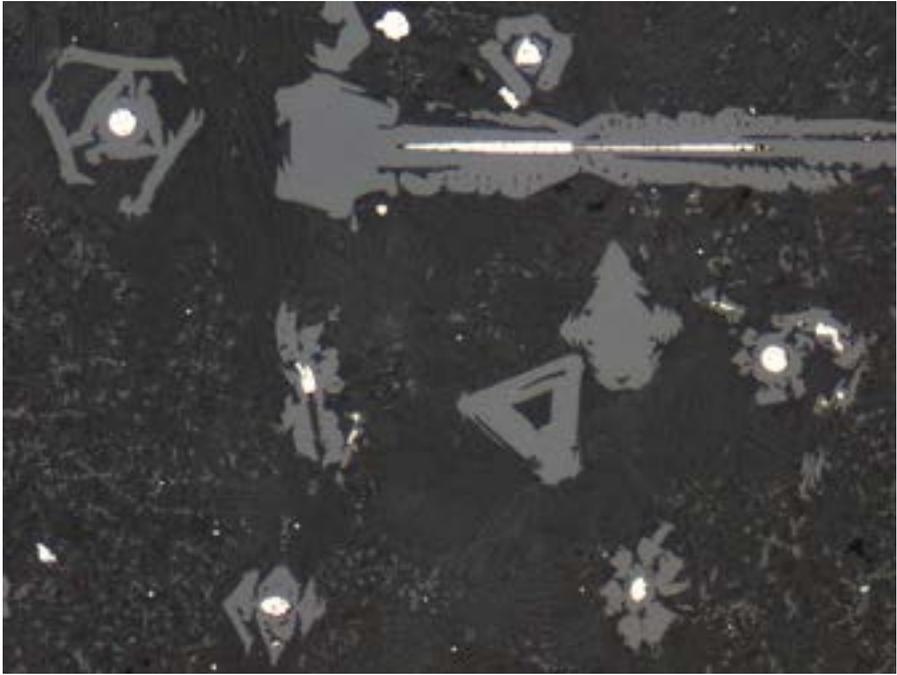


Die prähistorische Kupferproduktion im Oberhalbstein (Graubünden, Schweiz)

Leandra Reitmaier-Naef





Die prähistorische Kupferproduktion im Oberhalbstein (Graubünden, Schweiz)

Leandra Reitmaier-Naef



VML Verlag Marie Leidorf GmbH

Bochum 2022

Der ANSCHNITT. Beiheft 49
= Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Nr. 254

Die vorliegende Arbeit wurde von der Philosophischen Fakultät der Universität Zürich im Frühjahrssemester 2018 auf Antrag von Prof. Dr. Philippe Della Casa und Prof. Dr. Andreas Hauptmann als Dissertation angenommen.

Begutachtet durch

Prof. Dr. Philippe Della Casa, Universität Zürich

Prof. Dr. Andreas Hauptmann, Ruhr-Universität Bochum/Deutsches Bergbau-Museum Bochum

Umschlagbild

Blick auf die Landschaft des oberen, südlichen Abschnitts des Oberhalbsteins rund um den Marmoreraustausee.

(ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv / Fotograf: Bock, Franz / WIH_FLs15-281 / CC BY-SA 4.0; Bildbearbeitung: Deutsches Bergbau-Museum Bochum, P. Thomas).

Frontispiz

Mikroskopaufnahme einer Plattenschlacke aus dem Schmelzplatz Val Faller Plaz, die die Herstellung von metallischem Kupfer belegt (Foto: Universität Zürich/L. Reitmaier-Naef).

Die Open Access-Version dieser Publikation wird publiziert mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung.

© Text Leandra Reitmaier-Naef sowie Philippe Della Casa (Vorwort) und Andreas Hauptmann (Vorwort), 2022. Für die Einholung der Urheberrechte in Wort und Bild sowie der Materialnachweise in den genannten Bildunterschriften zeichnet die Autorin verantwortlich.

Herausgeber „Der Anschnitt, Beiheft“

Deutsches Bergbau-Museum Bochum

Am Bergbau-Museum 28

44781 Bochum

Editor-in-Chief: Prof. Dr. Thomas Stöllner

Editorial Management: Dr. Petra Eisenach

Redaktion/Lektorat

Bernd Lehnhoff, Dr. Petra Eisenach

Übersetzungen

ins Englische: Sandy Hämmerle,

ins Französische: Catherine Leuzinger-Piccand

Satz, Layout und Umschlaggestaltung

Rolf Krause, rolliarts, Dr. Petra Eisenach

ISBN 978-3-86757-043-5 (Print)

ISBN 978-3-96955-007-6 (Online)

ISSN 1616-9212 (Print)

ISSN 2749-6449 (Online)

DOI <https://doi.org/10.46586/DBM.202>



In Kommission bei

VML Verlag Marie Leidorf GmbH, Rahden/Westf.

Geschäftsführer: Dr. Bert Wiegel

Stellerloh 65 · D-32369 Rahden/Westf.

Tel: +49/(0)5771/ 9510-74

Fax: +49/(0)5771/ 9510-75

E-Mail: info@vml.de

Homepage: www.vml.de

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische
Daten sind im Internet über <http://dnd.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Univ. Zürich, Diss.; 2018.



Texte und Grafiken dieses Werkes stehen, sofern nicht anders
gekennzeichnet, unter einer Creative Commons
Namensnennung 4.0 International Lizenz.



Ministerium für
Kultur und Wissenschaft
des Landes Nordrhein-Westfalen



GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Meinen Eltern

Inhalt

Vorworte der Betreuer	11
Danksagung	15
1 Einleitung	17
1.1 Forschungsgeschichte	18
1.1.1 Alpenraum	18
1.1.2 Oberhalbstein	21
1.2 Forschungsfragen	22
2 Raum und Zeit	25
2.1 Naturraum	25
2.1.1 Geologie	27
2.1.2 Vererzungen	29
2.1.3 Erzprospektion	31
2.2 Kulturraum	43
2.2.1 Archäologischer Kontext	43
2.2.2 Historischer Bergbau im Oberhalbstein	45
2.3 Urgeschichtliche Montanlandschaft	46
2.3.1 Abbau	48
2.3.2 Aufbereitung	54
2.3.3 Schmelzen	56
2.3.4 Datierung	80
2.4 Zusammenfassung: Raum und Zeit	95
3 Schlacken – Typologie und Morphologie	97
3.1 Schlackentypologie	98
3.1.1 Schlackentypen Oberhalbstein	99
3.2 Fundauswertung	102
3.2.1 Fundbestand	102
3.2.2 Datenaufnahme	103
3.2.3 Makroebene	103
3.2.4 Mikroebene	111
3.3 Zusammenfassung: Schlacken – Typologie und Morphologie	121
4 Analytik	123
4.1 Methoden	123
4.1.1 Beprobung und Auswahl	123
4.1.2 Analytische Verfahren	128
4.2 Analytische Untersuchungen an Erzen	129
4.2.1 Mineralbestand	130
4.2.2 Geochemische Charakterisierung	139
4.2.3 Zusammenfassung: analytische Untersuchungen an Erzen	143

4.3 Analytische Untersuchungen an Schlacken.	144
4.3.1 Mineralbestand und Gefüge	145
4.3.2 Geochemische Charakterisierung.	161
4.3.3 Zusammenfassung: Analytische Untersuchungen an Schlacken.	168
4.4 Bleiisotopenanalysen an Erzen und Schlacken.	170
4.5 Diskussion der Resultate	172
4.5.1 Verknüpfung Vererzung – Schmelzplatz?	172
4.5.2 «Oberhalbsteiner Kupfer».	176
5 Prozess	181
5.1 Metallurgische Grundprozesse.	181
5.2 Forschungsdiskurs	182
5.3 Analogien und Experimente	185
5.3.1 Mabuki-Prozess	185
5.3.2 Nepal-Prozess.	186
5.3.3 Mitterberg-Prozess: Experimente	188
5.4 Der «Oberhalbstein-Prozess» – eine Rekonstruktion	191
5.4.1 Abbau	191
5.4.2 Aufbereitung	191
5.4.3 Schmelzen	192
6 Produktion – eine Synthese	199
6.1 Raum und Zeit	199
6.2 Prozess	202
6.3 Produktion	204
6.3.1 Erste Produktionsphase (Spätbronzezeit)	204
6.3.2 Zweite Produktionsphase (ältere Eisenzeit)	205
Zusammenfassung	207
Summary	211
Résumé.	215
Literatur	219
Tafeln	233
Anhang	297
A Verzeichnis der Vererzungen	297
A.1 Kupferführende Vererzungen	298
A.2 Andere Vererzungen	308
B Verzeichnis der archäologischen Fundstellen	313
B.1 Abbau	332
B.2 Schmelzen.	338
B.3 Siedlung.	379

B.4 Bestattung	382
B.5 Verdachtsflächen	383
B.6 Kontext	385
C Datentabellen Fundaufnahme	391
C.1 Datentabelle Haldenproben	391
C.2 Datentabelle Fundkomplexe	392
C.3 Datentabelle Fundobjekte	395
D Schlackenproben	419
D.1 Untere Talstufe	420
D.2 Obere Talstufe	424

Vorworte der Betreuer

Als im Jahre 2013 Kollegen der Universitäten von Innsbruck und Bochum an uns gelangten mit der Aussicht, sich an einem internationalen Projekt zur prähistorischen Kupfergewinnung in den Alpen zu beteiligen, bot sich die sehr willkommene Gelegenheit, das seit langem vermutete Kupferrevier des Oberhalbsteins (romanisch Surses) im Kanton Graubünden systematisch zu erforschen. Dieses Revier mit polymetallischen Vererzungen war einerseits aus neuzeitlichen historischen Quellen als Eisenproduktionsgebiet bekannt, andererseits hatte man bereits in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts anhand von Schlackenhaldden, einzelnen strukturellen Befunden und Tuyèrefragmenten eine prähistorische Kupferproduktion erschlossen. Mit Ausnahme solch punktueller Beobachtungen und einer ersten archiv- und literaturbasierten Befundzusammenstellung war das Produktionsgebiet aber nur sehr unvollständig bekannt und beschrieben. Insbesondere fehlten Nachweise für prähistorischen Erzabbau, technische Installationen der Verhüttung, Untersuchungen zur Prozesskette und ein datierendes Gerüst für die Quellensituation. Mit dem trinationalen D-A-CH-Projekt nun konnten die systematische Erforschung des frühen Bergbaus im Oberhalbstein und dazugehörige analytische Arbeiten in Angriff genommen werden, aber auch Grundlagen für den überregionalen Vergleich verschiedener Kupferreviere der östlichen Alpen geschaffen werden.

Der Bündner Projektteil, vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (SNF) und der Universität Zürich finanziert, und in enger Kooperation mit dem Archäologischen Dienst Graubünden (ADG) aufgegleist, wurde in mehrere Arbeitsbereiche unterteilt: Leandra Reitmaier-Naef, Doktorandin im Projekt, übernahm das Surveyteam, dessen Hauptaufgabe zunächst in der Überprüfung bereits bekannter und der Lokalisation neuer Abbau-, Verhüttungs- und Schlackenplätze lag. Rouven Turck, Projektleiter im Felde, leitete die Ausgrabungen und die Dokumentation ausgewählter Plätze, was als Lehrgrabungen mit Studierenden der Universität Zürich (UZH) durchgeführt wurde. Von Anfang an waren weitere Spezialistinnen und Spezialisten mit eingebunden, insbesondere Mathias Seifert und Monika Oberhänsli vom dendrochronologischen Labor des ADG, sowie Irka Hajdas vom Radiokarbonlabor der ETHZ. In den schwerpunktmäßig zwischen 2014 und 2019 durchgeführten Feldkampagnen konnte nicht nur eine beachtliche Zahl von Fundplätzen lokalisiert oder neu

entdeckt, dokumentiert, und teilweise ausgegraben werden, sondern vor allem auch die wichtige materielle Basis für die Dissertation von Leandra Reitmaier-Naef geschaffen werden, die hier nun in ihrer Vollständigkeit vorgelegt werden kann.

Die Datengrundlage besteht in erster Linie aus Erproben von dokumentierten Abbauen und aus Schlacken des Verhüttungsprozesses, also den wichtigsten Elementen der *chaîne opératoire* der Kupfergewinnung, die denn auch das Kernstück der Arbeit bildet. Mit Bezugnahme auf die Geologie und Vererzungen des Oberhalbsteins, die Grabungsbefunde (Röstanlagen, Öfen, Schlackenhaldden) und die Detailchronologie legt Leandra Reitmaier-Naef in ihrer vorzüglichen Arbeit eine detaillierte Typo-Technologie der Schlacken und eine Gesamtanalytik der Kupferverhüttung dar, auf deren Grundlage sie den «Oberhalbstein-Prozess», eine Variante des bekannten Mitterberg-Prozesses, definieren kann. Damit wird erstmals für den zentral-östlichen Alpenraum, in Ergänzung und Vergleich zu den Kupferrevieren am Mitterberg und im Inntal in Österreich, die weitgehend vollständige Prozessführung der Verhüttung chalkopyritischer Erze nachweis- und darstellbar. Dank der Spurenelement- und Bleiisotopenanalysen kann darüber hinaus das Fertigprodukt – das «Oberhalbsteiner Kupfer» – charakterisiert werden, und dies wohl gemerkt in Ermangelung von Rohkupferfunden, die im Unterschied zu vielen anderen Bergbaurevieren im Quellenbestand (noch) nicht vorhanden sind.

Als Überraschung kann gewertet werden, dass zwar ein Beginn der bergmännischen Aktivitäten in der Taltschaft in der Spätbronzezeit nachweisbar ist, der Hauptteil der absolutchronologischen Daten aus Abbauen, Schmelzplätzen und Schlackenhaldden jedoch in die ältere Eisenzeit fällt. Dies ist umso erstaunlicher, als diese Zeitphase, im Unterschied zur vorangehenden Bronzezeit, in den Siedlungsbefunden des Oberhalbsteins bislang nur sehr spärlich vertreten ist. Allerdings ist dies nur eine der vielen Fragen, die bezüglich der prähistorischen Kupferproduktion im Oberhalbstein – trotz der beachtlichen Ergebnisse des Gesamtprojektes und der großen Qualitäten der vorliegenden Arbeit – offenbleiben müssen.

Zürich, im Mai 2021
Prof. Dr. Philippe Della Casa
Universität Zürich
Institut für Archäologie

Diese Dissertation der Archäologin Frau Leandra Reitmaier-Naef ist eine interdisziplinär angelegte Arbeit, die sich mit der prähistorischen Kupfergewinnung befasst, vornehmlich mit der Untersuchung von Kupferlagerstätten, von Schlacken und anderen metallurgischen Abfallprodukten aus dem Gebiet des Oberhalbsteins in Graubünden, in der Schweiz. Die Interdisziplinarität bezieht sich in erster Linie auf die klassischen Methoden der Archäologie verbunden mit geowissenschaftlich-materialkundlichen Aspekten in diesem Themenbereich. Zum Verständnis der Funde werden aber auch Ergebnisse aus der experimentellen Archäologie und der Ethnographie herangezogen. Das, was diese thematisch ohnehin spannende Arbeit so interessant macht, ist also der vielfältige Ansatz, der über die reine Archäologie hinausgeht.

Wenn von Erzen die Rede ist, das hat Frau Reitmaier-Naef richtig erkannt, müssen speziell für die in der Montanarchäologie wichtigen Aspekte abgehandelt werden. Es geht in erster Linie darum, diejenigen Erze zu erfassen, die speziell in alter Zeit abgebaut worden sind, also solche, die nahe der Oberfläche verfügbar waren – und heute in der Regel bereits abgebaut sind. Das macht nicht nur eine kritische Durchsicht von historischen Bergbau-Quellen erforderlich, was z.B. bereits in der Habilitationsschrift von V. Dietrich diskutiert worden ist. Es macht auch weitere Geländearbeit erforderlich, um entsprechende Erzproben, aber auch die oft begleitenden Schlackenproben für analytische Untersuchungen im Labor einzusammeln. Frau Reitmaier-Naef hat sich – alle verfügbaren geowissenschaftlichen Hintergründe nutzend – fachlich sehr gut in die komplexen geologischen Verhältnisse am Oberhalbstein eingearbeitet. Sie hat durch ihre Geländebegehungen in dem gebirgigen Gebiet gezeigt, wie häufig Kupfervererzungen, die fast wie rote Fäden in den überall auftretenden Serpentiniten auftreten, abgebaut und an Ort und Stelle verhüttet wurden. Es wurde also bereits in alter Zeit eine intensive Rohstoffnutzung betrieben. Durch diese Arbeit konnte sie eine reichhaltige Sammlung an Erzen und Schlacken einsammeln, die sie für geochemische, mineralogische und metallurgische Untersuchungen im Labor nutzen konnte.

Um die alten hüttenmännischen Abläufe am Oberhalbstein zu verstehen, erläutert die Autorin die grundsätzlichen metallurgischen Prozesse der Verhüttung sulfidischer Kupfererze. Dabei greift sie eine Darstellung der seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts andauernden kontroversen Diskussionen auf, wie denn nun tatsächlich in prähistorischer Zeit im Alpenraum Kupfer verhüttet worden sein könnte. Lange waren diese oft verwirrenden und widersprüchlichen Diskussionen zu sehr von den Prinzipien historischer und traditionell-moderner Verfahren geprägt und es gelang kaum, zufriedenstellende Lösungen und Interpretationen vorzulegen. Frau Reitmaier-Naef sucht nun, eine Vereinfachung der bislang vorgeschlagenen Schemata auszuarbeiten.

Einen guten Teil ihrer Arbeit widmet sie der Untersuchung der allgegenwärtigen Schlacken. In der Archäologie

gehören Schlacken zu einer weit verbreiteten, aber dennoch eher unbeliebten Fundgattung, die oft mit zusammengebissenen Zähnen beschrieben wird. Die Autorin hat aus ihrem Fundmaterial dagegen viel an Informationen herausgeholt. Sehr sorgfältig dokumentiert sie die Funde von der Makro- bis hinunter in die Mikroebene, wobei sie ausgezeichnete, sehr instruktive Fotoaufnahmen und Zeichnungen präsentiert. Diese sind sinnvoll ausgewählt, konsequent und ausführlich in Bild und Bildunterschrift markiert und beschrieben. Für das Verständnis der äußerlichen Typologie der Schlacken zieht sie bereits hier richtige Rückschlüsse zur Interpretation. Das ist informativ und wichtig, und es werden auch die wichtigen Eckdaten der chemisch-physikalischen Abläufe der frühen Kupferverhüttung richtig dargestellt, d.h. welche Erze verhüttet wurden – sulfidische oder oxidische Erze –, bei welchen Temperaturen und in welchen Redox-Bedingungen dies geschehen ist.

Für die geochemische Charakterisierung Oberhalbsteiner Schlacken und Erze hat Frau Reitmaier-Naef eine umfangreiche Zahl an Analysen durchgeführt: es wurden Haupt-, Neben- und Spurenelementanalysen von fast 20 Erzen und 60 Schlacken durchgeführt und Bleiisotopenanalysen von 20 Erzen und Schlacken. Damit legt sie eine sehr gute Basis von Daten auf den Tisch, um die Erzregion Graubünden zu charakterisieren. Sie kann u.a. Kobalt- und Nickelgehalte als ein typisches Kriterium herausarbeiten und zeigen, dass die Isotopenverhältnisse des Bleis sich von denen der Mitterberg-Region incl. Kitzbühel sowie Schwaz/Brixlegg in den Ostalpen unterscheiden. Das ist insofern interessant, als sich offenbar trotz der allgemein postulierten standardisierten metallurgischen Traditionen im Alpenraum sehr gut regionale Unterschiede herauskristallisieren.

Wie zu erwarten, waren der Interpretation der chemisch-physikalischen Ergebnisse aber gewisse Grenzen gesetzt, um alte handwerkliche Abläufe beim Schmelzen der Erze zufriedenstellend zu rekonstruieren. Als ein schwieriges Problem entpuppte sich wieder die Frage, wie lange und wie komplex denn ein Schmelzprozess in alter Zeit abgelaufen ist, oder wie viel Metall denn aus den Erzen gewonnen werden konnte. Oder die immer und immer wieder in der Literatur diskutierte Frage der beabsichtigten Verwendung von Flussmitteln, die beim alten Kupferschmelzen zur Optimierung des Prozesses eingesetzt worden sein könnten. Der Punkt wird in Kapitel 4.3.2 angesprochen. Wenn, wie dort formuliert, die Quarzeinschlüsse in den Schlacken Sulfideinschlüsse enthalten, dann dürfte das kaum ein haltbares Argument für eine intentionelle Zugabe von Flussmitteln sein. Liegen denn die SiO_2 -Gehalte in den Erzen doch recht hoch?

Dies alles erkennend führt zu einer Strategie der Arbeit, die man hervorheben muss. Es ist außerdem besonderes Verdienst der Autorin, Beobachtungen aus zwei anderen Fachgebieten hinzuzufügen, nämlich aus der experimentellen Archäometallurgie und aus der Ethnographie. Die zurzeit noch andauernden Schmelzexperimente sind vielleicht deswegen etwas eingengt,

weil wichtige Arbeiten noch nicht fertig gestellt bzw. noch nicht in geeigneter Weise publiziert sind. Anhand dieser Vergleiche ist es aber letztlich gut gelungen, plausible Erklärungen zu verschiedenen äußerlichen Phänomenen der Schlacken zu finden.

Von besonderem Interesse sind aber ethnographische Vergleiche. Neben naturwissenschaftlichen Analysen und archäologischen (Be-)Funden haben historische Analogien in der Montanarchäologie wie auch in der Archäometallurgie als Referenz für die Rekonstruktion urgeschichtlicher Technologien eine lange Tradition. So lehnen sich Rekonstruktionsvorschläge für bronzezeitliche Hüttenprozesse im Allgemeinen auf historische Verfahren an, wie sie etwa Georg Agricola, Vannoccio Biringuccio und Lazarus Ercker im 16. Jahrhundert beschrieben haben.

Eine der ersten jüngeren ethnographischen Schilderungen über Kupfergewinnungsprozesse aus dem Himalaya, Indien und Japan haben aber bereits Karl Zschocke und Ernst Preuschen 1932 in ihrer Monografie über den urgeschichtlichen Bergbau im Gebiet Mühlbach-Bischofshofen beschrieben. Zwei dieser Prozesse wurden bislang besonders häufig zitiert und sind für den archäometallurgischen Diskurs nach wie vor von Bedeutung. Die bis in die jüngste Gegenwart durchgeführten kleinmaßstäbigen Schmelzprozesse zur Gewinnung von Kupfer in Nepal

haben insofern besonders große Bedeutung, weil sie erstmalig Detailaufnahmen von metallurgischen Handgriffen zeigten, die eine sinnvolle Interpretation vieler archäometallurgischer Zahlen, Daten und Fakten ermöglichten. Hier waren noch viele Dörfer in Bergbau und Kupfergewinnung involviert, die meisten Gruben wurden erst vor 50 bis 100 Jahren geschlossen. Dem norwegischen Archäologen Nils Anfinset ist es noch vor wenigen Jahren gelungen, das von den Hindus in Okarbot (West-Nepal) mit Filmen und Publikationen zu dokumentieren. Und der englische Metallurge John Percy konnte das 1861 nahezu identisch in Sikkim im Himalaya zeigen.

Der Leser wird sich die hier vorliegende Arbeit jetzt gerne vornehmen, denn sie ist mit zahlreichen sehr guten, informativen und graphisch saubersten Abbildungen versehen. Das betrifft nicht nur die Gestaltung von topografischen und morphologischen Übersichtskarten des Untersuchungsgebietes, sondern auch die zahlreichen Fotografien von Geländebefunden und archäometallurgischen Funden. Analysedaten sind in übersichtlich gestalteten Diagrammen präsentiert.

Bochum, im September 2021

Prof. em. Dr. Andreas Hauptmann

Deutsches Bergbau-Museum Bochum

Danksagung

Diese Arbeit konnte nur dank der tatkräftigen Unterstützung und Mithilfe zahlreicher Personen realisiert werden, bei denen ich mich an dieser Stelle herzlich bedanken möchte. Allen voran danke ich meinem Erstbetreuer, Prof. Philippe Della Casa von der Universität Zürich, für die stete und freigiebige Unterstützung und Förderung. Auch meinem Zweitbetreuer, Prof. Andreas Hauptmann vom Deutschen Bergbau-Museum Bochum, gilt mein herzlicher Dank für die geduldigen und lehrreichen Hilfestellungen am Mikroskop, im Gelände und auf Papier, die den Rahmen einer üblichen Zweitbetreuung bei Weitem überstiegen.

Ein großer Dank gilt auch Caroline Grutsch (Universität Innsbruck), Julia Bucher (Stadtarchäologie Zürich), Peter Thomas (Deutsches Bergbau-Museum Bochum) und Klaus-Peter Martinek (GeoService München) für die mehrjährige, engagierte und äußerst professionelle Unterstützung im Gelände und die zahlreichen inhaltlichen Anregungen und Diskussionen. Auch den motivierten und interessierten Studierenden der Universität Zürich Stephanie Hug, Joëlle Jäger, Simon Kurmann, Sidonia Marugg, Andreas Mezzasalma, Pierina Roffler, Mario Stockmaier und Ursina Thöni sei an dieser Stelle für ihren zuverlässigen Einsatz bei Wind und Wetter bestens gedankt. Für die erfolg- und ergebnisreiche Durchführung der geomagnetischen Messungen bedanke ich mich bei Beate Sikorski vom Deutschen Archäologischen Institut, Berlin und Markus Staudt von der Universität Innsbruck; für die Überarbeitung ausgewählter Messdaten bei Christian Hübner von GGH Solutions. Für die reibungslose Organisation der Geländearbeiten, die Koordination der ¹⁴C-Datierungen und weiterer Untersuchungen bedanke ich mich beim Grabungsleiter Rouven Turck; für die Aufbereitung der ¹⁴C-Proben im Labor der ETH Zürich bei Amir Sindelar. Für weitere, punktuelle Unterstützungen im Gelände möchte ich außerdem einer ganzen Reihe weiterer Personen meinen Dank aussprechen: Romano Agola, Roger Widmer und Donat Fulda von der Fachgruppe Georessourcen Schweiz (ehem. Schweizerische Geotechnische Kommission SGTK) sowie den Mitgliedern der Freunde des Bergbaus Graubünden.

Ein großer Dank gilt den Mitarbeitenden der Gemeinde Surses, die Interesse an unserem Projekt gezeigt haben und die Feldarbeiten stets entgegenkommend und unkompliziert in Form von Fahrgenehmigungen, Auskünften, Kontaktvermittlungen etc. unterstützt haben. Ein

besonderer Dank geht außerdem an eine Reihe von interessierten, lokalkundigen Privatpersonen, die uns mit ihren Fundmeldungen zu manch einer neuen Fundstelle geführt haben: Arthuro Fasciati, GÜbi Luck, David Pedrett, Bruno Salis und Katharina von Salis.

Für die Unterstützung bei der Einarbeitung in die Thematik, die Zurverfügungstellung von Unterlagen und Probenmaterial sowie die wichtigen inhaltlichen Vorarbeiten bedanke ich mich bei Walter Fasnacht, Jürg Rageth, Andrea Schaer und Marianne Senn. Außerdem gilt mein Dank Samuel van Willigen für den unkomplizierten Zugang zum Fundmaterial im Schweizerischen Nationalmuseum.

Ein großer Dank gilt außerdem den Mitarbeitenden des Archäologischen Dienstes Graubünden, die durch Archivrecherchen, Datenbank-Unterstützung, Digitalisierungen, Zeichnungen und Illustrationen, Fotografien, inhaltliche Hilfestellungen, Geländearbeiten, Logistik und Drohnenbefliegungen ganz wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Hierfür sei Mathias Bieri, Lea Gredig, Caroline Hilti, Monika Huwiler, Flurina Huonder, Franziska Mohr, Sabina Nüssli, Gianni Perissinotto, Mathias Seifert, Carlo Troianello, Christoph Walser, Philipp Wiemann, Johanna Wolfram-Hilbe und Amanda Zwicky herzlich gedankt. Ein besonderer Dank gilt Monika Oberhänsli für die umfangreichen dendrochronologischen Datierungen, den inhaltlichen Austausch sowie das kritische und exakte Gegenlesen eines Teils des Manuskripts. Außerdem bin ich Hannes Flück, Corina Gottradi und Raphael Sele vom Entwicklungsschwerpunkt Bestandsaufnahme Kulturgut, die den erarbeiteten Fundstellenkatalog im Rahmen ihrer Inventarisierungsarbeiten akribisch und kritisch überprüft und ergänzt haben, zu großem Dank verpflichtet. Nicht nur für das umfassende Korrekturlesen der Arbeit, sondern vor allem für die stete und vorbehaltlose inhaltliche, organisatorische und persönliche Unterstützung während der Dissertationszeit sowie während der Drucklegung möchte ich mich auch bei Thomas Reitmaier ganz herzlich bedanken.

Mein großer Dank gilt überdies den Mitarbeitenden der Forschungsbereiche Archäometallurgie, Montanarchäologie und Materialkunde des Deutschen Bergbau-Museums Bochum, die mich während zahlreicher Forschungsaufenthalte stets sehr herzlich willkommen geheißen und in vielfältiger Hinsicht, vor allem jedoch durch inhaltliche Diskussionen und Hilfestellungen

unterstützt haben. Für die institutionelle Gastfreundschaft möchte ich mich bei Prof. Sabine Klein, Prof. Michael Prange und Prof. Thomas Stöllner bestens bedanken. Für die Präparation der erstklassigen Dünn- und Anschliffe gilt mein großer Dank Sandra Kruse genannt Lüttgen und Andreas Ludwig aus dem Präparationslabor, sowie Regina Kutz, Marion Jung und Georg Wange für die Unterstützung bei der Probenaufbereitung. Für die Durchführung der XRD- und ICP-MS-Messungen sowie den inhaltlichen Austausch möchte ich mich bei Michael Bode, Jan Sessing und Dirk Kirchner bestens bedanken. Bei den Messungen am REM wurde ich – neben bereits genannten Personen – auch durch Tobias Skowronek und Stephen Merkel unterstützt, herzlichen Dank hierfür.

Auch Martin Lukas vom Institute for Geochemistry and Petrology der ETH Zürich sei für seine Unterstützung am REM bestens gedankt.

Außerdem möchte ich mich bei den Projektpartnern vom CEZ Mannheim, Prof. Ernst Pernicka und Joachim Lutz, für die Durchführung der Bleisotopenanalysen sowie die inhaltlichen Anregungen bedanken.

Auch dem Projektpartner Prof. Gert Goldenberg von der Universität Innsbruck gilt für den stets erkenntnisreichen inhaltlichen Austausch sowie die wiederholte Gastfreundschaft im Rahmen der alljährlichen Schmelz-Experimente zum Nepal-Prozess in Jochberg mein herzlicher Dank.

Ein spezieller Dank geht außerdem an Prof. Nils Anfinset vom Universitätsmuseum in Bergen, der mir bislang unpubliziertes Foto- und Filmmaterial aus Nepal zur Verfügung gestellt hat, welches für die vorliegende Arbeit von zentralem Erkenntniswert war. Weitere Illustrationen wurden mir von Erica Hanning, Thomas Rose, Sabine Klein und Carlo Nüssli für diese Publikation freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

Außerdem möchte ich mich bei meinem Vater, Heinrich Naef, für die Unterstützung im Gelände, in geologischen Grundlagenfragen sowie für das Korrekturlesen von Teilen dieser Arbeit ganz herzlich bedanken.

Ein großer Dank gilt schließlich Petra Eisenach und Ingolf Löffler (Deutsches Bergbau-Museum Bochum) für die ebenso professionelle wie unkomplizierte Redaktion und Koordination der Produktion des vorliegenden Bandes, Bernd Lenhoff für das gründliche und speditive Lektorat sowie Rolf Krause für den Satz der Publikation. Und bei Sandy Hämmerle sowie Catherine Leuzinger-Piccand bedanke ich mich schließlich für die Übersetzung der Zusammenfassung ins Englische bzw. Französische.

Weder die Gelände- und Laborarbeiten, noch die Publikation dieser Arbeit wären ohne die großzügige finanzielle Förderung durch den Schweizerischen Nationalfonds möglich gewesen, dem an dieser Stelle mein großer Dank ausgesprochen sei.

1 Einleitung

Ab dem Jungneolithikum wird Kupfer in Zentraleuropa verwendet und verarbeitet (Ottaway, 1998). Im Verlaufe der Bronzezeit wird das Buntmetall – zumeist mit Zinn zu Bronze legiert – neben Stein, Keramik und Holz zum wichtigsten Werkstoff insbesondere für die Herstellung von Waffen, Werkzeugen und Trachtbestandteilen. Zusätzlich dient es in unterschiedlichen, mehr oder weniger standardisierten Formen auch als prämonetärer Wertträger.¹ Mit der zunehmenden wirtschaftlichen und sozialen Bedeutung dieses Materials steigt im Laufe des 2. Jahrtausends v. Chr. auch die Nachfrage nach den Rohstoffen Kupfer und Zinn stark an. Während die Herkunft, Gewinnung und Verarbeitung von Zinn für das zentraleuropäische Gebiet erst unzureichend erforscht ist (vgl. z.B. Berger, et al., 2019; Nielsen, 2014; Hauptmann und Weisgerber, 1985, S. 18-19; Haustein und Pernicka, 2011), präsentiert sich der Forschungsstand zur Produktion, Distribution und Verarbeitung von Kupfer deutlich differenzierter. Dies gilt im Besonderen für den zentraleuropäischen Alpenraum, der im Folgenden Gegenstand der Betrachtungen sein wird.

Vereinzelte frühe Nachweise für eine primäre Kupfermetallurgie² im alpinen Gebiet, etwa vom Mariahilfberg in Brixlegg (A) (Bartelheim, et al., 2002; Huijsmans und Krauss, 2015, S. 68), reichen bis ins ausgehende 4. Jahrtausend v. Chr. zurück. Eine erste eigentliche Produktionsphase lässt sich dann aber erst ab dem entwickelten 3. Jahrtausend v. Chr. und in der anschließenden Frühbronzezeit fassen: Sowohl aus dem Tiroler Unterinntal als auch den Süd- und Westalpen liegen Kupferbergbau- und/oder Verhüttungsbefunde unterschiedlicher Ausprägung und Dimension vor. Während für die Westalpen in dieser Zeit bereits ausgedehnter Kupfererzbergbau belegt ist (Ambert, 1995; 1999; Ancel, 2010; Barge, et al., 1998; Carozza, et al., 2011; Rostan, Gattaglia und Rossi, 1995), zeugen im Trentino und in Südtirol verhüttungstechnische Strukturen und Schlackenfunde außerhalb der eigentlichen Siedlungszone von einer lokalen Kupfergewinnung (Artioli, et al., 2015; Mottes, et al.,

2016; Tecchiati, 2015). Im Unterinntal finden sich entsprechende Nachweise hingegen weiterhin primär im Kontext von Höhensiedlungen.³ In dieser frühen Phase wurden noch bevorzugt einfach zu verarbeitende und kupferreiche Fahlerze oder bornitische Erze⁴ abgebaut und verhüttet.

Dies änderte sich am Übergang zur Mittelbronzezeit grundlegend, als eine großmaßstäbliche Ausbeutung der Chalkopyrit-Lagerstätten⁵ in der ostalpinen Grauwackenzone einsetzte. Während die frühbronzezeitlichen Reviere ihren Betrieb eingestellt zu haben scheinen, werden im Raum Salzach-Pongau Großbetriebe aufgeföhren, die in quasi industriellem Maßstab Kupfer produzierten (Stöllner, 2011a; 2015a). Dies führte sowohl zu einer grundlegenden strukturellen Veränderung dieses Wirtschaftszweigs als auch zu zahlreichen technologischen Neuerungen. Die reichen ostalpinen Kupferlagerstätten wurden nun durch ausgedehnten, technologisch anspruchsvollen Untertagebau von bis zu 200 m Teufe systematisch ausgebeutet, etwa im Arthurstollen im Mitterberg-Revier oder im Bereich der Kelchalm im Kitzbühel-Revier (Koch Waldner, 2017, S. 77; 2019a; Stöllner, et al., 2012, S. 117-122; Thomas, 2018). In Verbindung mit dem eigentlichen Abbau erföhren auch die daran anschließenden Prozesse der Erzaufbereitung und -verhüttung eine Weiterentwicklung und Differenzierung hin zu einer optimierten, an die Gegebenheiten der ostalpinen Lagerstätten angepassten, auch als «Mitterberg Prozess» bezeichnete Technologiekette (Stöllner, 2015, S. 100-101; Stöllner, et al., 2016, S. 76). Dieses fein abgestimmte Set technologischer Praktiken etablierte sich in den darauffolgenden Jahrhunderten in schrittweise lokal adaptierter Form in weiten Teilen des (Süd-)Ostalpenraums (Stöllner, et al., 2016). Neben dem untertägigen Abbau setzte sich die Prozesskette aus einer (nass)mechanischen Aufbereitung der Erze und einem komplexen,

¹ Zur vielschichtigen Diskussion über die soziale und wirtschaftliche Dynamik, insbes. auch zur Metallurgie und zu Handel, Tausch, Verkehr sei hier auf Primas (2008) verwiesen.

² Unter dem Begriff «primäre Metallurgie» werden im Folgenden der Metallgewinnung bzw. -produktion zuzuweisende Tätigkeiten (Abbau, Aufbereitung, Schmelzen etc.) subsummiert, während die «sekundäre Metallurgie» Tätigkeiten der Metall(welter)verarbeitung bezeichnet (z.B. Bronzeguss).

³ Vgl. z.B. Kiechlberg bei Thaur: Töchterle, et al., 2012, S. 39-42; 2015, S. 120-127; S. 145-150; Buchberg bei Wiesing: Martinek und Sydow, 2004; Sydow, 1984.

⁴ Bornit (Cu_5FeS_4) sowie die Fahlerze Tennantit und Tetradrit ($\text{Cu}_{10}(\text{Fe,Zn})_2\text{As}_4\text{S}_{13}$ bzw. $\text{Cu}_{10}(\text{Fe,Zn})_2\text{Sb}_4\text{S}_{13}$) sind eisenfreie bzw. vergleichsweise eisenarme Erze, die sich einfacher zu metallischem Kupfer verarbeiten lassen als der später hauptsächlich verarbeitete Chalkopyrit (CuFeS_2).

⁵ Chalkopyrit (CuFeS_2), auch Kupferkies genannt, ist ein gleichweise häufig vorkommendes Kupfererz, das zu gleichen Teilen aus Kupfer, Eisen und Schwefel besteht und aus dem nur durch ein komplexes, mehrstufiges Verhüttungsverfahren metallisches Kupfer gewonnen werden kann.

mehrstufigen Schmelzverfahren aus oxidierenden Röstprozessen sowie reduzierenden und/oder oxidierenden Schmelzverfahren zusammen.⁶ Charakteristische archäologische Nachweise für diesen ostalpinen Kupferkiesprozess sind Poch- und Mahlgeräte aus hartem Felsgestein und Nassaufbereitungskästen zur Anreicherung des zerkleinerten Erzes an Aufbereitungsplätzen sowie die verhüttungstechnische Befund-Trias aus Röstbett, (Schacht-)Ofen und Schlackenhalde an Schmelzplätzen (Goldenberg, et al., 2012, S. 86-89; Hanning, Herdits und Silvestri, 2015; Koch Waldner, 2017, S. 191-216; Stöllner, 2019; Stöllner, et al., 2012a, S. 125-128; 2016, S. 80). Trotz kleinerer regionaler Unterschiede, etwa hinsichtlich der genaueren Bauweise und Größe der einzelnen Strukturen oder der produzierten Schlackentypen, ist eine gewisse technologische Standardisierung insbesondere des Hüttenprozesses in Zeit und Raum nicht von der Hand zu weisen (Stöllner, et al., 2016, S. 80-81). Im Zuge dieser Professionalisierung und Intensivierung haben sich die Kupfergewinnungsaktivitäten auch definitiv aus dem regulären Siedlungskontext herausgelöst und zu einem eigenständigen Wirtschaftselement entwickelt. Der damit einhergehende immense Bedarf an Werkzeugen, Brennholz, Arbeitskräften und Nahrungsmitteln konnte nur durch ein gezieltes Ressourcenmanagement und eine diversifizierte Versorgungsstrategie gedeckt werden, die auch Akteure außerhalb des eigentlichen Montanreviers einbezogen haben muss (Kowarik, et al., 2015; 2017; Stöllner, 2010, S. 306).

Auch in der darauffolgenden Spätbronzezeit ist weiterhin eine intensive Kupferproduktion fassbar, wenngleich die Produktivität der großen ostalpinen Reviere im Verlaufe dieser Epoche zurückgeht. Gleichzeitig werden nun auch kleinere Kupfererzlagerstätten etwa in der Obersteiermark, Niederösterreich oder im schweizerischen Oberhalbstein ausgebeutet (Klemm, 2003; 2015; 2019; Schaer, 2003, S. 3-4; Trebsche, 2015). Zudem wurden – analog zur Frühbronzezeit – auch in den Südalpen und den Fahlerz-Revieren des Unterinntals wieder Gruben aufgefahren, so zum Beispiel im Raum Schwaz-Brixlegg (Goldenberg, 2015; Goldenberg, et al., 2012; Staudt, et al., 2019a). Generell scheint der Kupferbedarf um die Wende zum ersten vorchristlichen Jahrtausend noch einmal angestiegen zu sein, bevor die alpine Kupferproduktion mit dem Beginn der Eisenzeit dann schrittweise an Bedeutung und Umfang verlor.⁷

Aber selbst in der älteren Eisenzeit kam die Ausbeutung der alpinen Kupfervorkommen nicht gänzlich zum Erliegen, wie neue Forschungsergebnisse aus dem Unterinntal oder auch aus Graubünden verdeutlichen.⁸

⁶ Der bislang nicht abschließend geklärten Frage nach der exakten Funktionsweise des urgeschichtlichen Hüttenprozesses ist ein eigenes Kapitel (vgl. Kapitel 5) gewidmet.

⁷ Zusammenfassend zur chronologischen und wirtschaftlichen Entwicklung der prähistorischen Kupferreviere im Alpenraum vgl. Stöllner (2009) und verschiedene Beiträge in Stöllner und Oeggli (2015).

⁸ Goldenberg, et al., 2012; Staudt, et al., 2019a; Turck, Della Casa und Naef, 2014; vgl. auch Kapitel 2.3.4.

Dies ist in Anbetracht der anhaltenden Bedeutung des Rohmaterials Kupfer resp. Bronze etwa für die Herstellung von Trachtbestandteilen und Prestigeobjekten im Kontext der ältereisenzeitlichen Hallstattkreise nicht verwunderlich, war bislang aber kaum Gegenstand montanarchäologischer Forschungen. Welche archäologischen Überreste dieser eisenzeitlichen Kupfergewinnung im Südosten der Schweiz, genauer im Gebiet der Talschaft Oberhalbstein, überliefert sind, welchen Umfang sie erreichte, welche Technologien zum Einsatz kamen, und welche Signatur das hier produzierte Kupfer aufwies, ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

Die skizzierte Entwicklung der Kupferproduktion im Alpenraum lässt sich indes nicht nur direkt anhand archäologischer Befunde, sondern auch indirekt über die chemische Signatur von Fundobjekten nachvollziehen. So fanden im (Vor-)Alpenraum im Laufe der Frühbronzezeit fast ausschließlich arsen- resp. antimonreiche Fahlerz-Bronzen Verwendung, während in der anschließenden Mittelbronzezeit Kupferlegierungen auf Chalkopyrit-Basis dominierten. Die Diversifizierung der Kupferquellen in der Spätbronzezeit sowie die postulierte Rezyklisierung von Buntmetallartefakten führten ab der Spätbronzezeit zu einer Verbreitung nur schwer zuweisbarer «Mischsignaturen» unterschiedlicher Kupfertypen (Grutsch, et al., 2019; Lutz, 2016; Lutz und Pernicka, 2013, S. 126).

1.1 Forschungsgeschichte

Aufgrund der vergleichsweise späten Datierung des hier untersuchten Gebietes wird im Weiteren primär auf die metallzeitliche Kupfergewinnung ab ihrer technologischen Weiterentwicklung im Rahmen der Produktionsintensivierung um die Mitte des 2. Jahrtausends v. Chr. eingegangen.

1.1.1 Alpenraum

Bereits im Zuge historischer Bergbautätigkeiten sind immer wieder urgeschichtliche Gruben angefahren worden. Vereinzelt finden entsprechende Abbaue in historischen Schriftquellen als «Alter Mann» Erwähnung. Die gängige Klassifizierung älterer Bergwerke als «heidnisch» kann als Hinweis darauf gedeutet werden, dass den neuzeitlichen Bergleuten deren mitunter beträchtliches Alter ansatzweise bewusst war (vgl. Goldenberg, 2015, S. 152).

Der Beginn einer eigentlichen wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit den archäologischen Relikten urgeschichtlichen Montanwesens ist in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts einzuordnen und fällt somit zeitlich mit dem «Pfahlbaufieber» im nördlichen Alpenvorland zusammen. Im Laufe der vergangenen eineinhalb

Jahrhunderte haben diese beiden Wissenschaftszweige eine inhaltlich zwar weitgehend unabhängige, in ihren Grundzügen jedoch vergleichbare Differenzierung und Professionalisierung erfahren.

Bis zur Etablierung der Montanarchäologie als eigenständige archäologische Disziplin mit eigenen methodologischen und hermeneutischen Grundlagen sollte noch ein Jahrhundert vergehen (vgl. Weisgerber, 1989; 1990), das von einer intensiven aber weitgehend privat initiierten Erforschung einzelner Reviere geprägt war. Auslöser für erste systematische Untersuchungen prähistorischen Bergbaus waren in der Regel archäologische Neuentdeckungen im Zuge rezenter Abbauaktivitäten, die folglich nur dank des Zutuns interessierter Bergleute, Ingenieure oder Bergwerksverwalter überliefert wurden. M. Much etwa dokumentierte sowohl im Bereich des Mitterberger Hauptgangs als auch im Kitzbühel-Revier untertage mehrfach urgeschichtliche Funde sowie Abbauspuren (Much, 1878; 1879; 1893; 1902). Als Pionier der alpinen Bergbauforschung erschloss M. Much der Wissenschaft damit zwei der bis heute bedeutendsten urgeschichtlichen Kupfer-Reviere der Ostalpen.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts sind es dann allen voran die beiden Bergbauingenieure E. Preuschen und K. Zschocke sowie der Wiener Urgeschichtspräsident R. Pittioni, die auf den Spuren ihres Wegbereiters Much weiterführende Untersuchungen durchführten. Mit dem Werk «Das urzeitliche Bergbaugelände von Mühlbach-Bischofshofen» haben Zschocke und Preuschen (1932) ein wegweisendes archäologisches Standardwerk zum Bergbaugelände Mühlbach-Bischofshofen vorgelegt, das in seinen Grundzügen zahlreiche heute noch aktuelle Diskurse anspricht und weiterhin eine wichtige Datengrundlage bildet. So legten sie in dieser Publikation beispielsweise für die Rekonstruktion heute nicht mehr zugänglicher urgeschichtlicher Bergwerke (vgl. hierzu Thomas, 2018) wichtige Seigerrisse sowie eine erste zeichnerische und fotografische Dokumentation der charakteristischen verhüttungstechnischen Befunde der Mittelbronzezeit – Röstbett und Schachtofen – vor (Zschocke und Preuschen, 1932, Karten und Tafeln).

In den darauffolgenden Jahren widmeten sich E. Preuschen und R. Pittioni dann insbesondere der archäologischen Erforschung der ausgedehnten Aufbereitungshalden auf der Kelchalm bei Kitzbühel (Pittioni, 1930; 1947; Preuschen und Pittioni, 1937; 1954) sowie der Lokalisierung und Dokumentation der zahlreichen Schmelzplätze in diesem Revier (Preuschen und Pittioni, 1955). Daneben zeichnete E. Preuschen zusätzlich für die Initialzündung der montanarchäologischen Erforschung der Obersteiermark⁹ sowie der italienischen Provinz Trentino (Preuschen, 1962; 1965; 1968) verantwortlich.

⁹ Die Erforschung des Eisenerzbergbaus setzte bereits früher ein, für den Beginn der Erforschung des Kupferbergbaus vgl. Preuschen und Pittioni (1955).

In dieselbe Zeit fallen auch erste archäologische Untersuchungen zur urgeschichtlichen Kupfergewinnung in Niederösterreich durch F. Hampl und R. Mayrhofer (Hampl und Mayrhofer, 1958; Mayrhofer, 1953). Nachdem die montanarchäologische Forschung hier in den darauffolgenden Jahrzehnten etwas in den Hintergrund geraten war, griffen B. Cech und G. Wallach (1995; 2002) die Thematik in den 1990er Jahren in Form geophysikalischer und archäologischer Prospektionen¹⁰ wieder auf. Seit 2010 werden nun unter der Leitung von P. Trebsche unter anderem flächige Untersuchungen im Bereich der Bergbausiedlung bzw. Werkplätze in Prigglitz-Gasteil durchgeführt (Mödlinger, Trebsche und Sabatini, 2021; Trebsche, 2015; Trebsche und Pucher, 2013).

In der südlich angrenzenden Steiermark haben insbesondere C. Eibner und H. Presslinger im letzten Viertel des 20. Jahrhunderts zahlreiche montanarchäologische Fundstellen aufgespürt und teilweise ausgegraben.¹¹ Die an der Fundstelle «Versunkene Kirche» archäologisch dokumentierten Befunde bildeten schließlich die wesentliche Grundlage für Eibners viel zitierten Vorschlag zur Rekonstruktion der prähistorischen Kupfergewinnung im Ostalpenraum.¹² Um die Jahrtausendwende wurde unter der Leitung von S. Klemm schließlich über viele Jahre hinweg der Verhüttungsplatz «S1» in der Eisenerzer Ramsau flächig untersucht, wobei die Überreste von zehn Röstbetten, sechs Schachtofenbatterien sowie zahlreiche Schlackenhalde ausgegraben wurden. Bis heute handelt es sich dabei um den einzigen mittelbronzezeitlichen Schmelzplatz im Ostalpenraum, der vollständig freigelegt wurde (Klemm, 2004).

Südlich des Alpenhauptkammes wurde die Arbeit E. Preuschens in den 1970er und 1980er Jahre durch einheimische Archäologen und Laienforscher wie L. Dal Ri (1970), R. Perini (1989) und G. Sebesta (1992) weitergeführt. Auch im benachbarten Südtirol wurden im selben Zeitraum einige montanarchäologische Fundstellen prospektiert sowie ein erster prähistorischer Schmelzplatz ausgegraben (Nothdurfter, 1993). Den Anstoß für eine Intensivierung der Forschung im Trentino bot schließlich die 1979 entdeckte und bis heute singuläre spätbronzezeitliche Fundstelle «Acqua Fredda» am Passo Redebus, die in den Folgejahren durch das Ufficio beni archeologici und das Deutsche Bergbau-Museum Bochum¹³ flächig untersucht wurde.¹⁴ Zu Tage kamen hier nicht weniger als neun Schmelzöfen, fünf Feuerstellen und eine Schlackensandhalde beachtlicher Dimensionen (Cierny, 2008, S. 43-65). Durch die Ausweitung der Untersuchungen auf die umgebende Montanlandschaft konnten zwar keine

¹⁰ Der Begriff «Prospektion» wird im Folgenden nicht nur im lagerstättenkundlichen Sinne (Suche nach Rohstoffvorkommen und Lagerstätten), sondern auch als Synonym für archäologische Geländearbeiten im Sinne eines Surveys (geomagnetische Prospektion, Fundstellenprospektion etc.) verwendet.

¹¹ Zuletzt zusammengestellt durch Klemm, 2003.

¹² Eibner, 1982a; vgl. auch Kapitel 5.2.

¹³ In Anmerkungen und Bildlegenden im Folgenden abgekürzt durch «DBM».

¹⁴ Projekt «Alpenkupfer» unter der Leitung von G. Weisgerber, DBM.

direkten Nachweise für prähistorischen Kupferbergbau erbracht werden, die hohe Dichte an Schmelzplätzen im östlichen Trentino verdeutlicht aber dennoch die Intensität der südalpiner Kupferproduktion in der Spätbronzezeit.¹⁵ Nach diesem vorläufigen Höhepunkt montanarchäologischer Forschung im Trentino folgte seit Beginn des aktuellen Jahrtausends eine ganze Reihe von Notgrabungen im Bereich prähistorischer Verhüttungsplätze durch das Ufficio beni archeologici (Silvestri, Bellintani und Hauptmann, 2019; Silvestri, et al., 2014; 2015a; 2015b). Seit den späten 1990er Jahren werden außerdem zuvor weitgehend unbekannte eisenzeitliche Gruben sowie korrespondierende Verhüttungsplätze in der Valcamonica in der Lombardei erforscht (Cucini, et al., 2012; Morin und Tizzoni, 2009). Als jüngstes Glied reiht sich nun seit wenigen Jahren auch die montanarchäologische Untersuchung des Südtiroler Vinschgaus in diese südalpine Forschungsreihe ein (Koch Waldner, 2019b).

Ein weiteres, in der deutschsprachigen Forschung oft (zu) wenig berücksichtigtes Zentrum der prähistorischen Kupfergewinnung befindet sich außerdem in den Westalpen. Die chalkolithisch-frühbronzezeitlichen Gruben von Saint-Véran sind bereits seit dem 19. Jahrhundert bekannt und in den 1930er Jahren erstmals beschrieben worden (Isnel, 1935). Nach einem längeren Hiatus werden die archäologischen Befunde zu Abbau, Aufbereitung und Verhüttung in den Haute Alpes nun seit den 1980er Jahren durch unterschiedliche Forschergruppen untersucht (Ancel, 2010; Barge, et al., 1998; Carozza, et al., 2011; Rostan, Gattaglia und Rossi, 1995). Dasselbe gilt für das Revier Cabrières, wo die ältesten Abbauspuren sogar bis ins ausgehende 4. Jahrtausend v. Chr. zurückreichen (Ambert, 1995). Jüngst werden außerdem die sehr zahlreichen, ebenfalls frühbronzezeitlichen Abbauspuren im Bereich des Grandes Russes Massif archäologisch und mineralogisch untersucht (Moulin, Thirault und Vital, 2019). Aufgrund der Vielzahl gut erhaltener, feuergesetzter Gruben im Süden Frankreichs hat die dortige Forschung in den letzten Jahrzehnten maßgeblich zu einem verbesserten Verständnis dieser weit verbreiteten Vortriebsmethode beigetragen (Ancel und Py, 2008; 2006). Eine engere Verknüpfung der deutsch- und französischsprachigen alpinen Montanarchäologie wäre aber über die Diskussion des Feuersetzens hinaus wünschenswert – etwa wenn es um die großräumige Produktionsdynamik oder den berg- und hüttenmännischen Technologietransfer in der Frühbronzezeit geht, wie P. Thomas (2018, S. 448-451) jüngst anschaulich dargestellt hat.

In den letzten beiden Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts rückte das Fahlerz-Revier Schwaz/Brixlegg im Tiroler Unterinntal verstärkt in den Fokus der montanarchäologischen Forschung. Neben den mitunter neolithisch datierenden Relikten metallurgischer Aktivitäten aus Siedlungskontexten¹⁶ konnten hier durch gezielte

Geländebegehungen auch zahlreiche Belege einer spätbronzezeitlichen Produktionsphase dokumentiert werden, die alle Arbeitsschritte vom Abbau über die Aufbereitung bis hin zur Verhüttung umfasst (Goldenberg und Rieser, 2004).

Der Beginn dieses Jahrtausends ist schließlich durch eine deutliche Intensivierung der montanarchäologischen Forschung im Salzburger und Tiroler Raum gekennzeichnet. 2002 begann das Deutsche Bergbau-Museum Bochum unter der Leitung von Th. Stöllner im Mitterberg-Revier zunächst untertage im Arthurstollen und später auch in der umgebenden Montanlandschaft ausgedehnte Surveys und Ausgrabungen durchzuführen (Stöllner, et al., 2006). Wenig später wurde mit dem Sonderforschungsbereich HiMAT zur «Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten»¹⁷ ein Instrument für eine diachrone und interdisziplinäre Erforschung des ostalpinen Bergbauwesens geschaffen, das in den fünf Jahren seiner Laufzeit beachtliche Ergebnisse hervorgebracht hat. Im Kontext der bronzezeitlichen Kupfergewinnung konnten in den beiden «key-areas»¹⁸ Mitterberg und Mauken insbesondere zur Erzaufbereitung wichtige neue Erkenntnisse gewonnen werden. In letzterem Revier gelang eine deutliche Verdichtung montanarchäologischer Befunde, sowohl in räumlich-zeitlicher als auch in prozesstechnischer Hinsicht. Diese sowie zahlreiche weitere, in enger Zusammenarbeit mit verschiedenen Nachbarwissenschaften wie der Dendro(chrono)logie, der Archäobotanik und der Geophysik erarbeiteten Ergebnisse führten sowohl zu einer flächigen Aktualisierung des Forschungsstandes als auch zu einer verstärkten Wahrnehmung der alpinen Montanarchäologie im internationalen Forschungsdiskurs.¹⁹ Die im Nachgang zum HiMAT-Projekt realisierte Ausstellung «Bergauf Bergab – 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen» des Deutschen Bergbau-Museums Bochum hat diese Forschungsergebnisse in einem zeitlich und inhaltlich erweiterten Rahmen zu einer Synthese zusammengeführt, die auch in Buchform vorliegt (Stöllner und Oegg, 2015). Darin finden sich auch zahlreiche Beiträge zur intensiven und innovativen Erforschung der bronze- und eisenzeitlichen Salzgewinnung der letzten Jahre, die sich sowohl für spezifische, objektbezogene als auch übergeordnete, strukturelle Fragen – etwa nach der Versorgungsstrategie oder dem Sozialgefüge großer Berg- und Hüttenbetriebe – als wichtige Referenz erwiesen hat.²⁰

¹⁷ Original-Projekttitle: «History of Mining Activities in the Tyrol and Adjacent Areas. Impact on Environment and Human Societies», im Folgenden abgekürzt durch «HiMAT»; beteiligte Institutionen: Universität Basel, Universität Bochum, Universität Frankfurt, Universität Tübingen/Mannheim, DBM.

¹⁸ Zu den Untersuchungsgebieten des HiMAT-Projektes gehörte auch das Montafon, das hier jedoch nicht berücksichtigt wird, da urgeschichtlicher bzw. bronzezeitlicher Kupferbergbau in diesem Revier bislang nicht eindeutig belegt werden konnte (vgl. Klopfer, et al., 2019; Krause, et al., 2012).

¹⁹ Zusammenfassend: Goldenberg und Töchterle, 2012; Proceedings zu den HiMAT-Milestonemeetings (in chronologischer Reihenfolge): Oegg und Prast, 2009; Anreiter, et al., 2010; Oegg, et al., 2011; Oegg und Schaffer, 2012.

²⁰ Vgl. Beiträge in Stöllner und Oegg (2015); Stöllner (2010).

¹⁵ Zusammenfassend: Cierny, 2008; Cierny, et al., 2004.

¹⁶ Vgl. Fußnote 3.

1.1.2 Oberhalbstein

Vor dem Hintergrund der oben geschilderten, 150-jährigen montanarchäologischen Tradition des ostalpinen Raums nimmt sich die entsprechende Forschungsgeschichte im hier behandelten Untersuchungsgebiet bescheiden aus. Das Oberhalbstein²¹ ist die bislang einzige Region der Schweiz, in der prähistorische Kupfergewinnung archäologisch nachgewiesen werden konnte. Obwohl seit längerem auch für andere Regionen der Schweiz, insbesondere für das im nationalen Vergleich rohstoffreiche Wallis, ebenfalls eine urgeschichtliche Kupferproduktion vermutet wird, liegen bislang noch keine entsprechenden archäologischen Belege vor (vgl. z.B. Cattin, 2008).

Unter Archäologen ist das Oberhalbstein nicht nur aufgrund der montanarchäologischen Fundstellen, sondern vor allem auch als reiche bronzezeitliche Siedlungslandschaft bekannt. Demnach ist bereits seit dem beginnenden 2. Jahrtausend v. Chr. von einer ganzjährigen Besiedlung des Tals auszugehen, womit das Oberhalbstein einer frühen Aufsiedlungsphase des inneralpinen Raums zuzurechnen ist (Della Casa, 2000). Erste archäologische Untersuchungen wurden im Oberhalbstein in den 1940er Jahren durch Kreisförster W. Burkart auf Caschigns²² oberhalb der Ortschaft Cunter durchgeführt (Abb. 2.25, S. 44). Gegenstand der Untersuchung war ein eigenartiger, massiver Holz- resp. Steinbau unbekannter Funktion, der gemäß archäologischem Fundmaterial in die frühe bis späte Bronzezeit datiert. Neben einigen Gefäßkeramikfragmenten wurden im Innern des halbmondförmigen Baus auch eine bronzene Lappenbeilgussform, mehrere Bronzeobjekte aus der mittleren bis späten Bronzezeit sowie vereinzelte Schlackenfragmente geborgen (Nauli, 1977). Im Zuge der Ausgrabungen auf Caschigns wurde W. Burkart auf eine weitere, unter mehreren Lagen Gehängeschutt begrabene Fundstelle²³ am Fuße Caschigns aufmerksam gemacht. Die schwarze Kulturschicht führte, «nebst vieler Kohle», auch «zentnerweise dunkle Metallschlacken» sowie eine Keramikscherbe (Burkart, 1949, S. 319). Burkart brachte die Befunde nicht mit Kupfer-, sondern mit Eisenproduktion in Verbindung. Diese, wohl auf das rostige Erscheinungsbild der Schlacken oder mangelnde Kenntnisse der lokalen Erze zurückzuführende Fehlsprache hielt sich standhaft und wurde in der Folge auch auf vergleichbare, später entdeckte Plätze übertragen (vgl. z.B. Zindel, 1977). Der Irrtum konnte erst 35 Jahre später mithilfe geochemischer Analysen an Schlackenfundstücken durch T. Giger und A. Hauptmann revidiert werden (Geiger, 1984; Hauptmann, 1985).

In den 1970er und 1980er Jahren erlebte die archäologische Forschung im Oberhalbstein einen vorläufigen Höhepunkt, als das Schweizerische Landesmuseum

unter der Leitung von R. Wyss auf der Motta da Vallac in Salouf und später auf dem Rudnal in Savognin ausgedehnte Ausgrabungen durchführte (Wyss, 1981; 1982b). Parallel dazu wurde der bronzezeitliche Siedlungshügel Padnal bei Savognin im Rahmen eines vieljährigen Ausgrabungsprojekts des Archäologischen Dienstes Graubünden²⁴ durch J. Rageth ausführlich untersucht (zusammenfassend: Rageth, 1986a). Anhand dieser Befunde lässt sich für den nördlichen Talabschnitt des Surses eine von der Frühbronzezeit bis mindestens in die Spätbronzezeit andauernde Besiedlung nachweisen. Eine Siedlungskontinuität bis in die ältere Eisenzeit scheint wahrscheinlich, bleibt bislang archäologisch jedoch schwierig zu fassen (vgl. Rageth, 2002). Allen vier unterschiedlichen Siedlungsplätzen ist neben der Datierung auch ihr Bezug zur Metallurgie gemein: An allen Fundstellen wurden vereinzelt Schlacken gefunden, die bislang zwar stets mit Aktivitäten der primären Metallgewinnung in Verbindung gebracht, jedoch nur unzureichend untersucht wurden (z.B. Wyss, 1993; 2004).

Neben den Siedlungen waren auch die montanarchäologischen Fundstellen des Oberhalbsteins immer wieder Gegenstand archäologischen Interesses. Zu einer systematischen Erforschung der Montanlandschaft in Form mehrjähriger Ausgrabungsprojekte war es bis in jüngste Vergangenheit allerdings nie gekommen. Neben vereinzelt Rettungsgrabungen und baubegleitenden Untersuchungen durch den Archäologischen Dienst Graubünden sowie einer mehrwöchigen Ausgrabung in Stierva Tiragn durch das Deutsche Bergbau-Museum Bochum im Jahre 1984 (Naef, 2013; 2014) wurden im Oberhalbstein bislang keine gezielten montanarchäologischen Untersuchungen durchgeführt. Besondere Verdienste auf diesem Gebiet sind daher engagierten Einzelpersonen wie E. Brun zuzuschreiben, der sich in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts intensiv sowohl mit dem urgeschichtlichen als auch dem historischen Bergbau im Oberhalbstein beschäftigte und hierzu das Grundlagenwerk «Geschichte des Bergbaus im Oberhalbstein» veröffentlichte (Brun, 1987). Erste mineralogische und geochemische Untersuchungen an Erzen und Schlacken sind W. Fasnacht zu verdanken, der auch zahlreiche Metallfunde aus dem bronzezeitlichen Siedlungskontext analysierte (Fasnacht, 1991; 1999; 2004). Um die Jahrtausendwende schließlich hat A. Schaer im Rahmen ihrer Lizentiatsarbeit den bisherigen Forschungsstand umfassend aufgearbeitet und die inzwischen sehr zahlreichen Schlacken-Fundmeldungen im Gelände überprüft, das entsprechende Material typologisch ausgewertet und in Form eines Inventars zusammengefasst (Schaer, 2003).

Trotz dieser Grundlagenarbeiten ist es der Schweizer Archäologie bislang nicht gelungen, mit dem internationalen Forschungsstand im Bereich der Montanarchäologie Schritt zu halten. Im Gegenteil: Durch die vielseitigen

²¹ Vgl. die ausführliche Beschreibung der Talschaft in Kapitel 2.

²² Caschigns von lat. *castellum* = Festung/Burg.

²³ Vgl. Anhang B.2, Gliggia I (728).

²⁴ In Anmerkungen und Bildlegenden im Folgenden abgekürzt durch «ADG».

Aktivitäten im Rahmen des HiMAT-Projektes in den östlich angrenzenden Regionen wurde diese forschungsgeschichtlich gewachsene Diskrepanz noch deutlich verstärkt.

Dem Fachbereich Prähistorische Archäologie der Universität Zürich bot sich dann die Gelegenheit, an einem in weiten Teilen aus dem HiMAT-Substrat hervorgehenden trinationalen Forschungsprojekt zur prähistorischen Kupferproduktion in den Ost- und Zentralalpen²⁵ mitzuarbeiten und auf diesem Weg wieder Anschluss an die montanarchäologische Forschung zu finden. Im Rahmen dieses Projektes wurde auch die vorliegende Dissertation erarbeitet. Über die Erforschung von Einzelregionen – Unterinntal (Universität Innsbruck), Mitterberg (Universität Bochum) und Oberhalbstein (Universität Zürich/Archäologischer Dienst Graubünden) – wurde in den Jahren 2015–2018 eine übergreifende Synthese der zeitlich-räumlichen Entwicklung der prähistorischen Kupferproduktion angestrebt. Während die Kolleginnen und Kollegen aus dem benachbarten Ausland u.a. aus dem HiMAT-Projekt bereits auf eine breite Datengrundlage zurückgreifen konnten, mussten für den Schweizer Projektteil zunächst neue Daten generiert werden. Zu diesem Zweck fanden bereits ab 2013 jährlich vierwöchige Lehrgrabungs- und Prospektionskampagnen statt. Im Zentrum der Geländearbeiten stand dabei die Erforschung der Verarbeitungskette der primären Kupfermetallurgie, also die Suche nach archäologischen Nachweisen für die unterschiedlichen Arbeitsschritte der Kupfergewinnung vom Erz zum Metall (Abbau, Aufbereitung, Verhüttung).

Im Rahmen dieses trinationalen Forschungsprojektes fand im Herbst 2016 an der Universität Innsbruck auch die internationale Tagung «Alpine Copper II»²⁶ statt. Die wichtigsten Forschungsergebnisse aus den drei Untersuchungsgebieten sowie Resultate aus anderen prähistorischen Bergbauregionen der Alpen wurden schließlich in einem umfangreichen Tagungsband veröffentlicht.²⁷

²⁵ Projekttitle: «Prehistoric copper production in the eastern and central Alps – technical, social and economic dynamics in space and time»; beteiligte Institutionen: Universität Innsbruck; Universität Bochum; DBM; CEZ Mannheim/Universität Heidelberg; Universität Zürich (im Folgenden in Legendes und Fußnoten durch «UZH» abgekürzt); ADG.

²⁶ Eine erste internationale Tagung fand bereits im Oktober 1995 unter dem Titel «Urgeschichtliche Kupfergewinnung im Alpenraum» an der Universität Innsbruck statt. Der daraus hervorgegangene Tagungsband «Alpenkupfer – Rame delle Alpi» (Weisgerber und Goldenberg, 2004) versammelt den Forschungsstand in den verschiedenen Bergbauregionen um die Jahrtausendwende und galt seither als Standardwerk der alpinen Montanarchäologie. Mit der Neuauflage dieser Tagung bzw. Publikation konnte die in Anbetracht der intensiven zwischenzeitlichen Forschungstätigkeit notwendige Aktualisierung dieses Formats vorgelegt werden.

²⁷ Vgl. verschiedene Beiträge in Turck, Stöllner und Goldenberg (2019). Zu den Forschungen im Oberhalbstein wurden vom Schweizer Projektteam davor außerdem bereits folgende Beiträge veröffentlicht: Turck, Della Casa und Naef, 2014; Della Casa, Naef und Turck, 2016; Reitmaier-Naef, Turck und Della Casa, 2015.

1.2 Forschungsfragen

Die im Folgenden bearbeiteten Fragestellungen beziehen sich auf die Metallurgiekette. Ihnen liegt das Konzept der *chaîne opératoire*²⁸ zugrunde, das ursprünglich im frankofonen Raum für die technologische Untersuchung lithischer Fundbestände entwickelt wurde²⁹, heute aber auch auf viele andere Materialien oder Prozesse im übertragenen Sinne angewendet wird. Es handelt sich, vereinfacht gesagt, um einen technologischen Zugang, mit dem Ziel, die einzelnen Bestandteile eines bestimmten Prozesses zu identifizieren und rekonstruieren. Dieser Prozess, den es zu untersuchen gilt, stellt in der vorliegenden Untersuchung die im Oberhalbstein der Bronze- und Eisenzeit angewendete Technologie der primären Metallurgie, also der Kupferproduktion vom Erz zum Metall, dar. Von zentralem Interesse sind dabei sowohl raum-zeitliche als auch technologische und wirtschaftliche Aspekte:

Raum und Zeit

- Wo wurde innerhalb des Untersuchungsgebiets Kupfer produziert?
- Welche Faktoren sind für die Fundstellendistribution relevant oder strukturierend?
- In welchen Zeiträumen wurde Kupfer produziert?
- Wie verteilen sich die verschiedenen Fundstellen in Raum und Zeit?

Prozess

- Welche archäologischen Befunde hat die urgeschichtliche Kupfergewinnung hinterlassen?
- Welche Strukturen können aus diesen rekonstruiert werden?
- Welche Ausgangsmaterialien, Abfall-, Zwischen- und Fertigprodukte können identifiziert werden?
- Welche einzelnen Prozessschritte lassen sich anhand der Funde und Befunde nachweisen?
- Lassen sich diese zu einer lückenlosen Prozesskette zusammenfügen?
- Wie ist das produzierte Kupfer geochemisch zu charakterisieren?
- Lässt es sich von Kupfer aus anderen Revieren unterscheiden?

Produktion

- In welchem Umfang wurde im Oberhalbstein in urgeschichtlicher Zeit Kupfer produziert?

²⁸ Franz. für Herstellungskette, Verarbeitungskette.

²⁹ Wegweisender Beitrag: Leroi-Gourhan, 1964; zusammenfassend: Martinon-Torres, 2002.

- Lässt sich eine zeitlich-räumliche Entwicklung der Metallgewinnung nachzeichnen?
- Wie ist die Produktion technologisch und wirtschaftlich im überregionalen Kontext einzuordnen?

Um ein möglichst umfassendes, vielseitiges Bild der Oberhalbsteiner Kupfermetallurgie zu erhalten, kamen zur Beantwortung dieser Fragen eine ganze Reihe unterschiedlicher Methoden zum Einsatz. Dabei wurde stets Wert auf eine Kombination der Makro- und Mikro-Betrachtungsebene gelegt.

Eine systematische Erfassung und Beschreibung sämtlicher neuer und altbekannter Fundstellen im Untersuchungsgebiet erfolgte mithilfe ausgedehnter Archivrecherchen sowie mehrwöchiger Geländesurveys, geomagnetischer Messungen und gezielter Bohrsondierungen. Dabei wurden nicht nur standardisierte Informationen zu den einzelnen Plätzen erhoben, sondern es wurde nach Möglichkeit auch organisches Material für die Verbesserung der Datierungsgrundlage geborgen. Parallel zum archäologischen Survey erfolgte auch eine Begehung und (Neu-)Beprobung zahlreicher Vererzungen, um Probenmaterial für mineralogische und geochemische Analysen zu gewinnen.

Ein erster technologischer Zugang zum wichtigsten untersuchten archäologischen Fundmaterial, den Verhüttungsschlacken, erfolgte über eine detaillierte makroskopische Untersuchung und Charakterisierung der verschiedenen Schlackentypen anhand umfangreicher Fundensembles sowie aussagekräftiger Einzelstücke. Auf dieser Grundlage wurden sowohl Angaben zur

Verteilung der verschiedenen Schlackentypen in Zeit und Raum als auch wichtige technologische Hinweise zum Schmelzverfahren ermittelt.

Einen zweiten, ergänzenden Zugang bildete schließlich die detaillierte mineralogische und geochemische Analyse und Diskussion exemplarischer Erz- und Schlackenproben von 18 Lokalitäten bzw. sieben Fundstellen. Neben wichtigen verhüttungsprozessrelevanten Informationen konnte auf diesem Weg auch eine Charakterisierung des im Oberhalbstein produzierten Kupfers anhand der Spurenelementanteile und Bleiisotopenverhältnisse erreicht werden.

Auf der Grundlage all dieser Resultate wurde schließlich vor dem Hintergrund des aktuellen Forschungsstands und unter Miteinbezug etho- und experimentalarchäologischer Vergleiche ein Rekonstruktionsvorschlag für den regionalspezifischen «Oberhalbstein-Prozess» formuliert. Eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse, eine Beantwortung und Kontextualisierung der hier formulierten Forschungsfragen sowie ein umfangreicher Tafelteil besonders repräsentativer und aussagekräftiger Schlackenfunde schließen die vorliegende Arbeit ab.

Im Anhang der Open Access-Ausgabe dieser Publikation sind schließlich ein ausführliches Verzeichnis der Vererzungen und montanarchäologischen Fundstellen, sämtliche zu den Verhüttungsschlacken erhobenen Daten in tabellarischer Form sowie eine fotografische Dokumentation der analysierten Schlackenproben aufgeführt. In der Druckversion dieser Arbeit sind lediglich die beiden Verzeichnisse in gekürzter Form wiedergegeben.

2 Raum und Zeit

2.1 Naturraum

Das hier behandelte Untersuchungsgebiet umfasst im Wesentlichen die Talschaft Oberhalbstein (rätoromanisch «Surses») im Zentrum des Kantons Graubünden, im Südosten der Schweiz.³⁰ Das Nord-Süd verlaufende Tal beginnt im Norden wortwörtlich «oberhalb des Steins», des sog. «Crap Ses»³¹, und reicht im Süden bis zum Alpenhauptkamm im Bereich des Julier- resp. Septimerpasses (Abb. 2.1). Das Tal wird von der Julia durchflossen und ist im Osten durch die Albula-Alpen und im Westen durch die Oberhalbsteiner Alpen begrenzt. Die besiedelte Talsohle liegt auf ca. 1000 bis 1800 m, die höchsten Punkte des Surses markieren Gipfel wie der Piz d'Err (3378 m), der Piz Platta (3392 m) und der Piz Calderas (3397 m). Das Tal lässt sich grob in zwei Stufen unterteilen: Der nördliche, tiefer gelegene, landschaftlich offenere Abschnitt umfasst die Dörfer³² Tinizong, Savognin, Cunter, Riom, Parsonz und Salouf; der südliche, höher gelegene und gebirgigere Abschnitt die Ortschaften Mulegns, Sur, Marmorera und Bivio rund um den 1954 fertiggestellten Marmoreraastausee.³³ Dazwischen liegt eine Schwemmebene der Julia mit der Ortschaft Rona, die als Übergangsbereich zwischen den beiden Talstufen fungiert. Im lokalen Sprachgebrauch wird nicht zwischen einer unteren und oberen Talstufe, sondern zwischen dem Sotgôt (rätoromanisch: unter dem Wald) und dem Surgôt (rätoromanisch: über dem Wald) unterschieden, wobei mit «Wald» die Geländestufe zwischen Tinizong (Sotgôt) und Rona (Surgôt) gemeint ist.

Nach Norden mündet das Oberhalbstein ins Ost-West verlaufende Albulatal, welches über die Schin-schlucht ans Domleschg anschliesst und damit eine

Verbindung nach Norden ins Churer Rheintal darstellt. Nach Süden schliesst das Oberhalbstein über den Septimer ans Bergell resp. über den Julierpass ans Oberengadin und somit an zwei weitere wichtige Kontakträume an: das Inntal resp. die Valchiavenna und die Comersee-Region. Noch heute fungiert das Surses aufgrund seiner verkehrsgeographisch günstigen Lage als wichtiger transalpiner Mobilitätskorridor.

Das Oberhalbstein liegt geografisch im Übergangsbereich zwischen den Zentral- und Ostalpen unmittelbar nördlich des Alpenhauptkamms und zeichnet sich dementsprechend durch ein nord- bzw. inneralpines Klima aus. Die Winter sind in der Regel schneereich und kalt, die Sommer mild, wobei die Jahresniederschlagsmenge vom Julierpass nach Norden kontinuierlich abnimmt (Heitz, 1975, S. 16). Wie ausgeprägte Geländeterrassen noch heute zeigen, wurde in der unteren Talstufe in (prä-)historischer Zeit, ausgedehnter Getreideanbau betrieben. Die obere Talstufe scheint für diese Wirtschaftsform – mit Ausnahme des Siedlungsgebiets rund um die Ortschaft Sur – aus klimatischen und geologischen Gründen nicht geeignet (gewesen) zu sein (Heitz, 1975, S. 16).

