg) kann auf eine gemeinsame Provenienz derselben geschlossen werden. Vermutlich wurden die Miniaturäxte als Barren von 50–100g in Umlauf gebracht und nordwärts über die Alpen exportiert. Die „Überproduktion“ an Barren wurde am Piglener Kopf im Zusammenhang mit Brandopfern deponiert, wie die Brandpatina auf einigen Äxten nahelegt. Mehrere Fragmente von Schmelzriegeln mit Metallresten an der Innenwand und zahlreiche Gusstropfen aus Kupfer beweisen die metallurgischen Aktivitäten (melting) vor Ort und indirekt den Guss von Objekten (Pedrotti et al., 2020) aus lokalem, zum Teil sulfidischem Kupfererz. Schlacken sind nicht vorhanden.

Die Dolchklinge aus Kupfer (98,6%) weist dagegen Spuren von Arsen (1,1%) und Antimon (0,4%) auf. Sie ist, wie auch zwei

Kupferdrahtspiralen, nicht aus lokalem Kupfer gefertigt, sondern stammt vermutlich aus den Lagerstätten in der Toskana, Ligurien oder Südfrankreich. Der Piglener Kopf liegt am Schnittpunkt von Handelsrouten: die Keramik zeigt Kontakte mit der Glockenbecherkultur (Besse, 2003), Fertigprodukte aus Silex wurden aus dem Veroneser Raum eingehandelt, andere Geräte aus lokalem Silex (Nonstal) hergestellt. Die lokale Metallurgie zeigt einen südosteuropäischen Einfluss und exportierte axtförmige Barren nordwärts über die Alpen, während andere Kupferobjekte (Dolch, Schmuck) importiert wurden.

In früherer Zeit war die Metallurgie keine profane Tätigkeit, vielmehr war sie stets von Riten begleitet: beim Bergbau, beim Schmelzen des Erzes im Ofen (Eliade, 1980) und auch beim letzten Schritt, der Raffinierung des Kupfers und dem darauf folgenden Guss von (halb-) fertigen Produkten. Verbindendes Element ist das Feuer, das sowohl in der Metallurgie wie auch beim Brandopfer eine zentrale Rolle spielte. Depotfunde, speziell mit Lochäxten, sind wohl am Balkan häufig, aber bislang kaum im Zusammenhang mit der Glockenbecherkultur bekannt, mit der nur wenige Depotfunde in Westeuropa zu verknüpfen sind (Hansen 2019). Durch die Befunde am Piglener Kopf gewinnen wir Erkenntnisse über den Ursprung der alpinen Brandopferplätze und den Handel mit dem ältesten Alpenkupfer.

LITERATURLISTE:

- ARTIOLI, G., ANGELINI, I., NIMIS, P., ADDIS, A. & VILLA, I. M., 2014: Prehistoric copper metallurgy in the Italian Eastern Alps: recent results. – *Historical Metallurgy* 47(1) 2013, 51–59.
- ARTIOLI, G., ANGELINI, I., TECCHIATI, U. & PEDROTTI, A., 2015: Eneolithic copper smelting slags in the Eastern Alps: Local patterns of metallurgical exploitation in the Copper Age. – *Journal of Archaeological Science* 63, 78–83.
- ARTIOLI, G., ANGELINI, I., CANOVARO, C., KAUFMANN, G. & OBERRAUCH, H., unpubl.
- BERTOLA, S., LO VETRO, D. & OBERRAUCH, H., unpubl.
- BESSE, M., 2003: L'Europe du 3^e millénaire avant notre ère: les céramiques communes au Campaniforme. – *Cahiers d'archéologie romane* 94, Lausanne.
- DAL RI, L., RIZZI, G. & TECCHIATI, U., 2005: Lo scavo di una struttura della tarda età del Rame connessa a processi estrattivi e di riduzione del minerale a Millan presso Bressanone. Die Untersuchung einer spätkupferzeitlichen Struktur mit Hinweisen auf Erzgewinnung und –verhütung in Milland bei Brixen. In: Dal Ri L., Tecchiati U. (Hrsg.), *Abstracts del Convegno Internazionale (15.6.2005): Il sito fusorio della tarda età del Rame di Millan presso Bressanone nel quadro della prima metallurgia dell'area alpina, Der spätkupferzeitliche Schmelzplatz von Milland bei Brixen im Rahmen der beginnenden Metallurgie im alpinen Raum*, Bozen/Bolzano.
- ELIADE, M., 1980: *Schmiede und Alchemisten*, Stuttgart.
- FRANZ, L., 1929: Ein Depotfund aus dem Drautale. *Carinthia I* 119, 68–69.
- GATTRINGER, J., 2006: *Paläoethnobotanische und anthrakologische Untersuchungen am kupferzeitlichen Brandopferplatz „Pigloner Kopf“, Mitterberg-Südtirol*. – Diplomarbeit an der Fakultät für Biologie (Prof. K. Oegg), Universität Innsbruck.
- HANSEN, S., 2019: *Metalldeponierungen in Eurasien. Ein Phänomen der Langen Dauer, der Konjunkturen und der Ereignisse*. – In: Hye S., Töchterle U. (Hrsg.), *UPIKU:TAUKE, Festschrift für Gerhard Tomedi, Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie*, Band 339, 201–218, Bonn.
- MAYER, E. F., 1977: *Die Äxte und Beile in Österreich. Prähistorische Bronzefunde*, PBF IX, 9, 23–25, München.
- NEUMANN, D., 2015: *Landschaften der Ritualisierung. Die Fundplätze kupfer- und bronzezeitlicher Metalldeponierungen zwischen Donau und Po*. – *Topoi, Berlin Studies of the Ancient World*, Vol. 26, Berlin-Boston.
- OBERRAUCH, H., 2002: *Der kleine Münzschatz vom Pigloner Kopf (samt Nachtrag zu den römischen Funden in der Felspalte Eulenloch)*. – In: Dal Ri L. & Di Stefano S. (Hrsg.), *Studien zur Römerzeit in Südtirol, Forschungen zur Denkmalpflege in Südtirol Bd. 1*, 858–873, Bozen/Wien.
- OBERRAUCH, H., 2014: *Pigloner Kopf, un rogo votivo dell'età del Rame. Il rito di deposizione di oggetti in un'area sacra*. – In: De Marinis R. C. (Hrsg.), *Le manifestazioni del sacro e nella regione alpina e nella pianura padana. Atti del Convegno: Le manifestazioni del sacro e l'età del Rame nella regione alpina e nella pianura padana (Brescia, 23.–24.5.2014)*, 67–84, Brescia.
- OBERRAUCH, H., 2019: *Zum Ursprung der Brandopfer*. – In: Hye, S., Töchterle, U. (Hrsg.), *UPIKU:TAUKE, Festschrift für Gerhard Tomedi, Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie Bd. 339*, 435–455, Bonn.
- PEDROTTI, A., ANGELINI, I., ARTIOLI, G., CANOVARO, C., TECCHIATI, U. & OBERRAUCH, H., 2020: *The Bell Beaker Rock Sanctuary Pigloner Kopf (South Tyrol, Italy)*. – In: *Abstract booklet of the 22nd Meeting “Archéologie et Gobelets” (Geneva 21.-22.1.2021)*, 24–25, Geneva.
- RIEDEL, A. & TECCHIATI, U., 2007: *La fauna del luogo di culto dell'età del rame di Vadena-Pfatten, località Pigloner Kopf (Bolzano). Risultati degli scavi del 1998. Riassunti del 3^o Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Archeozoologia (Siracusa 3–5.1.2000)*, 223–239.
- STEINER, H., 2010: *Alpine Brandopferplätze, Archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchungen. Forschungen zur Denkmalpflege in Südtirol, Bd. 5*, Trento.
- TECCHIATI et al.: unpubl.

Prähistorischer Kupferbergbau im Ahrntal? Eine Spurensuche

Prehistoric copper mining in the Ahrn Valley? A search for traces – Abstract

→ Armin Torggler¹, Roman Lamprecht², Bianca Zerobin²

¹ Wissenschaftlicher Kurator, Südtiroler Landesmuseum Bergbau, Stadelgasse 8 B, 39042 Brixen, armin.torggler@landesmuseen.it

² Leopold-Franzens Universität Innsbruck, Institut für Archäologien, Langer Weg 11, 6020 Innsbruck, bianca.zerobin@uibk.ac.at, romanlamp27@gmail.com

Im Rahmen des laufenden Forschungsprojektes „Bergbaulandschaft Tauferer Ahrntal“ des Landesmuseum Bergbau, das vom Forschungsfond der Südtiroler Landesmuseen finanziert wird, werden Bergbauspuren in dieser Talschaft nördlich von Bruneck (Südtirol) untersucht. In diesem Gebiet wurde neben zahlreichen anderen Rohstoffen hauptsächlich Kupfererze abgebaut. Seit dem Spätmittelalter geben schriftliche Quellen über den Kupferbergbau in diesem Gebiet Auskunft (Torggler/Geier, 2020).

Das Forschungsprojekt mit interdisziplinärem Ansatz gliedert sich in drei Phasen. Die erste Projektphase umfasste die Erschließung und Auswertung schriftlicher Quellen in verschiedenen Archiven. Diese Phase ist bereits abgeschlossen. Im Sommer und Herbst 2020 wurden Begehungen im Gelände durchgeführt und an zahlreichen Stellen Bergbauspuren dokumentiert. Diese Begehungen erfolgten in Zusammenarbeit mit dem Institut für Archäologien der Universität Innsbruck. Zu den Zeugnissen der Rohstoffgewinnung im Tauferer Ahrntal



ABB. 1: Das feuergesetzte „Mutraloch“ bei St. Georgen (Bruneck).

FIG. 1: The “Mutraloch” near St. Georgen (Bruneck), a result of fire-setting.



ABB. 2: Der hintere Bereich der Grube in der Rixnatklamm (Gem. Mühlwald).
 FIG. 2: The deepest section of the mine in the "Rixnatklamm" (Mühlwald).

gehören tagnahe Abbaustellen, Stollen, Halden sowie die Reste von Gebäuden.

Eine dritte Projektphase wird die naturwissenschaftliche Auswertung der entnommenen Gesteinsproben und eine Analyse der Flurnamen umfassen. Die Publikation der Ergebnisse ist in zwei Bänden der wissenschaftlichen Reihe „Schriften des Landesmuseum Bergbau“ vorgesehen.

Im Zusammenhang mit dem prähistorischen Kupferbergbau sind die Spuren früher Metallurgie im Raum Bruneck und am Eingang zum Tauferer Ahrntal hervorzuheben (Lunz, 1978; Lunz, 2005). Von mehreren prähistorischen Siedlungsplätzen im Pustertal liegen Gussformen für Metallobjekte vor, die zum Teil weit in die Bronzezeit zurückreichen (Steiner, 2015). Aus dem Tauferer Ahrntal selbst sind mehrere Funde bronzener Beile und Geräte bekannt. Besondere Bedeutung kommt dem Rest eines Gusskuchens von St. Georgen sowie einem Plattenschlackenfragment aus St. Johann zu, wobei beide Funde aus prähistorischen Siedlungen stammen (Steiner, 2004). Auch das Bronzebeil aus dem Bergwerk in Prettau wurde in der Vergangenheit mit prähistorischem Bergbau in Verbindung gebracht (Tasser/Scantamburlo, 1991). Es galt lange Zeit als verschollen und wurde erst vor kurzem in den Sammlungen des British Museum wiederentdeckt (Wilkin, 2019).

Unter den Bergbauspuren aus dem Tauferer Ahrntal, die im Zuge des Forschungsprojektes erfasst wurden, ist die räumliche Nähe zu einigen bronzezeitlichen Siedlungen besonders auffällig. Es ist gelungen zwei Abbaustellen zu dokumentieren, in denen ein Teil des Vortriebs mittels Feuersetzung erfolgte. Die Analyse der organischen und mineralogischen Proben sollte hier noch weiteren Aufschluss über das Alter und die abgebauten Erze liefern.

LITERATURVERZEICHNIS

- LUNZ, R., 1978: Zur vor- und frühgeschichtlichen Besiedlung des Ahrntals. Ein geographischer Überblick. *Der Schlern* 52, 7/8, 379–381.
- LUNZ, R., 2005: Archäologische Streifzüge durch Südtirol. Pustertal und Eisacktal, Bozen.
- STEINER, H., 2004: Ur- und Frühgeschichte des Tauferer Ahrntales. *Südtirol in Wort und Bild* 48, 21–25.
- STEINER, H., 2015: Fund einer frühbronzezeitlichen Gussform von der Großen Pipe/St. Georgen. *Der Schlern* 89/2, 44–54.
- TASSER, R., & SCANTAMBURLO, N., 1991: Das Kupferbergwerk von Prettau. Südtiroler Landesbergbaumuseum, Athesia Verlag Bozen.
- TORGGLE, A., & GEIER, K., 2020: Die Bergbaulandschaft Tauferer Ahrntal im Spiegel der Schriftquellen, in: *Bergbaulandschaft Tauferer Ahrntal I – Die Schriftquellen*, hrsg. von/a cura di Christian Terzer und Armin Torggler. *Schriften des Landesmuseum Bergbau/Studi del Museo Provinciale Miniere* 2, Verlag A. Weger Brixen.
- WILKIN, N., 2019: Lappenbeil, in: *Lost & Found. Archäologie in Südtirol vor 1919*, hrsg. von Günther Kaufmann und Andreas Putzer, *Schriften des Südtiroler Archäologiemuseums* 6, Athesia Verlag Bozen, 624f.

Der „Missing Link“ des ostalpinen Kupferbergbaus Prähistorische Kupferproduktion im Vinschgau, Südtirol

The “missing link” of eastern alpine copper mining Prehistoric copper production in Vinschgau, South Tyrol

→ Thomas Koch Waldner

Montanarchäologie, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, Am Bergbaumuseum 31, 44791 Bochum

KEY WORDS

Vinschgau, Ostalpen, Bronzezeit, Bergbau, Kupferproduktion, Schlacke, Laugen-Melaun-Kultur

Im Ortlergebiet im Westen Südtirols wurde die jüngste Entdeckung einer prähistorischen Bergbauregion in den Alpen gemacht. Im Rahmen einer Ausstellungskonzeptionierung (*Der Einstieg*, Dauerausstellung in der Gemeinde Stilfs) wurden erstmals Geländebegehungen und archäometallurgische Untersuchungen an Kupferschlacken durchgeführt. Die gewonnenen Erkenntnisse führten zu dem, von der Fritz-Thyssen-Stiftung geförderten Forschungsprojekt „Alpenkupfer im Vinschgau“ am Deutschen Bergbau-Museum Bochum (DBM) in Kooperation mit dem Amt für Archäologie Südtirol und der Universität Wien..

Hinweise auf prähistorischen Kupferbergbau finden sich nur in bestimmten Regionen der Alpen. Besonders häufig wurden Befunde der urgeschichtlichen Kupferproduktion im Osten Nordtirols (Unterinntal, Kitzbühel) sowie in Salzburg (Pinzgau, Pongau) und im südöstlichen Trentino festgestellt (Stöllner 2019). Südtirol liegt zwischen diesen großen Produktionsregionen und galt seit langem als Forschungslücke (Pittioni 1940). Ab der Mittelbronzezeit und besonders während der Spätbronzezeit, verbreiteten sich in den Ostalpen einheitliche Technologien für den Abbau, die Aufbereitung und die Verhüttung von Primärerzen. Die frühesten Spuren dieses Technokomplexes werden im Mitterberggebiet im Pongau (Salzburg) angenommen (Stöllner 2015b). Nach aktuellem Forschungsstand scheint sich das berg- und hüttentechnische Wissen bzw. der „Mitterberger Prozess“ aus dieser Region über die Ostalpen verbreitet zu haben (Stöllner 2015a; 2019).

In Südtirol konnten Spuren dieser Verhüttungstechnologie in Kurtatsch (Nothdurfter & Hauser 1986) und am Gebirgszug (u. a. Pfunderer Berg) zwischen dem Eisack- und dem Sarntal (Dal Rì 1972; 1973; Krismer & Tropper 2013) entdeckt werden. Ein spätbronzezeitliches Beil aus einem Bergwerk in Prettau (Schönherr 1864) wird als weiterer Hinweis für prähistorischen Kupferbergbau südlich des Alpenhauptkammes angesehen. Über die genannten Fundgebiete, sowie der prähistorischen Bergbauregion bei Matrei in Osttirol (Schernthanner 1893) wäre eine Verbindung zwischen den nordalpinen Revieren und jenen im Trentino (Silvestri et al. 2015) vorstellbar.

Eine geographische Lücke für den überregionalen Wissenstransfer, stellte bis vor kurzem der Westtiroler Raum dar. Mit

der Entdeckung der bronzezeitlichen Bergbauregion im Ortlergebiet wurde der „Missing Link“ für den überregionalen Technologietransfer zwischen Ost und West gefunden. Nur wenige Jahre davor konnten erste mögliche Hinweise für prähistorischen Bergbau im oberen Inntal in Nordtirol festgestellt werden (Grutsch et al. 2019). Erstmals kann nun der Austausch von Wissen zwischen den Bergbauregionen in der Ostschweiz und jenen in Tirol und Südtirol sowie im Trentino nachvollzogen werden.

Die wichtigste Fundgattung für den Nachweis prähistorischer Bergbauaktivitäten im Ortlergebiet stellen Kupferschlacken dar (Abb. 1). Im Rahmen des vorgestellten Projektes konnten durch Prospektionen und Hinweise aus der Bevölkerung mehrere Kupferschmelzplätze in den Gemeinden Prad am Stilfserjoch, Stilfs und Laas entdeckt werden (Koch Waldner 2019a; in Druck). Die Schlackenfunde weisen deutliche Parallelen zu anderen bronze- und eisenzeitlichen Bergbauregionen der Ostalpen auf. Das Fundmaterial lässt sich typologisch in Schlackenkuchen, Plattenschlacken und Schlackensand unterteilen. Während der Sand ein Abfallprodukt aus dem Recycling von Schlacken darstellt, geben die anderen typologischen Gruppen Aufschluss über die angewandten pyrometallurgischen Prozesse. In diesem Zusammenhang gilt es hervorzuheben, dass die Schlackenkuchen und Plattenschlacken jeweils in zwei Untergruppen – zum einen heterogene, blasige und homogene, massive Schlackenkuchen, zum anderen dünne und dicke Plattenschlacken – gegliedert werden können.

Des Weiteren wurden Geländeanomalien kartiert, welche durch den Erzabbau entstanden sind. Die entdeckten Halden, Pingen und Mundlöcher sind in erster Linie den Bergbauaktivitäten des Mittelalters und der Neuzeit zuzuschreiben, wobei in einigen Fällen eine prähistorische Vorgängerphase denkbar erscheint. Dies zu untersuchen soll unter anderem Gegenstand eines Nachfolgeprojektes sein. Der Fokus der gegenwärtigen Forschungen liegt auf der Lokalisierung montanarchäologischer Spuren und der Untersuchung eines Verhüttungsplatzes, sowie einer, direkt an der Lagerstätte gelegenen Höhengiedlung. Im Herbst 2020 wurde erstmals ein Schmelzplatz im Vinschgau – SP 1 auf Vellnair am Prader Berg, – sowie die prähistorische Siedlung auf Kaschlin bei Stilfs durch archäologische



ABB. 1: Prähistorische Kupferschlacke an der Oberfläche des Waldbodens am Schmelzplatz SP 2 bei Stilfs (Foto: Koch Waldner)
FIG. 1: Prehistoric copper slag on the surface of the forest ground at the smelting site SP 2 near Stilfs. (Photo: Koch Waldner)

Sondierungsgrabungen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl der Schmelzplatz am Nordhang, als auch die Höhengsiedlung am Südhang des Suldentales während der späten Bronzezeit genutzt wurden und Blickkontakt zueinander hatten. Als wesentlicher Unterschied zu manch nordalpiner Bergbauregion etablierte sich die Vinschgauer Montanwirtschaft in einer Region, die schon während der Bronzezeit auf eine lange Siedlungsgeschichte zurückblicken konnte. Die Streufunde von Kaschlin und dem Weiberbödele (Koch Waldner 2019a; in Druck; Lunz 1997) legen die Vermutung nahe, dass die Höhengsiedlungen bereits vor dem Beginn der Bergbauaktivitäten bestanden hatten. Anders wie beispielsweise in der Region von Kitzbühel (Koch Waldner 2017; 2019b), lag die Kupferproduktion im Vinschgau an einem inneralpinen Verkehrsknotenpunkt, der seit dem Neolithikum ganzjährig bewohnt war und ab der Mittleren Bronzezeit ein verhältnismäßig dichtes Siedlungsnetzwerk aufweist (Steiner 2007). Die Region liegt an der Reschenpassroute, eine wichtige prähistorische Nord-Süd-Verbindung durch den zentralen Bereich des Alpenbogens. Im Untersuchungsgebiet zweigen von dieser Route, Wege nach Westen in die Schweiz und in die Lombardei ab. Von weitreichenden Beziehungen – von Westdeutschland über den Balkan bis in das östliche Mittelmeer – zeugt unter anderem das Fundmaterial von der Höhengsiedlung am Ganglegg bei Schluderns (Steiner 2007). Die herausragenden Bronzedepots vom Piller-Moosbruckschrofen (Tomedi 2004) und dem Kathreinhof (Tomedi 2008) in der Nordtiroler Gemeinde Fließ liegen eben-

falls an einem Verkehrsknotenpunkt entlang dieses Weges. Die erwähnten Fundkomplexe am Inn und an der Etsch, mögen einen Eindruck davon geben, welche Bedeutung die Reschenpassroute im 2. und 1. Jahrtausend v. Chr. für die Region sowie den überregionalen Austausch von Waren und Wissen hatte. Die frühesten bekannten Bergbauspuren im Ortlergebiet datieren in das 13. Jh. v. Chr., dem Beginn der Spätbronzezeit und der Laugen-Melaun-Kultur (13.–6. Jh. v. Chr.). An dieser Stelle gilt es hervorzuheben, dass sämtliche Spuren des Kupferbergbaus der späten Bronze- und frühen Eisenzeit, südlich des Alpenhauptkammes – Osttirol, Südtirol und Trentino – im Gebiet dieser Kulturgruppe liegen (Abb. 2). Dies verdeutlicht die herausragende Rolle der Kupferproduktion für die Laugen-Melaun-Kultur.

Vom obere Vinschgau aus verbreitete sich diese Kultur über das Gebirge der Sesvennagruppe bis in das Unterengadin (Schweiz). Über vereinzelte Verhüttungsspuren im Engadin lässt sich eine Verbindung vom Vinschgau zu den prähistorischen Bergbaurevieren im Oberhalbstein (Naef 2015) herstellen. In den Siedlungen dieser Bergbauregion findet sich neben der lokalen Ware, besonders häufig Laugen-Melaun-Keramik (Rageth 1986; Roffler 2018). Dieser Umstand sowie der Nachweis, dass im Alpenrheintal bzw. Seeztal diese Keramik lokal hergestellt wurde (Neubauer 1994), unterstützt die Annahme, dass die Träger der Laugen-Melaun-Kultur technologisches Wissen vom Oberlauf der Etsch, über den oberen Inn, in das Oberhalbstein und weiter nach Westen, bis an den Rhein brachten.

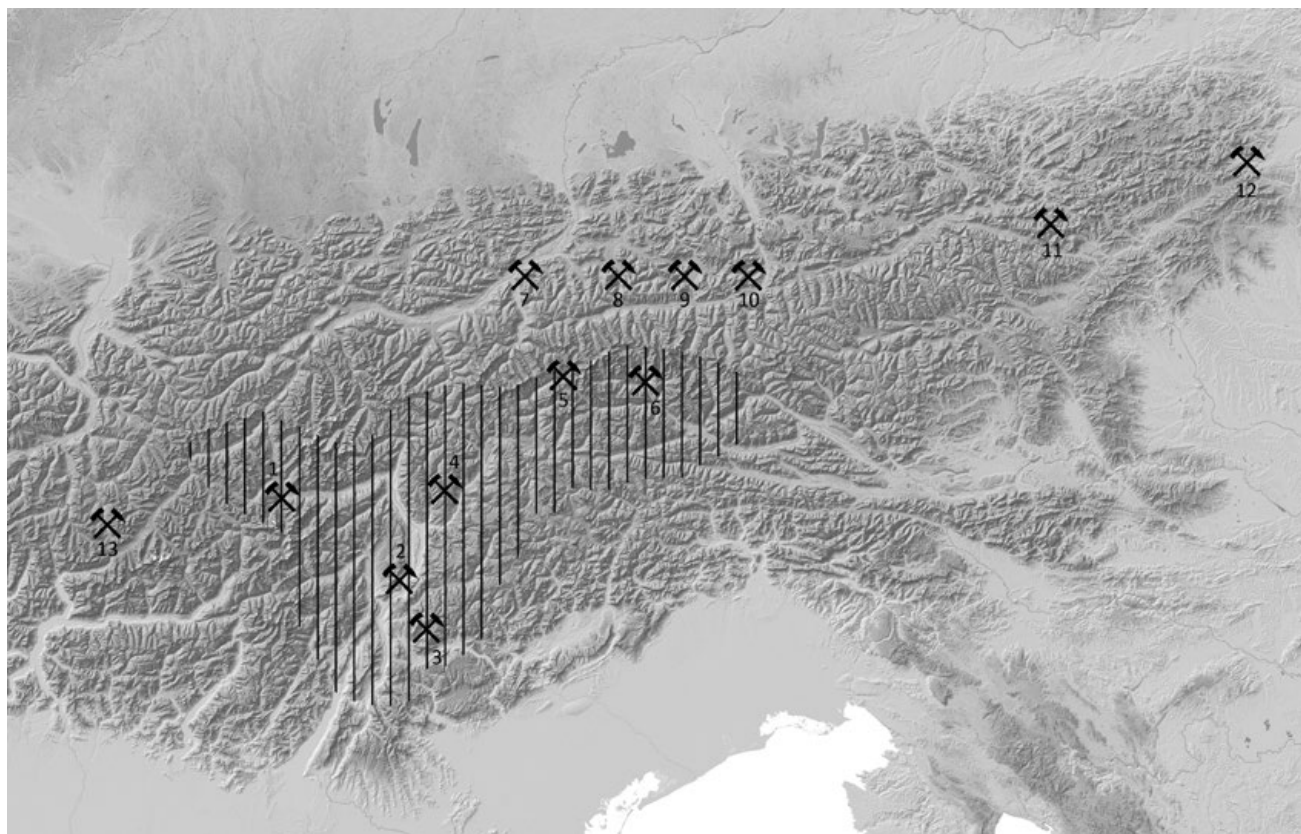


ABB. 2: Das Gebiet der Laugen-Melaun-Kultur (Strichmarkierung) und die ostalpinen Kupferproduktionszentren der zweiten Hälfte des 2. Jahrtausends und des frühen 1. Jahrtausends v. Chr.

1: Vinschgau, 2: Etschtal/Kurtatsch, 3: Trentino, 4: Eisack- & Sarntal, 5: Ahrntal/Prettau, 6: Osttirol/Matrei, 7: Unterinntal, 8: Kitzbühel, 9: Pinzgau, 10: Pongau/Mitterberg & St. Veit, 11: Eisenerzer Alpen, 12: Bezirk Neunkirchen, 13: Oberhalbstein. (Grafik: T. Koch Waldner)

FIG. 2: Area of the Laugen-Melaun culture and copper production regions of the 2nd half of the 2nd millennium and the early 1st millennium BC in the eastern Alps.

1: Vinschgau, 2: Etsch Valley/Kurtatsch, 3: Trentino, 4: Eisack & Sarn Valleys, 5: Ahrn Valley/Prettau, 6: East Tyrol/Matrei, 7: Lower Inn Valley, 8: Kitzbühel, 9: Saalfelden Basin/Viehhofen, 10: Pongau/Mitterberg & St. Veit, 11: Eisenerzer Alps, 12: Neunkirchen District, 13: Oberhalbstein. (Graphic: T. Koch Waldner)

LITERATUR

DAL RÌ, L., 1972: Spuren urgeschichtlicher Erzgewinnung in den Sarntaler Alpen. *Der Schlern* 46, 1972, 592–601.

DAL RÌ, L., 1973: Kohlgruben (Barbiano–Bolzano). *Preist. Alpina* 9, 1973, 237–239.

GRUTSCH, C. O., MARTINEK, K.-P., TROPPEL, P. & LUTZ, J., 2019: Prospecting for copper – Mineralogical and first mining archaeological surveys in western North Tyrol, Austria. In: Turck R., Stöllner T., Goldenberg G. (Hrsg.): *Alpine Copper II – Alpengkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*. *Der Anschnitt*, Beih. 42 (Bochum 2019) 103–114.

KOCH WALDNER, T., 2017: Prähistorischer Bergbau im Raum Jochberg – Aurach – Kitzbühel. *Res montanarum* 56, Leoben 2017, 70–82.

KOCH WALDNER, T., 2019a: Prähistorische Siedlungen und Bergbauspuren im Ortlergebiet – Bergbau an einem Verkehrsknotenpunkt der Zentralalpen. In: Hye S., Töchterle U. (Hrsg.): *UPIKU:TAUKE. Festschrift für Gerhard Tomedi zum 65. Geburtstag*. UPA 339 (Bonn 2019) 275–285.

KOCH WALDNER, T., 2019b: Bronze Age copper production in Kitzbühel, Tyrol. In: Turck R., Stöllner T., Goldenberg G. (Hrsg.): *Alpine Copper II – Alpengkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives*

on Prehistoric Copper Production. *Der Anschnitt*, Beih. 42 (Bochum 2019) 31–46.

KOCH WALDNER, T. (in Druck): Bronze Age Copper Mining in the Vinschgau, South Tyrol – The discovery of a mining landscape at a central alpine traffic junction. In: Gavranovic M., Mehofer M. (Hrsg.): *Bronze Age Metallurgy. production – consumption – exchange*. *Proceedings of the Workshop at the Austrian Academy of Science*, May 2019. OREA 13 (Wien in Druck).

KRISMER, M. & TROPPEL, P., 2013: Die mögliche Bedeutung der polymetallischen Erzvorkommen des Pfunderer Bergs bei Klausen für die prähistorische Metallurgie im Eisacktal (Südtirol, Italien). *Geo.Alp*, Vol. 10, 47–60.

NEAF, L., 2015: Prähistorische Kupferproduktion in Oberhalbstein (Graubünden, Schweiz). In: Stöllner T., Oeggel K. (Hrsg.): *Bergauf Bergab. Eine Zeitreise durch 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*. *Wissenschaftl. Beiband zur Ausstellung im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.04.2016, im Vorarlberg Museum Bregenz vom 11.06.2016–26.10.2016* (Rahden/Westf. 2015) 215–219.

NEUBAUER, W., 1994: *Flums-Gräpplang: eine spätbronzezeitliche Siedlung in der Schweiz*, Bd 1, Rebberg Ost, Grabungen 1967–1982 (Buchs 1994).

NOTHDURFTER, H. & HAUSER, L., 1986: *Bronzezeitliche Kupferschmelzöfen aus Fennhals*. *Denkmalpflege in Südtirol* 1986, 177–190.

- PITTIONI, R., 1940: Stand und Aufgaben der urgeschichtlichen Forschung im Oberetsch. *Jahrb. für Gesch., Kultur u. Kunst, Beih.* 6 (Bozen 1940).
- RAGETH, J., 1986: Die wichtigsten Resultate der Ausgrabungen in der bronzezeitlichen Siedlung auf dem Padnal bei Savognin (Oberhalbstein GR). *JbSGUF* 69, 1986, 63–103.
- ROFFLER, P., 2018: Die Keramik von Salouf-Motta Vallac (GR). Unpubl. Bachelor Thesis, Zürich 2018.
- SCHERNTHANNER, A., 1893: Beschreibung einiger prähistorischer Ausgrabungen in Tirol. *Mitt. Anthr. Ges. Wien* 13, 1893, 59–62.
- SCHÖNHERR, D., 1864: Nachricht aus Ahrntal. *Volks- und Schützenzeitung*, anno 19, Nr. 115, 27, Dezember 1864, 833.
- SILVESTRI, E., HAUPTMANN, A., BELLINTANI, P., MOTTES E. & NICOLIS F., 2015: Bronzezeitliche Kupferverhüttung in Trentino. In: Stöllner T., Oegg K. (Hrsg.): *Bergauf Bergab. Eine Zeitreise durch 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Wissenschaftl. Beiband zur Ausstellung im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.04.2016, im Vorarlberg Museum Bregenz vom 11.06.2016–26.10.2016 (Rahden/Westf. 2015) 201–208.*
- STEINER, H., 2007: Die befestigte Siedlung am Ganglegg im Vischgau – Südtirol: Ergebnisse der Ausgrabungen 1997–2001 (Bronze-/Urnenfelderzeit) und naturwissenschaftliche Beiträge. *Forsch. Denkmalpflege in Südtirol* 3 (Bozen 2007).
- STÖLLNER, T., 2015a: Die alpinen Kupfererzreviere: Aspekte ihrer zeitlichen, technologischen und wirtschaftlichen Entwicklung im zweiten Jahrtausend vor Christus. In: Stöllner T., Oegg K. (Hrsg.): *Bergauf Bergab. Eine Zeitreise durch 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Wissenschaftl. Beiband zur Ausstellung im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.04.2016, im Vorarlberg Museum Bregenz vom 11.06.2016–26.10.2016 (Rahden/Westf. 2015) 99–105.*
- STÖLLNER T., 2015b: Der Mitterberg als Großproduzent für Kupfer in der Bronzezeit. In: Stöllner T., Oegg K. (Hrsg.): *Bergauf Bergab. Eine Zeitreise durch 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Wissenschaftl. Beiband zur Ausstellung im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.04.2016, im Vorarlberg Museum Bregenz vom 11.06.2016–26.10.2016 (Rahden/Westf. 2015) 175–185.*
- STÖLLNER, T., 2019: Enmeshment within resource-scapes – Eastern Alpine copper production of the Bronze and Early Iron Age. In: Turck R., Stöllner T., Goldenberg G. (Hrsg.): *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production. Der Anschnitt, Beih.* 42 (Bochum 2019) 13–30.
- TOMEDI, G., 2004: Der bronzezeitliche Schatzfund vom Piller. Begleitheft zur Ausstellung im Archäologiemuseum Fließ, *Schriften Museum Fließ*, Heft 1 (Fließ 2004).
- TOMEDI, G., 2008: Der hallstattzeitliche Schatzfund von Fließ. Begleitheft zur Dauerausstellung im Archäologiemuseum Fließ, *Schriften Museum Fließ*, Heft 2 (Fließ 2008).

Siedlungsgeschichte der Bronzezeit im Vinschgau

Bronze age settlement in Vinschgau

→ Hubert Steiner

Dr. Hubert Steiner, Amt für Archäologie ,hubert.steiner@provinz.bz.it

Der Vinschgau wird in der Jungsteinzeit (Gaban Gruppe und Kultur der vasi a bocca quadrata) erstmals dauerhaft besiedelt. Bevorzugt wurden von Natur aus gesicherte Lagen (Tartscher Bichl, Söleser Böden/Glurns, Schloss Juval), aber auch strategisch wichtige Positionen im Talboden (Latsch) besetzt. In der Kupferzeit können im Vinschgau erstmals Siedlungskammern angenommen werden, in deren Zentrum anthropomorphe, vermutlich auf einen Ahnen-Heroenkult zurückgehende Menhire stehen. Ihre dichte Verbreitung im mittleren und unteren Vinschgau lässt auf mehrere in enger Nachbarschaft lebende Siedlungsgruppen schließen (Vetzan/Schlanders, Latsch, Algund).

Ein starker Wandel der kulturellen, sozialen und wirtschaftlichen Verhältnisse vollzieht sich in der Frühen Bronzezeit. Kennzeichnend ist ein dichteres, auf die Besetzung strategi-

scher Positionen ausgelegtes Siedlungssystem. Auf Kuppen und Terrassenlagen nahe des Talbodens mit den notwendigen Wirtschaftsflächen in unmittelbarer Nähe, zudem mit Anschluss an die Kommunikationsroute entlang des Haupttales, waren ideale Voraussetzungen für Dauersiedlungen gegeben.

Eine deutliche Siedlungsverdichtung wird in der mittleren Bronzezeit greifbar. Frühbronzezeitliche Siedlungen werden weiter aufgesucht, zudem werden neue Siedlungen gegründet. Kennzeichnend ist die intensive wirtschaftliche Nutzung der Seitentäler. Im Rahmen mehrere Forschungsprojekte konnten im Schnalstal Hinweise auf Rodung und Hochweidenutzung gewonnen werden, welche die Anfänge einer Almwirtschaft belegen. Neben dem Haupttal bildeten die Seitentäler bedeutende Kommunikationsrouten zwischen den Talschaften sowie über den Alpenhauptkamm (Langgrubjoch, Gurgler Eisjoch).



ABB. 1: Vollgriffdolch der späten Frühbronzezeit aus Martell/Salentjoch (Foto Amt für Archäologie, Bozen)

FIG. 2: Late Early Bronze Age metal-hilted dagger from Martell/Salentjoch

Mit der befestigten Siedlung am Ganglegg in Schluderns werden erstmals die wirtschaftlichen Möglichkeiten und die politischen Funktionen der sozialen Oberschicht klar zum Ausdruck gebracht. Dieses Zentrum verfügte zudem auch über die sakrale Macht. Der Brandopferplatz bildet ein zentrales Heiligtum mit größerem Einzugsgebiet. Die Laugen-Melaun-Kultur, hervorgegangen aus dem spätbronzezeitlichen lokalen Substrat, verdeutlichte insbesondere durch ihre kennzeichnende Formsprache in der Keramik ein eigenständiges Gepräge.

Eine markante Zäsur zeichnet sich mit der Stufe Laugen-Melaun-B ab (Ha B2, B3). Die Siedlungen, überwiegend seit der mittleren/späten Bronzezeit kontinuierlich besetzt, werden fast ausnahmslos verlassen. Nur in seltenen Fällen lassen sich Siedlungsspuren der Stufe Laugen-Melaun C fassen (Ha C, D). Dabei handelt es sich fast durchwegs um Neugründungen. Die in der Bronzezeit und frühen Urnenfelderzeit besiedelten Lagen werden nach Jahrhunderte langem Unterbruch erst mit der Latènezeit erneut aufgesucht.

LITERATUR

- DAL RI, L. & TECCHIATI, U., 1995: Zur Vor- und Frühgeschichte des mittleren und unteren Vinschgaues, in: Raiffeisenkasse Tschars, Landesdenkmalamt Bozen (Hrsg.): Archäologie und Kunstgeschichte in Kastelbell-Tschars und Umgebung, Kastelbell-Tschars.
- PUTZER, A., 2013: Königinnen der Almen. Prähistorische Weidewirtschaft im Schnalstal, in: Der Schlern 87/11, S. 4–31.
- PUTZER, A. & FESTI, D., 2014: Nicht nur Ötzi – Neufunde aus dem Tisental, in: Prähist. Zeitschr. 89/1, S. 55–71.
- STEINER, H. (Hrsg.), 2007: Die befestigte bronze- und urnenfelderzeitliche Siedlung am Ganglegg im Vinschgau - Südtirol. Ergebnisse der Ausgrabungen 1997–2001 (Bronze-/Urnenfelderzeit) und naturwissenschaftliche Beiträge. Forschungen zur Denkmalpflege in Südtirol / Beni culturali in Alto Adige Bd./vol. 3, Trento.
- STEINER, H. (Hrsg.), 2010: Alpine Brandopferplätze. Archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchungen – Forschungen zur Denkmalpflege in Südtirol / Beni culturali in Alto Adige Bd./vol. 5, Trento .
- STEINER, H. & PEDROTTI A., 2014: Due nuove statue stele da Vezzano, comune di Silandro (Val Venosta, BZ): primi dati sull'uso della trasformazione e rimpiego dei monumenti nel gruppo atesino. In: R. C. De Marinis (Hrsg.), Le manifestazioni del sacro e l'Età del Rame nella regione alpina e nella pianura padana. Studi in memoria di Angelo Rampinelli Rota. Atti del Convegno Brescia, Palazzo Broletto, 23–24 maggio 2014, Brescia, 111–126.
- STEINER, H., TECCHIATI, U. & ZINK, A., 2017: Frühbronzezeitliche Hockerbestattung in Schlanders. Der Schlern 91, Heft 3, 14–29.
- STEINER, H., NICOLUSSI, K., GIETL, R., BEZZI, A. & NAPONIELLO, G., 2016: Gletscherfunde am Langgrubenjoch (Gem. Mals und Gem. Schnals) in Südtirol. Arch. Korrb. 46, 2, 167–182.
- STEINER, H., MARZOLI, C. & OEGGL, K., 2016: Ein jungsteinzeitlicher Schneereif vom Gurgler Eisjoch (3.134 m) im Pfoßental/Schnals (Südtirol). Arch. Korrb. 46, Heft 4, 445–463.

Reconstruction of Copper Smelting Processes: Possibilities and Limitations

→ Erica Hanning¹, Thomas Rose^{2 3 4}, Sabine Klein²

¹ Römisch-Germanisches Zentralmuseum, Leibniz-Forschungsinstitut für Archäologie, Kompetenzbereich „Naturwissenschaftliche und Experimentelle Archäologie“, Arbeitsbereich „Labor für Experimentelle Archäologie (LEA)“, An den Mühlsteinen 7, 56727 Mayen, Hanning@rgzm.de, ORCID: 0000-0002-3092-3987

² Deutsches Bergbau-Museum Bochum, Forschungsabteilung Archäometallurgie, Am Bergbaumuseum 31, 44791 Bochum, Germany Thomas.Rose@daad-alumni.de, ORCID: 0000-0002-8186-3566

Sabine.Klein@bergbaumuseum.de, ORCID: 0000-0002-3939-4428

³ Ben-Gurion University of the Negev, Department of Bible, Archaeology and Ancient Near East, Be'er Sheva, Israel

⁴ Sapienza University of Rome, Department of Antiquity, Via dei Volsci 122, 00185 Rome, Italy

Experimental trials can be used in several different capacities when investigating archaeological material. On the one hand, they can be carried out to help reconstruct a technological process, where the variables in the experimental trial correspond to missing information from incomplete preservation of the physical remains, as well as to recreate actions which do not leave any explicit physical evidence behind. On the other hand, experiments can also be used to understand the behavior of certain materials found in the archaeological record. When

experiments are carried out under known and controlled conditions, the resulting material can then be compared to the archaeological specimen and be used to draw conclusions about its origins, production, use, depositional environment, etc. (Reynolds 1999). Additionally such experiments can also provide “expendable” material for testing the viability of new scientific and analytical methods, before using them on the often fragile and unique archaeological remains.



FIG. 1: Copper smelting furnace reconstructed close to the original smelting sites, Mitterberg, Mühlbach am Höchkönig, Austria. (Photo: DBM, E. Hanning)



FIG. 2: Copper smelting furnace built next to RGZM Laboratory for Experimental Archaeology, Mayen, Germany. (Photo: Katja Mittelstädt)

The following lecture will present two series of experiments which dealt with smelting of chalcopyrite copper ore. The main goal of first series of experiments was to reevaluate the archaeological remains and test the theoretical reconstructions of Bronze Age copper smelting in the eastern Alpine region, in particular those from the Mitterberg Mining District (Hanning 2012; Hanning in prep.). The second series of experiments did not focus on the reconstruction of an archaeological find complex, but instead focused on the development of archaeometallurgical analytical methods, in particular measurement and behavior of copper isotope fractionation when the ore was smelted under conditions similar to those in a prehistoric smelting furnace (Klein und Rose 2020; Rose, Hanning, Klein 2019; Rose, Klein, Hanning 2020). In addition to presenting the results of the two studies, the experimental parameters will also be compared and contrasted to show how the divergent aims of the two experimental series affected their setup and execution.

REFERENCES

- HANNING, E. K., 2012: Reconstructing Bronze Age copper smelting in the Alps: an ongoing process, *Experimentelle Archäologie in Europa*, 11, pp. 75–86.
- HANNING, E. K., in prep: Smelting of Sulfidic Ore During the Bronze Age in the Eastern Alpine Region: A Mining, Archaeological, and Experimental Approach. PhD Dissertation, Institut für Archäologische Wissenschaften, Ruhr-Universität Bochum.
- KLEIN, S. & ROSE, T., 2020: Evaluating copper isotope fractionation in the metallurgical operational chain: An experimental approach, *Archaeometry*, 62(S1), pp. 134–155. <http://dx.doi.org/10.1111/arcm.12564>
- REYNOLDS, P. J., 1999: The nature of experiment in archaeology, in: Harding, A. F. (Ed.), *Experiment and design. Archaeological studies in honour of John Coles*. Oxbow Books, Oxford, pp. 156–162.
- ROSE, T., HANNING, E. K. & KLEIN, S., 2019: Verhüttungsexperimente mit Chalkopyrit-Erz nach Vorbildern aus dem bronzezeitlichen Ostalpenraum und Nepal, *Experimentelle Archäologie in Europa*, 18, pp. 47–60. <http://dx.doi.org/10.23689/fidgeo-3706>
- ROSE, T., KLEIN, S. & HANNING, E. K., 2020: Copper isotope fractionation during prehistoric smelting of copper sulfides: experimental and analytical data. GFZ data services. <http://dx.doi.org/10.5880/fidgeo.2020.013>

Archäometallurgische Analysen an bronzezeitlichen Schlacken und Metallen aus dem Vinschgau – Produktion und Austauschnetzwerke

Archaeometallurgical analyses of Bronze Age slags and metals from the Vinschgau – production and exchange networks

→ Thomas Koch Waldner¹, Mathias Mehofer², Michael Bode³

¹ Montanarchäologie, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, Am Bergbaumuseum 31, 44791 Bochum

² Archäometallurgie, VIAS Vienna Institute for Archaeological Science, University Vienna, Franz Klein-Gasse 1, A-1190 Vienna, mathias.mehofer@univie.ac.at

³ Deutsches Bergbau-Museum Bochum, Abteilung Forschung, Forschungsbereich Forschungslabor, Herner Strasse 45, 44787 Bochum, michael.bode@bergbaumuseum.de

SCHLÜSSELWÖRTER

Vinschgau, Bronzezeit, Bergbau, Archäometallurgie, Schlackenanalysen, Kupfererz

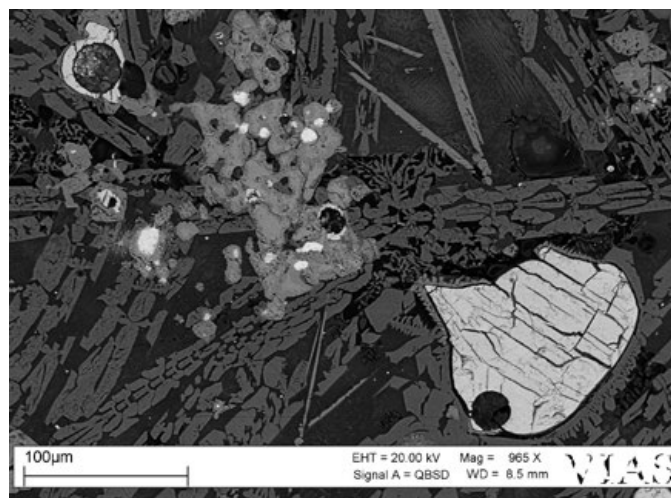


ABB. 1: Gomagoi, Schmelzplatz 4, Plattenschlacke, Probe 35: Im Anschliff sind Kupfereisensulfide (hellgrau), langstängelige Olivine (Fayalit) und Eisenoxide (mittelgrau) erkennbar, die in die Schlackenmatrix (dunkelgrau) eingelagert sind (Grafik: T. Koch Waldner, Foto: M. Mehofer & G. Gattinger, Universität Wien).

FIG. 1: Gomagoi, smelting site 4, plate slag, sample 35: In the micrograph, copper iron sulphides (light grey), long olivines (fayalite) and iron oxides (medium grey) are visible, which are embedded in the slag matrix (dark grey) (graphic: T. Koch Waldner, photo: M. Mehofer & G. Gattinger, University of Vienna).