Die Waldgrenze verläuft heute im gesamten Tal auf ungefähr 2000 m, in südexponierten Bereichen steigt sie gegenwärtig stellenweise auf bis über 2100 m an, was jedoch nicht nur mit klimatischen, sondern vor allem auch mit alpwirtschaftlichen Entwicklungen in jüngster Vergangenheit in Zusammenhang stehen dürfte. Im Allgemeinen wird auch für das Subboreal (3710–450 v. Chr.) und das ältere Subatlantikum (450 v. Chr.–1000 n. Chr.) eine durchschnittliche Waldgrenzenlage angenommen, die etwa der heutigen entspricht und für die Zentralalpen bei ca. 2000–2050 m liegt (Burga und Perret, 1998, S. 657–659). Eine geobotanische Untersuchung aus den 1970er Jahren an vier Bohrprofilen aus der oberen Talstufe (1780–2450 m) legt nahe, dass die Waldgrenze im Oberhalbstein zu Beginn des Subboreals ihre maximale Höhe von bis zu 2300 m erreichte. Ab der zweiten Hälfte des Subboreals – also ca. ab der beginnenden Bronzezeit – lässt sich eine kontinuierliche Absenkung der Waldgrenze nachweisen, wobei Heitz (1975, S. 45–46) für die Zeit um 1000 v. Chr.³⁴ einen eigentlichen Rodungs-Schub feststellte.

³⁰ Die Fundstellen aus den beiden benachbarten Talschaften Avers und Engadin werden hier ebenfalls berücksichtigt, da sie typologisch und chronologisch mit den Oberhalbsteiner (Be-)Funden vergleichbar sind.

³¹ Crap Ses ist die einheimische, rätoromanische Bezeichnung für den Conterser Stein – eine markante, landschaftsprägende Felsnase am Taleingang (Ostseite). Die rätoromanische Bezeichnung des Tals lautet dementsprechend Surses (sur, rätoromanisch: oberhalb).

³² Seit 2016 sind die ehemals elf Dörfer Teil einer einzigen politischen Gemeinde. Der Übersicht halber wird für Lokalisierungen im Weiteren jedoch auf die Bezeichnungen der einzelnen Ortschaften zurückgegriffen.

³³ Im Folgenden werden die beiden Talabschnitte als «untere Talstufe» (Norden) bzw. «obere Talstufe» (Süden) bezeichnet.

³⁴ Diese absolute Datierung darf aufgrund der fraglichen Genauigkeit der zugrundeliegenden ¹⁴C-Datierungen aus

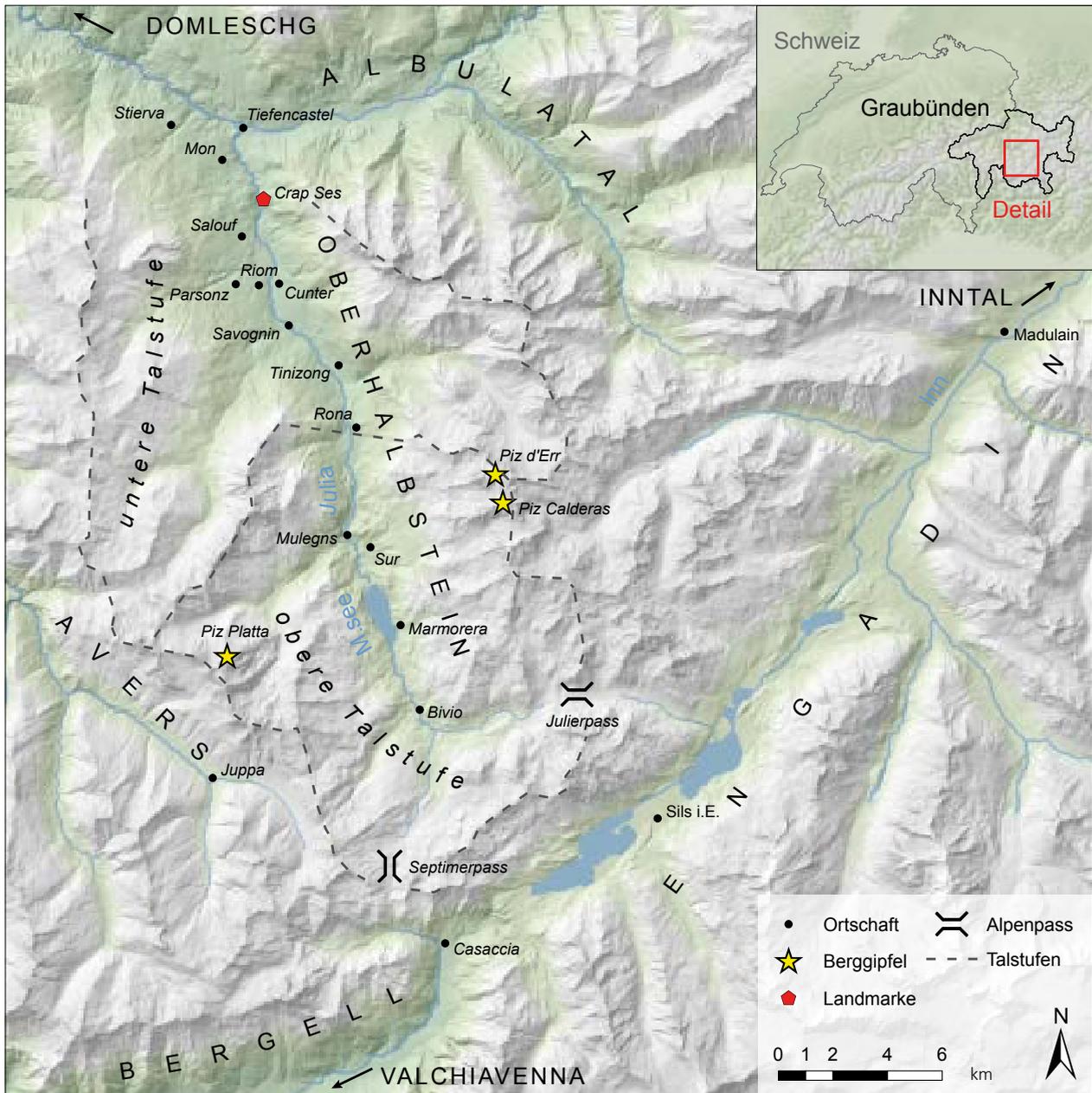


Abb. 2.1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets mit den im Text erwähnten Ort- und Talschaften. Karte: L. Reitmaier-Naef (UZH). Geodaten: Bundesamt für Landestopographie swisstopo (Im Folgenden abgekürzt durch «swisstopo»).

Über die genaueren klimatischen Verhältnisse im Tal während der Bronze- und Eisenzeit sowie den Einfluss der Kupfergewinnung und anderer Wirtschaftszweige auf die prähistorische Kulturlandschaft lagen bislang keine Daten vor.³⁵ In der zweiten Hälfte des 2. und der ersten

den frühen 1970er Jahren nur als ungefähre Angabe verstanden werden.

³⁵ Dies soll u.a. durch mehrere kürzlich abgeschlossene bzw. in Arbeit befindliche studentische Qualifikationsarbeiten behoben werden: vgl. Bachelorarbeit von U. Wingenfelder (2019; 2020) zur Metalleinreicherung in Sedimentbohrkernen aus Gruba. Zwei palynologische Masterarbeiten an Sedimentbohrkernen sowie eine Masterarbeit im Bereich Anthrakologie wurden während der Drucklegung dieser Arbeit durch

Hälfte des 1. Jahrtausends v. Chr. ist im Rahmen der sog. Löss-Schwankung und der Göschenen I Kaltphase für den zentralalpinen Raum jedoch generell von eher nass-kalten klimatischen Bedingungen und einer damit verbundenen leichten Absenkung der Waldgrenze auszugehen (Burga und Perret, 1998, S. 722-723). Ein etwas milderes Klima dürfte einzig um die erste vorchristliche Jahrtausendwende geherrscht haben.

M. Isler (2021, Universität Zürich), M. Stockmaier (2021, Universität Zürich) und H. Lindemann (2021, Universität Frankfurt a. M.) verfasst bzw. abgeschlossen. Vgl. auch Nüssli und Stockmaier, 2019; Turck, et al. 2021.

2.1.1 Geologie

Im Gegensatz zur überwiegenden Mehrheit der prähistorischen Kupferreviere im Alpenraum liegt das Oberhalbstein nicht in der rohstoffreichen Grauwackenzone der Ostalpen. Geologisch betrachtet liegt das Surses unmittelbar an der Grenze zwischen Zentral-³⁶ und Ostalpin, wo die Überschiebung der ostalpinen Decken über das Penninikum der Zentralalpen aufgeschlossen ist. Während die Gesteinspakete des liegenden Penninikums paläogeographisch aus dem Gebiet eines ehemaligen Ozeans (Thetys) stammen, sind die hangenden ostalpinen Einheiten Teil des südöstlich angrenzenden adriatischen Kontinentalrandes (vgl. z.B. Pfiffner 2015, Abb. 3-16). Dieses tektonische Kontaktgebiet zwischen Ost- und Zentralalpin ist von zahlreichen kleinräumigen Verschuppungen und Verzahnungen geprägt, die das geologische Kartenbild sehr komplex und daher unübersichtlich werden lassen. Teil dieses Überschiebungsgebietes ist auch die oberpenninische Platta-Decke mit mehrheitlich aus ozeanischer Kruste bestehenden Gesteinen wie Ophioliten³⁷ und Radiolariten (Nievergelt, 2003, S. 5). Die zahlreichen kleinen, in der Regel wenig mächtigen, vorwiegend sulfidischen Erzvorkommen im Oberhalbstein, um die es in der vorliegenden Untersuchung geht, konzentrieren sich auf die basischen Vulkanite und Serpentin-Sequenzen der Platta-Decke.³⁸

V. Dietrich untersuchte und kartierte die Platta-Decke sowie die darin enthaltenen Mineralisationen in den 1960er Jahren detailliert. Die folgenden Ausführungen basieren im Wesentlichen auf den daraus resultierenden und bis heute wegweisenden Publikationen zur Thematik (Dietrich, 1970; Peters und Dietrich, 2008).

Die nach dem Oberhalbsteiner Piz Platta benannte tektonische Einheit bildet mit den darunterliegenden, kretazischen bis alltertiären Flyschdecken und den darüberliegenden Schiefen der Roccabella-Serie den oberen Abschluss des Penninikums im Oberhalbstein. Darüber folgt, primär auf der östlichen Talseite, die unterostalpine Err-Decke (Abb. 2.2).

Die erzführende, bis zu 700 m mächtige Platta-Decke s.str. lässt sich grob in zwei Teildecken – die untere und die obere Platta-Decke – unterteilen, getrennt durch die sog. Mazzaspitz-Marmorera-Serpentinite (MM-Serie)³⁹ – ein in sich verschuppter Serpentin-Gabbro-Diabas-

Sediment-Komplex. Dieser ist als zentraler Bereich des ehemaligen Ozeans zu interpretieren, wo sich Anteile von Mantelgesteinen mit der ozeanischen Kruste und den tiefmarinen Sedimentgesteinen vermischt haben. Die meisten und mehrheitlich auch ergiebigsten sulfidischen Erzvorkommen befinden sich im Bereich dieser MM-Serie. V. Dietrich führt für das Oberhalbstein vier weitere, mit der Platta-Decke direkt verbundene, tektonische Einheiten an: Die Martegnas-Serie, den Livizung-Zug, die Forcellina-Schuppe sowie die Val-Gronda-Einheit. Sie bestehen im Wesentlichen zwar ebenfalls aus Ophioliten, sind jedoch aufgrund lithologischer und tektonischer Argumente von der Platta-Decke s.str. abzutrennen. Alle ophiolithreichen Einheiten zwischen dem Schamser Deckenkomplex im Liegenden und den ostalpinen Decken im Hangenden werden heute unter dem Begriff Platta-Decke s.l. zusammengefasst (vgl. z.B. Peters und Dietrich, 2008). Die komplexen geologischen Verhältnisse in der Platta-Decke sind nicht nur eine direkte Folge der mehrphasigen alpinen Deformation sondern auch Ausdruck einer kleinräumig wechselhaften Paläogeographie, welche den Übergang vom ostalpinen Kontinent zum penninischen Ozean vor dem Zusammenschub prägte.

In resp. an den Grenzen zu den Ophioliten des Oberhalbsteins treten verschiedene Vererzungstypen auf. Am häufigsten sind die an stark tektonisierte Serpentinite und Ophikalzite gebundenen Eisen-Kupfer-Nickel-Vererzungen. Daneben treten in den Metavulkaniten stellenweise auch kleinere Hämatit-, Magnetit- sowie Pyrit-Chalkopyrit-Vererzungen auf.

Erstere lassen sich anhand ihres erzmineralogischen Inhalts in drei geographische Gruppen unterteilen:

1. eine nördliche Gruppe zwischen Tiefencastel und Mulegns mit relativ einfacher Erzeugenese aus Pyrit, Chalkopyrit und Magnetit,
2. eine mittlere Gruppe zwischen Mulegns und Bivio mit reicheren Paragenesen aus Pyrrhotin, Chalkopyrit, Magnetit, Ilvait, sowie
3. eine Gruppe südlich von Bivio mit stark tektonisierten Mineralisationen ähnlicher Zusammensetzung wie Gruppe 1. und 2.

Sulfidische Eisen-Kupfer-Vererzungen bilden sich heute in Ozeanböden, im Bereich von hydrothermalen Quellen, sogenannten Schwarzen Rauchern oder Black Smoker: 300–400°C heißes, mit Eisen, Kupfer und weiteren Elementen angereichertes Wasser tritt durch einen röhrenförmigen Schlot am Ozeanboden aus. Das umgebende kalte Meerwasser führt zu einer sofortigen Abkühlung der austretenden Flüssigkeit. Die dabei ausgefallenen Elemente lagern sich um diesen Schlot herum in Form von metallhaltigen Sedimenten, den späteren Lagerstätten, ab. Dieser Sulfidniederschlag äußert sich in einem mit Rauch vergleichbaren optischen Phänomen, das den «Black Smokers» ihren Namen gab (Phol, 2005, S. 14-16) (Abb. 2.3).

Ob die Genese der Erzvorkommen in den metamorphen Vulkaniten der Platta-Decke auf analoge Vorgänge zurückzuführen ist, bleibt zurzeit noch offen. Entsprechende Untersuchungen stehen noch aus.

³⁶ Entsprechend den Gepflogenheiten der Schweizer Geologie (vgl. Pfiffner, 2015) wird in der vorliegenden Arbeit – im Gegensatz zur übrigen, österreichisch-deutsch geprägten montanarchäologischen Forschung (Zweiteilung in Ost- und Westalpen) – nicht nur geografisch, sondern auch geologisch von einer Dreiteilung des Alpenbogens in Ost-, West- und Zentralalpen ausgegangen.

³⁷ Erläuterungen zu den in diesem Kapitel erwähnten Gesteinen und Mineralen finden sich zu Beginn von Kapitel 4.2.1.

³⁸ Die in den Radiolariten und Kieselschiefern der Roccabella-Serie liegenden Mangan-Vererzungen werden im Inventar der Vererzungen (Anhang A) zwar aufgeführt, im Text aber nicht besprochen (vgl. dazu Geiger, 1948; Suana, 1984).

³⁹ In der jüngeren geologischen Fachliteratur wird die MM-Serie auch als «Untere Serpentin-Schuppe» bezeichnet (vgl. Peters und Dietrich, 2008, S. 94-95).

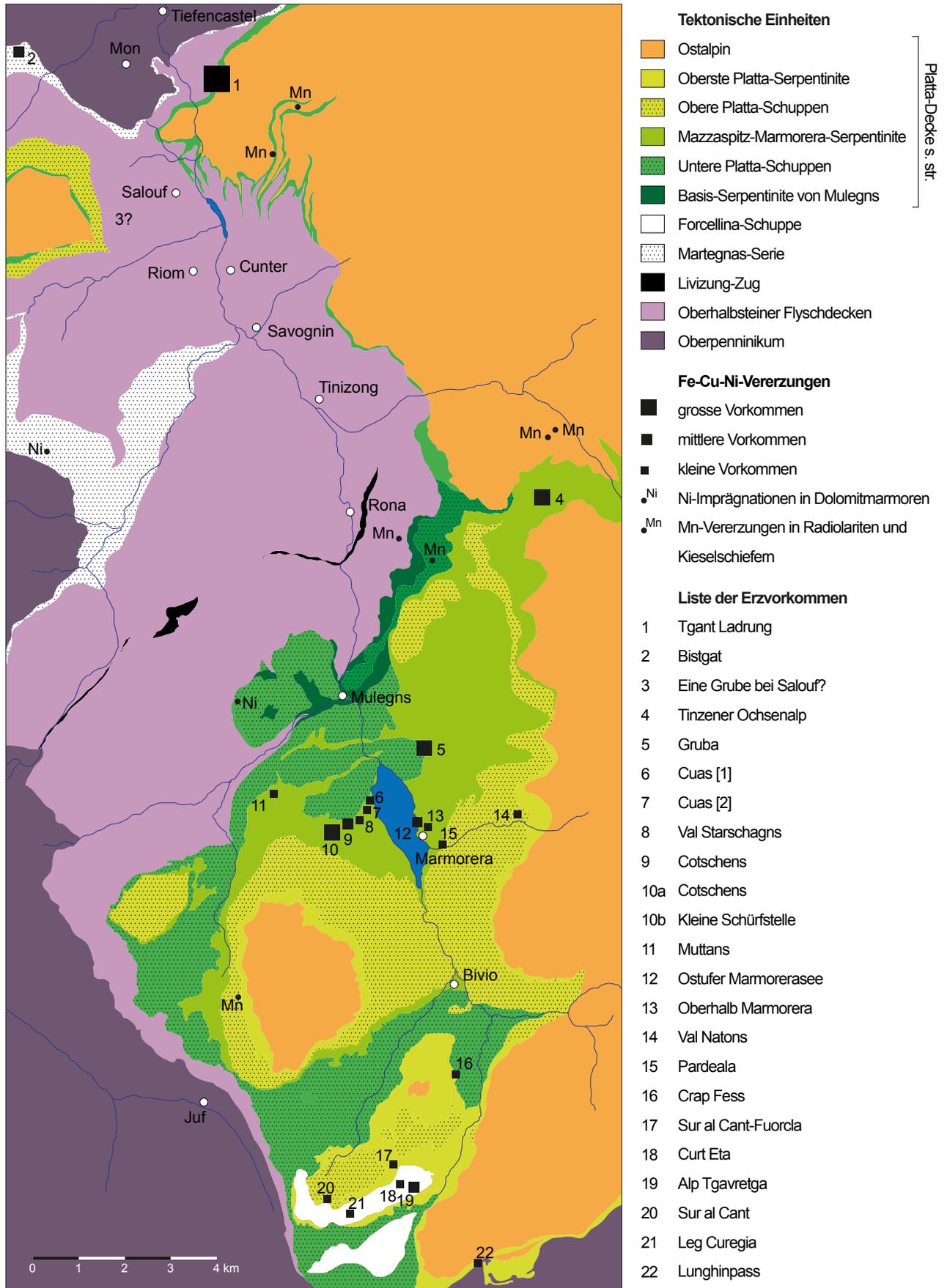


Abb. 2.2: Vererzungen in den Ophiolithen des Oberhalbsteins (leicht vereinfacht nach Dietrich, 1972, Taf. 1). Tektonische Grundlage: Nördliches Oberhalbstein nach Staub (1956), südliches Oberhalbstein nach Dietrich (1969). Die Nummerierung der Vererzungen bezieht sich auf Dietrich (1972) und ist mit der hier verwendeten Nummerierung identisch. Bearbeitung: L. Reitmaier-Naef, UZH.

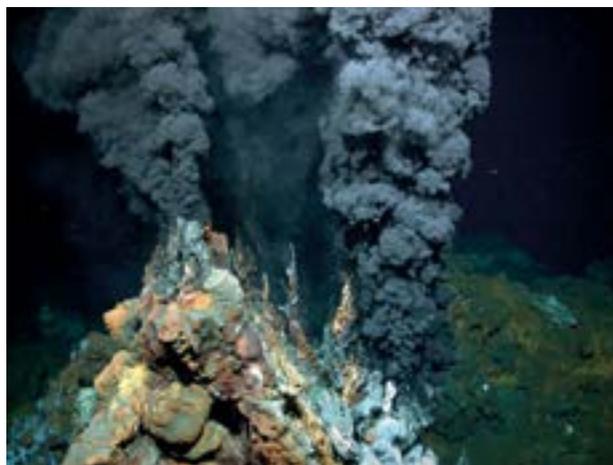


Abb. 2.3: Unterwasseraufnahme eines Schwarzen Rauchers mit seitlichen Sulfidablagerungen am Mittelatlantischen Rücken in 2980 m Wassertiefe. Foto: MARUM – Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen (CC BY 4.0).

2.1.2 Vererzungen

Die Datengrundlage zu den einzelnen Erzvorkommen im Oberhalbstein war vor der systematischen Untersuchung durch V. Dietrich relativ dünn und uneinheitlich. In historischer Zeit fanden in der Regel lediglich punktuell einzelne Bergwerke Erwähnung, wobei eine exakte Lokalisierung resp. eine differenzierte Beschreibung der anstehenden Mineralisation in den seltensten Fällen vorgelegt wurde. Entsprechende Quellen besitzen demnach eine sehr begrenzte Aussagekraft und sind eigentlich primär von montanhistorischem Interesse.

Dennoch soll hier im Folgenden eine kurze Übersicht der verfügbaren historischen und rezenten Karten- und Textquellen zu den verschiedenen Erzvorkommen im Untersuchungsgebiet präsentiert werden. Es gilt dabei zu berücksichtigen, dass die räumliche und inhaltliche Zuverlässigkeit resp. Präzision dieser Informationen in aller Regel mit zunehmendem Alter und Betrachtungsmaßstab abnimmt. Für das Oberhalbstein betrifft dies primär die teilweise widersprüchliche oder unklare Unterscheidung zwischen Eisen- und Kupferbergbau, wovon ja auch die archäologische Forschung bis weit in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts betroffen war (vgl. Kapitel 1.1.2, S. 21).

Mit der Karte der «Rhätischen Erzgebirge oder neueste Übersicht aller derjenigen Berg-Reviere im Umfange der Kantone Graubünden, St. Gallen und Glarus, wo ein oder mehrere Erzlager von Sachkennern für positiv od. relativ bauwürdig erklärt worden sind» hat H. Schopfer (1835) eine erste zusammenfassende Lagerstättenkarte für die (Süd-)Ostschweiz vorgelegt (Abb. 2.4). Der Abbildungsmaßstab von 1 : 350.000 lässt zwar keine exakte Lokalisierung der kartierten Erzvorkommen zu, einige der Vorkommen dürften sich aber dennoch identifizieren lassen, etwa die beiden «schwefelichte Kupfer u. Eisenerze»

bei Sur⁴⁰ und Bivio⁴¹. Die zwei Kupferkies-Signaturen auf der Ostseite des Tales dürften Tgant Ladrung⁴² und Avagna-Ochsenalp⁴³ darstellen, die allerdings deutlich zu weit südlich kartiert wurden, wie auch der «Piz Err», der sich tatsächlich in der Mitte des Tals und nicht in unmittelbarer Nähe zum Julierpass befindet. Welche Lokalität mit der dazwischenliegenden Fahlerz-Signatur angezeigt werden soll, kann nicht rekonstruiert werden, da aus dem Oberhalbstein bislang keine Fahlerzvorkommen bekannt sind. Ähnlich schwierig gestaltet sich die Situation am nordwestlichen Ausläufer des Tals: Bei Salux [Salouf] bzw. Reams [Riom] ist je ein Erzvorkommen eingezeichnet, das nicht sicher zugewiesen werden kann. Ersteres könnte das Vorkommen Ziteil⁴⁴ darstellen, wo jedoch keine Fahlerze anstehen.

Eine erste geologische Studie zum Oberhalbstein, in der auch Erzvorkommen explizit beschrieben werden, ist der 1839 durch A. Escher und B. Studer vorgelegte Band «Geologie von Mittel-Bündten» (Escher und Studer, 1839). In diesem Werk finden neben den zahlreichen Erzvorkommen im benachbarten Ferreratal auch fünf Erzvorkommen im Oberhalbstein Erwähnung: In der Val Nandrò zeigt der anstehende grüne Schiefer «beträchtlichen Kalkgehalt; ferner Adern von Epidot, und eingesprengten Schwefelkies [Pyrit]» und im «Serpentin [...] bemerkt man Magneteisen [Magnetit]» (Escher und Studer, 1839, S. 104). Kupferhaltige Minerale werden an dieser Stelle nicht erwähnt. Dafür zeigte sich in der Nähe von Tiefencastel, unterhalb des Steins «Serpentinschutt, zunächst an der Strasse, im Walde; und noch in diesem Jahrhundert ist auf Kupfererze, die in diesem Serpentin brechen, ein, wie es scheint, fruchtloser Bergbau getrieben worden» (Escher und Studer, 1839, S. 150). Schließlich beschreiben die beiden Pioniere der alpinen Geologie auch das bekannteste Erzvorkommen des Oberhalbsteins, die Ochsenalp: «Auf dem Ochsenberge soll, in älterer Zeit, auf Kupferkies, oder andere Kupfererze Bergbau stattgefunden haben. In Chur [...] bewahrt man Stücke auf, von schön himmelblauem Allophan, der sich in den alten Gruben sekundär gebildet haben soll. – Auch Eisenerze sind, nach älteren Nachrichten, theils auf dem Ochsenberge, theils auf der Flixeralp gefördert worden.» (Escher und Studer, 1839, S. 147). Überdies sei «am Ausgang der V[al]. Cavraggia gegen Stalla, Anschürfungen von gelbem und buntem Kupferkies, eingesprengt in einer quarzig thonigen, sehr schwer zersprengbaren Masse» (Escher und Studer, 1839, S. 85) vorhanden. Und ganz am südlichen Ende des Oberhalbsteins, in Gravesalvas⁴⁵ schließt der «Serpentin [...] Nester von feinkörnigem Magneteisen ein, und enthält zugleich beträchtlich viel Schwefeleisen, als feine, grünlich graue Masse, oder in kleinen Nestern und Adern» (Escher und

⁴⁰ Vgl. Anhang A.1, Gruba 1 (5).

⁴¹ Vgl. Anhang A.1, Crap Fess (16).

⁴² Vgl. Anhang A.1, Tgant Ladrung (1).

⁴³ Vgl. Anhang A.1, Avagna-Ochsenalp (4).

⁴⁴ Vgl. Anhang A.1, Ziteil (29).

⁴⁵ Heute «Grevasalvas».



Abb. 2.4: Karte mit dem Titel «Rhätische Erzgebirge oder neueste Übersicht aller derjenigen Berg Reviere im Umfang der Kantone Graubünden, St. Gallen und Glarus wo ein oder mehrere Erzlager von Sachkennern für positiv oder relativ bauwürdig erklärt worden sind» von H. Schopfer aus dem Jahre 1835. Detail: Im Gebiet des «Oberhalbsteiner Th[als].» sind einige wenige Vererzungen eingezeichnet. Reproduktion: Kantonsbibliothek Vadana, St.Gallen (Signatur: VHK 1 H 104). Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Studer, 1839, S. 75). Die beschriebenen Vererzungen können – mit einer Ausnahme – alle mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit einem heute noch bekannten Vorkommen zugewiesen werden.⁴⁶

In weiteren, im Laufe des 19. Jahrhunderts publizierten Fachtexten und Kartenwerken werden primär wiederum dieselben Vorkommen erwähnt resp. kartiert. So schreibt etwa der Churer Naturforscher und Kartograph G. L. Theobald (1862, S. 18) über das verlassene Bergwerk auf der Tinzener Ochsenalp: «Man grub dort einen stark eisenhaltigen Kupferkies [Chalkopyrit], der in vielen Fällen eigentlich nur ein kupferhaltiger Schwefelkies ist, ein eben nicht reiches Erz, das aber in grosser Menge vorkam, leicht zu gewinnen war und besonders auf Vitriol benutzt wurde».

Dass der Abbau hier «nur Stollenbau und unbedeutende Gesenke» (Theobald, 1862, S. 18) hinterließ, wusste er offensichtlich nur aus zweiter Hand, da der Untertagebau zum Zeitpunkt seiner Beschreibung bereits verschüttet war. Theobald (1862, S. 27) berichtet daneben ausserdem von den Limonit- und Kupferkiesvorkommen im Serpentin von «Gruba bei Sur», dem heutigen Gruba⁴⁷: «Das Brauneisen wurde ehemals ausgebeutet, muss aber wegen des beigemischten Schwefelkieses und Kupferkieses nur schlechtes Material gewesen sein».

Auf dem betreffenden Blatt der wenig später erschienenen Geologischen Karte der Schweiz, für das ebenfalls

Theobald (1865) verantwortlich zeichnet, ist neben Gruba auch ein Kiesvorkommen⁴⁸ auf der Alp Sess⁴⁹ eingezeichnet, jedoch ohne Eingang in den entsprechenden Erläuterungsband (Theobald, 1866) zu finden.

Auf der «Karte der Fundorte von Rohprodukten in der Schweiz» aus den frühen 1880er Jahren kartieren J. Weber und A. Brosi (1883) eine ganze Reihe interessanter Erzvorkommen im Gebiet des heutigen Oberhalbsteins, jedoch ohne Beschriftung oder genauere Lageangaben (Abb. 2.5). Neben den wiederholt erwähnten, einfach identifizierbaren Lokalitäten wären dies etwa ein Kupfervorkommen in der Val Nandro, westlich von Mulegns sowie östlich von Marmorera. Das im Bereich des heutigen Stausees eingezeichnete Silbervorkommen kann mit einiger Wahrscheinlichkeit als Fehlkartierung eingestuft werden, was bei kleinmaßstäblichen Karten aufgrund mangelnder Primärkenntnisse der bearbeitenden Personen durchaus vorkommen kann. Silberhaltige Vererzungen sind aus diesem Gebiet nicht bekannt. Wie verlässlich die Angaben zu den übrigen Lokalitäten bzw. ehemaligen Bergwerken sind, muss vor diesem Hintergrund offenbleiben.

Um 1900 zeigen sich Tarnuzzer, Nussberger und Lorenz (1900, S. 23) von den Kupfererzen der Ochsenalp wenig begeistert: «le Fer limoniteux et le sulfure de Cuivre» sei primär für die Vitriolproduktion abgebaut worden, «du reste le minerai était beaucoup plus riche en fer qu'en cuivre».

Mit der Intensivierung der geologischen und mineralogischen Erforschung Graubündens um die Jahrhundert-

⁴⁶ Das Vorkommen in der Val Nandro ist heute nicht mehr bekannt. Beim Vorkommen unterhalb des Steins dürfte Tgant Ladrung (1) gemeint sein. Der «Ochsenberge» ist sicherlich mit Avagna-Ochsenalp (4) identisch und mit der letztgenannten Vererzung ist vermutlich Grevasalvas 1 (106) gemeint. Vgl. Anhang A.1.

⁴⁷ Vgl. Anhang A.1, Gruba 1 (5).

⁴⁸ Mit «Kies» ist hier nicht kleinteiliges Lockersediment, sondern ein nicht genauer def. Eisen-Schwefel-Erz gemeint.

⁴⁹ Vgl. Anhang A.1, Val Natons (14).



Abb. 2.5: Detail aus der «Karte der Fundorte von Rohproducten in der Schweiz: Reproduction der von den Experten der Gruppe XVI für die schweizerische Landesausstellung 1883 hergestellten Originalkarte» von J. Weber und A. Brosi, wohl aus dem Jahr 1883; Originalmaßstab der Karte ca. 1 : 520.000. Im Bereich des Oberhalbsteins (zw. «Tiefenkasten» und «Stalla» (Bivio)) sind mehrere Vererzungen kartiert. Reproduktion: Zentralbibliothek Zürich (Signatur: 05 16 Hb 16: 6). Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

wende vervielfachte sich auch die verfügbare Fachliteratur deutlich.⁵⁰ Wenn überhaupt, so wurden in diesen Arbeiten jedoch primär die Eisen- und Manganvererzungen des Oberhalbsteins und des angrenzenden Avers aufgeführt, die – im Gegensatz zu den Kupfererzen – für die Schweiz insbesondere während der beiden Weltkriege kurzfristig wieder von volkswirtschaftlichem Interesse waren (vgl. z.B. Fehlmann, 1919). Vereinzelt wurden in geologischen Abhandlungen die sulfidischen Vererzungen in den Serpentiniten aber auch weiterhin berücksichtigt, etwa in der «Geologie der westlichen Berggünertöcke» von E. Ott (1925), der u.a. in Bistglat eine Pyrit- und Kupferkiesimprägation sowie das bereits mehrfach zitierte Kiesvorkommen in Tgiant Ladrung oberhalb Tiefencastel erwähnt.⁵¹ Letzteres wird, zusammen mit der

Ochsenalp und Gruba, auf den beiden ersten Auflagen der Rohstoffkarte der Schweiz aus den Jahren 1920 und 1953 ebenfalls vermerkt (Dietrich 1972, S. 21-47).

Bis zur systematischen Bearbeitung durch V. Dietrich in den 1960er Jahren wurden die verschiedenen Erzvorkommen im Tal also auch in der Fachliteratur weitgehend cursorisch erwähnt. Wenn überhaupt, so fanden maximal die Hauptminerale resp. der (vermeintlich) gewonnene Wertträger Erwähnung. Durch die ausgedehnten Gelände- und Laborarbeiten V. Dietrichs sind wir heute aber glücklicherweise über einen Großteil der Vererzungen im Oberhalbstein sehr viel besser unterrichtet. Die 1972 publizierte Habilitationsschrift Dietrichs umfasst eine teilweise sehr detaillierte Beschreibung und exakte Lokalisierung von insgesamt 22 Vorkommen (Dietrich 1972, S. 21-47). Diese Publikation diente dementsprechend für die eigenen Geländearbeiten als wichtigste Grundlage und war auch für die naturwissenschaftliche Analyse der geborgenen Erzproben ein unverzichtbares Hilfsmittel.

Allgemein präsentiert sich der Quellen- und Forschungsstand für die obere Talstufe des Oberhalbsteins deutlich besser als für die untere Talstufe, liegt für Erstere doch bereits eine detaillierte geologische Kartierung im Maßstab 1 : 25.000⁵². Das entsprechende geologische Kartenblatt für die untere Talstufe⁵³ wird hingegen erst in einigen Jahren erscheinen.

2.1.3 Erzprospektion

Für die Kupfervererzungen im Untersuchungsgebiet lagen neben den sehr detaillierten mineralogischen Beschreibungen Dietrichs weder pauschalchemische noch Bleiisotopenanalysen vor. Da das damals gewonnene Referenzmaterial für eine zeitgemäße Neuuntersuchung leider nicht mehr verfügbar war, wurde schnell klar, dass neben den archäologischen auch geologische Geländebegehungen durchgeführt werden müssen, um analysierbares Probenmaterial zu gewinnen. Eine differenzierte mineralogische und geochemische Charakterisierung der lokalen Erzressourcen ist schließlich sowohl für prozesstechnologische wie auch herkunftsanalytische Untersuchungen von zentraler Bedeutung.

Erste Begehungen fanden bereits 2013 statt, eine systematische Prospektion und Beprobung einzelner Vorkommen wurde aber insbesondere in den Jahren 2014 und 2015 durchgeführt. In den darauffolgenden Jahren erfolgten dann punktuell einige weitere, ergänzende Abklärungen oder Zweitbegehungen ausgewählter Vererzungen. Die Geländearbeiten fanden jeweils in den Sommermonaten im Rahmen der vierwöchigen Lehrgrabungskampagnen des Fachbereichs Prähistorische Archäologie der Universität Zürich statt, wobei die

⁵⁰ Eine Zusammenstellung der geologischen Fachliteratur aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts findet sich bei Dietrich (1972, S. 18).

⁵¹ Ott, 1925, S. 18; S 20. Vgl. Anhang A.1, Bistgat (2); Tgant Ladrung (1).

⁵² Geologischer Atlas der Schweiz, Kartenblatt Nr. 1256, Bivio.

⁵³ Kartenblatt Nr. 1236, Savognin.

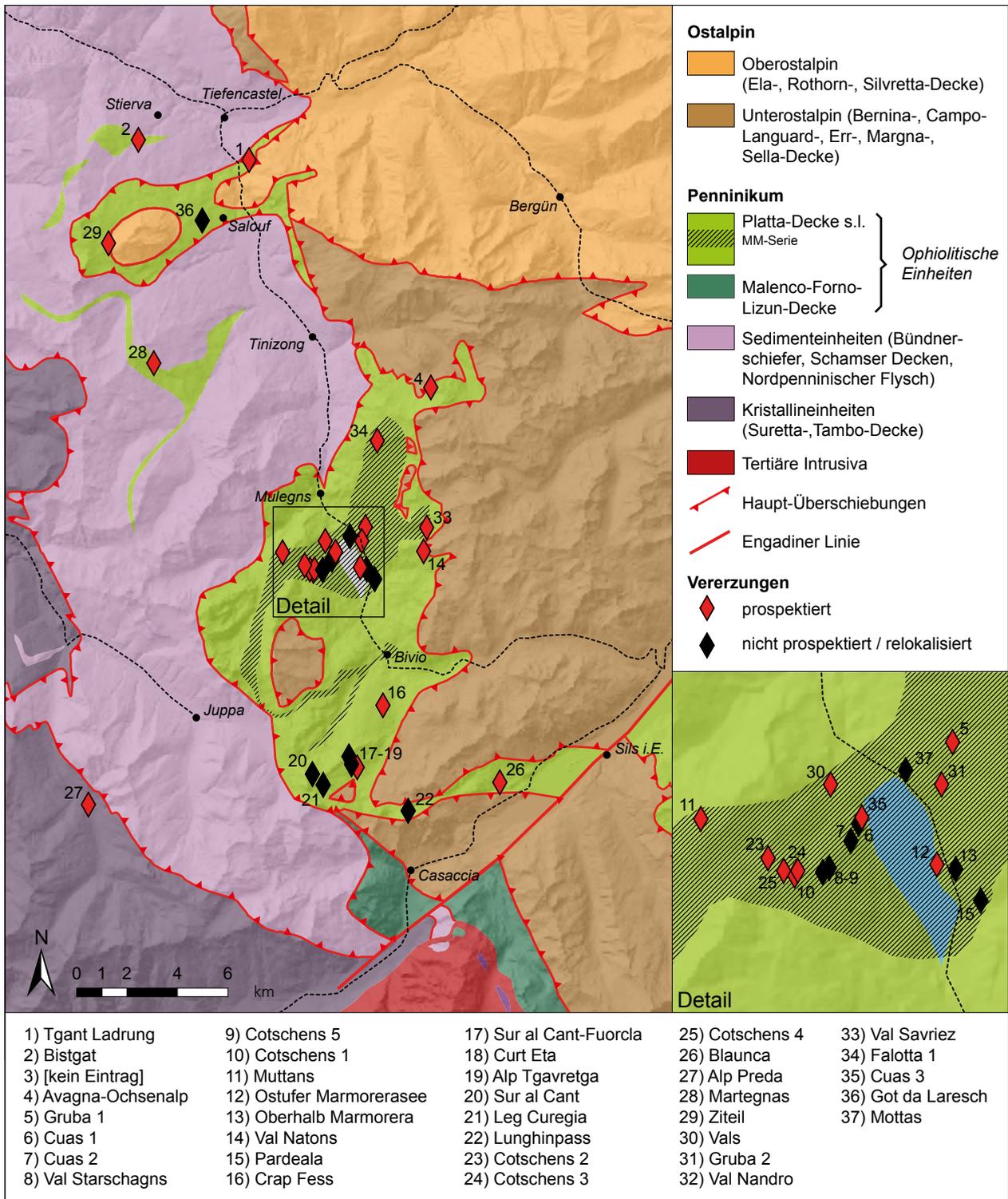


Abb. 2.6: Tektonische Karte mit den bislang bekannten kupferführenden Vererzungen im Oberhalbstein. Die Vererzungen im angrenzenden Avers und Oberengadin wurden nicht systematisch, sondern nur selektiv prospektiert und kartiert. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH und H. Naef, Geosfer AG. Geodaten (inkl. geologische Vektordaten): swisstopo.

Erzprospektionen nach Möglichkeit in Begleitung von Fachleuten durchgeführt wurde.⁵⁴ Die Surveys wurden

entweder als gezielte, eintägige Erzprospektionen zu einem bestimmten Vorkommen angelegt oder im Kontext

⁵⁴ Ein Großteil der Vererzungen wurde in Begleitung des Mineralogen K.-P. Martinek (München) und der auf dem Gebiet der Erzprospektion erprobten Archäologin C. O. Grutsch (Universität Innsbruck) durchgeführt. Tageweise waren

außerdem G. Goldenberg (Universität Innsbruck), A. Hauptmann (DBM), D. Fulda und R. Widmer (Fachgruppe Georesourcen Schweiz, ETH Zürich) sowie H. Naef (geosfer AG, St. Gallen) mit im Gelände.

anderer Geländearbeiten, insbesondere der archäologischen Fundstellenprospektion durchgeführt. Die enge Verknüpfung zwischen der Erzprospektion und der Suche nach (prä-)historischen Abbauspuren liegt zwar auf der Hand, wird hier aber aus inhaltlichen Gründen separat diskutiert.⁵⁵

Analog zum montanarchäologischen Fundstellenverzeichnis wurde in der vorliegenden Arbeit auch ein Inventar der Erzvorkommen im Untersuchungsgebiet erarbeitet, in dem neben den kupferführenden Vererzungen der Vollständigkeit halber (und um allfälligen Verwechslungen vorzubeugen) auch nicht kupferführende Lokalitäten – insbesondere Hämatit- und Manganzvorkommen – aufgeführt sind.⁵⁶ Vererzungen außerhalb des Oberhalbsteins werden darin nur in Ausnahmefällen berücksichtigt, da insbesondere im angrenzenden Albula- und Ferreratal eine Vielzahl unterschiedlicher Vorkommen bekannt ist. Die einzelnen Lokalitäten wurden mit einer eindeutigen Identifikationsnummer versehen, um Verwechslungen und Doppelbenennungen künftig möglichst zu vermeiden. Sowohl das Inventar als auch die Begehungen basieren weitgehend auf den oben aufgeführten Quellen, allen voran der Arbeit von V. Dietrich (1972) sowie dem Rohstoffinventar der Fachgruppe Georessourcen Schweiz⁵⁷.

Im Folgenden werden hier diejenigen Vererzungen kurz beschrieben, die prospektiert und teilweise auch mineralogisch und geochemisch analysiert wurden.⁵⁸ Die Beschreibung der einzelnen Lokalitäten erfolgt nach Ortschaften in geographischer Reihenfolge von Norden nach Süden (Abb. 2.6).

Untere Talstufe

Albula, Mon: Bistgat (2)

Das Kupferkiesvorkommen in Bistgat ist bislang nur von Ott (1925, S. 18) beschrieben worden und aus archäologischer Perspektive insbesondere aufgrund seiner Nähe zum urgeschichtlichen Schmelzplatz Tiragn⁵⁹ von Interesse. V. Dietrich (1972, S. 22) dokumentierte innerhalb des Serpentinivorkommens von Bistgat allerdings



Abb. 2.7: Mon, Bistgat. Blick nach Süden: Lokalisierung der schwachen Erzimprägung (Pfeil) im Bachbett nördlich des Maiensässes Bistgat (leicht unscharfe Aufnahme). Foto: M. Stockmaier, UZH.

lediglich punktuell idiomorphen Pyrit, keinen Chalkopyrit. Dies ist wenig überraschend, waren doch auch bei den eigenen Feldarbeiten zwei Geländetage notwendig, um doch noch eine Chalkopyrit-Imprägung aufzuspüren. Die betreffende Stelle liegt ungefähr 1,5 km südwestlich oberhalb des Dorfkerns von Stierva, unmittelbar nördlich des Maiensässes «Plang digl Bistgat» auf einer Höhe von 1695 m. Im Südwest-Nordost verlaufenden Bachbett unmittelbar nördlich von Bistgat sind die massiven, vielerorts mit idiomorphen und bis zu zentimetergroßen Pyrit-Würfeln durchzogenen Serpentine der Martegas-Serie aufgeschlossen (Dietrich, 1972, S. 22). Gut 100 m nordwestlich unterhalb der Zufahrtsbrücke nach Bistgat lassen sich im untersten Bereich ebendieses Bachbetts an der südlichen Felswand außerdem kleinere Schlieren von Pyrit und Chalkopyrit beobachten (Abb. 2.7). Es handelt sich dabei nur um eine schwache Imprägnation. Hinweise auf weitere, erreichere Aufschlüsse konnten im Gelände nicht festgestellt werden. Ob resp. wie dieser mineralogische Befund mit einem aufgrund des ca. 500 m nördlich gelegenen Schmelzplatzes Tiragn in der Nähe zu vermutenden, zumindest in urgeschichtlicher Zeit bauwürdigen Vorkommen in Zusammenhang steht, konnte bislang nicht geklärt werden.

Albula, Tiefencastel: Tgant Ladrung (1)

Die Vererzung von Tgant Ladrung liegt knapp einen Kilometer nördlich unterhalb des «Steins» auf ca. 1260 m. Sie zählt deshalb geografisch nicht mehr zum Oberhalbstein und wird in historischen und geologischen Quellen dementsprechend jeweils als Grube bei Tiefencastel o.ä. bezeichnet. Das Vorkommen liegt in einer Maschenserpentinit-Sequenz der Platta-Decke und ist daher geologisch aber mit den sulfidischen Vererzungen im Oberhalbstein korrelierbar. Eine wenige Meter breite vererzte Störungzone fällt hier vertikal ein und verläuft ungefähr Ost-West (Dietrich, 1972, S. 21). Sie ist heute auf einer Breite von

⁵⁵ Zur Urgeschichtlichen Montanlandschaft vgl. Kapitel 2.3.1 («Abbau»).

⁵⁶ S. Anhang A.2.

⁵⁷ Das Rohstoffinventar der Fachgruppe Georessourcen Schweiz (ehem. Schweizerische Geotechnische Kommission SGTk) ist als Geoportal «Rohstoffinformationssystem Schweiz (RIS)» online frei zugänglich: map.georessourcen.ethz.ch.

⁵⁸ Nicht systematisch prospektiert und beprobt wurden entlegene, kleinere Vererzungen im südwestlichen Hochgebirge des Oberhalbsteins (Curt Eta; Leg Curegia; Lunghinpass; Sur al Cant; Sur al Cant-Fuorcla); nicht oder nur schwer zugängliche Lokalitäten (Cuas 1; Cuas 2); inhaltlich nicht relevante Vererzungen (Got da Laesch; Pyritimprägung) sowie nicht lokalisierbare Vorkommen (Oberhalb Marmorera; Pardeala) und erst kürzlich neu entdeckte Lokalitäten (Mottas).

⁵⁹ S. Anhang B.2, Tiragn (3604).



Abb. 2.8: Salouf, Ziteil. Blick von der Furcletta nach Nordwesten auf die «freistehende» Halde von Ziteil. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

ca. 25 m im Bereich eines aufgelassenen Tagebaus aufgeschlossen. Der anstehende Bereich der Vererzung konnte aus Sicherheitsgründen nicht aus der Nähe untersucht werden. Das analysierte Probenmaterial wurde daher lediglich im Fußbereich der mächtigen Bergehalde geborgen. Wie an zahlreichen weiteren Lokalitäten ist auch hier bereits makroskopisch eine klare Dominanz von Eisenerzmineralen festzustellen, Kupfersekundärminerale und Chalkopyrit sind hingegen selten. In Anlehnung an geologische Ausführungen aus dem frühen 20. Jahrhundert (Ott, 1925, S. 20) ist jedoch nicht auszuschließen, dass im umgebenden Waldgebiet noch weitere, kupferreichere Erzaufschlüsse vorhanden sind oder waren.

Surses, Salouf: Ziteil (29)

1806 berichtet J. A. Peterelli (1806, S. 428), dass «bei Ziteil [...] etwas Silber- und Zinnstufen gefunden» worden seien, was noch bis vor wenigen Jahrzehnten verschiedentlich rezipiert wurde (z.B. Wyss, 1993, S. 198). Aus geologischer Sicht scheint hier ein Vorkommen von Silber- bzw. Zinnerzen jedoch sehr unwahrscheinlich. Diese Einschätzung konnte im Zuge einer Geländebegehung bestätigt werden: Unmittelbar vor und nach der Passhöhe der Furcletta auf 2347 m, gut 550 m nordöstlich der Wallfahrtskirche Ziteil, sind zwei auffällige Serpentin-Halden zu beobachten.

Die größere der beiden Halden, nördlich der Furcletta, umfasst eine Fläche von ca. 85 m × 85 m und weist zwischen Rücken und Fuß einen Höhenunterschied von ungefähr 20 m auf. Im obersten Bereich zeigt sie eine sehr ausgeprägte, seltsam «freistehende» Haldenkuppe (Abb. 2.8). Da hier keine dazugehörigen Abbauspuren dokumentiert werden konnten, muss möglicherweise auch eine natürliche Entstehung der Halde in Betracht gezogen werden. Das Haldenmaterial besteht aus sehr

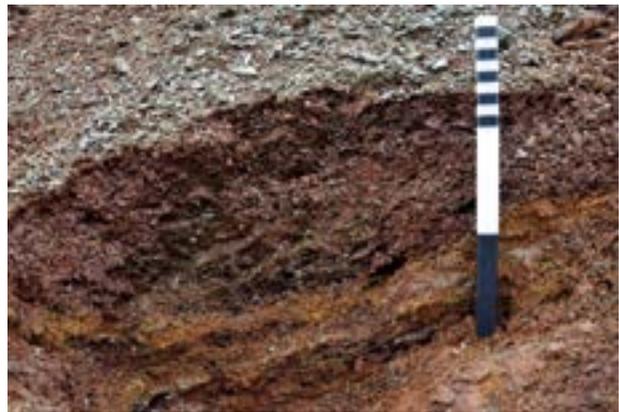


Abb. 2.9: Salouf, Ziteil. Detail. Feingeschichtetes, sehr kleinteiliges, vollständig oxidiertes Haldenmaterial in einer kleinen Sondage im Bereich der größeren, nördlichen Halde (vgl. Abb. 2.8). Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

feinteiligem, stark mit Kupfer- und Eisen-Sekundärmineralen überzogenem Verwitterungsschutt (Abb. 2.9). Nicht verwitterte, anstehende Partien des Vorkommens konnten auch mithilfe größerer Sondagen im Haldenbereich nicht freigelegt werden. Probenmaterial musste schließlich – einmal mehr – aus dem Haldenfußbereich geborgen werden. Das Gestein ist hier zwar vergleichsweise erdreich, allerdings sind selbst größere Brocken meist vollständig verwittert und somit für eine mineralogische Probenpräparation und Analyse nur bedingt geeignet.

Im Bereich des zweiten, mit ca. 55 m × 15 m Fläche und einem Höhenunterschied von weniger als 10 m deutlich kleineren Aufschlusses präsentiert sich das Haldenmaterial zwar generell etwas weniger kleinteilig, jedoch ebenfalls durchwegs stark verwittert. Auch hier gelang es daher nicht, die anstehende Vererzung zu dokumentieren oder frisches, geeignetes Probenmaterial zu gewinnen. Dennoch konnte zweifelsfrei festgestellt werden, dass es sich bei dieser Lokalität nicht etwa um ein Silber- oder



Abb. 2.10: Savognin, Martegnas. Blick nach Norden: Aufschluss östlich unterhalb des Piz Martegnas. Die mit Nickel-Hydrosilikaten imprägnierten Dolomit-/Kalkschiefer-Sequenzen sind in der Bildmitte zu erkennen (rötlich). Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.



Abb. 2.11: Tinizong-Rona, Avagna-Ochsenalp. Blick nach Norden auf den nördlichen Randbereich des Haldengeländes, wo Reste der abgebauten Vererzung anstehen (Pfeil). Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Zinn-Vorkommen, sondern um eine weitere Eisen-Kupfer-Mineralisation handelt. Die hier anstehenden Serpentine gehören zur oberen Platta-Schuppe, wurden von V. Dietrich (1972, Taf. 1) aber nicht kartiert. Die Vererzung steht möglicherweise in Zusammenhang mit den partiell mit Kupferkies vererzten Blöcken, die V. Dietrich (1972, S. 23) oberhalb des Weilers Cre digl Lai, ca. 1,5 km östlich unterhalb von Ziteil beobachtet hatte.

Das Vorkommen ist außerdem von einigem archäologischen resp. historischen Interesse, da in dessen erweitertem geographischen Umfeld gemäß historischer Quellen die eine oder andere, bislang noch nicht lokalisierte Grube liegen bzw. gelegen haben muss (s. Kapitel 2.2.2).

Surses, Riom-Parsonz: Martegnas (28)

Im Unterschied zu den übrigen hier vorgestellten Lokalitäten liegt das Vorkommen Martegnas, das ca. 500 m

südöstlich unterhalb des Piz Martegnas (2680 m) aufgeschlossen ist, nicht in den Ophioliten, sondern in Metasedimenten der Platta-Decke. Die Imprägnation mit Erzmineralen lässt sich hier an einem Aufschluss von bis zu 10 m Mächtigkeit sowohl im Dolomit als auch im Kalkschiefer beobachten (Abb. 2.10). Die blau-grünen Punkte wurden im Gelände makroskopisch als Kupfersekundärminerale angesprochen, was sich nachträglich jedoch als Fehlbefund erwiesen hat. Es handelt sich den geochemischen Analysen zufolge nicht um eine Kupfervererzung, sondern um eine schwache Imprägnation mit Nickelhydrosilikaten (Fehlmann, 1919, S. 288-289.; Tarnuzzer, 1919).

Diese Lokalität ist für die Frage nach der Herkunft des in urgeschichtlicher Zeit verarbeiteten Kupfererzes demnach nicht von Interesse. Die durchgeführten Analysen werden weiter unten der Vollständigkeit halber dennoch aufgeführt und besprochen (s. Kapitel 4.2).

Surses, Tinizong-Rona: Avagna-Ochsenalp (4)

Sowohl auf dem Orthofoto als auch im Gelände ist die markant rostrot gefärbte Bergehalde von Avagna am Ostrand des Alpkessels «Colm da Bovs»⁶⁰ sehr deutlich zu sehen. Das betreffende Areal liegt auf gut 2480 m, umfasst eine Fläche von ca. 100 m × 65 m und besteht hauptsächlich aus mehreren, übereinanderliegenden Bergehalden unterschiedlicher Zeitstellung (s. Kapitel 2.3.1, S. 48-51). Die untertägigen Grubenbereiche sind heute für eine geologische Beurteilung des abgebauten Rohmaterials nicht mehr zugänglich, die Mineralisation ist nur noch an der nordwestlichen Oberkante des Haldenareals sowie an Aufschlüssen nördlich und südlich des eigentlichen Abbauareals fassbar (Abb. 2.11). Das Erzvorkommen liegt demnach ungefähr horizontal in einer heterogenen Störungszone der obersten Platta-Serpentine. Die eigentliche Pyrit-Chalkopyrit-Mineralisation liegt in einer chloritisch-kalzitischen Grundmasse, die vereinfacht als Ophikalzit⁶¹ angesprochen wird (Dietrich, 1972, S. 24).

Obere Talstufe

Surses, Sur, Falotta 1 (34)

Am nördlichsten Rand des die Alp Flix-Hochebene umgebenden Gebirgskranzes findet sich auf gut 2380 m Höhe und somit weit über der Waldgrenze ein geologisch bislang unbearbeitetes Kupfererzvorkommen mit Abbau Spuren unbekannter Zeitstellung (Abb. 2.12). Anstehend konnten hier lediglich im südlichen der beiden Mundlöcher punktuell oberflächliche Kupfersekundärminerale

⁶⁰ Rätoromanisch für «Ochsenalp».

⁶¹ Für Erläuterungen zu Ophikalzit s. Kapitel 4.2.1, S. 130.



Abb. 2.12: Sur, Falotta. Blick nach Nordwesten auf die beiden Mundlöcher und die vorgelagerte Bergehalde in der Flur Falotta, nördlich oberhalb der Alp Flix. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

bildungen dokumentiert werden. Stärker vererzte, nicht (vollständig) oxidierte Gesteinsproben waren im zugehörigen Haldenbereich allerdings zuhauf greifbar. Es scheint sich demnach im Unterschied zur überwiegenden Mehrheit der Mineralisationen in der oberen Talstufe nicht um eine Vererzung in einer Serpentin-, sondern in einer Metabasalt-Sequenz der Platta-Decke zu handeln. Die Erzminerale sind in quarzitisches Gangmaterial eingelagert.

Surses, Sur, Val Savriez (33)

Auf ein weiteres, bislang unbekanntes Kupfererzvorkommen im Einzugsgebiet der Alp Flix weist der Zufallsfund eines kleinen, jedoch deutlich vererzten Handstücks hin, das im Zuge einer geologischen Exkursion im Sommer 2018 dokumentiert wurde. Die Gesteinsprobe wurde im hinteren Teil der Val Savriez auf einer Höhe auf gut 2360 m im natürlichen Schuttfächer eines Pillowlava⁶²-Aufschlusses entdeckt und für weiterführende Untersuchungen geborgen. Analog zum Vorkommen Falotta 1 scheint es sich also um eine an Metabasalte der Platta-Decke gebundene Kupfermineralisation zu handeln. Dass die Erzminerale auch hier in eine Gangart aus Quarz eingelagert sind, lässt sich zwar vermuten, anhand

der wenige Zentimeter großen, bislang singulären Probe jedoch nicht sicher belegen.

Die beiden Vorkommen im Umfeld der Alp Flix sind in Anbetracht der inzwischen relativ zahlreich bekannten Schmelzplätze und Schlackenfundstellen⁶³ im Randbereich der Hochebene von archäologischer Relevanz.

Surses, Sur: Gruba 1 (5)

Das Erzvorkommen von Gruba 1 ist anhand der markanten, rostrot gefärbten, eponymen Bergehalde im Bereich einer Waldlichtung bereits auf Luftbildern gut zu erkennen. Die Vererzung ist an einem Westhang unmittelbar südlich des Hochplateaus der Alp Flix an der Oberkante eines kleinen Taleinschnittes aufgeschlossen. Die vererzte Serpentin-Sequenz von ca. 200 m × 100 m Ausdehnung ist zwar an mehreren Stellen direkt zugänglich, durch neuzeitliche Abbauaktivitäten jedoch stark überprägt und an vielen Stellen von Haldenmaterial oder sich langsam ausbreitender Vegetation überdeckt. Dass der heute zugängliche Bereich der Vererzung stark eisenhaltig und nur untergeordnet kupferführend ist, zeigen bereits die oberflächennah deutlich dominierenden Eisen-(hydr)oxide an. Nur sehr vereinzelt sind makroskopisch

⁶² Für Erläuterungen zu Pillowlava s. Kapitel 4.2.1, S. 130.

⁶³ Vgl. Fundstellen Alp Flix I–III (3683; 3684; 18252), Plang (69052), Pro Davains I–II (69049; 69050), Pro Davos (69051) und Tga d’Meir (69047) in Anhang B.2.



Abb. 2.13: Mulegns, Muttans. Blick auf das in Muttans aufgeschlossene geologische Profil durch die Mazzaspitz-Marmorera-Schuppen mit stellenweise leicht vererzten Serpentiniten. Im Hintergrund (u.r.) der Weiler «Tga» in der Val Faller. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

kupferführende oder kupferreiche Partien innerhalb des Vorkommens identifizierbar, zumeist nicht im Anstehenden, sondern lediglich in Form von Haldenmaterial. Die Vererzung liegt, wie die Mehrheit der sehr zahlreichen Lokalitäten östlich und westlich des Marmorerasees, in den Mazzaspitz-Marmorera-Serpentiniten und bildet gleichzeitig den östlichsten Ausläufer dieser größten Vererzungszone im Oberhalbstein. Das Vorkommen Gruba 1 ist aufgrund seiner räumlichen Nähe zu verschiedenen prähistorischen Schmelzplätzen⁶⁴ von besonderem Interesse.

Surses, Mulegns: Muttans (11)

Den westlichsten Punkt der zentralen Vererzungszone in der oberen Talstufe bildet ein Erzvorkommen in der Val Faller, an der Südflanke des Bergrückens «Muttans». Westlich des Sattels «Furschla» ist auf einer Länge von mehreren Hundert Metern und über eine Höhendifferenz von gut 300 Höhenmetern ein exemplarisches Profil durch die Marmorera-Mazzaspitz-Serpentinite aufgeschlossen, das V. Dietrich (1972, S. 35-37) in den 1970er Jahren bereits detailliert dokumentiert hatte (Abb. 2.13). Im obersten Drittel des Profils stellte er eine mit Sulfidaggregaten durchsetzte Maschenserpentinit-Sequenz fest. Bei eigenen Geländebegehungen konnte dieses Vorkommen zwar nicht im nur schwer zugänglichen Anstehenden prospektiert, dafür aber im Fußbereich des korrespondierenden Schuttfächers identifiziert und beprobt werden. Das Probenmaterial präsentiert sich allerdings nur leicht vererzt und weitgehend oxidiert, was es für eine mineralogische Präparation ungeeignet machte. Auf eine pauschalchemische Analyse des Materials wurde aber insbe-

sondere aufgrund der räumlichen Nähe zum ebenfalls archäometrisch untersuchten Schmelzplatz Val Faller Plaz⁶⁵ dennoch nicht verzichtet (s. Kapitel 4.2).

Surses, Marmorera: Gruba 2 (31)

Etwa 600 m südöstlich der Vererzungszone von Gruba 1 befindet sich ein weiteres Vorkommen, das bislang nur indirekt durch seine auffällige Topografie bekannt war. Es handelt sich um einen ca. 150 m langen, in Ost-West Richtung verlaufenden Pingenzug in bewaldetem Gelände.⁶⁶ Das Vorkommen ist heute vollständig mit Waldvegetation bedeckt und nur an einzelnen Stellen partiell aufgeschlossen. Im Rahmen archäologischer Untersuchungen der Universität Zürich (Turck, et al., 2017c; 2018c) konnten einzelne Abschnitte dieser Lokalität bis auf den anstehenden Fels freigelegt und so auch geologisches Probenmaterial geborgen werden. Einer ersten Beurteilung im Gelände zufolge dürfte es sich um ein weiteres sulfidisches Erzvorkommen in den Serpentiniten der oberen Platta-Decke handeln – unmittelbar an der Kontaktzone zu den Metavulkaniten der unteren Platta-Schuppen. Auch dieses Vorkommen liegt in großer Nähe zu einem der archäometrisch untersuchten Schmelzplätze, Gruba I⁶⁷.

Surses, Marmorera: Vals (30)

Die Lokalität Vals liegt unmittelbar westlich oberhalb der Marmorerasee-Staumauer auf einer Höhe von nicht ganz 1800 m. Im steil nach Osten abfallenden, dicht bewaldeten Gelände ist die Vererzung obertägig nicht sichtbar, sie

⁶⁴ Gruba I (1852), Alp Flix I und III (3683; 18252), Furnatsch (3682).

⁶⁵ S. Kapitel 4.3 und Anhang B.2, Val Faller Plaz (2120).

⁶⁶ S. Anhang B.1, Gruba II (1854).

⁶⁷ S. Anhang B.1, Gruba I (1852).



Abb. 2.14: Marmorera, Vals. Ortsbrust der eisenzeitlichen Grube mit deutlichen, flächigen Kupfersekundärmineralen an der Firste. Foto: UZH.



Abb. 2.15: Marmorera, Val Natons. Spuren einer vollständig oxidierten Eisen-Kupfer-Schwefel-Vererzung in stark tektonisiertem Serpentinitt. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

lässt sich nur noch im Innern der gleichnamigen Grube durch ein Band blau-grüner Kupfersekundärminerale entlang der Firste nachvollziehen. Die kupferreiche Mineralisation fällt demnach ungefähr senkrecht ein. Im Bereich der Ortsbrust lässt sich die für das Oberhalbstein untypische Gangvererzung am deutlichsten beobachten

(Abb. 2.14). Im Gegensatz zur Mehrheit der übrigen Vorkommen in der oberen Talstufe liegt die Vererzung Vals nicht in den Serpentinitten, sondern in den Metavulkaniten der unteren Platta-Schuppe, in sog. Metapillowlava⁶⁸.

Surses, Marmorera: Val Natons (14)

Im hinteren Bereich der Val Natons liegt eine geologisch bislang wenig berücksichtigte Lokalität. V. Dietrich hatte die bei Theobald (1865) erstmals aufscheinende Vererzung nicht genauer untersucht und vermutlich auch im Gelände nie lokalisiert.⁶⁹ Das Vorkommen befindet sich weit über der Waldgrenze an der Westflanke des Piz Cugnets auf einer Höhe von ca. 2450 m. Die hier auf rund 150 m Breite aufgeschlossenen Serpentinite sind hauptsächlich mit Eisen(hydr)oxiden und nur punktuell mit Kupfersekundärmineralen überzogen; ebenso das Haldenmaterial, das einen bis zu 70 m langen Fächer unterhalb der Ausbisszone bildet. Massive, nicht verwitterte Bereiche der Mineralisation sind im Anstehenden nicht aufgeschlossen (Abb. 2.15). Das Vorkommen liegt, im Unterschied zu den übrigen Vorkommen der «mittleren Gruppe»⁷⁰, nicht in den Mazzaspitz-Marmorera-Serpentinitten, sondern in den obersten Platta-Serpentinitten.

Surses, Marmorera: Cuas 3 (35)

Unter der Bezeichnung Cuas werden drei Horizonte eines Erzvorkommens im Bereich der Val Starschagns, einer steil von Westen in den Marmorera-Stausee mündenden Runse, subsummiert (Abb. 2.16). Die beiden Ausbisse Cuas 1 und 2 wurden bereits von V. Dietrich (1972, S. 28) prospektiert und beschrieben.⁷¹ Bei Cuas 3 handelt es sich um einen neu dokumentierten, aufgrund seiner geringen Distanz zu Cuas 1 von gerade einmal 100 m aber wohl zugehörigen Aufschluss. Er besteht hauptsächlich aus einigen wenigen, massiv vererzten, anstehenden Blöcken, die fast vollständig von Erosionsschutt bedeckt sind. Bereits makroskopisch lassen sich die beiden Hauptbestandteile der Vererzung – Chalkopyrit und Pyrrhotin – deutlich erkennen bzw. unterscheiden.

Das Vorkommen Cuas bildet den westlichsten heute zugänglichen Bereich der vererzten Störungszone in den Mazzaspitz-Marmorera-Serpentinitten zwischen dem Stausee im Westen und den weiter unten beschriebenen Vorkommen von Cotschens im Osten.

⁶⁸ Für Erläuterungen zu «Metapillowlava» s. Kapitel 4.3.1, S. 130.

⁶⁹ Die bei Dietrich (1972, S. 39) angegebenen Lagekoordinaten stimmen nicht mit der tatsächlichen Lokalisierung der Vererzung überein. Die durch die angegebenen Koordinaten angezeigte Stelle liegt mitten im Alpweidegebiet und wurde ebenfalls aufgesucht, jedoch ohne Hinweise auf eine Vererzung feststellen zu können.

⁷⁰ Diese umfasst gemäß der Gruppierung von Dietrich (1972) sämtliche Vorkommen östlich und westlich des Marmorera-Sees zwischen Mulegns und Marmorera.

⁷¹ Siehe auch Anhang A.1, Cuas 1–3 (6; 7; 35).

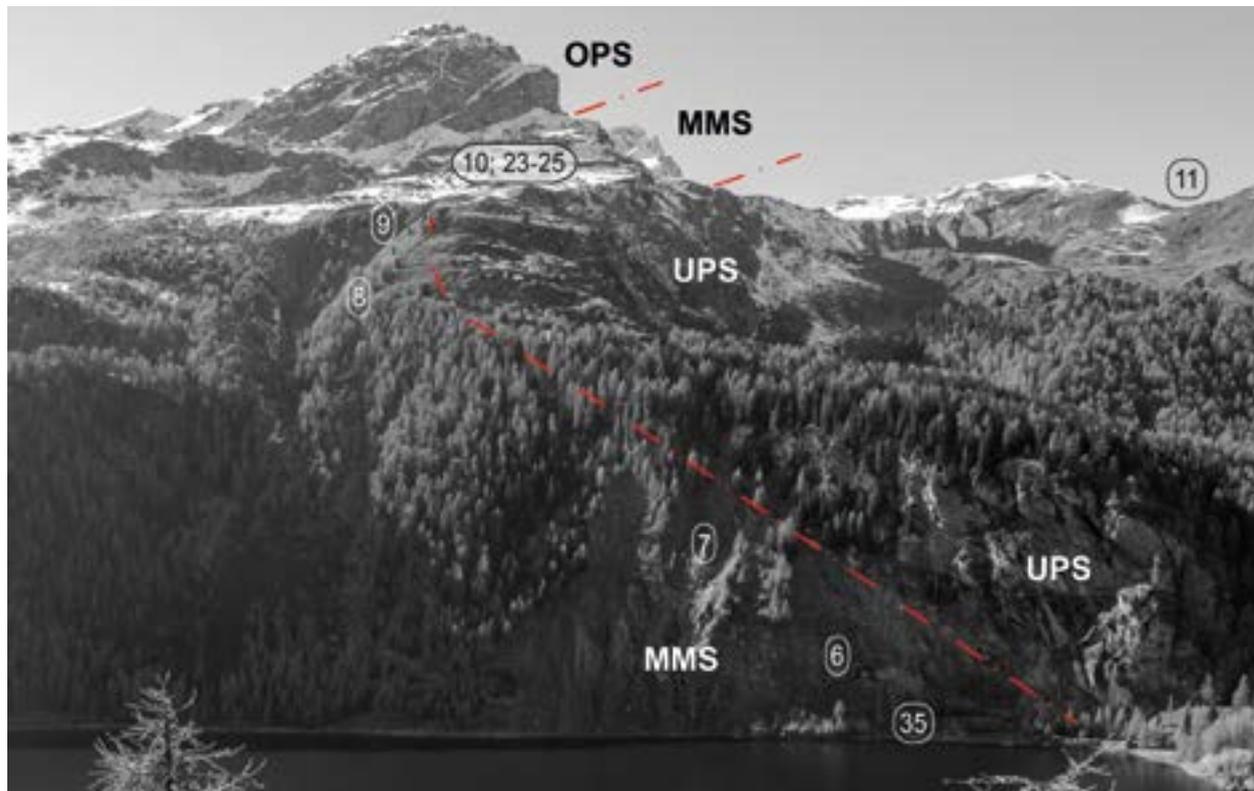


Abb. 2.16: Marmorera, Cuas/Cotschens. Blick von Gruba nach Westen an das Westufer des Marmorera-sees mit den Vererzungen Cotschens 1–2, 4–5 (10; 23–25), Cuas 1–3 (6–7; 35) und Muttans (11) innerhalb der Mazzaspitz-Marmorera-Serie (MMS). OPS: Obere Platta-Schuppen; UPS: Untere Platta-Schuppen. Kartierung der MMS, OPS und UPS gemäß Dietrich, 1972, S. 25. Foto: Th. Reitmaier, ADG; Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Surses, Marmorera: Cotschens 1–5 (10; 23–25)

Bei Cotschens handelt es sich um ein weitläufiges Abbaureal, in dessen Einzugsgebiet verschiedene Vererzungen dokumentiert wurden. Namensgebend für die Flur Cotschens (cotschen, rätoromanisch: rot) ist ein sehr markanter, rostrot gefärbter Erzausbiss mit einer ausgedehnten Bergehalde auf bis zu 2275 m Höhe. Mit seiner Lage 600 m westlich oberhalb des Marmorera-sees ist er von der östlichen Talflanke aus weithin sichtbar. Mit einer maximalen Mächtigkeit von bis zu 20–30 m handelt es sich um die größte Vererzungszone innerhalb des Untersuchungsgebietes. Sie ist auf einer Fläche von etwa 240 m × 90 m aufgeschlossen und setzt sich aus verschiedenen Mineralisationen zusammen. Im Zentrum der Ausbisszone konnten drei unterschiedliche Mineralisationen nachgewiesen werden (Abb. 2.17).

Unter der Lokalität **Cotschens 1** wird sämtliches Material zusammengefasst, das den von V. Dietrich (1972, S. 33–34) für Vererzung 10a beschriebenen Assoziationen entspricht und seiner makroskopischen Erscheinung zufolge mit den übrigen Vererzungen der oberen Talstufe vergleichbar ist. Es handelt sich dabei vorwiegend um fein verteilte Äderchen und kleinere Konzentrationen von Eisen-(Kupfer-)Sulfiden in Serpentiniten der Mazzaspitz-Marmorera-Serie. Dieses Material wurde primär im Bereich der Haupthalde und Grube 1 beobachtet. Es liegt

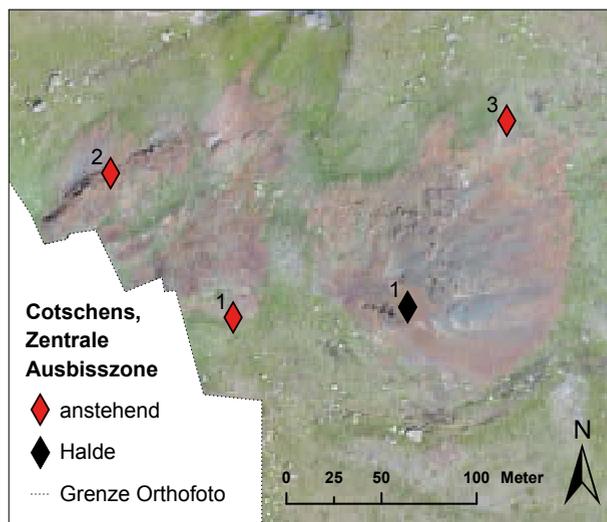


Abb. 2.17: Marmorera, Cotschens. Orthofoto der zentralen Ausbisszone «Cotschens» mit den Vererzungen Cotschens 1 bis 3. Cotschens IV und V liegen je ca. 350 m von dieser Ausbisszone entfernt (IV im Nordwesten, V im Osten). Orthofoto: A. Zwicky und Ch. Walser, ADG. Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

hier allerdings überall nur in Form von Haldenmaterial und nicht als anstehende Mineralisation vor. Nur an einer einzigen Stelle waren letzte Reste einer anstehenden



Abb. 2.18: Marmorera, Cotschens. Blick nach Süden auf einen steil einfallenden Diabas-Gang (hell, Bildmitte) in einer massiven Serpentinsequenz (dunkelbraun-rötlich, links und rechts) im nordwestlichen Bereich der Ausbisszone Cotschens. Am linken Bildrand sind Teile eines bislang undatierten Abbaus (Tagebau-rinne mit verstütztem Mundloch) angeschnitten. In der Verlängerung dieses Diabasgangs nach Westen findet sich die Vererzung Cotschens 3. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Vererzung vorhanden, bei der es sich allerdings um eine massive Magnetit-Linse handelte.⁷²

Die zentrale Ausbisszone ist mit einer Reihe Ost-West verlaufender, steil nach Süden einfallender Diabas-Gänge durchsetzt, die ungefähr die räumliche Lage der vererzten Horizonte anzeigen dürften (Dietrich, 1972, S. 33) (Abb. 2.18). Insbesondere im Bereich der nördlichen Gänge lassen sich an mindestens zwei Stellen vergleichsweise kupferreiche Mineralisationen violetter Farbe und mit deutlichen Kupfersekundärmineralen fassen. Eine im Sommer 2017 lokalisierte und beprobte Mineralisation wird als **Cotschens 2** bezeichnet. Sie ist mit Vererzung 10b bei Dietrich (1972, S. 34) vergleichbar, die im Folgenden als **Cotschens 3** geführt wird. Das Vorkommen Cotschens 2 liegt unmittelbar am Rand eines Diabas-Gangs als millimeter- bis zentimeterdünnes Erzband in einer hellen, silikatischen Gangart (Abb. 2.19).

Ein weiterer, zuvor unbekannter Bereich des Abbaugebiets Cotschens konnte im Sommer 2017 ca. 250 m nordwestlich der zentralen Ausbisszone erstmals dokumentiert werden: Eine Halde aus feinteiligem Material



Abb. 2.19: Marmorera, Cotschens. Frisch aufgeschlagenes Handstück aus dem Bereich der Vererzung Cotschens 2, Marmorera. Das helle Nebengestein (Diabasgang/Metabasalt) und die Kupfersekundärminerale sind gut erkennbar. Das Erz selbst zeigt die für Vererzungen bornitischer Zusammensetzung typische violette Farbe. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

sowie verschiedene Abbaustrukturen weisen auf bergmännische Aktivitäten im Bereich dieses kleinen, isolierten Serpentinataufschlusses hin. Dass auch hier eine kupferführende Vererzung ansteht, wird durch punktuelle Kupfersekundärminerale an verschiedenen Stellen am Haldenmaterial sowie im Bereich des Anstehenden indiziert. Weiterführende Untersuchungen zu dieser Lokalität – **Cotschens 4** – wurden bislang nicht durchgeführt.

Auch ungefähr 350 m östlich unterhalb der Haupthalde von Cotschens sind heute noch verschiedene (prä-) historische Abbauspuren über und unter Tage sichtbar. Makroskopisch ist das anstehende Nebengestein (Mascenerserpentinit) mit demjenigen in Cotschens 1 vergleichbar. Dass die hier anstehenden Erze neben Eisen auch Kupfer führen, ist an mehreren Stellen durch Kupfersekundärminerale bezeugt. In der südlichen Strecke einer kleinen Grube am Ostrand dieser Vererzungszone **Cotschens 5** ist die anstehende Vererzung in Form eines max. 10 cm breiten, Ost-West verlaufenden und nahezu senkrecht einfallenden Störungshorizonts nachvollziehbar. Diese Lokalität wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht weiterführend untersucht, setzt sich V. Dietrich (1972, S. 32) zufolge aber hauptsächlich aus Magnetit, Ilvait und Sphalerit zusammen. Chalkopyrit ist zusammen mit Pyrrhotin und Goethit nur untergeordnet enthalten.

Surses, Marmorera: Ostufer Marmoreraesee (12)

Die Vererzung am Ostufer des Marmoreraesee liegt ungefähr 300 m nordwestlich der heutigen Ortschaft Marmorera, westlich unterhalb der Julierpassstraße, unmittelbar auf Stauseeniveau. Bei tiefem Wasserstand im Frühjahr ist die durch höhere Wasserstände freigewaschene Vererzung dank ihrer braunroten Anwitterungsfarbe besonders deutlich zu erkennen (Abb. 2.20). An dieser Stelle ist die vererzte Zone relativ kompakt und 20 bis 50 cm breit. Sie fällt nach Nordosten ungefähr

⁷² Entspricht Assoziation 4 bei Dietrich (1972, S. 34). Vgl. auch Kapitel 4.2.1, S. 135-137.



Abb. 2.20: Marmorera, Ostufer Marmorera-See. Blick nach Norden auf die durch den Marmorera-See freigewaschene und durch oberflächliche Oxidation rotbraun verfärbte Vererzung. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.