Die jüngsten bergbauarchäologischen und archäometrischen Forschungen im Vinschgau konnten zeigen, dass die bis dato bekannten – vornehmlich historisch angesehenen – bergmännischen und hüttentechnischen Hinterlassenschaften einer neuen Bewertung bedürfen. Im Rahmen eines von der Fritz-Thyssen-Stiftung geförderten Projektes des Deutschen Bergbaumuseums Bochum (DBM) mit dem Titel „Alpenkupfer im Vinschgau“ war es erstmals möglich, in dieser Bergbauregion systematische Prospektionen zu initiieren. Diese, gemeinsam mit VIAS, Vienna Institute for Archaeological Science, Universität Wien durchgeführten Forschungen konnten zeigen, dass sich im Untersuchungsraum zahlreiche bronzezeitliche Spuren

in der Nähe von Kupfererzlagerstätten finden, die mit Kupferverhüttung in Zusammenhang stehen könnten. Das Gebiet liegt in den Ortler Alpen und ist aus geologischer Sicht Teil der Vinschgauer Scherzone. Hierbei handelt es sich um einen Überschiebungsbereich dreier tektonischer Decken (Keim et al. 2018), in dem mehrere Kupferlagerstätten vorkommen (Mair, 1996). Am Eingang des Suldentales befindet sich die Chalkopyritlagerstätte von Stilfs. Die erwähnten montanarchäologischen Spuren sowie zwei prähistorische Höhensiedlungen befinden sich in unmittelbarer Nähe zu diesem Kupfererzvorkommen (Koch Waldner, 2019; 2021).

Die in diesem Untersuchungsraum gefundenen Schlacken und Metalle wurden einer archäometallurgischen Analyse unterzogen. Die morphologischen, auflicht- und rasterelektronenmikroskopischen Analysen erlauben es, die Schlacken als direkte Reste der Kupferverhüttung anzusprechen und in mehrere Gruppen zu unterteilen. Neben Schlackenklötzen, „massiven“ Schlacken, Plattenschlacken und Schlackensand (Koch Waldner, 2019; 2021) wurde z. B. eine Schlacke untersucht, die morphologische Parallelen zu Funden aus Ostserbien zeigt (Koch Waldner, 2021, Fig. 5; Mehofer et al. 2021). In den Anschliffen der Schlackenkuchen ist das typische inhomogene Mikrogefüge mit Gasblasen, Quarz- und Holzkohleeinschlüssen zu erkennen. Die „massiven“ und die Plattenschlacken haben ein dichteres Gefüge. In den Plattenschlacken sind langstängelige Olivine, Eisenoxide (Magnetit) und dazwischen eingelagerte Cu/Fe-Sulfide vorhanden, die ebenfalls auf die Verhüttung sulfidischer Erze hinweisen. Anhand der Analyse dieser Hüttenreste sollen die prähistorischen Schmelzprozesse rekonstruiert und mit denen der umliegenden Regionen verglichen werden (Metten, 2003; Cierny, 2008; Addis et al. 2016; Silvestri et al. 2015; Reitmaier-Naef, 2019; Silvestri et al. 2019). Abschließend werden die an den zuvor genannten Fundgruppen durchgeführten Bleiisotopenanalysen mit denen bereits publizierten Messwerten verschiedener Kupfererzlagerrstätten in den (Süd)Ostalpen verglichen. In einem weiteren Schritt werden diese Ergebnisse mit denen von Buntmetallobjekten in Beziehung gesetzt, um einen Einblick in die Austauschnetzwerke zu bekommen, die z. B. den italienischen Raum mit Kupfer versorgten (Jung et al. 2011; Jung & Mehofer, 2012; 2013; Artioli et al. 2016; Mehofer & Jung, 2017).

LITERATUR

- ADDIS, A., ANGELINI, I., NIMIS, P. & ARTIOLI, G., 2016: Late Bronze Age copper smelting slags from Luserna (Trentino, Italy): interpretation of the metallurgical process. – *Archaeometry*, 58 (1): 96–114.
- ARTIOLI, G., ANGELINI, I., NIMIS, P. & VILLA, J. M., 2016: A lead-isotope database of copper ores from the Southeastern Alps: A tool for the investigation of prehistoric copper metallurgy. – *J. Arch. Sci.*, 75: 27–39.
- CIERNY, J., 2008: Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen: Region Trentino Orientale. – *Der Anschnitt*, 22. 1–248, Bochum.
- JUNG, R., MEHOFER, M. & PERNICKA, E., 2011: Metal Exchange in Italy from the Middle to the Final Bronze Age (14th–11th Century BCE). – In: Betancourt, P. P., Ferrence, S. C. (Hrsg.), *Metallurgy: Understanding How, Learning Why. Studies in Honor of James D. Muhly*, 231–248 S., INSTAP Academic Press, Philadelphia.
- JUNG, R. & MEHOFER, M., 2012: Analisi archeologica ed archeometrica di una Punta di giavellotto del BR. – In: Cazzella B., Moscoloni, M., Recchia, G. (Hrsg.), *Coppa Nevigata e l'area umida alla foce del Candelaro durante l'età del Bronzo*, 453–456, Foggia.
- JUNG, R. & MEHOFER, M., 2013: Mycenaean Greece and Bronze Age Italy: Cooperation, Trade or War? – *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 43 (2): 175–193.
- KEIM, L., MAIR, V. & MORELLI, C., 2018: Geologische Übersichtskarte von Südtirol, Tirol und Trentino; Version 2018. Amt für Geologie und Baustoffprüfung, Bozen 2018.
- KOCH WALDNER, T., 2019: Prähistorische Siedlungen und Bergbauspuren im Ortlergebiet – Bergbau an einem Verkehrsknotenpunkt der Zentralalpen. In: S. Hye, U. Töchterle (Hrsg.): UPIKU:TAUKE. Festschrift für Gerhard Tomedi zum 65. Geburtstag. 275–285, UPA 339 (Bonn 2019).
- KOCH WALDNER, T., in Druck: Bronze Age copper mining in the Vinschgau, South Tyrol. The discovery of a mining landscape in a central alpine crossroad area. – In: Mehofer, M.; Gavranović, M. (Hrsg.), *Bronze Age Metallurgy. production – consumption – exchange*, OREA, 2021.
- MAIR, V., 1996: Die Kupferbergbaue in Stils, Eyrs und Klausen. *Der Stoansuacher*, Heft 1, 1996, 38–44.
- MEHOFER, M. & JUNG, R., 2017: Weapons and metals – Inter-regional contacts between Italy and the Eastern Mediterranean during the Late Bronze Age. – In: Fischer, P., Burge T. (Hrsg.), *Sea Peoples up-to-Date: New Research on Transformations in the Eastern Mediterranean in the 13th–11th Centuries BCE: Proceedings of the ESF-Workshop Held at the Austrian Academy of Sciences, Vienna, 3–4 November 2014*, 389–400, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.
- MEHOFER, M., GAVRANOVIĆ, M., KAPURAN, A., MITROVIĆ, J. & PUTICA, A. 2021: Copper production and supra-regional exchange networks – Cu-matte smelting in the Balkans between 2000 and 1500 BC. *J. Arch. Sci.* 129, 105378
- METTEN, B., 2003: Beitrag zur spätbronzezeitlichen Kupfermetallurgie im Trentino (Südalpen) im Vergleich mit anderen prähistorischen Kupferschlacken aus dem Alpenraum, – *Metalla*, 10: 1–122.
- REITMAIER-NAEF, L., 2019: Copper smelting slag from the Oberhalbstein (Canton of Grisons, Switzerland). Methodological considerations on typology and morphology. – In: Turck, R., Stöllner, Th., Goldenberg, G. (Hrsg.), *Alpenkupfer II, Der Anschnitt*, 42, 229–244, VML Verlag Marie Leidorf, Bochum.
- SILVESTRI, E., HAUPTMANN, A., BELLINTANI, P., MOTTES, E. & NICOLIS, F., 2015: Bronzezeitliche Kupferverhüttung in Trentino. In: Stöllner, Th., Oeggel, K. (Eds.) *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Bochum und Bregenz, 201–208*, Veröffentlichungen DBM 207, Bochum.
- SILVESTRI, E., BELLINTANI, P. & HAUPTMANN, A., 2019: Bronze Age copper ore mining and smelting in Trentino (Italy). – In: Turck, R., Stöllner, Th., Goldenberg, G. (Eds.), *Alpenkupfer II, Der Anschnitt*, 42, 261–278, VML Verlag Marie Leidorf, Bochum.

Nutzung verschiedener Kupfersorten im Spiegel prähistorischer Beile und Äxte aus Südtirol und dem Trentino

Copper and bronze axes from South Tyrol and the Trentino reflecting the use of different copper types from the Early Bronze Age to the Early Iron Age

→ Caroline O. Grutsch¹, Joachim Lutz², Claudia Ginhardt¹, Gert Goldenberg¹, Gerald Hiebel¹, Brigit Danthine¹

¹ Universität Innsbruck

² Curt-Engelhorn-Zentrum Mannheim

Im Rahmen eines vom Forschungszentrum HiMAT¹ der Universität Innsbruck koordinierten DACH-Projektes² wurden in Zusammenarbeit mit dem Amt für Bodendenkmäler, Autonome Provinz Bozen – Südtirol (Catrin Marzoli, Umberto Tecchiati), dem Palais Mamming Museum (Elmar Gobbi), der Soprintendenza per i beni culturali (Franco Marzatico) und dem Museo Castello del Bounconsiglio (Laura Dal Prà, Silvano Zamboni) 53 prähistorische Kupfer- und Bronzebeile aus den Sammlungen dokumentiert und beprobt und am Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie in Mannheim mittels Röntgenfluoreszenz analysiert.

Die Objekte verteilen sich wie folgt auf die Zeitstufen ab dem Neolithikum bis zur Frühen Eisenzeit: Neolithikum (1), Kupferzeit (8), Frühe Bronzezeit (2), Mittelbronzezeit (2), Spätbronzezeit (6) und Frühe Eisenzeit (34).

Die geringe Objektzahl, vor allem für die einzelnen Zeitstufen, lässt für sich genommen keine statistischen Aussagen zu, wird aber im Rahmen von 165 weiteren Röntgenfluoreszenzanalysen an prähistorischen Kupfer- und Bronzebeilen aus den Ostalpen (Grutsch et al. 2019) diskutiert.

Die spezifische Verwendung verschiedener Kupfersorten, wie sie sich in den prähistorischen Beilen der Ostalpen gezeigt hat (Abb. 1), spiegelt sich auch in den Beilen und Äxten aus Südtirol und dem Trentino wider. Es zeigt sich tendenziell eine analoge chronologische Entwicklung der Nutzung der Kupfersorten Fahlerzkupfer, Kupferkieskupfer sowie Mischkupfer wie auch in den Beilen und Äxten der Ostalpen nördlich des Alpenhauptkammes (Grutsch et al. 2019), die mit der Nutzung verschiedener Lagerstätten in Zusammenhang gebracht werden kann.

Der Anstieg des Blei-Medianwertes von unter 0,3 Gew.-% auf um die 1 Gew.-% ist in den Beilen aus Südtirol und dem Trentino ebenfalls in der Frühen Eisenzeit zu beobachten.

ANMERKUNGEN

- 1 History of Mining Activities in the Tyrol and Adjacent Areas – Impact on Environment and Human Societies.
- 2 DACH-Projekt: Prehistoric copper production in the Eastern and Central Alps – technical, social and economic dynamics in space and time, gefördert vom Österreichischen Wissenschaftsfonds FWF (Universität Innsbruck), der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG (Deutsches Bergbaumuseum Bochum, Universität Bochum, Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie Mannheim) und dem Schweizerischen Nationalfonds SNF (Universität Zürich und Archäologischer Dienst Graubünden), D – Germany, A – Austria, CH – Switzerland.

LITERATUR

- GRUTSCH, C. O., LUTZ, J., GOLDENBERG, G. & HIEBEL, G., 2019: Copper and bronze axes from Western Austria reflecting the use of different copper types from the Early Bronze Age to the Early Iron Age. In: Rouven Turck, Thomas Stöllner, Gert Goldenberg (Eds.), *Alpine Copper II – Alpinkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beih. 42, 335–362. Bochum.

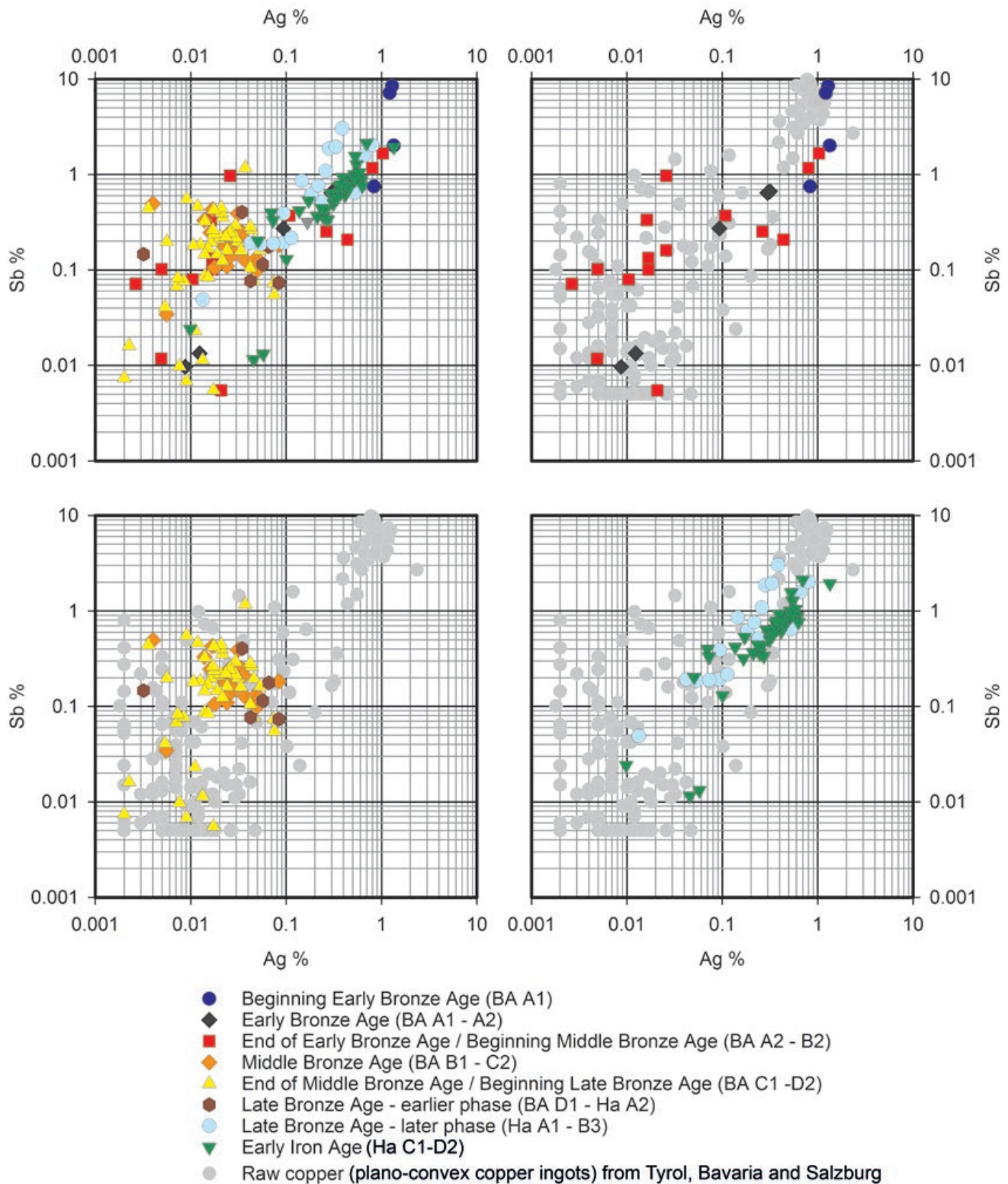


ABB. 1: Silber aufgetragen gegen Antimon für 165 ostalpine prähistorische Beile und Äxte sowie 192 Kupfergusskuchen. Die Elemente Silber und Antimon eignen sich um silber- und antimonärmeres Kupferkieskupfer von silber- und antimonreicherem Fahlerzkupfer zu unterscheiden. Zwischen den beiden sich vor allem bei den Gusskuchen deutlich unterscheidenden Gruppen liegt eine Kupfersorte, die sich durch einen zu niedrigen Silberwert für Fahlerzkupfer, aber auch durch einen für Kupferkieskupfer zu hohen Silberwert auszeichnet. Dieses Metall wird als Mischkupfer angesprochen. (Zur Erklärung der Datierungsgruppen siehe Grutsch et al. 2019, Tab. 2)

FIG. 1: Silver versus antimony for 165 East Alpine axes through time and 192 East Alpine casting cakes. For the latter the two groups of silver/antimony-rich (fahllore copper) and -poor (chalcopryrite copper) material are evident. The axes in between (especially from the Late Bronze Age (later phase) and Early Iron Age) show a somehow diluted fahllore copper signature – they clearly have too much silver and antimony to derive from chalcopryrite, but also clearly less than expected for copper produced from fahllores, as the silver content cannot drop. Hence the material for these axes is addressed as “diluted fahllore copper” (DFC) or “mixed copper”. (For explanation of overlapping periods see Grutsch et al. 2019, Tab. 2).

Interregional copper exchange and metal production during the 2nd millennium BC in the western and central Balkans – a comparative view from Eastern Serbia

→ M. Mehofer¹, M. Gavranović², A. Kapuran³

¹ VIAS-Vienna Institute for Archaeological Science, University Vienna, Franz-Klein-Gasse 1, A-1190 Vienna, mathias.mehofer@univie.ac.at

² Austrian Archaeological Institute, Deputy scientific director of Department for Prehistory & Western Asian/Northeast African Archaeology Hollandstrasse 11–13, A-1020 Wien, Mario.Gavranovic@oeaw.ac.at

³ Institute of Archaeology, Knez Mihailova 35/IV, SRB-11000 Belgrade

The lecture will present recent archaeometallurgical results which were obtained within a current research project (FWF-Austrian Science Fund, project no. P32095). Based on the analyses of 977 finds, dating in the period between 2000 and 800 BC, various conclusions on the copper production as well

as the supra-regional metal trade in Southeastern Europe will be pointed out (Gavranović, 2011, Gavranović & Mehofer 2016). For example, the excavations in Ružana, Trnjane and Čoka Njica, near the modern city of Bor, Eastern Serbia revealed the remains of copper smelting activities which are dated as early

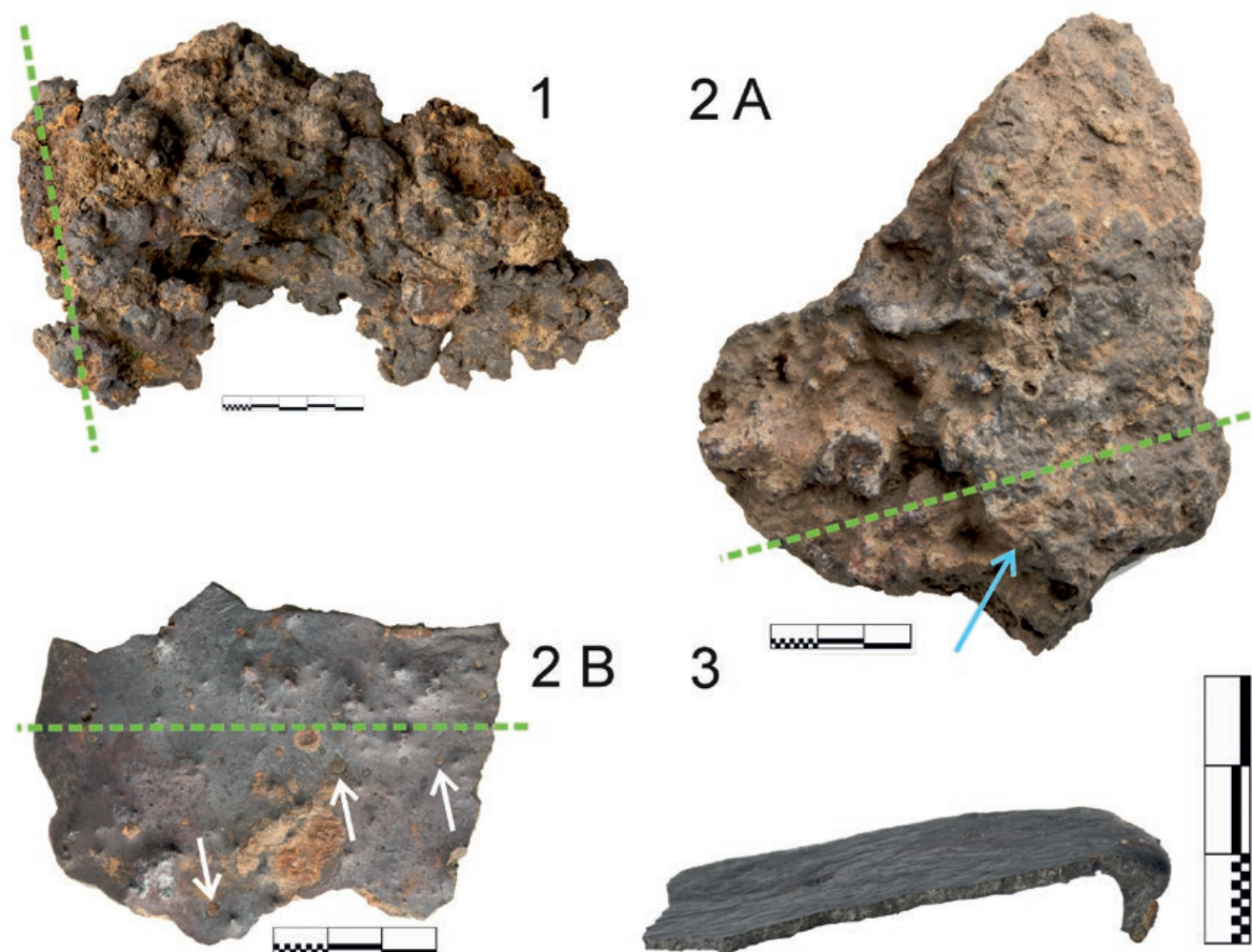


FIG. 1: The figure shows the various types of slag which were found at the smelting sites. 1: Ružana, no. 582-A, coarse slag; 2A: Trnjane, no. 397-A, flat slag with bevelled rim and step at the underside (blue arrow), view from the underside; Trnjane, 2 B: no. 368, intermediary type, view from the top, note the numerous visible copper matte inclusions (white arrows); 3: Trnjane, no. 371, plate slag, side view. The green line marks the cut for the cross section (Mehofer et al., 2021, 3, Fig. 4).

as 1800 BC (Kapurán & Jovanović 2013; Kapuran et al. 2016; Kapuran et al. 2020). The archaeometallurgical analyses of the found slags (Fig. 1) indicate a copper matte smelting process and use of local sulfidic copper ore sources. The early date of these intensive copper ore smelting in Eastern Serbia throws a new light on development of the Bronze Age copper mining and metallurgy in the first half of the 2nd millennia BC on the Balkan peninsula. A comparison with the available analytic data from EBA-MBA artefacts confirms that the eastern Serbian copper was fed into regional exchange networks. Additionally, the archaeometallurgical data revealed the highly remarkable result that with the beginning of the Middle Bronze Age copper from the Southeastern Alpine ore districts in Northern Italy reached the western and central Balkans. The chemical and lead isotope analyses furthermore provided evidence that the latter mining regions became the dominate copper supplier during the Late Bronze Age. (Mehofer et al. 2021; Gavranović et al. in preparation). If local ore deposits in the western and central Balkans were additionally mined to satisfy the demand for copper is still debated, geochemical analyses on selected copper ores from Bosnia-Herzegovina and Croatia will provide further conclusions on this question. The analytical results of the western and central Balkan artefacts will be set in relation to available ore, slag and object data in order test, if a certain mining district can be identified as origin of most of the copper (Addis 2013; Artioli et al. 2016). Especially the Trentino with its ore deposits and Bronze Age smelting sites (e.g. the Lavarone and Luserna region, the Mocheni valleys, the Tesino and the Valsugana area) show a high potential to be identified as one of the starting points for the exchange systems which provided copper for Italy, the Aegean and the western Balkan peninsula (Jung et al. 2011; Jung & Mehofer 2012; Jung & Mehofer 2013; Silvestri et al. 2015; Mehofer & Jung 2017; Dolfini et al. 2020; Mehofer et al. 2020).