Abb. 2.21: Bivio, Crap Fess. Aufsicht: Massive Vererzung (braungelb, Bildmitte) in stark tektonisiertem Serpentin (links) sowie Reste der Gangart (Quarz?, mitte-rechts) im Bereich des Aufschlusses Crap Fess. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

senkrecht ein, wie ein in der Verlängerung dieses Erzausbisses dokumentierter Abbau in Form eines verstützten Mundlochs und mindestens zweier Pingens⁷³ belegt. Das Nebengestein besteht auch hier aus Mazzaspitz-Marmorera-Serpentiniten (Dietrich, 1972, S. 38).

Surses, Bivio: Crap Fess (16)

Deutlich abgesetzt von den Vorkommen rund um den Marmorera-See finden sich eine Reihe weiterer Lokalitäten mit kupferführenden Mineralisationen im südwestlichsten Ausläufer des Oberhalbsteins, der Valletta da Beiva und der Val Tgavretga. Diese Erzvorkommen wurden, da sie mehrheitlich in einiger Entfernung zu den bekannten urgeschichtlichen Verhüttungsplätzen liegen, nur punktuell prospektiert. Die Vererzung Crap Fess ist knapp 200 m südöstlich unterhalb der markanten, eponymen Felsnase aufgeschlossen.

Sie liegt auf einer Höhe von 2100 m und somit über der heutigen Waldgrenze. Es handelt sich um eine relativ massive, reiche Eisen-Kupfer-Mineralisation mit vergleichsweise hohem Kupfererz-Anteil, wie die flächig vorhandenen Kupfersekundärminerale vermuten lassen

(Abb. 2.21). Das Vorkommen liegt in der östlichen Randzone der oberen Serpentin-Schuppen, am Übergang zu den oberen Platta-Schuppen (Abb. 2.6). Der relativ kleine Aufschluss von ca. 30 m × 20 m lässt keine genaueren Aussagen zur Streichrichtung oder Mächtigkeit dieser Vererzung zu. V. Dietrich zufolge (1972, S. 40) ist allerdings nicht damit zu rechnen, dass es sich um ein größeres Vorkommen handelt, da die Cuolmens-Serpentinite hier nur wenig mächtig sind.

Surses, Bivio: Alp Tgavretga (19)

Ebenfalls innerhalb der Val Tgavretga, allerdings noch fast 3 km weiter südlich als Crap Fess, liegt das Erzvorkommen Alp Tgavretga. Gut 500 m westlich oberhalb des heutigen Septimerpass-Weges sind hier bereits aus der Ferne mehrere zusammenhängende Bergehalden von bis zu 120 m Länge erkennbar. Die vererzte Störungszone liegt in einem mächtigen Serpentin-Zug der Forcellina-Schuppe und ist auf einer Länge von 50 m und einer Mächtigkeit von 3–5 m nachvollziehbar. Das Vorkommen fällt V. Dietrich zufolge (1972, S. 43) mit 5–10° nach Nordwesten ein (Abb. 2.22). Der anstehende Bereich der Vererzung auf ca. 2380 m präsentiert sich durch Bergbauaktivitäten unbekannter Zeitstellung überprägt und relativ

⁷³ Vgl. Anhang B.1, Ostufer Marmorera-See (56326).



Abb. 2.22: Bivio, Alp Tgavretga. Blick nach Westen auf den anstehenden, bis zu einem Meter mächtigen Vererzungshorizont (vorne) im Serpentin (mitte); im Hintergrund sind Reste einer Quarzit-Marmor-Sequenz sichtbar. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

schwer zugänglich. Das in großem Umfang verfügbare, einfach zugängliche Haldenmaterial ist stellenweise reich vererzt und als Probenmaterial bestens geeignet. Es handelt sich demzufolge auch bei dieser Lokalität um eine für das Oberhalbstein charakteristische eisenreiche Kupfer-Mineralisationen.

Engadin

Sils i. E.: Blaunca (26)

Das Vorkommen Blaunca liegt knapp zwei Kilometer südlich des Piz d'Emmat Dadaint und somit nicht mehr im Oberhalbstein, sondern bereits im Oberengadin, auf dem Gemeindegebiet von Sils. Da sich diese Vererzung in einem südlichen Ausläufer der Platta-Decke befindet und auch montanarchäologisch interessant ist, wird sie hier dennoch berücksichtigt. Die Vererzung beißt auf einer Höhe von 2050 m in einem Alpweidegebiet ca. 300 m nordöstlich des Weilers Blaunca aus. Der Erzaufschluss wird primär durch eine kleine Halde aus stark limonitisierendem Material angezeigt, das untergeordnet auch Kupfersekundärminerale aufweist (Abb. 2.23). Nicht alterierte, anstehende Partien der Vererzung sind in diesem witterungsexponierten Bereich ohne aufwendigere Bodeneingriffe nicht zugänglich.

Ungefähr 25 m südöstlich unterhalb der Halde befindet sich aber eine alte Grube von ca. 2–3 m Breite, die mit 20° nach Osten einfällt. Sie ist heute nur noch auf wenigen Metern befahrbar, da sie in jüngerer Vergangenheit als Abfalldeponie diente. Der hier aufgeschlossene, nur leicht geschieferte Serpentin ist mit feinen, wenige Millimeter breiten Erzäderchen durchsetzt. Verschiedenen früheren Untersuchungen zufolge setzt sich die Mineralisation aus Magnetit, Pyrit, Pyrrhotin und Chalkopyrit zusammen (Gröbner, 2017; Philipp, 1983), womit das Vorkommen gut mit denjenigen im nördlich angrenzenden Oberhalbstein vergleichbar ist.



Abb. 2.23: Sils i.E., Blaunca. Blick nach Osten auf den Erzausbiss und die kleine Halde bei Blaunca. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.



Abb. 2.24: Avers, Preda. Blick nach Nordosten auf die mit Kupfersekundärmineralen überzogene Felswand. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Avers

Bregaglia, Soglio: Alp Preda (27)

Das westlich des Oberhalbsteins gelegene Ferreratal ist reich an unterschiedlichen Vererzungen, darunter auch Kupfervererzungen, etwa rund um Ursera und Gruoba, östlich oberhalb der Roflaschlucht (Escher, 1935; Schmidt, 1920a). Diese Lokalitäten werden hier aber nicht besprochen, da aus ihrer Umgebung bislang keine Hinweise auf urgeschichtlichen Bergbau vorliegen. Anders sieht es im südlich angrenzenden Avers aus. Hier konnten jüngst mehrere urgeschichtliche Schmelzplätze lokalisiert werden. Eine systematische Prospektion nach den zugehörigen Erzvorkommen wurde bislang aber noch nicht durchgeführt.

Der Hinweis (Stäbler, 1978) auf eine kupferführende Vererzung in einem Seitental des Avers, der Val Madris, konnte allerdings im Rahmen einer Geländebegehung bestätigt werden. Unmittelbar nördlich unterhalb des Wasserkraftwerks bei Preda sind an der im östlichen Bachbett aufgeschlossenen Felswand deutlich flächige Kupfersekundärminerale zu erkennen (Abb. 2.24). Bei genauerer Betrachtung zeigte sich allerdings, dass es sich dabei tatsächlich lediglich um eine oberflächliche Sekundärmineralbildung handelt, unter der keine eigentliche Vererzung zum Vorschein kam. Der durch Schlackenfunde angezeigte, nahegelegene Schmelzplatz Alp Bles⁷⁴ lässt allerdings vermuten, dass im näheren Umfeld dieser Stelle ein «richtiges» Kupfererzvorkommen zu vermuten ist. Die dokumentierte Lokalität liegt gemäß geologischer Karte in einem Quarzgneis, dem sog. Verucano, der Suretta-Decke.⁷⁵

⁷⁴ Vgl. Anhang B.2, Alp Bles (186).

⁷⁵ Das betreffende Kartenblatt des Geologischen Atlas der

2.2 Kulturraum

2.2.1 Archäologischer Kontext

Aus dem Oberhalbstein ist bislang keine einzige steinzeitliche Fundstelle bekannt. Dennoch kann mit großer Wahrscheinlichkeit eine saisonale Frequentierung dieses inneralpiner Tals ab dem Mesolithikum angenommen werden, wie sehr zahlreiche, in den letzten Jahren entdeckte Fundstellen in geographisch vergleichbaren und benachbarten Gebieten nahelegen.⁷⁶ Während für das Mesolithikum von einer allgemeinen Ausbeutung tierischer und pflanzlicher alpiner Ressourcen ausgegangen wird, dürften gegen Ende des Neolithikums insbesondere die alpinen Weideflächen über der Waldgrenze (s. Reitmaier, 2017, S. 43-44; Reitmaier, 2021) sowie lithische Ressourcen Anlass für eine menschliche Präsenz im Oberhalbstein gewesen sein. Neben dem hier an verschiedenen Stellen anstehenden Radiolarit könnten auch die alpinen Ophiolite als Werkstoff für die Herstellung von Werkzeugen Verwendung gefunden haben, wie beispielsweise Funde aus der nahegelegenen, jungsteinzeitlichen Station Cazis Petrushügel zeigen (Primas, 1985). Direkte Belege für neolithischen Abbau liegen bislang jedoch nicht vor.

Erste archäologische Funde und Befunde sind dann ab dem frühen 2. Jahrtausend v. Chr. greifbar. Ab diesem Zeitraum belegen gleich mehrere «Siedlungen»⁷⁷ – Savognin Padnal, Savognin Rudnal, Salouf Motta Vallac und Cunter Caschigns – sowie Reste eines frühbronzezeitlichen Brandgräberfeldes in Savognin Tuleidas eine permanente Besiedlung der unteren Talstufe (Abb. 2.25).⁷⁸ Wie bereits in Kapitel 1.1.2 ausgeführt, wurden die vier Siedlungsplätze im Laufe des 20. Jahrhunderts bereits mehr oder weniger flächig untersucht, allerdings mehrheitlich ohne eine umfassende Aufarbeitung und Publikation der Ausgrabungsergebnisse.

Lediglich die wichtigsten Resultate der mehrjährigen Untersuchungen auf dem Padnal bei Savognin wurden bisher zusammenfassend vorgelegt (Rageth, 1986a). J. Rageth (1986a, S. 64-75) weist auf dem Moränenhügel am südlichen Dorfausgang von Savognin eine mehrphasige, während der gesamten Bronzezeit andauernde Siedlungsaktivität nach. Größere Mengen an verkohlten Vegetabilien belegen einen bronzezeitlichen Anbau

Schweiz ist noch nicht erschienen, weshalb hierfür auf den Daten-Layer «Geocover» auf dem Geoportal der swisstopo zurückgegriffen wurde (www.map.geo.admin.ch).

⁷⁶ Zuletzt zusammenfassend: Cornelissen und Reitmaier, 2016.

⁷⁷ Ob es sich bei den Fundstellen Savognin Rudnal und Cunter Caschigns wirklich um Siedlungsfundstellen im engeren Sinne handelte, ist unklar.

⁷⁸ Eine kurze Beschreibung sowie eine ausführliche Zusammenstellung der Literatur zu den einzelnen Fundstellen findet sich im Fundstellenverzeichnis in Anhang B.3 («Siedlung») und Kapitel B.4 («Bestattung»).



Abb. 2.25: Blick auf die untere Talstufe des Oberhalbsteins mit den im Text erwähnten bronzezeitlichen Fundstellen. Im Hintergrund sind die nach Norden anschließenden Landschaftseinheiten Albulatal, Domleschg, Lenzerheide und das Churer Rheintal mit weiteren bronze- und eisenzeitlichen Siedlungsstandorten zu sehen. Luftaufnahme aus dem Jahr 1976. Bild: ETH Bibliothek Zürich, Bildarchiv/Stiftung Luftbild Schweiz: F. Bock (WIH_FLs21-726; CC BY-SA 4.0). Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

verschiedener Getreidesorten wie (Spelz-)Gerste, Weizen, Einkorn und Emmer sowie von Hülsenfrüchten. J. Rageth (1986a, S. 83-85) vermutet, dass entsprechende Anbauflächen in Form von Ackerterrassen im näheren Umfeld der Siedlung gelegen haben und nicht im Talgrund, wo immer wieder mit Überschwemmungen der Julia gerechnet werden musste.

Einer kürzlich abgeschlossenen Untersuchung des bronzezeitlichen Tierknochenmaterials zufolge sind am Padnal Rinder sowie Schafe/Ziegen als Nutztiere am häufigsten nachgewiesen. Gegen Ende der Bronzezeit ist tendenziell eine zunehmende Bedeutung der Rinder (samt deren Sekundärprodukten wie Zugkraft und Milchnutzung) auf Kosten der Ovicapriden festzustellen, gleichzeitig scheint auch die Schweinehaltung und damit eine verstärkte Fleischversorgung an Wichtigkeit gewonnen zu haben. Die Jagd auf Wildtiere blieb wie überall im Alpenraum während der gesamten Bronzezeit nur von untergeordneter Bedeutung (Bopp-Ito, 2019; 2012). Daneben war die Siedlung, wie keramische Fremdformen aus Norden, Süden und Osten sowie Bernsteinfunde belegen, wohl auch maßgeblich in das transalpine Verkehrswesen und damit einhergehende Handelsaktivitäten eingebunden (Rageth, 1986a, S. 88-89). Neben

mehreren Gussform-Fragmenten zeugen auch einige Dutzend Schlacken sowie Erzfunde von metallurgischen Aktivitäten innerhalb der resp. in Verbindung zur Siedlung Savognin Padnal. Die Schlackenfunde beschränkten sich interessanterweise fast vollständig auf die spätbronzezeitlichen Besiedlungshorizonte. Bereits in den 1970er Jahren wurden einzelne dieser Stücke durch V. Dietrich und das Deutsche Bergbau-Museum Bochum untersucht und zweifelsfrei als Überreste einer lokalen Kupfergewinnung identifiziert (Rageth, 1986a, S. 85-88).

Auch in den weniger gut aufgearbeiteten Fundstellen Salouf Motta Vallac, Cunter Caschlings und Savognin Rudnal tauchen regelhaft einzelne Schlackenfragmente sowie weitere Funde mit Bezug zur primären und/oder sekundären Kupfermetallurgie auf. Eine differenzierte stratigraphische und chronologische Einordnung sowie eine inhaltliche Kontextualisierung dieser Funde ist jedoch ausstehend.⁷⁹

Aus der Spätbronzezeit sind schließlich erstmals räumlich von den Siedlungen abgesetzte Schmelzplätze bekannt: Avagna-Ochsenalp⁸⁰, Davos Tignas und Tiragn⁸¹. Letztere wurde durch das Deutsche Bergbau-Museum Bochum in den 1980er Jahren zwar ausschnittsweise flächig untersucht, allerdings ohne Verhüttungsöfen, Röstbetten oder andere verhüttungstechnische Strukturen zu identifizieren. Einzig die bis zu 1 m mächtige Schlackenhalde, eine holzkohlehaltige Kulturschicht sowie Linsen verbrannten Lehms zeugen hier von Kupfergewinnungsaktivitäten zu Beginn des 1. Jahrtausends v. Chr. (Naef, 2013; 2014).

Während die siedlungsarchäologischen Nachweise am Ende der Bronzezeit für das Gebiet des heutigen Oberhalbsteins fast vollständig abrechen⁸², verdichten sich die Hinweise auf eine lokale Kupferproduktion in der älteren Eisenzeit. Die sechs absolut datierten Fundstellen begrenzen sich nun nicht mehr nur auf die untere Talstufe, sondern sind auch im Einzugsgebiet der ehemaligen (historischen) Siedlungsebene von Marmorera gelegen.⁸³

⁷⁹ Einzelne Objektgruppen sowie die dokumentierten Befunde aus Salouf Motta Vallac wurden im Rahmen dreier bislang unveröffentlichter Bachelorarbeiten an der Universität Zürich durch J. Jäger (2019), P. Roffler (2018) und M. Bradler (2018) ausgewertet.

⁸⁰ Dass prähistorische Verhüttungsaktivitäten auf einer Höhe von fast 2500 m fraglich erscheinen, hatte bereits A. Schaer (2003, S. 35) angemerkt. Bei dem betreffenden datierten Fragment handelt es sich einer Neubeurteilung zufolge denn auch um zementiertes, urgeschichtliches Haldenmaterial und nicht um eine Verhüttungsschlacke. Vgl. dazu Kapitel 2.3.1 und Reitmaier-Naef, et al., 2020.

⁸¹ Schaer, 2003, S. 37; Die Fundstelle Es-cha Dadour (Madulain, Oberengadin) wird hier nicht berücksichtigt, da sie aufgrund einer ¹⁴C-Datierung unbestimmter Qualität (Altholzefekt?) an den Übergang zwischen der Spätbronzezeit und der älteren Eisenzeit datiert. Vgl. auch Anhang B.1, Avagna-Ochsenalp (3911) und Kapitel B.2, Davos Tignas (2544); Tiragn (3604).

⁸² Eisenzeitliche Befunde konnten bislang nur in Savognin, östlich Padnal (Rageth, 2002, S. 100) und Riom-Parsonz, Tignas-Sot I (Rageth, 1985, S. 232; 2006, S. 91-92) dokumentiert werden. Vgl. auch Anhang B.3, O Padnal (2957); Tignas Sot I (69449).

⁸³ Schaer, 2003, S. 37: Untere Talstufe: Parseiras I (2945),

Zusätzlich dazu sind ca. 50 weitere Schlackenfundstellen unbestimmter, jedoch vermutlich prähistorischer Zeitstellung aus den beiden Talstufen bekannt. Vereinzelt konnten hier im Rahmen kleinerer Bodeneingriffe oder Rettungsgrabungen durch den Archäologischen Dienst Graubünden Befunde aus dem erweiterten Kontext der Kupferverhüttung dokumentiert werden.⁸⁴ Konkrete Rekonstruktionsvorschläge für einzelne Installationen oder die angewendete Prozesstechnologie liegen bislang jedoch nicht vor.

Dass die Kupfergewinnung möglicherweise vereinzelt sogar bis in die jüngere Eisenzeit andauerte, ist auf der Grundlage eines einzelnen ¹⁴C-Datums⁸⁵ aus der Fundstelle Pareis I⁸⁶ zumindest in Betracht zu ziehen. Nachweise für urgeschichtlichen Bergbau fehlen aus allen metallzeitlichen Epochen vollständig, entsprechende Verdachtsflächen sind jedoch an mehreren Stellen vorhanden (Schaer, 2003, S. 11-14).

Dass das Oberhalbstein in römischer Zeit dann primär von verkehrsstrategischer Bedeutung war, zeigen zahlreiche Fundstellen im Zusammenhang mit inner- bzw. transalpiner Mobilität: das Militärlager am Septimerpass aus der Zeit des Alpenfeldzuges um 15 v. Chr., das Heiligtum sowie die Säulen auf dem Julierpass und die repräsentative Mutatio in Riom aus dem 1.–4. Jahrhundert n. Chr. (Matteotti, 2002; Rageth, 1979b; 1992b; 2000, S. 48-49; Rageth und Zanier, 2010). Weitere Befunde aus Mon, Savognin und Riom belegen darüber hinaus auch eine intensive Siedlungstätigkeit im Oberhalbstein zu Beginn des ersten nachchristlichen Jahrtausends (Rageth, 2006, S. 91-92; 2000, S. 48-49). Hinweise auf Bergbauaktivitäten fehlen bislang auch für diese Epoche.

Gemäß heutigem Forschungsstand scheinen die lokalen Erzvorkommen erst im Mittelalter wieder Gegenstand bergbaulicher Aktivitäten geworden zu sein, wobei sich diese Einschätzung bisher ausschließlich auf einige wenige schriftliche Quellen stützt, die im Folgenden kurz vorgestellt werden.

2.2.2 Historischer Bergbau im Oberhalbstein

Lange galt eine Passage aus dem Codex *De Casibus Monasterii Sancti Galli* von Ekkehard dem Jüngeren aus dem 10. Jahrhundert als erster schriftlicher Beleg für Bergbauaktivitäten im Oberhalbstein. Diese, auf einem Übersetzungsfehler C. U. von Salis-Marschlins (1806, S. 493) basierende, Fehlinterpretation wurde durch E. Brun (1987, S. 10-11) korrigiert. Der erste sichere Beleg datiert demnach erst ins Jahr 1338 und beinhaltet eine

familieninterne Vereinbarung derer von Marmels⁸⁷ über die Nutzung der Erzadern in der Val d'Err (Brun, 1987, S. 11). Das betreffende Abbaugelände, der «Jsenberg, der ze Tinzgen [Tinizong] gelegen ist, der da heisst Emede»⁸⁸ dürfte mit dem heutigen Avagna-Ochsenalp⁸⁹ identisch sein. Das Bergwerksregal verblieb danach noch für gut zwei Jahrhunderte in den Händen derer von Marmels, ohne dass aus den vereinzelt überlieferten Schriftdokumenten hervorginge, ob resp. wo in dieser Zeit tatsächlich Erzbergbau betrieben wurde.⁹⁰ Für die Zeit nach 1543 sind keine Hinweise mehr auf «Eisenbergwerke» im Besitz dieser Familie überliefert (von Castelmur, 1922, S. 48-49).

Während des 16. Jahrhunderts erlebte das Bergbauwesen in Graubünden unter österreichischer Herrschaft einen Aufschwung. Die Tiroler Bergordnung wurde eingeführt und ab 1513 amtierte ein Bergrichter in Davos (Brun, 1987, S. 13). Der 1588 zum Bergrichter berufene Ch. Gadmer hinterließ seiner Nachwelt ausführliche Informationen über seine Amtszeit in Form von Tagebuchaufzeichnungen aus den Jahren 1588–1618, die C. Brügger (1866) veröffentlichte. Auf einem «Denkhzedel» an einen gewissen Jacob sind darin auch einige Hinweise auf vier Bergwerke bzw. Erzvorkommen im Oberhalbstein enthalten (Brügger, 1866, S. 62-63):

«Adj. 25. July [1]606. Denkhzedel an euch Jacob zu verrichten:

1) Zu Mon von Kupfferkyss cr. 3½ ist schon gehauwet, thuets in Sack, der den ersten strich hatt.

2) Salux, soll 1 Gruoben sein, der Herr Landvogt Gudenz und der Schmid wüssends beyde oder doch eina, bitt sy in meinem nammen, dass sy dir dazua anleytung gebend, nimb ein prob darvon cr. 3½ und thun sy im sakli, das 2 strich druff hat.

3) Zu Salux soll noch ein andere Gruoben sein, die weissst der Landvogt Johannes, gang zu ime und bitt dass er dich wolle darzu verholffen sein und so sy dirs zeygendt, nimb auch ein prob und stäls im sakh mit den 3 strichen, wo du aber nit darzu kommen khontest, so trag disen sakh widerumb zuruckh.

4) Oberhalbstein in Andro de fora, so der Man Ream Walentin, der mitt euch am sontag zu Abendt im tal gangen ist, und schier zu ausserst im Tal euch gezeygt hatt, dieselbige prob stellendt in dem sakh der 4 strich hatt.»

N Riom (2504), Son Martegn (2943); obere Talstufe: Fuortga (283), Alp la Motta (1858), Val Faller Plaz (2120).

⁸⁴ Alt(be)funde vorgelegt in Schaer (2003, S. 15-25).

⁸⁵ B-4498: 2120 ± 50 BP; 358–2 cal. BC (2-σ), neu kalibriert nach Wyss (1993, S. 202).

⁸⁶ Vgl. Anhang B.2, Pareis I (1869).

⁸⁷ Ministerialen der von Salis mit Sitz in Marmels, dem späteren Marmorera. Vgl. Anhang B.2, Marmels (1839).

⁸⁸ BUB, V, Nr. 2615, in Staatsarchiv Graubünden, 2005.

⁸⁹ Vgl. Anhang B.1, Avagna-Ochsenalp (3911).

⁹⁰ Zusammengestellt u.a. bei Plattner (1878).

Diese Quelle ist von umso größerem Interesse, als dass sich bisher keine der genannten vier Stellen zweifelsfrei lokalisieren oder mit einer bekannten Vererzung in Verbindung bringen ließ. Auch wenn aus dieser kurzen Notiz nicht hervorgeht, ob nur an der Erstgenannten, oder auch an den drei anderen Lokalitäten Kupferkies anstand, so ist dies zumindest nicht auszuschließen. Da alle vier Lokalitäten jenseits dieser Notiz in keiner weiteren historischen Quelle Erwähnung gefunden zu haben scheinen, ist jedoch nicht von größeren Bergwerksbetrieben auszugehen. Im Gegenteil – es dürfte sich zu diesem Zeitpunkt wohl maximal um kleinere Schurfe, aufgelassene Bergwerke oder sogar noch unbebaute Erzvorkommen gehandelt haben, die auf ihre Hältigkeit überprüft werden sollten.⁹¹

Durch verschiedene einschneidende politische und soziale Ereignisse, allem voran wegen der sog. Bündner Wirren, kam der Bergbau im heutigen Graubünden im Verlaufe des 17. Jahrhunderts weitgehend zum Erliegen.

Neue Bestrebungen, die im Oberhalbstein anstehenden Erze abzubauen und weiterzuverarbeiten, sind erst wieder im Zuge der politischen Stabilisierung nach dem Ende der Helvetik im frühen 19. Jahrhundert belegt. Der durch die Industrialisierung ausgelöste gesteigerte Kohlen- und Eisenbedarf führte E. Brun zufolge zu einer regelrechten Bergbau-Euphorie, die auch vor dem Oberhalbstein nicht Halt machte. So schildert C. von Salis-Marschlins (1806, S. 539): «Bei Bivio gleich ob dem Dorfe, an der Strasse die auf den Septmer fuehrt, sieht man die Anzeige einer Grube, welche ein Herr Commissari Bruegger vor verschiedenen Jahren mit eben nicht guenstigem Erfolg hat bearbeiten lassen. Proben der herausgefoerderten Erze zeigen, dass daselbst Berggruen und Kupferlasur bricht.»⁹²

Aus demselben Jahr stammt ein Bericht von J. A. Peterelli (1806, S. 427-428), der nicht nur auf der Ochsenalp, sondern auch «auf der Flixer-Alp [...] noch Gruben und Schlakken eines ehemaligen Eisenbergwerkes» gesehen hat. Ob es sich dabei um die Überreste eines historischen, heute nicht mehr bekannten Bergwerksbetrieb handelte oder ob J. A. Peterelli hier sogar die auf der Alp Flix verschiedentlich vorhandenen urgeschichtlichen Befunde⁹³ beschreibt, bleibt offen.

In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts kam es schließlich zu einem relativ schnelllebigen Nacheinander von Abbauaktivitäten unterschiedlicher Gesellschaften und Investoren an verschiedenen Stellen des Tals. Die 1804 gegründete Bergbaugesellschaft Tiefenkasten etwa betrieb für kurze Zeit einen Abbau bei Tgant Ladrung⁹⁴ oberhalb von Tiefencastel. Die in unterschiedlichen Teilen des Kantons Graubünden aktive Gesellschaft hatte aber von Beginn an mit Geldproblemen zu kämpfen und löste sich bereits 1812 wieder auf (Brun, 1987, S. 15-16.; Walkmeister, 1889, S. 13-15).

Ebenso verliefen verschiedene Bemühungen einheimischer wie ausländischer Investoren, die auf der Ochsenalp anstehenden Erze gewinnbringend zu Vitriol resp. Eisen weiterzuverarbeiten, in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts spätestens nach einigen Jahren wieder im Sande (Brun, 1987, S. 17-18).

Von einigem Erfolg gekrönt scheint schließlich der Hämatitabbau am Schmorrasgrat⁹⁵ sowie der Limonitabbau in Gruba⁹⁶ durch die Gebrüder Bauer gewesen zu sein. Das Erz beider Gruben wurde in der unterhalb Salouf gelegenen Schmelze Flecs⁹⁷ verarbeitet, bis diese 1847 einem Brandanschlag zum Opfer fiel, womit auch die Abbauaktivitäten ein Ende genommen haben dürften (Brun, 1987, S. 18).

Ein kurzes, letztes Aufbäumen erlebte das Montanwesen im Oberhalbstein ab den 1890er Jahren, als erstmals die in den Radiolarit-Sequenzen der Platta-Decke anstehenden Manganerze östlich oberhalb von Rona und Tinizong ausgebeutet wurden. Ein kurzfristiger, aber sehr intensiver Abbau auf diesen Wertträger erfolgte dann vor allem während der beiden Weltkriege in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. In den Jahren 1916–1919 und 1942–1945 sollen in Parsettens in der Val d'Err sowie in Falotta bei Rona im Tagebau mehrere tausend Tonnen Erz abgebaut worden sein.⁹⁸ Als sich die Manganversorgung gegen Kriegsende dann langsam wieder normalisierte, wurden die Gruben aufgegeben und seither schweigen die Bergeisen im Oberhalbstein.

2.3 Urgeschichtliche Montanlandschaft

Um die vergleichsweise schlecht erforschte urgeschichtliche Montanlandschaft Oberhalbstein in kurzer Zeit möglichst gut charakterisieren zu können, wurde für die Geländearbeiten im Schweizer Projektteil des trinationalen Forschungsprojektes (s. Kapitel 1.1.2) bewusst eine zweigleisige Strategie gewählt, die einerseits eine

⁹¹ Der Wortlaut der Originalquelle lässt vermuten, dass es sich bei 2) und 3) um Gruben – also Bergwerke – handelt, die allerdings zum gegebenen Zeitpunkt vermutlich eher nicht mehr in Betrieb standen, da offensichtlich ortskundige Führung/Anleitung für das Auffinden der «Gruoben» notwendig war. Bei 1) und 4) könnte es sich hingegen auch lediglich um Erzvorkommen handeln.

⁹² Eine ähnliche Schilderung findet sich auch bei Escher und Studer (1839, S. 85). Beim beschriebenen Abbau dürfte es sich entweder um die Fundstelle Crap Fess oder Alp Tgavretga handeln. Vgl. Anhang B.1, Crap Fess (18256); Alp Tgavretga (61085).

⁹³ Auf dem Gebiet der Alp Flix sind heute mehrere (vermutlich) urgeschichtliche Schlackenfundstellen (Alp Flix I–III (3683; 3684; 18252); Plang (69052); Pro Davos (69051); Pro Davains I–II (69049; 69050); Tga d'Meir (69047) sowie mindestens eine bislang undatierte, möglicherweise aber ebenfalls urgeschichtliche Grube (Falotta I (69019)) bekannt.

⁹⁴ Vgl. Anhang B.6, Plang Pegn I–IV (3866; 3868; 3870; 3872).

⁹⁵ Vgl. Anhang B.6, Schmorrasgrat (254).

⁹⁶ Vgl. Anhang B.1, Gruba IV (3681).

⁹⁷ Vgl. Anhang B.6, Flecs (2833).

⁹⁸ Glauser, 1945; 1946. Vgl. auch Anhang B.5, Falotta II (68555); Parsettens (68557).

flächige Untersuchung besonders vielversprechender Fundstellen in Form von mehrjährigen Ausgrabungen sowie andererseits eine extensive Prospektion der gesamten Montanlandschaft beinhaltete. Auf diese Weise konnten sowohl detaillierte Informationen über die Befunde an ausgewählten Fundstellen als auch eine Übersicht zur allgemeinen raum-zeitlichen Distribution und zum montanarchäologischen Potential des gesamten Fundstellenbestandes gewonnen werden. Die Vorbereitung, Konzeption, Durchführung und Auswertung der Geländeinspektion bildet – zusammen mit der oben bereits besprochenen Erzprospektion – einen Hauptbestandteil der vorliegenden Dissertation.

Im Zuge der Geländesurveys wurden einerseits alte, bereits bekannte Fundstellen wieder aufgesucht und neu dokumentiert, um eine einheitliche Datengrundlage zu erarbeiten. Andererseits wurde auch gezielt nach neuen, bisher nicht bekannten Funden und Befunden gesucht, um offene Fragen zu klären und vorhandene Lücken nach Möglichkeit zu schließen. In sechs Feldsommern war während insgesamt knapp 20 Wochen ein Team aus ein bis zwei Archäologinnen, zwei bis vier Studierenden und alternierenden Begleitpersonen aus unterschiedlichen Fachrichtungen sowie interessierten Laienforschern zwischen Tiefencastel, Julierpass, Oberengadin und Avers unterwegs, um mehrere Dutzend Fundstellen aufzuspüren und zu dokumentieren.

Die Geländebegehungen erfolgten zu Fuß und dementsprechend mit einfachem Dokumentations-equipment: Fundstellen und Verdachtsflächen wurden jeweils zuerst auf der Suche nach Oberflächenfunden, Hinweisen auf Strukturen, Bodenaufschlüsse etc. flächig abgegangen und mittels Handbohrsondagen⁹⁹ untersucht. Anschließend erfolgte eine fotografische Dokumentation und ausführliche Beschreibung der Beobachtungen sowie eine systematische Beprobung¹⁰⁰ der Befunde. Bei möglichen in situ-Situationen, die nicht bereits durch Bachläufe, Viehtritte oder Weg-/Straßenverläufe partiell aufgeschlossen waren, wurden punktuell auch kleinere Sondagen vorgenommen, um weiterführende Informationen zur Fundstelle sowie insbesondere absolut datierbares Material (Holzkohle) zu gewinnen. Von Fundstellen mit mehreren Befunden, Strukturen oder Verdachtsflächen wurden zudem Übersichtsskizzen angefertigt. Sämtliche Beobachtungen wurden mit einem Handheld GPS (eTrex30) oder einem Differential-GPS (Leica) eingemessen und in einem GIS aufbereitet. Die erstellte Dokumentation wurde vollumfänglich in einer mit der Fundstellendatenbank des Archäologischen Dienstes Graubünden konformen Datenbank erfasst und nach dem Projektende in das

kantonale System übertragen, was eine optimale, öffentliche Recherchierbarkeit sowie langfristige Archivierung der erhobenen Daten garantiert.

Eine wichtige Grundlage für die Geländebegehungen stellte das von A. Schaer um die Jahrtausendwende erarbeitete Fundstellenverzeichnis dar, in welchem sie sämtliche bisher bekannten, aber häufig nicht oder nur cursorisch publizierten Schlackenfundstellen aus dem Oberhalbstein übersichtlich zusammengestellt, lokalisiert und referenziert hatte (Schaer, 2003, S. 39-42).

Diese Zusammenstellung von A. Schaer basierte wiederum maßgeblich auf den durch J. Rageth vom Archäologischen Dienst Graubünden akribisch dokumentierten Entdeckungen der Laienforscher E. Brun und J. Krättli, die insbesondere in den 1970er bis 1990er Jahren im Oberhalbstein aktiv waren und im Zuge von Graben- oder Straßenbauarbeiten, aber auch jenseits von Bauaktivitäten eine Vielzahl an archäologischen Fundplätzen entdeckt hatten. Auch J. Rageth selbst sowie R. Wyss vom Schweizerischen Landesmuseum in Zürich trugen mit ihrem Interesse für die Thematik und ihrer häufigen, bisweilen auch privaten Präsenz im Oberhalbstein wesentlich zur guten Datengrundlage bei. Die Dokumentation zu den einzelnen Fundmeldungen, Baubegleitungen und kleineren Rettungsgrabungen sind im Archiv des Archäologischen Dienstes Graubünden abgelegt. Dieses bildet – neben den eigenen Feldarbeiten – die wichtigste Datengrundlage für die im Folgenden summarisch vorgestellten Ergebnisse und das in Anhang B aufgeführte, ausführliche Fundstellenverzeichnis.

Auch im Zuge der eigenen Geländebegehungen konnte wiederum auf die Unterstützung lokalkundiger Personen gezählt werden, die uns eine Vielzahl neuer Fundstellen gemeldet bzw. gezeigt haben.¹⁰¹

Punktuell wurden für die Surveys auch historische Quellen und Karten konsultiert, die sich jedoch ausschließlich auf Erzvorkommen resp. Abbaustellen beziehen und für eine exakte Lokalisierung im Gelände in der Regel zu unpräzise sind. Zudem sind die erwähnten Lokalitäten mit wenigen Ausnahmen ohnehin bereits bekannt und im Gelände einfach zu finden. Konkrete Hinweise auf einen «alten Mann» oder anderweitige, bereits in historischer Zeit dokumentierte Spuren von Altbergbau sind aus dem gesamten Untersuchungsgebiet nicht bekannt. Und Hinweise auf Aufbereitungs- oder Verhüttungsplätze finden sich jenseits der bereits angeführten, einschlägigen Literatur an keiner Stelle, auch nicht in rezenten, detaillierten Kartenwerken o.ä.

Im Folgenden sollen die wichtigsten Ergebnisse der Fundstellenprospektion in Form einer summarischen Beschreibung einzelner Fundstellenkategorien nach Talabschnitten – auch unter Berücksichtigung der Altfunde – vorgestellt werden. Eine ausführlichere Beschreibung der einzelnen Plätze und Befunden findet

⁹⁹ Bei regulären Geländebegehungen wurden einfache Schlitzbohrer mit einer 60 cm langen Nut eingesetzt, bei der systematischen Bebohrung der Magnetogramme wurde ein Pürckhauer mit einer 100 cm langen Nut eingesetzt.

¹⁰⁰ Vor allem Schlacken für typologische und analytische Untersuchungen sowie Holzkohlen für absolute Datierungen.

¹⁰¹ An dieser Stelle sei A. Fasciati, G. Luck, D. Pedrett, B. Salis und K. von Salis für ihre zahlreichen Hinweise gedankt.

sich im angehängten Fundstellenverzeichnis (Anhang B). Da die jeweiligen Einträge anhand des eindeutigen Fundstellennamens und der jeweiligen Fundstellennummer einfach nachzuschlagen sind, wird im weiteren Verlauf dieses Kapitels jeweils die entsprechende Fundstellennummer in Klammern angeführt, dafür aber auf Einzelweise zum Verzeichnis verzichtet.

Die bearbeiteten Plätze wurden einer von vier funktionalen Kategorien zugeteilt, die im Folgenden kurz definiert seien:

Abbau: Diese Kategorie umfasst alle Formen der nachweislich intentionellen Rohstoffgewinnung, von einfachen Probeschürfen über Tagebaustrukturen bis hin zu größeren, untertägigen Gruben. Hier werden nur die urgeschichtlichen Fundstellen ausführlicher diskutiert, die verschiedenen neuzeitlichen und undatierten Abbaue sind jedoch im entsprechenden Anhang aufgeführt und beschrieben.¹⁰²

Aufbereitung: Unter diesem Begriff werden alle Funde und Befunde der Erz- und/oder Schlackenaufbereitung diskutiert, die bislang ausschließlich aus dem Kontext von Abbaustrukturen oder Schmelzplätzen bekannt sind. Eigentliche Aufbereitungsplätze, wie sie aus dem Ostalpenraum vielfach belegt sind (Goldenberg, et al., 2012; Koch Waldner, 2019a; Koch Waldner und Klaunzer, 2015; Stöllner, 2019; Stöllner, et al., 2012b), konnten im Oberhalbstein bislang nicht nachgewiesen werden. Aus diesem Grund entfällt die Kategorie «Aufbereitung» im angehängten Fundstellenverzeichnis.

Schmelzen: Die allermeisten Fundstellen zählen zur Kategorie «Schmelzen», wobei es Schlackenfundstellen von eigentlichen Schmelzplätzen zu unterscheiden gilt. Als Schlackenfundstelle werden diejenigen Plätze klassifiziert, an welchen zwar nachweislich Schlacken gefunden wurden, ohne dass jedoch ein direkter Nachweis für eine in situ-Situation gegeben ist oder der eigentliche Fundstellen(kern)bereich zweifelsfrei lokalisiert werden konnte (Umlagerungen, Verrollungen, Fundstellenrandbereiche etc.). Ein Schmelzplatz hingegen liegt überall dort vor, wo entsprechende Hinweise vorhanden sind: Zum Bsp. der Nachweis einer deutlichen holzkohleführenden Kulturschicht in einem Bodenaufschluss, in einer Kellensondage oder in einem Bohrprofil, Überreste von verhüttungstechnischen Strukturen oder ein Nebeneinander verschiedener Fundstellenbereiche etc. Diese Definition weicht von derjenigen A. Schaers ab, die zwischen Schlackenfundstellen («Schlacken als Einzelfunde»), Schlackendeponien (große bis sehr große Mengen Material, Schlackenschicht wird festgestellt oder vermutet) und Verhüttungsplätzen (neben Schlacken- und Holzkohleschichten auch Gruben oder Steinkonstruktoren) unterschieden hatte. Fundstellen der Kategorie Schlackendeponie werden hier pauschal der Kategorie Verhüttungs- resp. Schmelzplatz zugerechnet, da eine in situ befindliche Schlackenhalde oder Reste einer solchen zwingend einen Verhüttungsplatz anzeigen – selbst wenn

entsprechende verhüttungstechnische Befunde nicht mehr erhalten oder nachgewiesen sind. Die Begriffe Verhüttungsplatz und Schmelzplatz werden im Folgenden synonym verwendet.

Siedlung, Bestattung, Verdachtsflächen, Kontext: Eine ganze Reihe weiterer, vielfach bereits oben cursorisch erwähnter, (möglicher) Fundstellen aus dem Untersuchungsgebiet lassen sich zusätzlichen Kategorien zuweisen und werden im angehängten Fundstellenverzeichnis (Anhang B.3–6) zwar aufgeführt, im Folgenden jedoch nicht diskutiert.

Sämtliche bis Ende 2020 verfügbaren absoluten Datierungen sowie Hinweise zu typologischen Datierungen einer Fundstelle sind ebenfalls im jeweiligen Eintrag des Fundstellenverzeichnisses aufgeführt und werden zusätzlich in Kapitel 2.3.4 zusammenfassend diskutiert. Es wird in den folgenden Unterkapiteln daher darauf verzichtet, jeweils die genaue Datierungsgrundlage anzuführen.

2.3.1 Abbau

Zu Beginn der Geländearbeiten im Jahr 2013 war aus dem Oberhalbstein kein einziger nachweislich urgeschichtlicher Abbau belegt – das Spektrum montanarchäologischer Fundstellen beschränkte sich ausschließlich auf Schlackenfundstellen bzw. Schmelzplätze. Dementsprechend unklar war, nach welchen Strukturen gesucht werden musste: Tagebau oder Untertagebau? Mit welcher Vortriebsmethode wurde hier in der Urgeschichte Erz gewonnen, und lässt sich dieser Bergbau heute überhaupt noch fassen?

Besonders vielversprechend für eine Beantwortung dieser Fragen erschien eine Gruppe von Abbaugebieten, die zwar bereits bekannt, jedoch aufgrund fehlender archäologischer Untersuchungen und schriftlicher Quellen aus historischer Zeit noch nicht datiert waren (s. Schaer, 2003, S. 11-14).

Inzwischen konnten erfreulicherweise bereits für fünf dieser Plätze mithilfe absoluter Datierungen urgeschichtliche Abbauaktivitäten nachgewiesen werden (Abb. 2.26)

Untere Talstufe

Surses, Tinizong-Rona: Avagna-Ochsenalp (3911)

Im Geländekessel Ochsenalp zwischen dem Haupttal und dem östlich parallel dazu verlaufenden Seitental Val d'Err befindet sich mit Avagna (l'Avagna, rätoromanisch: die (Erz-)Ader) eine der wenigen bekannten Kupfermineralisationen der unteren Talstufe.¹⁰³ Die gleichnamige

¹⁰² Vgl. Anhang B.1, B.5 und B.6.

¹⁰³ Vgl. auch Kapitel 2.1.3 u. Anhang A.1, Avagna-Ochsenalp (4).

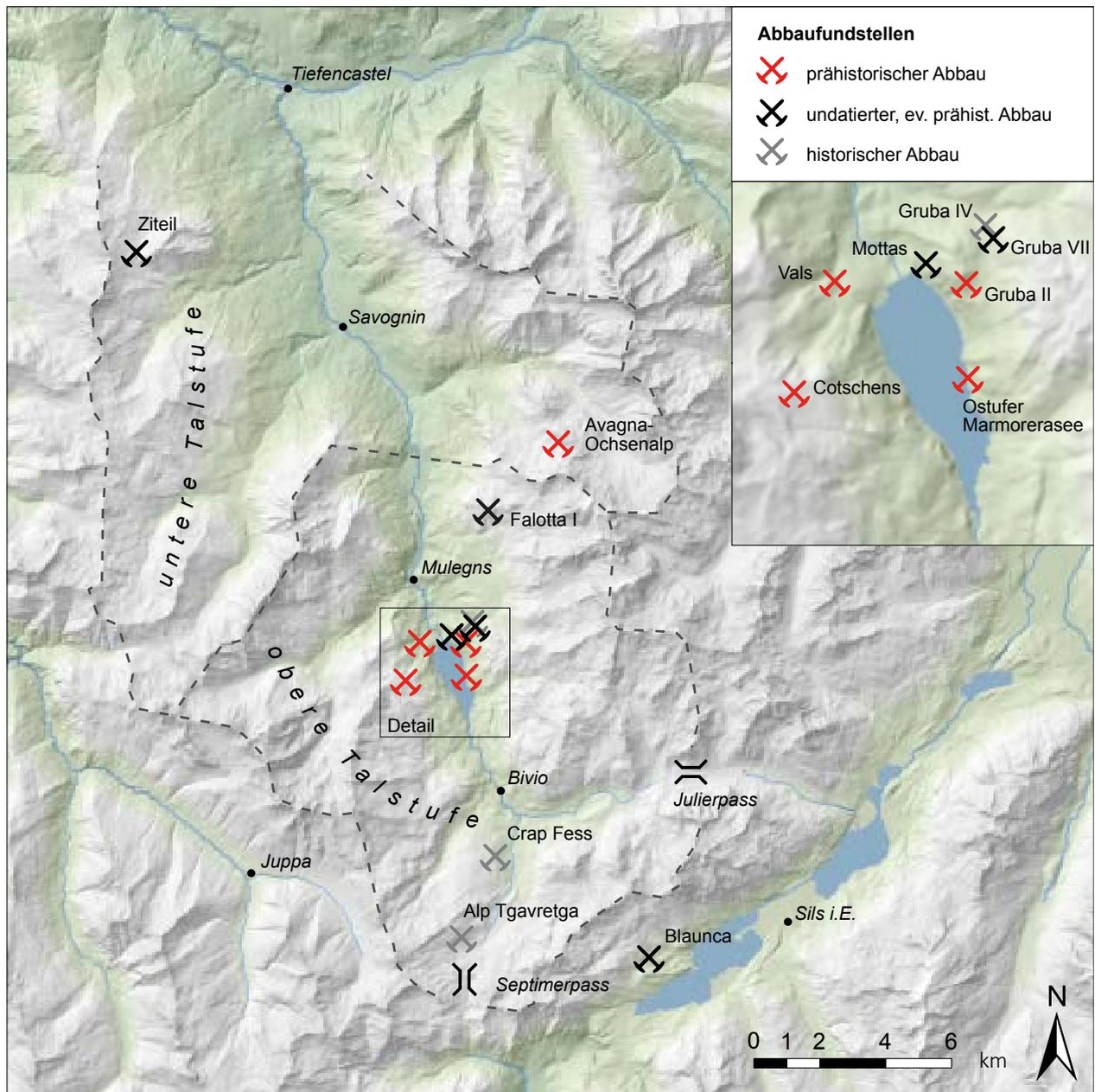


Abb. 2.26: Kartierung der bislang bekannten Kupferabbau-Fundstellen im Oberhalbstein und Engadin. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo.

Fundstelle nimmt unter den urgeschichtlichen Kupferbergwerken des Oberhalbsteins eine Sonderstellung ein. Es handelt sich einerseits um das bislang einzige prähistorische Abbaugelände in der unteren Talstufe und zugleich sind hier durch historische Berichte und Publikationen verschiedentlich historische Abbautätigkeiten belegt¹⁰⁴. Diese enthalten jedoch auch indirekte Hinweise auf mögliche ältere Bergbauspuren. So wurde etwa aus zweiter Hand berichtet, dass hier «nur Stollenbau und unbedeutende Gesenke» (Theobald, 1862, S. 18) bestanden hätten, die zum Zeitpunkt der Schilderung

durch G. Theobald in der Mitte des 19. Jahrhunderts bereits verschüttet gewesen seien. Und J. Peterelli (1806, S. 247-248) schilderte schon über 50 Jahre zuvor: «Von einem Kupferbergwerke sind auf dem Tinzner Ochsenberge, ganz ob Holz, Spuren dreier Öfen vorhanden. Von wem diese Bergwerke betrieben wurden, weiß man so wenig, als wann, und warum, sie eingegangen sind.» Geländearbeiten im Sommer 2017 zufolge dürften die genannten Ofenkonstruktionen mit heute noch sichtbaren Steinstrukturen im wenig nordwestlich unterhalb des markanten Haldenareals Avagna gelegenen Fundstellenbereich – dem sog. unteren Werkareal – übereinstimmen und eher der schriftlich bezeugten

¹⁰⁴ Vgl. Kapitel 2.2.2.



Abb. 2.27: Tinizong-Rona, Avagna-Ochsenalp (3911). Blick nach Osten auf das Haldengelände mit der jüngsten, neuzeitlichen Halde im Vordergrund (dunkel) und den prähistorischen Halden mit zementierten Kronen im Hintergrund (nach Reitmaier-Naef, et al., 2020). Foto: P. Thomas, DBM.

Eisengewinnung durch die Familie von Marmels¹⁰⁵ als einer urgeschichtlichen Kupfergewinnung zuzurechnen sein.

Zu Projektbeginn lag allerdings bereits ein direkter Beleg für prähistorische Aktivitäten in Avagna-Ochsenalp vor: Eine von R. Wyss 1993 publizierte¹⁴C-Datierung¹⁰⁶ stellte für das Oberhalbstein bislang sogar den ältesten Nachweis montanarchäologischer Aktivitäten dar. Dass es sich bei der datierten Probe jedoch nicht wie angegeben um eine Verhüttungsschlacke mit anhaftender Holzkohle handelte, zeigte eine Neubeurteilung der Geländebefunde sowie der noch reichlich vorhandenen Restprobe im Schweizerischen Nationalmuseum eindeutig: Das betreffende Material ist vielmehr als zementiertes, anthropogenes Konglomerat, eine Art anthropogene Verwitterungsbrekzie aus kleinteiligem, stark limonitisierendem Haldenmaterial mit Holz(kohle) einschließen anzusprechen.¹⁰⁷ Damit wird auch die bisherige Klassifizierung von Avagna-Ochsenalp als Schlackenfundstelle hinfällig, was bei einer Höhenlage weit über der Waldgrenze auf fast 2500 m ohnehin sehr fraglich erschien.¹⁰⁸ Dass es sich vielmehr um ein vielschichtiges spätbronzezeitliches Abbaugelände von großem montanarchäologischem Potential handelt, verdeutlichen die Ergebnisse eines montanarchäologischen «Spin-off Projektes» der Jahre 2017–2018, auf welchen die folgenden Ausführungen basieren.¹⁰⁹

¹⁰⁵ Siehe Kapitel 2.2.2, S. 45.

¹⁰⁶ B-4188: 2990 ± 90 BP; 1433–976 cal. BC (2-σ), neu kalibriert nach Wyss (1993, S. 202).

¹⁰⁷ Für eine genauere Untersuchung wurden Proben dieses Materials am Institut für Integrative Prähistorische und Naturwissenschaftliche Archäologie (IPNA) der Universität Basel präpariert (Anschliffproben) und ausgewertet (vgl. Reitmaier-Naef, et al., 2020).

¹⁰⁸ Vgl. dazu bereits Schauer, 2003, S. 35.

¹⁰⁹ Die Fundstelle Avagna-Ochsenalp (3911) wurde zusammen

Das Abbaugelände liegt an der südöstlichen Flanke des Geländekessels Colm da Bovs (deutsch: Ochsenalp) und ist dank der markanten Bergehalde aus gelb bis rostrot gefärbtem Verwitterungsschutt weithin sichtbar (Abb. 2.27). Der Zugang zum Haldenareal erfolgt aus südwestlicher Richtung über einen ehemals fahrbaren, heute weitgehend zugewachsenen Weg, der wohl im 19. Jahrhundert angelegt wurde. Durch saisonale Wasserrinnen ist der obere Bereich des Weges auf einigen Metern Breite ausgewaschen, wodurch darunterliegendes und von oben eingeschwemmtes Sediment sichtbar wird. Bereits hier sind zahlreiche größere Brocken des zementierten Haldenmaterials zu beobachten, die ohne genauere Untersuchung möglicherweise für sehr poröse Schlacken («verbackenes» Material) gehalten werden könnten (Abb. 2.28). Aus diesem Bereich stammt der für Avagna-Ochsenalp bislang singuläre Fund eines Klopffsteins aus hartem Felsgestein, der mit urgeschichtlichen Aufbereitungsaktivitäten in Zusammenhang zu bringen sein dürfte (s. Kapitel 2.3.2).

Der zentrale Fundstellenbereich – das Haldenareal – umfasst eine Fläche von ungefähr 100 m × 70 m und besteht oberflächlich vorwiegend aus lockerem, kleinteiligem, stark oxidiertem Gesteinsschutt. Die jüngsten Abbauprodukte lassen sich stratigraphisch im untersten, östlichen Bereich des Haldenareals in Form größerer und dunkler gefärbter Abraum-Blöcke dokumentieren, die deutliche Spuren von Bohrlöchern aufweisen und somit neuzeitliche Abbauprodukte von geringem Ausmaß (Prospektion) durch Sprengung belegen.

mit dem weiter unten vorgestellten Abbaugelände Cotschens (1890) im Sommer 2017 durch ein internationales Team erstmals systematisch prospektiert und punktuell sondiert. Die Ergebnisse der rund 10-tägigen Geländekampagne und der anschließenden Auswertungsarbeiten wurden bereits separat vorgelegt (Reitmaier-Naef, et al., 2020).

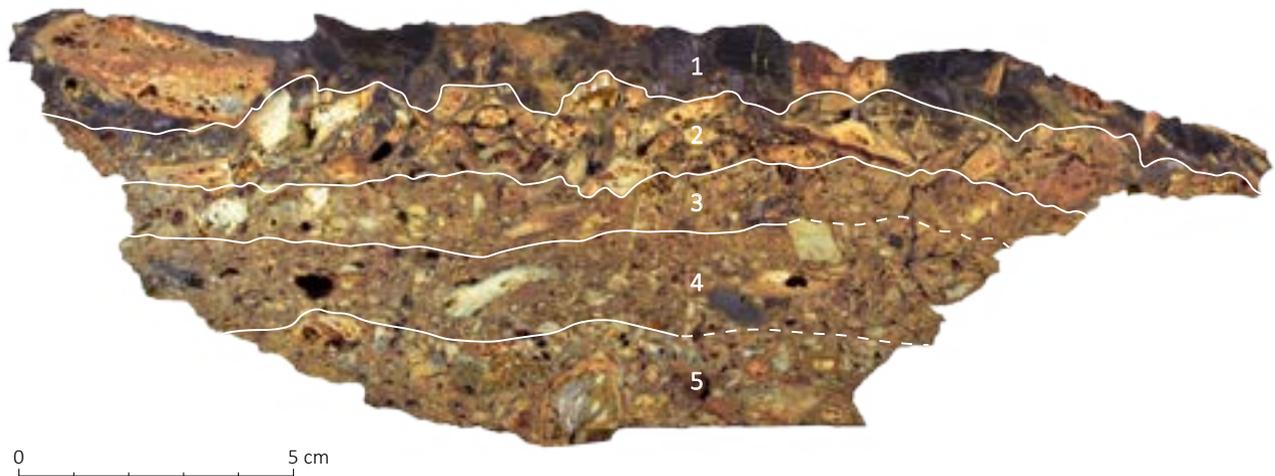


Abb. 2.28: Tinizong-Rona, Avagna-Ochsenalp (3911). Mikromorphologie-Probe des zementierten Haldenmaterials aus einer 2017 untersuchten Sondage mit erkennbarer Stratifizierung (nach Reitmaier-Naef, et al., 2020). 1: Holzkohleschicht mit teilweise großstückiger Holzkohle; 2: verwitterter Serpentinbruch; 3: horizontal geschichtete Serpentinfragmente in lehmiger Grundmasse (Aktivitätsniveau?); 4: wie 3, mit kompakterer Oberkante (Gehniveau?); 5: verwitterte Serpentinfragmente. Foto und Grafik: J. Bucher, UZH.

Auch die deutlich umfangreicheren, älteren Abbautätigkeiten sind heute nur noch anhand der Topografie ersichtlich, da sämtliche Abbaustrukturen verschüttet sind. Dennoch lässt sich in Avagna auch ausgedehnter urgeschichtlicher Bergbau zweifelsfrei nachweisen: An verschiedenen plateauartig abgeflachten Stellen des aus mindestens fünf einzelnen, sich teilweise überlagernden Haldenkörpern bestehenden Areals stehen größere Mengen zementierten, anthropogenen Sediments mit vielen klein- bis großteiligen Holz(kohle)einschlüssen an. In einem näher untersuchten Aufschluss zeigt dieses Sediment einen stratifizierten Aufbau, der mikromorphologischen Hinweisen zufolge u.a. Lauf- bzw. Nutzungshorizonte enthält. Es könnte sich dabei um Haldenkronen handeln (Abb. 2.29). Mithilfe von dendrochronologischen und ^{14}C -Datierungen an Holzkohlen aus verschiedenen Sedimentproben konnten die beiden stratigraphisch ältesten und zugleich ausgedehntesten Halden des Areals ins 11. Jahrhundert v. Chr. datiert werden. Es handelt sich somit um den bislang ältesten Beleg für Kupfererzbergbau im Oberhalbstein. Eine feinchronologische Differenzierung der einzelnen Haldenbefunde, der oberflächlich ange deuteten Mundlöcher innerhalb des Haldenareals sowie der beiden nach Nordosten verlaufenden Pingenzüge konnte ohne größere Bodeneingriffe allerdings noch nicht erreicht werden.

Die an der Oberfläche zugänglichen Befunde zeugen in Avagna-Ochsenalp also von mindestens zwei Betriebsphasen; eine dritte, spätmittelalterliche Abbauphase ist u.a. aufgrund der oben genannten historischen Quellen zu vermuten, möglicherweise aber schwerpunktmäßig im Bereich des unteren Werkareals zu suchen, wo neben den genannten Steinstrukturen ebenfalls topografische Hinweise auf einen weiteren Grubenstandort gegeben sind.



Abb. 2.29: Tinizong-Rona, Avagna-Ochsenalp (3911). Blick auf einen «Ausbiss» anstehenden, zementierten Haldenmaterials im Bereich der östlichsten, größten Halde. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Untere Talstufe

Surses, Marmorera: Cotschens (1890)

Der markante Erzausbiss «Cotschens» (cotschen, rätoromanisch: rot) liegt westlich oberhalb des Marmorera-stausees auf knapp 2300 m und somit heute ebenfalls deutlich jenseits der Waldgrenze. Er ist primär anhand einer ca. 100 m × 100 m großen, rostbraunen Bergehalde («Haupthalde») bereits aus der Ferne gut erkennbar und daher auch schon lange als Erzausbiss¹¹⁰ bzw. Abbaugelände bekannt (Abb. 2.17 und Abb. 2.30).

¹¹⁰ Vgl. auch Kapitel 2.1.3, S. 39-40 und Anhang A.1, Cotschens 1–5 (10; 23; 24; 25; 9).

Auf einer Fläche von ca. 1,5 ha sind zahlreiche Bergbauspuren zu beobachten, die bislang jedoch nicht systematisch untersucht wurden. Der Großteil der dispers verteilten Schurfe, Halden, Pingen und der in der Regel verschütteten oder verbrochenen Mundlöcher ist aufgrund fehlender diagnostischer Abbauspuren oder Funde schwierig zu beurteilen und chronologisch nicht genauer einzugrenzen. Hinweise auf Bergbau in historischer Zeit in Form von Bohrlöchern, Eisenschrott, Resten technischer Anlagen, Wegen, Gebäudegrundrissen etc. sind nicht vorhanden. Auch schriftliche Belege für Abbauaktivitäten im Spätmittelalter und der Neuzeit fehlen vollständig – obwohl die Burg derer von Marmels, die auch auf der Ochsenalp Abbau betrieben hatten, nur gerade 1 km entfernt liegt. Zugänglichen Untertagebau gibt es heute im gesamten Areal nur noch an zwei Stellen, eine davon – «Grube 1» – befindet sich im östlichen Teil der zentralen Ausbisszone, westlich oberhalb der Haupthalde. Die nun folgenden Ausführungen beschränken sich auf dieses zentrale, bislang erkenntnisreichste Fundstellenareal und basieren wiederum auf den Resultaten des «Spin-off Projektes» des Jahres 2017.¹¹¹

Grube 1 setzt sich aus einem langgestreckten, Ost-West streichenden Tagebau von ca. 20 m Länge und bis zu 12 m Breite sowie einem sich südlich daran anschließenden untertägigen Bereich zusammen. Letzterer ist im Zugangsbereich weitgehend mit Schutt verfüllt und normalerweise bereits nach wenigen Metern abgesoffen. Im August 2017 konnte die Grube erstmals vollständig ausgepumpt und genauer untersucht werden. Der untertägige Bereich misst demnach ungefähr 17 m in der Länge, bis zu 8 m in der Höhe und fällt mit einem Winkel von ca. 20° nach West-Südwest ein. Er besteht aus mehreren, kuppelförmigen Abbauräumen; den tiefsten Punkt der Grube markiert ein weitgehend schutfreier Hohlraum von ca. 7,5 m × 5,5 m × 3,5 m (Abb. 2.31). Die charakteristische Kuppelform weist auf einen Vortrieb mittels Feuerstanztechnik hin. An zwei Stellen lassen sich zwei nach Norden vorgetriebene Erweiterungen feststellen, die einen rechteckigen Querschnitt zeigen und sich somit deutlich von der restlichen Grube absetzen.

Die normalerweise unter Wasser stehenden Bereiche der Grube waren mit einer Schicht aus feinem Schlamm bedeckt, aus der mehrere Dutzend gut erhaltene Hölzer geborgen wurden. Das Fundspektrum umfasst neben verschiedenen unbearbeiteten, teilweise angekohlten Hölzern und neuzeitlichen Artefakten auch bergbauspezifische Objekte wie etwa die Teile zweier Holztröge. Diese sowie eine Reihe weiterer Objekte konnten anhand von dendrochronologischen und ¹⁴C-Datierungen ans Ende der jüngeren Eisenzeit datiert werden. Sie dürften im Zuge einer nachträglichen Gewaltigung in Form der rechteckigen Vortriebe in die Grube gelangt sein.

Dass die eigentliche Grube jedoch bereits in der älteren Eisenzeit angelegt worden war, bezeugt ein in die Hallstattzeit datierender, spatelförmiger Holzfund aus



Abb. 2.30: Marmorera, Cotschens (1890). Blick nach Nordwesten auf den markanten Ausbiss und die Haupthalde im Zentrum des weitläufigen Bergbaugesbiets Cotschens. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

einer tieferliegenden Sedimentschicht im Bereich der untersten Abbaukammer. Darüber hinaus existieren aus einer im Mundloch nahen Bereich dokumentierten Stratigraphie aus mehreren Nutzungs- und Versatzhorizonten auch absolute Datierungen in dieser Zeit.

Schließlich belegen dendrochronologische und ¹⁴C-Datierungen an holzkohlehaltigen Sedimentkonglomeraten aus dem Haupthaldbereich, die stark an die zementierten Schichten in Avagna-Ochsenalp erinnern, auch ältere, bronzezeitliche Abbauaktivitäten bislang unbekannter Intensität und Ausprägung. Der u.a. durch A. Schaer (2003, S. 13) geäußerte Verdacht, dass es sich bei Cotschens um ein urgeschichtliches Abbaugebiet handelt, konnte also erfolgreich bestätigt werden, wenngleich ein Großteil der vielschichtigen Abbauhistorie Cotschens weiterhin der Erforschung harret.

Surses, Marmorera: Vals (1885)

Die Beschreibung einer «eigenartigen Erzabbaustelle» (Brun, 1987, S. 63) nordwestlich des Marmorerassee-Staudamms weckte bereits zu Beginn des Projektes Interesse, da hier gemäß Brun (1987, S. 64) «kaum Abbauspuren – vor allem keine eigentlichen Schräm-spuren oder Sprenglöcher – feststellbar sind». Die Grube Vals wurde bereits im Sommer 2013 durch C. Grutsch und K.-P. Martinek wiederentdeckt und – wie sich zeigen sollte zu Recht – als archäologisch vielversprechend eingestuft.

Der Abbau liegt im Bereich der gleichnamigen Vererzung¹¹², in steil nach Osten abfallendem Waldgelände, nur knapp 500 m nordwestlich der Burgruine Marmels. Der obere von zwei Abbauen fällt nahezu waagrecht nach Südwesten ein und misst heute noch 31 m in der Länge.

¹¹¹ Vgl. Fußnote 109.

¹¹² Vgl. auch Kapitel 2.1.3 und Anhang A.1, Vals (30).



Abb. 2.31: Marmorera, Cotschens (1890). Blick nach Südwesten in die Hauptkammer von Grube 1: Im hellbraunen, schlammigen Sediment der Grube sind die zahlreichen Holzfunde sichtbar (nach Reitmaier-Naef, et al., 2020). Foto: P. Thomas (DBM).

Der vorderste, nicht überwölbte Bereich scheint jedoch nicht mehr der ursprünglichen Mundlochsituation zu entsprechen und ist vermutlich auf einer Länge von einigen Metern verbrochen. Die Grube misst bis zu 3,5 m in der Breite und 7,25 m in der Höhe, wobei sich die Firste bis zur Ortsbrust auf ca. 3 m absenkt. An dieser Stelle lässt sich die der Firste entlang verlaufende, gemäß Sekundärmineralebildung stark kupferführende Vererzung deutlich erkennen (Abb. 2.15). Der kuppelförmige, stellenweise verbrochene Hohlraum sowie die sehr zahlreichen, den gesamten Boden bedeckenden Scherben¹¹³ zeugen deutlich von einem Vortrieb mittels Feuersetzen und somit von einer potentiell prähistorischen Entstehung des Abbaus. Unmittelbar unterhalb dieses ersten Baus wurde ein zweiter, deutlich kleinerer Hohlraum von gerade einmal 10 m Länge in den Fels getrieben – augenscheinlich ohne auf die (wieder) gesuchte Erzader zu stoßen.

Beide Bereiche wurden in den Jahren 2014 und 2016 vermessen, digital dokumentiert und mittels eines Sondierschnittes im Bereich des Stollortes untersucht. Die hierbei freigelegte Stratigraphie setzte sich aus mehreren Lagen typischen Feuersetz-Schutts zusammen und war mit sehr zahlreichen, teilweise größeren Holzkohlefragmenten durchsetzt (Abb. 2.32).¹¹⁴ An diesem Probenmaterial vorgenommene dendrochronologische und ¹⁴C-Analysen datieren die Abbauaktivitäten ins ausgehende 7. Jahrhundert v. Chr.



Abb. 2.32: Marmorera, Vals (1885). Stark mit Holzkohle durchsetzte Stratigraphie aus Feuersetzschutt in einer Sondage im Bereich der Ortsbrust in der Grube Vals. Foto: UZH.

Surses, Marmorera: Gruba II (1854)

Auf fast derselben geographischen Breite, jedoch auf der gegenüberliegenden, östlichen Talseite liegt ein weiteres, wohl (auch) urgeschichtliches Abbauareal: Gruba II. Der markante, Ost-West verlaufende Pingenzug liegt am Fuße des bewaldeten Hügelzuges Motta, am südwestlichen Rand eines Moorgebietes, das von verschiedenen montanarchäologischen Fundstellen umsäumt wird.¹¹⁵

Aufgrund seiner markanten Topografie wurde auch dieses Areal bereits seit Längerem als potentiell

¹¹³ Charakteristische, beim Abbau mittels Feuersetzen entstehende Gesteinsplatten.

¹¹⁴ Die Untersuchungen an dieser Fundstelle sind bislang nicht umfassend publiziert, ein entsprechender Beitrag befindet sich aber durch Turck, et al. in Vorbereitung.

¹¹⁵ Vgl. auch Gruba I (1852), Gruba III (56328), Gruba V (1856) und Gruba VII (70095).



Abb. 2.33: Sur, Gruba. Blick nach Süden in eine Pinge des Pingenzugs Gruba II. Foto: Th. Reitmaier, ADG.

urgeschichtlicher Abbau gehandelt – nicht zuletzt wegen der räumlichen Nähe zum eisenzeitlichen Schmelzplatz Gruba I (1852), der in gerade einmal 200 m Entfernung liegt.

Der Pingenzug selbst erstreckt sich über ca. 150 m Länge und bis zu 40 m Breite, besteht aus mindestens elf mulden- bis trichterförmigen Geländesenken und fällt von Osten nach Westen ab, wobei der Durchmesser der einzelnen Pingens in derselben Richtung zunimmt (Abb. 2.33).

Die Fundstelle wurde 2016 und 2017 mittels Geoelektrik und Georadar untersucht. Dabei konnten Festgestein- und Haldenbereiche voneinander unterschieden sowie ein parallel zur Pinge verlaufender Hohlraum nachgewiesen werden (Ullrich, et al., 2019, S. 55). Bei archäologischen Untersuchungen einzelner Pingens wurden neben Haldenaufschüttungen auch ein bisher nicht abschließend interpretierter Befund aus einer Lehm-schicht und verbrannten Spalthölzern freigelegt. Die Datierung des Pingenzuges ist noch nicht abschließend geklärt. Neben zahlreichen frühneuzeitlichen und mittelalterlichen Datierungen (Dendrochronologie und ^{14}C) liegt auch ein ^{14}C -Datum aus der Hallstattzeit vor. Schriftliche oder archäologische Hinweise auf historischen Bergbau (z.B. Bohrlöcher) existieren nicht. Ebenso fehlt bislang typologisch datierbares Fundmaterial aus Gruba II. Die Auswertung dieser vielphasigen Fundstelle befindet sich zum Publikationszeitpunkt noch in Arbeit (Vorberichte bei Turck, et al., 2017c; 2018c).

Surses, Marmorera: Ostufer Marmorera

Vielversprechende Abbaustrukturen finden sich im Oberhalbstein noch an zahlreichen Stellen. In der Regel ist

ihre genauere Untersuchung und insbesondere Datierung aufgrund eingeschränkter Befahrbarkeit, starker Vegetation und Überdeckung o.ä. jedoch meist nur schwer bzw. mit großem Aufwand möglich. Nicht so im Falle der Fundstelle Ostufer Marmorera: Im Bereich des Stauniveaus des Sees bezeugen ein verbrochenes Mundloch sowie mindestens zwei nordöstlich bergansteigend anschließende Pingens ein aufgelassenes Bergwerk. Bei der Erstellung eines topografischen Geländemodells der Fundstelle im Jahr 2019 gelang auch hier der Nachweis zementierten Haldensediments mit Holzkohleinschlüssen (Turck, et al., 2019b). Das Material ist mit den Funden aus Cotschens und Avagna-Ochsenalp vergleichbar und konnte radiometrisch ebenfalls in die Spätbronzezeit datiert werden. Weiterführende Untersuchungen zu dieser Fundstelle stehen derzeit noch aus.

2.3.2 Aufbereitung

Analog zu den Abbaufundstellen waren aus dem Oberhalbstein eingangs auch keine sicheren urgeschichtlichen Aufbereitungsbefunde bekannt. Diese Lücke konnte – im Gegensatz zum Nachweis prähistorischen Abbaus – bisher jedoch noch nicht vollständig geschlossen werden. Eine systematische (nass-)mechanische Aufbereitung des abgebauten Erzes war in anderen urgeschichtlichen Kupferproduktionszentren der Alpen nachweislich regulärer Bestandteil der primären Metallurgiekette, wie die Befunde von der Kelchalm bei Kitzbühel (Koch Waldner, 2017; 2019a; Koch Waldner und Klauzner, 2015) und die sog. Nassaufbereitungskästen vom Troiboden (Stöllner,

2019; Stöllner, et al., 2012a, S. 131-132; 2012b) im Mitterberg-Revier oder vom Schwarzenbergmoos (Goldenberg, et al., 2012, S. 69-72) im Unterinntal zeigen. Letztere sind aufgrund des technologiebedingt hohen Wasserbedarfs jeweils in feuchtem bis moorig-sumpfigem Gelände und räumlich zwischen den Abbaustellen und den Schmelzplätzen angelegt worden. Dementsprechend als Verdachtsflächen zu berücksichtigende, feuchte bis moorige Gelände zonen im näheren Umfeld anderer montanarchäologischer Fundstellen sind im Oberhalbstein vielfach bekannt, wurden bislang jedoch aus verschiedenen Gründen nicht systematisch prospektiert. Die Suche nach Befunden in derartigem Gelände bedingt einerseits eine von regulären Begehungen abweichende, zeitaufwändige Methodik (z.B. Geophysik, Bohrungen). Zudem sind Bodeneingriffe in Mooregebieten bewilligungspflichtig, da sie in der Schweiz generell unter Schutz stehen. Andererseits lohnen genauere Untersuchungen primär dort, wo aus lokalen Vergleichsbefunden auf die Art, Größe sowie Lagermerkmale entsprechender Anlagen geschlossen werden kann, was hier bislang nicht der Fall ist. Dennoch sind auch im Oberhalbstein einzelne Flächen durchaus als mögliches Funderwartungsgebiet anzusprechen, etwa das zwischen dem Pingenzug Gruba II (1854) und dem Schmelzplatz Gruba I (8152) gelegene Mooregebiet. Erste Bohr- und Lawinensonden-Sondierungen verliefen hier jedoch ergebnislos.¹¹⁶

Auf der Grundlage des bislang einzigen gesicherten Ensembles an Steingeräten für die Erzaufbereitung¹¹⁷ ist für das Oberhalbstein aber generell eher an ein alternatives Szenario möglicherweise ohne spezialisierte Nassaufbereitungsanlagen zu denken: Aus dem südlichen Randbereich der Haupthalde von Cotschens (1890) wurden mehrere intensiv beanspruchte Pochplatten, Klopfschnecken mit deutlichen Schlagnarben sowie das Fragment eines Läufers geborgen. (Abb. 2.34) Diese Funde belegen eine mindestens zweistufige Aufbereitung aus mechanischem Pochen und Mahlen vor Ort – also in unmittelbarer Nähe zum eigentlichen Abbau. Wenngleich sich diese aus widerstandsfähigem, kristallinem Felsgestein hergestellten Geräte nicht exakt datieren lassen, so weisen die Klopfschnecken und der Läufer dennoch klar in die Urgeschichte.¹¹⁸ Welcher der mindestens drei prähistorischen Bergbauphasen die Funde zuzuordnen sind, bleibt allerdings offen. Weiterführende Erkenntnisse zum Aufbereitungsprozess wären wohl durch eine mikromorphologische Untersuchung der im südlichen Randbereich der Haupthalde verschiedentlich beobachteten, auffällig feinteiligen Sedimente (Aufbereitungshalden?) zu erwarten.



Abb. 2.34: *Marmorera, Cotschens (1890)*. Eine der im südlichen Randbereich der Haupthalde von Cotschens dokumentierten Pochplatten in situ. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Dieses bislang singuläre Beispiel zeigt, dass die Aufbereitung im Oberhalbstein nicht zwingend an spezialisierten, räumlich separierten Aufbereitungsplätzen, sondern zumindest teilweise auch im unmittelbaren Umfeld der Abbaustellen stattgefunden haben könnte. Dieser Verdacht wurde jüngst durch den Fund eines weiteren Klopfschnecken aus dem Vorfeld des Haldengeländes in Avagna-Ochsenalp (3911) erhärtet. Dass dies auch in anderen Revieren durchaus üblich war, zeigen beispielsweise neue Untersuchungen hallstattzeitlicher Gruben im Unterinntal, wo sogar aus den Gruben selbst Hinweise auf Aufbereitungsaktivitäten vorliegen (Staudt, et al., 2019a, S. 126).

Ob das Erz schließlich systematisch feinaufbereitet und (nass-)angereichert oder lediglich grob geschieden an die Schmelzplätze gelangte, bleibt vorerst unklar. Neben dem Läufer-Fund aus Cotschens könnte allerdings auch ein im Jahr 1952 am Verhüttungsplatz Natonsbach (1848) gefundener, hölzerner Trog auf eine Nassaufbereitung hinweisen¹¹⁹: Mit Maßen von ca. 100 cm × 36 cm × 14,5 cm ist er am ehesten mit dem bronzezeitlichen Sichertrug vom Mitterberger Hauptgang (Klose, 1918; Thomas, 2018, S. 362-365) vergleichbar. Leider ist das Objekt nicht erhalten und auch in der überlieferten zeichnerischen und fotografischen Dokumentation kaum zu erkennen (Abb. 2.35). Die ausgesprochen wassernahe Lage des Fundortes am Zusammenfluss des Natonsbachs und der Julia steht zumindest in keinem Widerspruch zu dieser Interpretation, die aber aufgrund der fragmentarischen Datenlage explizit hypothetischer Natur bleiben muss. In Anbetracht seines Fundortes wäre indes grundsätzlich eher an eine Feinaufbereitung von Schlacken zum Zwecke einer optimierten Metallausbeute zu denken, wie sie in vielen anderen bronzezeitlichen Bergbaugebieten durch mächtige Halden oder das Auftreten schlackengemagerter Keramik belegt ist (Cierny, 2008; Goldenberg, et al., 2012; Hanning, Herdits und Silvestri,

¹¹⁶ Mündl. Mitteilung von R. Turck (UZH), unter dessen Leitung die Untersuchungen an den beiden Fundplätzen Gruba I (1852) und Gruba II (1854) stattfanden.

¹¹⁷ Vereinzelt liegen (mögliche) Fragmente von Aufbereitungsgeräten auch aus anderen Fundstellen – etwa aus Avagna-Ochsenalp (3911) – vor, jedoch immer nur als Einzelfunde, weshalb ihre Ansprache unsicher bleibt und sie hier nicht diskutiert werden.

¹¹⁸ Domerque, et al., 1997; für eine detailliertere Beschreibung und Einordnung der Funde vgl. Reitmaier-Naef, et al. (2020).

¹¹⁹ Zur funktionalen Interpretation von Sichertrögen im alpinen Kupferbergbau-Kontext vgl. Thomas (2018, S. 365-368).



Abb. 2.35: *Marmorera, Natonsbach (1848)*. Nur schemenhaft erkennbar: Die 1952 im Bereich der verhüttungstechnischen Befunde der Fundstelle Natonsbach ausgegrabene Reste des Holztrags in Fundlage. Foto: Akten B. Frei, Archiv ADG.

2015; Klemm, 2004; Koch Waldner und Klaunzer, 2015, S. 170; Krismer, et al., 2012b; Silvestri, et al., 2014; Staudt, im Druck; Staudt, et al., 2019b; Töchterle, et al., 2013).

Dies kann für das Oberhalbstein und die angrenzenden Talschaften nach heutigem Wissen jedoch ausgeschlossen werden, zumal Nachweise von Schlackensand oder schlackengemageter Keramik im archäologischen Befund bislang vollständig fehlen.

Die Datengrundlage zum Prozessschritt der Aufbereitung ist für das Oberhalbstein also weiterhin sehr dünn – viele Fragen müssen vorerst unbeantwortet bleiben. Allgemein ist aber davon auszugehen, dass die räumliche Strukturierung und funktionale Differenzierung eines Reviers in Relation zur Anzahl und Größe der gleichzeitig in Betrieb befindlichen Gruben bzw. Schmelzplätze steht. In einer vergleichsweise kleinräumig strukturierten Abbau-landschaft wie dem Oberhalbstein mit primär kleineren, dispers verteilten Gruben und Schmelzplätzen war eine professionelle Zentralisierung der Aufbereitungsarbeiten möglicherweise weniger angezeigt als dies im Bereich großer Bergwerksbetriebe wie dem Mitterberger Hauptgang der Fall war, wo eine systematische Feinaufbereitung von stark verwachsenem Erz wirtschaftlich rentabel resp. zumindest lohnend war.

2.3.3 Schmelzen

In den letzten Jahrzehnten durchgeführte Ausgrabungen an Schmelzplätzen haben gezeigt, dass in weiten Teilen des Ost- und Südalpenraums ab der Mittelbronzezeit ein wiederkehrendes Spektrum verhüttungstechnischer Strukturen zum Einsatz kam. Demnach setzten sich die Schmelzplätze aus einer charakteristischen Trias aus Röstbetten, Öfen und Schlackenhalde zusammen (Hanning, Herdits und Silvestri, 2015, S. 226; Stöllner, et al.,

2016). Die – trotz regelhafter kleinerer lokaler Adaptionen – über weite Strecken und Zeiträume sehr ähnlichen Befunde zeugen von einer Standardisierung des eigentlichen Verhüttungsverfahrens und werden als Bestandteil eines technologischen und wirtschaftlichen Komplexes, des «Mitterberg-Prozesses» (Pernicka, Lutz und Stöllner, 2016, S. 22-23; Stöllner 2009, S. 56; 2015, S. 100-101), verstanden.

Im Folgenden werden, als Grundlage für die spätere Diskussion der Prozessrekonstruktion für das Oberhalbstein, daher nicht nur die in den letzten Jahren prospektierten und mehrheitlich nur oberflächennah untersuchten Fundstellen der Kategorie «Schmelzen», sondern auch Altbefunde sowie die im Rahmen der Lehrgrabung im Bereich bereits zuvor bekannter Fundstellen gewonnenen Erkenntnisse ausgeführt.¹²⁰

Untere Talstufe

19¹²¹ der 87 Schlackenfundstellen und Schmelzplätze finden sich in der unteren Talstufe des Oberhalbsteins, fast ausschließlich im Einzugsgebiet des heute am dichtesten besiedelten Talabschnitts zwischen Salouf und Savognin. Eine Ausnahme bilden die zwei isolierten Fundstellen in Stierva, die strenggenommen bereits zum Ost-West verlaufenden Albulatal gehören (Abb. 2.36).

Es handelt sich um acht Schlackenfundstellen ohne stratifizierte Befunde sowie elf Schmelzplätze, die alle bereits vor Projektbeginn bekannt waren¹²² und entweder bei gezielten Begehungen durch Privatpersonen oder baubegleitenden Untersuchungen durch den Archäologischen Dienst Graubünden entdeckt wurden.

Im Rahmen der durchgeführten Geländesurveys konnte die Mehrheit dieser Fundstellen relokalisiert werden. Eine umfassende Neudokumentation war jedoch aufgrund der bisweilen sehr mächtigen Bodenüberdeckung (landwirtschaftliche Terrassierungen; Rüfeschutt) in diesem Talabschnitt vielerorts nicht oder nur eingeschränkt möglich. Ein Teil der Fundstellen liegt heute außerdem in überbautem Gebiet und ist daher gar nicht mehr zugänglich.¹²³ Im Zuge von Bauüberwachungen und kleineren Rettungsgrabungen wurden an diesen Fundstellen im 20. Jahrhundert aber durchaus bereits punktuell interessante Befunde freigelegt, die im Folgenden kurz vorgestellt seien.

¹²⁰ Gruba I (1852), Val Faller Plaz (2120), Alp Natons (1870), Pareis I (1860).

¹²¹ Die beiden zusammengehörigen Fundstellen Cadra Nord (2531) und N Riom (2504) werden hier als eine Fundstelle behandelt und unter der Bezeichnung N Riom (2504) besprochen.

¹²² Die beiden Fundstellen Tigignas Sot II und III (56325; 64189) waren dem ADG durch eine Fundmeldung und Materialproben bereits bekannt, jedoch ohne Niederschlag in der Fundstellendatenbank zu finden oder als Fundmeldung publiziert zu werden, weshalb die beiden Plätze in bisherigen Arbeiten (v.a. Schaer, 2003) nicht aufscheinen. Diese beiden «Archivleichen» wurden im Herbst 2017 entdeckt.

¹²³ Dafora (723); N Riom (2504); Purgira (68466).

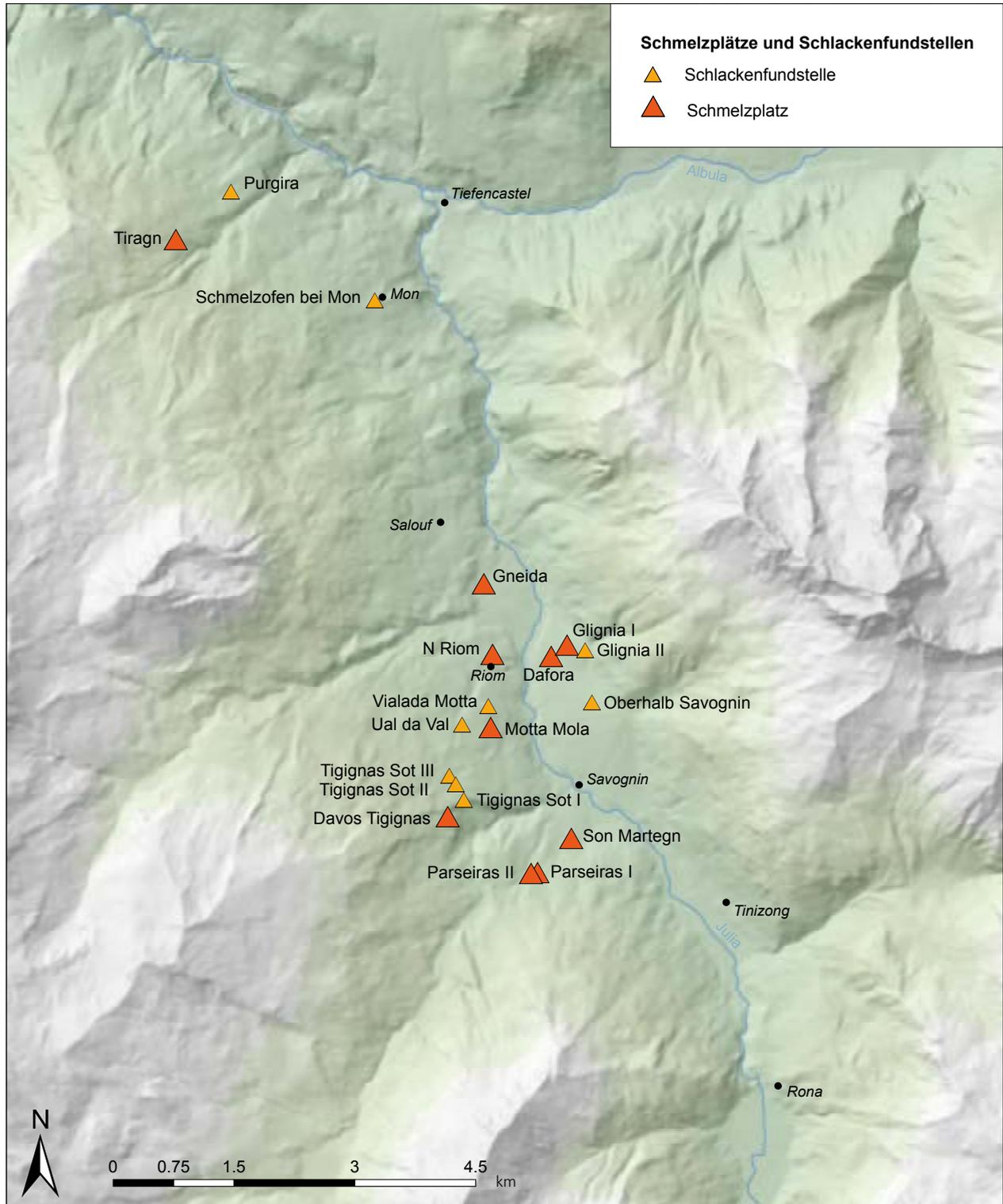


Abb. 2.36: Kartierung der Schlackenfundstellen und Schmelzplätze in der unteren Talstufe des Oberhalbsteins. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo.

Befunde vor 2013

Bei der Fundstelle **Gignia I (728)** handelt es sich um den ersten archäologisch untersuchten Schmelzplatz des gesamten Untersuchungsgebiets. Der Schmelzplatz wurde 1946 bei Straßenschotterarbeiten nordöstlich von

Cunter entdeckt und W. Burkart gemeldet, der damals im Bereich der nahegelegenen bronzezeitlichen Anlage auf Caschligns (717) archäologische Ausgrabungen durchführte. W. Burkart (1949, S. 319) legte daraufhin in 1,6 m Tiefe eine 20–30 cm mächtige, stark holzkohlehaltige Schlackenschicht sowie Brocken gebrannten Lehms frei,

die er als Überreste eines «Eisenschmelzofens» deutete. Eine zeichnerische oder fotografische Dokumentation dieser Befunde liegt leider nicht vor. Dass es sich bei diesen Befunden allerdings nicht um eine Eisenschmelze, sondern einen prähistorischen Kupferverhüttungsplatz gehandelt haben dürfte, lässt bereits die Beschreibung des Schlackenmaterials vermuten, die «mit Kupferoxydationsprodukten durchsetzt» (Burkart, 1949, S. 319) gewesen seien. Diese Einschätzung konnte am erst kürzlich wieder aufgetauchten Originalfundmaterial bestätigt werden. Bei einem als vorrömisches «Topfstück» angesprochenen Fund aus Glignia I (728) dürfte es sich folglich um das Fragment einer Tondüse handeln. Die Fundstelle liegt östlich oberhalb von Cunter im Bereich eines massiven Rüfeschuttkegels und wäre auch heute nur mithilfe größerer Bodeneingriffe zugänglich.

In **Dafora (723)** wurde 1974 beim Bau des gleichnamigen Restaurantgebäudes am Dorfeingang von Cunter ein weiterer Schmelzplatz entdeckt. Der Archäologische Dienst konnte hier in den Profilen der Baugrube verschiedentlich Befunde mit Spuren starker Hitzeeinwirkung dokumentieren, darunter eine ausgedehnte, stark brandgerötete, bis zu 3,5 m breite bzw. lange und ca. 1,4 m tiefe Grube unbekannter Funktion sowie eine rote Brandschicht (Rageth, 1976) (Abb. 2.37). Bei der Grube dürfte es sich um die Überreste eines verhüttungstechnischen Befundes handeln, wobei die vergleichsweise großen Dimensionen weder an einen «klassischen» Verhüttungssofen noch an ein reguläres Röstbett denken lassen. Vergleichbare Strukturen noch nicht näher bestimmter Funktion sind aus dem Oberhalbstein aus verschiedenen Fundstellen bekannt.¹²⁴

Ebenfalls 1974 wurde im Bereich der Fundstelle **N Riom (2504)** am Dorfeingang von Riom in einem Kanalisationsgraben ca. 40–50 cm unter der Grasnarbe eine mit «Eisenschlackenbrocken (porös), Eisenschlackenplättchen, die z.T. extrem starke Kupferoxydationen aufweisen»¹²⁵ gefüllte Grube angeschnitten. In geringer Entfernung zu diesem Befund wurde bei dieser Gelegenheit außerdem eine halbkreisförmige Struktur aus mehreren großen, gesetzten und deutlich brandgeröteten Steinen freigelegt (Abb. 2.38). Zwischen den Steinen wurden verbrannter Lehm, verbrannte Erde sowie Keramikfragmente (Tondüse?) und «Schlackenplättchen» dokumentiert. Es dürfte sich dabei, wie bereits J. Rageth (1979b, S. 60–63.; 1992a, S. 120) vermutete, um eine Verhüttungsanlage gehandelt haben. Die fotografische und zeichnerische Dokumentation der nur partiell erhaltenen Struktur ist zwar nicht eindeutig, lässt aber u.a. aufgrund des flächigen Charakters der Steinkonstruktion sowie deren seitlicher Begrenzung durch eine Reihe senkrecht gesetzter Steinplatten am ehesten an einen Röstbettbefund denken.¹²⁶ Anlässlich eines Stallneubaus wurde

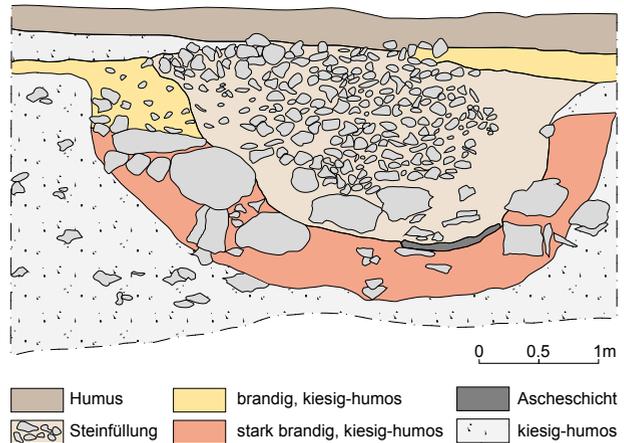


Abb. 2.37: Cunter, Dafora (723). Ostprofil. Grube mit Spuren starker Hitzeeinwirkung – ein unbestimmter verhüttungstechnischer Befund (nach einer Feldzeichnung des ADG vom 4.6.1974). Grafik: M. Huwiler, ADG und L. Reitmaier-Naef, UZH.

1989 an derselben Fundstelle außerdem eine Schlackenhalde von ca. 20 m² Fläche und 15–20 cm Mächtigkeit sowie ein mehrere Quadratmeter großer Grubenbefund unbekannter Funktion freigelegt (Rageth, 1990, S. 199–200).

Wenig südlich des alten Dorfteils von Savognin, südlich der Julia, wurde 1980 beim Grabenaushub für den Bau einer Milchpipeline ein weiterer Schmelzplatz entdeckt und nach der ca. 250 m nordwestlich gelegenen Barockkirche benannt: **Son Martegn (2943)**. Auf einer Länge von 4–5 m wurde eine massive Schlackenhalde angeschnitten, die sich über die gesamte Tiefe des Grabens von ca. 1 m erstreckte. In Anbetracht der Mächtigkeit des Befundes muss es sich dabei um einen zentralen Bereich der Struktur gehandelt haben. Hinweise auf weitere, insbesondere im südwestlich oberhalb der Schlackenhalde anschließenden Grabenverlauf zu vermutenden Schichten und Strukturen sind nicht überliefert.

Die bislang einzige Fundstelle, die im Rahmen einer montanarchäologischen Forschungsgrabung untersucht wurde, liegt südwestlich oberhalb von Stierva: **Tiragn (3604)**. Da diese 1984 durch das Deutsche Bergbaumuseum Bochum und das Schweizerische Landesmuseum partiell ausgegrabene Fundstelle erst vor einigen Jahren ausgewertet, neu prospektiert und erstmals publiziert (Naef, 2013; 2014) wurde, fanden hier im Rahmen der vorliegenden Arbeit keine neuen Untersuchungen statt. Es sei an dieser Stelle aber insbesondere noch einmal an die vielschichtige Stratigraphie der bis zu knapp einem Meter mächtigen, kompakten Schlackenhalde in Stierva Tiragn erinnert. Aus den dokumentierten Profilen wird ersichtlich, dass die beiden hier festgestellten Schlackentypen – Plattenschlacken und Schlackenkuchen – in den einzelnen Schichten zwar jeweils zusammen vertreten sind, jedoch häufig in Konzentrationen auftreten. Des Weiteren sprechen Verwitterungserscheinungen an den Oberkanten der jeweiligen Schichtpakete für einen diskontinuierlichen Aufbau der Halde und somit eher für

¹²⁴ Zum Bsp. aus N Riom (2504); Gruba I (1852); Val Faller Platz (2120).

¹²⁵ Vgl. ADG-Archivunterlagen zur Fundstelle N Riom (2504).

¹²⁶ Vgl. auch Befunde in Pardeala (1846), S. 65–66 und Alp Natons (1870), S. 68–70.

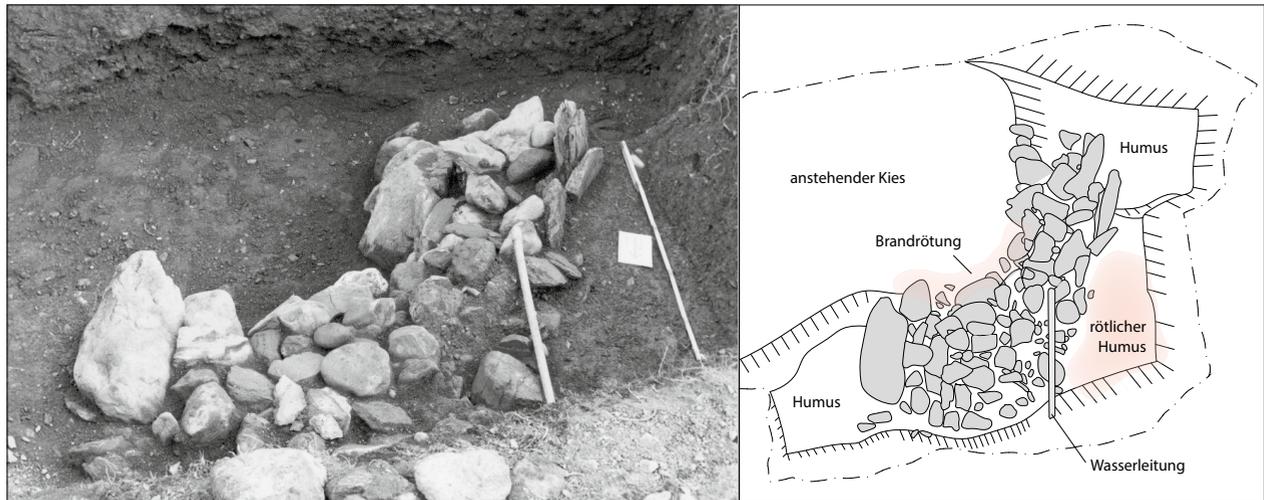


Abb. 2.38: Riom, N Riom (2504). Fotografische (a) und zeichnerische (b) Dokumentation einer verhüttungstechnischen Struktur, vermutlich Teil eines Röstbetts (nach einer Feldzeichnung des ADG vom 26.7.1974 und nach Schaer, 2003, S. 22). Foto: Archiv ADG (Foto AD1087-32A), DG. Grafik: M. Huwiler, ADG und L. Reitmaier-Naef, UZH.

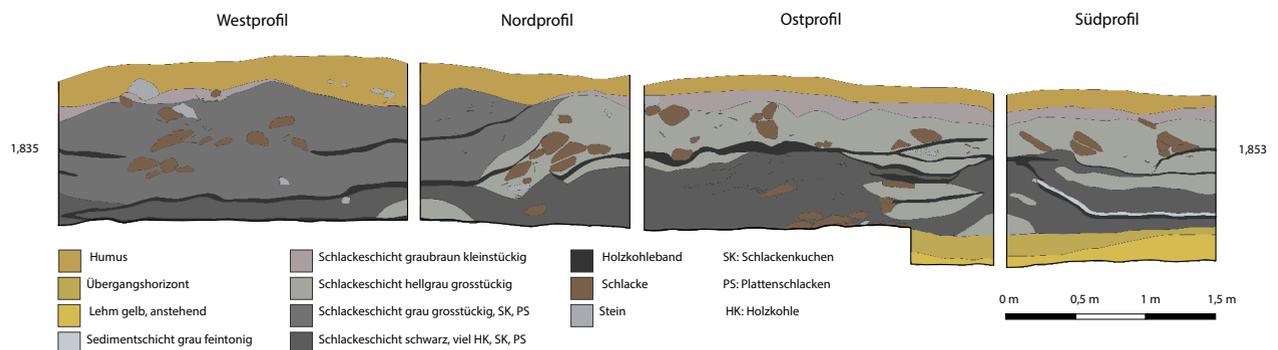


Abb. 2.39: Stierva, Tiragn (3604). Bei den Ausgrabungen des DBM im Sommer 1984 dokumentierte Profilreihe aus dem zentralen nördlichen Haldenbereich, Fläche 2.4 (nach Naef, 2014, S. 193). Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

saisonale bzw. sporadische Verhüttungsaktivitäten als für eine Entstehung im Rahmen einmaliger, kontinuierlicher, intensiver Schmelzaktivitäten (Naef, 2013, S. 111) (Abb. 2.39). Verhüttungstechnische Strukturen wurden bei den Ausgrabungen 1984 nicht dokumentiert und sind daher in Tiragn lediglich indirekt in Form von Linsen verbrannten Lehms bezeugt. Die aus dieser Fundstelle analysierten Schlackenproben (s. Kapitel 4.3) stammen aus dem zentralen Haldenbereich, können aber aufgrund mangelnder Dokumentation bzw. fehlender Fundnummern-Konkordanz keiner Schicht mehr zugewiesen werden.

In der Kiesgrube bei Salouf **Gneida (2845)** wurden in den 1990er Jahren bei Aushubarbeiten verschiedentlich Befunde angeschnitten und partiell dokumentiert: Im südlichen Bereich des Ostprofils der Kiesgrube stand eine rund 8 m lange und 5–15 cm dicke kohlig-brandige Schicht an, die neben viel Holzkohle auch zahlreiche Schlacken enthielt. In der Nord-Hälfte desselben Profils konnte in einem Grubenbefund eine weitere holzkohlehaltige, kohlig-brandige Schicht dokumentiert werden. Das darunter anstehende kiesige Material zeigte eine starke Rotfärbung durch Hitzeeinwirkung. Dieser Befund

enthielt auch einige Plattenschlacken (Rageth, 1995c; 1996b, S. 237). Es dürfte sich hierbei um eine verhüttungstechnische Struktur im weitesten Sinne gehandelt haben, möglicherweise um ein Röstbett, das jedoch nur im Profil, nicht aber in der Fläche untersucht und dokumentiert werden konnte. Im Nordprofil der Kiesgrube zeigte sich eine weniger mächtige und fundleere Holzkohleschicht. Ein Zusammenhang mit den Befunden im Ostprofil ist denkbar, konnte stratigraphisch aber nicht nachgewiesen werden.

Im Westprofil eines Wassergrabens wurden im Jahr 1997 schließlich auch westlich oberhalb von Savognin in **Parseiras I (2945)** auf einer Länge von gut 4 m archäologische Befunde aufgeschlossen: Im südlichen, oberen Teil des Profils zeigte sich ca. 50 cm unter der Oberfläche eine stark holzkohlehaltige, kohlig-rötliche Brandschicht von 10–20 cm Mächtigkeit und 2–2,5 m Länge. Im nördlich anschließenden, unterhalb liegenden Teil des Profils wurde eine 1–1,3 m lange, mindestens 20 cm tiefe Grube voller Plattenschlacken und massiven Schlacken dokumentiert (Rageth, 1998b, S. 282) (Abb. 2.40). Es handelt sich hierbei um typische Schmelzplatzbefunde: Die

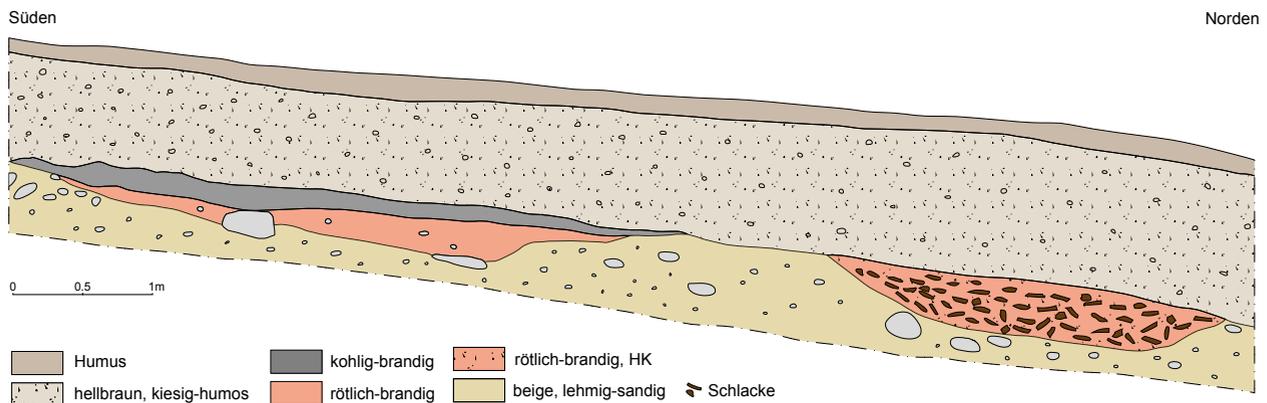


Abb. 2.40: Savognin, Parseiras I (2945). Ostprofil. Die beiden Befunde sind klar voneinander abgesetzt: die holzkohlehaltige Kulturschicht im Süden und die kleine, mit Plattenschlacken und massiven Schlacken verfüllte Grube im Norden (nach einer undatierten Feldzeichnung des ADG). Grafik: M. Huwiler, ADG und L. Reitmaier-Naef, UZH.

Holzkohle- bzw. Brandschicht dürfte als Kulturschicht im näheren Umfeld einer Schmelzanlage und die Schlacken-grube als die typischerweise unterhalb davon gelegene Abfalldeponie entsprechender Verhüttungsaktivitäten einzuordnen sein.

Prospektion ab 2013

Die bereits erwähnte Fundstelle Savognin **Son Martegn (2943)** war bei den eigenen Geländebegehungen rasch zu relokalisieren, da sie durch sehr zahlreiche oberflächliche Schlackenfunde angezeigt wird. Durch eine Kellensondage im Haldenbereich konnten die Beobachtungen von 1980 außerdem weitgehend bestätigt werden. Die Schichtabfolge in der gut 75 cm tiefen Sondage präsentierte sich wie folgt: 0–30 cm: humose Schlackenschicht; 30–60 cm: massives Haldenmaterial mit Holzkohleflitern¹²⁷; 60–72 cm: humose Schlackenschicht; 72+ cm: anstehender C-Horizont. Eine eigentliche Holzkohleschicht, wie sie andernorts an der Sohle der Schlackenhalde zu beobachten ist, wurde hier allerdings nicht festgestellt. Mittels geomagnetischer Messungen konnte außerdem die Ausdehnung der Schlackenhalde von ca. 14 m × 7 m ermittelt werden. Da nur wenige Meter südwestlich oberhalb der Halde eine oberirdische Telefonleitung verläuft, ist das Magnetogramm in diesem, für die Lokalisierung von verhüttungstechnischen Strukturen besonders vielversprechenden Geländeausschnitt stark gestört.

Für die restlichen bereits oben vorgestellten Fundstellen aus der unteren Talstufe ließen sich im Rahmen der durchgeführten Surveys primär aufgrund der starken bis vollständigen Überprägung bzw. Überbauung oder Überdeckung der Befunde keine wesentlichen neuen Erkenntnisse gewinnen.

Durch Forststraßen und Wanderwege aufgeschlossene Befunde konnten dafür im Bereich der beiden Fundstellen Davos Tignas (2544) und Parseiras II (2966) in Riom-Parsonz bzw. Savognin beobachtet werden.

In **Davos Tignas (2544)** lassen sich neben zahlreichen Schlackenstrefunden an zwei Stellen im Wegböschungensprofil aufgeschlossene archäologische Schichten nachweisen, die mit Kupfergewinnungsaktivitäten in Zusammenhang stehen: Im nördlichen Fundstellenbereich ließ sich in 25–40 cm Tiefe eine humose Schlackenschicht über einem Holzkohlehorizont dokumentieren. In einem weiteren Aufschluss im Westen der Fundstelle wurde eine mehrteilige, vermutlich zumindest teilweise um- oder überlagerte Abfolge aus Holzkohle- und Schlackenschichten dokumentiert, die auf einem Band gebrannten Lehms aufliegt. Die Profile liegen in einer Entfernung von ca. 30 m zueinander und dürften derselben Fundstelle angehören. Trotz intensiver Begehung und Bebohrung des erweiterten Fundstellenareals gelang es jedoch nicht, Hinweise auf in situ-Befunde bzw. den eigentlichen Fundstellenkernbereich zu lokalisieren.¹²⁸

In **Parseiras II (2966)**, nur gerade 80 m westlich der Fundstelle Parseiras I (2945) gelegen, waren zum Begehungszeitpunkt insbesondere an einer Stelle im Bereich eines tief eingeschnittenen Fußweges Reste eines Schmelzplatz-Befundes aufgeschlossen: Unter einer 26 cm mächtigen humosen Schlackenschicht wurde hier bis in 40 cm Tiefe eine massive, schlackenhaltige Holzkohleschicht nachgewiesen.¹²⁹ Darunter folgte der gelbe, lehmig-sandige «anstehende» Boden. Die Ausdehnung dieses Haldenbefundes konnte im stark überprägten und unebenen Gelände nicht rekonstruiert werden. Ebenso fehlen bislang eindeutige Hinweise zu den korrespondierenden verhüttungstechnischen Strukturen.

¹²⁸ In Ermangelung einer eigentlichen Schlackenhalde stammen die aus Davos Tignas analysierten Schlacken aus verschiedenen Fundstellenbereichen (vgl. Kapitel 4.3).

¹²⁹ Die analysierten Schlacken aus Parseiras II stammen aus diesen beiden Schichten (vgl. Kapitel 4.3).

¹²⁷ Die analysierten Schlacken aus Son Martegn (2943) stammen aus dieser Schicht (vgl. Kapitel 4.3).

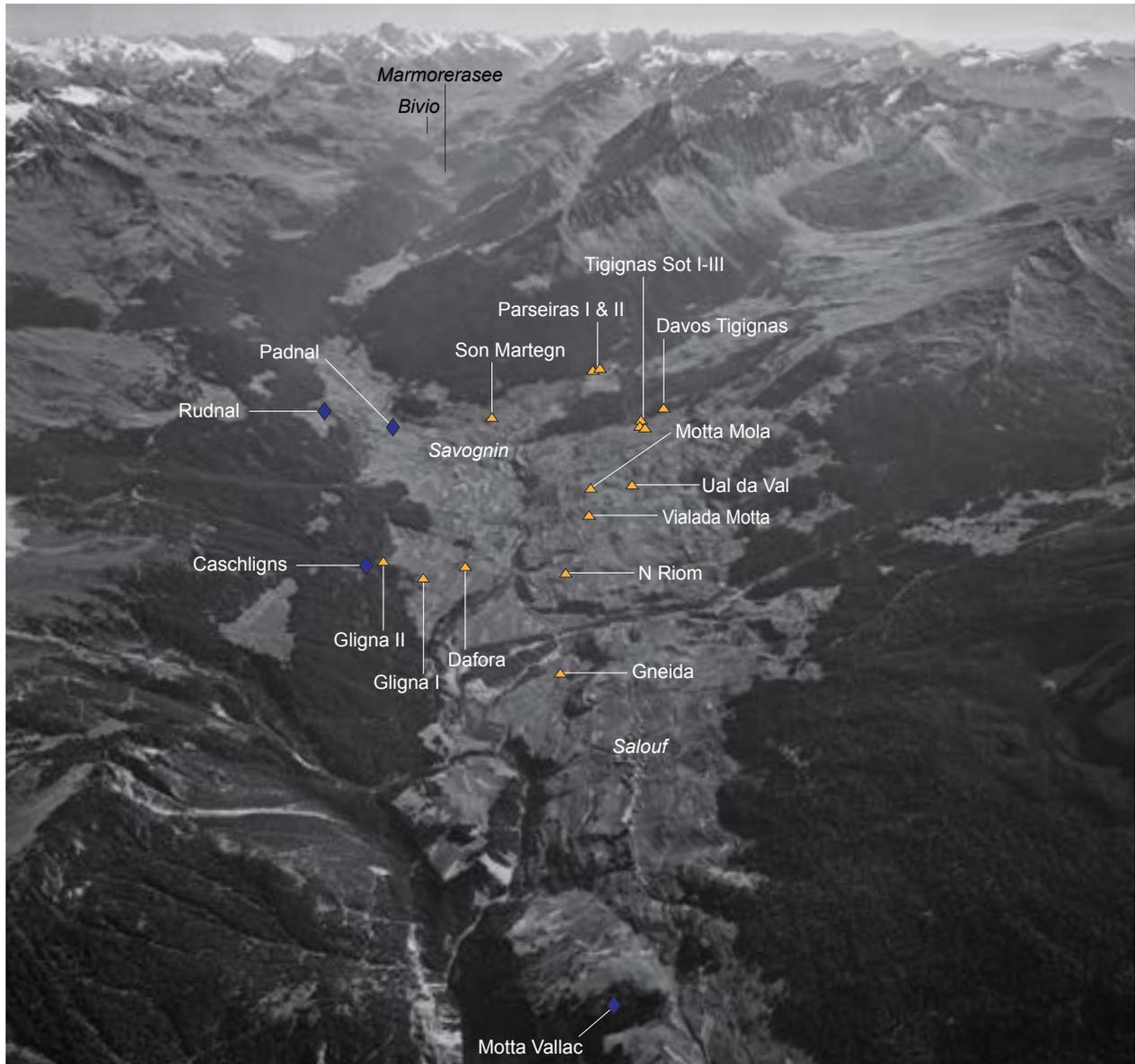


Abb. 2.41: Blick nach Süden auf die untere Talstufe des Oberhalbsteins mit den im Text erwähnten Fundstellen im Raum Cunter, Savognin, Riom-Parsonz und Tinizong-Rona. Nicht eingezeichnet sind die nicht sicher lokalisierten Fundstellen Oberhalb Savognin (56327) und Schmelzofen bei Mon (2104). Insbesondere die westliche Talseite ist landschaftlich stark durch landwirtschaftliche Aktivitäten überprägt (Terrassierungen). Foto: ETH Bibliothek Zürich, Bildarchiv/Stiftung Luftbild Schweiz; Swissair Photo AG (LBS_P1-696387; CC BY-SA 4.0). Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

An zwei weiteren, südlich der Ortschaft Riom gelegenen Fundstellen, **Motta Mola (2522)** und **Ual da Val (2535)**, wurden zwar sehr zahlreiche, weit streuende Oberflächenfunde wie auch einzelne Areale mit erhöhter Schlackenkonzentration als potentielle Haldenstandorte identifiziert. In situ befindliche Strukturen oder Schichten konnten aber an beiden Plätzen auch mithilfe von Bohr- und Kellensondagen nicht sicher nachgewiesen werden. In Motta Mola (2522) gelang immerhin der Nachweis einer deutlichen geomagnetischen Anomalie im Bereich der vermuteten Halde, die demzufolge unter einer Bodenüberdeckung von mehr als 60 cm liegen muss und daher mithilfe der zuvor angewendeten Prospektionsmethoden nicht erfasst werden konnte.

Dies erstaunt wenig, da durch die anhaltende Bewirtschaftung und Umstrukturierung des Geländes (Straßenbau, Terrassierungen, Ackerbau, Skigebiet) im Großraum Savognin generell von einer starken Überprägung der Befunde und einer weiten Streuung der Oberflächenfunde auszugehen ist (Abb. 2.41). Dieses Phänomen hat den archäologischen Survey in der unteren Talstufe wesentlich geprägt und im Vergleich zur oberen Talstufe deutlich erschwert. Nicht zuletzt durch die dichte Vegetation und vergleichsweise hohe Bodenüberdeckung ist eine Lokalisierung von neuen Fundstellen hier ohne größere Bodeneingriffe im Rahmen von Bauarbeiten kaum möglich, was das vollständige Ausbleiben von Neuentdeckungen im Rahmen der Geländebegehungen erklären

mag. Die hohe Dichte an Schlackenfundstellen insbesondere im Gelände südlich von Riom und Parsonz legt jedoch die Vermutung nahe, dass hier noch zahlreiche weitere Schmelzplätze ihrer Entdeckung harren.

Offene Fragen zur unteren Talstufe

Weiterhin unklare Befunde bzw. Funde liegen in der unteren Talstufe an mindestens fünf Stellen vor:

In **Tignas Sot I (2433)** wurden bei Grabenbauarbeiten in den Jahren 1984 und 2005 sowohl jüngereisenzeitliche und römische Siedlungsbefunde¹³⁰ als auch einige Verhüttungsschlacken festgestellt (Rageth, 1985). Ob diese Schlackenfunde hier tatsächlich im Kontext eisenzeitlicher bzw. römischer Siedlungsaktivitäten deponiert wurden oder ob es sich um eine zufällige räumliche Überlappung zweier zeitlich und funktional getrennter Nutzungen desselben Areals bzw. um Schlackenstreuungen aus einer anderen Fundstelle handelt, bleibt vorerst unklar.

Klarer präsentiert sich die Situation in **Vialada Motta (2520)**, wo auf einer rezenten Baumaterialdeponie Verhüttungsschlacken zusammen mit römischen Funden beobachtet wurden (Rageth, 1977a). Es dürfte sich hierbei um keine eigentliche archäologische Fundstelle, sondern lediglich um umgelagerten Bauaushub aus dem Ortsgebiet von Riom handeln; wahrscheinlich aus dem Bereich der Fundstelle N Riom (2504).

Bei der durch E. Brun überlieferten Schlackenfundstelle **Gignia II (61086)** könnte es sich aufgrund der nicht genau rekonstruierbaren Lage der Fundstelle **Gignia I (61086)** sowohl um eine Verdoppelung ein und derselben Fundstelle als auch um eine weitere, durch Streufunde im Aushub einer Reservoir-Baugrube angezeigte Fundstelle handeln. Eine abschließende Klärung dieser Frage ist selbst im Zuge größerer Bodeneingriffe kaum zu erwarten.

Für die bislang nicht lokalisierte Fundstelle **Oberhalb Savognin (56327)** liegen nur sehr vage Hinweise in Form einer unpräzise verorteten Schlackenprobe aus Privatbesitz vor. Gleiches gilt für die Schlackenfundstelle **Schmelzofen bei Mon (2104)**, die lediglich auf dem Fund einer einzelnen, in der Zwischenzeit verschollenen Plattenschlacke fußt, deren ursprünglicher Fundort nicht mehr rekonstruierbar ist.

Dennoch gelang es in einem Fall auch, eine bestehende Unklarheit aufzulösen: Die Fundstelle **Tect** (Schäfer, 2003, S. 40, Nr. 18) in Savognin konnte auf der Grundlage einer Neubeurteilung des Fundmaterials aus dem Bestand potentiell urgeschichtlicher Schlackenfundstellen «entlassen» werden. Es muss sich bei den hier geborgenen, sehr porösen und leichten Schlacken um die Überreste eines anderen, nicht genauer bestimmbareren, jedenfalls nicht-metallurgischen Prozesses handeln.

Obere Talstufe

Zwischen Mulegns und dem Julierpass sind heute über 60 Fundstellen der Kategorie «Schmelzen» bekannt, darunter 39 Schmelzplätze. Die Fundstellen verteilen sich primär entlang der Talsohle rund um den Marmoreraustausee, Sur und Bivio, sind aber teilweise auch in Seitentälern oder -plateaus wie der Val Faller oder der Alp Flix zu finden (Abb. 2.42). Stellenweise sind lokale Fundstellen-Cluster feststellbar. Im Gebiet zwischen Pareis, Clavè d'Mez und Tges Alva im südlichen Bereich des Marmorerausee-Westufers ist die Nachweisdichte beispielsweise besonders hoch, sodass einzelne Fundstellen teilweise nicht sicher voneinander abgegrenzt werden können. Diese räumliche Konzentration der Fundpunkte dürfte auf unterschiedliche Faktoren zurückzuführen sein, steht aber wohl primär im direkten Zusammenhang mit den jeweiligen Vererzungs- bzw. Grubensandorten. Dass die generell höhere Dichte an Vererzungen denn auch dafür verantwortlich ist, dass die Anzahl der Fundstellen in der oberen Talstufe diejenige der unteren Talstufe um mehr als das Dreifache übersteigt, ist naheliegend. Hinzu kommt, dass sich hier insbesondere die Schmelzplätze deutlich einfacher lokalisieren lassen, da sie aufgrund allgemein geringerer Bodenüberdeckung und Vegetation häufig besser sichtbar sind. So liegen die markanten Schlackenhalde vielerorts oberflächlich frei oder sind durch Bewuchsanomalien, z.B. die Zeigerpflanze¹³¹ Taubenkropf-Leimkraut (*silene vulgaris*), bereits aus einiger Entfernung gut erkennbar (Abb. 2.43).

Dass daneben auch der Forschungsstand bzw. -fokus eine wesentliche Rolle spielen kann, haben die Geländearbeiten der letzten Jahre verdeutlicht. Die Aktivitäten im Rahmen des Bergbauprojektes haben sich hauptsächlich auf die obere Talstufe des Surses konzentriert, worin zumindest teilweise die große Zahl neu entdeckter Fundstellen begründet sein dürfte. Die kontinuierliche Präsenz der Forschungsgruppe vor Ort in Bivio hat sowohl zufällige Entdeckungen außerhalb der eigentlichen Surveys als auch Kontakte zu lokalkundigen Personen begünstigt, die für dieses Gebiet gleich mehrere Fundstellen meldeten. Bei Projektbeginn war im näheren Umfeld des Ortes Bivio keine einzige Schlackenfundstelle bekannt – heute sind es immerhin acht! Ähnliche Ergebnisse haben die Prospektionsarbeiten auf dem Gebiet der Gemeinde Sur – zu dem auch die fundreiche Alp Flix zählt – im Sommer 2018 erbracht: Wo zuvor nur einige einzelne Schmelzplätze bekannt waren, konnte in

¹³⁰ Vgl. gleichnamige Fundstelle Tignas Sot I mit der Fundstellennummer 69449.

¹³¹ Sog. Zeigerpflanzen oder Indikatorpflanzen sind Pflanzen, die Hinweise zur Boden- und Untergrundbeschaffenheit liefern. Schwermetallresistente Pflanzen könnten beispielsweise Vererzungen oder verseuchte Böden anzeigen. Schlackenhalde werden in der Regel jedoch nicht durch schwermetallresistente, sondern durch sog. Pionierpflanzen angezeigt, die auf besonders armen, noch weitgehend vegetationsfreien Flächen wie etwa Geröllfeldern oder eben Schlackenhalde wachsen.

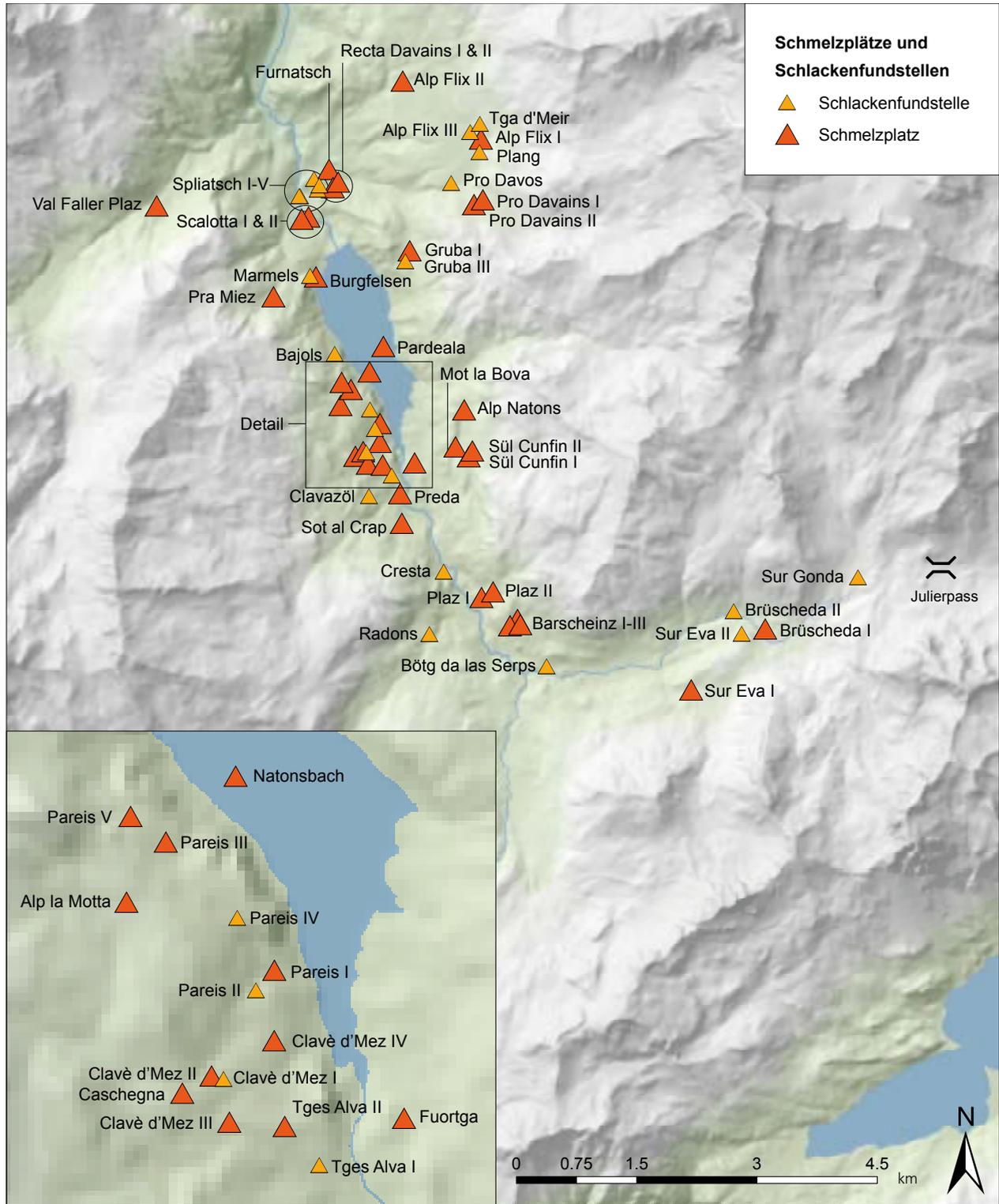


Abb. 2.42: Kartierung der Schlackenfundstellen und Schmelzplätze in der oberen Talstufe des Oberhalbsteins. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo.

weniger als drei Wochen ein dichtes Netz an Fundstellen identifiziert werden.

Aufgrund dieser günstigen Rahmenbedingungen gelang es, die Mehrheit der vorgängig bekannten Fundpunkte in der oberen Talstufe zu relokalisieren und einer

Neudokumentation zu unterziehen – mit wenigen Ausnahmen: Die im Einzugsgebiet der Julierpassstraße gelegenen Fundstellen Sur Gonda (273), Brüscheda II (256) und Sur Eva II (18267) konnten trotz wiederholter extensiver Begehungen nicht wiedergefunden werden. Den



Abb. 2.43: Sur, Alp Flix II (3684). Charakteristischer, weithin sichtbarer Pionierpflanzenbewuchs im Bereich einer Schlackenhalde, der sich deutlich vom umliegenden, dicht bewachsenen Gelände abhebt. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.



Abb. 2.44: Marmorera, Natonsbach (1848): Fotografische Ansicht der Befunde: Im Vordergrund der «Speicher», dahinter die Steinsetzung und Gruben. Foto: Akten B. Frei, Archiv ADG.

ursprünglichen Fundmeldungen zufolge handelt es sich dabei zumindest teilweise lediglich um Schlackenstreu- funde ohne nachweislichen Befundzusammenhang. Die Relokalisierung wurde in zwei der drei Fälle durch widersprüchliche bzw. unterschiedliche Fundstellenkoordinaten in der Archivdokumentation zusätzlich erschwert. Die Plätze Natonsbach (1848), Pardeala (1846) und Burgfelsen (1845)¹³² entziehen sich einer Neudokumentation – wie vermutlich auch eine ganze Reihe noch nicht bekannter Fundstellen – durch ihre Lage unterhalb des Stauniveaus im Bereich der ehemaligen Siedlungsebene von Marmorera. Zwei dieser drei Fundstellen sind heute nur dank der Initiative W. Burkarts, B. Freis, H. Conrads und B. Plaz bekannt, die hier 1952 im Zuge des Stauseebaus archäologische Untersuchungen durchgeführt hatten. Dabei sind durchaus interessante, bisher nur wenig beachtete Befunde freigelegt und dokumentiert worden.

Befunde vor 2013

Die Fundstelle **Natonsbach (1848)** lag gemäß schriftlicher Schilderung des Ausgräbers westlich oberhalb der

¹³² Die Fundstelle Burgfelsen (1845) ist der mündlichen Aussage von H. Flück (ADG) zufolge bei niedrigem Pegelstand des Marmorera-Stausees teilweise zugänglich (Schlackenstreu- funde).

Julia, direkt gegenüber der Mündung des Natonsbachs. Die Fundstelle erstreckte sich über zwei Terrassen eines kleinen Geländevorsprungs. Auf der oberen dieser beiden Terrassen wurden verschiedene verhüttungstechnische Befunde und Funde freigelegt: Im Norden der Fläche wurden zwischen großen, flachen Steinplatten zwei mit Schlacken verfüllte, über 1 m lange Gruben dokumentiert. Die erste, östliche Grube war ca. 90 cm breit und 60 cm tief, die zweite, westliche ca. 80 cm breit und 20 cm tief. Letztere war nach Norden mit einer senkrecht gesetzten Steinplatte begrenzt und teilweise mit kleineren Steinplatten ausgekleidet. An der Sohle der Verfüllung (Schlacken) stellte B. Frei eine Holzkohlekonzentration fest (Abb. 2.45). Leider liegen keinerlei Hinweise auf allfällige Brandrötungen an den Befunden und Sedimenten vor, was eine nachträgliche Interpretation der Strukturen einschränkt. Dennoch kann für die beiden Befunde eine Funktion als Schmelzöfen bzw. -gruben vermutet werden. Dafür sprechen auch die sehr zahlreichen, insbesondere aus dem Umfeld der Gruben geborgenen Tondüsenfragmente. Nördlich der beiden Gruben konnte jeweils ein Pfostenloch dokumentiert werden, was möglicherweise auf eine Überdachung der Anlage hinweist. Eine knapp 2 m lange Steinsetzung verbindet die beiden Gruben mit einer weiteren, südlich davon gelegenen, auf drei Seiten mit Steinplatten eingefassten rechteckigen Grube von ca. 1 m × 1,2 m. Dieser Befund wurde vom Bearbeiter aus

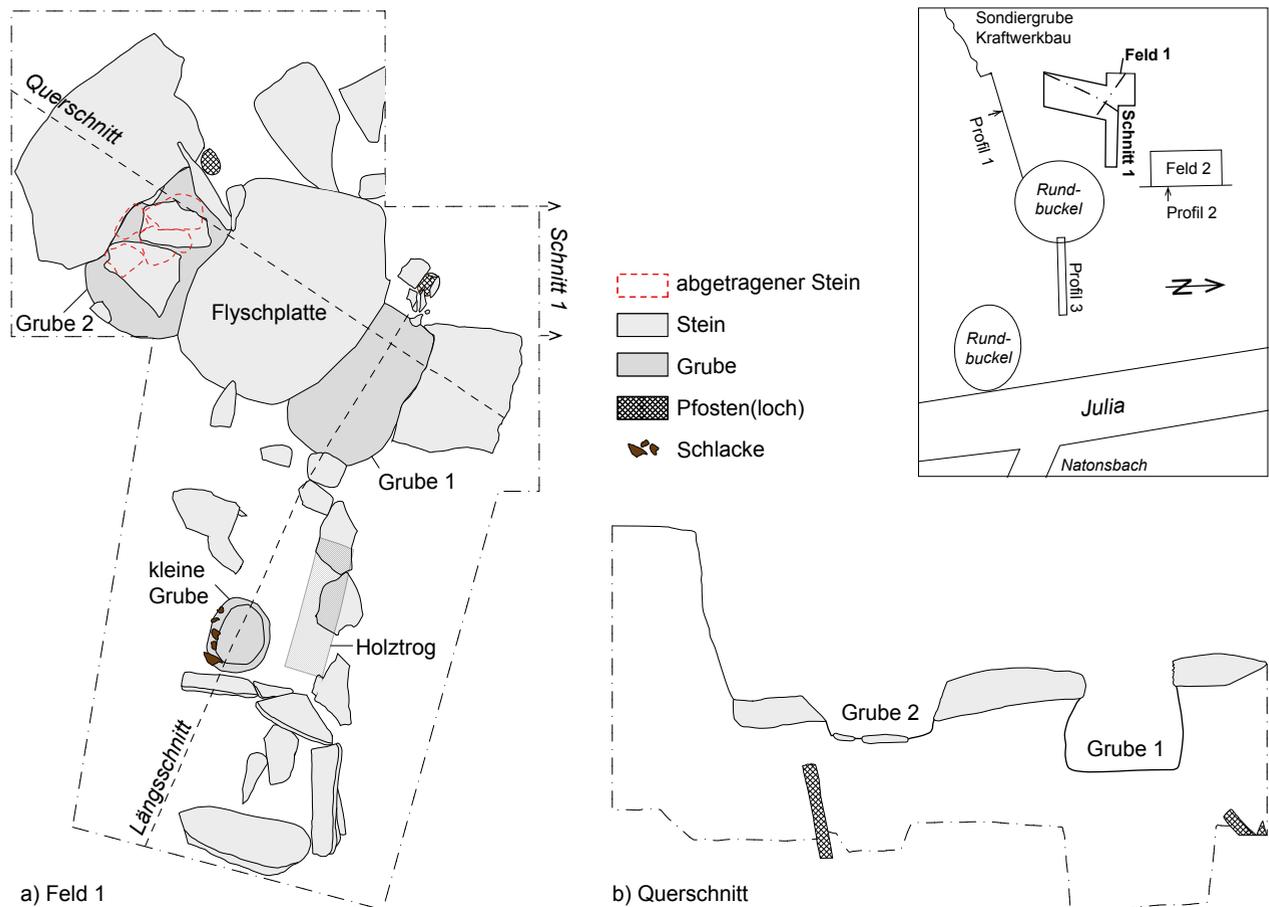


Abb. 2.45: Marmorera, Natonsbach (1848). Aufsicht (a) und Profilschnitt (b) durch die in Feld 1 dokumentierten Befunde: zwei Gruben (Öfen?), Steinsetzung und ein «Speicher». In Schraffur eingezeichnet: die Fundlage des Holztrogs (nach Feldzeichnungen von B. Frei, 1952). Grafik: M. Huwiler, ADG und L. Reitmaier-Naef, UZH.

nicht weiter erläuterten Gründen als «Vorratsraum» (wo-für?) angesprochen (Abb. 2.44). Bisher liegen aus dem Untersuchungsgebiet keine vergleichbaren Befunde vor. Nördlich davon wurde eine weitere, kleinere Grube dokumentiert (ca. 50 cm Dm., 20 cm tief). Auf der Steinsetzung zwischen den beiden Befunden lag ein «halbrundgehöhlter Holztrog» (ca. 100 cm × 36 cm × 14,5 cm), der nur noch wenige Millimeter dick erhalten war und von B. Frei aufgrund seiner Rotfärbung als Lärchentrog¹³³ angesprochen wurde. Dieser Fund zählt zu den bislang einzigen Indizien für mögliche nassmechanische Aufbereitungsarbeiten im Untersuchungsgebiet (vgl. Kapitel 2.3.2). Das Fundobjekt selbst ist leider nicht überliefert. In weiteren Grabungsschnitten östlich und südlich dieser oberen Terrasse wurden an zwei Stellen ausgedehnte Schlackenhalde von 30 bzw. 40 m Länge und bis zu 40 bzw. 50 cm Mächtigkeit dokumentiert, teilweise mit der charakteristischen Holzkohleschicht an der Sohle der Halde.¹³⁴ Es dürfte sich bei der Fundstelle Natonsbach (1848)

folglich um einen vergleichsweise großen Schmelzplatz gehandelt haben.

Im Nachgang zu den archäologischen Untersuchungen in Natonsbach (1848) entdeckte B. Plaz aus Savognin dank einer Baggerschneise in der Flur Bardèala eine weitere Fundstelle – **Pardeala (1846)** – im Bereich des künftigen Stausees. Diese wurde daraufhin auf einer Fläche von 20 m × 15 m «abgedeckt», wobei wiederum interessante Befunde zutage traten: Die Beschreibung der Nord-Süd verlaufenden, 4,5 m langen Steinkonstruktion aus senkrecht gesetzten und beidseitig durch weitere Steine gestützten Platten, die wiederum eine Art Steinbett oder Steinboden bilden und mit «rotgebrannter Tonerde zugedeckt» waren, lässt sofort an ein Röstbett denken (Abb. 2.46). Sie wurde denn auch von den Ausgräbern H. Conrad und B. Plaz als mögliche «Erzröstanlage» angesprochen. Die Struktur war noch auf einer Breite von 1,5 m erhalten, der Rest wurde wohl bereits bei Baggerarbeiten abgetragen. Die ganze Geländeterrasse war mit einer dicken Schlackenschicht bedeckt, die stellenweise über einer 40–50 cm dicken Holzkohleschicht lag. Auch in 20 m Entfernung zu den Befunden wurde noch eine schwarze Brandschicht beobachtet. Auch hier wurden zahlreiche Fragmente von Tondüsen

¹³³ Diese Bestimmung bzw. Bestimmungsmethode ist als sehr fraglich einzustufen.

¹³⁴ Die Ausführungen zu dieser Fundstelle basieren auf Frei (1953) sowie auf der unpublizierten Originaldokumentation zur Ausgrabung im Archiv des ADG.



Abb. 2.46: Marmorera, Pardeala (1846). Fotografische Dokumentation der 1952 freigelegten, 4,4 m lang und 1,2 m breit erhaltenen Steinstruktur mit einer Reihe aus senkrecht gesetzten Steinplatten: Aufsicht nach der Freilegung (o.); Schnitt durch die Struktur im Profil (u.). Fotos: Akten B. Frei, Archiv ADG.

geborgen.¹³⁵ Analog zur Fundstelle Natonsbach (1848) scheint es sich auch bei Pardeala (1846) um einen sehr ausgedehnten Schmelzplatz gehandelt zu haben.

Jenseits dieser sehr frühen «Forschungsgrabungen» sind aus Fundstellen der oberen Talstufe weitere Schmelzplatz-Befunde bekannt, die der Archäologische Dienst Graubünden im Verlauf der letzten 50 Jahre dokumentiert hatte. Diese werden im Folgenden kurz zusammengefasst:

In **Furnatsch (3682)** wurden bei Telefongrabenarbeiten verschiedene Befunde aufgeschlüsselt. Im Areal nördlich der Ava da Savriez wurden ca. 20 cm unter der Oberfläche zwei je einige Meter lange und 20–50 cm mächtige Schlackenkonzentrationen beobachtet. Es scheint sich dabei um primär aus Plattenschlacken

bestehende Halden zu handeln. Im südlichen Fundstellenbereich jenseits des Bachlaufs zeigte das Profil eine starke Brandrötung und enthielt zahlreiche Schlacken sowie einige Düsenfragmente. Südlich davon dehnte sich eine brandschwarze Kulturschicht aus, die auch Reste halbverkohlenen Holzes enthalten haben soll (sumpfig-mooriges Gelände).¹³⁶ In Ermangelung einer genaueren Dokumentation bleibt eine differenzierte Ansprache dieser Befunde schwierig; es scheint sich jedoch um einen zentralen Teil dieses Schmelzplatzes zu handeln.

In der Flur Scalotta, nördlich unterhalb der Staumauer, befinden sich die beiden bei Straßen-, Haus- und Kanalisationsbauarbeiten verschiedentlich angeschnittenen Fundstellen **Scalotta I (1842)**, östlich der Julia, und **Scalotta II (1872)**, westlich der Julia. In letzterer wurde bei Bauarbeiten in einem Nordprofil in ca. 1,4 m Tiefe eine bis zu 30 cm mächtige schwarz-kohlige Brandschicht mit partiell rötlich verbrannten Schichtpartien sowie einzelne Schlackenfragmenten aufgeschlüsselt. In einem Westprofil wurde eine Schlackenhalde von max. 40 cm Mächtigkeit beobachtet, die über einer stark holzkohlehaltigen Brandschicht lag (Rageth, 1988). In Scalotta I (1842) wurden bei Baumaßnahmen eine ca. 60 cm tiefe, 2–3 m breite Grube dokumentiert, die mit Holzkohle und Schlacken verfüllt war und kleinere Linsen gebrannten Lehms – Überreste abgegangener oder aufgebrochener Verhüttungsstrukturen – enthielt. Angrenzend an diesen Befund wurde hier eine deutlich über 15 m breite Schlackenhalde nachgewiesen, die sich aus einer bis zu 60 cm mächtigen Schlackenschicht¹³⁷ und einer darunterliegenden, 12 cm dicken Holzkohleschicht zusammensetzt (Walser, et al., 2015) (Abb. 2.47). Hinweise auf verhüttungstechnische Strukturen wie Öfen oder Röstbette sind von beiden Fundstellen bislang nicht bekannt.

Unmittelbar südlich des Marmoreraeezulaufs haben Bauarbeiten für eine Elektrokabel-Trasse einen weiteren Schmelzplatz ans Licht gebracht. Die in **Fuortga (283)** dokumentierten Profile zeigten eine ca. 10–15 cm mächtige Holzkohleschicht, die ausschließlich dünne Plattenschlacken enthielt, sowie einen brandgeröteten, ca. 1,3–1,4 m langen und 40 cm tiefen, mit massiven Schlacken und brandgeröteten Steinen verfüllten Grubenbefund (Rageth, 1998a) (Abb. 2.48). In Anbetracht des abgerundeten Querschnitts und fehlender (größerer) Steine oder Lehmreste mit eindeutigen Befundbezug dürfte es sich dabei weder um die Reste eines eigentlichen VerhüttungsOfens noch eines Röstbetts gehandelt haben. Es scheint hier vielmehr ein weiteres Beispiel der bereits verschiedentlich belegten Grubenbefunde unterschiedlicher Ausprägung und unklarer Funktion vorzuliegen, die nachträglich mit Schlacken und Resten verhüttungstechnischer Strukturen verfüllt wurden.

¹³⁵ Die Ausführungen zu dieser Fundstelle basieren auf Frei (1953) sowie auf der unpublizierten Originaldokumentation zur Ausgrabung im Archiv des ADG.

¹³⁶ Vgl. unpublizierte Grabungsunterlagen im Archiv des ADG und Eintrag zur Fundstelle Furnatsch (3682) in Anhang B.2.

¹³⁷ Die analysierten Schlacken aus Scalotta I stammen aus dieser Schlackenhalde (vgl. Kapitel 4.3).

Befunde ab 2013

Die durch das Projektteam ab 2013 an drei Schmelzplätzen der oberen Talstufe freigelegten Befunde sind Gegenstand eines anderen Auswertungsprojektes¹³⁸, werden hier aber dennoch summarisch dargestellt, da sie für die spätere Diskussion der Prozessrekonstruktion von zentraler Bedeutung sind.

Am Schmelzplatz **Gruba I (1852)** fanden von 2013 bis 2017 alljährlich Ausgrabungen statt, die zahlreiche Befunde aus zwei verschiedenen Betriebsphasen ans Licht brachten. Im östlichen, stratigraphisch jüngeren Fundstellenbereich wurde bereits 2013 ein Verhüttungs-ofen (Ofen 1) freigelegt, der aus einer senkrecht gesetzten, noch bis zu 70 cm aus dem Boden ragenden Steinplatte sowie zwei Wangen aus faserigem, stark hitzeversehrten, länglichen Steinen besteht. Der Ofeninnenraum misst ca. 70 cm × 50 cm; die leicht eingetiefte, grubenförmige Sohle ist mit kleinen Steinen ausgekleidet (Abb. 2.49). Ungefähr 2 m südlich des Ofens konnte eine ebenfalls mit Steinen und stellenweise gebranntem Lehm ausgekleidete Grube gefasst werden, die aufgrund der hier zahlreich dokumentierten Quarzfunde mit der Aufbereitung von Flussmittel für den Schmelzprozess in Zusammenhang gebracht wird (Turck, 2019, S. 223).

Knapp 2 m südwestlich des Ofens beginnt die partiell offenliegende Schlackenhalde mit einer Mächtigkeit von bis zu mind. 50 cm und einem Durchmesser von ca. 10 m. Das Haldenmaterial¹³⁹ besteht fast ausschließlich aus Schlackenfragmenten unterschiedlichen Typs und enthält kaum humose oder mineralische Sedimentanteile; an der Haldensohle ließ sich eine 10 cm dicke Holzkohleschicht beobachten (Abb. 2.50).

Nördlich des Ofens wurde zudem eine mehrere Meter große, stark holzkohlehaltige Grube dokumentiert. Eine Reihe teils brandgeröteter Steine entlang der Nordwestkante dieser Grube gehört möglicherweise zu einem abgegangenen Röstbett-Befund.

Der westliche, stratigraphisch ältere Fundstellenbereich umfasst eine weitere, partiell ausgegrabene Schlackenhalde mit einer Mächtigkeit von bis zu 40 cm sowie Reste zweier Verhüttungsöfen, wovon zumindest der südliche Ofen 2 eine mit Ofen 1 vergleichbare Ofengrube mit Steinpflasterung und Resten verbrannten Lehms aufwies. Für Ofen 3 wird eine mit Ofen 1 aus Val Faller Plaz vergleichbare Konstruktion vermutet. Zwischen den beiden Ofennegativen sowie im Südbereich dieses Areals konnten zudem flächige Spuren verbrannter (Bau-)Hölzer dokumentiert werden, die wohl auf ein einzelnes Brandereignis (der Überdachung?) zurückzuführen sind.¹⁴⁰

¹³⁸ Die jährlichen Lehrgrabungen an verschiedenen Schmelzplätzen sowie deren Auswertung fanden unter der Leitung von R. Turck (UZH) statt. Die vorläufigen Ergebnisse der Schmelzplatz-Grabungen wurden von Turck (2019) publiziert.

¹³⁹ Die analysierten Schlacken aus Gruba I stammen aus dieser Schlackenhalde (vgl. Kapitel 4.3).

¹⁴⁰ Die Beschreibung der Befunde in Gruba I erfolgt gemäß



Abb. 2.47: Marmorera, Scalotta I (1842). Bei Strassenbauarbeiten 2014 angeschnittener und weitgehend zerstörter Befund einer mächtigen, primär aus massiven Schlackenfragmenten bestehenden Halde über einer mehrere Zentimeter dicken Holzkohleschicht. Foto: Ch. Walser, ADG.

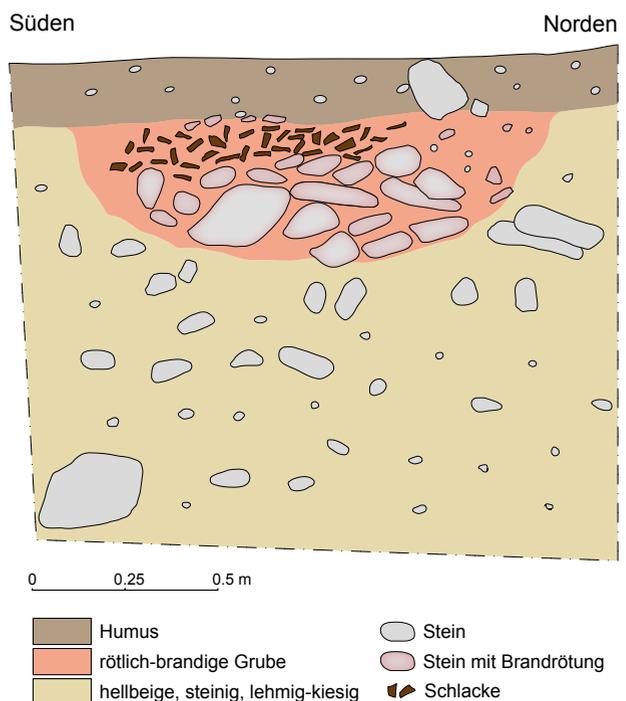


Abb. 2.48: Bivio, Fuortga (283). Profilschnitt des stark brandgeröteten Grubenbefundes in Fuortga, der ausschließlich mit massiven Schlacken sowie brandgeröteten Steinen verfüllt war (nach einer Feldzeichnung des ADG vom 8.9.1997). Grafik: M. Huwiler, ADG und L. Reitmaier-Naef, UZH.

Unter mächtigen, bis über 1 m hohen Geröllschichten lagen auch am Schmelzplatz **Val Faller Plaz (2120)** zahlreiche sehr gut erhaltene Befunde begraben, die 2013 und 2016 untersucht wurden. Im Westen der Grabungsfläche konnte eine sehr kompakte, mehr als 1 m

Della Casa, Turck und Reitmaier (2014b), Turck (2019) sowie Turck, et al. (2015a; 2016a).



Abb. 2.49: Marmorera, Gruba I (1852). Im Rahmen der Lehrgrabung der Universität Zürich freigelegter Verhüttungssofen mit senkrecht gesetzter, leicht brandgeröteter Steinplatte als Ofenrückwand und mit kleinen Steinen gepflasterten Ofengrube. Foto: UZH.



Abb. 2.50: Marmorera, Gruba I (1852). Blick in den Kernbereich der kompakten Schlackenhalde 1 mit einer charakteristischen, dicken Holzkohleschicht an der Sohle. Marmorera, Gruba I. Foto: UZH.

mächtige und mindestens 4 m breite Schlackenhalde freigelegt werden, die sich sowohl im vorgängig erstellten Magnetogramm als auch im nördlich angrenzenden Straßenböschungprofil bereits abgezeichnet hatte. Im Unterschied zu anderen Schlackenhalden zeigte sie eine wenig verschliffene Kegelform und setzte sich praktisch ausschließlich aus relativ großstückigen Schlackenfragmenten sowie punktuell wenig kiesigem Sediment zusammen¹⁴¹, das sich erst nachträglich aus der darüberliegenden Geröllschicht abgesetzt haben dürfte (Abb. 2.51c). Dieser Befund kommt dem ursprünglichen Charakter einer Schlackenhalde wohl sehr viel näher als die zahlreichen stark verrollten und mit humosen Sedimenten durchsetzten Befunde an anderen Schmelzplätzen, was der raschen Überdeckung dieser Fundstelle durch mächtige Rüfeschuttlagen zu verdanken sein dürfte.

Östlich der Halde liegt – in einem stratigraphisch nicht abschließend geklärten Verhältnis – einer von zwei Ofenbefunden, der sog. Ofen 2 (Abb. 2.51b). Mit seiner senkrecht gesetzten Rückplatte und den beiden halbhoher seitlichen Wangen aus länglichen Steinen erinnert die Konstruktion stark an den bislang singulären Ofen 1 aus Gruba I.¹⁴² Hier findet sich anstelle der mit Steinen ausgekleideten Ofengrube allerdings eine weitere Steinplatte. Der Ofeninnenraum misst ungefähr 50 cm im

Durchmesser. Die Struktur ist in eine Art Terrassierungsmauer eingelassen, in deren weiterem Verlauf in Richtung Osten sich eine zweite Ofenkonstruktion, Ofen 1, findet (Abb. 2.51a). Diese unterscheidet sich sehr deutlich von Ofen 2: Ofen 1 weist einen hufeisenförmigen Grundriss auf und ist bis auf eine Höhe von ca. 60 cm aus kleineren Steinplatten aufgemauert. Der Ofeninnenraum misst ca. 60 cm × 50 cm und die Ofensohle besteht auch hier aus einer einzigen, großen Steinplatte. Der Ofen ist in seiner Höhe vollständig erhalten, wie eine flächige Schicht gebrannten Lehms auf der obersten Steinlage zeigt. Dieser Befund erinnert stark an die ab der Mittelbronzezeit an Verhüttungsplätzen im östlichen und südlichen Alpenraum üblichen Schachtöfen (vgl. z.B. Cierny, 2008, S. 46-48; Goldenberg, 2014, S. 409-411; Herdits, 1997; Klemm, 2004, S. 193-194; Koch Waldner, 2019a, S. 39-40).

Nordöstlich von Ofen 1 konnte außerdem eine ca. 50 cm tiefe, mindestens 1 m × 1 m große, mit Holzkohle verfüllte Grube mit Steinpflasterung und Resten eines Lehmverstrichs dokumentiert werden, die stark an die Befunde in Gruba erinnert und für die vom Bearbeiter eine Interpretation als Köhlergrube ins Spiel gebracht wurde (Turck, 2019, S. 223). Reste einer brandgeröteten Steinsetzung am östlichen Rand der Grabungsfläche könnten einen partiell erhaltenen Röstbettbefund anzeigen.¹⁴³

Auch die Fundstelle **Alp Natons (1870)** (Turck, 2019; Turck, et al., 2016b; 2019a) umfasst verschiedene Befunde, darunter zwei Schlackenhalden, wovon die größere, südlich gelegene durch die Spur eines Wanderwegs großflächig aufgeschlossen wurde und stark überprägt ist. Ihre ursprüngliche Ausdehnung und Mächtigkeit sind nicht mehr sicher rekonstruierbar; heute streuen die Schlacken auf einer Fläche von mindestens 15 m × 15 m. Die nördliche der beiden Halden liegt ebenfalls im Verlauf

¹⁴¹ Die analysierten Schlacken aus Val Faller Platz stammen nicht aus diesem Bereich der Schlackenhalde, da diese erst 2016 – als die Analysen bereits liefen – freigelegt und angeschnitten wurde. Die Proben wurden stattdessen aus einer Schlackenschicht (randlicher Ausläufer der Halde oder aus derselben verlagertes Material) im nördlich angrenzenden Straßenböschungprofil entnommen (vgl. Kapitel 4.3).

¹⁴² In Turck (2019) wird Ofen 2 aus Val Faller Platz (2120) fälschlicherweise als «shaft furnace», also «Schachtofen» bezeichnet. Es handelt sich bei dieser Struktur aber eben genau nicht um einen typischen bronzezeitlichen Schachtofen, wie er aus dem Ostalpenraum vielfach bekannt ist. Vielmehr fehlen für die beiden sehr ähnlichen Ofenstrukturen aus Gruba I und Val Faller Platz bislang Vergleichsbefunde, wie R. Turck (2019, S. 223) im weiteren Verlauf des Beitrags richtigerweise herausstellt.

¹⁴³ Die Beschreibung der Befunde in Gruba I erfolgt gemäß Della Casa, Turck und Reitmaier (2014a), Turck (2019) sowie Turck, et al. (2017a).



Abb. 2.51: Mulegns, Val Faller Plaz (2120). Drohnenaufnahme der Lehrgrabungsfläche der Universität Zürich 2016 (Zustand während der Grabung) mit Details der freigelegten verhüttungstechnischen Befunde (vollständig freigelegter Zustand). Detailansichten: a: Ofen 1 (Schachtofen); b: Ofen 2 (bislang unbekannter Typ); c: zentraler Schlackenhalde-Körper; d: Detail der Schlackenhalde-Oberkante. Fotos: Ch. Walser, ADG, M. Brunner, UZH und L. Reitmaier-Naef, UZH.

desselben Wanderwegs, wurde durch diesen aber bislang nur geringfügig gestört. Allgemein weist die oberflächlich nur partiell sichtbare zweite Halde eine sehr viel geringere Mächtigkeit und einen kleineren Durchmesser

von wenigen Metern auf, wie geomagnetische Messungen im Jahr 2015 gezeigt haben.¹⁴⁴ Im Areal zwischen

¹⁴⁴ Die Resultate dieses geomagnetischen Surveys wurden bis-



Abb. 2.52: Marmorera, Alp Natons. Drohnenaufnahme des 2018 vollständig freigelegten Röstbetts mit deutlich erkennbarer Brandrötung im Innenbereich. Foto: S. Kurmann, UZH.

diesen beiden Halden war in der Wegspur im Sommer 2014 eine aus Steinen gesetzte, stark brandgerötete Struktur aufgeschlossen. Die ursprünglich als potentieller Verhüttungssofen angesprochene Steinkonstruktion wurde in den Sommern 2016 und 2018 ausgegraben. Es handelt sich demzufolge um ein lang-rechteckiges, mehrteiliges Röstbett aus großen, senkrecht gesetzten, stark brandgeröteten Steinplatten von 0,8 m Breite und 5,2 m bzw. 2 m Länge (Abb. 2.52). Eine mehrphasige Nutzung des Röstbetts ist durch übereinanderliegende Lehm-schichten im Innern der Struktur bezeugt. An der Sohle des Röstbetts sind zudem sekundär verbrannte, brandgerötete Schlackenfragmente beobachtet worden – wohl Reste einer für Röstbette im Ostalpenraum bereits mehrfach nachgewiesenen «Schlackenpflasterung» (vgl. z.B. Goldenberg, 2014, S. 434). Die Struktur ist mit kleineren Abweichungen allgemein gut mit den aus anderen Alpenregionen bekannten Befunden vergleichbar (s. z.B. Goldenberg, et al., 2012, S. 74; Herdits und Löcker, 2004, S. 183; Klemm, 2004, S. 192; Staudt, et al., 2019b; Silvestri, et al., 2014; vgl. auch Turck, 2019, S. 223). Es handelt sich bei diesem Befund um das bislang erste und einzige sicher belegte, weitgehend vollständig erhaltene urgeschichtliche Röstbett in der gesamten Montanregion Oberhalbstein und somit um einen zentralen Baustein zur Rekonstruktion der lokalen Prozesskette.

Prospektion ab 2013

Neben den beschriebenen Plätzen konnten in der oberen Talstufe zwischen 2014 und 2019 50 weitere Schlacken-

fundstellen und Schmelzplätze prospektiert werden, die hier nur cursorisch erwähnt seien, im Fundstelleninventar im Anhang jedoch einzeln verzeichnet und ausführlich beschrieben sind. Es handelte sich dabei auch um 16 bereits zuvor bekannte, jedoch nicht genauer untersuchte Fundpunkte.¹⁴⁵ An fünf dieser Fundstellen konnten im Zuge der Surveys zusätzliche Befunde wie etwa eine zweite Schlackenhalde oder weitere Fundstellenareale festgestellt werden (Abb. 2.53).¹⁴⁶

Meist im näheren Umfeld dieser oder der oben erwähnten Plätze, seltener in bislang fundleeren Zonen wurden in der oberen Talstufe im Verlaufe der insgesamt sechsjährigen Geländearbeiten 34 neue Fundstellen der Kategorie «Schmelzen» entdeckt, womit sich der Totalbestand hier mehr als verdoppelte.¹⁴⁷ Die Neuzugänge konnten schwerpunktmäßig auf der Alp Flix, rund um die Burgruine Splitsch in Sur, in Pra Miez unterhalb von Cotschens sowie im bereits besonders dicht belegten Gebiet westlich und östlich der Marmorera-see-Mündung verzeichnet werden (Abb. 2.54).¹⁴⁸

Ein besonders markanter Anstieg an neuen Fundstellen konnte außerdem im früher nahezu fundleeren

¹⁴⁵ Alp Flix I–II (3683; 3684); Alp la Motta (1858); Brüscheda I (18634); Caschegna (281); Clavè d'Mez I–VI (1862; 1864; 287; 1868); Fuortga (283); Furnatsch (3682); Mot la Bova (1897); Pareis I–II (1860; 1844); Scalotta I–II (1842; 1872).