LITERATURE

- ADDIS, A., 2013: Late Bronze Age metallurgy in the Italian Eastern Alps: copper smelting slags and mine exploitation, unpublished PhD., University of Padova, Italy, url: http://paduaresearch.cab.unipd.it/5820/1/addis_anna_tesi.pdf (4.2.2021).
- ARTIOLI, G., ANGELINI, I., NIMIS, P. & VILLA, J. M., 2016: A lead-isotope database of copper ores from the Southeastern Alps: A tool for the investigation of prehistoric copper metallurgy. – *J. Arch. Sci.* 75, 27–39.
- DOLFINI, A., ANGELINI, I. & ARTIOLI, G., 2020: Copper to Tuscany – Coals to Newcastle? The dynamics of metalwork exchange in early Italy. – *PlosOne* 15 (1), 1–35.
- GAVRANOVIĆ, M., 2011: Die Spätbronze- und Früheisenzeit in Bosnien. *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie* 195, Habelt Verlag, Bonn.
- GAVRANOVIĆ, M. & MEHOFER, M., 2016: Local forms and regional distributions – Metallurgical analysis of the Late Bronze Age objects from Bosnia. – *ArchA* 100, 87–106.
- GAVRANOVIĆ, M., MEHOFER, M., KAPURAN, A., KOLEDIN, J., MITROVIĆ, J., PAPAŽOVSKA, A. & RAVIDUR, A., in preparation: Emergence of Monopoly – Copper exchange networks during the Late Bronze Age in the western and central Balkans, – *PLOS ONE*.
- JUNG, R., MEHOFER, M. & PERNICKA, E., 2011: Metal Exchange in Italy from the Middle to the Final Bronze Age (14th–11th Century BCE). – In: Betancourt, P. P., Ferrence, S. C. (Hrsg.), *Metallurgy: Understanding How, Learning Why. Studies in Honor of James D. Muhly*, 231–248, INSTAP Academic Press, Philadelphia.
- JUNG, R. & MEHOFER, M., 2012: Analisi archeologiche ed archeometriche di una Punta di giavellotto del BR. – In: Cazzella B., Moscoloni, M., Recchia, G. (Hrsg.), *Coppa Nevigata e l'area umida alla foce del Candelaro durante l'età del Bronzo*, 453–456, Foggia.
- JUNG, R. & MEHOFER, M., 2013: Mycenaean Greece and Bronze Age Italy: Cooperation, Trade or War? – *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 43 (2), 175–193.
- KAPURAN, A. & JOVANOVIĆ, I., 2013: Ružana – New Bronze Age metallurgical Centre in North Eastern Serbia. – In: Štrbac N., Živković D., Nestorović S. (Hrsg.), *45th International Conference on Mining and Metallurgy*, Bor, 831–834.
- KAPURAN, A., ŽIVKOVIĆ, D. & ŠTRBAC, N., 2016: New evidence for prehistoric copper metallurgy in the vicinity of Bor. – *Starinar* 66, 173–191.
- KAPURAN, A., GAVRANOVIĆ, M. & MEHOFER, M., 2020: Bronze Age settlement and necropolis of Trnjane, near Bor – revision and new research results. – *Starinar* 70, 2020, 51–84.
- MEHOFER, M. & JUNG, R., 2017: Weapons and metals – Interregional contacts between Italy and the Eastern Mediterranean during the Late Bronze Age. – In: Fischer, P., Burge T. (Hrsg.), *Sea Peoples up-to-Date: New Research on Transformations in the Eastern Mediterranean in the 13th–11th Centuries BCE: Proceedings of the ESF-Workshop Held at the Austrian Academy of Sciences, Vienna, 3–4 November 2014*, 389–400, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.
- MEHOFER, M., JUNG, R. & PERNICKA, E., 2020: on The copper-based exchange processes between the southern alps and the eastern Mediterranean. – *Padusa* LVI.
- MEHOFER, M., GAVRANOVIĆ, M., KAPURAN, A., MITROVIĆ, J. & PUTICA, A., 2021: Copper production and supra-regional exchange networks – Cu-matte smelting in the Balkans between 2000 and 1500 BC, *J. Arch. Sci.* 129, 105378.
- SILVESTRI, E., HAUPTMANN, A., BELLINTANI, P., MOTTE, E. & NICOLIS, F., 2015: Bronzezeitliche Kupferverhüttung in Trentino. – In: Stöllner, Th., Oegg, K. (Hrsg.) *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Bochum und Brezgenz*, 201–208, Veröffentlichungen DBM 207, Bochum.

The alpine copper ore districts. Technical innovations and entanglement of alpine resource-scapes of the Bronze and Early Iron Age

→ Thomas Stöllner

Ruhr-Universität Bochum, Institut für Archäologische Wissenschaften, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, Montanarchäologie, Haus der Archäologien Am Bergbaumuseum 31, 44791 Bochum, thomas.stoellner@bergbaumuseum.de

The Eastern and Southern Alpine mining regions are considered as a culturally tightly connected resources-scape. It was a large region in which a constant flow of ideas and humans led to the expansion and distribution of the technical knowledge of copper production since the Middle Bronze Age to many ore-deposit-regions. Within these copper producing communities the mining landscape around Mühlbach-Bischofshofen holds a very special place: It is the by far largest and the oldest site where a specific technical concept of copper-production becomes visible that later was adopted at other regions. This situation is reasoned in an outstanding copper ore deposit that required massive technical and logistical investments. The copper produced at this site seems to have dominated the Central-, Eastern and Northern European markets and its technology became an archetype for other areas. These technical and economic strategies allowed the colonization of Alpine valleys first but also enabled continuous economic stability and at least a survival within Alpine landscapes. It is shown that the enmeshment of processes and communities led to similar

worlds of experiences that allowed different dwellers a necessary exchange and adoption of technical concepts. But not always this went hand in hand with a tighter adoption of cultural habits since the growing of population, the larger demand in copper as well as the different traffic conditions led to different cultural and technical networks in various regions since the Late Bronze Age. These networks point to a vivid exchange within an Eastern and a Southern Alpine economic and social spheres some of which will be outlined within the lecture. It was a network regulated by the mobility of specialists and by various other types/examples of economic cooperation between different groups such as pastoralists, agrarian communities, trading specialists in the frame of good exchanges (subsistence goods versus salt versus metals). Different forms of highly specialized knowledge compounds can be observed that connected some of the dwelling communities tighter than others and helped to develop identity compounds that especially are known from the later Iron Ages.

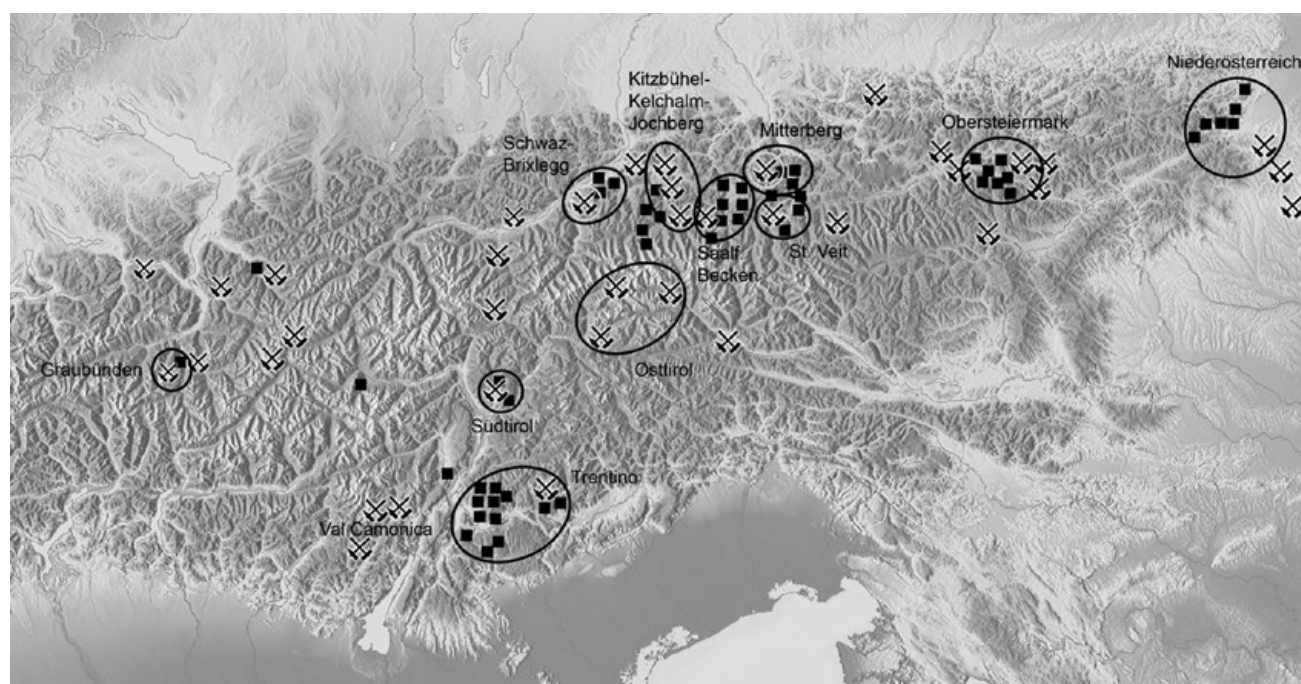


ABB 1: Kupferreviere

LITERATURE

- PERNICKA, E., LUTZ, J. & STÖLLNER, TH., 2016: Bronze Age Copper Produced at Mitterberg, Austria, and its Distribution. *Archaeologia Austria* 100, pp. 19–55.
- SHENNAN, S., 1999: Cost, benefit and value in the organization of early European copper production. *Antiquity* 73, pp 352–363.
- STÖLLNER, TH., 2009: Prähistorische Montanreviere der Ost- und Südalpen – Anmerkungen zu einem Forschungsstand, in: Oegg, K., and Prast, M., (eds.): Die Geschichte des Bergbaues in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten. Proceedings zum 3. Milestone-Meeting SFB HiMAT 2008, Innsbruck, pp. 37–60.
- STÖLLNER, TH., 2010: Copper and Salt – Mining Communities in the Alpine Metal Ages, in: Anreiter et al. (Hrsg.): Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies. Proceedings 1st Mining in European History – Conference SFB HiMAT 12.–15. November 2009, Innsbruck, pp. 297–314.
- STÖLLNER, TH., 2019: Enmeshment within Resource-Scapes – Eastern Alpine Copper Production of the Bronze- and Early Iron Age. In: R. Turk, Th. Stöllner, G. Goldenberg (eds.), Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production. Der Anschnitt, Beiheft 42, Rahden/Bochum: Leidorf, pp. 13–30.
- STÖLLNER, TH. & OEGGL K. (eds.), 2015: Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Bochum und Bregenz. Veröffentlichungen DBM 207, Bochum.

„Das ist doch noch gut!“ – Rohstoffmanagement und Recycling in der Erzaufbereitung

Rohstoffmanagement, Holzbearbeitung, Holzrecycling, Erzaufbereitung, Kupferbergbau in der Bronzezeit

“That still works!” – Resource management and recycling within copper ore beneficiation

Resource management, wood working, wood recycling, ore beneficiation, copper mining in the bronze age

→ Eva Neuber¹, Benedikt Horst²

¹ Amtsstr. 28, 44809 Bochum, Eva.neuber@bergbaumuseum.de

² Adelpkampstr. 94, 45147 Essen, Benedikt.horst@bergbaumuseum.de

Das Mitterberg-Gebiet stellt eines der bedeutendsten bronzezeitlichen Montanreviere Mitteleuropas dar und gilt als „Großproduzent für Kupfer in der Bronzezeit“.

Während seiner fast 200-jährigen Forschungsgeschichte konnte eine Vielzahl von Erkenntnissen über bronzezeitlichen Bergbau sowie Erzaufbereitung und Verhüttung gewonnen werden. In den letzten zwei Jahrzehnten lag der Fokus der Forschung

hauptsächlich auf dem prähistorischen Abbau im Arthurstollen sowie auf der Erzaufbereitung am Troiboden. Diese Aufbereitungsanlage liegt im Revier des Mitterberger Hauptganges im „Sulzbachmoos“ genannten Teil des namensgebenden Hochmoorgebietes, welches sich beidseits der markanten Pingenzüge des Mitterberger Hauptganges erstreckt.



ABB. 1: Hölzerner Aufbereitungskasten
FIG. 1: Wooden box for ore beneficiation

In den beiden Masterarbeiten „Untersuchungen zu den Holzgeräten der bronzezeitlichen Aufbereitungsanlage vom Troiboden, Mitterberggebiet“ und „Die Nassaufbereitungskästen vom Troiboden (Sulzbachmoos) am Mitterberg“ wurden sämtliche Holzfunde der 2008 begonnenen und im letzten Jahr abgeschlossenen Grabungen am Troiboden ausgewertet.

Durch das am Troiboden herrschende saure, anaerobe Moormilieu besteht eine ausgezeichnete Organikerhaltung, dadurch konnten insgesamt etwa 30.000 Holzobjekte systematisch aufgenommen werden: Diese umfassen nicht nur Artefakte aus dem Kontext der Nassaufbereitung, sondern auch Schäftungsreste von Pickeln oder Beilen, Hauswirtschaftsgeräte, Geräte der Holzbearbeitung sowie Abfallstücke und Leuchtpäne. Die prägenden Strukturen des Troibodens sind jedoch vor allem 15 große, von Scheidhalden umgebene Kastenkonstruktionen aus Holz, die eine zentrale Rolle bei der Nassaufbereitung eingenommen haben (Abb.1). Sie charakterisieren den Troiboden als komplexen Erzaufbereitungsplatz. In der näheren Umgebung dieser Kästen wurden zudem mehrere Herdstellen und ein Bohlenweg gefunden.

Das vorhandene Fundspektrum zeugt von einer Vielzahl an Tätigkeiten neben der eigentlichen Erzaufbereitung, die Rückschlüsse auf die Arbeitsprozesse zulassen. Weiterhin konnten durch botanische Untersuchungen Erkenntnisse über Nutzungsstrategien des Umgangs mit dem Rohstoff Holz im Umfeld der Erzaufbereitung gewonnen werden.

Die verwendeten Hölzer lassen ein großes Know-How der Rohstoffauswahl erkennen: Dies zeigt sich in der Auswahl der Holzarten ebenso wie in der gezielten Beschaffung besonders gewachsenen Holzes für spezifische Zwecke. Durch die intensive Ausbeutung der vorhandenen Ressourcen wurde das Waldbild nachhaltig verändert, was sich sowohl in einer deutlich veränderten Rohstoffauswahl von der mittleren zur späten Bronzezeit als auch in einem starken Anstieg an recycelten Holzobjekten niederschlägt. Es zeigt sich zudem, dass die Holzwirtschaft im Umfeld des Troibodens in großem Maße auf Sekundärnutzung ausgelegt war: Zerbrochene Geräte wurden zweckentfremdet (Abb. 2), Bauhölzer mit Bruchstücken repariert und funktionsuntüchtige Fragmente als Feuerholz verwendet. Die gefundenen Reste der Holzbearbeitung zeigen, dass viele Modifikationen der Hölzer vor Ort vorgenommen wurden, während die Rohlinge an anderer Stelle vorbereitet wurden. Eine ähnliche Praxis lässt sich auch für den Abbau am Arthurstollen nachweisen. Zusätzlich legen die vielen gefundenen Leuchtpäne eine enge Verbindung zum untertägigen Bergbau nahe, welcher durch das nahegelegene Pingenfeld des Hauptganges repräsentiert wird.

Die Auswertung der Jahrringe der Kastenhölzer und Geräte zeigte, dass das Rohmaterial auch aus tieferen Lagen hergeschafft wurde, nachdem die umliegenden Gebiete durch den immensen Bedarf entwaldet worden waren, was durch Pollendiagramme aus dem Moorgebiet bestätigt wurde. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass auf Grund dieses Holz mangels das vorhandene Material, wenn möglich, restlos verwendet und wiederverwertet wurde. In den gefundenen Abfällen der Holzverarbeitung fehlen Nachweise bestimmter Arbeitsschritte, wie das Spalten und Überbeilen von Brettern. Auf Basis der Annahme, dass diese zeit- und arbeitskraftintensiven Vorarbeiten an anderer Stelle stattfanden, ist es denkbar, dass nur wenige Personen vor Ort benötigt wurden.

LITERATUR

- LOBISSER, W., 2005: Die eisenzeitlichen Bauhölzer der Gewerbesiedlung im Ramsautal am Dürrnberg bei Hallein. *Dürrnberg-Forschungen*, 4. Marie Leidorf, Rahden.
- LOBISSER, W., 2017: Die Kleinfunde aus Holz aus einer eisenzeitlichen Gewerbesiedlung im Ramsautal am Dürrnberg bei Hallein. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Philosophie des Fachbereichs Ur- und Frühgeschichte der Universität Wien, unpubl.
- PICHLER, T., NICOLUSSI, K., SCHRÖDER, J., STÖLLNER, T., THOMAS, P. & THURNER A., 2018: Tree-ring analyses on Bronze Age mining timber from the Mitterberg Main Lode, Austria – did the miners lack wood?. *JAS: Reports* 19: 701–711.
- STÖLLNER, T., ČIERNÝ, J., EIBNER, C., BOENKE, N., HERD, R., MAASS, A., RÖTTGER, K., SORMAZ, T., STEFFENS, G. & THOMAS, P., 2006: Der bronzezeitliche Bergbau im Südevier des Mitterberg-Gebietes. Bericht zu den Forschungen der Jahre 2002 bis 2006. *Archaeologica Austriaca*, 90: 87–137.
- STÖLLNER, T., 2009: Die zeitliche Einordnung der prähistorischen Montanreviere in den Ost- und Südalpen – Anmerkungen zu einem Forschungsstand. In: Oeggl, K. & Prast M. (eds.) 2009: Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten. *Proceedings zum 3. Milestone-Meeting des SFB HiMAT vom 23.–26.10.2010 in Silbertal*. Conference series. Innsbruck University Press, Innsbruck: 37–60.
- STÖLLNER, T., BREITENLECHNER, E., FRITZSCH, D., GONTSCHAROV, A., HANKE, K., KOVÁCS, K., MOSER, M., NICOLUSSI, K., OEGGL, K., PICHLER, T., PILS, R., PRANGE, M., THIEMEYER, H. & THOMAS, P., 2010: Ein Nassaufbereitungskasten vom Troiboden. *Interdisziplinäre Erforschung des bronzezeitlichen Montanwesens am Mitterberg (Land Salzburg, Österreich)*. Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz, 57: 1–32.
- STÖLLNER, T., FRITZSCH, D., GONTSCHAROV, A., KIRCHNER, D., NICOLUSSI, K., PICHLER, T., PILS, R., PRANGE, M., THIEMEYER, H. & THOMAS, P., 2011: Überlegungen zur Funktionsweise des mittelbronzezeitlichen Aufbereitungskastens vom Troiboden. In: Oeggl K., Stöllner T., Prast M. (eds.) 2011: Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten: *Proceedings zum 5. Milestone-Meeting des SFB HiMAT vom 7.–10.10.2010 in Mühlbach*. Conference series. Innsbruck University Press, Innsbruck: 141–155.
- STÖLLNER, T., 2019: Between Mining and Smelting in the Bronze Age – Beneficiation Processes in an Alpine Copper Producing district. Results of 2008 to 2017 excavations at the Sulzbach-Moos Bog at the Mitterberg (Salzburg, Austria). In: Turck R., Stöllner T. & Goldenberg G, (eds.) 2019: *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II*. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production. Marie Leidorf, Rahden.
- THOMAS, P., 2009: Grubenhölzer aus dem prähistorischen Bergbau des Arthurstollens. Methodischer Zugriff und Erkenntniswege. In: Oeggl K. & Prast M. (eds.) 2009. Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten. *Proceedings zum 3. Milestone-Meeting des SFB HiMAT vom 23.-26.10.2010 in Silbertal*. Conference series. Innsbruck University Press, Innsbruck: 243–247.



ABB. 2: Zerbrochene Schäftung, sekundär als Pflock verwendet
FIG. 2: Broken wooden handle used as post

- THOMAS, P., 2015: Holz im bronzezeitlichen Bergbau der Ostalpen. In: Stöllner T., Oegg K. (eds.) 2015: Bergauf Bergab. 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen: Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.04.2016. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 207. Marie Leidorf, Rahden: 247–253.
- THOMAS P., 2018: Studien zu den bronzezeitlichen Bergbauhölzern im Mitterberg-Gebiet. Forschungen zur Montanlandschaft Mitterberg 1. Der Anschnitt, Beiheft 38. Marie Leidorf, Rahden.
- ZSCHOCKE K. & PREUSCHEN E., 1932: Das urzeitliche Bergbaugebiet von Mühlbach- Bischofshofen. Materialien zur Urgeschichte Österreichs, 6. Anthropologische Gesellschaft, Wien.

Neue Forschungen zum prähistorischen Kupferbergbau in Nordtirol

New research on prehistoric copper mining in North Tyrol

→ Markus Staudt¹, Gert Goldenberg¹, Roman Lamprecht¹, Manuel Scherer-Windisch¹ & Bianca Zerobin¹

¹ Institut für Archäologien, Universität Innsbruck, Langer Weg 11, A-6020 Innsbruck, markus.staudt@uibk.ac.at, gert.goldenberg@uibk.ac.at, roman.lamprecht@student.uibk.ac.at, manuel.scherer-windisch@uibk.ac.at, bianca.zerobin@student.uibk.ac.at

KEYWORDS

copper mining, beneficiation, copper production, Late Bronze Age, Early Iron Age, North Tyrol

Im Rahmen von mehreren Forschungsprojekten (gefördert durch ein DACH-Projekt¹ und vom Bundesdenkmalamt, 2015–2020) und Lehrgrabungen des Instituts für Archäologien der Universität Innsbruck konnte der Wissensstand zum prähistorischen Fahlerz- und Kupferkiesbergbau in Nordtirol maßgeblich erweitert werden. Ein Hauptaugenmerk lag auf der Dokumentation und Datierung von Bergbauspuren sowie auf der Bearbeitung von Fundmaterial und Befunden. Dabei konnten

im Fahlerzrevier Schwaz-Brixlegg im Unterinntal dreizehn Grubengebäude, drei Pingenfelder mit Überresten der Erzaufbereitung (Staudt et al. 2019a) sowie zwei Verhüttungsplätze (Staudt et al. 2019b) montanarchäologisch untersucht werden. Die dokumentierten Bergbau- und Verhüttungsspuren datieren hier mit unterschiedlichen Aktivitätsphasen in den Zeitraum zwischen 1.200 und 700 v. Chr. (Goldenberg u. a. 2019). Bemerkenswert ist eine regelhafte auf eine Optimierung der



ABB. 1: Prähistorischer Fahlerzbergbau (spätmittelalter- bzw. frühneuzeitlich überprägt) im Burghügel Kropfsberg – genutzt als Höhlenheiligtum in der Spätantike.
FIG. 1: Prehistoric fahlore mining (late medieval/early modern overprinted) underneath the Kropfsberg castle – used as a cave sanctuary in late antiquity.



ABB. 2: Bronzezeitlicher Kupferkiesbergbau in den Kitzbüheler Alpen.
 FIG. 2: Bronze Age chalcopyrite mining in the Kitzbühel Alps.

Metallausbeute ausgerichtete (nass-)mechanische Aufbereitung der auf den beiden untersuchten Schmelzplätzen produzierten Kupferschlacken. Hierauf weisen die Grabungsbefunde in Form von nahezu identischen Anlagen (Waschrinnen und Aufbereitungsgruben) hin. Anhand von Analysen an geborgenen Tierknochen konnten Informationen zur Fleischversorgung der prähistorischen Berg- und Hüttenleute gewonnen werden (Saliari et al. 2020).

Untersuchungen an zahlreichen Rohkupferfunden aus dem Bereich des Unterinntals legen nahe, dass das auf den Verhüttungsplätzen im Fahlerzrevier Schwaz-Brixlegg erzeugte Rohkupfer sekundär zu verhandelbaren plankonvexen „Gusskuchen“ weiterverarbeitet wurde, wobei die Produktionsorte für diese Endprodukte noch nicht bekannt sind (Staudt in Vorbereitung). Von der Nordtiroler Grabungsfirma TALPA in Kooperation mit dem Institut für Archäologien 2019 freigelegte Verhüttungsbefunde in der kupferproduzierenden und metallverarbeitenden urgeschichtlichen Siedlung Kundl-Wimpissinger liefern möglicherweise erste Hinweise auf eine solche Produktionsstätte innerhalb eines Siedlungsareals (Staudt u. a. 2021)

Spektakuläre Ergebnisse ergaben sich unerwartet bei einer Lehrgrabung (2020) in einer prähistorischen Fahlerzgrube im Burghügel Kropfsberg bei Reith im Alpbachtal (Abb. 1). Beim Versuch einer Datierung der frühen Bergbauaktivitäten wurde unter Tage und unter spätmittelalter- bzw. frühneuzeitlichem Versatzmaterial eine Kulturschicht mit römerzeitlichen Funden (Münzen u.a.) angeschnitten, die eine Nachnutzung der prähistorischen Grube während der Spätantike (2. bis 4. Jahrhundert n. Chr.) als „Höhlenheiligtum“ belegen.