¹⁴⁶ Alp Flix II (3684); Alp la Motta (1858); Clavè d'Mez IV (1868); Furnatsch (3682); Pareis I (1860).

¹⁴⁷ Da sich im angehängten Fundstellenverzeichnis eine Beschreibung jeder einzelnen Fundstelle findet, wird hier auf eine Besprechung der einzelnen Plätze verzichtet (vgl. Anhang B.2).

¹⁴⁸ Alp Flix III (18252); Bajols (68885); Gruba III (56328); Pareis III–V (18250; 68883; 68884); Plang (69052); Pra Miez (18254); Pro Davains I–II (69049; 69050); Pro Davos (69051); Recta Davains I–II (68867; 68868); Splitsch I–V (68859; 68863–68866); Sül Cunfin I–II (18247; 18248); Tga d'Meir (69047); Tges Alva II (18251).

lang nicht publiziert, sind jedoch in digitaler Form im ADG verfügbar.

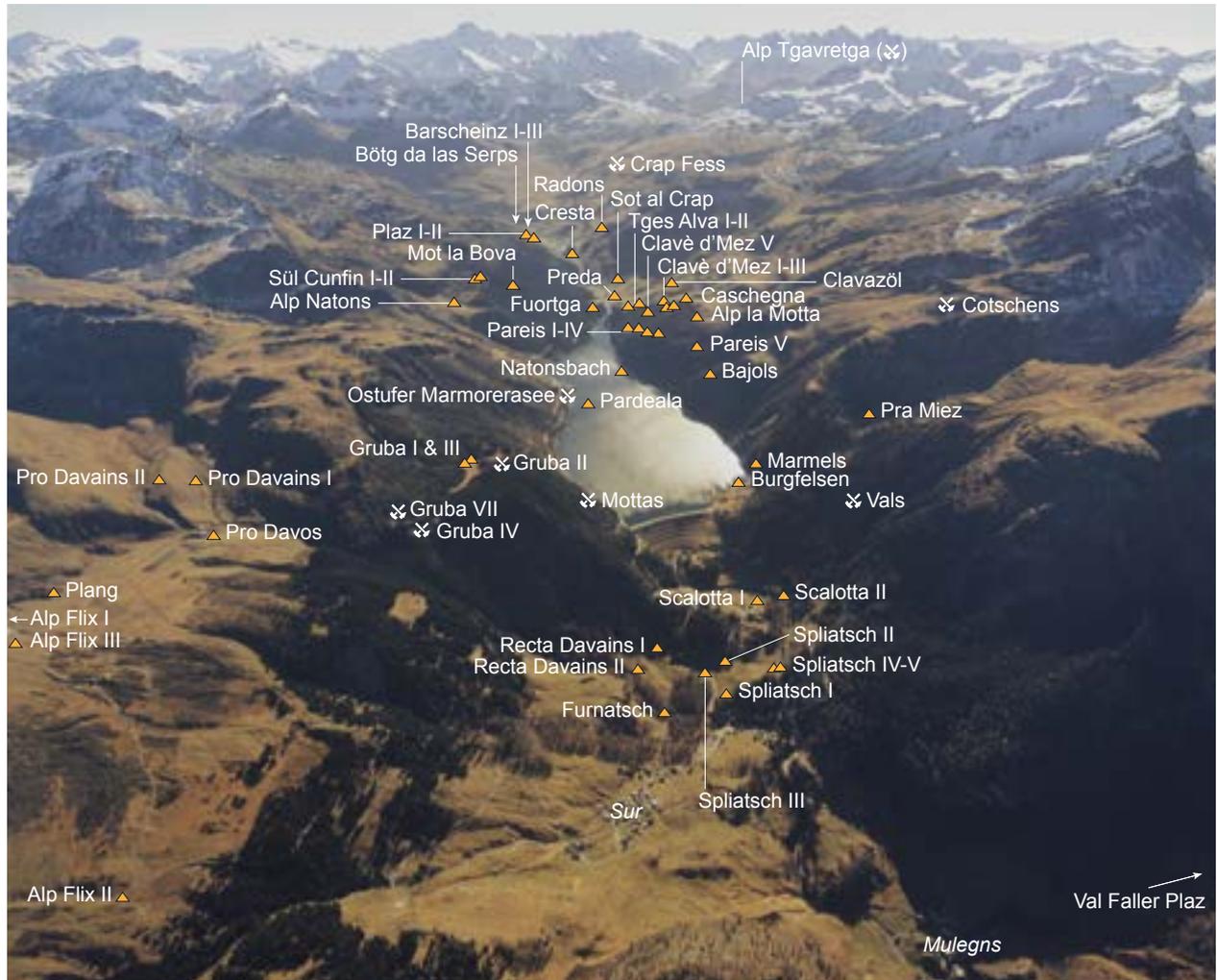


Abb. 2.53: Blick auf die obere Talstufe des Oberhalbsteins nach Süden mit den im Text besprochenen Fundstellen. Nicht im Bildausschnitt enthalten sind die Fundstellen im Julierpaßgebiet sowie die Abbaufundstelle Falotta I. Fotos: ETH Bibliothek Zürich, Bildarchiv/ Stiftung Luftbild Schweiz; F. Bock (WIH_FLs15-281; CC BY-SA 4.0). Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

obersten Talabschnitt zwischen der Seemündung und dem Julierpassgebiet verzeichnet werden: Eine erste Fundstellengruppe schließt direkt südlich an die Plätze in Tges Alva und Clavè d'Mez an.¹⁴⁹ Eine weitere Konzentration von insgesamt acht Fundstellen lässt sich rund um die heutige Ortschaft Bivio beobachten.¹⁵⁰ Und auch im höchstgelegenen Talabschnitt, wo sich selbst die Lokalisierung bereits bekannter Plätze schwierig gestaltete, konnte immerhin eine weitere neue Fundstelle aufgespürt werden (Abb. 2.42).¹⁵¹

Engadin

Im südlich an das Oberhalbstein angrenzende Engadin wurden keine ausgedehnten Geländesurveys durch-

geführt, die Feldarbeiten beschränkten sich auf eine Neudokumentation der beiden bereits vorgängig bekannten Fundstellen oberhalb von Madulain (Abb.2.55).

Beim Aushub eines Druckstollengrabens wurde 1979 südlich der **Alp Es-cha Dadour (1673)** ein urgeschichtlicher Schmelzplatz entdeckt – der erste seiner Art im Engadin. Im besagten Grabenprofil wurden zwei Schlackenhalden dokumentiert: Das «Schlackenfeld 1» war 10 m lang, bis zu 90 cm mächtig und lag auf einer ca. 2 cm dicken Brandschicht auf. Die zweite Halde fand sich 70 m weiter westlich und war 22 m lang, dafür aber weniger mächtig als die erste. Westlich davon wurde außerdem eine 5 m × 6 m messende Mauerstruktur unbekannter Ausprägung dokumentiert, die möglicherweise mit dem Haldenbefund in Zusammenhang steht. Gemäß der zeichnerischen Dokumentation ließen sich in beiden Halden stark holzkohlehaltige Straten mit «groben Schlacken» von Konzentrationen «feiner Schlackenplättchen» unterscheiden (Schweizer, 1982a; 1982b; Rageth, 1980b) (Abb. 2.56). An einer nicht genauer bezeichneten

¹⁴⁹ Clavazöl (18257); Preda (18259); Sot al Crap (18273).

¹⁵⁰ Barscheinz I–III (42631–42633); Bötg da las Serps (18265); Cresta (61082); Plaz I–II (18260; 18262); Radons (18255).

¹⁵¹ Sur Eva I (18263).



Abb. 2.54: Marmorera, Pra Miez. Typische Fundsituation an einer zuvor unbekannter Fundstelle: Durch Murmeltierbauten partiell freigelegte bzw. an die Oberfläche befördertes Schlackenmaterial. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Stelle innerhalb der Fundstelle wurde das Fragment einer Tondüse gefunden – mit der gerade abgestrichenen Randlippe und dem vertikalen Besenstrich ist sie gut mit entsprechenden Funden aus dem Oberhalbstein vergleichbar. Hinweise auf verhüttungstechnische Strukturen wurden im Grabenprofil nicht dokumentiert. Bei Begehungen im Sommer 2016 konnten im betreffenden Areal – mit Ausnahme zweier Schlacken-Streufunde – keine oberflächlich sichtbaren Hinweise auf diese Fundstelle mehr identifiziert werden.

Ein weiterer Schmelzplatz, **Plaun Grand (18132)**, wurde 25 Jahre später ca. 600 m nordwestlich der Burgruine Guardaval entdeckt. In einer leichten Senke am Waldrand ist in der Wegspur des Wanderweges eine Schlackenhalde durch eine Bewuchsanomalie sowie ihre haldenförmige Topografie gut zu erkennen. Sie misst ca. 5 m × 10 m und ist im Kernbereich gemäß einer Kellenson- dage mehr als 0,5 m mächtig (die Sohle wurde nicht erreicht). Ca. 15 m nordwestlich davon wird durch eine Konzentration von Oberflächenfunden eine weitere Schlackenhalde angezeigt, die mit 10 m × 15 m zwar eine größere Ausdehnung, gleichzeitig aber auch eine geringere Mächtigkeit aufweist. Sowohl westlich als auch südlich

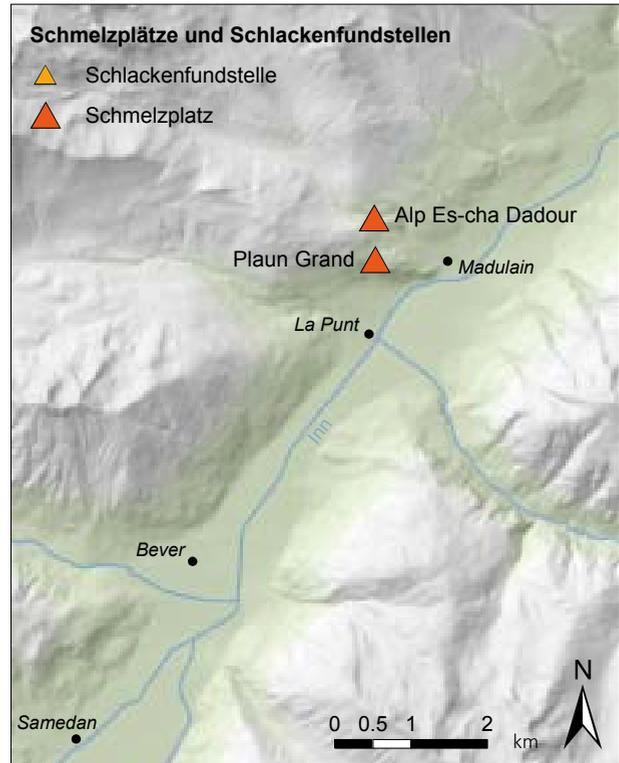


Abb. 2.55: Kartierung der beiden Schmelzplätze in Madulain im Oberengadin. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo.

der zweiten Halde sind verschiedene Trockensteinstrukturen unbekannter Funktion und Zeitstellung sichtbar. Das gesamte Fundstellenareal wurde 2015 geomagnetisch prospektiert (Abb. 2.57). Die beiden vorgängig identifizierten Schlackenhalde zeichnen sich im betreffenden Magnetogramm sehr deutlich ab. Kleinere Anomalien im Bereich der Trockensteinstrukturen westlich oberhalb der zweiten Halde resp. nördlich der ersten Halde dürften zum Teil verhüttungstechnische Befunde anzeigen – bei Sondierbohrungen konnten hier verschiedentlich Reste verbrannten Lehms nachgewiesen werden.

Avers

Während im Engadin nur bereits bekannte Fundstellen begangen wurden, handelt es sich bei den prospektierten Plätzen im westlich des Oberhalbsteins gelegenen Avers – mit einer Ausnahme – ausschließlich um Neufunde, die durch D. Pedrett und J. Stoffel entdeckt und gemeldet wurden. Zuvor waren keinerlei Belege urgeschichtlicher Kupfergewinnungsaktivitäten aus diesem Gebiet bekannt (Abb. 2.58).¹⁵²

¹⁵² Bislang war lediglich eine einzelne, nicht datierte Schlackenfundstelle bekannt: Alp Bles (186) (vgl. Annaheim, 1930; Stoffel, 2003, S. 49). Eine Neuinterpretation des Fundmaterials zeigte aber, dass es sich bei den geborgenen Schlackenstreufunden wohl eher nicht um (urgeschichtliche) Kupferverhüttungsschlacken handelt. Die Fundstelle wird deshalb

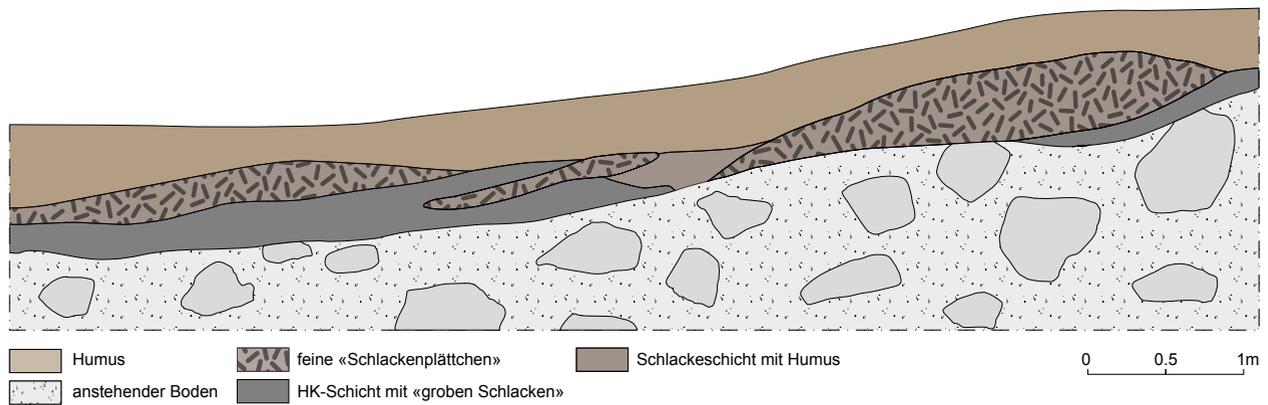


Abb. 2.56: Madulain, Alp Es-cha Dadour (1673). Grabenprofil (Ostprofil) im Bereich der Fundstelle Alp Es-cha Dadour, die eine klare stratigraphische Unterteilung in «feine Schlackenplättchen» und eine Holzkohleschicht mit «groben Schlacken» zeigt (nach einer Feldzeichnung von A. Planta vom 7.8.1979). Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

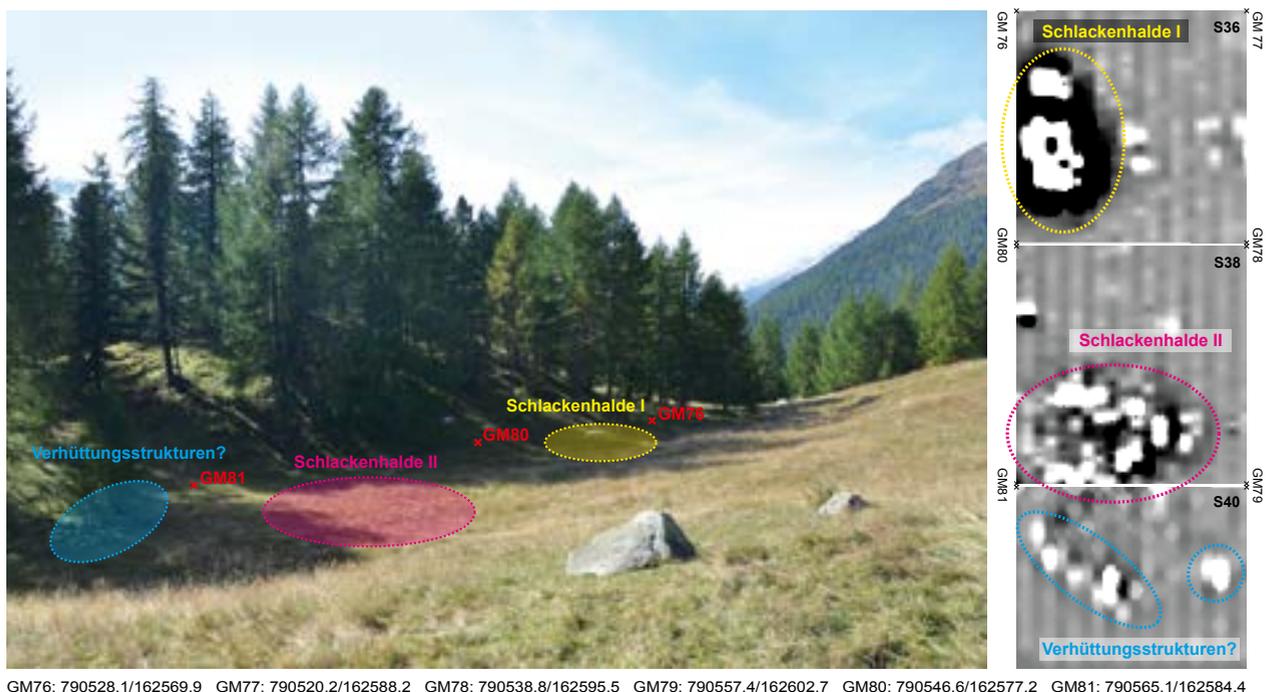


Abb. 2.57: Madulain, Plaun Grand (18132). Ausschnitt des Magnetogramms, das mit einem 1-Kanalmesssystem von Bartington im September 2015 erstellt wurde. Die beiden Schlackenhalden sowie weitere Anomalien – vermutlich verhüttungstechnische Strukturen – sind gut erkennbar. Die Eckpunkte der drei abgebildeten Messflächen (S36, S38, S40) sind im alten Koordinatenbezugssystem «Landesvermessung 1903 (LV03)» angegeben. Magnetogramm: B. Sikorski, RUB/DBM. Grafik und Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

In Juppa wurden zwei neue Fundstellen verzeichnet. Der südlich des Averser Rheins gelegene Schmelzplatz **Skilift (18270)** umfasst mindestens zwei Schlackenhalden, wovon eine Bohrungen zufolge nur gerade 3 m × 3 m misst und vorwiegend dünne Plattenschlacken enthält. Die zweite Schlackenhalde findet sich im darüber liegenden Hangbereich und ist durch einen kleinen Wasserlauf

aufgeschlossen. Der vermutlich leicht verrutschte Befund enthält neben Schlacken unterschiedlichen Typs auch brandgerötete Steine sowie Fragmente technischer Keramik (Abb. 2.59).

Die Schlackenfundstelle **Ober-Juppa I (18269)** liegt nördlich des Averser Rheins und wird durch oberflächliche Schlackenstreuungen sowie kleinere Schlackenkonzentrationen im humosen Sediment einer kleinen Straßenböschung angezeigt. Mittels Sondierbohrungen konnte hier in ca. 15 cm Tiefe außerdem eine Holzkohleschicht nachgewiesen werden, die möglicherweise auf

hier nicht weiter berücksichtigt und ist im Verzeichnis in der Kategorie «Kontext» aufgeführt (vgl. Anhang B.6). Vgl. dazu auch Turck, et al. (2017b).

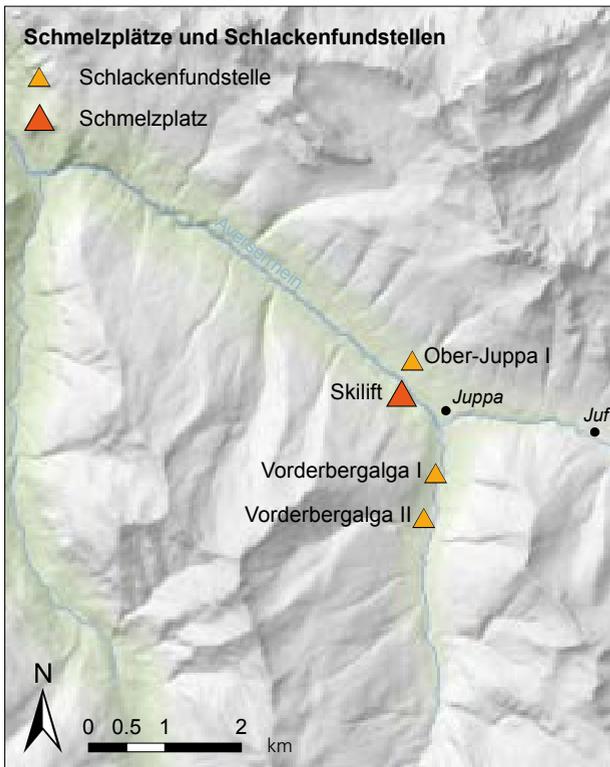


Abb. 2.58: Kartierung der fünf Schlackenfundstellen bzw. Schmelzplätze im Avers. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo.



Abb. 2.59: Juppa, Skilift (18270). Durch einen kleinen Bachlauf freigespülter Aufschluss im abfallenden Wiesengelände mit abgetruschter Schlackeschicht und brandgerötetem Stein (unten). Foto: S. Kurmann, UZH.

eine in situ-Situation hinweist. Es könnte sich um den Randbereich eines Schmelzplatzes handeln, der wohl beim Straßen(aus)bau stark gestört wurde.

Zwei weitere Fundstellen, **Vorderbergalga I (18271)** und **Vorderbergalga II (18272)**, finden sich wenig südlich von Juppa, auf der Westseite des nach Süden abzweigenden Bergalga-Tals. Gemäß einer ersten Begehung im Sommer 2014¹⁵³ handelt es sich in beiden Fällen um eine

einzelne Schlackenhalde, die durch oberflächliche Schlackenstreuende entdeckt wurde (Turck, 2014). Eine detaillierte Dokumentation dieser beiden Fundpunkte steht noch aus.

Bergell

Im Sommer 2019 konnte schließlich der Nachweis erbracht werden, dass neben dem Oberengadin und Avers auch das südlich anschließende Bergell Schauplatz prähistorischer Kupferverhüttungsaktivitäten war. Südlich des Septimerpasses findet sich auf einer Geländeverebung westlich oberhalb der Ortschaft Casaccia der mehrteilige Schmelzplatz **Motta Farun (68476)**, die bislang einzige Fundstelle ihrer Art in diesem Bündner Südtal (Abb. 2.60). Sie wird durch zwei oberflächlich aufgeschlossene Schlackenkonzentrationen bzw. -halden sowie durch zahlreiche Schlacken- und Holzkohlefunde in den Wurzelstöcken zweier umgekippter Bäume angezeigt. Im näheren Umfeld dieser Fundkonzentrationen konnten mittels Handbohrungen und Kellensondagen verschiedentlich Holzkohleschichten sowie punktuell verbranntes Sediment dokumentiert werden. Konkrete Hinweise auf verhüttungstechnische Strukturen ließen sich aber insbesondere aufgrund des hohen Vegetationsstandes nicht ermitteln.

Diese Fundstelle erscheint im regionalen Kontext bislang isoliert, liegt jedoch strategisch günstig am Fuße des Septimerpasswegs, der Casaccia mit Bivio bzw. das Bergell mit dem Oberhalbstein verbindet.

Geomagnetische Prospektion und Bohrsondierungen

Bei der geophysikalischen Prospektion von archäologischen Fundstellen kommen zahlreiche verschiedene Methoden zum Einsatz, abhängig von den naturräumlichen Rahmenbedingungen sowie den Fundstellen und Befunden. Für das Aufspüren von Bergbauspuren werden bevorzugt Geoelektrik oder Georadar eingesetzt, um unterschiedliche Widerstände etwa zwischen Festgestein und Haldenmaterial oder Hohlräumen zu ermitteln (s. R. Herd und N. Taube in Stöllner, et al., 2012a, S. 132-134; Ullrich, et al., 2019).

Für die Detektion von Schmelzplätzen hingegen hat sich die Geomagnetik als probate Methode erwiesen. Mithilfe sog. Magnetometer wird der Magnetismus des Untergrunds gemessen und in einem Magnetogramm abgebildet. Magnetische Anomalien, also Bereiche mit einem im Vergleich zum umgebenden Gelände abweichenden Magnetismus, können archäologische Befunde wie Baustrukturen oder Gruben anzeigen. Feuerstellen

¹⁵³ R. Turck und S. Marugg anwesend, auf deren Bericht die hier aufgeführten Angaben zu den beiden Fundstellen basieren (vgl. auch Turck, 2014; Turck, et al., 2017b).



Abb. 2.60: Casaccia, Mota Fraun (68476). Kartierung des ersten Schmelzplatzes im Bündner Südtal Bergell. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo.

oder andere pyrotechnische Installationen weisen durch wiederholte Hitzeeinwirkung (Le Borgne-Effekt) einen erhöhten Magnetismus auf und sind somit besonders deutlich zu erkennen (Armstrong und Kalayci, 2015, S. 4-5). Die stark magnetithaltigen Verhüttungsschlacken zeichnen sich in Magnetogrammen ebenfalls markant ab. Die Geomagnetik findet daher bereits seit langem standardmäßig Anwendung bei der Prospektion archäometallurgischer Fundstellen und Befunde¹⁵⁴. Die vergleichsweise einfache, flexible und schnelle Anwendung moderner Magnetometer macht diese Methode außerdem besonders tauglich für Einsätze im alpinen Gebiet.

Um wenigstens eine Auswahl der sehr zahlreichen, nur oberflächlich bekannten Fundstellen besser beurteilen zu können und besonders vielversprechende Plätze mit möglichst gut erhaltenen Befunden für künftige Untersuchungen zu evaluieren, wurden in den Jahren 2014 und 2015 mehrtägige geomagnetische Prospektionskampagnen durchgeführt. Zusätzlich sollten mit Blick auf weiterführende ökonomische Untersuchungen in Anlehnung an das durch E. Hanning für das Mitterberger Gebiet vorgeschlagenen Verfahren (s. Hanning, 2019;

¹⁵⁴ Zum Bsp. Cierny, 2008; Goldenberg, et al., 2012; Hanning, 2019; Humphris und Carey, 2016; Koch Waldner 2017; Powell, et al., 2002; Staudt, et al., 2019b; Stöllner, Hanning und Hornschuch, 2011; Stöllner, et al., 2012a; Ullrich, et al., 2007; Ullrich, Wolf und Kaufmann, 2015; Zur Methodik vgl. auch Walach (2004).

Stöllner, Hanning und Hornschuch, 2011) auf diesem Weg auch Angaben zur tatsächlichen Ausdehnung einzelner Schlackenhalden ermittelt werden. Im Juni 2014 wurden sechs Fundstellen¹⁵⁵ durch M. Staudt von der Universität Innsbruck prospektiert; im September 2015 konnten weitere elf Plätze¹⁵⁶ durch B. Sikorski vom Deutschen Bergbau-Museum Bochum bzw. der Ruhr-Universität Bochum mit einem 5-Kanalmesssystem von Sensys und in unwegsamem Gelände mit einem 1-Kanalmesssystem von Bartington prospektiert werden (Sikorski, 2015).

Im Unterschied zu einer früheren Untersuchung in Stierva Tiragn (Naef, 2013, S. 112; 2014) konnten bei diesen Messungen keine größeren Störungen durch die umgebende Geologie festgestellt werden. An mehreren Stellen werden Teile der Messung jedoch durch unter- oder oberirdische Leitungen beeinträchtigt.¹⁵⁷ Dennoch sind in allen Magnetogrammen insbesondere die bereits durch Oberflächenfunde angezeigten Schlackenhalden und deren Ausdehnung gut zu erkennen. Darüber hinaus sind an verschiedenen Stellen weitere interessante Anomalien zu beobachten, die z.B. verhüttungstechnische Strukturen anzeigen könnten, so in Plaz II, Plaun Grand und Caschegna. Ausgewählte Magnetogramme wurden mittels systematischer Sondierbohrungen im Sommer 2016 überprüft.¹⁵⁸ Die exemplarischen Resultate aus Caschegna und Plaz II werden im Folgenden besprochen.

Die Ergebnisse der übrigen geomagnetischen Messungen werden hier nicht detailliert aufgeführt, haben jedoch Eingang in die entsprechenden Fundstellenbeschreibungen im Anhang gefunden. Die Rohdaten der Messungen sowie ein ausführlicher Bericht zu den geomagnetischen Prospektionen im Herbst 2015 (Sikorski, 2015) sind im Archäologischen Dienst Graubünden in digitaler Version archiviert und einfach konsultierbar.

Caschegna (281)

Die Fundstelle Caschegna (281) liegt in offenem Wiesengelände nordöstlich unterhalb der gleichnamigen Gebäudegruppe und besteht gemäß Begehungen aus einer einzelnen Schlackenhalde, die sich bereits oberflächlich durch Schlackenstreuungen und eine haldenförmige Topografie erkennen und auch relativ klar umreißen lässt. Im Magnetogramm dieser Fundstelle ist sie deutlich als nahezu kreisrunde Anomalie von 10–12 m Durchmesser zu erkennen. Die Halde wurde mit 13 Bohrungen im Abstand von einem Meter in Ost-West- und Nord-Süd-Richtung sondiert, um zwei Profile durch den Befund zu

¹⁵⁵ Alp Natons (1870); Caschegna (281); Clavè d'Mez IV (1868); Preda (18259); Sül Cunfin I–II (18247, 18248).

¹⁵⁶ Barscheinz I–III (42631–42633); Clavè d'Mez II–III (1864, 287); Motta Mola (2522); Plaun Grand (18132); Plaz I–II (18260; 18262); Son Martegn (2943); Scalotta I (1842).

¹⁵⁷ Scalotta I (1842); Plaz I (18260); Son Martegn (2943).

¹⁵⁸ Plaz I–II (18260; 18262); Caschegna (281); Plaun Grand (18132).

erhalten (Abb. 2.61). Im Haldenkernbereich zwischen BP¹⁵⁹ 117 und BP 95 bzw. BP 99 und BP 104 wird die Schichtabfolge vom eigentlichen Haldenkörper (B) sowie dem darunter liegenden, immer noch stark holzkohle- und schlackehaltigen Übergangshorizont (C) dominiert. Eine exakte Unterscheidung dieser beiden Haupthorizonte sowie eine Abgrenzung gegenüber Schicht F ist meist nur bedingt möglich, da das lockere, hauptsächlich aus Schlackenfragmenten bestehende Haldenmaterial beim Herausziehen der Schlitzbohrsonde nur selten vollständig im Bohrstock haften blieb. Die Halde (B + C) misst aber mindestens 6 m × 4 m und weist stellenweise eine Mächtigkeit von bis zu 90 cm auf. Die Unterkante des Haldenmaterials markieren entweder der anstehende Silt (I + E) oder größere Steine (S). Mit Ausnahme des mächtigsten Punktes (BP 95) zeigt die Halde überall eine Humusüberdeckung von wenigen Zentimetern.

Während die Halde nach Norden allmählich ausläuft, bricht sie in Richtung Süden nach dem Haldenmittelpunkt (BP 95/109) abrupt ab, was auf die geneigte Topografie zurückzuführen sein dürfte. Im West-Ost-Profil zeigt die Halde mit Ausnahme des vermutlich partiell nach unten verrutschten Bohrprofils 104 (vgl. Schicht G) eine deutlich konturierte, kompakte Haldenform.

Südlich oberhalb von BP 95, nördlich unterhalb von BP 117, östlich von BP 99 und westlich von BP 105 zeigt sich ein stratigraphisch einheitliches Bild: Über dem anstehenden Silt (E; I) liegt ein für Befundrandbereiche typischer Mischhorizont (H), darüber folgen wenige Zentimeter Humus. Nördlich und südlich des Haldenkernbereichs findet sich zwischen H und A ein weiterer, humoser Übergangshorizont, der eine stärkere Materialverlagerung und Überprägung der Fundstelle in diesen beiden Richtungen bezeugt. In Ost-West-Richtung ist die Abgrenzung zwischen der Schlackenhalde und dem umliegenden Gelände sehr deutlich zu fassen. Eine massive Holzkohleschicht, wie sie für Verhüttungsplätze im Allgemeinen und den Bereich der Haldensoleen im Besonderen typisch ist, konnte hier nicht nachgewiesen werden.

Zusätzlich zur Schlackenhalde wurden vier weitere, kleinere geomagnetische Anomalien im (Nord-)Westen der Halde bebohrt. Gleich an mehreren Stellen konnten auf diesem Weg Hinweise auf verhüttungstechnische Befunde ermittelt werden:

In BP 121 zeigt sich in 37–46 cm Tiefe ein sandiger Silt (L) mit zahlreichen kleinen Klümpchen verbrannten Lehms und brandgeröteten kleinen Steinchen. In BP 123 wurden zwei, durch sandigen Lehm (N) getrennte Schichtgemenge mit gebranntem Lehm und Holzkohle in 29–32 cm (M) resp. 68–71 cm (O) Tiefe dokumentiert. In einer Tiefe von nur gerade 13–19 cm, direkt unter dem Humus (A), zeigten sich schließlich auch in BP 128 in einer sandigen Lehmschicht (R) neben Holzkohle-Flittern Bröckchen verbrannten Lehms. Lediglich die etwas größere Anomalie am nordwestlichen Rand des

Magnetogramms lieferten keine entsprechenden Hinweise auf verhüttungstechnische Befunde.

Plaz II (18262)

Auch die Fundstelle Plaz II (18262) besteht gemäß Geländesurvey im Wesentlichen aus einer massiven, weitgehend offenliegenden Schlackenhalde mit ausgeprägter Haldenform. Das östlich oberhalb angrenzende, ebene Gelände wurde als Verdachtsfläche für verhüttungstechnische Strukturen eingestuft und deshalb geomagnetisch prospektiert. Aufgrund der nach Westen relativ stark abfallenden Topografie konnte die Schlackenhalde selbst in der Messung nicht vollständig erfasst werden. Dennoch zeichnet sich ein wesentlicher Teil der Halde im Magnetogramm als sehr deutliche Anomalie ab. Die analog zu Caschegna (281) in 1 m-Abständen angelegten Bohrungen erstreckten sich aber unabhängig vom Magnetogramm über die gesamte Ausdehnung der Halde in West-Ost- und Nord-Süd-Richtung. In beiden Profilen zeichnet sich die kompakte Schlackenschicht (P) der Halde sehr deutlich ab (Abb. 2.62). Die Halde misst demnach ungefähr 10 m × 10 m und erreicht eine maximale Mächtigkeit von bis zu 80 cm (BP 70). Im Gegensatz zu Caschegna ist hier nun auch die charakteristische, markante Holzkohleschicht (R) an der Haldensole zu beobachten. Sie erreicht eine Mächtigkeit von bis zu 50 cm und ist auf den Haldenbereich begrenzt. Einzig im Westen lässt sich möglicherweise ein mit Schlackenfragmenten durchsetzter, darüber hinaus reichender Ausläufer dieses Holzkohlehorizonts fassen (U). Die Stratigraphie des umliegenden Geländes setzt sich aus zahlreichen verschiedenen (Misch-)Horizonten zusammen und präsentiert sich hier allgemein deutlich komplexer als in Caschegna. Für eine detaillierte Ansprache der Stratigraphie im Haldenrandbereich ist die Auflösung und das Intervall der dokumentierten Bohrprofile jedoch nicht ausreichend. Sämtliche archäologischen oder zumindest anthropogen überprägten Schichten scheinen auf dem sterilen, anstehenden Horizont F aufzuliegen.

Unmittelbar östlich der eigentlichen Halde lassen sich an zwei hintereinanderliegenden Stellen halbkreisförmig aufgereihte, kleinere Anomalien im Magnetogramm erkennen. Die Größe, Form und Lage dieser Anomalien lässt an Verhüttungsöfen denken. Eine gezielte Sondierung der Verdachtsflächen erwies sich aber aufgrund des steinigen Untergrundes (oder der aus Steinen konstruierten Strukturen selbst?) als schwierig. Es gelang vielerorts nicht, den Bohrstock mehr als einige Zentimeter in den Boden zu treiben, bevor er auf unüberwindbaren Widerstand stieß. An drei Stellen im Bereich der äußeren, nordöstlichen Anomalie-Gruppe konnten dennoch Hinweise auf verhüttungstechnische Strukturen ermittelt werden:

In BP 51 zeichnete sich in 51–58 cm Tiefe ein mit Flecken verbrannten Lehms und Schlacke-Stückchen durchsetzter Lehm (D) ab, darunter lag eine Schicht aus

¹⁵⁹ Der Begriff «Bohrprofil» wird im Folgenden durch «BP» abgekürzt.

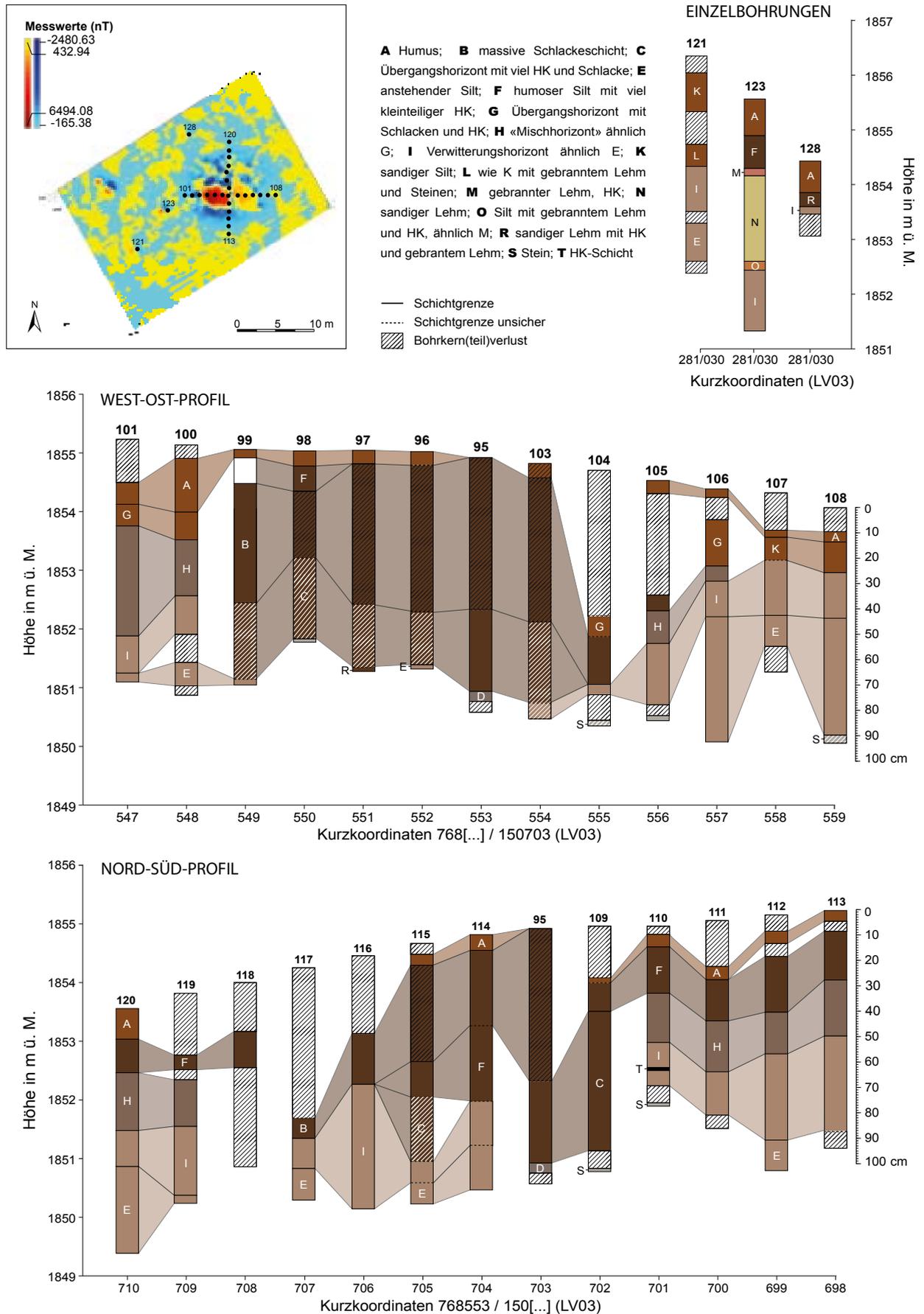


Abb. 2.61: Zwei Profilvereihen durch die Schlackenhalden von Caschegna anhand von Bohrsondagen sowie einzelne Bohrprofile aus dem Bereich weiterer Anomalien. Magnetogramm: M. Staudt, UIBK. Grafik: L. Gredig, ADG.

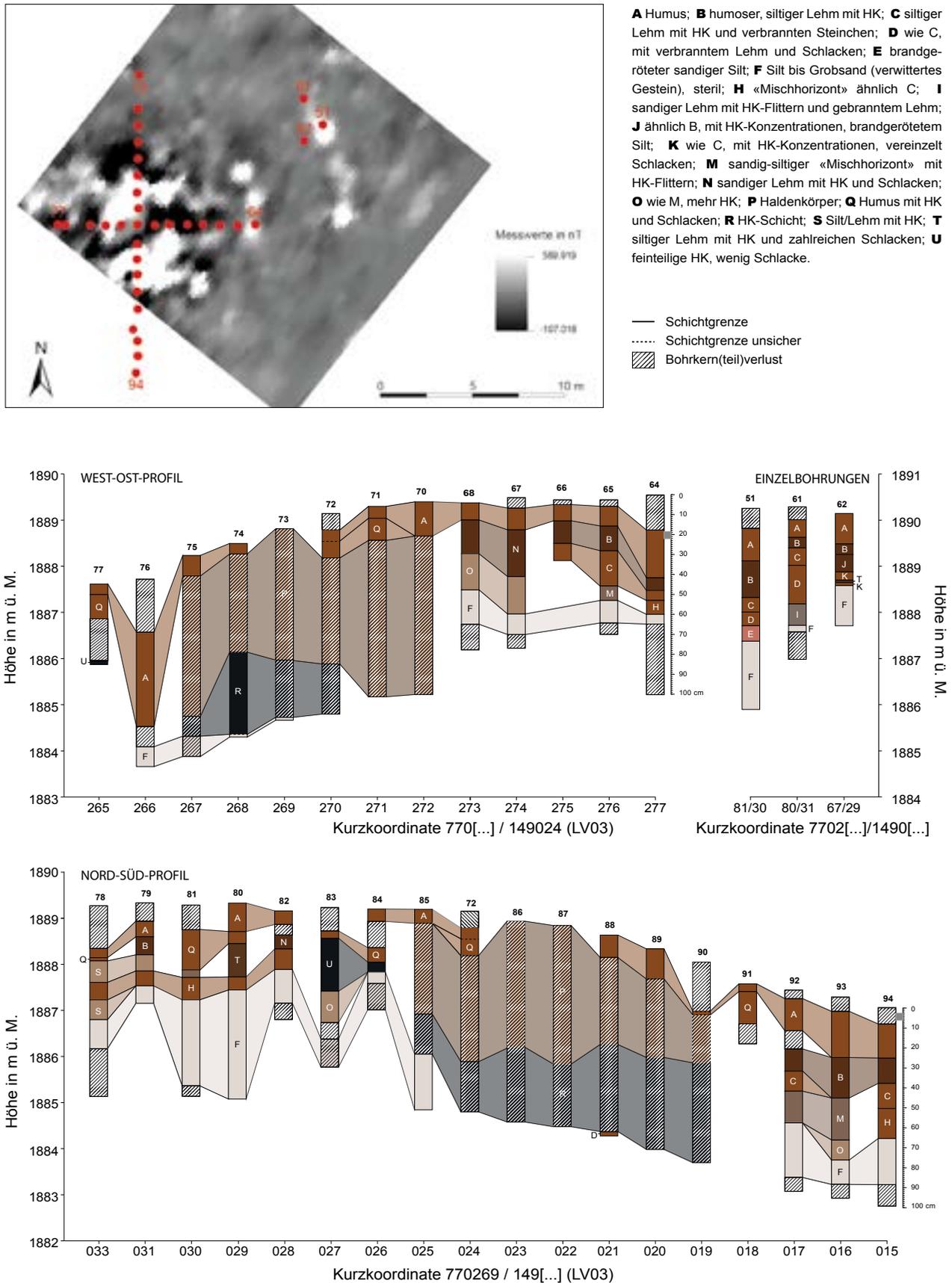


Abb. 2.62: Zwei Profilvereihen durch die Schlackenhalde von Plaz II anhand von Bohrsondagen sowie einzelne Bohrprofile aus dem Bereich weiterer Anomalien. Magnetogramm: B. Sikorski, RUB/DBM, Überarbeitung: G. Hübner, GGH Solutions. Grafik: L. Gredig, ADG.

teilweise brandgerötetem Silt mit Schlacken und gebrannter Erde (E). Vereinzelt Fleckchen gebrannten Lehms fanden sich außerdem in der sandigen Lehmschicht I (48–59 cm) in BP 61. Und auch in BP 62 existieren Hinweise auf pyrotechnische Befunde: In 20–29 cm Tiefe (J) wurden neben Schlacken auch Flecken rötlich-braunen Silts sowie zwischen 29 und 36 cm Tiefe (K) ein feines Holzkohle-Bändchen dokumentiert.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass an beiden detailliert prospektierten Plätzen die zu erwartenden Strukturen nachgewiesen und mithilfe der vorgängigen geomagnetischen Messungen auch sehr genau lokalisiert werden konnten. An beiden Schmelzplätzen liegen demzufolge bislang nicht bzw. nur minimal überprägte Befundensembles in einem klaren räumlichen Bezug zueinander vor. Insbesondere die sowohl in Caschegna als auch Plaz II an mehreren Stellen zu postulierenden verhüttungstechnischen Strukturen bergen großes archäologisches Potential für künftige Untersuchungen. Da jedoch keine unmittelbare Bedrohung der Befunde durch landwirtschaftliche oder anderweitige Aktivitäten festzustellen ist – beide Gebiete dienen lediglich als Sommerweidegebiet und weisen wohl aufgrund des mehrheitlich ebenen Terrains keine besonders intensive Überprägung durch Viehtritte auf – ist diesbezüglich keine Eile geboten. Im Gegenteil: In Anbetracht der Vielzahl flächig erforschter Befunde aus vergleichbaren Kontexten in der oberen Stufe des Tals wäre vielleicht sogar Zurückhaltung zugunsten methodologisch weiterentwickelter Untersuchungen und eines zeitgemäßen boden- und denkmalpflegerischen Schutzes angezeigt.

Haldenvolumina – ein Indikator für den Produktionsumfang?

Aus den so ermittelten Angaben zu den beiden Schlackenhalden in Caschegna und Plaz II lassen sich mithilfe einer einfachen Formel ungefähre Angaben zur Schlackenmenge je Halde ermitteln. Die Tonnage einer Schlackenhalde berechnet sich gemäß H. G. Bachmann (1982, S. 5) wie folgt:

$$\text{Fläche (m}^2\text{)} \times \text{Dicke (m)} \times \text{spezifisches Gewicht (g/cm}^3\text{)} \times \text{Packungsdichte} = \text{Tonnage (t)}$$

Da die untersuchten Halden in der Regel jedoch weniger eine Zylinder-, sondern eher eine abgeflachte Kegel-Form aufweisen, wurden die Grundfläche und die Dicke der Halde durch ein Kegelstumpfvolumen ersetzt.¹⁶⁰

¹⁶⁰ Die Berechnung erfolgte auf der Grundlage des Magnetogramms (Grundfläche) und den Sondierbohrungen (Höhe; Stumpfoberfläche). Je nach Datenerhebung und Bebohrungsstrategie im Gelände kann das Volumen einer Halde auch alternativ ermittelt werden, beispielsweise mittels 3D-Modellierung (vgl. Hanning, 2019, S. 316). Da im vorliegenden Fall jedoch nicht nur punktuelle (Bohr-)Profile für die Interpolation des Volumens vorhanden sind, sondern ganze

Das Volumen der Halde von Caschegna umfasst demzufolge ca. 47 m³, dasjenige von Plaz II ca. 36 m³. Als spezifisches Gewicht wurde der empirisch erhobene Mittelwert von 2,8 g/cm³ verwendet (vgl. Kapitel 3.2.3, S. 110), der etwas über den für das Mitterberg-Revier vorgeschlagenen 2,5 g/cm³ liegt (Hanning, 2019, S. 317; Stöllner, Hanning und Hornschuch, 2011, S. 124) und auf die generell geringere Porosität der Oberhalbsteiner Schlacken(typen) zurückzuführen sein dürfte. Da die Packungsdichte – also der tatsächlich aus Schlacke bestehende Volumenanteil der Halde – während der Bohrsondierungen im Gelände nicht erhoben wurde, findet hier der durch E. Hanning exemplarisch ermittelte Durchschnittswert von 0,35¹⁶¹ Verwendung, der deutlich unter den von H. G. Bachmann (1982, S. 5) vorgeschlagenen 0,8 liegt. Diesen Berechnungen zufolge umfasst die Schlackenhalde in Caschegna etwa 46 t Schlacke und diejenige in Plaz II ca. 35 t, was ungefähr einer Tonnage von 1 t pro 1 m³ entspricht. Bei einem durchschnittlichen Kupfergehalt der Verhüttungsschlacken von 0,8 Gew.-% (vgl. Kapitel 4.3.2, S. 162) liegen demnach alleine auf diesen beiden Halden gegen 370 kg bzw. 280 kg Restkupfer, die während des Verhüttungsprozesses verloren gingen.

Über die tatsächlich produzierte Kupfermenge sagen diese groben Richtwerte jedoch kaum etwas aus. Vereinfachte Hochrechnungen des Produktionsvolumens eines Schmelzplatzes anhand der Haldentonnage sind in der Regel sehr ungenau, da sie auf vielen, meist nicht quantifizierbaren oder unbekanntenen Variablen basieren. Dazu zählt beispielsweise das absolute Verhältnis von Schlacke zu produziertem Kupfer, das durch den Kupfergehalt des Ausgangsmaterials, den Grad dessen vorgängiger Anreicherung durch Aufbereitungsprozesse, die Zusammensetzung der Ofencharge (z.B. Zuschlag, Rezyklierung von Altschlacke, Befeuerungsmittel etc.) sowie die angewendete Technologie und Effizienz der Prozessführung stark beeinflusst wird.¹⁶² Solche Hochrechnungen sind daher nur mit großem Vorbehalt anzuwenden.

Für eine differenzierte Quantifizierung des produzierten Kupfers ist neben einer detaillierten, aufwändigen Dokumentation der Haldenvolumina und der verschiedenen Packungsdichten im Gelände (s. dazu z.B. Humphris und Carey, 2016) also auch eine sehr gute Kenntnis des Ausgangsmaterials und der Prozesstechnologie notwendig. Ein darüber hinaus führendes, gesamtheitliches Wirtschaftsmodell, wie es K. Zschocke und E. Preuschen (1932, S. 61–62) für das Mitterberg-Revier vorgeschlagen und Th. Stöllner, E. Hanning und A. Hornschuch (2011) reevaluiert haben, bedingt außerdem eine sehr präzise Datierungsgrundlage, um Betriebszeiten und Produktionsdynamiken genauer eingrenzen zu können.

Profilserien, wurde eine geometrische Kalkulation des Volumens gewählt.

¹⁶¹ Exemplarischen Untersuchungen im Mitterberg-Gebiet zufolge bestehen also stellenweise nur gerade ca. 35 % des Haldenvolumens aus Schlackenmaterial (>2mm) (vgl. dazu Hanning, 2019, S. 317; Stöllner, Hanning und Hornschuch, 2011, S. 125).

¹⁶² Ausführlich diskutiert bei Hanning (2019, S. 318–319).

Diese Voraussetzungen sind für die Montanregion Oberhalbstein (noch) nicht gegeben, weshalb eine absolute Hochrechnung von Produktionsvolumina zum jetzigen Zeitpunkt wenig sinnvoll ist, zumal als Indikator bisher ausschließlich diese beiden exemplarisch ermittelten Halden-Tonnagen hinzugezogen werden können. Für eine vereinfachte Kalkulation der Produktionsvolumina auf der Grundlage dieser Tonnagen werden in der Fachliteratur sehr unterschiedliche Umrechnungsfaktoren von 1 : 4 bis 1 : 15 angeführt.¹⁶³ Da sich die im Oberhalbstein anstehenden Vererzungen im Vergleich zu denjenigen in diesen Referenzstudien jedoch aufgrund ihrer hohen Pyrit-, Pyrrhotin- und Magnetit-Anteile noch kupferärmer bzw. eisenreicher präsentieren, ist tendenziell sogar von einem noch höheren Umrechnungsfaktor auszugehen. Einer sehr konservativen Minimalkalkulation mit einer geringen Packungsdichte von 0,35¹⁶⁴ sowie einem sehr tiefen Schlacken : Metall-Quotienten von 1 : 20 zufolge wäre für die beiden untersuchten Plätze also eine Kupferproduktion von (mindestens) 2,3 t bzw. 1,75 t Kupfer anzunehmen. Auch wenn diesen Werten aufgrund der fragmentarischen Datengrundlage sowie zahlreicher Unbekannten ein hoher Fehlerfaktor zu attestieren ist, dürften ihre Größe der urgeschichtlichen Realität weit näherkommen als konventionelle Hochrechnungen, die für Plaz II und Caschegna ein Produktionsvolumen von mehr als 20 t Kupfer je Fundstelle ergäben.

Da die Schlackenhalden aber sowohl in ihrer Ausdehnung, Mächtigkeit und Zusammensetzung, ja sogar in ihrer Anzahl zwischen den verschiedenen Fundstellen sehr stark divergieren, können für einzelne Plätze bzw. Halden erhobene Daten nicht einfach auf andere Fundstellen übertragen werden. Für das Oberhalbstein sind bekanntlich eine Vielzahl verschiedener Haldenbefunde belegt, von kleinen, mit Plattenschlacken angefüllten Gruben über wenige Meter große, geringmächtige Schlackenschichten mit hohem Humusanteil bis hin zu ausgedehnten, massiven Schlackenhalden von bis zu einem Meter Mächtigkeit. Sehr große Halden von deutlich über 20 m Durchmesser, wie sie aus anderen Revieren bekannt sind¹⁶⁵, wurden im Oberhalbstein jedoch selten dokumentiert. Erschwerend kommt hinzu, dass der Anteil bislang unbekannter Schmelzplätze und somit die Repräsentativität der verfügbaren Daten schwierig abzuschätzen bleibt. Der Versuch einer absoluten Quantifizierung der urgeschichtlichen Kupferproduktion scheint für das Oberhalbstein vor diesem Hintergrund derzeit also wenig

sinnvoll. Einer ersten, auf den ermittelten Näherungswerten sowie den dokumentierten Befunden basierenden, sehr groben Einschätzung zufolge dürfte sich der hiesige Produktionsumfang über die verschiedenen Produktionsphasen hinweg insgesamt jedoch im unteren dreistelligen Tonnen-Bereich bewegt haben.

2.3.4 Datierung

Die absolute Chronologie der Schmelzplätze im Oberhalbstein war bisher mit 13 ¹⁴C-Datierungen aus elf Fundstellen nur sehr dünn belegt. Den vorwiegend aus den 1970er und 1980er Jahren stammenden Daten zufolge sind vier der Fundstellen der Spätbronzezeit, sechs der älteren und eine der jüngeren Eisenzeit zuzurechnen.¹⁶⁶ Eine Unterscheidung verschiedener Produktionsphasen ist auf dieser bescheidenen Datengrundlage nicht möglich. Erschwerend kommen für den hier relevanten Zeitraum-Ausschnitt die Problematik des Altholzeffekts¹⁶⁷ und des Hallstattplateaus¹⁶⁸ hinzu, welche die Genauigkeit bzw. Aussagekraft von ¹⁴C-Datierungen stark einschränken. Neben der Vervollständigung der metallurgischen Verarbeitungskette und der Untersuchung verhüttungstechnischer Befunde stellte daher die Verbesserung der absoluten Datierungsgrundlage ein wichtiges Anliegen des Projektes dar. Dieses Ziel kann mit Blick auf die inzwischen fast 50 absolut datierten Fundstellen¹⁶⁹ als erfolgreich umgesetzt bezeichnet werden. Doch müssen auch in dieser Hinsicht die Untersuchungsergebnisse auf zwei verschiedenen Betrachtungsebenen diskutiert werden. Eine erste Serie an gut untersuchten und ausführlich beprobten Fundstellen konnte dank umfassender dendrochronologischer Auswertungen durch M. Oberhänsli, Archäologischer Dienst Graubünden,

¹⁶³ Zum Bsp. Anfinset, 2011, S. 58; Kyrle, 1918, S. 46-47; zusammenfassend: Hanning, 2019, S. 318-319.

¹⁶⁴ Die von E. Hanning (2019) vorgeschlagene Packungsdichte von 0,35 scheint auch für eine ganze Reihe der im Oberhalbstein dokumentierten, stark humosen Haldenbefunde einen realistischen Näherungswert darzustellen. Für die beiden hier untersuchten Halden von Caschegna und Plaz II dürfte er allerdings eher (zu) tief angesetzt sein – der für die Kalkulation jeweils berücksichtigte Haldenkörperbereich präsentierte sich in beiden Fällen sehr reich an Schlacken und arm an zusätzlichen Sedimentbestandteilen.

¹⁶⁵ Zum Bsp. Acqua Fredda: Cierny, 2008, Plan 51; Eisenerzer Ramsau: Klemm, 2003, S. 34.

¹⁶⁶ Zusammenfassend und neu kalibriert vorgelegt durch Schaer (2003, S. 37). Spätbronzezeit: Avagna-Ochsenalp (3911), Davos Tignas (2544), Tiragn (3604), Als Es-cha Dadour (1673); ältere Eisenzeit: Parseiras I (2945), Son Martegn (2943), N Riom (2504), Fuortga (283), Alp la Motta (1858), Val Faller Plaz (2120); jüngere Eisenzeit: Pareis I (1860).

¹⁶⁷ Der Altholzeffekt (englisch: Old-Wood-Effect) bezeichnet den durch die Datierung nicht exakt bestimmter Holz- und Holzkohleproben (insbes. ohne Waldkantennachweis) entstehenden Effekt «zu alter» Datierungen. Wenn beispielsweise ein kleines Holzkohlefragment aus dem Kern eines Baumstamms radiometrisch datiert wird, ohne zuvor dendro(chrono)logisch beurteilt worden zu sein, können Datierungsunschärfen von bis zu ca. 200–250 Jahren entstehen (vgl. Pichler, et al., 2012).

¹⁶⁸ Das Hallstattplateau bezeichnet einen sehr flachen Abschnitt der ¹⁴C-Kalibrationskurve zwischen ca. 800 und 400 v. Chr., aufgrund dessen radiometrische Datierungen in diesem Zeitraum einen großen 2-Sigma-Bereich aufweisen.

¹⁶⁹ Es liegen inzwischen zwar absolute Datierungen für 50 montanarchäologische Fundstellen vor, in vier Fällen können die erhobenen ¹⁴C-Datierungen allerdings nicht sicher mit montanarchäologischen Befunden in Verbindung gebracht werden (vgl. Gneida (2845), S. 88 sowie Spliatsch I (68859), Spliatsch V (68866) und Mota Farun (68476), S. 94), weshalb lediglich 46 Fundstellen als absolut datiert eingestuft werden.

teilweise sehr präzise datiert werden. Für den Großteil der Fundstellen beschränkt sich die gewonnene Datierungsinformation allerdings weiterhin auf eine vergleichsweise grobe zeitliche Einordnung durch einzelne ¹⁴C-Datierungen. Diese weisen aufgrund des Datierungsschwerpunkts in der älteren Eisenzeit (Hallstattplateau) meist einen großen 2-Sigma-Bereich und somit eine eher geringe Datierungsgenauigkeit auf. Im Sinne einer zusammenfassenden Betrachtung der groben zeitlichen Entwicklung dieser Montanregion sind aber auch diese Datierungen von zentraler Relevanz.

Dendrochronologie¹⁷⁰

Für den Abbau sowie die verschiedenen pyrotechnischen Verhüttungsprozesse wurden im Oberhalbstein nach heutigem Kenntnisstand ausschließlich alpine Nadelhölzer¹⁷¹ verwendet. Dieser Baumbestand weist aufgrund der klimatischen Bedingungen in hohen Lagen ein vergleichsweise langsames Wachstum auf und zeigt daher ein engeringiges Jahrringmuster, was eine dendrochronologische Datierung von kleinstückigen Holzkohleproben – mit immerhin bis zu 200 Jahrringen – erst möglich macht. Gerade für die ältere Eisenzeit bietet diese Methode eine probate Möglichkeit, die Hallstattplateau-Problematik zu umgehen und so die Datierungsauflösung der Fundstellen deutlich zu verbessern. Dabei steigt mit zunehmender Probenzahl und -qualität¹⁷² die Datierungsgenauigkeit pro Fundstelle. Allerdings besteht bei der dendrochronologischen Auswertung von Holzkohlen die einschränkende Schwierigkeit, dass Waldkanten infolge des Verkohlungsprozesses oftmals nicht mehr erhalten sind bzw. nicht sicher bestimmt werden können, was die Aussagekraft einzelner Datierungen wiederum negativ beeinflussen kann.¹⁷³ Daher wurden mithilfe einer maximalen Probenauswertung Endjahrkonzentrationen detektiert, um einen Näherungswert (terminus post quem) für die jeweils jüngsten Aktivitäten an einem Platz zu ermitteln. Einzelproben oder kleinere Probenreihen aus verschiedenen Fundstellen, wie sie während Geländesurveys relativ häufig geborgen wurden, sind auf diesem Weg jedoch oftmals nicht sicher datierbar. Dementsprechend liegen bislang vor allem für flächig ergrabene oder sondierte Plätze mit großen Probenmengen dendrochronologische Datierungen vor. Von den insgesamt 542 untersuchten Holzkohlefragmenten und sieben Holzobjekten aus 23

verschiedenen Fundstellen konnten 124 Proben von zwölf verschiedenen Plätzen absolut datiert werden. Die dendrochronologischen Datierungsangaben wurden kürzlich umfassend publiziert (Oberhänsli, et al., 2019), weshalb hier weder im Fließtext noch im Anhang sämtliche Einzelproben aufgeführt werden. Stattdessen wurden für alle dendrochronologisch bearbeiteten bzw. datierten Plätze die Anzahl der datierten Proben, der jüngste nachgewiesene Jahrring sowie allfällige Waldkanten-Nachweise zusammengestellt (Tab. 2.1).

¹⁴C-Datierung

Als Standardmethode für die zeitliche Einordnung von Befunden mit organischer Erhaltung fand die radiometrische Datierung anfänglich auch im Bergbauprojekt breite Anwendung. Nachdem sich aber rasch das große dendrochronologische Potential der gut und zahlreich erhaltenen Holzkohlen sowie der Datierungsschwerpunkt der montanarchäologischen Befunde im Bereich des Hallstattplateaus abzeichneten, wurde insbesondere für die Befundauswertung zunehmend auf den Einsatz der ¹⁴C-Datierung verzichtet.

Überall dort jedoch, wo die Probenqualität der verfügbaren Holzkohlen für eine dendrochronologische Datierung nicht ausreichte, wurde weiterhin auf die bewährte ¹⁴C-Methode zurückgegriffen – sofern datierbares organisches Material aus einem gesicherten Kontext vorlag. Dies betrifft primär Fundstellen, die im Rahmen der Geländesurveys begangen und mittels Handbohrungen oder Kellensondagen beprobt und nicht flächig untersucht wurden. Zusätzlich konnten im Zuge der archäologischen Bearbeitung der Altfunde auch sämtliche im Archiv des Archäologischen Dienstes vorhandenen Holzkohleproben früherer Untersuchungen einer Reevaluation unterzogen und für radiometrische Datierungen – seltener auch dendrochronologische Datierungen – hinzugezogen werden, wo kein (besser geeignetes) neues Probenmaterial existierte. Diese Strategie erlaubt es, eine ganze Reihe von Schmelzplätzen mit vergleichsweise geringem Aufwand einer ersten groben absolutchronologischen Einordnung zuzuweisen. Darüber hinaus wurde die ¹⁴C-Methode punktuell auch für sog. wiggle-matchings eingesetzt – eine Methode zur gezielten Überprüfung fraglicher oder besonders wichtiger dendrochronologischer Datierungsergebnisse mittels mindestens zweier ¹⁴C-Messungen an unterschiedlichen Jahrringsequenzen einer einzelnen Dendroprobe. Ebenso erfolgten die Auswahl und Entnahme der restlichen ¹⁴C-Proben nach Möglichkeit durch die bearbeitende Dendrochronologin, da eine holzanatomische Ansprache des Probenmaterials für die Qualität einer Datierung wesentlich ist. Mit wenigen Ausnahmen handelt es sich demzufolge ausschließlich um nicht näher bestimmbare Stammholzdattierungen, für die jeweils ein Altholzeffekt unbekanntem Umfangs angenommen werden muss. In wenigen Fällen gelang anhand verkohlter Aststücke eine präzisere radiometrische Eingrenzung der beprobten Befunde.

¹⁷⁰ Sämtliche Angaben und dendrochronologischen Datierungen basieren auf den bei Oberhänsli, et al. (2019) vollständig publizierten, dendrochronologischen Ergebnissen für das Bergbauprojekt.

¹⁷¹ *Picea abies/Larix decidua* (Fichte/Lärche), *Pinus cembra* (Arve), *Pinus mugo/sylvestris* (Wald-/Bergföhre).

¹⁷² Gute Erhaltungsbedingungen, ausreichende Anzahl an Jahrringen, signifikanter Jahrringwuchs.

¹⁷³ Dieselbe Problematik gilt natürlich auch – und bei nicht jahrringbasierter Beprobung sogar noch verstärkt – für ¹⁴C-Datierungen an Holzkohlen, wird dabei aber oftmals nicht explizit berücksichtigt (Altholzeffekt).

Fundstelle	Nummer	Tal	Herkunft	Anzahl Proben	nicht datiert	datiert	jüngstes Endjahr	Datierung mit WK	wiggle-matching
Abbau									
Avagna-Ochsenalp	3911	UT	S	72	46	26	1043 v.Chr.	Herbst/Winter 1061 v.Chr. (sicher)	
Cotschens	1890	OT	S	19	16	3	1131 v.Chr.; 67 v.Chr.	-	ETH-86920; ETH-84251
Gruba II	1854	OT	G	28	26	2	1494 n.Chr.	-	
Vals	1885	OT	S	8	6	2	620 v.Chr.	-	ETH-58638; ETH-58639
Schmelzen									
Val Faller Platz	2120	OT	G	96	83	13	621 v.Chr.	Herbst/Winter 642 v.Chr. (sicher); 621 v.Chr. (unsicher)	
Alp Natons	1870	OT	G	5	3	2	615 v.Chr.	-	
Brüscheda I	18634	OT	KS	1	1	0	-	-	
Dafora	723	UT	S*	9	9	0	-	-	
Gruba I	1852	OT	G	203	141	62	607 v.Chr.	Herbst/Winter 634 v.Chr. (sicher); 607 v.Chr. (unsicher); 614 v.Chr. (unsicher)	
Gruba III	56328	OT	KS	9	7	2	613 v.Chr.	613 v.Chr. (unsicher)	
Pardeala	1846	OT	G*	1	1	0	-	-	
Pareis I	1860	OT	S	52	45	7	614 v.Chr.	-	
Parseiras II	2966	UT	KS	1	1	0	-	-	
Scalotta I	1842	OT	S*	17	15	2	393 n.Chr.	-	ETH-85520; ETH-75698
Sur Eva I	18263	OT	KS	2	2	0	-	-	
Tignas Sot II	56325	UT	KS*	2	1	1	636 v.Chr.	-	
Tignas Sot III	64189	UT	KS*	4	2	2	636 v.Chr.	636 v.Chr. (unsicher)	

Tab. 2.1: Tabellarischer Auszug aus dem Gesamtbestand der im Rahmen des Bergbauprojektes dendrochronologisch untersuchten Holz- und Holzkohleproben; nicht aufgeführt sind insgesamt 13 Proben aus einer mittelalterlichen Fundstelle sowie aus mehreren Holzkohlehorizonten ohne sicheren montanarchäologischen Bezug (alle nicht datiert). Eine vollständige Auflistung aller Proben und Einzeldatierungen inklusive Holzartenbestimmung findet sich bei Oberhänsli, et al. (2019, S. 255-258). Fundstelle: Name der Fundstelle; Nummer: Offizielle Fundstellenummer des ADG; Herkunft: Art der Untersuchung, bei der die Probe(n) geborgen wurde(n) (G: Grabung; KS: Kellensondage; S: Sondage/Baubegleitung; *: durch den ADG oder andere und nicht durch die UZH durchgeführte Untersuchung); Anzahl Proben: Gesamtzahl der dendrochronologisch untersuchten Proben; nicht datiert: Anzahl Proben ohne (sichere) dendrochronologische Datierung; datiert: Anzahl sicher dendrochronologisch datierter Proben (a-Datierungen); jüngstes Endjahr: jüngstes ermitteltes Datum pro Fundstelle (mit oder ohne WK); Datierung mit WK: a-Datierung mit möglicher (unsicher) oder sicherer (sicher) Waldkante (WK); wiggle-matching: ETH-Labornummer der wiggle-matching-Proben (¹⁴C). Alle Angaben ohne Jahr «0».

Einschließlich der hier mitbesprochenen Altdaten¹⁷⁴ liegen für das Untersuchungsgebiet inzwischen total 95 ¹⁴C-Datierungen vor – 30 Datierungen aus fünf Abbau-fundstellen und 65 Datierungen aus 45 verschiedenen Schmelzplätzen aus allen Tälern.

Der Übersichtlichkeit halber werden im Folgenden sämtliche im Text erwähnten ¹⁴C-Proben lediglich über ihre eindeutige Probennummer referenziert; die genauen Datierungsangaben sind in der Übersichtstabelle sowie in Anhang B unter dem jeweiligen Fundstellen-Eintrag inklusive Zusatzinformationen zu Fundnummer, Material und Herkunft vollständig aufgeführt (Tab. 2.2).

¹⁷⁴ Zusätzlich zu den bereits bei Schaer (2003, S. 37) zusammengestellten elf Datierungen zählen dazu auch zwei bislang unpublizierte ¹⁴C-Datierungen durch den ADG aus dem Jahr 2007: ETH-33112 und ETH-33113.

Typologie

Trotz systematischer Geländebegehungen und Sondierungen konnte nicht an allen Fundstellen (ausreichend) organisches Material für absolute Datierungen geborgen werden. Während der alternative typologische Datierungsansatz im Falle der Abbau-fundstellen mit vielerlei Schwierigkeiten¹⁷⁵ behaftet ist, konnte immerhin fast die Hälfte der verbleibenden, nicht absolut datierten Schlackenfundstellen und Schmelzplätze anhand

¹⁷⁵ Wie die folgenden Ausführungen zeigen, liegen an Abbau-fundstellen – im Gegensatz zu Schmelzplätzen – vielfach Hinweise auf mehrere Betriebsphasen vor. Eine pauschale Klassifizierung einer Fundstelle als prähistorisch bzw. nicht-prähistorisch ist hier also auch auf der Grundlage der seltenen «typologischen» Indizien wie etwa Bohrlöcher o.ä. nicht sinnvoll möglich.

typologischer Merkmale als «prähistorisch» klassifiziert werden. Diese in der Kupfermetallurgie eher unübliche Vorgehensweise ist hier durch die intensive Auseinandersetzung mit der Typologie und Morphologie der lokalen Kupferverhüttungsschlacken (s. Kapitel 3) sowie die systematische Überprüfung der typologischen Einordnung anhand der sehr zahlreichen absolut datierten Fundensembles legitimiert. Fundensembles von mindestens 20 Schlackenfragmenten konnten jeweils zweifelsfrei als «prähistorische Kupferverhüttungsschlacke» oder «anderes» klassifiziert werden. Auf eine weitere Differenzierung dieser beiden Kategorien wurde jedoch verzichtet. Einerseits hat die typologische Untersuchung des Fundmaterials keinerlei Hinweise auf markante Unterschiede zwischen bronze- und eisenzeitlichen Verhüttungsschlacken erbracht, andererseits waren ausschließlich prähistorische Verhüttungsschlacken Gegenstand dieser Untersuchung – eine genauere Ansprache von anderem Schlackenmaterial entbehrt daher der entsprechenden Expertise.

Auf dieser Grundlage konnten immerhin 19 weitere Fundstellen – darunter auch zahlreiche Schlackenfundstellen ohne genauer dokumentierten Befund und somit ohne die Möglichkeit einer absoluten Datierung – als «prähistorisch» eingestuft werden (s. Anhang B.2). Für den Großteil der verbleibenden 25 Fundstellen ist eine prähistorische Datierung zwar ebenfalls wahrscheinlich, auf der Grundlage des zu geringen Umfangs oder der ausstehenden Bearbeitung des Schlackenmaterials¹⁷⁶ aber (noch) nicht plausibel belegbar.

Da die montanarchäologischen Fundstellen durch eine ausgeprägte «Armut» an typologisch aussagekräftigem Fundmaterial gekennzeichnet sind, spielt die typologische Methode für das Projekt darüber hinaus eine sehr untergeordnete Rolle.¹⁷⁷ Analog zu den Verhüttungsschlacken könnten auch die relativ häufig auftretenden Fragmente von Gebläsedüsen für eine grundsätzliche Klassifizierung von Fundstellen als «prähistorisch» hinzugezogen werden.¹⁷⁸ Allerdings kommen diese Objekte meist erst ab einer ausreichend großen Untersuchungsfläche zum Vorschein und dienen daher bislang für keine Fundstelle als alleiniger Datierungsindikator.

¹⁷⁶ Da durch die Weiterführung der Geländearbeiten durch die UZH sowie ein Inventarisierungsprojekt des ADG auch während der Drucklegung dieser Arbeit noch laufend neue Daten, Fundstellen und Proben generiert wurden, war es nicht mehr möglich, sämtliche Funde zu bearbeiten und in die Auswertung einfließen zu lassen.

¹⁷⁷ Vereinzelt Gebrauchskeramik-Fragmente aus dem Bereich der Schmelzplätze Gruba I (1852) und Val Faller Plaz (2120) sind allgemein als sog. «Taminser Ware» anzusprechen, was mit der dendrochronologischen Datierung der beiden Plätze in die ältere Eisenzeit gut übereinstimmt. Darüber hinaus liefern diese Funde allerdings kaum chronologische Informationen; ihr Fund ist primär von kulturgeschichtlicher Aussagekraft (s. dazu auch Turck, 2019, S. 224).

¹⁷⁸ Dieses Argument kam bereits bei Ch. Zindel (1977) und J. Rageth (s. z.B. 1977a; 1979b, S. 68; 1990) vom ADG wiederholt zum Einsatz.

Abbau

Mit die ältesten Datierungen aus dem gesamten Projekt liegen für die zementierten Halden-Sedimentschichten aus **Avagna-Ochsenalp (3911)** (s. Kapitel 2.3.1) vor. Insgesamt wurden von dieser Fundstelle 72 Holzkohleproben dendrochronologisch untersucht, 26 konnten sicher datiert werden. Die betreffenden Holzkohlen stammen alle aus anstehenden Bereichen des zementierten Sediments, und mit einer Ausnahme¹⁷⁹ sogar alle aus demselben Bodenaufschluss mit in situ erhaltenen Holzkohlehorizonten. Die Proben datieren durchwegs ins ausgehende 12. oder in die erste Hälfte des 11. Jahrhunderts v. Chr. Einzig das bislang jüngste Endjahr (1043 v. Chr.; ohne Waldkante) weist in die zweite Hälfte des 11. Jahrhunderts v. Chr. Zudem konnte mit Herbst/Winter¹⁸⁰ 1061 v. Chr. eine sichere Waldkante belegt werden. Diese kann jedoch nicht als jahrgenaue Datierung des Befundes hinzugezogen werden, da in derselben stratigraphischen Einheit auch jüngere Jahrringe nachgewiesen wurden. Dies könnte auf die Verwendung von Altholz¹⁸¹ für die Abbauaktivitäten in Avagna-Ochsenalp hinweisen, zumal die Höhenlage der Fundstelle auf fast 2500 m eine Versorgung mit Brennmaterial aus tieferen Lagen und damit wohl auch aus unterschiedlich «alten» Beständen bedingt haben dürfte. Demnach scheint also eine Einordnung der Abbautätigkeiten bzw. des dendrochronologisch datierten Aktivitätsbereichs innerhalb der vierteiligen Fundstelle in die Mitte bis zweite Hälfte des 11. Jahrhunderts v. Chr. wahrscheinlich.¹⁸² Die hier bereits durch ¹⁴C-Datierungen¹⁸³ nachgewiesenen bronzezeitlichen Abbauaktivitäten konnten auf diesem Weg also deutlich präziser eingegrenzt werden (Abb. 2.63). Für spätere Betriebsphasen in Avagna-Ochsenalp existieren bislang keine absoluten Datierungen, dafür aber historische Quellen, schriftliche Hinweise sowie typologische Anhaltspunkte (Bohrlöcher) (s. Kapitel 2.3.1).

Spätbronzezeitlicher Bergbau lässt sich auch in **Cotschens (1890)** belegen, wo zwei dendrochronologische Datierungen aus dem Haldenbereich – wiederum an Holzkohlen aus zementiertem (Halden-)Sediment – für das 12. Jahrhundert v. Chr. vorliegen. Die Endjahre der beiden Proben datieren in die 1130er Jahre v. Chr., allerdings ohne Waldkanten. Die Überprüfung dieser Datierungen mithilfe eines wiggle-matchings bestätigte zwar die bronzezeitliche Einordnung der Proben, zeigte aber eine methodologisch noch nicht erklärable Differenz der

¹⁷⁹ Probe ADG-87897 = FK 18203.1049, vgl. Oberhänsli, et al. (2019, S. 255).

¹⁸⁰ Aufgrund des durch den Verkohlungs- bzw. Verbrennungsprozess anzunehmenden Splintholz-Verlusts ist für Waldkanten-Datierungen der Kategorie Herbst/Winter jeweils theoretisch auch eine Datierung ins darauffolgende Frühjahr, in diesem Fall also Frühjahr/Sommer 1060 v. Chr. denkbar.

¹⁸¹ Zum Bsp. natürliches Totholz.

¹⁸² Detaillierte Diskussion der absoluten Datierungen aus Avagna-Ochsenalp bei Reitmaier-Naef, et al. (2020).

¹⁸³ Vgl. B-4188, ETH-63990, ETH-63993 und ETH-86921.

Fundstelle	Nummer	Herkunft	Probe	C14 age BP (1 σ)	cal. (2- σ)
Abbau					
Avagna-Ochsenalp	3911	B*	B-4188*	2990 \pm 90	1433–976 cal. BC
Avagna-Ochsenalp	3911	S	ETH-63990	3088 \pm 16	1414–1296 cal. BC
Avagna-Ochsenalp	3911	S	ETH-63993	3015 \pm 16	1375–1209 cal. BC
Avagna-Ochsenalp	3911	B	ETH-86921	2973 \pm 21	1261–1123 cal. BC
Cotschens	1890	B	ETH-74333	178 \pm 21	1663–... cal. AD
Cotschens	1890	S	ETH-84249	2540 \pm 17	796–567 cal. BC
Cotschens	1890	S	ETH-84250	2076 \pm 17	165–45 cal. BC
Cotschens	1890	S	ETH-84251	3073 \pm 17	1406–1282 cal. BC
Cotschens	1890	S	ETH-84252	2563 \pm 17	801–761 cal. BC
Cotschens	1890	S	ETH-84253	2504 \pm 17	774–544 cal. BC
Cotschens	1890	S	ETH-86914	316 \pm 20	1493–1644 cal. AD
Cotschens	1890	S	ETH-86915	2059 \pm 21	163–1 cal. BC
Cotschens	1890	S	ETH-86916	98 \pm 20	1691–1925 cal. AD
Cotschens	1890	S	ETH-86917	2087 \pm 21	172–47 cal. BC
Cotschens	1890	S	ETH-86918	179 \pm 20	1664–... cal. AD
Cotschens	1890	S	ETH-86919	1721 \pm 21	252–387 cal. AD
Cotschens	1890	S	ETH-86920	3054 \pm 22	1400–1233 cal. BC
Gruba II	1854	G	ETH-84244	2680 \pm 17	895–802 cal. BC
Gruba II	1855	G	ETH-84245	940 \pm 16	1031–1155 cal. AD
Gruba II	1856	G	ETH-84247	759 \pm 16	1226–1281 cal. AD
Gruba II	1857	G	ETH-84248	866 \pm 16	1155–1220 cal. AD
Gruba II	1858	G	ETH-86925	2502 \pm 21	776–542 cal. BC
Gruba II	1859	G	ETH-86926	4080 \pm 25	2852–2497 cal. BC
Gruba II	1860	G	ETH-86927	2970 \pm 23	1263–1118 cal. BC
Gruba II	1861	G	ETH-86928	2481 \pm 23	769–517 cal. BC
Gruba II	1862	G	ETH-93936	1291 \pm 22	666–769 cal. AD
Gruba II	1863	G	ETH-93937	1693 \pm 22	258–407 cal. AD
Ostufer Marmorerasee	56326	B	ETH-93935	2910 \pm 40	1224–980 cal. BC
Vals	1885	S	ETH-58638	2660 \pm 27	895–795 cal. BC
Vals	1886	S	ETH-58639	2481 \pm 26	772–509 cal. BC
Schmelzen					
Alp Es-cha Dadour	1673	S*	B-4191*	2770 \pm 40 BP	1009–828 cal. BC
Alp Flix II	3684	BP	ETH-93945	2498 \pm 22 BP	775–540 cal. BC
Alp la Motta	1858	B*	B-4490*	2550 \pm 70 BP	825–430 cal. BC
Alp Natons	1870	G	ETH-64004	2841 \pm 16 BP	1050–930 cal. BC
Alp Natons	1870	G	ETH-64005	2584 \pm 16 BP	802–775 cal. BC
Brüscheda I	18634	KS	ETH-75696	2553 \pm 21 BP	801–571 cal. BC
Clavè d'Mez II	1864	KS	ETH-64003	3791 \pm 17 BP	2287–2146 cal. BC
Clavè d'Mez II	1864	KS	ETH-93940	2547 \pm 23 BP	800–556 cal. BC
Clavè d'Mez IV	1868	S	ETH-63985	2865 \pm 27 BP	1120–934 cal. BC
Clavè d'Mez IV	1868	S	ETH-63988	3003 \pm 19 BP	1372–1132 cal. BC
Dafora	723	S*	ETH-75699	2508 \pm 21 BP	784–543 cal. BC
Davos Tignas	2544	B*	B-6523*	2970 \pm 40 BP	1371–1051 cal. BC
Davos Tignas	2544	KS	ETH-75700	2925 \pm 21 BP	1211–1046 cal. BC
Fuortga	283	[S*]	B-7016*	2590 \pm 30 BP	820–595 cal. BC
Furnatsch	3682	S*	ETH-63981	2528 \pm 27 BP	795–546 cal. BC
Gneida	2845	S*	ETH-75701	3586 \pm 25 BP	2021–1885 cal. BC
Gruba I	1852	G	ETH-54984	2796 \pm 31 BP	1018–846 cal. BC
Gruba I	1852	G	ETH-54985	2711 \pm 30 BP	910–808 cal. BC
Gruba I	1852	G	ETH-64006	2823 \pm 23 BP	1042–914 cal. BC
Gruba I	1852	G	ETH-64007	2666 \pm 16 BP	838–800 cal. BC

Fundstelle	Nummer	Herkunft	Probe	C14 age BP (1 σ)	cal. (2- σ)
Schmelzen					
Gruba I	1852	G	ETH-66231	3427 \pm 17 BP	1862–1682 cal. BC
Gruba I	1852	G	ETH-69841	2907 \pm 13 BP	1190–1020 cal. BC
Gruba I	1852	G	ETH-69842	2799 \pm 15 BP	1000–909 cal. BC
Gruba III	56328	KS	ETH-69844	2499 \pm 15 BP	771–544 cal. BC
Mot la Bova	1897	KS	ETH-63979	2565 \pm 27 BP	806–566 cal. BC
Mota Farun	68476	KS	Beta-535428	110 \pm 30 BP	1681–1938 cal. AD
N Riom	2504	S*	B-5324*	2440 \pm 40 BP	756–407 cal. BC
Ober-Juppa I	18269	BP	ETH-63995	2576 \pm 23 BP	806–674 cal. BC
Pareis I	1860	[B*]	B-4498*	2120 \pm 50 BP	358–2 cal. BC
Pareis III	18250	BP	ETH-64001	2546 \pm 23 BP	800–556 cal. BC
Parseiras I	2945	[S*]	B-7015*	2520 \pm 70 BP	802–430 cal. BC
Parseiras II	2966	KS	ETH-75697	2525 \pm 21 BP	791–550 cal. BC
Plaun Grand	18132	KS	ETH-63997	2485 \pm 13 BP	764–541 cal. BC
Plaun Grand	18132	KS	ETH-63998	2533 \pm 23 BP	795–550 cal. BC
Plaz II	18262	KS	ETH-63986	2615 \pm 19 BP	815–787 cal. BC
Plaz II	18262	KS	ETH-63987	2600 \pm 27 BP	815–769 cal. BC
Pra Miez	18254	B	ETH-63994	2565 \pm 16 BP	800–768 cal. BC
Preda	18259	KS	ETH-63984	2567 \pm 27 BP	806–570 cal. BC
Pro Davains I	69049	BP	ETH-93946	2753 \pm 32 BP	978–824 cal. BC
Pro Davains II	69050	BP	ETH-93947	2516 \pm 22 BP	789–546 cal. BC
Recta Davains I	68867	BP	ETH-93941	2470 \pm 22 BP	766–486 cal. BC
Recta Davains I	68867	BP	ETH-93942	2549 \pm 23 BP	801–556 cal. BC
Recta Davains II	68868	BP	ETH-93943	2091 \pm 22 BP	176–48 cal. BC
Scalotta I	1842	S*	ETH-75698	1780 \pm 22 BP	141–333 cal. AD
Scalotta I	1842	S*	ETH-85520	1775 \pm 24 BP	143–336 cal. AD
Scalotta I	1842	S*	ETH-85521	2543 \pm 24 BP	799–553 cal. BC
Skilift	18270	S	ETH-63991	2579 \pm 16 BP	802–772 cal. BC
Son Martegn	2943	[S*]	B-4012*	2480 \pm 90 BP	795–406 cal. BC
Sot al Crap	18273	KS	ETH-63989	2513 \pm 27 BP	791–541 cal. BC
Spliatsch I	68859	BP	ETH-93938	258 \pm 22 BP	1526–1799 cal. AD
Spliatsch V	68866	BP	ETH-93939	160 \pm 21 BP	1666–... cal. AD
Sül Cunfin I	18247	KS	ETH-63980	2560 \pm 27 BP	805–557 cal. BC
Sül Cunfin II	18248	B	ETH-63992	2868 \pm 16 BP	1112–980 cal. BC
Sül Cunfin II	18248	BP	ETH-93944	2455 \pm 22 BP	753–415 cal. BC
Sur Eva I	18263	KS	ETH-63983	2803 \pm 19 BP	1006–906 cal. BC
Tges Alva II	18251	KS	ETH-63982	2593 \pm 19 BP	806–774 cal. BC
Tigignas Sot II	56325	KS	ETH-33113*	2510 \pm 60 BP	798–543 cal. BC
Tigignas Sot II	56325	KS	ETH-86922	2528 \pm 22 BP	793–550 cal. BC
Tigignas Sot III	64189	KS	ETH 33112*	2535 \pm 60 BP	796–549 cal. BC
Tigignas Sot III	64189	KS	ETH-86923	2477 \pm 21 BP	766–516 cal. BC
Tiragn	3604	G	B-4198*	2810 \pm 40 BP	1073–843 cal. BC
Tiragn	3604	G	HD-9175-9319*	2770 \pm 40 BP	1009–828 cal. BC
Tiragn	3604	G	HD-9176-9361*	2840 \pm 40 BP	1121–903 cal. BC
Ual da Val	2535	KS	ETH-86924	2204 \pm 21 BP	361–201 cal. BC
Val Faller Plaz	2120	B*	B-4199*	2488 \pm 70 BP	789–416 cal. BC

Tab. 2.2: Tabellarische Zusammenstellung sämtlicher verfügbarer ¹⁴C-Datierungen aus dem Bereich montanarchäologischer Fundstellen im Oberhalbstein und angrenzenden Talschaften. Fundstelle: Name der Fundstelle; Nummer: Offizielle Fundstellenummer des ADG; Herkunft: Art der Untersuchung, bei der die Probe(n) geborgen wurde(n) (B: Begehung (Oberflächenfunde; Bodenaufschluss o.ä.); BP: Bohrprofil; G: Grabung; KS: Kellensondage; S: Sondage/Baubegleitung; *: durch den ADG oder andere und nicht durch die UZH durchgeführte Untersuchung); Probe: offizielle Labornummer (B: Bern; ETH: Zürich; HD: Heidelberg; *: Altdatierung (Quelle vgl. Fundstelleneintrag in Anhang B.2)) C14 age BP: ¹⁴C-Alter (unkalibriert; BP: before present (1950)); 1 σ : 1-Sigma-Abweichung des ¹⁴C-Alters (unkalibriert); cal. (2- σ): 2-Sigma-Bereich des kalibrierten ¹⁴C-Alters (Stand Sep. 2019 mit OxCal v4.2; BC: v. Chr.; AD: n. Chr.).

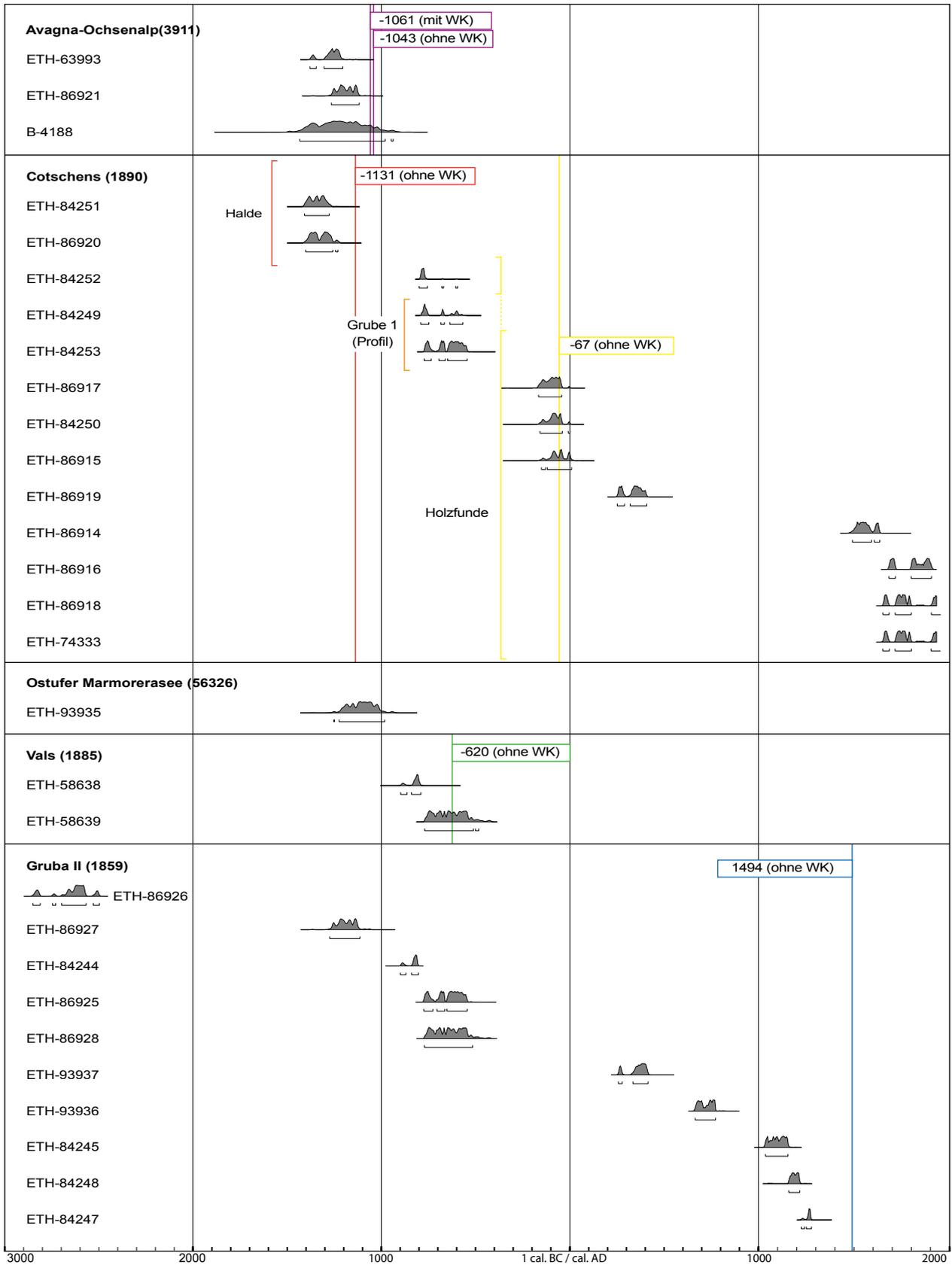


Abb. 2.63: ¹⁴C-Datierungen aus Abbaufundstellen im Oberhalbstein, nach Fundstellen gruppiert. Bei B-4188 handelt es sich um ein Altdatum (nach Wyss, 1993, S. 202). Sämtliche restlichen Datierungen wurden im Rahmen des Bergbauprojektes zwischen 2013 und 2019 am Labor für Ionenstrahlphysik der ETH Zürich gemessen. Kalibration: OxCal v4.3; IntCal 13 atmospheric curve (Reimer, et al., 2013). Summarische Ergänzung der dendrochronologischen Datierungen (nach Oberhänsli, et al., 2019), WK: Waldkante. Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

absoluten Messwerte.¹⁸⁴ Eine Auflösung dieser Datierungsdiskrepanz zwischen den beiden angewendeten Methoden ist vielleicht mithilfe zusätzlichen Probenmaterials aus demselben Sedimentbereich zu erreichen. Bis dahin muss für die Fundstelle von Cotschens eine weder zeitlich noch archäologisch genauer eingrenzbar erste (spät-)bronzezeitliche Produktionsphase angenommen werden. Für die ältere Eisenzeit präsentiert sich die Datenlage deutlich konsistenter. Mehreren ¹⁴C-Datierungen¹⁸⁵ aus dem untertägigen Bereich von Grube 1 zufolge ist für diese Epoche von ausgedehnten Abbauaktivitäten auszugehen. Die Grube dürfte in weiten Teilen zu dieser Zeit angelegt worden sein. Dass in Cotschens aber auch am Ende der Latènezeit bergbauliche Unternehmungen stattgefunden haben, zeigen neben zwei ¹⁴C-Datierungen¹⁸⁶ an Holzobjekten auch die dendrochronologischen Untersuchungen am Trog aus Grube 1, die das Endjahr 67 v. Chr. ergaben. Obwohl hier keine Waldkante erhalten ist, lässt u.a. die Fertigung des Objekts aus einem Halbholz darauf schließen, dass nur wenige Jahr(ring)e fehlen dürften. Ein markanter Altholzeffekt kann demnach ausgeschlossen werden, zudem stimmt das dendrochronologisch ermittelte Datum «erwartungsgemäß» mit dem Resultat der radiometrischen Datierung der jüngsten drei Jahrringe (82–84) überein.¹⁸⁷ Für Cotschens ist somit von mindestens drei Abbau- oder zumindest Prospektions- bzw. Gewaltigungsphasen auszugehen. Durch jüngere Holzfunde aus Grube 1 belegte Begehungen bzw. Aktivitäten¹⁸⁸ aus den nachchristlichen Epochen stehen bislang nicht nachweislich mit Abbautätigkeiten in Zusammenhang (Abb. 2.63).¹⁸⁹

Auch für die verbrochene, bislang erst oberflächlich untersuchte Grube **Ostufer Marmoreraese (56326)** konnte jüngst eine spätbronzezeitliche Datierung wahrscheinlich gemacht werden (Abb. 2.63).¹⁹⁰ Beim radiometrisch analysierten Probenmaterial handelt es sich wiederum um Holzkohle aus zementiertem Sediment.

Ein sicherer dendrochronologischer Nachweis für urgeschichtliche Abbauaktivitäten liegt schließlich für die feuergesetzte Grube **Vals (1885)** vor. Die bei Sondierungen in den Jahren 2014 und 2016 zahlreich geborgenen, teilweise relativ großstückigen Holzkohleproben erwiesen sich nachträglich aufgrund vergleichsweise breiten Jahrringwachstums nur selten für eine dendrochronologische Bestimmung geeignet; von den sieben analysierten

Proben konnte lediglich eine sicher datiert werden. Der jüngste von insgesamt 91 Jahrringen ist demnach im Jahr 745 v. Chr. gewachsen. Diese Kernholz-Datierung aus dem Bereich der Ortsbrust konnte mittels wiggle-matching¹⁹¹ bestätigt werden und ist als terminus post quem für die Auffassung der Grube einzustufen (Abb. 2.63). Dass auf der Grundlage dieses Resultats nur eine sehr allgemeine zeitliche Einordnung der Abbauaktivitäten in die ältere Eisenzeit möglich ist, verdeutlicht die Analyse einer zusätzlichen Probe aus derselben Fundschicht. Das nachträglich in einer Sedimentprobe zum Vorschein gekommene Holzkohlefragment (ebenfalls ohne Waldkante) datiert ins Jahr 620 v. Chr.¹⁹² und belegt damit für das bislang bekannte Datum einen Altholzeffekt von mindestens 125 Jahren!

Wesentlich unklarer präsentiert sich die Datierungslage für das Pingengebiet **Gruba II (1854)**. Aus dem Bereich der bislang untersuchten Pingengebiet 1 und 3 konnten verschiedene Holzkohleproben geborgen werden, die jedoch nur in zwei Fällen eine dendrochronologische Datierung erlaubten (beide aus Pingengebiet 3). Die beiden ermittelten Endjahre 1489 und 1494 n. Chr. fallen in die Neuzeit und stellen gleichzeitig die jüngsten absoluten Datierungen aus dieser Fundstelle dar. Eine Reihe von ¹⁴C-Datierungen aus verschiedenen Fundstellen- und Befundbereichen streut über sämtliche übrigen nachchristlichen Epochen.¹⁹³ Daneben liegen aber insbesondere aus Pingengebiet 1 auch mehrere ¹⁴C-Datierungen aus dem ausgehenden 2. und der ersten Hälfte des 1. Jahrtausends v. Christus vor.¹⁹⁴ Da die Befunde aus Gruba II bislang noch nicht ausgewertet und vorgelegt wurden, bleibt die archäologische Einordnung der einzelnen Datierungen vorerst unklar. Dies gilt insbesondere auch für ein bislang singuläres endneolithisches Datum¹⁹⁵ aus dem Bereich von Pingengebiet 1.¹⁹⁶ Dass der markante Pingenzug in Gruba II jedoch grundsätzlich (auch) mit ältereisenzeitlichem Kupfererzabbau in Verbindung zu bringen ist, scheint mittlerweile außer Frage zu stehen (Abb. 2.63). Dies ist insbesondere mit Blick auf den sehr nahe gelegenen, ältereisenzeitlichen Schmelzplatz Gruba I (1852) relevant.

Eine differenzierte chronologische Einordnung der übrigen Abbaufundstellen ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht möglich und vielerorts wohl – wenn überhaupt – nur mittels intensiver Begehungen¹⁹⁷ oder größerer Bodeneingriffe zu erwarten. Gleichzeitig liegen für keine der

¹⁸⁴ Mit einem 2σ-Bereich von 1406–1282 v. Chr. (ETH-84251) bzw. 1400–1233 v. Chr. (ETH-86920) fallen die beiden ¹⁴C-Datierungen mehr als ein Jahrhundert älter aus als die dendrochronologisch ermittelten Datierungen bzw. liegen die dendrochronologisch ermittelten Datierungen sogar außerhalb des 3-σ-Bereichs der beiden ¹⁴C-Datierungen. Die beiden ¹⁴C-Datierungen stammen aus unterschiedlichen Messserien.

¹⁸⁵ Vgl. ETH-84249, ETH-84252 und ETH-84253.

¹⁸⁶ Vgl. ETH-86915 und ETH-86917.

¹⁸⁷ Vgl. ETH-84250.

¹⁸⁸ Vgl. ETH-74333, ETH-86914, ETH-86916, ETH-86918 und ETH-86919.

¹⁸⁹ Detaillierte Diskussion aller absoluten Datierungen aus Cotschens bei Reitmaier-Naef, et al. (2020).

¹⁹⁰ Vgl. ETH-93935.

¹⁹¹ Vgl. ETH-58638 und ETH-58639.

¹⁹² Die Probe ADG-89861 wurde erst kurz vor der Drucklegung dieser Arbeit entdeckt und analysiert. In der Gesamtpublikation der dendrochronologischen Untersuchungen durch Oberhänsli, et al. (2019) ist sie noch nicht aufgeführt.

¹⁹³ Vgl. ETH-84245, ETH-84247, ETH-84248, ETH-93936 und ETH-93937.

¹⁹⁴ Vgl. ETH-84244, ETH-86925, ETH-86927 und ETH-86928.

¹⁹⁵ Vgl. ETH-86926.

¹⁹⁶ Ein Zusammenhang mit sehr frühen Abbauaktivitäten scheint gemäß heutigem Forschungsstand unwahrscheinlich.

¹⁹⁷ Wie die bisherigen Ausführungen gezeigt haben, können neben den eigentlichen Abbaubefunden auch Funde aus deren Umfeld (z.B. Abbau-/Aufbereitungsgeräte) oder auffällige Sedimente wichtige Datierungsinformationen liefern.

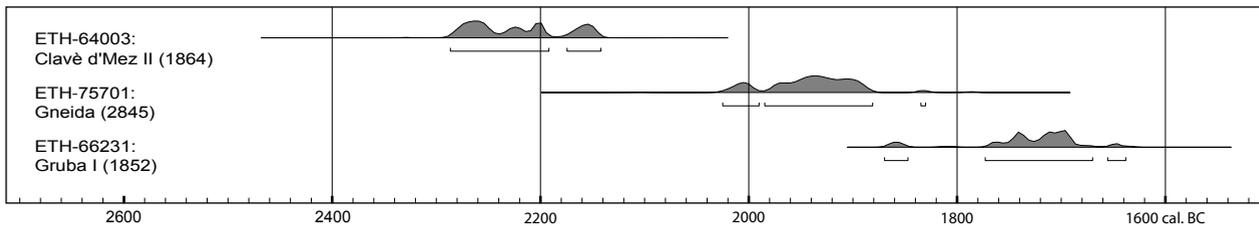


Abb. 2.64: Neolithische und frühbronzezeitliche ^{14}C -Datierungen aus Schmelzplätzen im Oberhalbstein. Sämtliche Datierungen wurden im Rahmen des Bergbauprojektes zwischen 2013 und 2019 am Labor für Ionenstrahlphysik der ETH Zürich gemessen. Kalibration: OxCal v4.3; IntCal 13 atmospheric curve (Reimer et al., 2013). Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

bislang undatierten Fundstellen – **Alp Tgavertga (61085)**, **Blaunca (3331)**, **Falotta I (69019)**, **Gruba VII (70095)**, **Mottas (69020)** und **Ziteil (2849)** – gewichtige Argumente vor, die gegen eine mögliche prähistorische Nutzung sprechen. Dies gilt ebenso für die beiden nachweislich (auch) in spätere Zeit gehörenden Plätze **Crap Fess (18256)** und **Gruba IV (3681)**.

Schmelzen

Die überwiegende Mehrheit der Schlackenfundstellen und Schmelzplätze im Oberhalbstein und in den angrenzenden Talschaften datiert eindeutig in die Spätbronzezeit oder in die ältere Eisenzeit. Unter den ^{14}C -Datierungen finden sich aber auch eine Hand voll Ausreißer, für die in den meisten Fällen eine mögliche Erklärung gefunden wurde.

Neolithikum–Mittelbronzezeit

In die Zeit vor 1500 v. Chr. fallen bislang nur drei Datierungen (Abb. 2.64). In allen drei Fällen scheint die datierte Holzkohle jedoch nicht unmittelbar aus einem gesicherten verhüttungstechnischen Kontext zu stammen.

Die ins 3. Jahrtausend v. Chr. datierende Probe von **Clavè d'Mez II (1864)**¹⁹⁸ stammt aus einem Murmeltierbau im Kernbereich einer Schlackenhalde und dürfte durch Bioturbation aus einem bisher unbekanntem, darunterliegenden spätneolithischen Kontext an die Oberfläche transportiert worden sein. Eine nachträgliche Überprüfung dieser Datierung anhand neu gewonnenen, besser stratifizierten Probenmaterials aus einem anderen Fundstellenbereich bestätigt diesen Verdacht; der Schmelzplatz Clavè d'Mez II datiert demnach in die ältere Eisenzeit.¹⁹⁹

Das frühbronzezeitliche Datum²⁰⁰ aus **Gneida (2845)** stammt aus einer 10–15 m breiten und ca. 10 cm dicken kohlig-brandigen Schicht, die durch den Archäologischen Dienst Graubünden im Bereich der Baumaterialdeponie Demarmels in den 1990er Jahren im Profil

dokumentiert und beprobt wurde. Ein direkter Zusammenhang dieses Horizonts mit der in wenigen Metern Entfernung dokumentierten Schlackenschicht wurde zwar vermutet, scheint nun aber wenig plausibel, zumal eine so frühe Datierung des betreffenden Schmelzplatzes anhand archäologischer Argumente²⁰¹ als ebenso unwahrscheinlich einzustufen ist wie ein mindestens 500-jähriger Altholzeffekt. Folglich ist eher von einer zufälligen räumlichen Koinzidenz der beiden (verschiedenartigen) Schichten auszugehen. Denkbar wäre etwa, dass der datierte Brandhorizont mit Siedlungs- oder Landwirtschaftsaktivitäten im Umfeld der nahegelegenen Motta Vallac (2831) in Zusammenhang steht. Eine Neudatierung der Fundstelle Gneida konnte in Ermangelung geeigneten Probenmaterials und aufgrund der gegenwärtigen Unzugänglichkeit der Fundstelle bislang nicht vorgenommen werden. Der Schmelzplatz wird auf dieser Grundlage vorerst als lediglich typologisch in die Urgeschichte datierte Fundstelle klassifiziert.

Beim dritten frühen ^{14}C -Datum handelt es sich schließlich um eine Probe, die bewusst aus einem holzkohlehaltigen, durch sterile Horizonte von den verhüttungstechnischen Befunden getrennten Sediment selektiert wurde, um einen Terminus post quem für die Anlage des Schmelzplatzes zu ermitteln. Für das betreffende Areal in **Gruba I (1852)** ist demzufolge also nicht vor der Mittelbronzezeit, sehr wahrscheinlich aber erst deutlich später mit Verhüttungsaktivitäten zu rechnen (vgl. dazu weiter unten, S. 92). Ob die Holzkohlepartikel in der darunterliegenden, datierten Schicht natürlichen oder ebenfalls anthropogenen Ursprungs sind, ist bislang unklar.

Obwohl sekundäre metallurgische Aktivitäten im Oberhalbstein etwa durch Gussform-Funde aus Siedlungskontexten spätestens ab der Frühbronzezeit nachweisbar sind (s. Rageth, 1986a, S. 85–86), liegen also bislang für das gesamte Untersuchungsgebiet bis in die Mittelbronzezeit keinerlei schlüssige Belege einer lokalen Kupfergewinnung vor.

¹⁹⁸ Vgl. ETH-64003.

¹⁹⁹ Vgl. ETH-93940.

²⁰⁰ Vgl. ETH-75701.

²⁰¹ Frühbronzezeitliche Kupfergewinnung ist aus dem Alpenraum zwar bekannt, für den Raum der heutigen Schweiz jedoch bisher nicht belegt. In einem solch frühen Kontext wären allerdings andere Befunde und auch anderes Schlackenmaterial zu erwarten (vgl. z.B. Artioli, et al., 2015; Martinek und Sydow, 2004; Mottes, et al., 2016; Töchterle, 2015).

Spätbronzezeit

Der Beginn der Kupferproduktion im Oberhalbstein ist demzufolge erst in der Spätbronzezeit anzusetzen, wie neben neuen Untersuchungsergebnissen aus verschiedenen Abbaufundstellen auch eine Reihe neuer und alter ¹⁴C-Datierungen von Schmelzplätzen nahelegt (Abb. 2.65).

Zweifelsfrei spätbronzezeitlich datieren bislang lediglich die drei Schmelzplätze Davos Tigignas in der unteren und Clavè d'Mez IV sowie Sur Eva I in der oberen Talstufe. Für **Davos Tigignas (2544)** lag bereits ein bronzezeitliches Datum²⁰² vor, das mit einer neueren ¹⁴C-Datierung an einem nicht näher bestimmbar Holzkohlefragment bestätigt wurde.²⁰³ Selbst unter Berücksichtigung eines möglichen Altholzeffektes von bis zu 250 Jahren wäre für diese Fundstelle maximal von einer Datierung ins 9. Jahrhundert v. Chr. – und somit noch in die Spätbronzezeit – auszugehen.

Für **Clavè d'Mez IV (1868)** existieren aus Sondagen im Bereich beider Schlackenhalden spätbronzezeitliche Datierungen, wobei das jüngere Datum²⁰⁴ von einem verkohlten Ast- oder Zweigstück stammt und die Fundstelle resp. zumindest den betreffenden Befund somit zeitlich sehr genau eingrenzt. Unter Berücksichtigung eines möglichen Altholzeffektes für die ¹⁴C-Datierung aus der zweiten Schlackenhalde²⁰⁵ (Stammholz) ist eine Gleichzeitigkeit oder zeitnahe Abfolge der beiden eng beieinander liegenden Befunde nicht auszuschließen. Um Proben für eine dendrochronologische Klärung dieser Frage zu gewinnen, wurden im Herbst 2016 Sondagen im Bereich der beiden Halden angelegt, jedoch leider ohne die gewünschte großstückige Holzkohle anzutreffen.

Für **Sur Eva I (18263)**²⁰⁶ liegt bislang nur eine einzelne radiometrische Datierung ins 10. Jahrhundert v. Chr. vor. Bei der betreffenden Probe dürfte es sich gemäß holzanatomischer Begutachtung allerdings ebenfalls um ein Aststück – und somit wiederum um eine relativ genaue Datierung – handeln.

Ebenfalls einer spätbronzezeitlichen Phase zuzurechnen ist gemäß dreier Altdaten²⁰⁷ die Fundstelle **Tiragn (3604)** am Zugang zum Albulatal. Zwar kann in diesem Fall die ursprüngliche Probenqualität nicht mehr rekonstruiert werden, doch drängt sich die Annahme eines deutlichen Altholzeffektes im Falle dreier konsistenter absoluter Datierungen nicht auf. Eine Neudatierung der 1984 ausgegrabenen Befunde war aufgrund der

schlechten Erhaltung der archivierten Holzkohleproben leider nicht möglich.²⁰⁸

Dass es sich bei den beiden Fundstellen **Pro Davains I (69049)**²⁰⁹ in der oberen Talstufe und **Alp Escha Dadour (1673)**²¹⁰ im Oberengadin um zwei weitere spätbronzezeitliche Schmelzplätze handelt, ist möglich, kann aber ohne weiterführende Untersuchungen nicht sicher bestimmt werden. Für beide Plätze liegt jeweils eine einzelne Datierung ins 10./9. Jahrhundert v. Chr. vor – beim ¹⁴C-Datum aus Madulain handelt es sich um eine Altdatierung unbekannter Qualität; bei derjenigen aus Sur um eine an Probenmaterial aus einem Bohrprofil (Flitter). Eine zeitliche Einordnung der beiden Plätze zu Beginn der älteren Eisenzeit scheint in Anbetracht eines möglichen bis wahrscheinlichen Altholzeffektes daher ebenfalls denkbar.

Die drei Fundstellen Alp Natons (1870), Gruba I (1852) und Sül Cunfin II (18248) werden aufgrund deutlich jünger datierender Zweitproben trotz spätbronzezeitlicher ¹⁴C-Datierungen den ältereisenzeitlichen Schmelzplätzen zugerechnet und im folgenden Abschnitt besprochen.

Ältere Eisenzeit

Mit total 32 Vertretern ist die überwiegende Mehrheit der absolut datierten Schmelzplätze und Schlackenfundstellen der älteren Eisenzeit zuzurechnen. Für die meisten dieser Fundstellen liegt bislang nur ein einzelnes, relativ ungenaues ¹⁴C-Datum im Bereich des Hallstattplateaus vor.²¹¹ Da es sich dabei meist um Stammholzdattierungen aus nicht näher erforschten Befundkontexten (Aufschlüsse, Kellensondagen, Bohrprofile) handelt, ist eine weitere chronologische Differenzierung in mindestens zwei Dritteln der Fälle vorerst nicht angezeigt.²¹² Es handelt sich bei den betreffenden Daten aber natürlich dennoch um

²⁰⁸ Die Holzkohleproben liegen heute in nahezu pulverisierter Form vor. Ob dies bereits bei der Bergung der Fall war oder erst durch eine unsachgemäße Lagerung erfolgt ist, bleibt offen.

²⁰⁹ Vgl. ETH-93946.

²¹⁰ Vgl. B-4191.

²¹¹ Da die Unterteilung der einzelnen Fundstellen nach Epochen hier lediglich einer groben chronologischen Strukturierung des gesamten Fundstellenbestandes dienen soll, erfolgt die Zuordnung der Einzeldatierungen bzw. Fundstellen nicht apodiktisch nach absoluten Epochengrenzen, da sonst in einigen Fällen aufgrund des großen 2-Sigma-Bereichs strenggenommen eine spätbronze- bis jüngereisenzeitliche Datierung in Betracht gezogen werden müsste. Vgl. z.B. Alp la Motta (1858): B-4490.

²¹² Alp Flix II (3684): ETH-93945; Alp la Motta (1858): B-4490; Brüscheda I (18634): ETH-75696; Clavè d'Mez II (1864): ETH-93940; Dafora (723): ETH-75699; Fuortga (283): B-7016; Furnatsch (3682): ETH-63981; Mot la Bova (1897): ETH-63979; N Riom (2504): B-5324; Ober-Juppa I (18269): ETH-63995; Pareis III (18250): ETH-64001; Parseiras I (2945): B-7015; Parseiras II (2966): ETH-75697; Plaun Grand (18132): ETH-63997 und ETH-63998; Preda (18259): ETH-63984; Pro Davains II (69050): ETH-93947; Recta Davains I (68867): ETH-93941 und ETH-93942; Son Martegn (2943): B-4012; Sot al Crap (18273): ETH-63989; Sül Cunfin I (18247): ETH-63980; Sül Cunfin II (18248): ETH-63992 und ETH-93944.

²⁰² Vgl. B-6523.

²⁰³ Aufgrund seiner geringen Größe konnte nicht rekonstruiert werden, aus welchem Teil des Baums das analysierte Holzkohlestück stammt resp. ob ein Altholzeffekt vorliegen könnte. Besseres Probenmaterial für eine Neudatierung stand aus dieser Fundstelle trotz Geländebegehung inkl. Kellensondagen nicht zur Verfügung. Vgl. ETH-75700.

²⁰⁴ Schlackenhalde I: ETH-63985

²⁰⁵ Schlackenhalde II: ETH-63988.

²⁰⁶ Vgl. ETH-63983.

²⁰⁷ Vgl. B-4198, HD-9175-9319 und HD-9176-9361.

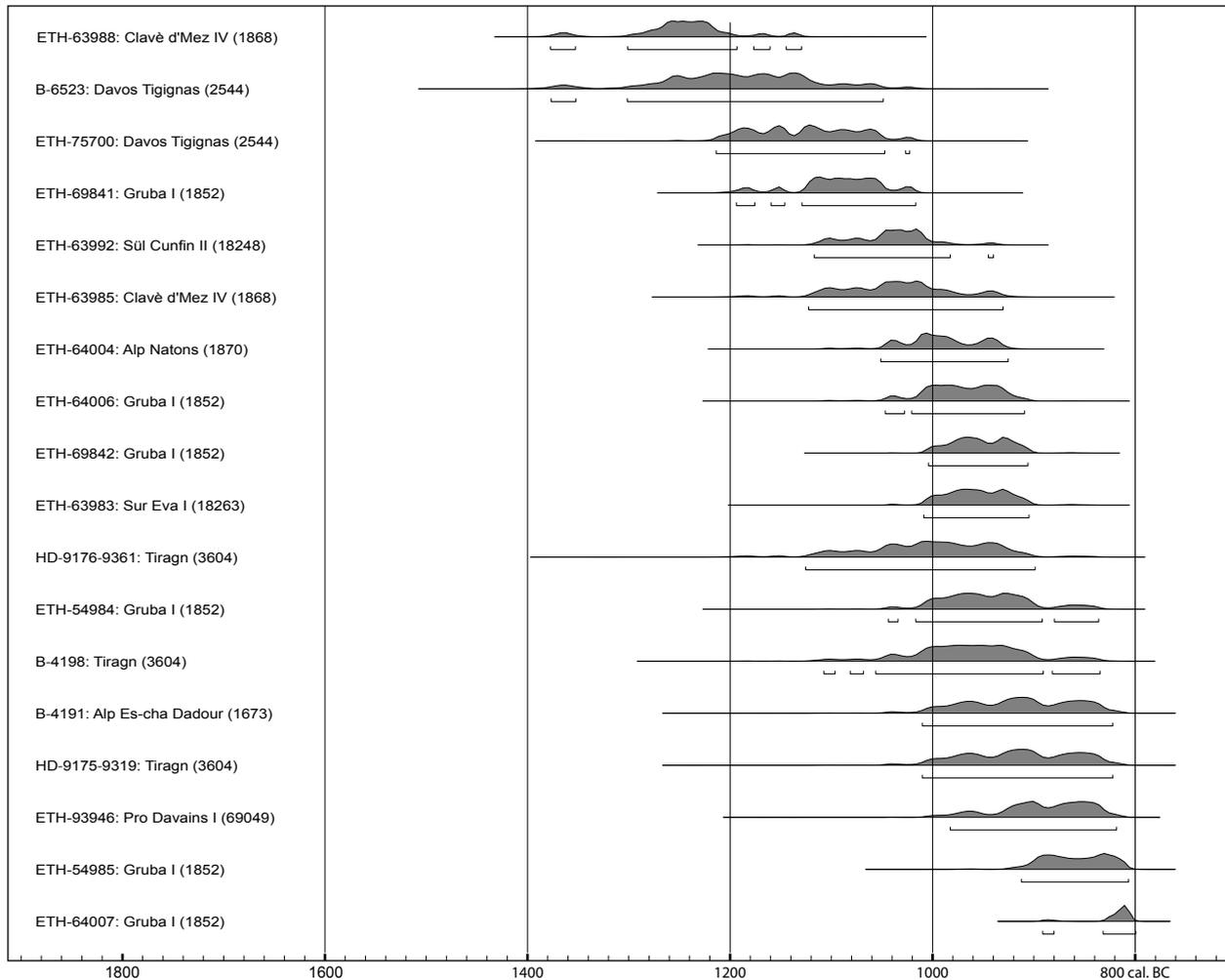


Abb. 2.65: Spätbronzezeitliche ^{14}C -Datierungen aus Schmelzplätzen im Oberhalbstein und angrenzenden Talschaften. Bei den B- und HD-Labornummern handelt es sich um Altdatierungen (nach Schaer, 2003, S. 37). Sämtliche restlichen Datierungen wurden im Rahmen des Bergbauprojektes zwischen 2013 und 2019 am Labor für Ionenstrahlphysik der ETH Zürich gemessen. Kalibration: OxCal v4.3; IntCal 13 atmospheric curve (Reimer, et al., 2013). Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Abb. 2.66: Ältere eisenzeitliche ^{14}C -Datierungen aus Schmelzplätzen im Oberhalbstein, Avers und Engadin mit summarischer Ergänzung der dendrochronologischen Datierungen (jüngstes Endjahr; vgl. Oberhänsli, et al., 2019). Bei den B-Labornummern handelt es sich um Altdatierungen (nach Schaer, 2003, S. 37), bei ETH-33112 und ETH-33113 um bislang unpublizierte Datierungen des ADG (2007). Sämtliche restlichen Datierungen wurden im Rahmen des Bergbauprojektes zwischen 2013 und 2019 am Labor für Ionenstrahlphysik der ETH Zürich gemessen. Kalibration: OxCal v4.3; IntCal 13 atmospheric curve (Reimer, et al., 2013). Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

wichtige zeitliche Indikatoren, die in der Summe für das übergeordnete Verständnis der prähistorischen Produktionsdynamik von zentraler Bedeutung sind (Abb. 2.66).

Scheinbar noch vor das Hallstattplateau und damit an den Beginn der Eisenzeit datieren gemäß der radiometrischen Analyse einer Astholzprobe die Fundstelle **Tges Alva II (18251)**²¹³ sowie möglicherweise einer Reihe weiterer Plätze, darunter **Plaz II (18262)**²¹⁴. Hier liegen zwei ^{14}C -Datierungen für die Zeit um 800 v. Chr. vor, bei denen es sich jedoch beide Male um eine Stammholz-

datierung handelt. Für diese Fundstelle ist daher – ebenso wie für die Schmelzplätze **Pra Miez (18254)**²¹⁵ und **Skilift (18270)**²¹⁶ mit vergleichbarer Datenlage – sowohl eine Datierung an den Beginn als auch in die entwickelte ältere Eisenzeit denkbar.

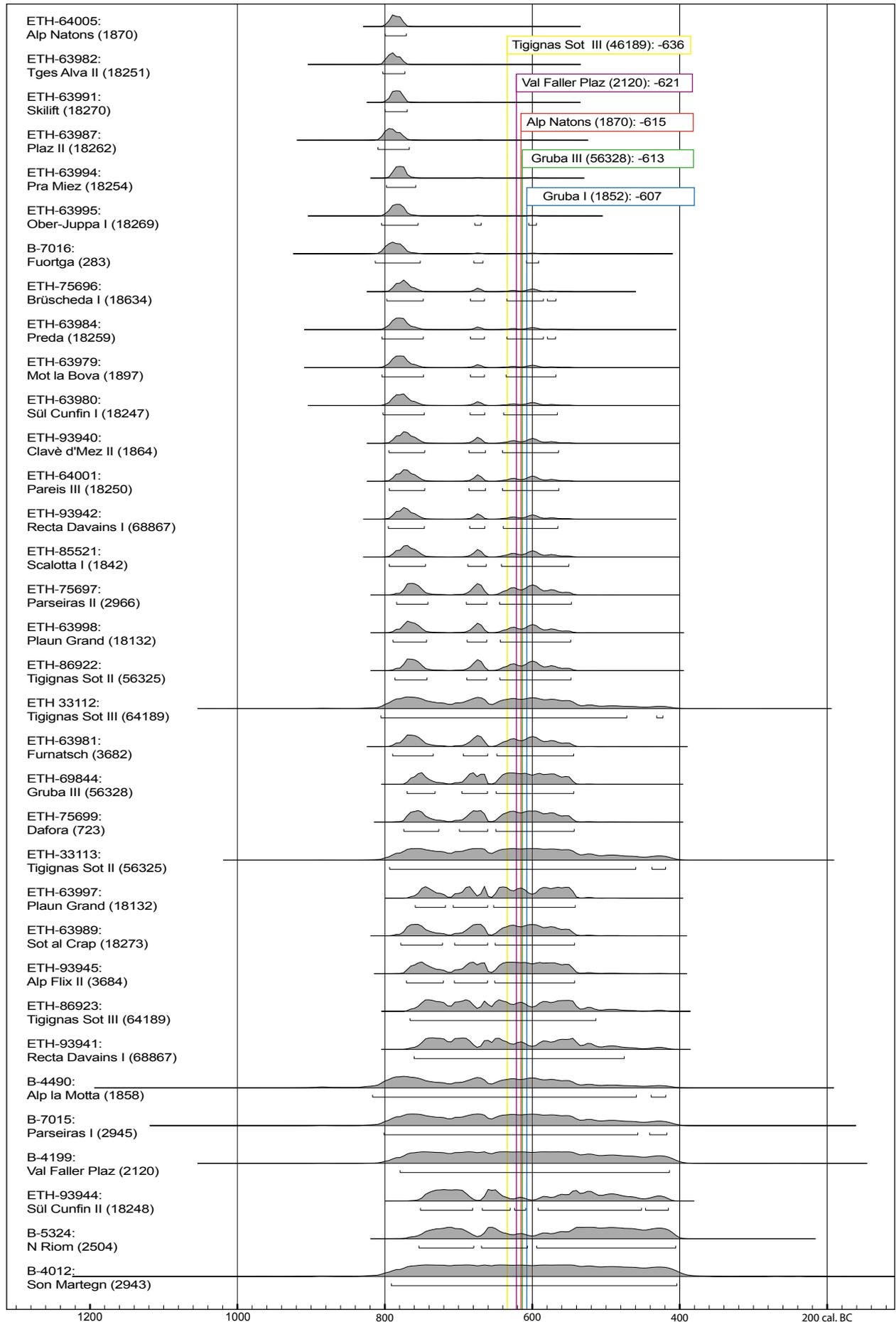
Eine genauere Diskussion ist für ausgewählte Schmelzplätze auf der Grundlage dendrochronologischer Analysen möglich. Dies betrifft aus naheliegenden Gründen – insbesondere Probenumfang und -qualität – fast ausschließlich Fundstellen aus der oberen Talstufe des

²¹³ Vgl. ETH-63982.

²¹⁴ Vgl. ETH-63986 und ETH-63987.

²¹⁵ Vgl. ETH-63994.

²¹⁶ Vgl. ETH-63991.



Oberhalbsteins, die in den letzten Jahren partiell bis flächig ausgegraben wurden. Für eine Reihe weiterer Schmelzplätze blieben die dendrochronologischen Untersuchungen primär aufgrund der jeweils sehr geringen Probenanzahl im einstelligen Bereich bislang ohne Ergebnis.²¹⁷

Ein relativ klares Bild zeigt sich für die beiden bestuntersuchten Schmelzplätze Gruba I (1852) und Val Faller Plaz (2120). Mit insgesamt 299 untersuchten Proben machen diese beiden Fundstellen über die Hälfte des gesamten dendrochronologischen Samples aus. Die mit 203 Einzelproben umfangreichste Datengrundlage stammt aus **Gruba I (1852)** und diente der Erstellung einer lokalen Referenzkurve²¹⁸ für die Datierung aller weiteren Proben. Für den Schmelzplatz selbst konnten auf diesem Wege 62 sichere Datierungen ermittelt werden, deren Endjahre über einen relativ großen Zeitraum zwischen 855 und 607 v. Chr. streuen, mit einem klaren Schwerpunkt im 7. Jahrhundert v. Chr. Datierungen mit sicherer oder vermuteter Waldkante sind hier ausschließlich für das letzten Drittel dieses Jahrhunderts belegt. Ein ähnliches Bild zeichnet sich in **Val Faller Plaz (2120)** ab, wo zwar nur 13 sichere Datierungen vorliegen²¹⁹, diese aber ebenfalls einen klaren Trend für die zweite Hälfte des 7. Jahrhunderts v. Chr. erkennen lassen: Das jüngste hier nachgewiesene Endjahr weist ins Jahr 621 v. Chr., wiederum eine Datierung mit unsicherer Waldkante. Es muss an dieser Stelle betont werden, dass das dendroarchäologische Potential der gemessenen Proben aus diesen beiden Schmelzplätzen damit aber noch nicht ausgeschöpft ist. Für beide Fundstellen ist von (mindestens) zwei stratigraphisch differenzierbaren Betriebsphasen auszugehen (Turck, 2019). Da jedoch die entsprechende Befundauswertung noch nicht abgeschlossen ist, konnte die dendrochronologische Datenanalyse nicht nach Phasen getrennt erfolgen; Datierungen an Proben mit weniger als 50 Jahrringen wurden vorläufig nicht berücksichtigt. Es ist zu erwarten, dass eine spätere befundbasierte Reevaluierung des Datensatzes wichtige Hinweise zur Frage der chronologischen Feinstruktur – etwa hinsichtlich der Dauer einzelner Betriebsphasen bzw. der zeitlichen Unterbrechungen dazwischen – liefern könnte. Zudem sind auch weitere Erkenntnisse zur bereits mehrfach angesprochenen Problematik des Altholzeffekts sowie zu den auffälligen Diskrepanzen zwischen den angewendeten absoluten Datierungsmethoden zu erwarten. Für Gruba I liegen neben den stringenten Resultaten der dendrochronologischen Auswertung auch eine ganze Reihe an relativ alten, teilweise bis in die Spätbronzezeit zurück reichenden ¹⁴C-Datierungen vor.²²⁰ Davon zeigen

diejenigen, die auf einer jahrringgenauen Beprobung von dendrochronologisch datierten Holzkohlen basieren²²¹ eine mit den wiggle-matching-Resultaten aus Cotschens (1890) und Scalotta I (1842) vergleichbare Verschiebung (vgl. S. 83; S. 93). Die ¹⁴C-Datierungen fallen auch hier deutlich «zu alt» aus. Es ist im Rahmen künftiger Untersuchungen unbedingt systematisch zu überprüfen, wie dieses methodische Problem gelöst werden kann und welche Konsequenzen sich aus allfälligen ¹⁴C-Kalibrationsunschärfen für die restlichen hier diskutierten, nicht mittels Dendrochronologie überprüfbar datierten Datierungen ergeben. Im konkreten Fall von Gruba I muss eine abschließende Beurteilung der (übrigen) spätbronzezeitlichen Datierungen – methodisches «Datierungsartefakt»? Massive Altholzeffekte? Altholzverwendung? Ältere Betriebsphase? – bis zur Klärung dieser Frage offen bleiben. Bis dahin ist für die Kontextualisierung der fraglichen Proben und Fundstellen eine Priorisierung der dendrochronologischen Datierungsergebnisse angezeigt.

Ähnlich präsentiert sich die Situation auf der **Alp Natons (1870)**, wo die dendrochronologischen Auswertungen wiederum eine Datierung der Befunde frühestens ins ausgehende 7. Jahrhundert v. Chr. nahelegen, gleichzeitig aber auch bis zu 300 Jahre ältere ¹⁴C-Datierungen vorliegen.²²²

Weitere dendrochronologische Datierungen konnten für den südlichen Abschnitt des Oberhalbsteins aus mächtigen Holzkohlehorizonten der beiden Fundstellen **Gruba III (56328)** und **Pareis I (1860)** ermittelt werden. An beiden Plätzen fällt das jüngste nachgewiesene Endjahr wiederum in die 610er Jahre v. Chr.; in Gruba III handelt es sich dabei um eine Datierung mit unsicherer Waldkante, in Pareis I um eine ohne solche. Für beide Plätze liegt zudem je ein ¹⁴C-Datum vor, das im Falle von Gruba III gut mit dem Befund der dendrochronologischen Auswertung übereinstimmt.²²³ Das Altdatum aus Pareis I datiert hingegen ins 4.–1. Jahrhundert v. Chr. und somit in die jüngere Eisenzeit.²²⁴ Die genaue Herkunft der Probe ist allerdings unbekannt; mit großer Wahrscheinlichkeit handelt es sich um ein Holzkohlefragment aus einer Sondage J. Rageths, der in Pareis I in den frühen 1990er Jahren eine Steinstruktur sowie eine Schlackengrube untersucht hatte. Diese Befunde lagen jedoch in einiger Entfernung zu den jüngst untersuchten und dendrochronologisch datierten Strukturen.²²⁵ Es dürfte sich dabei also um einen separaten Fundstellenbereich oder – in Anlehnung an die Datierungsdiskrepanz – sogar um eine weitere, nahe gelegene Fundstelle handeln.

Auf den ersten Blick ebenfalls partiell widersprüchlich präsentiert sich die Situation in **Scalotta I (1842)**, wo aus dem Kontext einer baubegleitenden Schmelzplatz-

²¹⁷ Vgl. Tab. 2.4: Brüscheda I (18634); Dafora (723); Pardeala (1846); Parseiras II (2966); Sur Eva I (18263).

²¹⁸ Methodische Ausführungen zum gewählten Verfahren vgl. Oberhänsli, et al. (2019, S. 249).

²¹⁹ Zusätzlich gibt es ein einzelnes ¹⁴C-Altdatum, das gut mit den Resultaten der dendrochronologischen Untersuchung übereinstimmt. Vgl. B-4199.

²²⁰ Vgl. ETH-54984, ETH-54985, ETH-64006, ETH-64007, ETH-69841 und ETH-69842.

²²¹ Vgl. ETH-69841 und ETH-69842. Vgl. dazu Sindelar, 2017, S. 26.

²²² Vgl. ETH-64004 und ETH-64005.

²²³ Dies dürfte u.a. auch daran liegen, dass für beide Methoden derselbe Befundbereich beprobt wurde (vgl. ETH-69844).

²²⁴ Vgl. B-4498.

²²⁵ Vgl. dazu Anhang B.2, Pareis I (1860).

Untersuchung im Jahr 2014 eine spätrömische Dendro-Datierung ins Jahr 393 n. Chr. (ohne Waldkante) vorliegt. Die Überprüfung dieser Datierung mithilfe eines wiggle-matchings²²⁶ bestätigte zwar die römerzeitliche Einordnung der Probe, ist jedoch mit einem vergleichbaren Problem behaftet wie die bronzezeitlichen Proben aus dem Haldenbereich von Cotschens (1890) und weitere Proben aus Gruba I (1852) (s. S. 83; S. 92 sowie Abb. 2.67). Abgesehen von dieser ungelösten methodischen Frage scheint die Datierung der verhüttungstechnischen Befunde in nachchristliche Zeit aus verschiedenen Gründen fraglich. Zum einen liegen bislang – vom Hinweis auf völlig andere metallurgische Tätigkeiten in der römischen Ansiedlung in Riom abgesehen (Rageth, 1982) – aus dem gesamten Untersuchungsgebiet keinerlei Hinweise auf römische Bergbau- oder Verhüttungsaktivitäten vor. Zum anderen sind die in Scalotta I bereits bei unterschiedlichen Gelegenheiten dokumentierten Befunde sowie insbesondere die geborgenen Funde – d.h. Schlacken und Düsenfragmente – typologisch zweifelsfrei der urchenzeitlichen Kupfergewinnung zuzuordnen. Diese Einschätzung konnte in Folge mittels einer weiteren ¹⁴C-Datierung an einem Holzkohlefragment bestätigt werden, das an einem Schlackestück aus dem in situ-Bereich der Schlackenhalde anhaftete.²²⁷ Demnach handelt es sich auch bei Scalotta I um einen Schmelzplatz der älteren Eisenzeit. Die spätrömische (oder jüngere) Holzkohle dürfte durch frühere Bodeneingriffe im Bereich der Fundstelle verlagert worden sein oder aber anderweitige, mit den verhüttungstechnischen Befunden nicht direkt in Bezug stehende menschliche Aktivitäten in diesem Bereich anzeigen. Dies ist wenig erstaunlich, markiert die am Fuße der heutigen Staumauer gelegene Flur Scalotta doch eine topografische Engstelle der Julier- bzw. Septimerpassroute, die in römischer Zeit nachweislich rege frequentiert wurden (Matteotti, 2002; Rageth, 1986b; Rageth und Zanier, 2010).

Für die untere Talstufe konnten bislang nur für die beiden nahe beieinander gelegenen, allenfalls sogar zusammengehörigen Fundstellen **Tignas Sot II (56325)** und **Tignas Sot III (64189)** dendrochronologische Datierungen ermittelt werden. Diese weisen wiederum in die zweite Hälfte des 7. Jahrhunderts v. Chr. Für beide Plätze gilt gemäß dendrochronologischer Auswertung ein terminus post quem von 636 v. Chr.; einmal mit unsicherer Waldkante, einmal ohne solche. Diese zeitliche Einordnung wird durch vier ¹⁴C-Datierungen aus dem 8.–6. Jahrhundert v. Chr. bestätigt.²²⁸

Jüngere Eisenzeit

Hinweise auf eine jüngereisenzeitliche Produktionsphase gab es zu Beginn der Untersuchungen lediglich in Form

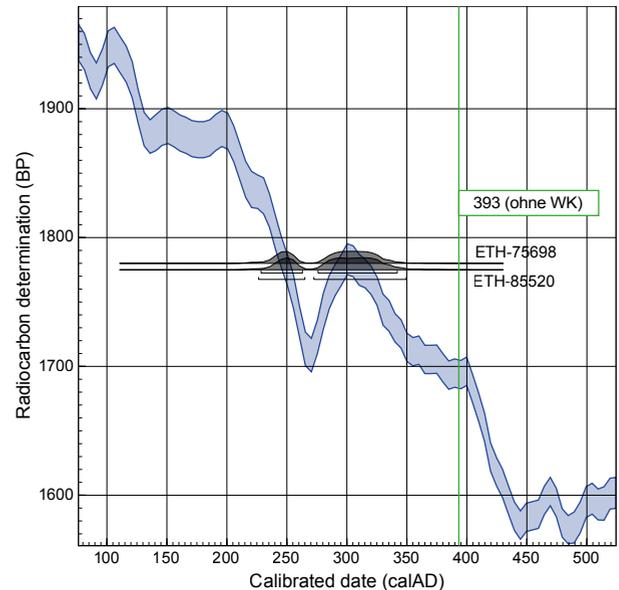


Abb. 2.67: Marmorera, Scalotta I. Projektion der beiden wiggle-matching-¹⁴C-Datierungen von einer Holzkohleprobe mit 98 Jahrringen auf die ¹⁴C-Kalibrationskurve. Das dendrochronologisch ermittelte Endjahr 393 n. Chr. liegt außerhalb des 2-Sigma-Bereichs der entsprechenden ¹⁴C-Datierung (ETH-85520). Die beiden Radiocarbon daten wurden am Labor für Ionenstrahlphysik der ETH Zürich gemessen. Kalibration: OxCal v4.3; IntCal 13 atmospheric curve (Reimer, et al., 2013). Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

des oben bereits angeführten, nicht kontextualisierten ¹⁴C-Datums aus der Fundstelle Pareis I (1860) (s. S. 92). Diese recht dünne Datengrundlage kann inzwischen um einige wenige absolute Datierungen ergänzt werden. Zum einen liegen aus der urchenzeitlichen Grube 1 auf Cotschens (1890) verschiedene Holzobjekte aus der Latènezeit vor, die zweifelsfrei bergbauliche Aktivitäten gegen Ende des 1. Jahrtausends v. Chr. belegen (s. S. 86) und damit auch Hinweise auf zeitlich koinzidierende Verhüttungsaktivitäten erwarten lassen.²²⁹ Zum anderen existieren inzwischen auch aus dem Bereich zweier weiterer Fundstellen absolute Datierungen für die zweite Hälfte des 1. Jahrtausends v. Chr. (Abb. 2.68).

Die Fundstelle **Ual da Val (2535)** in der unteren Talstufe datiert demzufolge ins 4.–3. Jahrhundert v. Chr.²³⁰ Die radiometrisch analysierte Holzkohleprobe stammt jedoch nicht aus einem gesicherten in situ-Kontext, sondern aus einem humosen, mit zahlreichen Schlacken und Holzkohlefragmenten durchsetzten, möglicherweise umgelagerten Sediment im Randbereich der durch Terrassierungen und Vegetation stark überprägten Fundstelle. Auch hier wären – wie in Pareis I – für eine bessere Beurteilung weiterführende Untersuchungen notwendig.

²²⁶ Vgl. ETH-75698 und ETH-85520.

²²⁷ Vgl. ETH-85521.

²²⁸ Vgl. ETH-33112, ETH-33113, ETH-86922 und ETH-86923.

²²⁹ In Anbetracht des möglicherweise lediglich prospektiven Charakters der jüngereisenzeitlichen Abbauaktivitäten in Cotschens ist allenfalls nur von klein(st)maßstäblichen Schmelzaktivitäten auszugehen.

²³⁰ Vgl. ETH-86924.

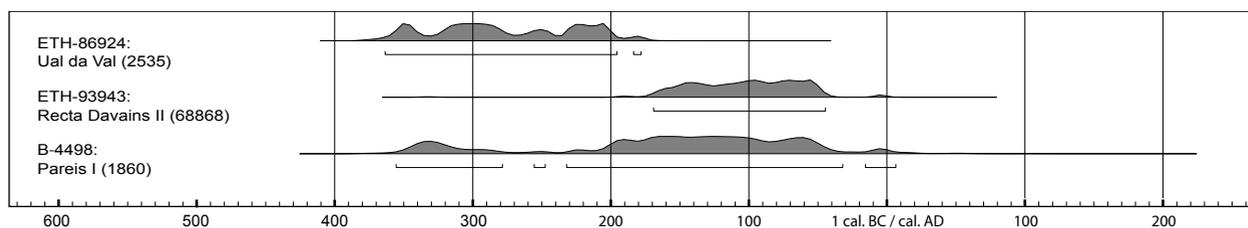


Abb. 2.68: Jünger eisenzeitliche ^{14}C -Datierungen aus Schmelzplätzen im Oberhalbstein. Bei B-4498 handelt es sich um eine Altdatierung (nach Wyss, 1993, S. 202). Die anderen beiden Datierungen wurden im Rahmen des Bergbauprojektes zwischen 2013 und 2019 am Labor für Ionenstrahlphysik der ETH Zürich gemessen. Kalibration: OxCal v4.3; IntCal 13 atmospheric curve (Reimer, et al., 2013). Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Das bislang aktuellste latènezeitliche Datum stammt aus dem erst kürzlich entdeckten und noch nicht genauer untersuchten Schmelzplatz **Recta Davains II (68868)** und geht auf eine Holzkohleprobe aus einem Bohrprofil zurück.²³¹

Insgesamt scheinen sich also Hinweise auf eine jüngereisenzeitliche Kupferproduktion im Oberhalbstein zu verdichten. Im Vergleich etwa zu den ebenfalls nur punktuell belegten spätbronzezeitlichen Aktivitäten präsentiert sich die Datenlage aber weiterhin sehr fragmentarisch und noch wenig belastbar. Mit Ausnahme des gesicherten Nachweises latènezeitlicher Abbauaktivitäten auf Cotschens stehen alle weiteren Belege bisher auf wackeligen Beinen. Eine gezielte Überprüfung und insbesondere archäologisch differenziertere Charakterisierung dieser jüngeren Produktionsphase im Rahmen künftiger Untersuchungen wäre wünschenswert.

Unbestimmt

Abzüglich sämtlicher absolutchronologisch oder typologisch datierten Fundstellen verbleiben nach derzeitigem Kenntnisstand 23 Plätze unbestimmter Zeitstellung. Es handelt sich dabei primär um bislang unzureichend untersuchte Schmelzplätze sowie Schlackenfundstellen zweifelhafter Qualität (Einzelfunde, Streufunde etc.).²³² Dazu zählen auch zwei Fundstellen im Raum Sur – **Spliatz I (68859)** und **Spliatz V (68866)** – für die je ein neuzeitliches ^{14}C -Datum vorliegt.²³³ Beim Probenmaterial handelt es sich in beiden Fällen um Holzkohlen aus Bohrprofilen im Bereich von Schlackenfundstellen ohne eindeutigen Befundzusammenhang. Diese absoluten Datierungen dürften daher weniger die hier vermuteten Befunde als vielmehr deren Überprägung durch jüngere

Aktivitäten abbilden. In der Flur Spliatz sind neben den fünf neu detektierten Schlackenfundstellen bzw. Schmelzplätzen namentlich auch eine mittelalterliche Burgruine sowie der Verlauf eines neuzeitlichen Verkehrswegs dokumentiert. Aus einem derart stark genutzten und umgestalteten Geländebereich ist selbst im Bereich von Schlackenkonzentrationen oder beim Nachweis von brandgeröteten Sedimentbestandteilen im Bohrprofil Vorsicht vor einer vorschnellen Interpretation geboten. Generell haben die Erfahrungen aus den Geländearbeiten gezeigt, dass die zu Ende des Projektes vermehrt eingesetzte Beprobungsstrategie mittels einfacher Hand-Sondierbohrungen problematisch sein kann.²³⁴ Aussagekräftige Datierungsproben sollten wenn immer möglich aus einem gesicherten, stratifizierten Kontext entnommen werden. Wo holzkohleführende Schichten auf der Grundlage eines Bohrprofils nachgewiesen oder vermutet werden, ist demnach besser zusätzlich eine Kellensondage zur eigentlichen Probenentnahme anzulegen.

Eine ähnliche Situation liegt für den bislang ersten Schmelzplatz im Bergell vor: In **Mota Farun (68476)** konnten oberflächlich verschiedene Befundzonen identifiziert und mittels Sondagen als in situ-Situationen klassifiziert werden. Neben zwei Schlackenhalden handelte es sich dabei um eine größere Holzkohlekonzentration im Bereich eines umgefallenen Wurzelstocks. Die aus diesem natürlichen Aufschluss entnommenen Holzkohlen scheinen allerdings gemäß absoluter Datierung²³⁵ nicht bei der Kupfergewinnung, sondern im Zuge jüngerer menschlicher Aktivitäten abgelagert worden zu sein. Die für die Höhenlage der Fundstelle eher geringe Überdeckung der betreffenden Schicht sowie das Fehlen von Schlackenfunden in derselben stützen diese Interpretation. Dass es sich beim daneben bzw. darunter liegenden Schmelzplatz dennoch zweifelsfrei um eine prähistorische Fundstelle handelt, belegen die sehr zahlreich

²³¹ Vgl. ETH-93943.

²³² Alp Flix III (18252); Bajols (68885); Barscheinz I (42631); Brüscheda II (256); Clavè d'Mez I (1862); Cresta (61082); Glignia II (61086); Pareis II (1844); Pareis V (68884); Plang (69052); Pro Davos (69051); Purgira (68466); Schmelzofen bei Mon (2104); Spliatz I–V (68859; 68863; 68864; 68865; 68866); Sur Eva II (18267); Sur Gonda (273); Tga d'Meir (69047); Tges Alva I (285); Vorderbergalga I (18271).

²³³ Vgl. ETH-93938 und ETH-93939.

²³⁴ Die Beprobung der 2017 und 2018 neu dokumentierten Fundstellen fand größtenteils nicht mehr im Rahmen der vorliegenden Arbeit und folglich durch ein anderes Team statt. Der Vollständigkeit halber werden die entsprechenden Datierungsergebnisse hier aber dennoch mit besprochen.

²³⁵ Vgl. Beta-535428.

dokumentierten und makroskopisch untersuchten Verhüttungsschlacken, die sich nicht von den Funden aus dem benachbarten Oberhalbstein unterscheiden (s. dazu auch Wenk, et al., 2019). Die Fundstelle wird daher vorläufig als typologisch in prähistorische Zeit datiert geführt.

Abschließend gilt es noch zwei weitere historisch bzw. rezent überprägte Fundstellen hervorzuheben, deren ursprüngliche Datierung nicht mehr sinnvoll rekonstruiert werden kann. Es sind dies die mit großer Wahrscheinlichkeit im Mittelalter sekundär verlagerten Schlackenfunde aus dem Bereich der Burg **Marmels (1839)** sowie die im Zuge einer modernen Bauschuttdeponie verlagerten Schlackenfunde aus **Vialada Motta (2520)**.

2.4 Zusammenfassung: Raum und Zeit

Das Untersuchungsgebiet umfasst das Gebiet des Nord-Süd-verlaufenden Oberhalbsteins zwischen dem «Stein» im Norden und dem Julierpass im Südosten, punktuell werden hier aber auch die benachbarten Talschaften Engadin und Avers berücksichtigt. Geologisch gesehen liegt das Oberhalbstein im Grenzbereich zwischen den Zentral- und Ostalpen, wo die Überschiebung der ostalpinen Decken über das Penninikum der Zentralalpen abgeschlossen ist. In diesem Überschiebungsgebiet liegt auch die oberpenninische Platta-Decke, in deren Serpentin-Sequenzen und basischen Vulkaniten zahlreiche kleine, vorwiegend sulfidische Eisen-Kupfer-Vererzungen liegen. Ein Großteil dieser Mineralisationen wurden in den 1960er Jahren durch den Geologen V. Dietrich (s. Dietrich, 1972) detailliert untersucht und vorgelegt. Auf dieser Grundlage wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit an 23 Lokalitäten Erzprospektionen durchgeführt, um Probenmaterial für die in Kapitel 4 vorgestellten geochemischen und mineralogischen Analysen zu gewinnen. Dabei konnten auch einige wenige zuvor nicht genauer untersuchte oder gänzlich unbekannte Kupfererzvorkommen neu verzeichnet werden.

Aus archäologischer und geographischer Perspektive lässt sich das Oberhalbstein in zwei Abschnitte unterteilen. Die tiefer liegende untere Talstufe im Norden zwischen Salouf und Rona ist – im Gegensatz zur oberen

Talstufe – von einer offeneren Landschaft und einem milderen Klima geprägt. Bereits ab der frühen Bronzezeit lassen sich hier Spuren einer ganzjährigen, primär auf bäuerlicher Subsistenzwirtschaft basierenden Besiedlung mit Bezug zur transalpinen Mobilität nachweisen. Im Kontext der bronzezeitlichen Siedlungsbefunde wurden aber immer auch Hinweise auf Aktivitäten der primären und sekundären Metallurgie gefasst. Eigentliche montanarchäologische Fundstellen in Form von Gruben und Schmelzplätzen lassen sich hier ab der Spätbronzezeit nachweisen. Aber auch in der älteren Eisenzeit, in der Siedlungsbefunde bisher weitgehend fehlen, wurde in der unteren Talstufe nachweislich Kupfer produziert. Insgesamt sind aus diesem Talabschnitt inzwischen 19 Fundstellen der Kategorie «Schmelzen» sowie eine urgeschichtliche Grube–Avagna-Ochsenalp (3911)–bekannt.

Das eigentliche Produktionszentrum dürfte aber insbesondere in der zweiten Phase in der südlichen, oberen Talstufe gelegen haben, wo nach intensiven Geländebegehungen inzwischen 61 Schlackenfundstellen und Schmelzplätze sowie mindestens fünf urgeschichtliche Gruben bekannt sind, die überwiegend in den Zeitraum zwischen 800 und 500 v. Chr., also in die ältere Eisenzeit, datieren. Ausgehend von einer umfangreichen dendrochronologischen Untersuchung an über 500 Holz(kohle)proben kann hier insbesondere für die Zeit um 600 v. Chr. von einer Blütephase der lokalen Kupferproduktion ausgegangen werden.

Die montanarchäologischen Fundstellen in der unteren Talstufe wurden – mit Ausnahme der Fundstelle Tiragn – bisher nicht systematisch archäologisch untersucht. Dennoch liegen an verschiedenen Fundstellen Hinweise auf verhüttungstechnische Befunde vor, die in der Regel aber im Rahmen von Bauarbeiten dokumentiert wurden und heute nicht mehr erhalten oder zugänglich sind. Anders präsentiert sich die Situation in der oberen Talstufe, wo in den vergangenen Jahren mehrere, teilweise für den alpinen Raum bislang singuläre Verhüttungsöfen, ein Röstbett sowie zahlreiche weitere Befunde ausgegraben wurden, die wesentlich zur Klärung technologischer und chronologischer Fragen beigetragen haben.

Im Verlaufe der vergangenen Jahre konnten zudem die Hinweise auf urgeschichtliche Kupfergewinnung in den benachbarten Talschaften Avers, Bergell und Engadin in Form von bisher insgesamt sieben Schlackenfundstellen und Schmelzplätzen verdichtet werden.

3 Schlacken – Typologie und Morphologie

Schmelzplätze kennzeichnen sich in der Regel durch eine ausgeprägte Fundarmut oder zumindest ein starkes Ungleichgewicht unterschiedlicher Objektkategorien: Vereinzelt Fragmenten von Gebrauchskeramik, Knochen oder wenigen Steingeräten stehen große Mengen an Schlacken, Tondüsenfragmenten und Holz(kohlen) gegenüber. Im Oberhalbstein wurden bisher an keinem einzigen Schmelzplatz Zwischen- und Endprodukte wie Röstgut, Kupferstein oder metallisches Kupfer dokumentiert. Für eine prozesstechnologische Analyse stehen also neben den eigentlichen Befunden primär die Verhüttungsschlacken zur Verfügung, die Gegenstand der vorliegenden Untersuchung sind.²³⁶

Diese Materialgruppe kann auf unterschiedliche Weise untersucht werden. Bislang fanden primär mineralogische und geochemische Analysen Anwendung, um die einzelnen Reaktionsschritte vom Erz hin zum Metall zu entschlüsseln (z.B. Addis, 2013; Doonan, 1996; Kraus, 2014; Metten, 2003). Da die Ergebnisse dieser naturwissenschaftlichen Untersuchungen in der Regel aber nicht selbsterklärend sind und sich bisweilen verschiedenen Interpretationsmodellen zuweisen lassen, wurden jüngst auch vermehrt archäologische Experimente auf der Grundlage von archäologischen Befunden oder ethno(archäo)logischen Studien durchgeführt, um eine plausible, praxisnahe Dateninterpretation zu gewährleisten bzw. theoretische Prozessmodelle kritisch zu überprüfen. Verschiedene Projekte haben in den letzten Jahren das Erkenntnispotential dieser methodischen Zugänge – gerade auch in Kombination mit naturwissenschaftlichen Analysen – verdeutlicht (Anfinset, 2011; Goldenberg, et al., 2011; Hanning, 2012; Hanning und Pils, 2011).

Ein wiederkehrendes Argumentationselement im seit Jahrzehnten anhaltenden wissenschaftlichen Diskurs (s. Kapitel 5.2) zur exakten Funktionsweise des prähistorischen alpinen Kupfergewinnungsprozesses sind die unterschiedlichen Typen von Verhüttungsschlacken. Gerade die Frage nach der Zuordnung verschiedener Schlackentypen zu einzelnen Prozessschritten spielt dabei eine zentrale Rolle. Aber auch die Frage nach einem möglichen «Abstich»²³⁷ der Schlacken ist immer

wieder Gegenstand kontroverser Diskussionen.²³⁸ Oft kommt den verschiedenen Typen in den unterschiedlichen Argumentationsketten zur Prozessrekonstruktion eine wichtige Funktion zu, ohne dabei selbst explizit Gegenstand der Diskussion zu sein.

Eine eingehende typologische und morphologische Untersuchung der verschiedenen Schlackentypen drängt sich daher geradezu auf, zumal es sich bei der Typologie oder Typographie um eines der zentralen archäologischen Konzepte zur Untersuchung von Fundmaterial handelt. Ihr Ziel besteht darin, «eine mehr oder weniger ungegliederte Gesamtheit von Funden [...] so zu unterteilen, dass daraus sinnvolle Einheiten gemäß seiner Fragestellung entstehen.» (Eggert, 2005, S. 127-129). Dennoch fand die Typologie in der Bearbeitung prähistorischer Kupferverhüttungsschlacken bisher erstaunlicherweise nur selten Berücksichtigung²³⁹, obwohl sich diese Fundgruppe für eine solche Auswertung bestens eignet.

Sofern sie nicht vollständig zu Schlackensand weiterverarbeitet wurden, sind Kupferverhüttungsschlacken – spätestens ab der Mittelbronzezeit – in der Regel in sehr großen Mengen verfügbar und somit für statistische Auswertungen geeignet. Im Gegensatz zu den meisten anderen archäologischen Funden scheinen Schlacken zudem ausschließlich eine technologische «Funktion» erfüllt zu haben: das Gelingen des Schmelzprozesses durch eine möglichst optimale Abtrennung des Wertträgers. Schlacke war primär ein Abfallprodukt, ein Nebeneffekt des technologischen Prozesses. Es wird hier daher davon ausgegangen, dass die äußere Form einer Schlacke ausschließlich ein Produkt ihrer Funktion darstellt und keinen intentionellen Formgebungsprozess durchlaufen hat. Die Berücksichtigung sozio-kultureller Faktoren ist bei einer typologischen Evaluation dieses Materials also nicht erforderlich.²⁴⁰ Typologische Unterschiede in Zeit

«abstechen»), ist ein periodisches Ausfließen von Schlacke (und Wertträger) während des Verhüttungsprozesses durch eine Abstichöffnung o.ä. gemeint.

²³⁸ Zuletzt zusammenfassend diskutiert bei Hanning, Herdits und Silvestri (2015).

²³⁹ Eine Ausnahme stellt die typologische Auswertung des Oberhalbsteiner Schlackenmaterials durch A. Schaer (2003) sowie eine Untersuchung von H. Herdits (1997) im Mitterberger-Revier dar.

²⁴⁰ Dies soll jedoch keinesfalls bedeuten, dass die Wahl bzw. Ablehnung oder Adaption einer bestimmten Technologie keiner sozio-kulturellen Beeinflussung unterliegt.