Ältere Bergbaureviere mit einem Aktivitäts-Schwerpunkt im 13. Jh. v. Chr. finden sich im Raum Kitzbühel-Jochberg. Diese stellen mit ihren Kupferkies-Lagerstätten entwicklungsge-schichtlich betrachtet ein Bindeglied zwischen den noch älteren mittelbronzezeitlichen Kupferproduzenten am Mitterberg in Salzburg und den jüngeren spätbronzezeitlichen/früheisenzeitlichen Kupferproduzenten im Unterinntal dar. Von einem bergbau- und hüttentechnischen Wissenstransfer von Ost nach West im Laufe der Bronzezeit wird allgemein ausgegangen. Erstmals war es im Jochberger Gebiet möglich, neben den dort bereits zahlreich bekannten Schmelzplätzen auch bislang unbekannte Abbauspuren mit zugehöriger Erzaufbereitung aus dem 13. Jh. v. Chr. zu lokalisieren und zu dokumentieren (Abb. 2). Die in großem Umfang neu entdeckten Abbauplätze mit großflächigen Halden lassen den Nordtiroler Kupferkiesbergbau in einem neuen Licht erscheinen (Goldenberg u. a. 2019; Staudt u. a. 2020). Zahlreiche Funde von Bronzewerkzeugen (Pickelspitzen und Tüllenpickelfragmente) sowie von Steingeräten (Läufersteine und Reibplatten) weisen aus technologischer Sicht auf eine Beeinflussung aus den Mitterberger Kupferkiesrevieren hin. Montanarchäologische Befunde zur „chaîne opératoire“ aus Erzabbau und Erzaufbereitung sowie primärer und sekundärer Metallurgie (Erzverhüttung bzw. Erzeugung von verhandelbarem Rohkupfer) lassen sich bis ins Unterinntal verfolgen, wobei die eingesetzten Technologien den jeweiligen geologischen Rahmenbedingungen (Nebengestein der Erzmineralisationen) und der Art der Rohstoffe (Kupferkies, Fahlerz, Mischerze ...) angepasst wurden.

ANMERKUNGEN

- 1 I 1670-G19, 2015–2018, trinationales DACH-Projekt, gefördert vom FWF der Wissenschaftsfonds, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG, und dem Schweizerischen Nationalfonds SNF.

LITERATUR

- GOLDENBERG, G., STAUDT, M. & GRUTSCH, C., 2019: Montanarchäologische Forschungen zur frühen Kupferproduktion in Nordtirol – Forschungsfragen, Forschungskonzepte und Ergebnisse, in: S. Hye – U. Töchterle (Hrsg.), UPIKU-TAUKE. Festschrift für Gerhard Tomedi zum 65. Geburtstag. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 339 (Bonn 2019), 159–178.
- SALIARI, K., PUCHER, E., STAUDT, M. & GOLDENBERG, G., 2020: Continuities and changes of animal exploitation across the Bronze Age – Iron Age boundary at mining sites in the Eastern Alps, *Archaeofauna* 29, *International Journal of Archaeozoology*, 2020, 77–106.
- STAUDT, M., GOLDENBERG, G., SCHERER-WINDISCH, M., NICOLUSSI, K. & PICHLER, Th., 2019: Late Bronze Age/Early Iron Age fahlore mining in the Lower Inn Valley (North Tyrol, Austria), in: R. Turck – Th. Stöllner – G. Goldenberg (eds.), *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production. Der Anschnitt, Beiheft 42* (Bochum 2019) 115–142.
- STAUDT, M., GOLDENBERG, G., SCHERER-WINDISCH, M., GRUTSCH, C., LAMPRECHT, R. & ZEROBIN, B., 2019: The Late Bronze Age smelting site Rotholz in the Lower Inn Valley (North Tyrol, Austria), in: R. Turck – Th. Stöllner – G. Goldenberg (eds.), *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production. Der Anschnitt, Beiheft 42* (Bochum 2019) 279–298.
- STAUDT, M., GOLDENBERG, G., GINTHART, C., HINTERKÖRNER, T., LAMPRECHT, R. & ZEROBIN, B., 2020: KG Jochberg, OG Jochberg, Mnr. 82105.18.01 | Gst. Nr. 1525/1, 1527/1, 1530/3 | Bronzezeit, Bergbau, *Fundberichte aus Österreich* 57, 2018 (2020), 429–432.
- STAUDT, M., BADER, M., ESS, L., LUEGER, D., OETTEL, L., TROPPER, P. & TREBSCH, P., in Druck: Eine Werksiedlung aus der späten Bronze- und Eisenzeit bei Kundl (Nordtirol). Vorbericht über die Ausgrabungen 2018–2019 in der Schottergrube Wimpissinger, *Archaeologia Austriaca* 105, 2021, I–XXXIV.
- STAUDT, M., in Vorbereitung: Untersuchungen zur prähistorischen Kupferproduktion im Unterinntal (Nordtirol). Dissertation in Vorbereitung (Univ. Innsbruck).

Prähistorisches Bergbauprojekt im Oberhalbstein (GR) – Projektphase II

Prehistoric mining project in Oberhalbstein (GR) – Project phase II

→ Rouven Turck¹, Leandra Reitmaier-Naef^{1,2}, Astrid Stobbe³, Philippe Della Casa¹

¹ Universität Zürich. Institut für Archäologie. Fachbereich Prähistorische Archäologie, Karl-Schmid-Strasse 4, CH-8006 Zürich, turck@archaeologie.uzh.ch, philippe.dellacasa@uzh.ch

² Deutsches Bergbau-Museum Bochum, Haus der Archäologien, Am Bergbaumuseum 31, D-44791 Bochum, Leandra.Reitmaier-Naef@bergbaumuseum.de

³ Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/Main, Institut für Archäologische Wissenschaften, Abt. III: Vor- und Frühgeschichte, Labor für Archäobotanik, Norbert-Wollheim-Platz 1, D-60629 Frankfurt am Main, stobbe@em.uni-frankfurt.de

ABSTRACT

In the first project phase from 2013 to 2019, various features, finds and methods of the so-called primary metallurgy for copper production were investigated archaeologically, mineralogically, geophysically and archaeometrically. Since 2020, the focus has shifted to environmental archaeology in the context of prehistoric copper mining and smelting in the Oberhalbstein.

KEYWORDS

Oberhalbstein, copper, archaeometallurgy, human impact, non-invasive methods

INHALT

Während im ersten Projektabschnitt von 2013 bis 2019 die verschiedenen Befunde, Funde und Methoden der so genannten primären Kupfermetallurgie archäologisch, mineralogisch, geophysikalisch und archäometrisch untersucht wurden, steht seit 2020 die Umweltarchäologie im Oberhalbstein im Kontext des prähistorischen Kupferbergbaus im Fokus.

Über 80 Schmelzplätze (zuletzt Reitmaier-Naef 2019, Turck 2019) und ein knappes Dutzend Abbaustellen (Reitmaier-Naef et al. 2020, Ullrich et al. 2019) konnten aufgefunden und größtenteils untersucht werden. Die Fundstellen datieren im Wesentlichen zwischen später Bronze- und früher Eisenzeit (Oberhänsli et al. 2019). Für die lokale Kupferkiesverarbeitung ist der so genannte „Oberhalbsteinprozess“ definiert worden (Reitmaier-Naef 2018, Della Casa, Reitmaier-Naef & Turck 2016).

Dieser eindeutige, als „human impact“ bezeichnete Eingriff des Menschen in die alpine Landschaft hat sichtbare Spuren hinterlassen. Nicht nur wurden Erze abgebaut und verborgene pyrotechnisch transformiert, sondern auch Mengen an Holz für das Feuersetzen und Schmelzen der Erze benötigt. Zudem wurden Gewässer verschmutzt und Wasser verbraucht. Diese Eingriffe werden in einer zweiten Projektphase mit minimal invasiv Methoden untersucht:

Während Ablagerungen von Schwermetallen (Abb. 1) in den nahe der zu Verhüttungsplätzen gelegenen Mooren die Umweltbelastung aufzeigen (Wingenfelder 2020), dienen dieselben Moore auch als Archive, um die prähistorische, anthropogen beeinflusste lokale Vegetation zu untersuchen (Abb. 2): Pollenanalysen zeigen den Veränderungen der Pflanzensammensetzung und geben Hinweise auf einen vom Menschen gemachten Wandel. Wie groß sind die Eingriffe des Menschen

in den Baumbestand und die Baumgrenze? Wie stark werden die Moore verseucht und beeinflusst? Bodenkundliche Untersuchungen sollen klären, ob und in welchem Umfang Eingriffe in das lokale Wassermanagement Wachstumsstopps, sogenannte Hiaten, in den Jahrtausende alten Mooren auslösten.

Der Verbrauch des Holzes wird durch Untersuchungen an Holzkohlen, die von Grabungen und Sondierungen an Abbau- und Schmelzplätzen stammen, analysiert, um zentrale Fragen zur lokalen Holznutzung zu beantworten.

Im Kontext der lokalen Ressourcennutzung stehen archäometrische Untersuchungen der lokalen Siedlungskeramik und der technischen Keramik (Tondüsen) zur Belüftung der Schmelzöfen (Turck & Nüssli 2020) an.

Über die laufende Forschung informiert regelmäßig der Bergbaublog „Bündner Kupfer“ mit weiteren Literaturhinweisen, Events etc.: bergbauprojekt@blogspot.ch.

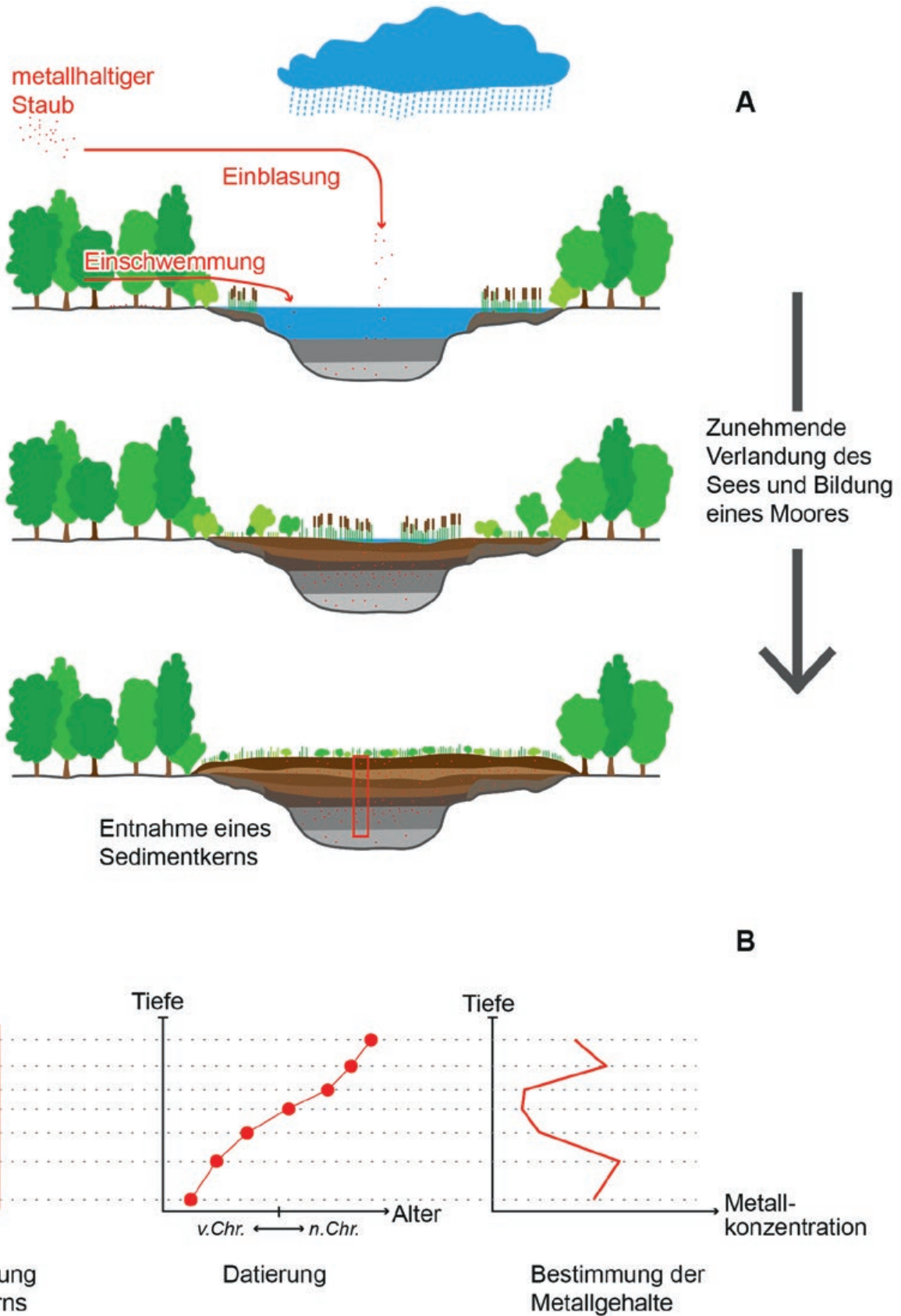


ABB. 1: Schematische Darstellung der Ablagerungen von metallhaltigen Stäuben in einem Moor. Wingenfelder 2020, Abb. 1.
 FIG 1: Schema of the deposition of metal-containing dusts in a mire. Wingenfelder 2020, Fig. 1.



ABB. 2: Bohrkern aus dem Moor „Gruba“. Daraus werden Proben für palynologische, anthrakologische und Schwermetallanalysen entnommen. Foto: A. Stobbe.
FIG. 2: Sediment core from the „Gruba“ mire. Samples were extracted for palynological, anthracological and heavy metal analyses. Photo: A. Stobbe.

LITERATURHINWEISE

- DELLA CASA, PH., NAEF, L. & TURCK, R., 2016: Prehistoric copper pyrotechnology in the Swiss Alps. Approaches to site detection and chaîne opératoire. *Quaternary International* 402: 26–34.
- OBERHÄNSLI, M., SEIFERT, M., BLEICHER, N., SCHOCH, W. H., REITMAIER-NAEF, L., TURCK, R., REITMAIER, TH. & DELLA CASA, PH., 2019: Dendrochronological dating of charcoal from high-altitude prehistoric copper mining and smelting sites in the Oberhalbstein Valley (Grisons, Switzerland). In: Turck, R., Stöllner, Th. & Goldenberg, G. (eds.): *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*. Verlag Marie Leidorf, Rahden/Westf.: 245–260.
- REITMAIER-NAEF, L., 2018: Vom Erz zum Metall. Die chaîne opératoire der prähistorischen Kupfergewinnung im Oberhalbstein GR. Unpubl. Dissertation, Universität Zürich.
- REITMAIER-NAEF, L., 2019: Copper smelting slag from the Oberhalbstein (Canton of Grisons, Switzerland). Methodological considerations on typology and morphology. In: Turck, R., Stöllner, Th. & Goldenberg, G. (eds.): *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*. Verlag Marie Leidorf, Rahden/Westf.: 229–244.
- REITMAIER-NAEF, L., THOMAS, P., BUCHER, J., OBERHÄNSLI, M., GRUTSCH, C. O., MARTINEK, K.-P., SEIFERT, M., RENTZEL, PH., TURCK, R., REITMAIER, TH. & DELLA CASA, PH., 2020: Mining at the fringes. High Altitude Prehistoric Copper Mining in the Oberhalbstein Valley (Grisons, Switzerland). *Archaeologia Austriaca* 104: 123–151.
- TURCK, R., 2019: Organising smelting places. A keynote on Iron Age copper smelting in the Oberhalbstein (Canton of Grisons, Switzerland). In: Turck, R., Stöllner, Th. & Goldenberg, G. (eds.): *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*. Verlag Marie Leidorf, Rahden/Westf.: 209–228.
- TURCK, R. & NÜSSLI, C., 2020: Copper Technology from the East? Knowledge Transfer to the Central Alps (Grisons, Switzerland). *Metalla. Sonderheft* 10: 141–145.
- ULLRICH, B., KNISS, R., RÜCKER, C. & TURCK, R., 2019: Anwendungen der induzierten Polarisation in der Archäologischen Prospektion. In: Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V. (ed.): *DGG-Kolloquium. Induzierte Polarisation*. Braunschweig, 6. März 2019. Sonderband 1/2019. Potsdam: 49–58.
- WINGENFELDER, U., 2020: Indirekter Nachweis von Bergbau und Verhüttungsaktivitäten im Oberhalbstein. *Minaria Helvetica* 41: 32–39.

Montanarchäologische Untersuchungen zum vorgeschichtlichen Kupferbergbau in der Mittelslowakei

Mining archaeological studies on prehistoric copper mining in central Slovakia

→ Jennifer Garner

Deutsches Bergbau-Museum Bochum, Montanarchäologie, Am Bergbaumuseum 31, 44791 Bochum



ABB. 1: Špania Dolina-Piesky, Lage der Ausgrabung im Bereich des nördlichen Tal-schlusses (Foto: Deutsches Bergbau-Museum Bochum).
FIG. 1: Špania Dolina-Piesky, location of the excavation in the area of the northern head of the valley (Photo: Deutsches Bergbau-Museum Bochum).

Das Slowakische Erzgebirge in der Mittelslowakei, welches zu den Westkarpaten gehört, zählt zu einer der wichtigsten metallogenetischen Zonen Mitteleuropas. Die Frage nach einer prähistorischen Nutzung war aufgrund der reichhaltigen Metallfunde und Metallurgienachweise in den letzten Jahrzehnten öfter Gegenstand unterschiedlicher Untersuchungen (NOVOTNÁ, 1955; PITTIONI 1957; SCHALK 1998; SCHREINER 2007; PANČÍKOVÁ, 2008), konnte aber wegen der komplexen, mehrphasigen Lagerstätten-genese, auch im Vergleich mit den Lagerstätten Serbiens/Bulgariens sowie der Alpen, nur eingeschränkt beantwortet werden. Grundsätzlich zeigten die Untersuchungen jedoch die Bedeutung der slowakischen Lagerstätten als Rohstofflieferant, neben den Ostalpen, seit dem 4. Jt. v. Chr. Dennoch mussten Fragen nach der Nutzung der Montanregion selbst sowie nach der Organisation der Ausbeutung der Lagerstätten sowie deren positive Identifizierung als Rohstofflieferant bisher offen bleiben. Auch die Handelswege zwischen der Montanregion und ihrem Umfeld sowie die Einbindung der bekannten Großsiedlungen in den Flusstälern und überhaupt die Struktur der kupfer- und bronzezeitlichen Siedlungsmuster sind größtenteils ungeklärt. Montanarchäologische Forschun-

gen blieben eher im Hintergrund und Vorarbeiten erfolgten nur in Špania Dolina in den 1970er Jahren, wo die auf den spätmit-telalterlich-neuzeitlichen Halden verteilten Schlägel- und Kera-mikfunde eine kupfer- bis bronzezeitliche Nutzung nahe legen (TOČIK UND BUBLOVÁ, 1985; TOČIK UND ŽEBRÁK, 1989).

Im Rahmen eines Verbundprojektes der Römisch-Germani-schen Kommission, die wirtschaftlichen Grundlagen der früh-bronzezeitlichen Besiedlung im Gran- und Žitavatal zu unter-suchen, wurde das Deutsche Bergbau-Museum eingeladen, sich an der montanarchäologischen Erforschung des westlichen slowakischen Erzgebirges zu beteiligen.¹ Es folgten metallurgi-sche und archäologische Untersuchungen zur Metallverarbei-tung der Siedlung Fidvar bei Vrãble sowie auf ihre umgebende Mikroregion. Einen weiteren Schwerpunkt bildeten montan-archäologische Prospektionen sowie Ausgrabungen der potenti-ell bronzezeitlich genutzten Erzlagerstätten bei Banská Bystrica in L'ubietová und Poniky, die von Markus Schreiner analytisch als denkbare Kupferquelle prähistorischer Artefakte in Betracht gezogen werden (SCHREINER, 2007). Schließlich stand die Kup-ferlagerstätte von Špania Dolina (Herrengrund), welche auf-grund von Steinschlägel- und Keramikfunden in Piesky (Sand-berg) bereits seit der Kupferzeit ausgebeutet worden ist (TOČIK UND ŽEBRÁK, 1989), im Fokus der Geländearbeiten.

Piesky befindet sich nördlich der Bezirkshauptstadt Banská Bystrica in einem kleinen Tal zwischen der Gemeinde Staré Hory (dt. Altenberg) im Norden und der Gemeinde Špania Dolina (dt. Herrengrund) im Süden. Das Dorf Piesky wurde 1808 in die Bergarbeiterstadt Herrengrund eingemeindet und war jahrhundertlang durch Bergbau geprägt, bis es diesem in der Mitte des 20. Jahrhundert selbst zum Opfer fiel, als die großen mittelalterlichen und neuzeitlichen Abraumphalden aufgrund ihres immer noch hohen Kupfergehaltes erneut aufbereitet wur-den. Heutzutage bezeugen nur noch der Friedhof des Ortes, einige im Wald versteckten Hausfundamente sowie eine kleine Kapelle im Talgrund von der ehemaligen Existenz der Ortschaft.

Obertägig ließen sich jedoch nur Montanrelikte in Form von Stollenmundlöchern, Pingen und Halden feststellen, die mehr-heitlich neuzeitlich zu datieren sind. Somit wurde dazu über-gegangen, die genaue Fundverteilung der aufgefundenen Ril-lenschlägel bzw. auch ihre Fundhäufigkeit zu kartieren, um so Rückschlüsse auf die Lage möglicher prähistorischer Gruben-baue ziehen zu können. Aufgrund dessen konzentrierten sich



ABB. 2: Špania Dolina-Piesky, Blick auf einen neuzeitlichen Stollen, dessen Verzim-
merung noch erhalten war (Foto: Deutsches Bergbau-Museum Bochum).
Špania Dolina-Piesky, view of a new age adit, which woodwork was still preserved
(Photo: Deutsches Bergbau-Museum Bochum).

unsere Arbeiten am nördlichen Talschluss und zugleich höchsten Punkt im Tal (Abb. 1). Es wurden zwei Grabungskampagnen 2015 und 2016 durchgeführt, wobei die zerrüttete anstehende Gesteins sowie sein hoher Verwitterungsgrad die Sicherungsmaßnahmen mit zunehmender Teufe an den Rand des Möglichen brachten, was schließlich auch zum Einstellen der Grabungsaktivität führte. Vermutlich wurde das Gebirge durch die zahlreichen Sprengarbeiten und dem Verstrützen zahlreicher Stollen im Untergrund stark beansprucht. Möglicherweise hat sich der gesamte Hangbereich im Laufe der Zeit gesenkt. Davon zeugen auch die beiden ausgegrabenen Stollen, die sich sehr oberflächennah – zum Teil in nur 0,6 m Teufe – befanden. Entweder wurde das Hangende abgeschoben, was eher unwahrscheinlich ist, oder ist zusammen mit den Stollen verstrützt. Es konnten mehrere neuzeitliche Grubenbaue angetroffen werden. Obwohl diese verstrützt waren, befanden sich deren Verzimmerungen teilweise noch in einer in situ-Lage (Abb. 2).

Abgesehen von Rillenschlägelfunden im Abraum sowie einigen weiteren Steingeräten konnte der Nachweis eines intakten bronzezeitlichen Grubengebäudes nicht erbracht werden. Zu stark ist das Gelände durch den Jahrhunderte währenden Bergbau überprägt und beansprucht worden. Ein weiteres Abtiefen der Grabung war – wie erwähnt – aufgrund des gebräunten und instabilen anstehenden Gesteins nicht möglich. Doch bezeugen die Funde von Rillenschlägeln, Scheid- und Reibsteinen sowie bronzezeitlicher Keramik eine prähistorische Ausbeutung der Lagerstätte und eine Aufbereitung der Erze vor Ort.

Ergänzt wurden die Geländearbeiten durch Probenahmen an bronzezeitlichen Metallartefakten in verschiedenen Museen, die zukünftig die Grundlage für Provenienzstudien bilden.