²³⁶ Teile dieses Kapitels wurden bereits im Tagungsband Alpine Copper II (Reitmaier-Naef, 2019) in englischer Sprache veröffentlicht.

²³⁷ Mit dem Begriff «Abstich» (auch als Verb verwendet

und Raum sind primär mit veränderten Rahmenbedingungen – etwa den naturräumlichen Gegebenheiten oder dem lokal anstehenden Rohmaterial – in Verbindung zu bringen. Aber selbst wenn die Klassifikation von Verhüttungsschlacken als Versuch zur Bildung einer funktionalen Typologie verstanden wird, sollten die resultierenden Typen nicht als historische Entitäten verstanden werden (Vossen, 1970, S. 30-31).

Darüber hinaus sind Schlacken aufgrund ihrer Materialeigenschaften und der Tatsache, dass sie während des Schmelzprozesses zumindest teilweise verflüssigt waren, auch ein wichtiger Informationsträger für konkrete, materielle Prozesskonditionen wie etwa die Größe und Form des Reaktors oder für das Abkühlungs- bzw. Depositionsmilieu. Eine detaillierte Untersuchung von morphologischen Charakteristika kann dabei helfen, offene Fragen zum Prozess zu beantworten oder zumindest Hinweise dazu liefern, wie die Daten (nicht) interpretiert werden sollen.

In der vorliegenden Arbeit soll nun eine solche typologisch-morphologische Herangehensweise mit naturwissenschaftlicher Analytik kombiniert und inhaltlich verknüpft werden. Um die methodisch bedingt divergierende Informationstiefe dieser verschiedenen Zugänge optimal zu nutzen, wurde eine dreistufige Untersuchungsstrategie gewählt: Ein Großteil des aus früheren Untersuchungen sowie eigenen Geländearbeiten verfügbaren Schlackenmaterials aus vielen verschiedenen Fundstellen wird nach einer einfachen funktionalen Typologie beurteilt und quantifiziert, um einen großmaßstäblichen Überblick der Typenverhältnisse und der Typenverteilung im Untersuchungsgebiet zu erhalten. Eine Auswahl an besonders informativen Einzelstücken (z.B. Randstücke, besonders große Fragmente, Schlacken mit Abdrücken etc.) werden detaillierter dokumentiert, um Rückschlüsse auf spezifische Fragen – etwa jene nach der Form und Größe des jeweiligen Reaktors – zu erhalten, sowie um die für die Klassifikation des Materials ausgewählten diagnostischen Merkmale zu überprüfen. Eine Auswahl des Schlackentypen-Spektrums von sieben ausgewählten Fundstellen wird außerdem mineralogisch und geochemisch untersucht (s. Kapitel 4.3). Die Kombination dieser Makro- und Mikroanalyse bildet schließlich – in Verknüpfung mit den Untersuchungen an den archäologischen Befunden und an Erzproben – die Grundlage für die Formulierung eines Rekonstruktionsvorschlages für den «Oberhalbstein-Prozess» (s. Kapitel 5.4).

3.1 Schlackentypologie

Zunächst soll die Frage nach den verschiedenen Schlackentypen und deren Differenzierung erläutert werden, was durch die unzureichende Definition und inkonsistente Verwendung der verschiedenen Typen in der archäologischen und archäometallurgischen Fachliteratur

erschwert wird. Der Diskurs über die mittel- und spätbronzezeitliche Chalkopyrit- und Fahlerzverhüttung im Alpenraum²⁴¹ ist begrifflich primär durch die Dominanz der porösen, groben «Schlackenkuchen» (engl. slag cake), der dünnen, homogenen «Plattenschlacken» (engl. plate slag oder platy slag) sowie dem kleinteiligen Aufbereitungsprodukt «Schlackensand» (engl. slag sand) geprägt (Tab. 3.1). Gleichzeitig finden aber auch alternative Begriffe wie «Blasenschlacke» oder «Laufschlacke» Verwendung (vgl. Doonan, 1996; Klemm, 2003; Kraus, 2014), was in der regionalen Forschungsgeschichte begründet sein dürfte.²⁴² Diese inkonsistente Terminologie erschwert die inhaltliche Diskussion über den Verhüttungsprozess deutlich, zumal den unterschiedlichen Typen in der Regel keine ausreichende Definition zugrunde liegt.

Die knappe typologische Beschreibung der Schlacken steht häufig einer sehr detaillierten mineralogischen und geochemischen Charakterisierung gegenüber, die in der Regel nicht mit makroskopischen Merkmalen der Schlacken in Verbindung gebracht werden. Mittels archäometallurgischer Analysen können zwar Fragen zum verwendeten Rohmaterial, zur Prozessatmosphäre und -temperatur, zu den chemischen Reaktionen während der verschiedenen Prozessschritte oder zum (Zwischen-)Produkt beantwortet werden. Sie sollten jedoch in keinem Fall die Grundlage für die eigentliche archäologische Klassifikation des Fundmaterials bilden, da sie immer nur einen sehr kleinen Ausschnitt des Gesamtbestandes repräsentieren – zumal nicht selten sowohl zwischen den Typen, innerhalb einzelner Typen als auch innerhalb einzelner Schlacken eine große mineralogisch-geochemische Variabilität festgestellt werden kann. Um also eine unreflektierte Überbewertung zufälliger Proben zu vermeiden, muss vor der Beprobung zwingend eine unabhängige archäologische Klassifikation des Materials erfolgen, die dann wiederum anhand der naturwissenschaftlichen Analyseergebnisse kritisch überprüft und reflektiert werden soll. Eine entsprechend detaillierte makroskopische Beschreibung der Schlacken – gerade auch in Verbindung mit archäometallurgischen Untersuchungen – führt außerdem zu einer deutlichen Verbesserung der Vergleichbarkeit von Proben und Resultaten. Darüber hinaus wären auch mehr und qualitativ bessere Abbildungen der verschiedenen Proben bzw. Schlackentypen sowie eine einheitliche Darstellungsweise wünschenswert.

²⁴¹ Natürlich wurde zur selben Zeit auch in verschiedenen anderen Regionen Chalkopyrit zu metallischem Kupfer verarbeitet. Da sich zwischen den Produktionsregionen aber relevante technologische Unterschiede nachweisen lassen, wird hier der übergreifende Diskurs – etwa um den kontrovers diskutierten Begriff «furnace conglomerate» (vgl. Bachmann, 1982; Hauptmann, 2011), der in einem gewissen Bezug zum alpinen Schlackenkuchen steht – nicht berücksichtigt.

²⁴² Die Verwendung dieser Terminologie für Funde aus der Steiermark dürfte auf die Eisenschlackentypologie von G. Sperl (1980) zurückzuführen sein.

Abbaug Gebiet	Periode	amorphe, poröse, heterogene Schlacke	plattige, dicke, leicht heterogene Schlacke	plattige, dünne, homogene Schlacke	aufbereitete Schlacke	Quelle
Mitterberg (A)	MBA	A (Schlackenkuchen)	-	C (Plattenschlacke)	-	Herdits, 1997
	MBA	Schlackenkuchen	-	Plattenschlacke	Schlackensand*	Stöllner, et al., 2011
Kitzbühel (A)	MBA	Schlackenkuchen	-	Plattenschlacke	Schlackensand	Krismer, et al., 2012a
	MBA	Schlackenkuchen	-	Plattenschlacke	Schlackensand	Koch Waldner und Klauzner, 2015; Koch Waldner, 2017
Eisenerzer Ramsau (A)	MBA	B (Blasenschlacke); A (Laufschlacke)**	A (Laufschlacke)**	C (Plattenschlacke) 3–10 mm thickness	Schlackensand*	Doonan, 1996
	MBA	B (Blasenschlacke); A+B (Typen-kombination)**; A (Laufschlacke)**	A (Laufschlacke)**; A+B (Typen-kombination)**	C (Plattenschlacke) ≤ 5 mm thickness	Schlackensand*	Kraus, 2014
Raxgebiet (A)	LBA	lumpy slag (cake or amorphous)**	rich slag (7–36 mm thickness)**	fine slag (3–7 mm)**	-	Larreina-Garcia, et al., 2015
Trentino (I)	LBA	Schlackenkuchen, slag cake	massive Schlacke	Plattenschlacke, plate slag (3–8 mm)	Schlackensand, crushed slag	Silvestri, et al., 2014; 2015a
	LBA	coarse slag (slag cake)	massive slag	flat slag (Plattenschlacke)	slag sand	Addis, et al., 2017
	LBA	Schlackenkuchen	heterogene Plattenschlacke	homogene Plattenschlacke	Schlackensand	Metten, 2003
Unterinntal (A)	LBA	Schlackenkuchen, (heterogene Schlacken)	-	Plattenschlacke	Schlackensand	Goldenberg, 2013; 2014
	LBA/EIA	slag cake (typ II and III)	-	plate slag (typ I)	slag sand	Staudt (in press)
Oberhalbstein (CH)	LBA/EIA	K	B1 (1,05–1,4 cm), B2 (>1,4 cm)	A1 (0,2–0,55 cm) A2 (0,6–1,0 cm)	-	Schaer, 2003
	LBA/EIA	Schlackenkuchen, slag cake	massive Schlacke, massive slag (≥ 1,5 cm)	Plattenschlacke, plate slag (<1,5 cm)	Schlackensand, slag sand*	Reitmaier-Naef, 2019
various districts	MBA/LBA	Schlackenkuchen	-	Plattenschlacke	Schlackensand	Hanning, et al., 2015
various districts	EBA-EIA	Schlackenklotze; stückige Laufschlacke**	stückige Laufschlacke**; plattige Laufschlacke**	plattige Laufschlacke**	Sandschlacke	Eibner, 1992

*Tabelle 3.1: Zusammenstellung der in Artikeln und Arbeiten der letzten Jahre verwendeten Bezeichnungen für die verschiedenen Kupferverhüttungsschlacken aus dem alpinen Raum (Mittelbronzezeit – Ältere). MBZ = Mittelbronzezeit; SBZ = Spätbronzezeit; AEZ = Ältere Eisenzeit; *fehlt im archäologischen Befund, wird in der betreffenden Literatur aber erwähnt; **Klassifikation unsicher/unterschiedlich (Fig. 3 in Klemm 2019 zufolge könnte es sich bei dem als «slag cake» bezeichneten Stück auch um eine plattige, dicke, leicht heterogene Schlacke handeln. Dies lässt auch die korrespondierende Textpassage vermuten: «Coarse copper slag, thin plate slag as well as some thick plate slag [...] were found» (Klemm, 2019, 54)).*

3.1.1 Schlackentypen Oberhalbstein

In Anbetracht der großen regionalen wie auch revierübergreifenden Heterogenität des Schlackenmaterials scheint die Etablierung einer starren, universalen Typologie mit einer detaillierten Merkmalliste für jeden Typ wenig sinnvoll. Trotz chronologisch und rohstoffbedingter Unterschiede ist ab der Mittelbronzezeit aber in Anlehnung an die überregionale Standardisierung des Verhüttungsprozesses (Hanning, Herdits und Silvestri, 2015, S. 226; Stöllner, et al., 2016, S. 80) dennoch auch von einer gewissen Standardisierung der Abfallprodukte in Zeit und

Raum auszugehen. Vor diesem Hintergrund scheint es sinnvoll, im Folgenden auf die am häufigsten verwendeten Typen resp. Terminologie (Schlackenkuchen, Plattenschlacken, Schlackensand) zurückzugreifen – mit zwei Ausnahmen:

1. Da im gesamten Oberhalbstein bisher keine Nachweise für eine Schlackenaufbereitung vorliegen, wird die Kategorie «Schlackensand» nicht berücksichtigt. Dasselbe gilt für Spezialtypen wie verschlackte Steine und Ofenwandverschlackungen, deren Probenmenge sehr gering ausfällt und somit keine statistisch signifikanten Aussagen erlaubt.



a



b



c

massive Schlacken



d

Schlackenkuchen



e



f



g

Plattenschlacken

0 5 cm

Abb. 3.1: Fotografische Dokumentation exemplarischer Schlackenfragmente aller Typen: Randstücke von massiven Schlacken mit (a, c) und ohne (b) Werkzeugnegative; großes Fragment eines Schlackenkuchens (d); Plattenschlacken mit Werkzeugnegativen (e-g). Ein separater, ausführlicher Tafelteil zu den verschiedenen Schlackentypen findet sich am Ende dieser Publikation. Fotos: G.Perissinotto, ADG; L. Reitmaier-Naef, UZH. Tafel: M. Bieri, ADG.

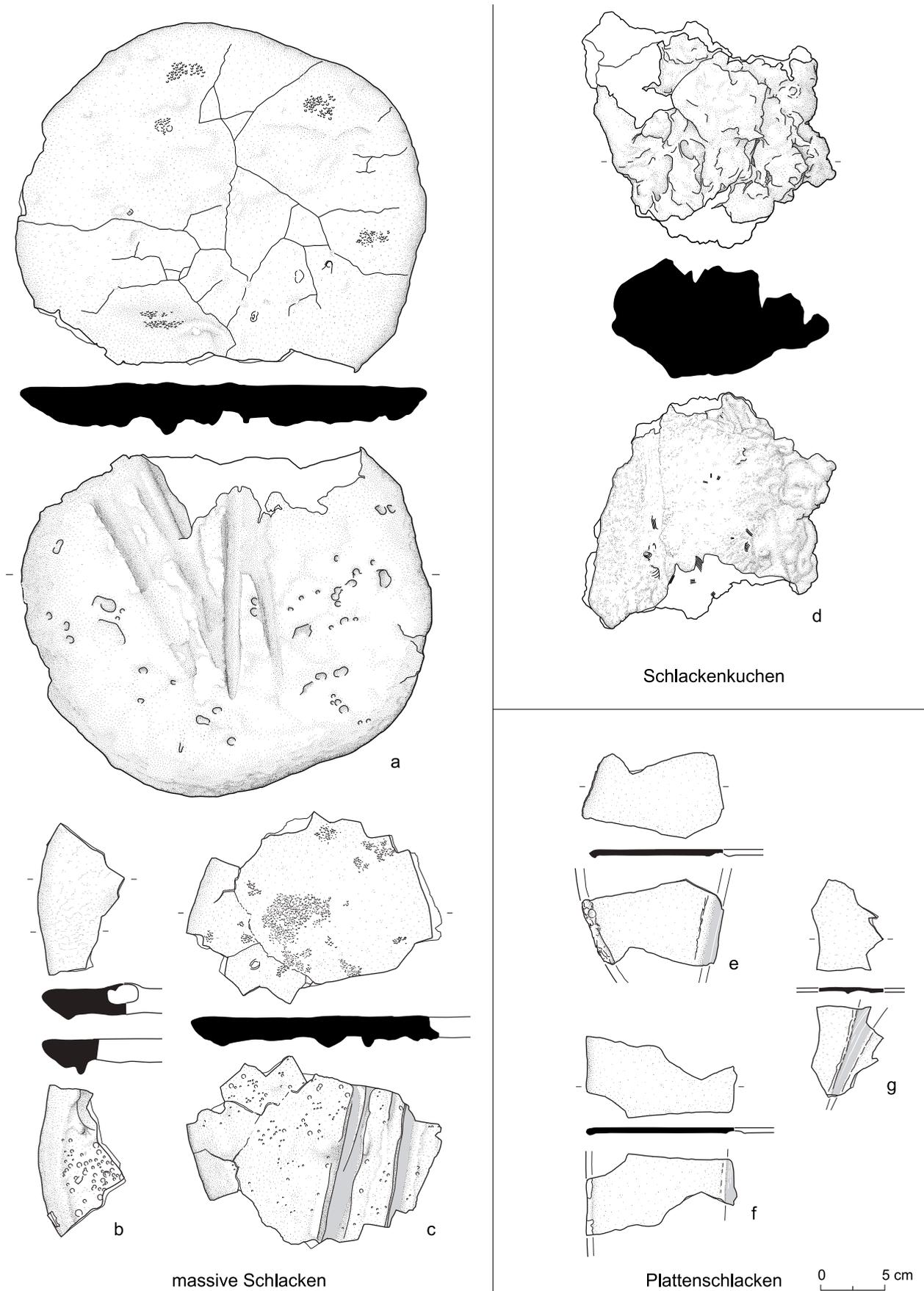


Abb. 3.2: Zeichnerische Dokumentation exemplarischer Schlackenfragmente aller Typen: Randstücke von massiven Schlacken mit (a, c) und ohne (b) Werkzeugnegative; großes Fragment eines Schlackenkuchens (d); Plattenschlacken mit Werkzeugnegativen (e-g). Ein separater, ausführlicher Tafelteil zu den verschiedenen Schlackentypen findet sich am Ende dieser Publikation. Zeichnungen und Tafel: M. Bieri, ADG.

2. Ein wesentlicher Teil des Fundmaterials konnte keinem der beiden gängigen Typen (Schlackenkuchen, Plattenschlacken) zugewiesen werden. Das Typen-Spektrum wurde daher um die «massiven Schlacken»²⁴³ erweitert. Obwohl dieser Typ bisher erst in den Zentral- und Südalpen nachgewiesen wurde, bleibt nicht auszuschließen, dass er auch andernorts vorliegt.²⁴⁴

Die im Folgenden vorgestellte Klassifikation basiert also auf drei Schlackentypen, die anhand der diagnostischen Merkmale Grundform, Heterogenität, Porosität und Liquidität definiert wurden (Abb. 3.1 und 3.2). Es handelt sich dabei um eine polythetische, funktionale Typologie ohne typochronologischen Anspruch, da zwischen den Schlacken gleichen Typs aus unterschiedlich datierenden Fundstellen makroskopisch keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden konnten.

Schlackenkuchen weisen eine amorphe Grundform mit rundem bis ovalem Grundriss, einer wulstigen Oberseite und einem abgeflachten, kleinteilig strukturierten Boden auf. Sie zeigen im Innern einen teilweise noch erkennbaren, geschichteten Aufbau aus einzelnen Schlackenwulsten. Im Bruch zeigen Schlackenkuchen eine mittlere²⁴⁵ bis hohe Heterogenität – sie bestehen in der Regel aus zahlreichen kleinen bis großen, nicht (vollständig) aufgeschmolzenen Chargenbestandteilen und werden durch eine (zäh-)flüssige Schlackenmatrix zusammengehalten. Das Gefüge ist durch eine mittlere bis hohe Porosität gekennzeichnet: Die Schlackenkuchen sind mit zahlreichen kleinen bis großen Blasen durchsetzt. Neben ihrem heterogenen Gefüge lässt auch ihre wulstige Morphologie auf eine hohe Viskosität (Zähflüssigkeit) schließen. Die Dicke der Schlacken wird für die Definition dieses Typs nicht berücksichtigt, da kleinere Einzelfragmente selten zwei intakte, zuweisbare Oberflächen aufweisen.

Im Gegensatz zu den Schlackenkuchen weisen die **massiven Schlacken** eine plattige, scheibenförmige Grundform auf. Ihre Oberseite ist in der Regel relativ eben, teilweise etwas blasig. Die Unterseite kann ebenfalls flach, leicht wellig oder auch stark texturiert sein (Tropfen, Wulste). Im Bruch weisen die massiven Schlacken eine nicht geschichtete, mittel bis stark homogene Textur mit wenigen bis mittelvielen Einschlüssen in einer homogenen Schlackenmatrix auf. Die massiven Schlacken zeigen meist eine geringe bis mittlere Porosität (wenig bis mittelvielen kleine bis große Blasen). Die Morphologie der massiven Schlacken zeugt von einer mittleren bis tiefen Viskosität (weitgehende Verflüssigung).

Auch die **Plattenschlacken** zeigen eine flache, scheibenförmige Grundform mit regelhaft zwei flachen, kaum texturierten Oberflächen. Plattenschlacken weisen ein sehr homogenes Gefüge mit wenigen bis keinen makroskopisch sichtbaren Einschlüssen sowie wenigen bis keinen kleinen bis sehr kleinen Blasen auf. Die Morphologie der Plattenschlacken zeugt von einer sehr geringen Viskosität (vollständige Verflüssigung).

Während die Unterscheidung von Schlackenkuchen und massiven oder Plattenschlacken in der Regel keine Probleme bereitet, ist die Unterscheidung von massiven und Plattenschlacken oft weniger eindeutig. Es stellt sich bisweilen die Frage, ob diese beiden Typen überhaupt sicher unterteilt werden können oder ob sie graduell ineinander übergehen und somit zwei Unterkategorien eines einzelnen Typs darstellen.

Um die Datenaufnahme insbesondere bei kleinen Fragmenten zu vereinfachen, wurde für die Abgrenzung der beiden Typen – basierend auf der Auswertung einer exemplarischen Probenmenge – ein absoluter Grenzwert festgelegt: Objekte ab 1,5 cm Dicke werden im Folgenden als massive Schlacken bezeichnet, dünnere Fragmente als Plattenschlacken. Um den gewählten Grenzwert später überprüfen zu können, wurden letztere in drei Subtypen unterteilt: Plattenschlacken A (1,0–1,45 cm), Plattenschlacken B (0,5–0,95 cm), Plattenschlacken C (bis 0,45 cm).

Diese Typendefinitionen und Grenzwerte basieren auf einer systematischen Auswertung eines exemplarischen Probensatzes. Daher sind sie nicht exakt mit denjenigen von A. Schaer (2003) identisch, lassen sich aber dennoch gut mit den ersten fünf ihrer sieben Typen korrelieren.²⁴⁶

3.2 Fundauswertung

3.2.1 Fundbestand

Für die typologische Auswertung des Schlackenmaterials wurden fast alle Schlackenfunde des gesamten Untersuchungsgebietes aus den Beständen des Archäologischen Dienstes Graubünden untersucht.²⁴⁷ Neben den Funden aus Schlackenfundstellen und Schmelzplätzen umfassen

²⁴³ Die Bezeichnung «massive slag» wurde in Anlehnung an die Arbeiten von Addis, et al. (2017) und Silvestri, et al. (2015b) gewählt.

²⁴⁴ Möglicherweise entspricht auch die «Laufschlacke» bei Doonan (1996), Klemm (2003) und Kraus (2014) diesem Typ.

²⁴⁵ Die Daten zu Porosität, Homogenität etc. wurden in relativen Kategorien (kein, wenig, mittel, viel) erhoben, da eine einheitliche quantifizierbare Datenerhebung aufgrund der großen Unterschiede zwischen den verschiedenen Fundstellen, Typen und Fragmentgrößen nicht sinnvoll möglich war.

²⁴⁶ A1 = Plattenschlacke C; A2 = Plattenschlacke B; B1 = Plattenschlacke A; B2 = Massive Schlacke; K = Schlackenkuchen. Die beiden Kategorien U (unbestimmt) und V (verschlackte Gesteine/Ofenwand etc.) finden in dieser Untersuchung keine Entsprechungen, da nicht zuweisbare Kleinstfragmente (< 1 cm × 1 cm) sowie die vereinzelt vorkommenden Ofenwandverschlackungen und andere Sonderfälle bei der Auswertung nicht berücksichtigt wurden (vgl. Schaer, 2003, S. 25-26).

²⁴⁷ Die Funde aus verschiedenen Fundstellen in Riom wurden aufgrund des oftmals unsicheren Befundkontextes nicht berücksichtigt (vgl. dazu Schaer, 2003, S. 28).

diese auch einzelne Schlacken aus Siedlungskontexten. Berücksichtigt wurden davon jedoch ausschließlich jene Proben, die einem der oben genannten drei Typen zugewiesen und somit mit der primären Kupfermetallurgie in Verbindung gebracht werden können. Sie werden im Folgenden als «Siedlungsschlacken» bezeichnet. Weitere Schlacken aus jüngeren oder undatierten Fundstellen²⁴⁸ sowie nicht metallurgischen Kontexten²⁴⁹ wurden zwar ebenfalls gesichtet, werden hier jedoch nicht diskutiert. Eine Sonderstellung nehmen die Funde von der Burgstelle Marmels ein, wo urgeschichtliche Kupferverhüttungsschlacken in Vergesellschaftung mit mittelalterlichen Eisenschmiedeschlacken vorliegen. Dieser umfangreiche Materialbestand wurde zwar typologisch bearbeitet, findet in die folgende Auswertung jedoch keinen Eingang, da es sich aller Wahrscheinlichkeit nach um intentionell umgelagerte, nach unbekanntem Kriterien selektierte Schlackenfragmente handelt.²⁵⁰

Von den im Rahmen des Bergbauprojektes geborgenen Schlacken fanden aus Kapazitätsgründen nur ausgewählte Bestände aus den Prospektionskampagnen und ausgewählten Befunden der Schmelzplatz-Grabungen Berücksichtigung.

Die Fundbestände des Schweizerischen Nationalmuseums wurden gesichtet und dokumentiert, jedoch keiner Detailaufnahme unterzogen, da es sich in der Regel nur um kleinere Probenmengen exemplarischen Charakters handelt und eine Fundstellenzuweisung in mehreren Fällen nicht mehr sicher möglich war.

3.2.2 Datenaufnahme

Um nicht nur eine grobe typologische Systematisierung des Fundmaterials zu erhalten, wurde eine zweistufige Auswertungsstrategie gewählt.

Zum einen wurden insgesamt 11.847 Schlackenfragmente von 71 verschiedenen Fundstellen²⁵¹ mit einem Totalgewicht von gut 426 kg einer groben typologischen Beurteilung und Erstdokumentation unterzogen. Die Datenaufnahme erfolgte fundkomplexweise, wobei die Größe dieser Komplexe (1–448 Fragmente) in Abhängigkeit der Art und Ausdehnung der zugrundeliegenden Untersuchung stark variiert. Aus mehreren unklaren Fundstellenkontexten sowie älteren Grabungen und Sondierungen sind nur einzelne Schlackenfragmente überliefert.²⁵² Der größte Teil des Fundmaterials stammt aus Fundstellen, die durch die Universität Zürich, den

Archäologischen Dienst Graubünden und weitere Institutionen flächig oder wiederholt untersucht wurden.²⁵³

Für die einzelnen Fundkomplexe wurden pro Schlackentyp jeweils Angaben zu Anzahl, Gewicht, minimaler und maximaler Fragmentgröße, Magnetismus, Sekundärmineralen und Brandspuren erhoben. Aufgrund der sehr heterogenen Erhaltung und einer häufig starken Patinierung der Schlacken (Verwitterung) wurden die Farben des Bruchs und der Oberflächen nicht dokumentiert. Diese Daten bilden die Grundlage für einen regionalen Überblick zur Verteilung der einzelnen Typen resp. der Typenrelationen innerhalb einzelner Fundstellen bzw. Befunde. Aus diesem Gesamtbestand wurden Randstücke und Schlackenfragmente mit Werkzeugnegativen sowie anderen morphologischen Auffälligkeiten oder Merkmalen selektiert und separat inventarisiert, um weiterführende Aussagen zur Charakterisierung und Unterscheidung der verschiedenen Typen und deren Entstehungsmilieus formulieren zu können. Die Detailaufnahme umfasst neben Größe, Gewicht und Sekundärmineralen Angaben zu zusätzlichen Merkmalen. Wo diese Merkmale deutlich ausgeprägt oder vollständig erhalten sind, wurden zudem der Randtyp, das Gefüge, die Form und Textur der Unter- und Oberseite sowie allfällige Werkzeugnegative ermittelt. Insgesamt wurden 1918 einzelne Fundobjekte aus 59 Fundstellen auf diese Weise dokumentiert.²⁵⁴

3.2.3 Makroebene

Typenanteile

Die lediglich pauschal pro Fundkomplex untersuchten 11.847 Schlackenfragmente setzen sich aus 15,7 % Schlackenkuochen, 27,2 % massiven Schlacken und deutlich über 50 % Plattenschlacken (A: 21 %; B: 26,4 %; C: 9,7 %) zusammen.²⁵⁵ Dieses Bild verändert sich bei einer Berechnung der Typenanteile nach Gewicht deutlich: Die Schlackenkuochen und massiven Schlacken machen 35,1 bzw. 39,9 % des Gesamtbestandes aus, die Plattenschlacken nur 25 %. Diese Divergenz ist auf das stark divergierende durchschnittliche Volumen bzw. Gewicht der Fragmente zurückzuführen. Die Schlackenkuochenfragmente weisen in der Regel ein idealisiertes Quadervolumen²⁵⁶ von ungefähr 16–145 cm³ auf, massive Schlacken

²⁴⁸ Vgl. Anhang B.6, Mulegn (3913), Tect (2927).

²⁴⁹ Vgl. Anhang B.3, Rudnal (2919), O Padnal (2957).

²⁵⁰ Vgl. Anhang B.2, Marmels (1839).

²⁵¹ Ein kleiner Teil des Fundmaterials stammt zudem aus unbestimmten Fundstellen (vgl. Einträge ohne Fundstellennummer in Tab. 3.3).

²⁵² Alp Bles, Alp Es-cha Dadour, Brüscheda II, Las Mottas, Motta Vallac, Ostufer Marmorerasee, Purgira, Sur Eva II, Tges Alva I, Tignas Sot I.

²⁵³ Dafora, Furnatsch, Gruba I, Pareis I, Scalotta I, Tiragn, Val Faller Plaz.

²⁵⁴ Vgl. Anhang C.3.

²⁵⁵ Der den folgenden Ausführungen zugrunde liegende Datensatz ist in Anhang C.2 aufgeführt.

²⁵⁶ Bei den im Folgenden angegebenen Werten handelt es sich nicht um das eigentliche Objektvolumen, sondern um einen aus den drei Maximalmaßen Länge, Breite und Höhe eines Fragments errechnete Hilfwert (Quadervolumen), der jeweils deutlich über dem eigentlichen Objektvolumen liegt. Das Quadervolumen ist demzufolge nicht als absoluter Wert, sondern als Volumenindex zu verstehen.

	SK	MS	PS-A	PS-B	PS-C
Mittelwerte					
Gewicht (g)	80,7	52,9	20,2	13,8	11,3
L min. (cm)	3,1	3,5	2,5	2,4	2,7
B min. (cm)	2,5	2,8	2	1,9	2,1
D min. (cm)	2,1	1,8	1,05	0,6	0,3
QV min. (cm ³)	16,3	17,6	5,3	2,7	1,7
L max. (cm)	6,9	7,5	5,7	5,4	5,4
B max. (cm)	5,5	5,8	4,3	4	4,1
D max. (cm)	3,8	2,8	1,4	0,9	0,35
QV max. (cm ³)	144,2	121,8	34,3	22,1	7,7
Anteile Total					
Fragmente (%)	15,7	27,2	21	26,4	9,7
Gewicht (%)	35,1	39,9	11,8	10,1	3,1
Gewicht o.T. (%)	24,5	46,5	13,7	11,8	3,5

Tab. 3.2: Mittelwerte zu Gewicht, minimaler und maximaler Länge (L), Breite (B) und Dicke (D) sowie Quadervolumen (QV; vgl. Fußnote 256) der Schlackenfragmente nach Typen. Angaben zum Anteil jedes Schlackentyps an der Gesamtzahl nach Anzahl der Fragmente und Gewicht – mit und ohne die Funde aus Stierva Tiragn (o. T.). Die Werten werden analog zur Genauigkeit der Datenerhebung auf eine Kommastelle genau angegeben – mit Ausnahme der Plattenschlacken-Dicke, die in 0,05 cm Schritten erfasst wurde.

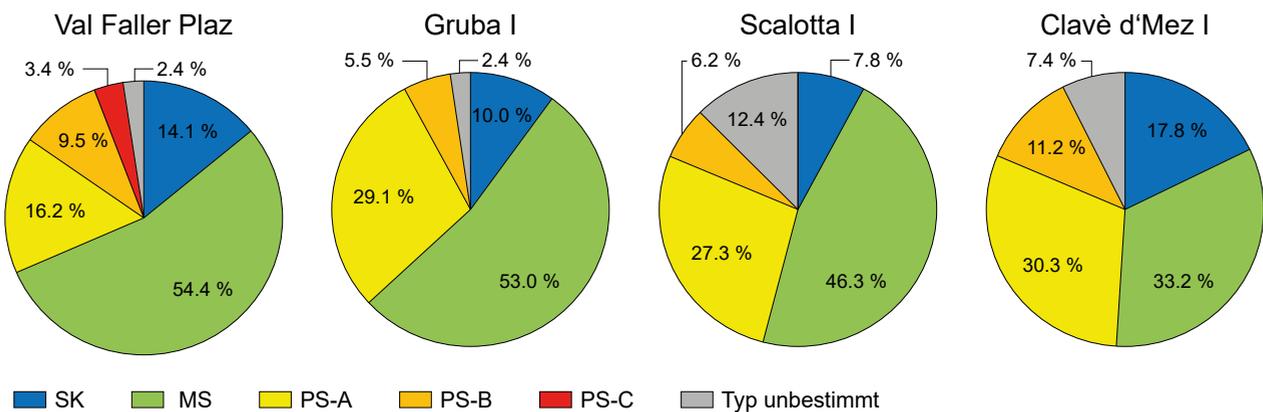


Abb. 3.3: Prozentuale Typenanteile (Gewicht) in den repräsentativen Proben aus vier Schlackenhalden der oberen Talstufe. Datengrundlage vgl. Anhang C.1. Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

von ca. 17–120 cm³. Mit knapp 1 bis maximal 35 cm³ fällt das durchschnittliche Quadervolumen der Plattenschlacken im Vergleich dazu um ein Vielfaches kleiner aus, was sowohl in der Typendefinition (Dicke < 1,5 cm) als auch in der stärkeren Fragmentierung der Plattenschlacken aufgrund ihrer Homogenität und geringen Dicke begründet liegt (Tab. 3.2).

Die prozentualen Typenanteile werden aber auch durch einzelne selektive Fundbestände verzerrt, allen voran durch die Schlackenkuchen aus Tiragn. Hier stehen 25 fast vollständig erhaltene Schlackenkuchen mit einem Gesamtgewicht von über 60 kg acht Plattenschlackenfragmenten von total 272 g gegenüber.²⁵⁷ Dass dies

nicht den tatsächlichen Relationen in der partiell ausgegrabenen Schlackenhalde von Tiragn entspricht, sondern vielmehr ein Produkt selektiver Fundbergung resp. -archivierung darstellt, zeigt ein Blick auf die Stratigraphie der Halde (s. Abb. 2.39).

Gleichzeitig machen diese 25 Schlackenkuchen – gerade einmal 1,3 % aller Schlackenkuchenfragmente – gut 40 % des Totalgewichts dieses Typs aus. Für die Berechnung der Typenanteile wurden die Funde aus Tiragn deshalb vernachlässigt, was zu einem repräsentativeren Gesamtbild führt. Demnach machen die massiven Schlacken mit 46,5 % fast die Hälfte des gesamten

²⁵⁷ Der zentrale Haldenbereich setzte sich aus 17% Platten-

schlacken, 73% Schlackenkuchen und 10% Holzkohle zusammen (vgl. Naef, 2014, S. 192).

Fundbestandes aus, 24,5 % entfallen auf die Schlackenkuchen und 29,0 % auf die Plattenschlacken.

Haldenproben

Weitere Fundkomplexe oder Fundkomplex-Gruppen mit ähnlich verzerrter bzw. verzerrender Zusammensetzung konnten nicht identifiziert werden. Dennoch kann bei keiner der bearbeiteten Fundsammlungen von einer repräsentativen Fundzusammensetzung ausgegangen werden, da es sich meist um oberflächlich oder aus zufällig aufgeschlossenen Fundstellenbereichen geborgene Stücke handelt. Dass das Schlackentypen-Spektrum horizontalstratigraphisch innerhalb einer Fundstelle stark differieren kann, haben verschiedene Befunde beispielsweise aus Fuortga und Alp Es-cha Dadour gezeigt (s. Kapitel 2.3.3, S. 66 und Abb. 2.56). Aus den zwischen 2013 und 2017 partiell ergrabenen Schlackenhalde in Val Faller Plaz, Gruba I (Halde I), Scalotta I und Clavè d'Mez II (Halde II) wurden daher gezielt repräsentative Referenzproben aus dem zentralen Haldenbereich geborgen und ausgewertet.

Für diesen Vergleich wurde von jeder Fundstelle eine Sedimentprobe von mindestens 2 l Volumen entnommen, ausgezählt und gewogen. Zusätzlich wurde für diese Komplexe auch die Dichte bestimmt²⁵⁸.

Die Auswertung der erhobenen Daten zeigt klar, dass die massiven Schlacken sowohl in Val Faller Plaz als auch in Gruba I und Scalotta I mit Abstand den größten Anteil²⁵⁹ ausmachen – in den ersten beiden liegt er sogar über 50 %. Lässt man den hohen Anteil unbestimmbarer Fragmente in Scalotta I unberücksichtigt resp. geht man davon aus, dass sich diese proportional zu den bestimmten Anteilen verhalten, liegt der Anteil massiver Schlacken auch hier über 50 %. In allen drei Fundstellen sind Plattenschlacken mit 26–35 % der zweithäufigste Typ, gefolgt von nur gerade 8–15 % Schlackenkuchen. Ganz dünne Plattenschlacken mit einer Dicke von unter 0,5 cm wurden nur im Haldenmaterial aus Val Faller Plaz dokumentiert (Abb. 3.3).

Ein anderes Bild präsentiert sich in Clavè d'Mez IV, wo Plattenschlacken der Subtypen A und B mit 48 % fast die Hälfte des Fundmaterials ausmachen, gefolgt von einem Drittel massiver Schlacken und weniger als 20 % Schlackenkuchen.

Im Durchschnitt setzen sich die untersuchten Halde also aus ca. 49 % massiven Schlacken, 37,5 % Plattenschlacken und 13,5 % Schlackenkuchen zusammen. Während der Anteil massiver Schlacken noch

ungefähr mit dem oben ermittelten Wert für das Gesamtmaterial übereinstimmt, scheinen die Plattenschlacken generell unter- und die Schlackenkuchen übervertreten zu sein.

Typenverteilung

Dass sich die aus den vier Haldenbefunden abgeleiteten Relationen jedoch nicht ohne Weiteres auf das gesamte Untersuchungsgebiet übertragen lassen, zeigt ein Blick auf die Karte (Abb. 3.4). Für diese räumliche Auswertung der Schlackenanteile je Fundstelle wurde nur diejenigen Schlackenfundstellen und Schmelzplätze berücksichtigt, von welchen mindestens 20 Fragmente typologisch bestimmt wurden (vgl. Tab. 3.3). Zudem wurden für die vier oben besprochenen, separat beprobten Fundstellen Calvè d'Mez VI, Gruba I, Scalotta I und Val Faller Plaz zum Zwecke der Vergleichbarkeit jeweils nur die Schlackenfunde aus dem regulären Fundbestand, nicht aber diejenigen aus den Haldenbeprobungen, berücksichtigt.

In der unteren Talstufe dominieren die Schlackenkuchen und Plattenschlacken des Subtyps B; massive Schlacken sind, wenn überhaupt, nur untergeordnet vorhanden. An mehreren Fundstellen²⁶⁰ ist ihr Anteil so gering, dass sich grundsätzlich die Frage stellt, ob es sich dabei überhaupt um eigentliche massive Schlacken oder nicht vielmehr um vereinzelte, etwas dicker ausgefallene Plattenschlacken resp. Fragmente aus dem homogenen, inneren Bereich eines Schlackenkuchens handelt. Im Gegensatz zur oberen Talstufe lassen sich außerdem in fast allen Fundstellen der unteren Talstufe Plattenschlacken des Subtyps C nachweisen, teilweise sogar in relativ großem Umfang.

In der oberen Talstufe dominieren die massiven sowie die Plattenschlacken des Subtyps A das Spektrum der meisten Fundstellen, teilweise setzt sich der Fundbestand fast ausschließlich aus diesen zusammen. Schlackenkuchen sind zwar regelhaft Teil des Typenspektrums, konnten aber meist nur in (sehr) geringem Umfang nachgewiesen werden.²⁶¹ Während auch dünne Plattenschlacken des Subtyps B noch an der Mehrheit der Plätze gefunden wurden, sind sehr dünne Fragmente des Subtyps C nur vereinzelt bekannt.

Die Fundstellen rund um die Ortschaft Juppa im Avers zeigen mit der oberen Talstufe vergleichbare Relationen.

Gleiches gilt für die Fundstelle Plaun Grand in Madulain. Die Zusammensetzung des Fundmaterials am zweiten Oberengadiner Schmelzplatz, Alp Es-cha Dadour, scheint hingegen eher mit derjenigen der Fundstellen aus der unteren Talstufe vergleichbar zu sein.

²⁵⁸ Die Bestimmung von Dichte und Volumen (Pauschalwert pro Schlackentyp und Probe) erfolgte nicht mithilfe einer hydrostatischen Waage, sondern mittels einfacher Wasser-Volumen-Abmessung und Dichte-Berechnung (Gew. in g/Vol. in ml resp. cm³).

²⁵⁹ Die Anteile wurden der Vergleichbarkeit halber wiederum auf Basis des Gewichts berechnet. Die Volumen-Anteile der einzelnen Schlackentypen unterscheiden sich jeweils nur sehr geringfügig (die Abweichung liegt selten über 1%).

²⁶⁰ Ual da Val, Parseiras I–II, Tignas Sot II–III.

²⁶¹ Auch hier bleibt in einigen Fällen nicht auszuschließen, dass die wenigen, oftmals relativ kleinen Schlackenkuchenfragmente lediglich heterogene bzw. nicht optimal verflüssigte Partien unregelmäßiger massiver Schlacken darstellen könnten.

	Fundstelle	Fundstellennummer	Fundstellengruppe	Anzahl Total	Gewicht Total (g)	SK Anzahl	SK Gewicht (g)	MS Anzahl	MS Gewicht (g)	PS-A Anzahl	PS-A Gewicht (g)	PS-B Anzahl	PS-B Gewicht (g)	PS-C Anzahl	PS-C Gewicht (g)	
Untere Talstufe	Dafora	723	1	1035	15754	120	4886	18	337	169	2206	603	7291	125	1034	
	Davos Tigninas	2544	1	139	7438	77	5483	10	704	33	810	17	430	2	11	
	Gignia II	61086	1	91	2147	51	1372	9	147	6	73	16	419	9	136	
	Gneida	2845	1	236	2382	84	833	15	286	18	218	86	845	33	200	
	Motta Mola	2522	1	673	6813	54	663	21	352	94	1168	407	4072	97	558	
	Motta Vallac*	2831	-	6	122	2	40	0	0	0	0	3	74	1	8	
	N Riom*	2504	-	19	245	0	0	0	0	1	102	14	126	4	17	
	Oberhalb Savognin	56327	1	31	285	1	36	2	33	4	26	18	158	6	32	
	Parseiras I	2945	1	92	9289	16	7454	3	189	12	374	46	1027	15	245	
	Parseiras II	2966	1	175	14505	32	12823	2	231	18	380	81	712	42	359	
	Purgira*	68466	-	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
	Riom Dorf (Einzelfunde)*	o.N.	-	9	107	3	75	0	0	0	0	6	32	0	0	
	Son Martegn	2943	1	516	9219	94	3768	25	1251	30	428	219	2507	148	1265	
	Tigninas Sot I*	2533	-	4	28	2	5	0	0	0	0	1	6	1	17	
	Tigninas Sot II	56325	1	103	3570	13	958	1	260	9	677	55	1334	25	341	
	Tigninas Sot III	64189	1	140	5315	15	2996	6	160	29	680	78	1220	12	259	
	Tiragn	3604	1	33	60370	25	60098	0	0	2	127	5	112	1	33	
	Ual da Val	2535	1	404	5914	24	3086	4	337	30	308	259	1630	87	553	
	Obere Talstufe	Alp Flix I	3683	2	76	1964	6	121	39	1324	19	319	12	200	0	0
		Alp Flix II	3684	2	129	2858	35	800	41	1518	36	427	17	113	0	0
Alp Flix III*		18252	-	16	487	2	23	6	389	8	75	0	0	0	0	
Alp la Motta		1858	2	182	3348	14	96	98	2516	56	642	13	86	1	8	
Alp Natons		1870	2	81	6317	4	61	33	5777	18	245	14	155	12	79	
Bajols*		68885	-	12	224	0	0	5	134	3	49	2	19	2	22	
Barscheinz II*		42632	-	14	110	0	0	0	0	6	57	8	53	0	0	
Barscheinz III		42633	2	23	297	3	22	3	71	10	139	7	65	0	0	
Bötg da las Serps		18265	2	30	362	1	13	2	34	13	164	14	151	0	0	
Brüscheda I		18634	2	228	4330	68	1513	59	1623	40	596	33	482	28	116	
Brüscheda II*		256	-	2	14	0	0	0	0	0	0	0	0	2	14	
Burgfelsen		1845	2	111	6355	5	192	74	5353	13	421	16	341	3	48	
Caschegna		281	2	84	2875	14	117	31	2281	12	163	22	295	5	19	
Clavazöl*		18257	2	14	265	3	68	6	128	3	42	2	27	0	0	
Clavè d'Mez I*		1862	-	5	1353	2	1269	1	41	2	43	0	0	0	0	
[Clavè d'Mez I, II oder III]*		o.N.	-	52	1339	13	490	16	414	18	371	5	64	0	0	
Clavè d'Mez II		1864	1	316	4981	90	1610	53	1227	101	1297	67	801	5	46	
Clavè d'Mez III		287	1	29	205	4	48	1	9	9	65	15	83	0	0	
Clavè d'Mez IV		1868	1	165	9857	32	4865	74	3417	40	1323	19	252	0	0	
Cresta*		61082	-	4	89	1	19	0	0	1	36	2	34	0	0	
Fuertga		283	2	214	5550	5	69	110	4660	20	199	11	124	68	498	
Furnatsch		3682	2	459	17112	67	2575	180	10690	149	2738	58	1031	5	78	
Gruba I		1852	2	1023	45659	208	13295	401	24035	213	4423	114	2756	87	1150	
Gruba V*		1856	-	6	413	0	0	6	413	0	0	0	0	0	0	
Mot la Bova		1897	2	31	265	3	16	1	21	14	114	10	99	3	15	
Ostufer Marmorerasee*		56326	-	1	48	0	0	0	0	0	0	1	48	0	0	
Pardeala		1846	2	32	14930	0	0	19	14293	4	367	5	142	4	128	
Pareis I		1860	2	811	26379	69	1180	332	16802	233	5202	161	2937	16	258	
Pareis II		1844	2	28	442	7	87	13	273	0	0	5	44	3	38	
Pareis III		18250	2	20	113	5	21	3	29	9	39	3	24	0	0	
Pareis IV		68883	2	21	444	0	0	9	270	7	151	4	19	1	4	
Pareis V*	68884	-	10	497	3	330	3	50	0	0	4	117	0	0		
Plaz I	18260	1	137	1936	31	802	22	444	51	389	32	298	1	3		
Plaz II	18262	2	65	667	8	86	17	268	26	241	11	61	3	11		
Pra Miez	18254	2	32	1143	7	286	9	494	8	177	6	178	2	8		
Preda	18259	2	26	410	4	71	8	118	12	203	2	18	0	0		

	Fundstelle	Fundstellennummer	Fundstellengruppe	Anzahl Total	Gewicht Total (g)	SK Anzahl	SK Gewicht (g)	MS Anzahl	MS Gewicht (g)	PS-A Anzahl	PS-A Gewicht (g)	PS-B Anzahl	PS-B Gewicht (g)	PS-C Anzahl	PS-C Gewicht (g)
Obere Talstufe	Radons	18255	2	22	214	4	34	5	65	8	63	5	52	0	0
	Scalotta I	1842	2	2113	39068	338	2947	905	28162	605	6421	257	1460	8	78
	Scalotta II	1872	2	227	11789	26	1235	160	9641	21	648	10	139	10	126
	Sot al Crap	18273	2	53	1052	4	73	16	467	22	347	10	162	1	3
	Splitsch I*	68859	-	3	34	0	0	0	0	1	18	1	9	1	7
	Stalveder (Lesefunde)*	o.N.	-	2	46	0	0	0	0	0	0	1	39	1	7
	Sül Cunfin I	18247	2	29	894	4	187	8	455	9	139	7	101	1	12
	Sül Cunfin II	18248	2	36	2975	0	0	20	2645	4	81	7	212	5	37
	Sur Eva I	18263	2	41	1240	8	452	8	464	15	180	6	88	4	56
	Sur Eva II*	18267	-	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12
	Sur Gonda*	273	-	6	310	1	95	2	61	2	128	1	26	0	0
	Tges Alva I*	285	-	8	292		0	7	258	1	34	0	0	0	0
	Tges Alva II	18251	2	19	591	2	65	7	380	10	146	0	0	0	0
Unbekannt (Lesefunde)*	o.N.	-	7	451	1	40	0	0	4	376	2	35	0	0	
Val Faller Platz	2120	2	591	37277	103	5377	197	14401	89	7660	107	6392	95	3447	
Avers	Ober-Juppa I	18269	2	115	2532	3	14	27	1484	26	486	31	326	28	222
	Skilift	18270	2	192	9281	14	2191	42	4415	25	1215	34	649	77	811
	Vorderbergalga I*	18271	2	19	920	2	79	10	695	2	82	3	57	2	7
	Vorderbergalga II	18272	2	28	314	1	26	3	106	5	74	12	75	7	33
Engadin	Alp Es-cha Dadour	1673	1	20	2154	2	1280	1	324	2	225	3	97	12	228
	Plaun Grand	18132	2	119	8117	16	906	11	2925	27	3715	22	205	43	366

Tab. 3.3: Fragment- und Gewicht-Anteile der unterschiedlichen Schlackentypen pro Fundstelle. Mit einem * markierte Fundstellen wurden für die Gruppenbildung und Fundstellenauswertung aufgrund einer zu geringen Probenmenge oder unsicheren Probenherkunft nicht berücksichtigt.

Allerdings stand für die typologische Beurteilung hier lediglich die Mindestfragmentanzahl von 20 Stück zur Verfügung. Eine Verzerrung des Resultats durch selektive Beprobung kann daher nicht ausgeschlossen werden.

Fundstellengruppen

Auf dieser Grundlage scheint es sinnvoll, die Fundstellen²⁶² im Untersuchungsgebiet in zwei Gruppen zu unterteilen – in eine erste, bei der gewichtstechnisch mehr Schlacken Kuchen als massive Schlacken vorliegen, und eine zweite, bei der der Anteil massiver Schlacken über demjenigen der Schlacken Kuchen liegt. Dadurch vereinfacht sich auch das Kartenbild noch einmal deutlich: Während alle 13 berücksichtigten Fundstellen der unteren Talstufe zur ersten Gruppe zählen, sind die 36 Fundstellen aus dem Avers und der oberen Talstufe – mit

wenigen Ausnahmen – der zweiten Gruppe zuzurechnen. Mehr Schlacken Kuchen als massive Schlacken konnten hier nur an den Fundstellen Platz I sowie Clavè d’Mez II, III und IV festgestellt werden.

Im Fall der Fundstelle Clavè d’Mez III bleibt die Zuweisung zur ersten Gruppe in Anbetracht des geringen Anteils an Schlacken Kuchen (4 Fragmente) und massiven Schlacken (1 Fragment) fraglich. Etwas klarer fällt die Zuteilung für die übrigen drei Plätze aus, wenngleich die Gewichtsanteile an massiven Schlacken in diesen Fundstellen mit 22,9–34,7 % signifikant höher ausfallen als bei den Plätzen derselben Gruppe in der unteren Talstufe (0–13,6 %). Allgemein scheint die Dominanz einzelner Typen pro Fundstelle in der oberen Talstufe weniger deutlich ausgeprägt zu sein als in der unteren Talstufe, was die Gefahr einer Fehlzuweisung aufgrund eines nicht repräsentativen Fundbestandes verstärkt.

In diesem Zusammenhang lohnt eine genauere Betrachtung der Auswertungsergebnisse zur Fundstelle Clavè d’Mez IV in der oberen Talstufe. Interessanterweise zählt auch sie zu den wenigen Fundstellen der Gruppe 1 – obwohl die oben beschriebene Auswertung einer repräsentativen Haldenprobe aus ebendiesem Schmelz-

²⁶² Nur Fundstellen mit einem Fundbestand von mehr als 20 Schlackenfragmenten wurden einer Gruppe zugewiesen, die übrigen Plätze wurden hier nicht berücksichtigt.

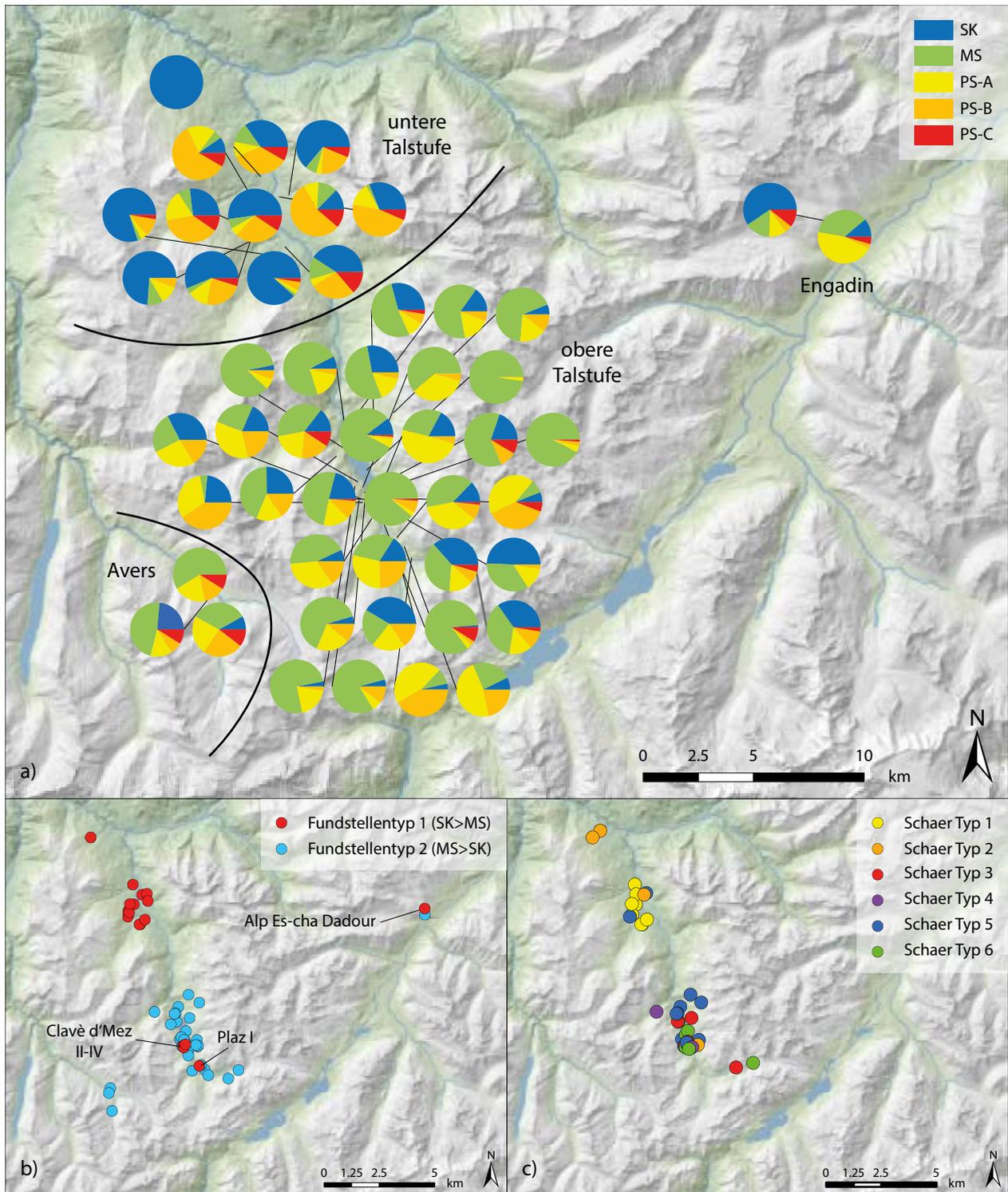


Abb. 3.4: Kartierung der Schlackentypen-Anteile (Gewicht) pro Fundstelle (a), der beiden Fundstellentypen (b) mit den im Text erwähnten Fundstellen und der Fundstellentypen nach Schaer (2003, S. 28). Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo.

platz noch eine klare Dominanz massiver Schlacken und Plattenschlacken bei einem untergeordneten Schlacken-kuchen-Anteil von gerade einmal 20 % ergeben hatte. Diese deutliche Diskrepanz könnte einerseits auf eine Fehlzuzuweisung zu Gruppe 1 anlässlich einer nicht

repräsentativen Zusammensetzung der ausgewerteten Oberflächenfunde zurückzuführen oder aber einer horizontalstratigraphisch uneinheitlichen Verteilung der verschiedenen Schlackentypen innerhalb dieser Fundstelle geschuldet sein. In Clavè d'Mez IV konnten nämlich zwei

Schlackenhalde identifiziert werden. Während Halde I oberflächlich erkennbar und durch den Verlauf eines schmalen Fußpfades zusätzlich leicht aufgeschlossen war, konnte die deutlich mächtigere, vollständig überdeckte Halde II erst mittels geomagnetischer Messungen lokalisiert werden. Während die seit den 1980er Jahren geborgenen Oberflächenfunde wohl fast ausschließlich aus der einfach zugänglichen Halde I stammen dürften, wurde das Probenmaterial für die systematische Ermittlung der Haldenzusammensetzung durch eine Sondierung aus dem Kernbereich von Halde II entnommen. Die unterschiedliche Zusammensetzung könnte also durchaus auf eine divergierende Zusammensetzung der beiden Schlackenhalde hinweisen. Ob ein solcher Befund allerdings durch prozesstechnologische oder chronologische Faktoren zustande kommt, ist ohne weiterführende Untersuchungen nicht zu klären. Das Beispiel verdeutlicht aber klar das Potential und auch die Bedeutung detaillierter horizontalstratigraphischer Auswertungen möglichst flächig ausgegrabener Schmelzplätze. Eine solche Untersuchung war im Rahmen der vorliegenden Arbeit zwar nicht realisierbar, wäre für eine kritische Evaluation der gewählten Vorgehensweise und eine gezielte Überprüfung der Ergebnisse aber wünschenswert.

Im Vergleich zu Clavè d'Mez IV stimmen die an zwei verschiedenen Probensets ermittelten Typenanteile für die anderen drei Fundstellen – Gruba I, Scalotta I und Val Faller Plaz – deutlich besser überein. Generell scheinen aber Schlackenkuchen im Oberflächen- bzw. Zufallsfunde-Spektrum im Vergleich zu den geschlossenen Haldenfundkomplexen tendenziell über- und die Plattenschlacken untervertreten zu sein. Dies dürfte unter anderem auf das höhere durchschnittliche Fragmentgewicht und einer daraus resultierenden Überbewertung der Schlackenkuchen zurückzuführen sein.

Die von A. Schaer (2003) vorgeschlagene Unterteilung der Fundstellen anhand des Schlackenmaterials in fünf bzw. sieben Typen wurde auf den hier erhobenen Datensatz testweise ebenfalls angewendet, jedoch ohne überzeugendes Resultat: Den Typen 1–4 konnten lediglich einzelne, häufig nur unsicher klassifizierte Fundstellen zugewiesen werden, die Mehrheit der Fundstellen entfällt auf Typ 5, der mit Gruppe 2 vergleichbar ist. Grundsätzlich hat die typologische Systematisierung des Oberhalbsteiner Fundmaterials nach A. Schaer (2003) mit den hier erarbeiteten Resultaten übereinstimmende Ergebnisse geliefert und auch als wichtiges Referenzbeispiel für die vorliegende Untersuchung gedient. Dennoch scheint die Differenzierung von mehr als zwei Fundstellentypen auf der gegebenen Datengrundlage wenig sinnvoll – zumal der entsprechenden Einteilung lediglich eine typologische und keine funktionale Argumentation zugrunde liegt.

Anders verhält es sich mit der hier vorgeschlagenen Unterteilung der Fundstellen in nur zwei Gruppen: Sämtliche Fundstellen weisen einen wechselnden Anteil an Plattenschlacken auf, massive Schlacken und Schlacken-

kuchen hingegen sind nicht überall²⁶³ vertreten resp. nur in stark schwankenden Anteilen. Ihre An- bzw. Abwesenheit steht mit einiger Wahrscheinlichkeit in einem direkten Zusammenhang mit der Prozesstechnologie und/oder der Zusammensetzung des verarbeiteten Ausgangsmaterials. Eine Differenzierung dieser beiden Fundstellen-Gruppen macht also auch aus funktionaler Perspektive Sinn.

Was nun die Erklärung für die Herausbildung dieser beiden Gruppen betrifft, sind verschiedene Erklärungsansätze denkbar. Die ursprüngliche Hypothese, wonach die mehrheitlich in der unteren Talstufe lokalisierten Fundstellen der Gruppe 1 generell älter (SBZ) und die Fundstellen der Gruppe 2 in der oberen Talstufe jünger (AEZ) sind, wurde durch die verbesserte Datierungsgrundlage widerlegt (s. Kapitel 2.3.4). Ein leichtes chronologisches Gefälle lässt sich zwischen den beiden Gruppen resp. Talstufen zwar nach wie vor fassen, als monokausale Erklärung ist es allerdings nicht tragfähig. Denkbar wäre, dass die unterschiedlichen Typenanteile mit einer divergierenden Ausgangsmaterialzusammensetzung in Zusammenhang stehen, die sich wesentlich auf die Eigenschaften und das Verhalten der Schmelze während des Verhüttungsprozesses auswirkt (s. Kapitel 4.2.2, S. 140 und Kapitel 4.3.2, S. 161-165).

Zusätzliche Daten

Für die ausgewerteten Fundkomplexe wurden neben den Maßangaben auch Daten zur Magnetisierung, zur Dichte, zur Erhaltung, zu allfälligen Brandrötungen sowie zur oberflächlichen Sekundärmineralbildung erhoben, die hier zusammenfassend kurz dargelegt werden.

Die **Magnetisierung** der verschiedenen Schlackentypen wurde je Fundkomplex mithilfe einer relativen Werteskala von 0 (keine Magnetisierung) bis 7 (sehr starke Magnetisierung) beziffert (Abb. 3.5). Die ermittelten Werte unterscheiden sich zwischen den Fundstellen und auch zwischen den Fundkomplexen teilweise stark, allgemein zeichnet sich allerdings eine klare Tendenz ab: Die Schlackenkuchen weisen durchschnittlich nur einen geringen, die massiven Schlacken sowie die Plattenschlacken der Subtypen A und B eine mittlere und die sehr dünnen Plattenschlacken des Subtyps C sogar eine starke Magnetisierung auf. Deutlich höhere Werte sind bei Schlackenkuchen, massiven Schlacken und Plattenschlacken des Subtyps A lediglich an einzelnen Fundstellen nachweisbar, z.B. Davos Tigignas, Furnatsch oder Pareis I. Eine sehr hohe Magnetisierung ist generell nur bei Plattenschlacken der Subtypen B und C festgestellt worden und dies primär in Fundstellen der Marmoreraseregion, z.B. Sül Cunfin I und II, Furnatsch und Pareis I. Die Magnetisierung einer Schlacke wird durch den Anteil magnetischer Phasen bestimmt.

²⁶³ N Riom (keine SK und MS), Pardeala (keine SK), Tiragn (keine MS), Sül Cunfin II (keine SK).

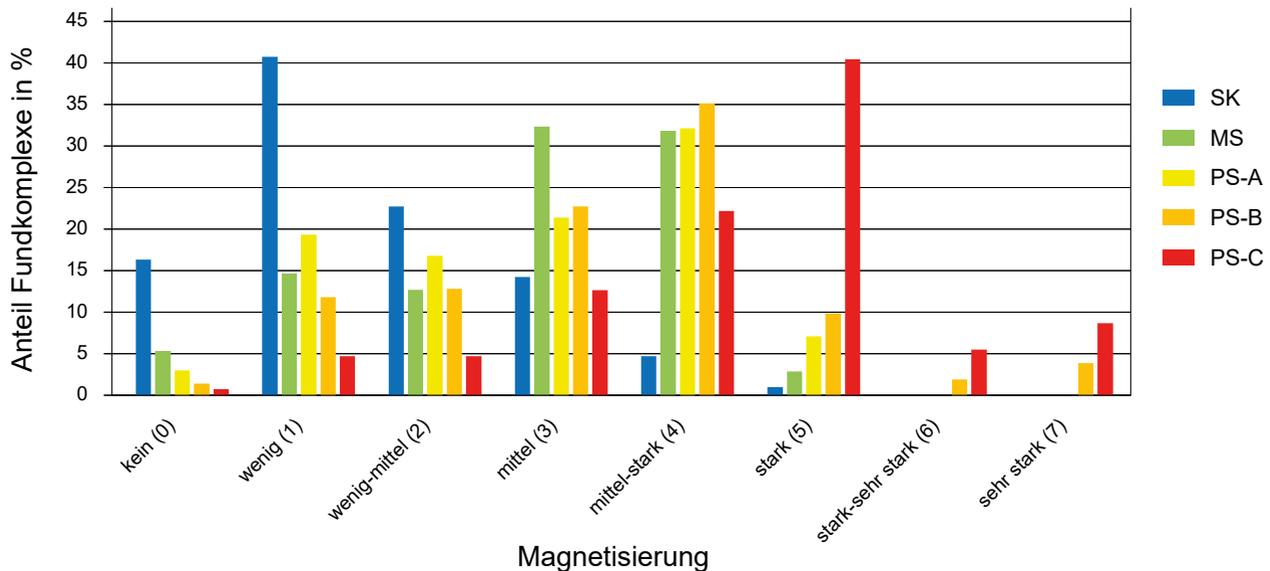


Abb. 3.5: Relative Magnetisierung der unterschiedlichen Schlackentypen nach Fundkomplexen. Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

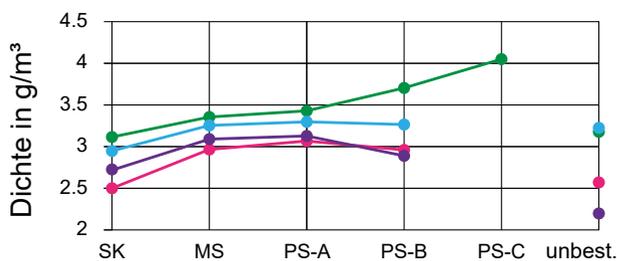


Abb. 3.6: Mittelwerte zur Dichte der verschiedenen Schlackentypen aus den exemplarischen Haldenproben von vier Schmelzplätzen in der oberen Talstufe. Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Kupferverhüttungsschlacken mit einer hohen Magnetisierung enthalten in der Regel viel Magnetit und können so indirekt auf stärker oxidierende Prozessbedingungen hinweisen.²⁶⁴ Auffallend ist, dass oberflächlich stark erodierte Schlackenfragmente oftmals signifikant geringere Magnetisierungs-Werte aufweisen. Dies könnte mit einer oberflächennahen Konzentration dieser Schlacken-Phasen in Zusammenhang stehen.

Angaben zur **Dichte** der verschiedenen Schlackentypen wurden lediglich für die exemplarischen Schlackenproben aus den Halden von Val Faller Plaz, Scalotta I, Gruba I und Clavè d'Mez IV erhoben (Abb. 3.6). Die ermittelten Werte zeigen für alle drei Fundstellen vergleichbare Resultate und lassen einen klaren Trend erkennen: Die geringste Dichte weisen jeweils die Schlackenkuchen auf, während die ermittelten Werte für die massiven Schlacken sowie Plattenschlacken der Subtypen A und B – analog zur Magnetisierung – nahe beieinander liegen. Eine deutliche Zunahme der Dichte von Plattenschlacken

(Subtyp A bis C) lässt sich nur in Val Faller Plaz nachvollziehen, für die anderen drei Fundstellen liegen keine Plattenschlacken des Subtyps C vor. Die unbestimmten Schlackenfragmente weisen tendenziell eine unterdurchschnittliche Dichte auf. Die ermittelten Werte sind mit den Ergebnissen aus anderen Untersuchungen vergleichbar (Addis, 2013; Addis, et al., 2017), wenngleich sich die Differenzierung zwischen den Schlackenkuchen und anderen Schlackentypen im Oberhalbstein etwas weniger deutlich zeigt. Auch die Dichte einer Schlacke ist auf ihre Phasenbestandteile zurückzuführen – während typische Schlackenkuchen-Bestandteile wie Olivin, Klinopyroxen und Quarz eine Dichte von ca. 2,5–4 g/cm³ aufweisen, liegt die Dichte von Magnetit – einem regelhaften Hauptbestandteil der Plattenschlacken – mit 5,17 g/cm³ deutlich höher. Dies könnte die ermittelten Unterschiede zwischen den Typen erklären.²⁶⁵

Das Auftreten **oberflächlicher Kupfer- und Eisen-Sekundärminerale** nimmt von den Schlackenkuchen über die massiven Schlacken bis hin zu den Plattenschlacken tendenziell leicht ab (Abb. 3.7). Bei den Kupfer-Sekundärmineralen ist dieser Trend besonders deutlich nachzuvollziehen: Während fast ein Drittel der Schlackenkuchen entsprechende Spuren aufweist, ist es bei den massiven Schlacken immerhin noch knapp ein Viertel; bei den Plattenschlacken liegt deren Anteil jedoch mehrheitlich unter 20 %. Die Optik der Schlackenfragmente wird hingegen bei allen Typen primär durch Eisen-Sekundärminerale geprägt: Über 90 % aller Fundkomplexe weisen die betreffenden Oberflächenmerkmale auf, was mit der eisenreichen Zusammensetzung der Verhüttungsschlacken in Zusammenhang steht (s. Kapitel 4.3.2, S. 161).

²⁶⁴ Zur Funktion von Magnetit als Indikator-Mineral, «Barometer», vgl. S. 155-157.

²⁶⁵ Zur mineralogische Beschreibung der Schlacken vgl. Kapitel 4.3.1.

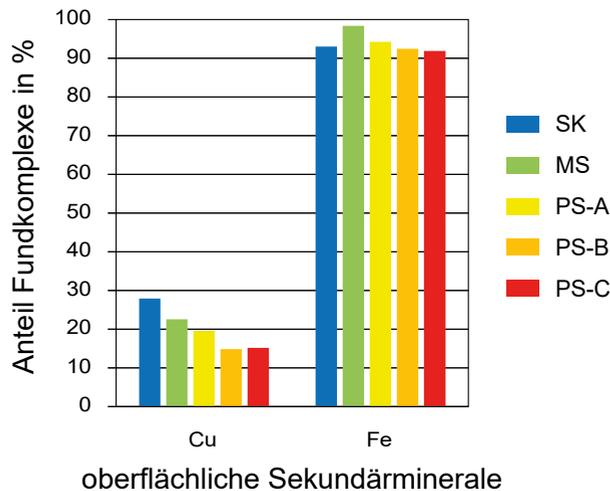


Abb. 3.7: Oberflächliche Sekundärmineralbildungen von Kupfer (Cu) und Eisen (Fe) an Fragmenten der verschiedenen Schlackentypen nach Fundkomplexen. Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Eine differenzierte Beurteilung der Schlackenoberfläche, z.B. die Bestimmung der Oberflächenfarben, wird durch die oftmals mangelhafte **Erhaltung** der Funde erschwert. Knapp 70 % der untersuchten Fundkomplexe wurden als mittel–schlecht bzw. schlecht erhalten eingestuft. Nur gerade 16 % der Funde waren mittel resp. mittel–gut erhalten – etwa gleich viele wurden als schlecht erhalten klassifiziert.

Trotzdem konnten vereinzelt Schlacken mit Spuren **sekundärer Hitzeeinwirkung** identifiziert werden. Entsprechende Beobachtungen beschränken sich auf eine kleine Anzahl an Fundstellen. Konzentrationen von brandgeröteten Schlacken sind in Motta Mola und Fuortga zu beobachten; wiederholt einzelne Fragmente finden sich außerdem in Scalotta I und II, Pareis II, Davos Tignas, Parseiras II und Son Martegn. Da brandgerötete Schlacken aus anderen Revieren bisher primär aus Röstbett-Kontexten («Pflasterung») bekannt sind (Klemm, 2004, S. 192; Silvestri, et al., 2015b, S. 204), könnten diese Funde auf solche Strukturen hinweisen. Für die Fundstelle Fuortga beispielsweise liegen entsprechende Hinweise aus einer baubegleitenden Untersuchung des Archäologischen Dienstes Graubünden vor (s. Kapitel 2.3.3, S. 66).

Und auch aus dem bislang einzigen sicher belegten Röstbettbefund auf der Alp Natons wurden zahlreiche (hell-)rot verfärbte Schlackenfragmente geborgen (Turck, et al., 2019a; Turck, 2019), die in die vorliegende Auswertung allerdings keinen Eingang mehr gefunden haben.

3.2.4 Mikroebene

Die eingehende Untersuchung hunderter aussagekräftiger Schlackenfragmente bildet die Grundlage für eine

kritische Überprüfung der definierten Schlackentypen anhand der diagnostischen Merkmale. Außerdem sollten mithilfe von nicht-diagnostischen, also für die Typenbildung nicht berücksichtigten, morphologischen Merkmalen weiterführende Informationen zum Prozess evaluiert werden. Die im Folgenden diskutierten wichtigsten Ergebnisse dieser Auswertung basieren auf 1917 detailliert dokumentierten Schlackenfragmenten. Es handelt sich dabei um 222 Schlackenkuchen, 595 massive Schlacken, 264 Plattenschlacken des Subtyps A, 523 des Subtyps B und 305 des Subtyps C.²⁶⁶ Im Gegensatz zur Auswertung der Typenverteilung und -verhältnisse ist der jeweilige Gewichtsanteil der einzelnen Schlackentypen hier vernachlässigbar, da es primär darum geht, eine repräsentative Probenanzahl jedes (Sub-)Typs zu untersuchen, um diesen möglichst gut charakterisieren zu können. Dass die untersuchte Probenserie deutlich mehr massive und Plattenschlacken als Schlackenkuchen enthält, ist primär auf die Probenselektion zurückzuführen: Für die detaillierte Auswertung wurden nur Schlackenfragmente ausgewählt, die entweder einen Rand, ein Werkzeugnegativ oder eine andere Besonderheit wie ausgeprägte Oberflächenmerkmale o.ä. aufweisen. Stücke, bei denen sich nicht eindeutig zwei (zuweisbare) Oberflächen identifizieren ließen, wurden nur in Ausnahmefällen berücksichtigt, da diese nicht sicher richtig orientiert werden können und daher eine geringe Aussagekraft besitzen. Da die Schlackenkuchen in der Regel mehrere Zentimeter dick und durch ihre Porosität häufig nur kleinteilig erhalten sind, erfüllen lediglich sehr wenige Fragmente diese Kriterien – allen voran fast vollständig erhaltene Exemplare, wie sie etwa aus Tiragn vorliegen. Außerdem können mögliche Randstücke (oder Teile davon) oft nicht sicher von abgebrochenen, wulstigen Partien der Schlackenkuchenoberseite unterschieden werden. Mit 222 Stücken ist die Anzahl der untersuchten Schlackenkuchenfragmente für weiterführende Aussagen aber dennoch groß genug, zumal sie immerhin 30 Fundstellen aus verschiedenen Bereichen des Untersuchungsgebietes repräsentiert.

Gefüge

Das Gefüge zählt zu den wichtigsten typologischen Unterscheidungsmerkmalen der untersuchten Verhüttungsschlacken und wurde hier mithilfe von drei Kriterien charakterisiert: Homogenität²⁶⁷ sowie Größe und Menge Blasen im Bruch. Die Angaben wurden als relative Werte²⁶⁸

²⁶⁶ Die vollständige Datentabelle der detaillierten Fundobjektdokumentation ist in Anhang C.3 zu finden. Drei Schlackenfragmente, die sich keinem einzelnen Typen zuordnen lassen («Typenkombination»), ein Stück verschlackter (Ofen-) Keramik sowie drei verschlackte Steinfragmente wurden zwar detailliert dokumentiert, jedoch aufgrund der geringen Anzahl und ihres singulären Charakters nicht berücksichtigt.

²⁶⁷ Für die Auswertung der Homogenität werden die aufgrund von Korrosion, Versinterung etc. als «unbestimmbar» klassifizierte Fragmente nicht berücksichtigt.

²⁶⁸ Homogenität: heterogen; mittel; homogen; nicht bestimmbar (vgl. Fußnote 267). Menge Blasen: viele; mittel; wenige;

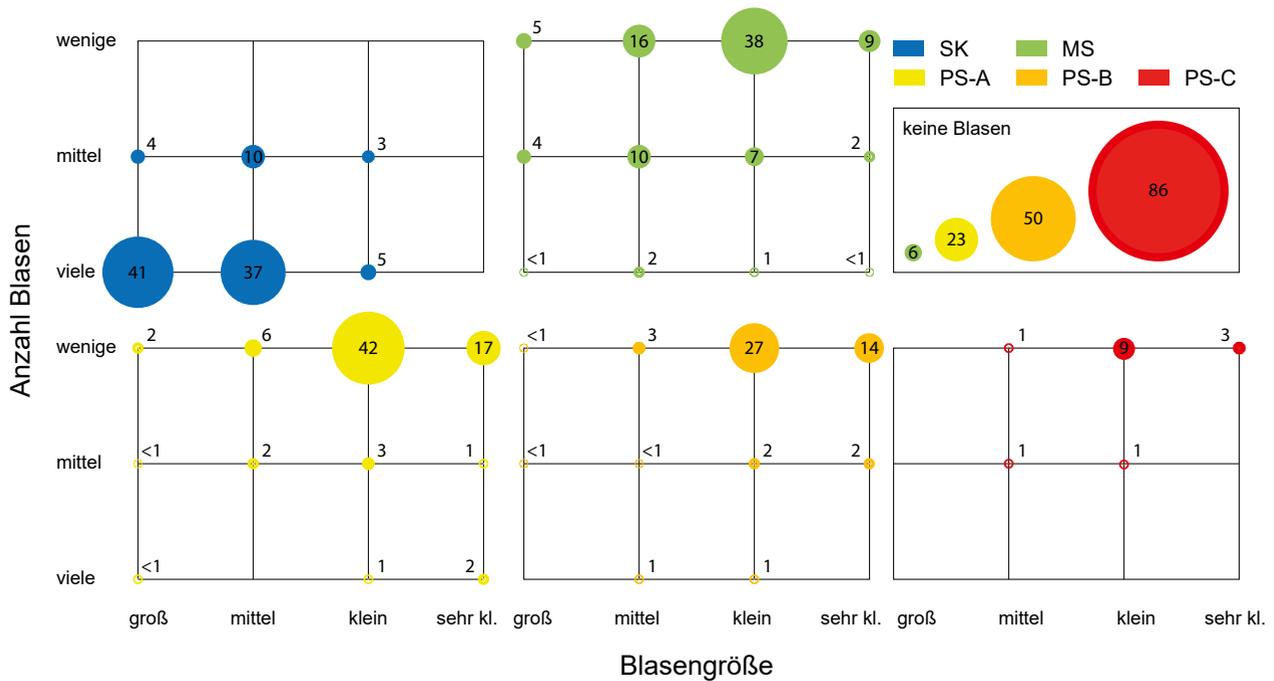


Abb. 3.8: Anzahl und Größe von Blasen im Bruch nach Schlackentypen. Die Kreisfläche entspricht dem prozentualen Anteil an Fragmenten je Schlackentyp. Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Homogenität	SK	MS	PS-A	PS-B	PS-C
heterogen	61,6	11,3	7,3	0,4	0,7
mittel	35,9	73,7	42,0	10,9	1,0
homogen	2,5	15,0	50,7	88,6	98,3

Tab. 3.4: Homogenität des Gefüges der untersuchten Fragmente im Bruch nach Schlackentypen, in %.

erhoben. Bei der Blasengröße wurde jeweils der Maximalwert angegeben (Abb. 3.8).