LITERATUR

- GARNER, J., CHEBEN, M., DEMANT, D., ENKE, U., HERD, R., LABUDA, J., MODARESSI-TEHRANI, D., STÖLLNER, T. & TÓTH, P., 2014: Neue montanarchäologische Untersuchungen im Slowakischem Erzgebirge. *Der Anschnitt* 66, 2–3, S. 66–77.
- MODARESSI-TEHRANI, D. & GARNER, J., 2015: New Approaches on Mining Activities in the Slovakian Ore Mountains. *Argenti Fodina* 2014, S. 45–57.
- MODARESSI-TEHRANI, D., GARNER, J. & KVIETOK, M., 2016: Copper Production in the Slovak Ore Mountains – New Approaches. In: G. Körlin, M. Prange, Th. Stöllner und Ü. Yalcin, Hrsg., 2016: From Bright Ores to Shiny Metals. *Festschrift Andreas Hauptmann. Der Anschnitt, Beiheft 29*. Bochum: Marie Leidorf, S. 109–123.
- NOVOTNÁ, M., 1955: Medené nástroje a problém najstaršej ťažby medi na Slovensku (dt. Zusammenfassung: Kupfergeräte und das Problem der ältesten Kupfergewinnung in der Slowakei, S. 96–98), *Slovenská Archeológia* 3, S. 70–100.
- PANČÍKOVÁ, Z., 2008: Metalurgia v období popolnicových polí na Slovensku. *Urnenfelderzeitliche Metallurgie in der Slowakei. Památky Archeologické XCIX*, S. 93–160.
- PITTIONI, R., 1957: Urzeitlicher Bergbau auf Kupfererz und Spurenanalyse. Beiträge zum Problem der Relation Lagerstätte – Fertigungsobjekt. In: *Archaeologia Austriaca. Beiträge zur Paläanthropologie, Ur- und Frühgeschichte Österreichs, Beiheft 1*. Wien: Deuticke.
- SCHALK, E., 1998: Die Entwicklung der prähistorischen Metallurgie im nördlichen Karpatenbecken. Eine typologische und metallanalytische Untersuchung. *Internationale Archäologie, Naturwissenschaft und Technologie 1*. Rahden/Westfalen: Marie Leidorf.
- SCHREINER, M., 2007: Erzlagerstätten im Hronal, Slowakei. Genese und prähistorische Nutzung. *Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft 3*. Rahden/Westfalen: Marie Leidorf.
- TOČIK, A. & BUBLOVÁ, H., 1985: Príspevok k výskumu zaniknutej ťažby medi na Slovensku. *Štúdijné zvesti Archeologického Ústavu Slovenskej Akadémie Vied* 21, S. 47–135.
- TOČIK, A. & ŽEBRÁK, P., 1989: Ausgrabungen in Špania Dolina-Piesky. Zum Problem des urzeitlichen Kupfererzbergbaues in der Slowakei. In: A. Hauptmann, E. Pernicka und G. A. Wagner, Hrsg. 1989. *Archäometallurgie in der Alten Welt. Symposium Heidelberg. Der Anschnitt, Beiheft 7*. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum Bochum, S. 71–78.

1 Das Verbundprojekt bildete sich aus der Römisch-Germanischen Kommission (K. Rassmann), dem Archäologische Institut der Slowakischen Akademie der Wissenschaften, Nitra sowie die Comenius Universität, Bratislava (J. Batora, M. Cheben), dem Slowakisches Bergbaumuseum Banská Štiavnica (J. Labuda), der Ruhr-Universität Bochum (T. Stöllner), dem Geographisches Institut, Universität Heidelberg (B. Eitel, E. Nowaczinski) sowie dem Niedersächsisches Institut für historische Küstenforschung (F. Bittmann).

Tülle für Kupfer, Lappen für Salz? Überlegungen zu metallzeitlichen Pickelformen als Leitfossilien prähistorischer Bergbauaktivitäten

Sockets for Copper, Wings for Salt? Observations on metal-age mining picks as index fossils of prehistoric mining activities.

→ Peter Thomas¹, Kerstin Kowarik², Hans Reschreiter²

¹ Deutsches Bergbau-Museum Bochum, Forschungsbereich Montanarchäologie, Am Bergbaumuseum 31, D-44791 Bochum, peter.thomas@bergbaumuseum.de

² Naturhistorisches Museum Wien, Prähistorische Abteilung, Burgring 7, A-1010 Wien, kerstin.kowarik@nhm-wien.ac.at, hans.reschreiter@nhm-wien.ac.at

KEY WORDS

Bergbaugerät, Bronzezeit, Eisenzeit, Ostalpen, Karpaten, Techniktransfer

Im Laufe des 2. Jahrtausends v. Chr. waren die Ostalpen Schauplatz der Entstehung und Etablierung von Bergbauzentren, die für mehrere Jahrhunderte eine entscheidende Rolle in der Versorgung Europas mit Rohstoffen einnehmen sollten. Archäologische Quellen sowie naturwissenschaftliche Untersuchungen belegen die Strahlkraft dieser Reviere, deren Erzeugnisse – Kupfer und Salz – über weite Teile Europas verbreitet wurden (Stöllner, 2009; Stöllner, 2010; Pernicka et al., 2016; Kowarik, 2019; Reschreiter & Kowarik, 2019).

Eine der wichtigsten Leitformen dieser Bergbauunternehmungen und der mit ihnen verbundenen Techniken sind metallene Pickel, die sich formal mehreren Typen zuweisen lassen. Zu diesen gehören kupferne und bronzene Tüllenpickel, die als Mitterberger Form bezeichnet werden (Mayer, 1977), da von diesem Fundplatz die größte Anzahl an Stücken bekannt geworden ist. Des Weiteren sind es schwere Lappenpickel mit annähernd parallelseitigem Haus beziehungsweise leichtere Formen mit konischem Haus (Barth, 1993/1994). Und schließlich sind eiserne Lappenpickel zu nennen (Stöllner & Schwab, 2009).

Bisher ungeklärt und Gegenstand verschiedener Überlegungen ist dabei das räumliche Nebeneinander verschiedener Pickelformen in zeitlich zumindest teilweise parallellaufenden Bergbaurevieren der Ostalpen: Lassen sich Tüllenpickel bisher nur mit einem Abbau von Kupfererz in Verbindung bringen, so stammen Nachweise für eine Verwendung von Lappenpickeln ausschließlich aus dem Salzbergbau. Und während sich in Hallstatt verschiedene Formen bronzener Lappenpickel finden, bediente sich der zeitweise parallellaufende Bergbau des Dürrnbergs ausschließlich eiserner Pickel (Stöllner & Schwab, 2009; Stöllner, 2010; Reschreiter et al., 2018) (Abb. 1).

Mit diesen Beobachtungen eng verknüpft ist ein Techniktransfer, der ab der beginnenden Spätbronzezeit zunächst weite Teile der Ost- und Südalpen erfasst (Stöllner, 2009), sich in der Folge aber auch bis nach Südosteuropa verfolgen lässt. Alpine Pickelformen finden sich hier vergesellschaftet mit weiteren

westlichen Elementen im Umfeld der Karpaten und lassen sich so als materieller Niederschlag einer Mobilität von Bergleuten interpretieren, die aus den Alpen kommend an montanen Unternehmungen in den Karpaten maßgeblich mit beteiligt waren (Thomas, 2014). Inwieweit die bestehenden Traditionsgefüge im Zuge dieser Ausbreitung beibehalten wurden, ist bisher offen und vielleicht eher zu bezweifeln. Denn manches deutet darauf hin, dass diese aufgebrochen und verändert wurden (Mayer, 1977), möglicherweise um sich ändernden Rahmenbedingungen zu begegnen.

Ein Verständnis der Gebrauchsmuster ostalpiner Bergbaugeräte ist zurzeit Gegenstand laufender Forschungen. Die hieraus resultierenden Ergebnisse werden es zulassen, Aussagen über Adaptionsprozesse und Traditionsgefüge zu treffen, in die mit den ostalpinen Bergbauzentren einige der wichtigsten Rohstofflieferanten der europäischen Metallzeiten eingebunden waren.

LITERATUR:

- BARTH, F. E., 1993/1994: Ein Füllort des 12. Jahrhunderts v. Chr. im Hallstätter Salzberg. – Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien, 123/124: 27–38.
- KOWARIK, K., 2019: Hallstätter Beziehungsgeschichten. Wirtschaftsstrukturen und Umfeldbeziehungen der bronze- und ältereisenzeitlichen Salzbergbaue von Hallstatt/OÖ. Studien zur Kulturgeschichte von Oberösterreich Folge 50. – Oberösterreichisches Landesmuseum Linz, Linz.
- MAYER, E. F., 1977: Die Äxte und Beile in Österreich. Prähistorische Bronzefunde IX, 9. – C. H. Beck, München.
- PERNICKA, E., LUTZ, J. & STÖLLNER, T., 2016: Bronze Age Copper Produced at Mitterberg, Austria, and its Distribution. – *Archaeologia Austriaca*, 100: 19–55.

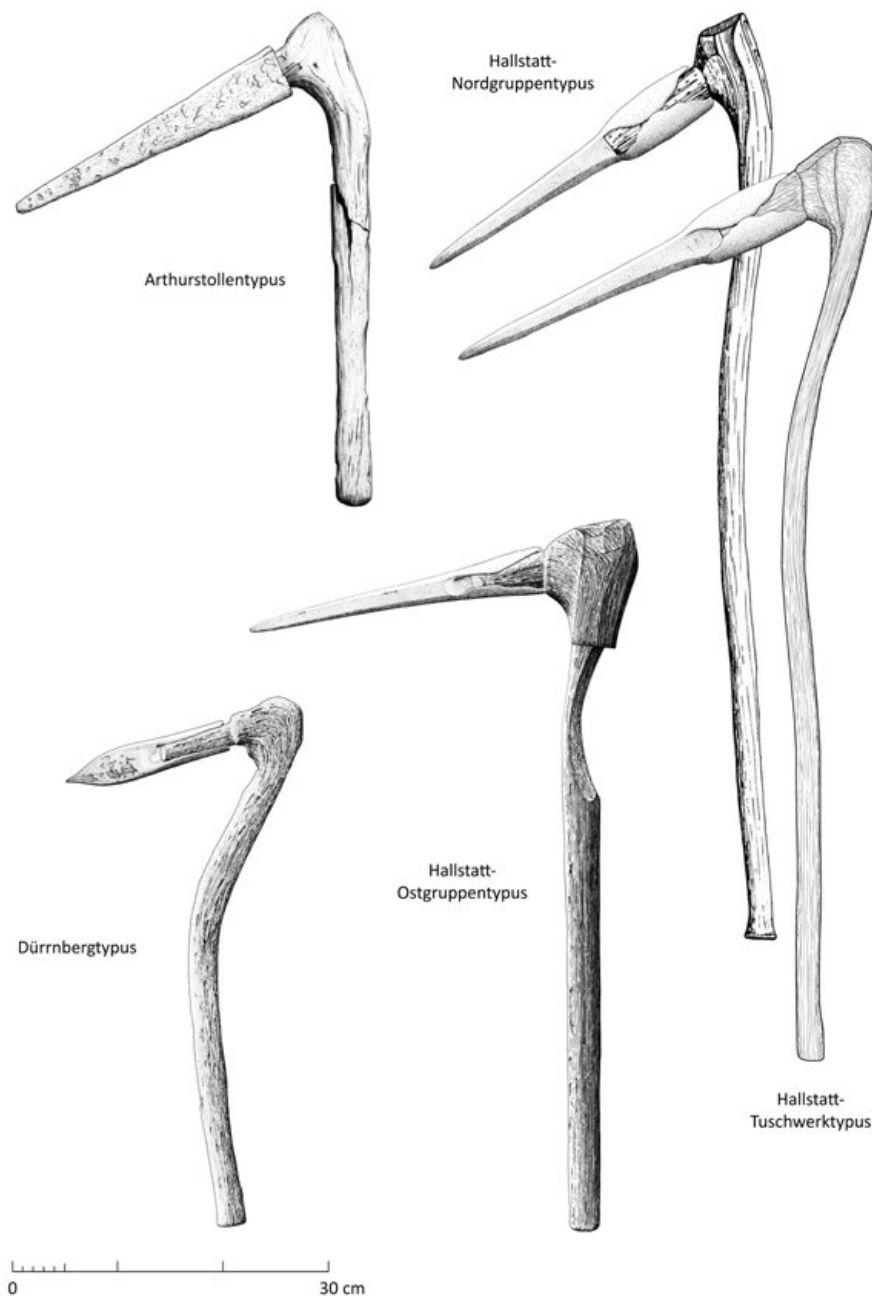


ABB. 1: Metallzeitliche Bergbaupickel aus den Ostalpen: Der Arthurstollentypus sowie der Hallstätter Nordgruppentypus und Tuschwerkertypus sind das Gezähe des bronzezeitlichen Kupfererz- beziehungsweise Salzbergbaus. Demgegenüber wurden der Hallstätter Ostgruppentypus sowie der Dürrnbergtypus im Salzbergbau der Eisenzeit verwendet (nach: Thomas, 2018).

FIG. 1: Metal Age mining picks from the Eastern Alps: The type Arthurstollen as well as the types Hallstätter Nordgruppe and Tuschwerk are the tools of Bronze Age copper ore mining and salt mining. The types Hallstätter Ostgruppe and Dürrnberg were used in Iron Age salt mining (after: Thomas, 2018).

RESCHREITER, H., KONRAD, M., LORENZ, M., STADLER, S., TROMMER, F. & HOLDERMANN, C.-S., 2018: Keine Tüllenpickel im bronzezeitlichen Salzbergbau von Hallstatt! Aspekte der experimentellen Fertigung bronzezeitlicher Gezähe als Interpretationsbasis bergmännischer Spezialisierung. – *Experimentelle Archäologie in Europa*, 17: 19–33.

RESCHREITER, H. & KOWARIK, K., 2019: Bronze Age Mining in Hallstatt. A New Picture of Everyday Life in the Salt Mines and Beyond. – *Archaeologia Austriaca*, 103: 99–136.

STÖLLNER, T., 2009: Die zeitliche Einordnung der prähistorischen Montanreviere in den Ost- und Südalpen – Anmerkungen zu einem Forschungsstand. – In: Oeggl, K., Prast, M. (Hrsg.), *Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten: Proceedings zum 3. Milestone-Meeting des SFB-HiMAT vom 23.–26.10.2008 in Silbertal*, 37–60 S., Innsbruck University Press, Innsbruck.

STÖLLNER, T., 2010: Copper and Salt – Mining Communities in the Alpine Metal Ages. – In: Anreiter, P., Goldenberg, G.,

Hanke, K., Krause, R., Leitner, W., Mathis, F., Nicolussi, K., Oeggl, K., Pernicka, E., Prast, M., Schibler, J., Schneider, I., Stadler, H., Stöllner, T., Tomedi, G., Tropper, P. (Hrsg.), *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies: Proceedings for the 1st Mining in European History-Conference of the SFB-HiMAT*, 12.–15. November 2009, Innsbruck, 297–313 S., Innsbruck University Press, Innsbruck.

STÖLLNER, T. & SCHWAB, R., 2009: Hart oder weich? Worauf es ankommt! Pickel aus dem prähistorischen Bergbau in den Ostalpen. – *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien*, 139: 149–166.

THOMAS, P., 2014: Copper and Gold – Bronze Age Ore Mining in Transylvania. – *APULUM*, 51: 177–193.

THOMAS, P., 2018: Studien zu den bronzezeitlichen Bergbauhölzern im Mitterberger Gebiet. *Forschungen zur Montanlandschaft Mitterberg 1. Der Anschnitt*, Beiheft 38. – Verlag Marie Leidorf, Bochum.

Bergbau im Bernstein-Rechnitzer-Fenster, Burgenland, A

Chalcopyrite and antimony from the Bernstein-Rechnitzer-Fenster – The easternmost mining area of Austria

→ Manuela Thurner, BA

Dr. Ludwig-Leser-Straße 2, 7022 Schattendorf, manuelathurner@hotmail.com

Europaweit gelten die Ostalpen in Bezug auf den prähistorischen, mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Bergbau als am besten erforscht. Die in Österreich zu lokalisierenden Abbaue erstrecken sich von Tirol über Salzburg (Hochkönig) bis in die Steiermark und das südöstliche Niederösterreich. Bislang fast gänzlich unerforscht ist das östlichste Kupfererzrevier im Burgenland (Herdits, 2017)

Das „Bernstein-Rechnitzer-Fenster“, der östlichste Ausläufer der Ostalpen, ist eine – geologisch betrachtet – sehr alte Formation des Penninikums, welche sich vom südöstlichen Niederösterreich (Bereich Hochneukirchen, Maltern, Ungerbach) über die burgenländischen Bereiche von Bernstein, Schlaining bis nach Rechnitz

und Velem (Komitat Vas) in Ungarn zieht. Der geologische Aufbau ist hier gänzlich anders als weiter westlich, die Erze sind weder an Grauwacke noch an Dolomit, sondern an den sehr seltenen Serpentin und seine Störungszonen gebunden. Diese Eigenheit sollte eindeutig andere bzw. ältere Isotopen als in den Alpen aufweisen und Erze sowie Fertigprodukte zuordenbar machen (Pernicka, 1990). Ein weiterer, dieser Formation zugehöriger Ausläufer findet sich im Südburgenland um den Csaterberg (Kohfidisch) und die Gemeinden Badersdorf bis Schandorf. Innerhalb dieses Gebirgszuges sind Kupferkiesvererzungen, Antimonitvorkommen, Eisenopale und zahlreiche Sekundärminerale wie Malachit oder Azurit beschreibbar (Huber & Huber, 2009).

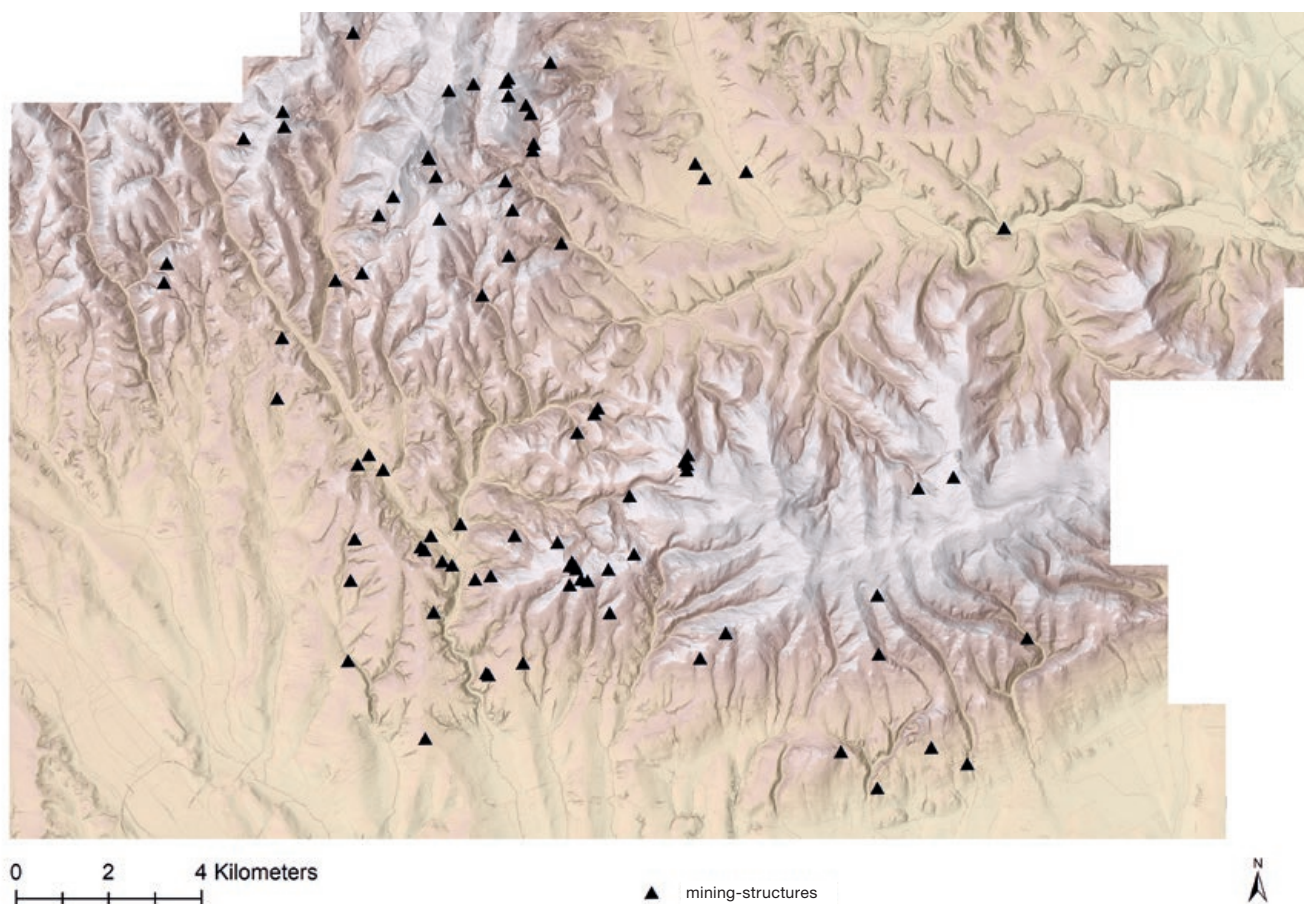


ABB. 1: Verteilung der Bergbaustrukturen
FIG. 1: Distribution of the mining structures

Fundgeschichtlich lässt sich die Nutzung der Rohstoffe im Bernstein-Rechnitzer-Fenster ab der Bronzezeit an den Funden von Velem St. Vid nachweisen. Weiters weist die La-Tène-zeitliche „Fibel vom Typ Velem“ regelhaft Sb-Gehalte von bis zu 20% auf. Schon der Verfasser der Forschungen von Velem, Kalman Miske, erwähnte 1908 die Lagerstätten von Schlaining und Umgebung als Rohstoffquelle für die Fundstücke welche er bearbeitete. Besonders seine Bemerkung zu den „Antimonbronzen“, einer Legierung aus Kupfer und Antimon anstatt Zinn, wonach das Rohmaterial aus dem Bernstein-Rechnitzer-Fenster stammen könnte ist bemerkenswert (Miske, 1908). Durch die Aushebung zahlreicher Altfunde und Fundberichte aus dem Burgenland konnte die Theorie Miske's auf Grund mehrerer Fundstücke untermauert werden. Eine durch den Fund eines Griffzungmessers in die Urnenfelderzeit datierte Halde im Bereich Redlschlag (Haubner et. al., 2020); ein Gusskuchen mit hohem Antimongehalt aus Velem (Herdits et. al., 2020) sowie bronzezeitliche Funde aus dem Bereich Habich/Ungerbach zeugen von bronzezeitlichen Bergbauaktivitäten. Der Bereich um Ungerbach und Redlschlag wird auch von Josef Hampl (ehem. Landesarchäologe von Niederösterreich) in einer Publikation von 1976 als mögliche Bergbau- und Verhüttungsregion angesprochen (Hampl, 1976).

Das Gebiet um den Csaterberg ist auf Grund seiner Mineralienvorkommen bereits seit den 1930er Jahren im Fokus der archäologischen Rohstoffforschung. Neben den Eisenvorkommen in Form von Eisenopalen im Bereich des Hoch- und Kleinsater sind die Kupfer- und Kupfersekundärminerale, welche in den Steinbrüchen von Burg und Badersdorf nachgewiesen wurden, ein Indiz für die Nutzung der Rohstoffe in der Eisenzeit. Der Heimatforscher Josef Polatschek, welcher über 1000 Fundstellen im Burgenland ausfindig machte und dokumentierte, kartierte einen Verhüttungsplatz östlich des Csaterberges und barg zahlreiche Schlacken und Ofenfragmente (Ortsakte Kohfidisch). Funde römischer Gezähe geben Hinweise, ähnlich wie die an den Höhenwegen gelegenen römischen Grabhügel innerhalb des Bernstein-Rechnitzer-Fensters, auf Aktivitäten in den ersten Jahrhunderten nach Christus (Verwahrt im Felsenmuseum Bernstein).

Ab dem 14. Jahrhundert n. Chr. finden sich schriftliche Quellen zu den herrschaftlichen Bergbauaktivitäten in der Region. Der Bergbau in der Herrschaft Bernstein wurde von Harald Prickler in seiner Dissertation bearbeitet (Prickler, 1960). Beinahe alle nachfolgenden Arbeiten stützen sich auf Pricklers Werk. So auch die Arbeit von Albert Schuch, welcher Pricklers Werk um die neuzeitlichen Belege und Erkenntnisse erweiterte. Während Prickler sich auf die Herrschaft Bernstein bezog, bearbeitete Schuch das gesamte Südburgenland (Schuch, 2000).

Obwohl das Gebiet bereits geologisch, historisch und zum Teil mineralogisch untersucht wurde, fehlte bis dato eine umfassende archäologische Aufnahme des Untersuchungsraumes. Mit der Fertigstellung der Masterarbeit „Archäologische Spurensuche betreffend Bergbauaktivitäten im Bernstein-Rechnitzer-Fenster, Südburgenland“ von Manuela Thurner wurde eine archäologische Arbeit geschaffen, welche erstmals den archäologischen Fokus auf das Gebiet lenkt. Durch die Erfassung der Bergbaustrukturen konnten einzelne Befundbereiche kartiert und interpretiert werden (Fig. 1). Im Zuge der hauptsächlich topografischen Arbeit wurden von der Verfasserin auch zahlreiche Fundstücke aus dem Depot des Landesmuseums ausgehoben und erste Begehungen durchgeführt.

Um die Forschungen in der Bergbauregion zu erweitern, sind umfassende Begehungen, Prospektionen, Grabungen und archäometallurgische Forschungen am VIAS-Vienna Institute for Archaeological Science, Universität Wien bereits am Laufen. Dadurch soll ein detailliertes Bild des östlichsten Bergbaureviers der Ostalpen erstellt werden.

LITERATUR:

- HAMPL, F., 1976: Die bronzezeitliche Kupfergewinnung. – In: NÖ, Forschungsstand Ende 1974 und Aufgaben, Das Experiment in der Urgeschichte. *Archaeologia Austriaca*, Beiheft, 14: 58–67.
- THURNER, M., HAUBNER, R., HERDITS, H. & STROBL, S. 2020: Ein bronzenes Griffzungmesser aus dem Burgenland. - *Berg Hüttenmännische Monatshefte* (2020). url: <https://doi.org/10.1007/s00501-020-00982-3>.
- THURNER, M. HERDITS, H., HAUBNER, R. & STROBL, S. 2020: Ein Kupfergusskuchen mit hohem Antimongehalt aus Velem/Westungarn. – *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte*, 165: 453–460.
- HERDITS, H., 2017: Die ostalpine bronzezeitliche Kupfererzeugung im überregionalen Vergleich am Grundbeispiel eines Hüttenplatzes in Mühlbach/Sbg., Dissertation Universität Wien, Wien
- MISKE, K., 1908: Die prähistorische Ansiedlung Velem St. Vid, Band I, Beschreibung der Raubbaufunde, Wien. Ortsaktenarchiv der Burgenländischen Landesmuseen, Ortsakte Kohfidisch.
- PERNICKA, E., 1990: Gewinnung und Verbreitung der Metalle in prähistorischer Zeit. – *Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz*, 37: 99–105
- PRICKLER, H., 1960: Die Geschichte der Herrschaft Bernstein. – *Burgenländische Forschungen*, 41, Eisenstadt.
- SCHUCH, A., 2000: Zur Geschichte des Bergbaues im südlichen Burgenland. – *Burgenländische Forschungen*, 81.

Produzenten, Händler oder Konsumenten?

Die Buntmetallzirkulation im Spiegel bronzezeitlicher Siedlungen in den Zentralalpen

Producer, trader or consumer?

Copper and Bronze Circulation in the Mirror of Bronze Age Settlements in the Central Alps

→ Leandra Reitmaier-Naef¹, Thomas Reitmaier², Martin P. Schindler³

¹ Deutsches Bergbau-Museum Bochum, Montanarchäologie

² Archäologischer Dienst Graubünden

³ Kantonsarchäologie St. Gallen

Das Projekt «Missing Link» (vgl. Reitmaier-Naef et al., 2020) widmet sich der kaum erforschten Schnittstelle zwischen der primären und sekundären Kupfermetallurgie und deren räumlicher, wirtschaftlicher sowie kulturgeschichtlicher Einordnung. Als übergeordneter Bezugsrahmen dient dabei die transalpine Nord-Süd-Achse zwischen dem Bodensee und dem Comersee während der Bronzezeit, mit einem Fokus auf das inneralpine Gebiet Graubündens sowie das nördlich anschließende St. Galler Alpenrhein- bzw. Seeztal.

KONTEXT

Während der Frühbronzezeit finden sich im südlichen Alpenrheintal bereits permanente Siedlungen (zuletzt Heeb 2012), für das inneralpine Gebiet muss jedoch noch von einer saisonalen, ressourcen-orientierten Landschaftsnutzung in endneolithischer Tradition ausgegangen werden (Della Casa, 2000a; Della Casa, 2000b; Kienlin & Stöllner, 2009; Reitmaier, im Druck). Dieses sporadische Zugriffsmuster schlägt sich auch in der rituellen Aneignung des Raumes durch Deponierungen von stark individuellem, sporadischem Charakter nieder (Ballmer, 2015; Ballmer, 2017). Ihren deutlichsten Ausdruck findet diese rituelle Praxis in der Deponierung von Beilen/Beilgruppen des Typs Salez im Alpenrheintal (vgl. Bill, 1977; Bill, 1996; Kienlin, 2006). Ein Phänomen, das nicht bis ins inneralpine Gebiet reichte und deshalb wohl mit einer frühen und lokalen Phase der Kupfergewinnung in Zusammenhang steht.¹ Als Rohstoffquelle dieses spezifischen «Singener Kupfers»² käme der Mürtchenstock im Hinterland der Sarganserländer Siedlungskammer in Frage, wo reiche, leicht zu verarbeitende Bornit-Covellin-Vererzungen anstehen (Bächtiger, 1963; von Arx, 1992; Schindler, 1988).

Am Übergang zur Mittelbronzezeit zeichnet sich im zentralalpinen Gebiet dann eine zunehmende Konsolidierung der menschlichen Präsenz ab. In den meisten Tälern entsteht ein Netz ganzjähriger, oft befestigter Siedlungen an spezifischen topographischen Lagen. Die Subsistenzstrategie scheint überall

auf einer Kombination aus kleinräumigem Ackerbau und extensiver Viehzucht mit saisonaler Hochweidewirtschaft zu basieren (Della Casa, 2000a; Della Casa, 2000b; Reitmaier, im Druck). Dass daneben auch die Nutzung bzw. Verarbeitung von Kupfererzen fallweise Bestandteil der Wirtschaftsstrategie war, legt das beinahe regelhafte Auftreten von Rillenschlägeln und anderen metallurgischen Steingeräten nahe. In dieser Zeit zeichnet sich schliesslich auch ein Ausbau transalpiner Handelsnetzwerke nach Süden und Osten ab, wie Fremdformen und Importfunde verschiedentlich belegen (Primas, 1977; Rageth, 1986; Wyss, 2002). Gleichzeitig zeigt das keramische Spektrum inneralpiner Prägung klare Bezüge zum nördlichen Alpenvorland (Jecker, 2015). Dass der Alpenrhein-Seeztal- (Wasser-)Weg spätestens in der beginnenden Mittelbronzezeit als Kommunikationsachse fungierte, über den auch metallurgische Technologien (und Rohstoffe?) von den Zentralalpen bis an den Zürichsee transferiert wurden, legen Funde aus Savognin-Padnal, Maladers-Tummihügel sowie Rapperswil-Technikum besonders exemplarisch nahe: An allen drei Plätzen wurden derselbe alpine Rasierrmessertyp oder dessen Gussform, vermeintliche «Schalensteine» (Pochplatten) und Rillenschlägel bzw. Pochsteine geborgen (Gredig, 1979; Rageth, 1986; Schmidheiny, 2010; Abb. 1 und 2).

Im Verlaufe der Spätbronzezeit schlägt sich schliesslich eine wirtschaftliche Intensivierung in der Spezialisierung einzelner Kleinräume nieder. Vielerorts scheint eine gezielte Überproduktion von lokal verfügbaren oder herstellbaren Ressourcen wie Salz, Kupfer, Fleisch oder Milchprodukten stattgefunden zu haben (Primas, 2009; Reitmaier & Kruse, 2019; Reitmaier, im Druck). Diese Diversifizierung schlägt sich auch in einer räumlichen Neustrukturierung der Siedlungslandschaft nieder: Im Churer Alpenrheintal finden sich etwa neu auch vergleichsweise grossflächige Siedlungen mit handwerklicher Prägung (z.B. Rageth, 1985; Rageth, 1993; Seifert, 2000). Verschiedene metallurgische Überreste und Gerätschaften lassen hier – an verkehrsgeographisch günstiger Lage – eine Etablierung spezialisierter Metallhandwerks vermuten.

Dass diese wirtschaftlichen Veränderungen auch mit einschneidenden gesellschaftlichen Umwälzungen einhergingen,

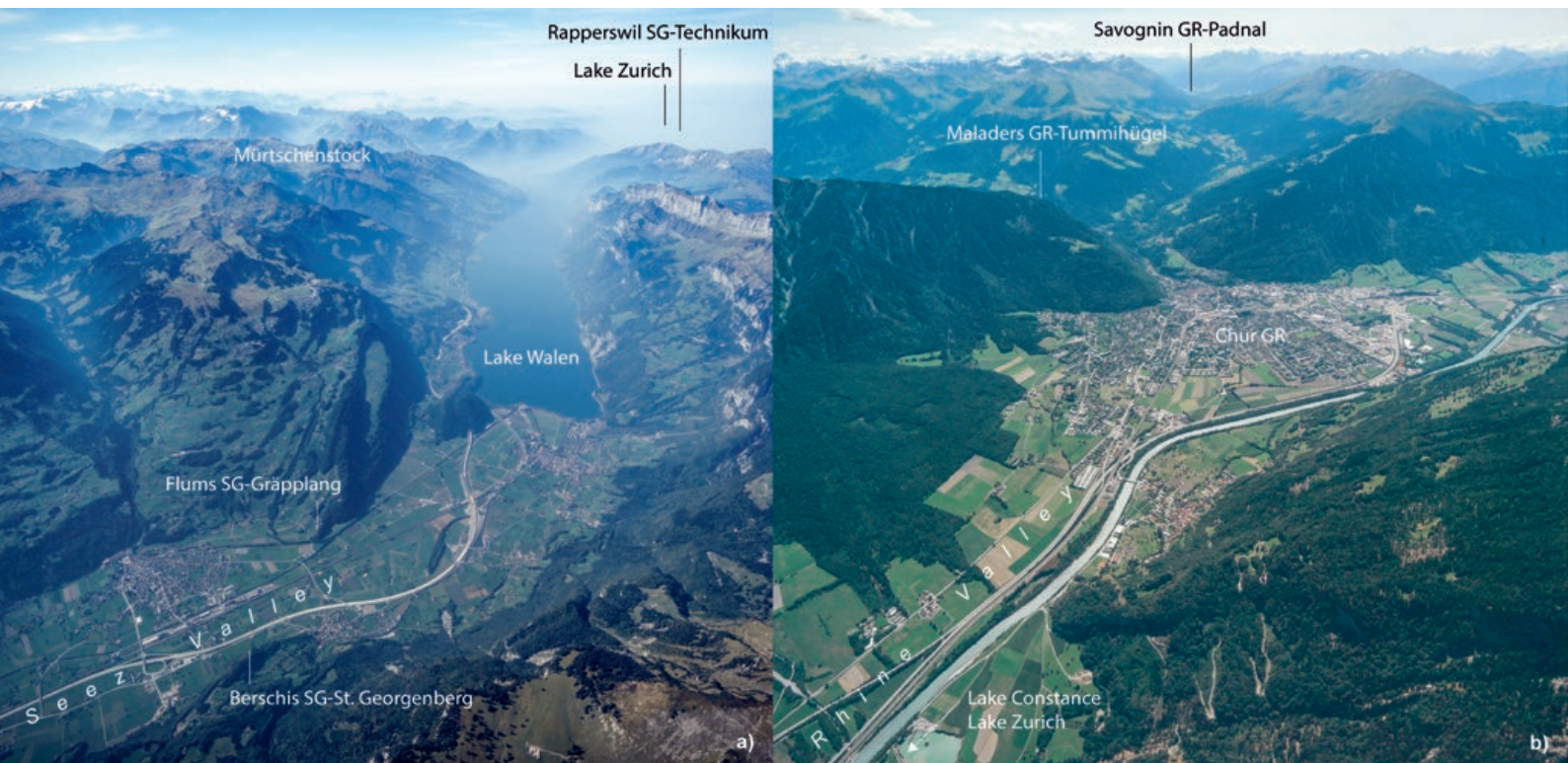


ABB. 1: a) Blick ins Seeztal nach Osten in Richtung Walensee, Zürichsee und Mürtchenstock (Kupfererzvorkommen), im Vordergrund bronzezeitliche Siedlungen. b) Blick auf Chur (GR) nach Süden, inneralpine Bronzezeit-Siedlungen mit Funden von Rasiermessern des Typs Padnal im Hintergrund. Ill.: L. Reitmaier-Naef; Photos: ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv/Stiftung Luftbild Schweiz / Fotograf: Swissair Photo AG / LBS_R1-863031 and LBS_R2-060039 / CC BY-SA 4.0.

FIG. 1: a) View into the Seez Valley to the east towards Lake Walen, Lake Zurich and the Mürtchenstock mountain (copper mineralisations). Bronze Age Settlements in the foreground. b) View of Chur GR to the south, inner-Alpine Bronze Age settlements (find spots of razors type Padnal) in the background. Ill.: L. Reitmaier-Naef; Photos: ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv/Stiftung Luftbild Schweiz / Fotograf: Swissair Photo AG / LBS_R1-863031 and LBS_R2-060039 / CC BY-SA 4.0.

verdeutlichen Änderungen in der rituellen Praxis. Dezentrale Deponierungen werden zunehmend durch eine räumlich kontinuierliche, kollektive Ritualpraxis in Form früher Protoheiligtümer (Brandopferplätze) abgelöst. Dies scheint auch Ausdruck einer veränderten Wahrnehmung von Territorialität zu sein und damit auf eine gezielte (politische?) Kontrolle von sozialen und wirtschaftlichen Ressourcen hinzudeuten (Ballmer 2017; Reitmaier, im Druck).

Die Ausbreitung der Laugen-Melaun-Gruppe dürfte wesentlich zu diesen sozioökonomischen Umwälzungen beigetragen haben, wobei die genaue Ausprägung und die wirtschaftlichen wie gesellschaftlichen Auswirkung dieses Phänomens einer differenzierten Betrachtung bedürfen. Es gilt insbesondere den verschiedentlich geäußerte Verdacht, dass sie auch wesentlich für den Buntmetallhandel und die Verbreitung von spezialisiertem Bergbau- und Metallurgie-Know-How war (Marzatico, 2012; Bellintani, 2014; Stöllner, 2016; Koch Waldner, 2019), am hier interessierenden, nordwestlichen Rand ihres Einflussgebiets kritisch zu prüfen.

METHODEN

Um ein möglichst übergreifendes Verständnis der Rohstoffzirkulation in diesen Perioden zu erhalten, finden neben den publiziert verfügbaren Daten auch verschiedene Bestände an Primärquellen (Funde; Archiv) Eingang in die Untersuchung. Dies gilt insbesondere für nicht oder nur unzureichend berücksichtigte

Fundgattungen wie Steingeräte der primären und/oder sekundären Metallurgie sowie Abfallprodukte metallurgischer Prozesse aus Siedlungskontexten. Diese sowie weitere Funde wurden bereits einer ersten archäologischen Materialstudie sowie einem archäometallurgischen «Screening» mittels pXRF-Analysen unterzogen, um «verdächtige» Steingeräte mit metallurgischen Verarbeitungsprozessen in Verbindung zu bringen, die makroskopisch nur schwer bestimmbar Abfallprodukte einer korrekten Ansprache zu unterziehen (Kupfer, Bronze?) und gezielt Probenmaterial für weiterführende geochemische Analysen (Provenienzfragen) zu selektieren. Die vorläufigen Ergebnisse dieses «Screenings» sollen in diesem Paper vorgestellt werden.

Ergänzt wird diese Datengrundlage durch eine gezielte Beprobung (Geländebegehungen, mineralogische Sammlungsbestände) nicht oder nur unzureichend charakterisierter Rohstoffvorkommen im Einzugsgebiet ausgewählter Siedlungen, um auch bislang unbekannt Rohstoffsignaturen berücksichtigen zu können.

Das primäre Ziel besteht darin, einzelne Fundstellen, Fundstellengruppen oder Landschaftsbereiche hinsichtlich ihrer Funktion(en) in der Verarbeitungskette der bronzezeitlichen Buntmetallurgie einer differenzierten Ansprache nach dem Schema Gewinnung – Verarbeitung – Distribution – Konsumption zu unterziehen.



ABB. 2: Rillenschlägel aus der bronzezeitlichen (Bergbau-?)Siedlung Maladers-Tummihügel (GR). Foto: L. Reitmaier-Naef, DBM.

FIG. 2: Grooved Hammerstones from the Bronze Age (mining?) settlement Maladers GR-Tummihügel. Photo: L. Reitmaier-Naef.

ANMERKUNGEN

- 1 Dass es sich dabei eher um einen extensiven, saisonalen Zugriff, denn um eine gezielte, intensive, marktwirtschaftlich motivierte und durch voralpine Eliten kontrollierte Rohstoffgewinnung (Krause, 2002) handelte, haben Kienlin & Stöllner (2009) ausführlich diskutiert.
- 2 Nach dem Gräberfeld in Singen-Hohentwiel (D) benannte, frühbronzezeitliche Fahlerzkupfer-Signatur mit Nickel (vgl. Krause, 1988).

BIBLIOGRAPHIE

- BÄCHTIGER, K., 1963: Die Kupfer- und Uranmineralisationen der Müritschenalp. – Beiträge zur Geologie der Schweiz, geotechnische Serie, Lieferung 38. 114, Kümmerly & Frey, Bern.
- BALLMER, A., 2015: Topografie bronzezeitlicher Deponierungen. Fallstudie Alpenrheintal. – UPA, 278. 142, Habelt, Bonn.
- BALLMER, A., 2017: Ritual Practice and Topographic Context. Considerations on the Spatial Forms of Memory in the Central Alps During the Late Bronze Age. – In: Bernbeck R., Hofmann K.P. & Sommer U. (Hrs.): Between Memory Sites and Memory Networks. New Archaeological and Historical Perspectives. Berlin Studies of the Ancient World, 45. [E-book], Edition Topoi, Berlin. DOI 10.17171/3-45
- BELLINTANI, P., 2014: Baltic Amber, Alpine Copper and Glass Beads from the Po Plain. Amber Trade at the Time of Campestrin and Frattesina. – Padusa, 50: 111–139.
- BILL, J., 1977: Zum Depot von Salez. – JberVgFrankf, 1977: 201–206.
- BILL, J., 1996: Die Bronzebeile von Salez. Das 1883 gefundene Depot aus der Frühbronzezeit. – Werdenberger Jahrbuch 10 (1997): 247–261.
- DELLA CASA, PH., 2000a: Mesolcina prähistorica. Mensch und Naturraum in einem Bündner Südalpental vom Mesolithikum bis in römische Zeit. – UPA, 67. 192, Habelt, Bonn.
- DELLA CASA, PH., 2000b: Eckdaten der prähistorischen Besiedlung der Alpen, mit Augenmerk auf das Misox und die Zentral- und Südalpen. – In: de Marinis R.C. & Biaggio

Simona S. (Hrsg.): I Leponti. tra mito e realtà. Raccolta di saggi in occasione della mostra, Bd. 1, 79–92, A. Daddò, Locarno.

- GREDIG, A., 1979: Die ur- und frühgeschichtliche Siedlung am Tummihügel bei Maladers. – AdS 2 (2): 69–74.
- HEEB, B. S., 2012: Das Bodenseerheintal als Siedlungsraum und Verkehrsweg in prähistorischen Epochen. Eine siedlungsarchäologische Untersuchung. – Frankfurter Archäologische Schriften, 20. 393, Habelt, Bonn.
- JECKER, D., 2015: Die Zentralalpen als bronzezeitlicher Interaktionsraum. – Archäologie Graubünden 2: 131–160.
- KIENLIN, T., 2006: Ergebnisse einer metallographischen Untersuchung an Beilen des frühbronzezeitlichen Depots von Sennwald SG-Salez. – JbSGUF 89: 189–201.
- KIENLIN, T.L. & STÖLLNER, TH., 2009: Singen Copper, Alpine Settlement and Early Bronze Age Mining. Is There a Need for Elites and Strongholds? – In: Kienlin T.L. & Roberts B. (Hrsg.): Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway. UPA, 169. 67–104, Habelt, Bonn.
- KOCH WALDNER, TH., 2019: Prähistorische Siedlungen und Bergbauspuren im Ortlergebiet. Bergbau an einem Verkehrsknotenpunkt der Zentralalpen. – In: Hye S. & Töchterle U. (Hrsg.): UPIKU:TAUKE. Festschrift für Gerhard Tomedi zum 65. Geburtstag. UPA, 339. 275–286, Habelt, Bonn: 275–286.
- KRAUSE, R., 1988: Die endneolithischen und frühbronzezeitlichen Grabfunde auf der Nordstadterrasse von Singen am Hohentwiel. Die Grabfunde von Singen, 1. – FBerBadWürt, 32. 350, Theiss, Stuttgart.
- KRAUSE, R., 2002: Sozialstrukturen und Hierarchien. Überlegungen zur frühbronzezeitlichen Metallurgiekette im süddeutschen Alpenvorland. – In: Müller J. (Hrsg.): Vom Endneolithikum zur Frühbronzezeit. Muster sozialen Wandels? (Tagung Bamberg 14.–16. Juni 2001). UPA, 90. 45–59, Habelt, Bonn.
- MARZATICO, F., 2012: La Cultura di Luco/Laugen, aggiornamenti e problemi aperti. – In: Angelini A. & Leonardi G. (eds.): Il castelliere di Castel de Pedena. Un sito di frontiera del II e I millennio a.C. Atti del Convegno: Sabato 6 giugno 2009. Saltuarie del Laboratorio del Piovego, 9. 177–204, Evidenzia, Belluno.

- PRIMAS, M., 1977: Die Bronzefunde vom Montlingerberg (Kanton St. Gallen). Ein Beitrag zur Frage des prähistorischen Verkehrs. – In: Frei O.H. (Hrsg.): Festschrift zum 50jährigen Bestehen des Vorgeschichtlichen Seminars Marburg. Marburger Studien zur Vor- und Frühgeschichte, 1. 107–127, Kempkes, Gladenbach.
- PRIMAS, M., 2009: Nicht nur Kupfer und Salz. Die Alpen im wirtschaftlichen und sozialen Umfeld des 2. Jahrtausends. – In: Bartelheim M. & Stäubli H. (Hrsg.): Die wirtschaftlichen Grundlagen der Bronzezeit Europas, 189–211, Marie Leidorf, Rahden.
- REITMAIER, TH., im Druck: Fiaavè, Rendena, Laugen-Melaun – Ein Beitrag zur prähistorischen Alpwirtschaft im Ost- und Zentralalpenraum. – *Germania*, 98.
- REITMAIER, TH. & KRUSE K. 2019: Vieh-Weide-Wirtschaft. Ein Modell zur Tragfähigkeit bronzezeitlicher Siedlungen im Alpenraum. – *Prähistorische Zeitschrift*, 92 (2): 265–306.
- REITMAIER-NAEF L., REITMAIER TH. & SCHINDLER M. P., 2020: Dynamic Resourcescapes. Bronze Age metal exploitation, production and distribution in the Central Alps. – *Metalla Sonderheft* 10: 119–126.
- RAGETH, J., 1985: Spätbronzezeitliche Siedlungsreste aus Domat/Ems. – *Bündner Monatsblatt*, 1986: 269–304.
- RAGETH, J., 1986: Die wichtigsten Resultate der Ausgrabungen in der bronzezeitlichen Siedlung auf dem Padnal bei Savognin (Oberhalbstein GR). – *JbSGUF* 69: 64–103.
- RAGETH, J., 1993: Ur- und Frühgeschichte. Bronzezeit. – In: Stadt Chur (Hrsg.): Von den Anfängen bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts. *Churer Stadtgeschichte*, Bd. 1, 70–82, Verlag Bündner Monatsblatt, Chur.
- SCHINDLER, M. P., 1988: De Glaronia antiquissima. Gründliche Beschreibung der geographischen, klimatischen, namentkundlichen und historischen Bedingungen für eine frühe Besiedlung der prä- und protohistorischen Alterthumen des löbl. Landes Glarus. – Unpubl. Seminararbeit, Universität Zürich.
- SCHMIDHEINY, M., 2010: Die frühbronzezeitliche Inselsiedlung Rapperswil-Jona SG-Technikum. – *JbAS* 93: 101–122.
- SEIFERT, M., 2000: Das spätbronzezeitliche Grab von Domat/Ems – Eine Frau aus dem Süden? – *AdS* 23 (2): 76–83.
- STÖLLNER, TH., VON RÜDEN, C., HANNING, E., LUTZ, J. & KLUWE, S., 2016: The Enmeshment of Eastern Alpine Mining Communities in the Bronze Age. From Economic Networks to Communities of Practice. – In: Körlin G., Prange M., Stöllner Th. and Yalcin Ü. (Hrsg.): From Bright Ores to Shiny Metals. Festschrift for Andreas Hauptmann on the Occasion of 40 Years Research in Archaeometallurgy and Archaeometry. *Der Anschnitt, Beiheft* 29. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 210. 75–107, Marie Leidorf, Rahden.
- VON ARX, R. 1992: Das Kupferbergwerk Mürtshenalp. – 340, Baeschlin, Glarus.
- WYSS, R., 2002: Die bronzezeitliche Hügelsiedlung Cresta bei Cazis. Ergebnisse der Grabungen von 1943 bis 1970. – *Archäologische Forschungen*. 349, Schweizerisches Landesmuseum, Zürich.

RICHTLINIEN FÜR AUTOREN (MÄRZ 2021)

INHALT

Originalarbeiten aus dem Gesamtgebiet der Geologie des Alpenraumes mit regionalem Schwerpunkt auf den Alt-Tiroler Raum; Geologie im weiten Sinne, einschließlich der regionalen Petrographie, Mineralogie, Paläontologie, Tektonik, Lagerstättenkunde, Hydrogeologie, Ingenieurgeologie bis hin zur Geschichte der Geologie und archäologisch-geologischen Fragestellungen.

SPRACHE

Die Artikel können auf Englisch, Deutsch oder Italienisch eingereicht werden. Im Falle eines deutschen oder italienischen Textes sind eine englische Zusammenfassung und zusätzlich englische Bildunterschriften erforderlich.

FORMALE ANFORDERUNGEN

- Das Manuskript sollte einen dem Thema angemessenen Umfang haben, kann aber mit reichlich Bildmaterial illustriert und durch Tabellen und Karten im max. doppelseitigen Heftformat ergänzt sein.
- Für die **Gliederung** empfiehlt sich folgendes Schema: Titel (Deutsch oder Italienisch und immer Englisch), Autor(en), Adresse (oder Institut) der Autoren, Abstract (englisch), Keywords, 1. Einleitung, 2. Untersuchungsgebiet, 3. Material und Methoden, 4. Ergebnisse (bei Bedarf tiefergehende Hierarchie oder Zwischenkapitel), 5. Diskussion; Zusammenfassung, Dank, Literatur.
- Das **Abstract** (mit englischem Titel) sollte den Umfang von 200 Wörtern nicht überschreiten.
- **Keywords:** Sind im Anschluss an das Abstract zu stellen und in englischer Sprache zu verfassen. Empfohlen werden maximal 6 Keywords. Es sollen keine Wörter verwendet werden, die bereits im Titel aufscheinen
- **Textformat:** Word (.docx oder .odt), Times New Roman, Schriftgröße 12, Flattersatz. Weitere Formatierungen (insbesondere Absatzformatierungen, Unterstreichungen von Text) sind zu vermeiden. Davon ausgenommen sind Artnamen der Paläontologie, die *kursiv* und Autorennamen, die in Kapitälchen zu schreiben sind.
- Alle **Abbildungen, Karten, Tabellen** usw. sind in der Originalsprache des Artikels und englisch zu beschriften.
- **Literaturzitate:** Zeitschriften können abgekürzt (internationale Standardkürzel) oder ausgeschrieben werden (obliegt dem Autor, sollte aber innerhalb der Arbeit einheitlich sein). Zitate von Internetseiten müssen nachvollziehbar sein bzw. dem auf diesen Seiten vorgeschlagenen Zitiermodus entsprechen. Auch ist das Datum, an dem die Seite abgerufen wurde, anzugeben (siehe letztes Zitat-Beispiel unten).

Beispiele:

BOSELLINI A. & HARDIE A. L., 1973: Depositional theme of a marginal evaporite. *Sedimentology*, 20: 5–27.

WOPFNER H. & FARROKH F., 1988: Palaeosols and heavy mineral distribution in the Groeden Sandstone of the Dolomites. In: Cassinis G. (ed.), Permian and Permian-Triassic boundary in the South-alpine segment of the western Tethys and additional regional reports. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 34: 161–173.

WISSMANN H. L. & MÜNSTER G. GRAF VON, 1841: Beiträge zur Geognosie und Petrefactenkunde des südöstlichen Tirol's vorzüglich der Schichten von St. Cassian. Buchner'sche Buchhandlung, Bayreuth, 152 pp.

BALME B. E., 1995: Fossil in situ spores and pollen grains: an annotated catalogue. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 87(2–4): 81–323.

BENTON M. J., 2015: *Vertebrate Palaeontology*. 4th edition. Wiley Blackwell, West Sussex, 480 pp.

GIANOLLA P., MORELLI C., CUCATO M. & STORPAES C., 2018: Note Illustrative - Foglio 016 Dobbiaco, Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000. ISPRA, Roma.

GOLDENBERG G., 2001: Bronzezeitlicher Kupferbergbau in Nordtirol. url: <https://www.archaeologie-online.de/artikel/2001/thema-montanarchaeologie/bronzezeitlicher-kupferbergbau-in-tirol/> (abgerufen am 12.2.2021)

- **Abbildungen** sollten als .jpg-Datei, als PDF oder im TIFF-Format eingereicht werden. Auf eine entsprechende Schriftgröße in den Bildern und Grafiken ist zu achten, sodass sie bei allfälliger Verkleinerung der Originale noch gut lesbar ist. Feinmaschige Muster sind wegen möglicher Moiré-Effekte zu vermeiden. Geforderte Mindestauflösung: 300 dpi (in Druckgröße) bzw. 600 dpi bei Strichgrafiken. Abbildungen sollten eine Spalte (84 mm) oder zwei Spalten (172 mm) breit und maximal 251 mm lang sein. Kartenmaßstäbe bitte mit Messbalken kennzeichnen.
- Bei **Bildtafeln** sind die Einzelbilder unten rechts mit Großbuchstaben zu kennzeichnen und jeweils separat einzureichen (Vorschläge für Layout sind erwünscht). Die Endmontage erfolgt jedoch vom Layouter. Lesart von links oben nach rechts unten. Maßstabsbalken sind ins Original einzusetzen und werden bei Formatänderung somit mitverkleinert oder vergrößert.
- **Tabellen** sind als separate Word- oder Excel-Dateien zur Verfügung zu stellen.
- Das Manuskript ist als komplette **Digitalversion** abzugeben. Das heißt, es enthält alle Tabellen, Grafiken, Zeichnungen, Fotos und entsprechende Legenden und zwar dort, wo sie die Autoren platziert haben möchten. Diese müssen sich am Satzspiegel (Heftgröße DIN A4) orientieren (einspaltig, zweiseitig, ganz- oder doppelseitig); sie sind zusätzlich als getrennte Original-Dateien (u. a. Fotos mit originaler Auflösung) abzugeben. Faltafeln werden nicht akzeptiert.
- Es werden nur vollständig abgegebene und korrekt formatierte Manuskripte weiterbearbeitet.

MANUSKRIPTTANNAHME

Manuskripte können laufend an die Adresse geo.alp@naturmuseum.it eingereicht werden; Redaktionsschluss für den jeweiligen Jahresband ist Ende September des laufenden Jahres. Über die Annahme des Manuskriptes entscheidet das Redaktionskomitee nach fachlicher Prüfung und mithilfe externer Gutachter (peer-reviewing). Der Autor wird über die Annahme oder Ablehnung des Manuskriptes in Kenntnis gesetzt. Korrekturvorschläge der Gutachter werden dem Autor übermittelt. Das überarbeitete Manuskript ist raschestmöglich an den Schriftleiter (geo.alp@naturmuseum.it) zu senden. Der Autor erhält vor dem Abdruck eine Druckfahne für letzte Korrekturen (geringeren Ausmaßes!).

URHEBERRECHT

Mit der Manuskriptannahme geht das einmalige Publikationsrecht an den Herausgeber über.

FREIEXEMPLARE

Die Arbeiten der Geo.Alp werden als pdf-Dokument in die Homepage des Naturmuseums Südtirol gestellt und können von dort heruntergeladen werden www.natura.museum. Autoren/innen erhalten ein Exemplar des gedruckten Bandes kostenfrei.

HERAUSGEBER

Naturmuseum Südtirol
Bindergasse 1
39100 Bozen
Italien
Tel. +39 0471 412960
geo.Alp@naturmuseum.it

LINEE GUIDA PER GLI AUTORI (MARZO 2021)

CONTENUTI

Lavori originali nell'ambito della geologia dell'intera regione alpina con un focus regionale sull'area del Tirolo storico; Geologia in senso ampio che comprende Petrografia, Mineralogia, Paleontologia, Tettonica, Giacimenti Minerari, Idrogeologia, Geingegneria fino alla Storia geologica e i quesiti archeo-geologici.

LINGUA

Sono accettati articoli in lingua inglese, tedesca o italiana. Nel caso ci siano testi in tedesco o in italiano sono richiesti un riassunto in inglese e didascalie aggiuntive in inglese.

NORME REDAZIONALI

- Il Manoscritto deve avere una lunghezza adeguata all'argomento, può essere arricchito con materiale illustrativo e integrato con tabelle e mappe di formato massimo pari ad una doppia pagina del volume.
- Per la **struttura** si raccomanda di seguire il seguente schema: Titolo (sempre in tedesco o in italiano e inglese), Autore(i), Indirizzo degli autori (oppure il loro Istituto di appartenenza), Abstract (inglese), Keywords, 1. Introduzione, 2. Area di studio, 3. Materiali e metodi, 4. Risultati (se necessario suddividere ulteriormente in capitoli o utilizzare sottocapitoli), 5. Discussione; Riassunto, Ringraziamenti, Bibliografia.
- L'**abstract** (con titolo in inglese) non deve superare le 200 parole.
- **Keywords** sono da indicare alla fine dell'abstract in lingua inglese. Si consiglia di utilizzare al massimo 6 keywords. Non devono essere usate parole che compaiono nel titolo.
- Formato del testo: Word (.docx o .odt), Times New Roman, dimensione dei caratteri 12, allineamento a bandiera. Altri tipi di formattazione sono da evitare (in particolare formattazioni dei paragrafi, sottolineature del testo). Fanno eccezione i nomi delle specie paleontologiche che sono da scrivere in *corsivo* e i nomi degli autori che vanno scritti in Maiuscoletto.
- Tutte le **immagini**, mappe, tabelle, ecc. devono avere una didascalia nella lingua originale dell'articolo e in inglese.
- **Citazioni bibliografiche**: i nomi delle riviste possono essere abbreviati (abbreviazioni internazionali standard) o scritti per esteso (può decidere l'autore, ma va mantenuta l'uniformità all'interno del lavoro). Le citazioni dei siti web devono essere comprensibili e corrispondere alle modalità di citazione suggerite dal sito stesso. Deve essere riportata anche la data della consultazione del sito (vedi l'ultimo tra gli esempi di citazione riportati di seguito).

Esempi:

BOSELLINI A. & HARDIE A. L., 1973: Depositional theme of a marginal evaporite. *Sedimentology*, 20: 5–27.

WOPFNER H. & FARROKH F., 1988: Palaeosols and heavy mineral distribution in the Groeden Sandstone of the Dolomites. In: Cassinis G. (ed.), Permian and Permian-Triassic boundary in the South-alpine segment of the western Tethys and additional regional reports. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 34: 161–173.

WISSMANN H. L. & MÜNSTER G. GRAF VON, 1841: Beiträge zur Geognosie und Petrefactenkunde des südöstlichen Tirol's vorzüglich der Schichten von St. Cassian. Buchner'sche Buchhandlung, Bayreuth, 152 pp.

BALME B. E., 1995: Fossil in situ spores and pollen grains: an annotated catalogue. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 87(2–4): 81–323.

BENTON M. J., 2015: *Vertebrate Palaeontology*. 4th edition. Wiley Blackwell, West Sussex, 480 pp.

GIANOLLA P., MORELLI C., CUCATO M. & STORPAES C., 2018: Note Illustrative - Foglio 016 Dobbiaco, Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000. ISPRA, Roma.

GOLDENBERG G., 2001: Bronzezeitlicher Kupferbergbau in Nordtirol. url: <https://www.archaeologie-online.de/artikel/2001/thema-montanarchaeologie/bronzezeitlicher-kupferbergbau-in-tirol/> (consultato il 12/2/2021)

- Le **immagini** devono essere presentate come file .jpg, come PDF o in formato TIFF. Occorre accertarsi che la dimensione dei caratteri nelle immagini e nei grafici sia appropriata, in modo che siano ancora leggibili, nel caso di eventuali riduzioni di dimensione necessarie al momento della stampa. I motivi a maglie fini dovrebbero essere evitati a causa del possibile effetto Moirè. Risoluzione minima richiesta: 300 dpi (nel formato di stampa) o 600 dpi per le illustrazioni grafiche. Le immagini devono avere larghezza pari a una colonna (84 mm) o due colonne (173 mm) e lunghezza pari a 251 mm al massimo. Indicare la scala delle carte con barre di misurazione.
- In presenza di **tavole illustrate** le singole immagini devono essere contrassegnate con una lettera in maiuscolo in basso a destra e ciascuna deve essere presentata separatamente (Proposte di Layout sono ben accette). Il montaggio finale viene eseguito dal "layouter". La lettura parte dall'alto a sinistra verso il basso a destra. Le barre di misurazione sono da inserire nell'originale e verranno ridotte o ingrandite dalle eventuali variazioni di formato.
- Le **tabelle** devono essere presentate come file separati Word o Excel.
- Il manoscritto deve essere consegnato nella **versione digitale** completa. Ciò significa che deve comprendere tutte le tabelle, i grafici, i disegni, foto e relative legende inseriti nel testo dove gli autori vogliono che siano collocati. Questi devono comunque essere collocati entro i limiti dell'area di stampa (formato del volume DIN A4) (colonna singola, colonna doppia, pagina intera o su doppia pagina). Inoltre

essi vanno consegnati separatamente come file originali (comprese le foto con risoluzione originale). Tabelle piegate non verranno accettate.

- Saranno presi in considerazione solo i manoscritti consegnati in modo completo e in formato corretto.

ACCETTAZIONE DEL MANOSCRITTO

I manoscritti possono essere inviati in qualsiasi momento all'indirizzo geo.alp@naturmuseum.it; la scadenza editoriale per il rispettivo volume annuale è la fine del mese di settembre dell'anno corrente. Il comitato editoriale decide sull'accettazione del manoscritto in seguito a una valutazione scientifica con la collaborazione di un revisore esterno (peer-reviewing). Gli autori verranno informati riguardo all'accettazione o il rifiuto del loro manoscritto. Le proposte di correzione verranno inviate agli autori. Il manoscritto revisionato deve essere inviato al section editor il prima possibile (geo.alp@naturmuseum.it). Gli autori riceveranno una bozza per le ultime correzioni formali finali (di lieve entità!) prima della stampa.

DIRITTI D'AUTORE

Con l'accettazione del manoscritto il diritto di pubblicazione passa all'editore.

COPIE OMAGGIO

I lavori pubblicati verranno messi sulla homepage del Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige (www.natura.museum) come file pdf, dove potranno essere scaricati. Gli autori riceveranno gratuitamente una copia stampata del volume.

EDITORE

Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige
Via Bottai 1
39100 Bolzano
Italia
Tel. +39 0471 412960
geo.Alp@naturmuseum.it

AUTHOR GUIDELINES (MARCH 2021)

TOPICS

Original studies from the overall field of geology of the Alpine region with a regional focus on the area of historic Tyrol; geology in a broad sense, including regional petrography, mineralogy, paleontology, tectonics, deposit science, hydrogeology, engineering geology up to the history of geology and archaeological-geological issues.

LANGUAGE

Articles can be submitted in English, German or Italian. In case of German or Italian text, an English abstract and additional English captions are required.

FORMAL REQUIREMENTS

- The manuscript should be of an appropriate **size** for the topic but may be illustrated with abundant visual material and supplemented by tables and maps in a maximum double-page booklet format.
- The recommended **outline** is as follows: title (always German or Italian and English), author(s), address (or affiliation) of the authors, abstract (English), keywords, 1. introduction, 2. study area, 3. material and methods, 4. results (if necessary deeper hierarchy or intermediate chapters), 5. discussion; summary, acknowledgements, references.
- The **abstract** (with English title) should not exceed 200 words.
- **Keywords** are placed after the abstract and written in English. A maximum of 6 keywords is recommended. Words that already appear in the title should not be used.
- **Text format:** Word (.docx or .odt), Times New Roman, font size 12, flat type. Other formatting (especially paragraph formatting, underlining of text) should be avoided. Exceptions are species names, which are written in *italics*, and author names, which are written in Capitals.
- All **figures, maps, tables**, etc., must be labeled in the original language of the article and in English.
- **References:** Journals may be abbreviated (standard international abbreviations) or written out (is up to the author but should be consistent within the paper). Citations from Internet sites must be traceable or conform to the citation mode suggested in these pages. The date on which the page was accessed must also be given (see last citation example below).

Examples:

BOSELLINI A. & HARDIE A. L., 1973: Depositional theme of a marginal evaporite. *Sedimentology*, 20: 5–27.

WOPFNER H. & FARROKH F., 1988: Palaeosols and heavy mineral distribution in the Groeden Sandstone of the Dolomites. In: Cassinis G. (ed.), Permian and Permian-Triassic boundary in the South-alpine segment of the western Tethys and additional regional reports. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 34: 161–173.

WISSMANN H. L. & MÜNSTER G. GRAF VON, 1841: Beiträge zur Geognosie und Petrefactenkunde des südöstlichen Tirol's vorzüglich der Schichten von St. Cassian. Buchner'sche Buchhandlung, Bayreuth, 152 pp.

BALME B. E., 1995: Fossil in situ spores and pollen grains: an annotated catalogue. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 87(2–4): 81–323.

BENTON, M. J., 2015: *Vertebrate Palaeontology*. 4th edition. Wiley Blackwell, West Sussex, 480 pp.

GIANOLLA P., MORELLI C., CUCATO M. & STORPAES C., 2018: Note Illustrative - Foglio 016 Dobbiaco, Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000. ISPRA, Roma.

GOLDENBERG G., 2001: Bronzezeitlicher Kupferbergbau in Nordtirol. url: <https://www.archaeologie-online.de/artikel/2001/thema-montanarchaeologie/bronzezeitlicher-kupferbergbau-in-tirol/> (accessed on 12.2.2021)

- **Figures** should be submitted as .jpg files, as PDF or in TIFF format. Attention should be paid to an appropriate font size in the images and graphics so that they are still easily legible if the originals are reduced in size. Fine mesh patterns should be avoided due to possible moiré effects. Required minimum resolution: 300 dpi (in print size) or 600 dpi for line graphics. Illustrations may be one column (84 mm) or two columns (172 mm) wide and a maximum of 251 mm long. Please mark map scales with measuring bars.
- In the case of **image plates**, the individual images should be marked with capital letters at the bottom right and each submitted separately (suggestions for layout are welcome). The final assembly is, however, done by the designer. Reading from top left to bottom right. Scale bars should be inserted into the original, so they are reduced or enlarged when the format is changed.
- **Tables** should be provided as separate Word or Excel files.
- The manuscript must be submitted as a complete **digital version**. This means that it contains all tables, graphs, drawings, photos and corresponding captions placed where the authors prefer. These must be oriented to the type area (DIN A4) (single-column, double-column, full- or double-sided); they must also be submitted as separate original files (including photos with original resolution). Folded plates will not be accepted.

Only complete and correctly formatted manuscripts will be processed.

MANUSCRIPT ACCEPTANCE

Manuscripts can be submitted on an ongoing basis to geo.alp@naturmuseum.it. The editorial deadline for the respective annual volume is the end of September of the current year. The editorial board decides on the acceptance of the manuscript after professional examination and with the help of external reviewers (peer-reviewing). The author will be informed about the acceptance or rejection of the manuscript. Suggestions for corrections provided by the reviewers are sent to the author. The revised manuscript must be sent to the Editor (geo.alp@naturmuseum.it) as soon as possible. The author will receive a galley proof for final corrections (of minor extent!) before printing.

COPYRIGHT

With the acceptance of the manuscript, the one-time publication right is transferred to the editor.

FREE COPIES

The Geo.Alp articles will be placed as pdf-document on the homepage of the Museum of Nature South Tyrol (www.naturmuseum.it) and can be downloaded. Authors will receive a free copy of the printed volume.

PUBLISHER

Museum of Nature South Tyrol
Bindergasse 1
39100 Bolzano
Italy
Tel. +39 0471 412960
geo.Alp@naturmuseum.it

INHALTSVERZEICHNIS

Thomas Koch Waldner, Mathias Mehofer, Michael Bode: Prähistorische Schlacken und Erze aus dem Vinschgau – Geochemische und archäometallurgische Analysen	5-18
Programm / Program	19-22
Paolo Bellintani, Elena Silvestri, Michele Bassetti, Nicola Cappellozza, Nicola Degasperi, Franco Nicolis, Nicola Pagan, Mark Pearce: Prehistoric copper production in Trentino (Italy)	23-25
Umberto Tecchiati, Ivana Angelini, Caterina Canovaro, Gilberto Artioli: Metallurgy in the 3 rd and 2 nd millennium BC in South Tyrol and adjacent areas. Research and excavations of the Archaeological Heritage Office of the Autonomous Province of Bolzano-South Tyrol	27-28
Hanns Oberrauch: Kupfermetallurgie und Brandopfer am Felsenheiligtum Pigloner Kopf (Pfatten)	29-32
Armin Torggler, Roman Lamprecht, Bianca Zerobin: Prähistorischer Kupferbergbau im Ahrntal? Eine Spurensuche	33-34
Thomas Koch Waldner: Der „Missing Link“ des ostalpinen Kupferbergbaus Prähistorische Kupferproduktion im Vinschgau, Südtirol 31	35-38
Hubert Steiner: Siedlungsgeschichte der Bronzezeit im Vinschgau	39-40
Erica Hanning, Thomas Rose, Sabine Klein: Reconstruction of Copper Smelting Processes: Possibilities and Limitations	41-42
Thomas Koch Waldner, Mathias Mehofer, Michael Bode: Archäometallurgische Analysen an bronzezeitlichen Schlacken und Metallen aus dem Vinschgau – Produktion und Austauschnetzwerke	43-44
Caroline O. Grutsch, Joachim Lutz, Claudia Ginthart, Gert Goldenberg, Gerald Hiebel, Brigit Danthine: Nutzung verschiedener Kupfersorten im Spiegel prähistorischer Beile und Äxte aus Südtirol und dem Trentino	45-46
M. Mehofer, M. Gavranović, A. Kapuran: Interregional copper exchange and metal production during the 2 nd millennium BC in the western and central Balkans – a comparative view from Eastern Serbia	47-48
Thomas Stöllner: The alpine copper ore districts. Technical innovations and entanglement of alpine resource-scapes of the Bronze and Early Iron Age	49-50
Eva Neuber, Benedikt Horst: „Das ist doch noch gut!“ – Rohstoffmanagement und Recycling in der Erzaufbereitung	51-54
Markus Staudt, Gert Goldenberg, Roman Lamprecht, Manuel Scherer-Windisch & Bianca Zerobi: Neue Forschungen zum prähistorischen Kupferbergbau in Nordtirol	55-58
Rouven Turck, Leandra Reitmaier-Naef, Astrid Stobbe, Philippe Della Casa: Prähistorisches Bergbauprojekt im Oberhalbstein (GR) – Projektphase II	59-62
Jennifer Garner: Montanarchäologische Untersuchungen zum vorgeschichtlichen Kupferbergbau in der Mittelslowakei	63-64
Peter Thomas, Kerstin Kowarik, Hans Reschreiter: Tülle für Kupfer, Lappen für Salz? Überlegungen zu metallzeitlichen Pickelformen als Leitfossilien prähistorischer Bergbauaktivitäten	65-66
Manuela Thurner, BA: Bergbau im Bernstein-Rechnitzer-Fenster, Burgenland, A	67-68
Leandra Reitmaier-Naef, Thomas Reitmaier, Martin P. Schindler: Produzenten, Händler oder Konsumenten?	69-72
Richtlinien für Autoren – Linee guida per gli autori – Author guidelines	73-78