Wie erwartet zeigen die Schlackenkuchen meist ein heterogenes Gefüge mit vielen unaufgeschmolzenen Einschlüssen (Tab. 3.4). Immerhin gut ein Drittel der Stücke zeigt eine nur mittel-heterogene Zusammensetzung, einzelne Stücke sogar eine homogene. Mit mehrheitlich vielen mittelgroßen bis großen Blasen sind die Schlackenkuchen generell als porös anzusprechen. Die ermittelten Werte stimmen gut mit den makroskopischen Beobachtungen an einzelnen Schlackenkuchen überein: Der Großteil der Schlacke besteht zwar aus heterogenem Material, im Kern oder im unteren Bereich eines Kuchens sind bei genauer Betrachtung aber häufig auch weniger poröse, homogenere Partien auszumachen.²⁶⁹

keine. Größe der Blasen (in Relation zur Schlackendicke): groß; mittel; klein; sehr klein.

²⁶⁹ Vgl. dazu auch Beobachtungen an Schlackenkuchen aus der Region Kitzbühel bei Koch Waldner (2017, S. 258). Möglicherweise ist diese Segregation in unterschiedlich homogene Partien vergleichbar mit den Schlackentypen A (heterogen) und B (homogener) vom Schmelzplatz S1 in der Eisenerzer Ramsau. Vgl. Doonan, 1996; Kraus, 2014.

Die massiven Schlacken weisen im Durchschnitt bereits ein deutlich homogeneres Gefüge mit weniger und kleineren, aber immer noch regelhaft zu beobachtenden Einschlüssen auf. Die restlichen Fragmente entfallen je ungefähr hälftig auf die beiden anderen Kategorien und sind somit als hetero- resp. homogen einzustufen. Die massiven Schlacken weisen mit durchschnittlich eher wenigen kleinen bis mittelgroßen Blasen eine moderate Porosität auf.

Die Plattenschlacken des Subtyps A zeigen gut zur Hälfte bereits ein homogenes Gefüge ohne makroskopisch erkennbare Einschlüsse. Immerhin rund 40 % enthalten jedoch noch sichtbare Reste nicht aufgeschmolzener Chargenbestandteile, womit sich dieser Subtyp deutlich von den beiden anderen Subtypen unterscheidet, die jeweils nahezu ausschließlich eine homogene Schlackenmatrix zeigen. Allen Plattenschlacken gemein ist eine sehr geringe Porosität. Sie weisen, wenn überhaupt, fast nur wenige kleine bis sehr kleine Blasen auf. Der Anteil blasenfreier Stücke liegt bei den B- und C-Fragmenten sogar bei 50 % oder mehr. Zusammenfassend sind die Plattenschlacken als weitgehend homogene, nicht poröse Schlacken zu charakterisieren.

Eine glasige Matrix weisen nur sehr vereinzelte Schlacken auf: 16 Schlackenkuchen, 23 massive Schlacken sowie 31 Plattenschlacken. Auffallend ist dabei die Häufung von Fragmenten aus den Averser Fundstellen Skilift (7) und Ober-Juppa (8), dem Engadiner Fundplatz Plaun Grand (15) und den verschiedenen Oberhalbsteiner Schmelzplätzen in Clavè d'Mez (16).²⁷⁰ Ob dieses Phänomen im weitesten Sinne mit der Prozesstechnologie (sehr hohe Temperatur?) oder dem verarbeiteten Ausgangsmaterial (lokale Geologie?) in Zusammenhang steht, kann makroskopisch nicht beurteilt werden. Da zu den betreffenden Schlacken und Fundstellen bisher keine naturwissenschaftlichen Analysen vorliegen, bleibt diese Frage vorläufig unbeantwortet.

Oberflächen

Eine in der Forschungsdiskussion häufig gestellte Frage ist jene nach der Unterscheidung bzw. Zuweisung der Unter- und Oberseite einer Schlacke. Da der Großteil der Schlackenfragmente weder einen Rand noch einen anderen Orientierungs-Anhaltspunkt aufweist, ist diese Frage für ein besseres Verständnis großer Teile des Fundmaterials von besonderer Bedeutung. Aber selbst für Randstücke, etwa Plattenschlackenfragmente mit den charakteristischen Randlippen, hat sich bisher keine einheitliche Orientierungs- und Abbildungskonvention etabliert. Durch die Kombination verschiedener Merkmale ist es am vorliegenden Material nun aber gelungen, eindeutige, einer bestimmten Oberfläche zuweisbare von nicht eindeutigen, auf beiden Oberflächen auftretenden Merkmalen zu unterscheiden (Abb. 3.9; Abb. 3.10a und b).²⁷¹

Zu den für die Oberseite einer Schlacke charakteristischen Merkmalen zählen positive, also aus den Schlacken aufsteigende Blasen sowie herunter- oder in sich zusammengefallene Tropfen und oberflächliche Spritzer. Erstere sind, sofern sie nicht aufgebrochen sind, teilweise nicht eindeutig von den kleinen, oberflächlichen Blasen eines Blasenteppichs zu unterscheiden. Ebenfalls charakteristisch für die Schlackenoberseite ist ein flächiger pockenförmiger Überzug mit kleinsten Bläschen.

Nur auf der Unterseite zu beobachten sind hingegen negative, in die Schlacke aufsteigende Blasen sowie wenig bis stark ausgeprägte Tropfen und Zapfen. Daneben sind auch Randwulste, Randlippen sowie Werkzeugnegative ausschließlich auf der unteren Oberfläche einer Schlacke auszumachen.

Eine Reihe weiterer Merkmale kann auf beiden Oberflächen beobachtet werden: Flächige, kleine, nur oberflächlich gebildete Blasen in Form eines «Blasenteppichs» haben sich während der Abkühlung (z.B. in Wasser?) häufig sowohl auf der Unter- als auch auf der Oberseite von Schlacken gebildet. Auch Brüche, die durch eine Bewegung der nur oberflächlich erstarrten Schmelze entstanden, sind regelmäßig und teilweise gleichzeitig auf beiden Oberflächen zu beobachten. Dies gilt ebenfalls für die in der Literatur häufig als «Milchhautrunzeln» bezeichneten Runzeln oder Wellen. Negativ-Abdrücke von Holz(kohle)fragmenten sind auf Schlacken-Oberseiten zwar sehr selten, konnten jedoch vereinzelt nachgewiesen werden.

Besonders häufig sind solche Negative aber an der Unterseite von Schlackenkuchen zu beobachten. Letztere sind in der Regel durch eine sehr unruhige, wulstige Oberseite mit positiven Blasen, teilweise kleinen, feinen Runzeln und vereinzelt heruntergefallenen Tropfen sowie Holz(kohle)-Negativen gekennzeichnet. Die Unterseite von Schlackenkuchen hingegen ist in der Regel abgeflacht und weist eine kleinteilig texturierte Oberfläche mit kleinen negativen Bläschen und Holz(kohle)-Negativen auf. Verschiedentlich konnten im Bereich von solchen Negativen noch Reste der Holz(kohle)fragmenten ausgemacht werden.

Die Oberseite von massiven Schlacken ist meist sehr eben, seltener etwas unruhig und blasig. Hier sind fast immer ausgedehnte Blasenteppiche sowie häufig positive Blasen, heruntergefallene Tropfen und kleinere Runzeln sichtbar. Die Unterseite der massiven Schlacken ist entweder stark uneben-wulstig oder zumindest leicht uneben-gewellt ausgeprägt. Fast immer lassen sich hier kleinere und größere Blasenteppiche, negative Blasen sowie Tropfen beobachten. Im Bereich der für diesen Typ besonders häufig nachgewiesenen Werkzeugnegative zeigen sich außerdem oft zahlreiche kleine Brüche in der Schlackenoberfläche.

Die Oberseiten von Plattenschlacken sind stets flach ausgeprägt und weisen insbesondere bei den Subtypen B und C meist nur wenige oder gar keine Oberflächenmerkmale auf. Einigermaßen häufig sind hier einzig Runzeln oder Bruchlinien zu beobachten, seltener kleine oberflächliche Bläschen sowie einzelne Tropfen und Spritzer. Letztere könnten etwa durch ein Besprenkeln der Schlackenoberseite mit Wasser entstanden sein. Bei Fragmenten des Subtyps A sind hingegen relativ oft Blasenteppiche sowie positive Blasen vorhanden. Hier ist auch die Unterseite nur in weniger als einem Drittel der Fälle ganz flach, häufiger ist sie noch leicht gewellt oder seltener sogar wulstig ausgebildet. Neben Blasenteppichen und Werkzeugnegativen lassen sich hier dementsprechend auch Tropfen und negative Blasen nachweisen. Die Unterseite der übrigen Plattenschlacken ist hingegen durchgehend flach ausgeprägt und weist neben den für diesen Schlackentyp besonders charakteristischen Runzeln auch Werkzeugnegative sowie oberflächliche Brüche oder vereinzelt negative Bläschen auf.

²⁷⁰ Weitere Fragmente mit glasiger Schlackenmatrix liegen aus folgenden Fundstellen vor: Brüscheda I (2), Burgfelsen (1), Dafora (1), Furnatsch (3), Gruba I (3), Pardeala (1), Pra Miez (1), Scalotta I (1), Scalotta II (1), Sül Cunfin I (1), Sur Eva I (4), Sur Gonda (1), Tignas Sot II (1), Tiragn (1), Val Faller Plaz (1), Vorderbergalga II (1).

²⁷¹ Zur Unterscheidung von Unter- und Oberseite siehe «Randformen» und «Werkzeugnegative» weiter unten.



Abb. 3.9: Detailansicht verschiedener Oberflächenmerkmale. Von o.l. nach u.r.: Negative Blasen an der Unterseite einer MS, am linken Bildrand: eine schwach ausgeprägte Randwulst; herabhängende Tropfen an der Unterseite einer MS; Teppich aus großen, oberflächlichen, teilweise geplatzten Blasen auf der Oberseite einer MS; Teppich aus kleinen, oberflächlichen Blasen auf der Oberseite einer MS; mehrfach oberflächennah gebrochene Oberseite einer PS; deutlich ausgeprägte Runzeln auf der Unterseite einer PS. Fotos: G. Perissinotto, ADG; L. Reitmaier-Naef, UZH.

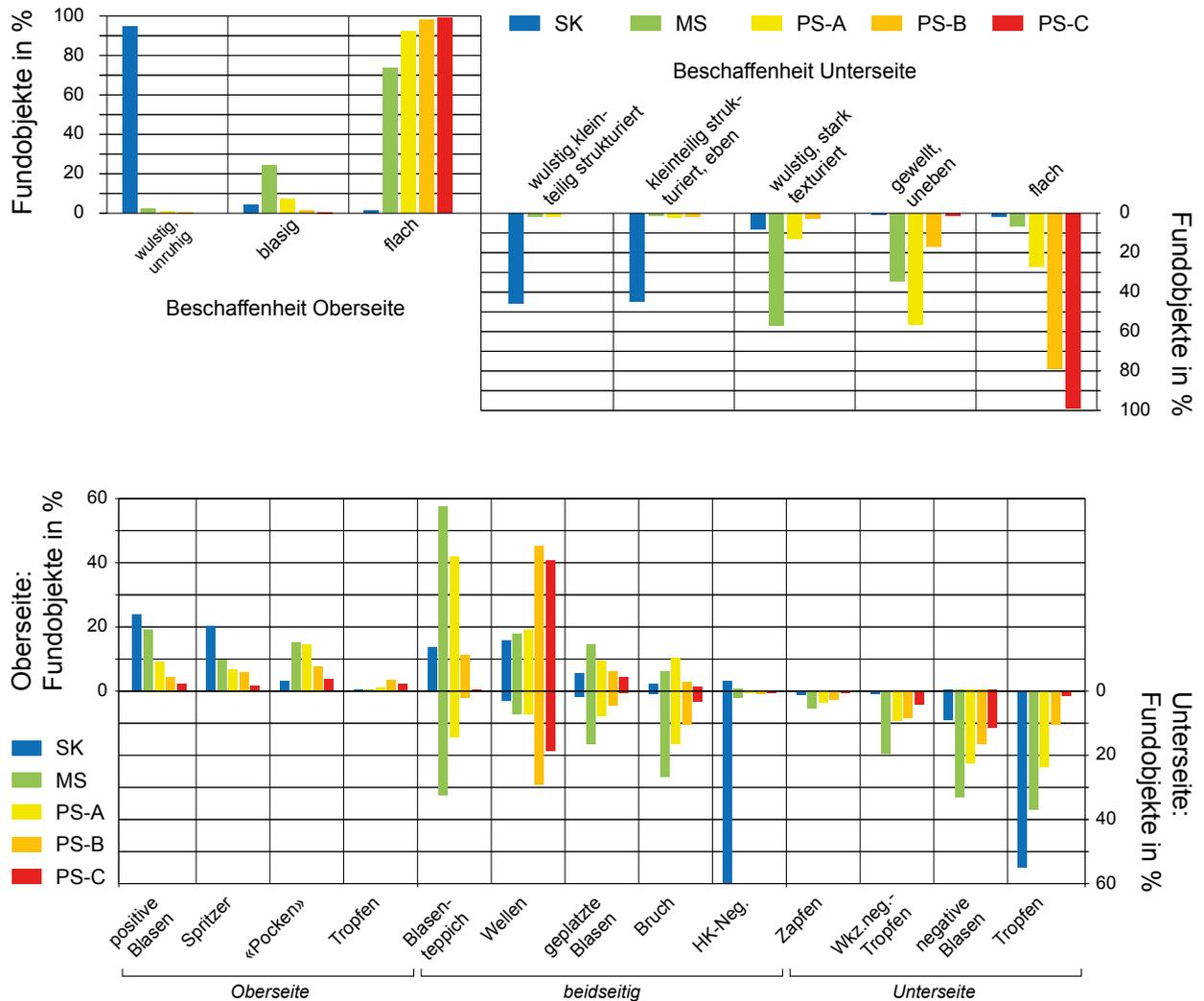


Abb. 3.10: Übersicht der Oberflächenbeschaffenheit (o.) und -merkmale (u.) nach Schlackentypen. Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Rand

Randformen

In Anlehnung an die drei Schlackentypen lassen sich am Fundmaterial auch drei Randtypen mit jeweils zwei bis drei Subtypen identifizieren (Abb. 3.11): Randform 1 wurde primär bei Schlackenkuochen beobachtet. Es handelt sich um einen wulstigen, aus mehreren Lagen aufgebauten Rand, der entweder frei ausläuft (Subtyp 1a) oder durch eine randliche Begrenzung geformt wird (Subtyp 1b).

Charakteristisch für die massiven Schlacken ist die Randform 2: eine spitzwinklige Randkante ohne (Subtyp 2a) oder mit (Subtyp 2b) einer mehr oder weniger deutlich ausgeprägten Randwulst an der Schlacken-Unterseite.

Die Plattenschlacken wiederum weisen in der Regel einen Rand vom Typ 3 auf, der durch keine (Subtyp 3a), eine leichte (Subtyp 3b) oder eine stark ausgeprägte (Subtyp 3b) Randlippe gekennzeichnet ist.

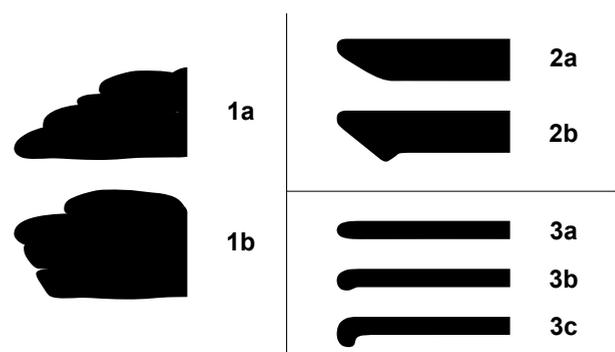


Abb. 3.11: Schematische Darstellung der verschiedenen Randformen. 1a: mehrlagiger, wulstiger Rand, frei auslaufend; 1b: mehrlagiger, wulstiger Rand mit Kante; 2a: abgechrägter Rand; 2b: abgechrägter Rand mit Randwulst (Unterseite); 3a: neutrale, abgerundete Randform; 3b: Rand mit schwacher Randlippe; 3c: Rand mit deutlicher Randlippe. Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Randformen	SK	MS	PS-A	PS-B	PS-C
1a	83,6	0,4	0,0	0,0	0,0
1b	16,4	1,7	0,0	0,0	0,0
2a	0,0	52,0	8,7	0,0	0,0
2b	0,0	29,5	18,8	3,9	1,4
3a	0,0	15,2	53,6	23,4	1,8
3b	0,0	0,4	10,2	45,1	38,1
3c	0,0	0,4	2,2	20,4	53,7
3x	0,0	0,4	6,5	7,2	5,0

Tab. 3.5: Häufigkeit der verschiedenen Randformen nach Schlackentypen, in %. Gesamtzahl der berücksichtigten Fragmente: 1026; davon 122 SK, 244 MS, 138 PS-A, 304 PS-B, 218 PS-C. Unter «Randform 3x» wurden Fragmente subsummiert, die einen unregelmäßigen, stark überprägten oder anderweitig nicht näher bestimmbar Rand der Form 3 aufweisen.

Eine Projektion der Randformen nach Schlackentypen bestätigt die postulierte Korrelation zwischen den Schlackentypen und Randformen weitgehend (Tab. 3.5): Bei Schlacken Kuchen wurden ausschließlich Ränder der Form 1a oder 1b dokumentiert, bei massiven Schlacken primär abgeschrägte Randpartien mit und ohne Randwulst sowie vereinzelt Stücke mit einem «neutralen» Rand des Typs 3a. Bei den dünnen und sehr dünnen Plattenschlacken (Subtyp B und C) wiederum ist fast ausschließlich Randform 3 zu beobachten, wobei die Ausprägung der Randlippe mit abnehmender Schlackendicke zunimmt. Während sich die Abgrenzung zwischen Schlacken Kuchen und massiven Schlacken über die Randform sehr klar abzeichnet, ist der Übergang zwischen den massiven und den Plattenschlacken also etwas fließender: Die untersuchten Plattenschlacken des Subtyps A zeigen immerhin noch zu über einem Viertel einen Rand des Typs 2, wobei sich eine leichte Korrelation zwischen der Randform und der Dicke des betreffenden Fragments abzeichnet. Ebenso korreliert das Auftreten der Randformen 2a, 2b und 3 bei den massiven Schlacken mit einer abnehmenden Schlackendicke. Zwischen den beiden Schlackentypen scheint also zumindest bezüglich der Randform keine klare Grenze, sondern eher ein gradueller Übergang im Bereich der Plattenschlacken des Subtyps A zu bestehen.

Die Wulst oder Lippe an der Unterseite von Schlacken mit einem Rand der Form 2b, 3a oder 3b ist als Negativ der darunterliegenden (metallischen) Schmelze von leicht geringerem Durchmesser zu interpretieren: Die innerhalb der Randwulst regelhaft sehr glatt ausgeprägte Schlackenoberfläche²⁷² (Negativ der Schmelze) setzt sich jeweils sehr deutlich von der kleinteilig texturierten Oberfläche im Randbereich (Negativ des mit kleinteiligem Beschickungsmaterial angefüllten Reaktors) ab. Diese Beobachtung lässt sich auch auf Schlacken ohne Randwulst, nicht jedoch auf Schlacken Kuchen übertragen.

²⁷² Die «glatte Ausprägung» bezieht sich lediglich auf die Textur, nicht aber die Form (wellig, flach, mit Tropfen/Zapfen o.ä.) der betreffenden Oberfläche.

Vergleichbare Spurenbilder sind insbesondere von frühen Kupferverhüttungsschlacken aus dem Nahen Osten bekannt, z.B. aus Shahr-I Sokhta oder Nevali Çori (Hauptmann, et al., 1993, S. 547).

Die Randpartien von massiven und Plattenschlacken dienen daher auch als direkte Indikatoren für die richtige Orientierung und korrekte Identifizierung der Unter- bzw. Oberseite einer Schlacke.

Dass entsprechende Negative auf den Unterseiten von Schlacken Kuchen bislang gänzlich fehlen, könnte als Hinweis auf eine alternative Prozessumgebung zu deuten sein, bei dem die Schlacke nicht unmittelbar auf einer flüssigen Metallschmelze auflag.²⁷³

Hiervon abgesehen, scheint die jeweilige Randform jedoch primär durch die Dicke und Viskosität der Schlacke determiniert und technologisch somit von begrenzter Aussagekraft zu sein. Weiterführende Aussagen zur Prozessführung können jedoch aus dem Randwinkel und -radius abgeleitet werden.

Randwinkel

Bei Schlacken mit den Randformen 1b, 2a und 2b wurden – wenn möglich – Angaben zum Randwinkel erfasst, um Hinweise zum Entstehungs- resp. Erstarrungsmilieu der entsprechenden Typen zu erhalten. Für wulstige Randformen mit Begrenzung (1b) konnten nur vereinzelte und mit 40–90° stark divergierende Angaben zum Randwinkel ermittelt werden, auf deren Grundlage – abgesehen von einer generellen Nicht-Uniformität – keine weiterführenden Aussagen formuliert werden können.

Bei Schlacken mit schrägem Rand vom Typ 2 hingegen konnten viele aussagekräftige Werte erhoben werden (Tab. 3.6): Die Randwinkel liegen bei 80 % der

²⁷³ Die Beschaffenheit der Schlacken Kuchenunterseite (kleinteilige Strukturierung; regelhafte Holz(kohle)-Negative) sprechen dafür, dass zwischen dem Schlacken Kuchen und dem metallischen Zwischenprodukt eine Lage aus relativ kleinteiligen Beschickungsrückständen – vermutlich primär Holzkohle – anzunehmen ist.

Randwinkel	30	35	40	45	50	55	60	65
2a	5,5	17,3	34,5	26,4	12,7	3,6	0,0	0,0
2b	8,6	20,4	26,9	20,4	11,8	9,7	1,1	1,1

Tab. 3.6: Bei Rändern des Typs 2 dokumentierte Randwinkel nach Subtypen in %. Gesamtzahl der berücksichtigten Fragmente: 110 (2a), 93 (2b); davon 161 MS, 33 PS-A, 7 PS-B und 2 PS-C. Die Werte wurden in 5°-Schritten erhoben.

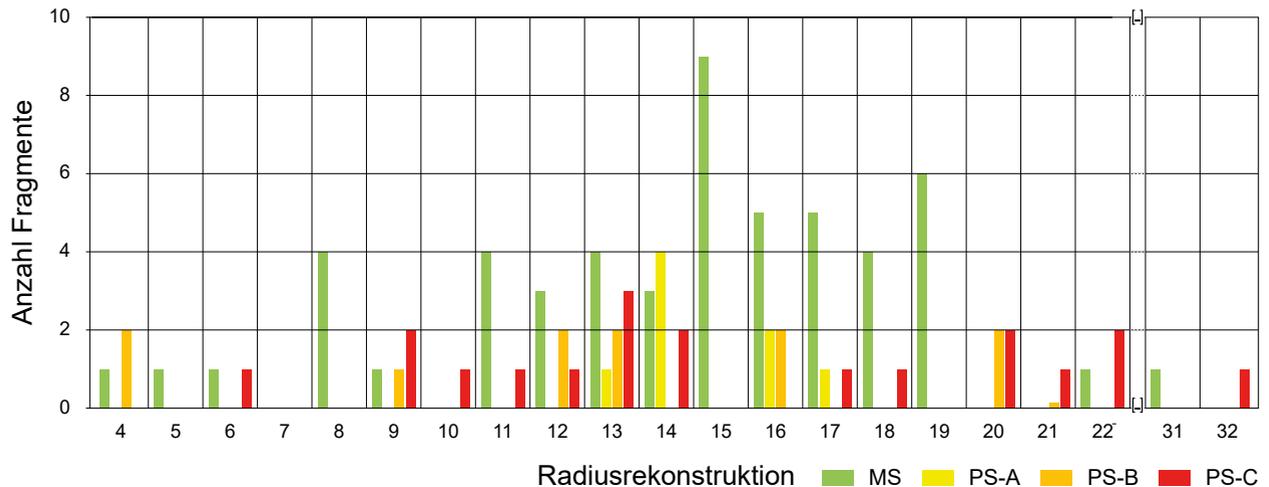


Abb. 3.12: Mittels Radiuschablone an großen Randfragmenten ermittelte Näherungswerte der Schlacken-Radien nach Typen (ohne SK). Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Fragmente zwischen 35° und 50°, bei beiden Subtypen der Randform 2 dominieren Randwinkel von 40° – dies gilt sowohl für die massiven Schlacken als auch für die Plattenschlacken des Subtyps A.²⁷⁴ Diese Schlacken dürften demnach also in einer Struktur mit entsprechendem Neigungswinkel entstanden sein – ob es sich dabei um eine flache Grube, den Innenraum eines mit Lehm verstrichenen Ofens oder ein anderes Reaktions- bzw. Erstarrungsgefäß gehandelt hat, ist allein anhand der Schlackenrandbeschaffenheit jedoch nicht ersichtlich.

Radius

Von größeren Randstücken aller Typen und Formen wurden zusätzlich Werte zur Radiusrekonstruktion erfasst. Dies hat sich für die Schlackenkuchen wiederum als problematisch erwiesen, da sie im Gegensatz zu den beiden anderen Schlackentypen in der Regel eine unregelmäßige, amorphe Grundfläche und somit auch keinen konstanten Radius aufweisen. Die Grundfläche eines durchschnittlichen Schlackenkuchens ließen sich daher lediglich an den wenigen (fast) vollständig erhaltenen Stücke aus Tiragn abschätzen. Dessen zufolge ist für Schlackenkuchen von einer leicht länglich-ovalen Grundform mit Maßen zwischen ca. 15 × 20 cm bis 20 × 30 cm auszugehen. Ob sich diese Angaben auf andere Fund-

stellen übertragen lassen oder von Schmelzplatz zu Schmelzplatz stark divergieren, kann anhand des verfügbaren Fundbestandes nicht beurteilt werden.

Die Erhebung von Radius- resp. Durchmesserangaben hat sich aber auch für Fragmente von massiven Schlacken und Plattenschlacken als problematisch erwiesen: Durchmesserabschätzungen mithilfe einer «Radiuschablone» sind erst ab einer gewissen Größe des Randstücks sinnvoll, wobei die ermittelten Werte auch hier stark variieren – von wenigen Zentimetern bei stark gerundeten bis «unendlich» bei praktisch geraden Randfragmenten. Dies ist wenig erstaunlich, zeigt doch beispielsweise auch die fast vollständig erhaltene massive Schlacke von 30 cm Durchmesser aus Gruba I sowohl stark gerundete als auch fast gerade Randabschnitte (vgl. Abb. 3.1 und Abb. 3.2). Dennoch lässt sich für beide Schlackentypen zweifelsfrei eine runde Grundform postulieren, die das Entstehungs- resp. Erstarrungsmilieu (Grube, Herd?) abbildet. Für die massiven Schlacken ist eine Häufung von Radius-Werten im Bereich zwischen 15 und 19 cm und für Plattenschlacken zwischen ca. 12 und 16 cm zu erkennen, was auf ursprüngliche Durchmesser von ca. 30–40 cm bzw. 24–32 cm schließen lässt (Abb. 3.12).

Werkzeugnegative

Beispiele von durchlochenden Schlackenkuchen und korrespondierenden, teilweise sogar noch in situ steckenden Schlackensticheln, die der Entnahme der auskühlenden

²⁷⁴ Die wenigen für Plattenschlackenfragmente der Subtypen B und C erhobenen Werte sind – u.a. auch aufgrund der dünnen Randpartie – wenig aussagekräftig, zeigen aber eine leichte Tendenz zu etwas kleineren, spitzeren Randwinkeln.

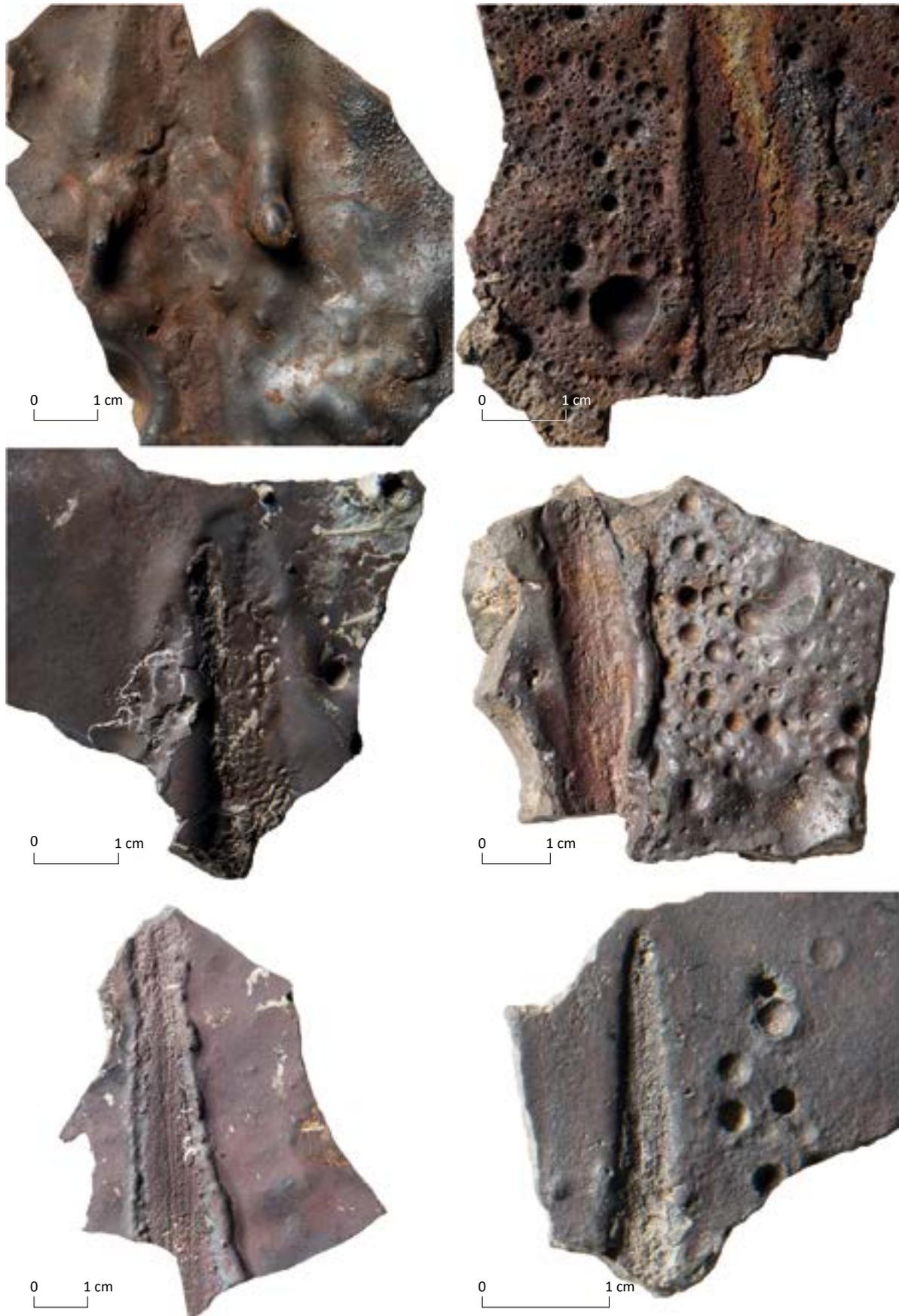


Abb. 3.13: Detailansicht verschiedener Werkzeugnegative. Von o.l. nach u.r.: mit seitlicher Wulst- und Tropfenbildung (MS); mit flachem, eckigem Querschnitt und negativen Blasen (MS); flaches Negativ mit abgerundetem Ende (PS); rundes Negativ und negative Blasen (MS); flaches, spitz zulaufendes Negativ mit erkennbarer Holztextur (PS); sehr dünner, flacher, spitz zulaufender Abdruck und negative Blasen (PS). Fotos: G. Perissinotto, ADG; L. Reitmaier-Naef, UZH.

Werkzeugnegative		SK	MS	PS-A	PS-B	PS-C
Breite	minimal	0,9	0,4	0,5	0,4	0,4
	maximal	3,2	2,8	2,4	2,0	1,6
	Ø	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0
Form	parallel	50,0	49,8	50,8	21,8	47,4
	zulaufend	31,25	19,6	15,4	41,4	26,3
	n.b.	18,75	30,6	33,8	36,8	26,3
Querschnitt	eckig	6,25	23,3	38,5	42,5	57,9
	halbrund	31,25	45,2	40,0	28,7	15,8
	rund	37,5	25,1	18,5	4,6	0,0
	n.b.	25,0	6,4	3,1	24,1	26,3
Ende	eckig	6,25	1,8	1,5	0,0	0,0
	rund	25,0	8,7	15,4	21,8	26,3
	spitz	25,0	12,8	9,2	13,8	10,5
	n.b.	43,75	76,7	73,8	64,4	63,2
Anzahl	einzel	87,5	69,4	66,2	67,8	31,6
	wiederholt	0,0	11,0	10,8	4,6	0,0
	mehrere	12,5	14,2	16,9	19,5	5,3
	n.b.	0,0	5,5	6,2	8,0	0,0
Textur	keine	93,75	83,6	93,8	28,3	68,4
	Holz	0,0	8,2	4,6	2,3	31,6
	n.b.	6,25	8,2	1,5	9,1	0,0

Tab. 3.7: Angaben zu den dokumentierten Werkzeugnegativen. Gesamtzahl der berücksichtigten Fragmente: 406; davon 16 SK, 219 MS, 65 PS-A, 87 PS-B, 19 PS-C. Breite in cm, alle anderen Werte in %.

Schmelze aus dem Ofen dienten, sind aus dem Mitterberger und Kitzbüheler Raum seit Langem bekannt (Klose, 1918, S 31, Fig. 41; Zschocke und Preuschen, 1932, S. 79, 89, Taf. 33a, 8f; Koch Waldner, 2017, S. 258, Abb. 120, Taf. 7). Vergleichbare Einstichlöcher oder Holzgeräte wurden im Oberhalbstein jedoch bislang nicht dokumentiert. Stattdessen lassen sich hier an den Schlacken-Unterseiten aber häufig Negativabdrücke von nicht näher bekannten «Werkzeugen» beobachten, die eine andere Technik der Schlackenentnahme aus dem Ofen bezeugen und zugleich ein weiteres wichtiges Indiz zur korrekten Orientierung der untersuchten Schlacken liefern (Abb. 3.13).

Diese Werkzeugnegative lassen sich zwar primär an massiven und Plattenschlacken beobachten, konnten vereinzelt aber auch an Schlackenkuchen nachgewiesen werden (Tab. 3.7). An diesem Schlackentyp sind sie weniger gut zu erkennen, da sie sich in der porösen, wulstigen Textur weniger deutlich abzeichnen. Die 16 an Schlackenkuchen dokumentierten Negative sind zwischen knapp 1 cm und 1,8 cm breit, ein einziges misst 3,2 cm, wobei es sich möglicherweise um eine Verdoppelung eines schmalen Abdrucks handelt. Die Negative weisen – wo bestimmbar – meist einen halbrunden oder runden Querschnitt und ein spitz zulaufendes oder abgerundetes

Ende auf. Zumeist treten Werkzeugnegative bei Schlackenkuchen einzeln auf, in einigen Fällen konnten aber auch mehrere Abdrücke identifiziert werden.

Mit gut 219 fällt die Anzahl der massiven Schlackenfragmente mit Werkzeugnegativen deutlich höher und somit auch repräsentativer aus. Einzelne Abdrücke messen bis zu 2,8 cm, die Mehrheit ist aber nur 0,8 cm bis 1,8 cm breit. 45,2 % der Negative zeigen einen halbrunden, 23,3 % einen flach-eckigen, 25,1 % einen runden und lediglich 6,4 % einen nicht näher bestimmbar Querschnitt. Wo sich ein Ende des Werkzeugs nachvollziehen lässt, ist dies meist spitz zulaufend oder abgerundet ausgestaltet, seltener gerade abgelängt. Auch hier handelt es sich in knapp 70 % der Fälle um einzelne Negativabdrücke, seltener um wiederholte («gestocherte») oder mehrere Negative. Auf einigen größeren Schlackenfragmenten sind V-förmig angeordnete Abdrücke nachvollziehbar (vgl. Abb. 3.1, Abb. 3.2, Taf. 25–36), die aber nicht durch ein einzelnes, astgabelförmiges Werkzeug entstanden sind, sondern durch den kombinierten Einsatz zweier Einzelwerkzeuge. Daher wird hier auch die neutrale Bezeichnung «Werkzeug» bzw. «Werkzeugnegativ» einschlägigen hüttenmännischen Begriffen wie «Schlackengabel» oder «Ofengabel» vorgezogen, da diese (mindestens) zweizinkige Geräte bezeichnen.

Auch auf Plattenschlacken sind Negativabdrücke vorhanden – allerdings sind sie hier mit abnehmender Schlackendicke und der damit einhergehenden Abnahme der durchschnittlichen Fragmentgröße nur selten aussagekräftig genug für eine Detailaufnahme.²⁷⁵ Erschwerend kommt hinzu, dass sich die Negative auf den dünnen, schnell ausgekühlten Plattenschlacken häufig nur auszugsweise nachvollziehen lassen und selten als richtige Ab- resp. Eindrücke zu beschreiben sind. Die durchschnittliche Breite der Negative fällt hier mit 1,0 cm bis 1,2 cm etwas kleiner aus. Ob dies allerdings den tatsächlichen Gegebenheiten entspricht oder auf die oben angesprochene Problematik nur partiell bzw. oberflächlich eingprägter Abdrücke zurückzuführen ist, bleibt unklar. Gleiches gilt für den im Vergleich zu den anderen Schlackentypen deutlich selteneren Nachweis runder Werkzeugquerschnitte, die erst ab einer gewissen Abdrucktiefe evident würden. Insbesondere bei Subtyp B und C scheint es sich mehrheitlich um die Negative von flach-rechteckigen Werkzeugen zu handeln. Die Form der Werkzeugenden hingegen ist mit den bei den massiven Schlacken und Schlacken Kuchen dokumentierten, primär spitz zulaufenden oder abgerundeten Formen vergleichbar. Wiederholte oder mehrere Abdrücke auf einem Schlackenfragment bilden bei Plattenschlacken aller Subtypen die Ausnahme, es handelt sich in mehr als zwei Dritteln aller Fälle um einzelne Negative, was auch mit der im Vergleich zur postulierten Gesamtgröße der Plattenschlacken sehr gering ausfallenden durchschnittlichen Fragmentgröße in Zusammenhang stehen dürfte.

Die zahlreichen Negativabdrücke liefern nicht nur Hinweise zu Form und Größe der verwendeten Werkzeuge, sondern auch den Nachweis für deren Fertigung aus Holz. Dies bezeugen neben den häufig abgerundeten oder zugespitzten Enden auch die an verschiedenen Schlackentypen aus unterschiedlichen Fundstellen nachgewiesenen über 30 Negativabdrücke mit erkennbarer Holz-Textur. Zusammen mit den über alle Schlackentypen und Fundstellen hinweg relativ einheitlichen Spurenbildern und Werkzeugbreiten, spricht dies klar für eine offensichtlich intentionelle, zweckgebundene Herstellung dieser Werkzeuge.

Abheben oder Abstechen? Typologisch-morphologische Indikatoren zur Prozessrekonstruktion

Parallelen für die Verwendung einfacher Hölzchen oder Stäbe für die Entnahme von Schlacken aus dem Verhüttungssofen finden sich in der traditionellen nepalesischen Kupferproduktion, wie sie durch N. Anfinset (2011) dokumentiert wurde. In einem bisher unpublizierten Dokumentarfilm (Storaas und Kharel, 2014) ist in mehreren Szenen

²⁷⁵ Von den 87 Negativen auf Plattenschlacken des Subtyps A konnten immerhin 65 detailliert dokumentiert werden, von 165 bei Subtyp B nur noch 87 und bei Subtyp C sogar lediglich 19 von 57.



Abb. 3.14: Abheben der Schlacke aus dem Nepal-Ofen im Original (a: nach Anfinset, 2011, S. 50) und im archäologischen Experiment durch das Institut für Archäologien der Universität Innsbruck (b: nach Goldenberg, et al., 2011, S. 86). Fotos: N. Anfinset, Universität Bergen (a); FZ HIMAT, Universität Innsbruck (b).

zu sehen, wie die Schlacken²⁷⁶ und auch das produzierte Kupfer mit zwei zugespitzten, langen Holzspießen aus dem Ofen gehoben werden: Der Schmelzmeister fährt während des laufenden Schmelzprozesses wiederholt zuerst mit beiden Spießen unter eine Schlackenscheibe, um sie anzuheben und klemmt sie dann zwischen die beiden Rundhölzer oder balanciert sie auf diesen, um sie aus dem Ofen herauszuheben (Abb. 3.14). Ein vergleichbares Szenario ist anhand der Werkzeugnegative auch für die massiven und Plattenschlacken aus dem Oberhalbstein zu postulieren. Dass bisher keinerlei Abdrücke auf der Schlackenoberseite dokumentiert worden sind, muss dabei keinen Widerspruch darstellen – entweder wurden die Schlacken schlicht nur abgehoben und nicht eingeklemmt, oder das Festklemmen hat auf der bereits stärker ausgekühlten und daher nicht mehr formbaren Oberseite der Schlacke keine eindeutigen Spuren hinterlassen.

In jedem Fall ist ein Abstechen der Schlacke während des laufenden Prozesses, wie es für andere urgeschichtliche Reviere immer wieder angenommen wird

²⁷⁶ «Ferndiagnostisch» mit den massiven Schlacken und Plattenschlacken vergleichbare Typen (vgl. auch Abb. 5.11, S. 194).

(Cucini, et al., 2012; Doonan, 1996, S. 25; Herdits und Löcker, 2004; Krismer, et al., 2012a, S. 107-108.; Larreina-Garcia, Cech und Rehren, 2015; Presslinger und Eibner, 2004; van Brempt und Kassianidou, 2016; Zschocke und Preuschen, 1932, S. 92), für die prähistorische Kupferverhüttung im Oberhalbstein auf dieser Grundlage definitiv auszuschließen: Die heterogenen, porösen Schlacken Kuchen weisen nicht die notwendige Liquidität auf, um durch ein Stichloch aus dem Verhüttungssofen ausfließen zu können (s. Kapitel 4.3.2, S. 164). Das aus mehreren Wulsten aufgebaute Gefüge bildet nicht aufeinanderfolgende Abstiche – wie es etwa bei bronzezeitlichen «tap slags» in Zypern oder Jordanien zu beobachten ist (Hauptmann 2011, 98; S. 192-193.; van Brempt und Kassianidou, 2016) –, sondern eine wiederholte oder geschichtete Beschickung des Ofens ab, die zu einem Absetzen und langsamen Zusammensinken einer mehrlagigen Schmelze geführt hat. Die Schlacke wurde erst in weitgehend verfestigtem Zustand – wohl Stunden nach Beendigung des Schmelzgangs – mithilfe eines Stocks aus dem Ofen gehoben. Hierfür wurden sie im Gegensatz zu den Referenzbeispielen aus dem ostalpinen Raum nicht seitlich «aufgestochen», sondern von unten «aufgebelt». Obwohl für diesen Schlackentyp zwar grundsätzlich von einem anderen Erstarrungsszenario bzw. -milieu auszugehen ist als für die beiden anderen Typen, scheint in beiden Fällen dieselbe Abhebe-Technik zum Einsatz gekommen zu sein. Da auch die größten Schlacken Kuchen von bis zu 20 × 30 cm Durchmesser oft einen Rand des Typs 1a – also einen nicht abgeschrägten, frei auslaufenden Rand – aufweisen, ist davon auszugehen, dass sie für das Erstarrungsmilieu – in diesem Fall vermutlich der Ofeninnenraum eines typisch alpinen Schachtofens²⁷⁷ – nur eine Minimalgröße anzeigen.

Die massiven und Plattenschlacken waren zumindest teilweise niedrigviskos genug (s. Kapitel 4.3.2, S. 165), um abgestochen zu werden, zeigen aber ebenfalls nicht die zu erwartenden makroskopischen Merkmale. Sowohl die wiederkehrende runde Grundform als auch das klar begrenzte Spektrum an Randformen spricht eindeutig für eine Entstehung und (partielle) Auskühlung innerhalb eines runden, ca. 30–40 cm messenden, ca. 40° geneigten grubenförmigen Reaktors. Die an diesen Schlacken sehr häufig zu beobachtenden Werkzeugnegative zerstreuen schließlich sämtliche Zweifel: Diese Schlacken müssen in einem nur oberflächlich verfestigten Zustand aus dem Ofen abgehoben worden sein. Auch die oft als «Fließstrukturen» angesprochenen, oberflächlichen Wellen und Runzeln auf Plattenschlacken sprechen bei genauerer Betrachtung gegen einen Fließprozess: Die oberflächlichen Runzeln sind verschiedentlich im Umfeld von Werkzeugnegativen zu beobachten und korrespondieren in ihrer Ausrichtung jeweils mit der Stoßrichtung dieser Abdrücke (Abb. 3.15). Fallweise lässt sich

²⁷⁷ Für das Entstehungsszenario der Schlacken Kuchen im Ofen (sog. «Ofenschlacken») sprechen auch die vereinzelt dokumentierten Anhaftungen von Ofenlehm an der Unterseite/ Seitenkante der Schlacken Kuchen.



Abb. 3.15: Detailansicht der Unterseite eines Plattenschlackenfragments mit einem partiell erhaltenen Werkzeugnegativ (gestrichelt). Seitlich des Abdrucks haben sich – ähnlich dem Wellenschlag entlang einer Bootsfahrspur – Runzeln gebildet, die unverkennbar die Stoßrichtung des Werkzeugs (Pfeil) anzeigen. Foto: G. Perissinotto, ADG; L. Reitmaier-Naef, UZH.

dieser Effekt außerdem auch auf der gegenüberliegenden, oberen Schlackenoberfläche beobachten. Das Spurenbild entstand demnach nicht durch einen Fließvorgang in Form eines Schlacken-Abstichs, sondern infolge der mit einem Holzwerkzeug ausgelösten Bewegung bzw. Erschütterung der bereits leicht verfestigten Schlackenoberfläche(n) bei gleichzeitig noch weitgehend flüssigem Kern.²⁷⁸

Beim korrespondierenden Reaktor dürfte es sich aus naheliegenden Gründen nicht um den typischen Schachtofen des «Mitterberg-Prozess»-Technokomplexes handeln: Ein Abheben von einzelnen bzw. mehreren Schlackentellern während des laufenden Schmelzprozesses ist hier aus Konstruktionsgründen kaum praktikabel. Wie der entsprechende Reaktor und der damit verbundene Prozess ausgesehen haben könnte, wird weiter unten (s. Kapitel 5.4.3, S. 193-197) diskutiert.

3.3 Zusammenfassung: Schlacken – Typologie und Morphologie

Meist sind Verhüttungsschlacken das einzige archäologische Fundmaterial, das an Verhüttungsplätzen in großen

²⁷⁸ Diese Entnahmetechnik bezeugen auch die verschiedentlich dokumentierten Plattenschlackenfragmente mit einer leicht bis stark gebogenen Grundform, die ebenfalls nur durch das Abheben erst partiell erstarrter «Schlackenteller» plausibel erklärbar ist.

Mengen vorliegt. Sie sind ein vielschichtiger Informationsträger, der wichtige Hinweise zur Rekonstruktion der Prozesstechnologie enthält, die sich nicht nur mittels naturwissenschaftlicher Analysen entschlüsseln lassen. Auch mithilfe archäologischer Typologie und eines detaillierten Studiums der Morphologie können wichtige Informationen zur urgeschichtlichen Prozessführung ermittelt werden.

Für eine zweistufige typologische Analyse des Oberhalbsteiner Schlackenmaterials wurden über 11.800 Fragmente aus 72 Fundstellen grob typologisch und mehr als 1900 aussagekräftige Schlackenfragmente detailliert ausgewertet. Die verwendete Typologie orientiert sich im Wesentlichen an den in der Fachliteratur gängigen, jedoch selten präzise definierten oder beschriebenen Typen. Neben Schlackenkuchen und Plattenschlacken umfasst das Typenspektrum hier auch sog. massive Schlacken, das für andere Alpenregionen verschiedentlich nachgewiesene Aufbereitungsprodukt Schlackensand fehlt im Oberhalbstein hingegen vollständig. Die Schlackenkuchen zeigen ein zumeist heterogenes, stark mit Blasen durchsetztes Gefüge. Die massiven Schlacken sind im Vergleich dazu deutlich weniger heterogen und nur wenig porös, im Gegensatz zu den homogenen, fast blasenfreien Plattenschlacken jedoch dicker (>1,5 cm). Ungeachtet dieses künstlich festgelegten Grenzwerts ist eine klare Differenzierung zwischen massiven Schlacken und Plattenschlacken meist nicht möglich, vielmehr scheinen die beiden Typen graduell ineinander überzugehen.

Die typologische Klassifizierung einer großen Fundmenge wiederum hat gezeigt, dass die massiven Schlacken mit 46,5 % Gewichtsanteil im Untersuchungsgebiet den mit Abstand am häufigsten vertretenen Schlackentypen darstellen, gefolgt von Plattenschlacken mit 29 % und Schlackenkuchen mit 24,5 %.²⁷⁹ Dieses pauschale Resultat ist aufgrund der heterogenen Probenqualität wenig aussagekräftig und wurde daher mithilfe von vier repräsentativen Proben aus dem Kernbereich freigelegter Schlackenhalde überprüft, woraus ein zusätzlich zugunsten der massiven und Plattenschlacken divergierendes Ergebnis resultierte.

Dass sich dieses aber nicht ohne Weiteres auf die übrigen Fundstellen übertragen lässt, zeigt eine Kartierung der Typenanteile pro Fundstelle. Dabei wird auf den ersten Blick ersichtlich, dass sich zwischen der unteren und oberen Talstufe deutliche Unterschiede abzeichnen: Während die Fundstellen in der unteren Talstufe hauptsächlich Schlackenkuchen und mitteldünne Plattenschlacken enthalten, setzt sich das Spektrum in den Fundstellen der oberen Talstufe größtenteils aus massiven und dicken Plattenschlacken zusammen. Dass diese Diskrepanz nicht (nur) chronologisch bedingt ist, wird anhand der zahlreichen neuen Datierungen ersichtlich. Ein Zusammenhang der unterschiedlichen Typenspektren und eine damit verbundene, leicht divergierende

Prozesstechnologie dürfte nach heutigem Wissensstand am ehesten auf die Verwendung von unterschiedlichem Rohmaterial bzw. einer entsprechend adaptierten Technologie zurückzuführen sein. Gleichzeitig verdeutlicht dieses Resultat, dass eine Differenzierung zwischen massiven Schlacken, die nicht an allen Schmelzplätzen sicher nachweisbar sind, und Plattenschlacken, die an sämtlichen Schlackenfundstellen vertreten sind, trotz graduellen Übergangs unbedingt sinnvoll ist.

Neben einer besseren Charakterisierung der einzelnen Typen hat die detaillierte Untersuchung einzelner Fragmente auch zu einem besseren Verständnis der Schlackenmorphologie geführt. So können nun auch kleinere, wenig aussagekräftige Schlackenfragmente anhand verschiedener Oberflächenmerkmale wie Blasen, Tropfen oder Abdrücke richtig orientiert und eingeordnet werden. Die Randstücke können drei typenspezifischen Randformen mit zwei resp. drei Unterformen zugeordnet werden. Große Schlackenstücke liefern überdies Informationen zu ihrem Entstehungs- und Erstarrungsmilieu. Die massiven Schlacken sind demnach in einem mindestens 30–40 cm großen, grubenförmigen Reaktor entstanden und in nur oberflächlich verfestigtem Zustand aus diesem entnommen worden. Gleiches gilt für die Plattenschlacken, die durchschnittlich jedoch einen etwas kleinere Durchmesser aufweisen, dennoch aber durchaus in derselben Struktur entstanden sein dürften. Im Gegensatz dazu scheint für die Schlackenkuchen ein anderes Entstehungsmilieu vorzuliegen, in dem sie erst nach weitgehender Auskühlung in fast vollständig erstarrtem Zustand entnommen wurden. Die sehr zahlreichen, runden bis flachen, meist zwischen 1 und 1,5 cm breiten Negativabdrücke auf der Unterseite aller Schlackentypen zeigen, dass sie – unabhängig vom exakten Erstarrungsszenario – mithilfe von Holzstäben aus dem Ofen gehoben wurden. Darüber hinaus kann ein Abstechen der flüssigen Schlacke durch eine Abstichöffnung o.ä. für das Untersuchungsgebiet u.a. aufgrund fehlender Fließstrukturen definitiv ausgeschlossen werden.

²⁷⁹ Berechnung der Gewichtsanteile ohne die Funde aus Tiragn.

4 Analytik

Als Ergänzung zur typologischen Auseinandersetzung mit den Relikten des Verhüttungsprozesses wurden auch mineralogische und geochemische Analysen an Erzen und Schlacken aus dem Oberhalbstein durchgeführt. Eine detaillierte Kenntnis und Diskussion der lokalen Erzbasis ist für das Verständnis und die Rekonstruktion der Prozesstechnologie von zentraler Bedeutung. Das Ausgangsmaterial bestimmt den Prozess (Lutz, 2016, S. 339; Weisgerber, 2004, S. 28)!

Aber erst durch eine Verknüpfung der Erzanalytik mit entsprechenden Untersuchungen an Schlackenmaterial ausgewählter Fundstellen können schließlich die einzelnen Prozessschritte definiert und entschlüsselt werden. Gleichzeitig werden auf diesem Weg die Resultate der typologischen Auswertung überprüft, präzisiert und, wo notwendig, korrigiert.

Am Ende der chaîne opératoire steht schließlich das Fertigprodukt, von dem bislang im archäologischen Befund jede Spur fehlt. Aus den naturwissenschaftlichen Analysen an Erzen und Schlacken kann aber trotzdem eine ungefähre Charakterisierung des produzierten Metalls abgeleitet werden, unter anderem mithilfe der Bleiisotope. Auf dieser Grundlage wird evaluiert, ob resp. wie sich das «Oberhalbsteiner Kupfer» von den Produkten aus anderen Regionen des Alpenraums unterscheiden lässt.

4.1 Methoden

4.1.1 Beprobung und Auswahl

Für die naturwissenschaftlichen Untersuchungen des prähistorischen Verhüttungsprozesses stehen aus dem Oberhalbstein ausschließlich die beiden Fund- resp. Materialgruppen Erze und Schlacken zur Verfügung. Andere für die Prozessrekonstruktion relevante Zwischen-, Abfall- und Endprodukte wie Aufbereitungsrückstände, Röstgut, Kupferstein oder Rohkupfer konnten im Untersuchungsgebiet bislang nicht dokumentiert werden.²⁸⁰

²⁸⁰ Für das Oberhalbstein ist lediglich aus der Fundstelle Rudnal

Erze

Wie in den meisten prähistorischen Kupferproduktionszentren des Alpenraums ist auch in Mittelbünden zwischen den beiden Materialkategorien eine große Diskrepanz in der Verfügbarkeit von geeignetem Probenmaterial gegeben. Während Verhüttungsschlacken leicht zugänglich im Umfang von vielen Tonnen vorhanden sind, ist es gleichzeitig kaum möglich, repräsentative Erzproben zu gewinnen. Heute im Gelände fassbare Erzausbisse sind nur sehr bedingt mit den ursprünglichen, in der Urgeschichte angetroffenen und abgebauten Mineralisationen vergleichbar. Oft stellen sie nur noch die Überreste mehrphasiger Abbauprodukte dar, weshalb sowohl Spuren früherer Ausbeutung als auch besonders kupferreiche Partien – etwa die Oxidationszone – stark überprägt sind oder sogar vollständig fehlen. Neben der vertikalen ist auch die horizontale Zonierung einer Lagerstätte z.B. in Form lokaler Reicherz-Vorkommen für die archäometallurgische Beurteilung einer Lokalität entscheidend (Hauptmann, 2007, S. 10).

Außerdem müssen nicht alle heute bekannten, zugänglichen Vorkommen in prähistorischer Zeit von Bedeutung gewesen sein. Erzproben aus dem unmittelbaren archäologischen Kontext – also aus einer urgeschichtlichen Grube, einem prähistorischen Aufbereitungs- oder Verhüttungsplatz – sind für eine repräsentative Charakterisierung daher besonders wichtig (Killik, 2014, S. 13-14). Aus dem Oberhalbstein existiert nur eine kleine Anzahl solcher Proben: An Verhüttungsplätzen wurden bislang keinerlei Erzfundstücke geborgen und Aufbereitungsplätze sind bzw. waren zum Zeitpunkt der analytischen Untersuchungen nicht bekannt (s. Kapitel 2.3.2),²⁸¹ sodass lediglich aus dem Bereich der urgeschichtlichen Abbaue Avagna-Ochsenalp (3911), Cotschens (1890), Gruba II (1854) und Vals (1885) Probenmaterial vorliegt. Aus archäologisch-konservatorischen Gründen wurde von einer Beprobung der anstehenden Vererzung in den urgeschichtlichen Gruben selbst abgesehen. Das Proben-

ein nicht näher untersuchter «Kupferstein» bezeugt, der aus der Spätbronzezeit stammen soll (vgl. Wyss, 1993, S. 199; 201), leider aber nicht mehr auffindbar ist.

²⁸¹ Die möglichen Aufbereitungshalden im Randbereich der Hauptthalde in Cotschens (1890) wurden erst nach Abschluss der analytischen Untersuchungen identifiziert und bislang nicht beprobt oder näher untersucht.

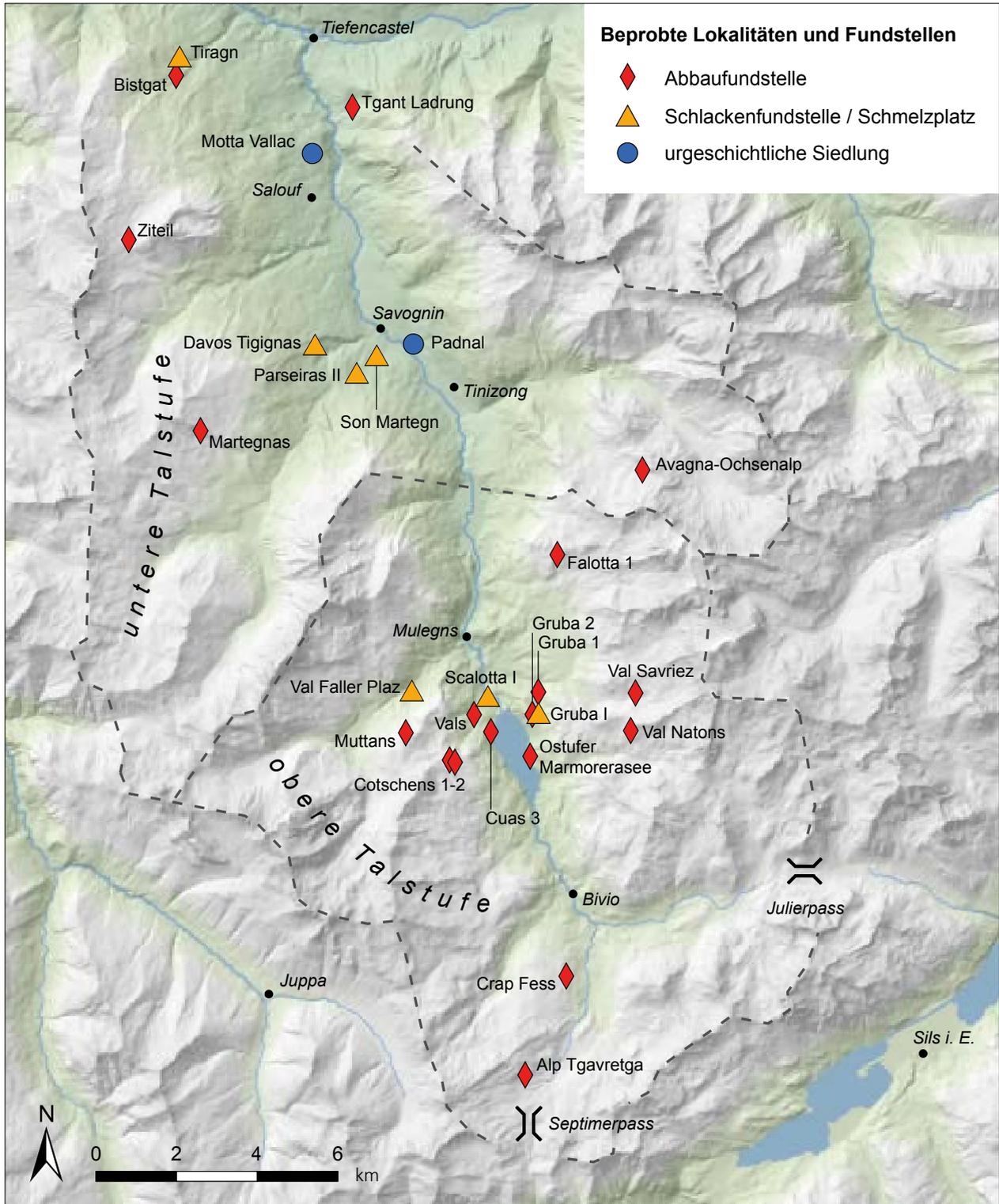


Abb. 4.1: Kartierung der untersuchten kupferführenden Vererzungen sowie der beprobten Schmelzplätze und Siedlungen im Oberhalbstein. Karte: L. Reitmaier-Naef (UZH). Geodaten: swisstopo.

material stammt daher aus dem Abraum, der Halde oder anstehenden Partien der Vererzung im unmittelbaren Umfeld der Abbaustrukturen.

Im Rahmen mehrjähriger Geländearbeiten konnten im Oberhalbstein außerdem eine ganze Reihe weiterer Kupfererzproben ohne direkten resp. nachweislichen

Bezug zur prähistorischen Kupfergewinnung geborgen werden (vgl. dazu Kapitel 2.1.3), die – in einer Auswahl – in die Analytik miteinbezogen wurden (Abb. 4.1). Die Qualität der Erzproben ist jedoch sehr heterogen: Sie reicht von kaum kupferhaltigen Imprägnationen bis hin zu Reicherzstücken. Für die Analytik wurden zwar

	Lokalität	V.-Nr.	Probe	Nr. DBM	Nr. CEZ	FO Nr. ADG	Herkunft	Qualität	PAS	XRD	ICP-MS	LIA	
Untere Talstufe	Bistgat	2	4425-B	4425/16		18203.1054.1	anstehend	1	X	X	X		
	Tgant Ladrung	1	4431-TL	4431/16		18203.1029.1	Haldenfuß	3	X	X	X		
	Ziteil	29	4436-Z	4436/16	MA-174564	18203.1095.1	Haldenfuß	5		X	X	X	
	Martegnas	28	3853-MA	3853/17		18203.1146.1	Halde	1		X			
	Avagna-Ochsenalp	4	4426-AO	4426/16			18203.1052.1	anstehend	2	X	X	X	
4427-AO			4427/16	MA-174560		18203.1051.1	anstehend	3	X	X	X	X	
4428-AO			4428/16			18203.1050.1	Halde	2	X	X	X		
Obere Talstufe	Falotta 1	34	3177-F1	3177/19		18203.1140.1	Halde	2		X			
	Val Savriez	33	3176-VS	3176/19		18203.1138.2	Streifund	2		X	X		
	Gruba 1	5	GRU 1 = 4424-G1	4424/16	MA-174559		18203.1085.1	anstehend	2	X	X	X	X
			GRU 2				18203.1085.2	anstehend	2	X			
			GRU 3				18203.1085.3	anstehend	2	X			
	Muttans	11	3175-MU	3175/19		18203.1125.2	Halde	5			X		
	Gruba 2	31	3178-G2	3178/19			18203.1121.1	anstehend	2			X	
			4241-G2	4241/19			56371.88.1	Halde	3			X	
	Vals	30	4422-V	4422/16	MA-174557		18203.1084.1	Abraum (Grube)	2	X	X	X	X
			4423-V	4423/16	MA-174558		18203.1084.2	Abraum (Grube)	4	X	X	X	X
	Val Natons	14	4435-VN	4435/16			18203.1090.1	anstehend	5		X	X	
	Cuas 3	35	3179-CU	3179/19			18203.1144.1	anstehend	4		X	X	
	Cotschens 1	10	4047-C1	4047/17	MA-176941		18203.1113.1	anstehend	4	X	X		X
			4048-C1	4048/17	MA-176940		18203.1120.1	Halde	2	X	X	X	X
			4429-C1	4429/16			18203.1086.1	Halde	2		X	X	
4433-C1			4433/16	MA-174563		18203.1086.2	Haldenfuß	2	X	X	X	X	
Cotschens 2	23	4046-C2	4046/17	MA-176939		18203.1112.1	anstehend	3	X	X	X	X	
Ostufer Marmoreraasee	12	4434-OM	4434/16			18203.1087.1	anstehend	3	X	X	X		
Crap Fess	16	4432-CF	4432/16	MA-174562		18203.1082.1	anstehend	4	X	X	X	X	
Alp Tgavretga	19	4430-AT	4430/16	MA-174561		18203.1031.2	Haldenfuß	4	X	X	X	X	
		Schliff 5				18203.1031.1	Haldenfuß	3	X				

Tab. 4.1: Liste der analysierten Erzproben in geographischer Reihenfolge von Norden nach Süden aufgeführt. Lokalität: Name der Vererzung; V.-Nr.: Nummer der Lokalität im Verzeichnis der Vererzungen (vgl. Anhang A); Probe: im Text verwendete Probennummer (Kürzel aus Nr. DBM und Lokalität); Nr. DBM: Labornummer des DBM mit Angabe des Analysejahrs nach «/»; Nr. CEZ: Labornummer des CEZ; FO Nr. ADG: Fundobjektnummer des ADG; Herkunft: Probenherkunft innerhalb der Lokalität; Qualität: Index der Probenqualität (1: Imprägnation; 2: kleine, disperse Erzkonzentration/Ader; 3: Erzanteil \leq 50%; 4: Reicherz; 5: makroskopische Beurteilung schwierig, stark alteriert). Angewendete Analyseverfahren: PAS: Polierter Anschliff für optische Mikroskopie; XRD: Röntgendiffraktometrie; ICP-MS: Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma; LIA: Bleiisotopenanalyse.

vorzugsweise Proben aus anstehenden Vererzungen verwendet, in einigen Fällen musste aber z.B. aufgrund eingeschränkter Zugänglichkeit der Ausbisszone oder in Ermangelung anstehender Vererzungspartien auch Haldenmaterial beprobt werden. Innerhalb der meist sehr eisenreichen Mineralisationen wurden makroskopisch bewusst kupferreiche oder zumindest kupferhaltige Proben selektiert, da nicht eine möglichst systematisch-repräsentative Charakterisierung der Erzvorkommen angestrebt wurde, sondern gezielt die kupferführenden Mineralisationen einzelner Lokalitäten untersucht werden sollten. Die Vererzungen wurden im Gelände großzügig beprobt und die definitive Auswahl besonders geeigneten Probenmaterials dann im Labor vorgenommen. Die verschiedenen Analyseverfahren wurden nach Möglichkeit

an einem einzigen Handstück vorgenommen, wobei jeweils ca. ein Drittel für die Präparation eines Anschliffs, für geochemische Analysen und als Restprobe verwendet wurde.

Die polierten Anschliffe wurden mehrheitlich durch K.-P. Martinek angefertigt, eine kleinere Anzahl an Schliffen konnte außerdem im Präparationslabor des Deutschen Bergbau-Museums Bochum hergestellt werden. Die korrespondierenden Pulverproben für die Bleiisotopenanalysen sowie die XRD- und ICP-MS Messungen wurden mit einer Schwingmühle in einem Mahlbecher aus Zirkonoxid resp. Achat aus händisch angereichertem Probenmaterial hergestellt.

Je Lokalität wurde meist nur eine Probe analysiert, in Ausnahmefällen zwei oder mehr (Tab. 4.1). Aus einer

so geringen Probenanzahl kann für die einzelnen Mineralisationen selbstredend keine repräsentative Charakterisierung abgeleitet werden. Die angewendete Kombination aus mineralogischer und geochemischer Analytik liefert aber dennoch einen guten Überblick zu den im Untersuchungsgebiet vorhandenen Vererzungstypen und deren Zusammensetzung.

Schlacken

Verhüttungsschlacken stehen im Oberhalbstein in großem Umfang für die Analytik zur Verfügung. Die gewünschte Repräsentativität kann hier über eine entsprechend hohe Probenanzahl resp. -größe einfach erreicht werden. Um auch mögliche Unterschiede zwischen verschiedenen Fundstellen feststellen zu können, wurden Proben aus unterschiedlichen Schmelzplätzen analysiert. Da zu Beginn der vorliegenden Studie nur sehr begrenzt Probenmaterial aus stratigraphisch dokumentierten Kontexten²⁸² existierte (s. Kapitel 2.3.3), wurde darauf verzichtet, für die naturwissenschaftlichen Analysen bereits früher geborgenes Fundmaterial zu verwenden. Stattdessen wurden die sechs ausgewählten Fundstellen bei eigenen Geländearbeiten systematisch neu beprobt. Es handelt sich dabei um drei Fundstellen im Raum Marmorera-see in der oberen Talstufe – Gruba I (1852), Val Faller Plaz (2120) und Scalotta I (1842) –, die alle ab 2013 ausschnittsweise oder flächig ausgegraben wurden, sowie drei Fundstellen in der unteren Talstufe, die bei Geländesurveys prospektiert und sondiert wurden: Parseiras II (2966), Son Martegn (2943) und Davos Tignas I (2544) (s. Abb. 4.1).

Neben dem archäologischen Kontext und der räumlichen Distribution wurde bei der Auswahl der Fundstellen auch deren Datierung – soweit dies zum damaligen Wissensstand möglich war – berücksichtigt, um auch allfällige chronologisch bedingte Unterschiede in der Prozessführung erkennen zu können. Gemäß früherer ¹⁴C-Analysen datieren die Fundstellen Val Faller Plaz, Parseiras II und Son Martegn in die ältere Eisenzeit und Davos Tignas in die späte Bronzezeit. Für die Schmelzplätze Gruba I und Scalotta I lagen damals noch keine absoluten Datierungen vor. Dass auch diese beiden Fundstellen in die ältere Eisenzeit datieren, konnte inzwischen mittels radio-metrischer und dendrochronologischer Datierungen nachgewiesen werden (s. Kapitel 2.3.4).

Um der oben ausgeführten typologischen Bearbeitung des Schlackenmaterials Rechnung zu tragen und entsprechende makroskopische Beobachtungen auch mit dem Mikrogefüge resp. der geochemischen Zusammensetzung der verschiedenen Schlacken(typen) vergleichen

zu können, wurden jeweils alle drei Typen²⁸³ beprobt. In der Regel setzt sich die Probenserie pro Fundstelle aus mind. sieben Proben zusammen: zwei Schlacken-kuchen, zwei massive Schlacken sowie drei Plattenschlacken (Tab. 4.2).²⁸⁴ Die einzelnen Probenfragmente wurden möglichst zufällig gewählt, um die Probenauswahl nicht anhand makroskopischer Merkmale zu beeinflussen. Innerhalb einer Probe wurde bei der Auswahl des Dünnschliff-Ausschnitts insbesondere bei massiven und Plattenschlacken darauf geachtet, dass möglichst zwei intakte Oberflächen (also Unter- und Oberseite) abgebildet werden können und der Schliff-Ausschnitt nicht nur unaufgeschmolzene Chargenbestandteile und Blasen, sondern auch immer ausreichend Schlackenmatrix beinhaltet.

Zusätzlich zur eigentlichen Probenserie wurden auch fünf Schlackenfragmente der Fundstelle Tiragn analysiert, die 1984 durch das Deutsche Bergbau-Museum Bochum ausgegraben wurde und sowohl in zeitlicher als auch räumlicher Hinsicht eine Sonderfunktion einnimmt (Naef, 2013; 2014; s. auch Kapitel 2.3.3). Es handelt sich dabei um drei Plattenschlacken- und ein Schlacken-kuchenfragment. Massive Schlacken sind von dieser Fundstelle nicht überliefert. Des Weiteren konnten fünf der lediglich in geringer Anzahl verfügbaren Schlacken-funde aus den beiden urgeschichtlichen Siedlungen Salouf Motta Vallac (2831) und Savognin Padnal (2916) untersucht werden. Es handelt sich dabei um vier Plattenschlacken²⁸⁵ sowie ein dünnes Fragment einer massiven Schlacke. Diese fünf Proben sollen dabei helfen, einen ersten räumlichen und/oder technologischen Bezug zwischen den Siedlungen und Verhüttungsplätzen herzustellen. Ein Großteil des verfügbaren Materials, insbesondere aus der Siedlung Savognin Padnal, wurde bereits im Rahmen früherer Untersuchungen bearbeitet, blieb bislang aber leider weitgehend unpubliziert.²⁸⁶

Das Probenmaterial für die verschiedenen Analyseverfahren stammt jeweils von einem einzigen Schlacken-

²⁸² Im Rahmen von Baubegleitungen wurden zwar hier und da bereits Schmelzplätze durch den ADG untersucht und dokumentiert, eine detaillierte Auswertung der Befunde liegt in der Regel jedoch nicht vor. Außerdem wurden jeweils lediglich kleinere, selektive Schlackenproben aus diesen Befunden entnommen.

²⁸³ Die Plattenschlacken wurden nicht explizit nach Subtypen beprobt, da diese typologische Differenzierung erst nach der Durchführung einer ersten Analyseserie etabliert wurde. Die Proben wurden aber anhand ihrer maximalen Dicke nachträglich einem der drei Subtypen zugewiesen.

²⁸⁴ Da die Frage nach dem prozesstechnologischen Kontext der Plattenschlacken bereits zu Beginn der Untersuchung im Fokus stand, wurden von diesem Typ jeweils mind. eine zusätzliche Probe untersucht.

²⁸⁵ Für die Analyse von Probe 3802-SP wurde ein bereits bestehendes, in den 1970er Jahren im DBM angefertigtes Probenpulver verwendet. Von der Probe ist keine Restmenge mehr vorhanden, weshalb in diesem Fall auf die Ansprache des Fragmentes als «dünne Plattenschlacke» bei Rageth (1986, S. 87) zurückgegriffen wird.

²⁸⁶ Das betreffende Probenmaterial ist zu einem Großteil nicht mehr verfügbar resp. nur noch als Pulverprobe vorhanden. Auf eine Re-Evaluation der Analysenergebnisse wurde hier verzichtet. Die Analysen wurden von W. Fasnacht (1991; 1999; 2004) im Rahmen seiner Tätigkeit an der Abt. Ur- und Frühgeschichte der Universität Zürich und im Schweizerischen Landesmuseum Zürich durchgeführt. Die Proben wurden im Schweizerischen Landesmuseum Zürich, in Oxford (P. Northover) und im Centre d'analyse minérale de l'Université de Lausanne analysiert.

	Fundstelle	Typ	Probe	Nr. DBM	Nr. CEZ	FO Nr. ADG	PDS	XRD	ICP-MS	LIA	REM	
Untere Talstufe	Schmelzplätze											
	Tiragn (3604)	SK	4418-T	4418/16	MA-174555	32662.19.1	X	X	X	X	X	
		PS-A	4419-T	4419/16	MA-174556	32662.19.3	X	X	X	X		
		PS-B	4420-T	4420/16		32662.19.4	X	X	X			
		PS-C	4421-T	4421/16		32662.19.7	X	X	X			
	Davos Tignas (2544)	SK*	4967-DT*	4967/15		18203.96.1	X	X	X		X	
		PS-A	4968-DT	4968/15	MA-174543	18203.98.2	X	X	X	X		
		SK	4969-DT	4969/15	MA-174544	18203.98.5	X	X	X	X		
		PS-A	4970-DT	4970/15	MA-174545	18203.99.2	X	X	X	X	X	
		PS-B	4971-DT	4971/15		18203.99.3	X	X	X			
		MS	4972-DT	4972/15		18203.99.4	X	X	X		X	
		MS*	4973-DT	4973/15		18203.99.5	X	X	X			
		MS	4974-DT	4974/15		18203.101.1	X	X	X			
	Son Martegn (2943)	PS-B	4975-SM	4975/15	MA-174546	18203.104.3	X	X	X	X	X	
		SK	4976-SM	4976/15	MA-174547	18203.105.3	X	X	X	X		
		PS-C	4977-SM	4977/15	MA-174548	18203.105.6	X	X	X	X		
		PS-B	4978-SM	4978/15		18203.105.11	X	X	X			
		SK	4979-SM	4979/15		18203.105.16	X	X	X			
		MS*	4980-SM	4980/15		18203.105.17	X	X	X			
	Parseiras II (2966)	SK	4981-SM	4981/15		18203.105.19	X	X	X			
		PS-B	4982-P	4982/15		18203.107.1	X	X	X			
		PS-C	4983-P	4983/15	MA-174549	18203.107.2	X	X	X	X		
		PS-B	4984-P	4984/15	MA-174550	18203.107.6	X	X	X	X	X	
		SK	4985-P	4985/15	MA-174551	18203.107.8	X	X	X	X		
		SK	4986-P	4986/15		18203.107.9	X	X	X		X	
		SK	4987-P	4987/15		18203.107.12	X	X	X			
		MS	4988-P	4988/15		18203.108.1	X	X	X			
	MS	4989-P	4989/15		18203.108.2	X	X	X				
	Siedlungen											
	Motta Vallac (2831)	PS	3800-MV	3800/17		2832.773.1			X			
		PS	3801-MV	3801/17		2832.774.1			X			
	Padnal (2916)	PS	3802-SP	3802/17		2917.1971007.6			X			
		MS	3803-SP	3803/17		2917.19770032.1			X			
		PS	3804-SP*	3804/17		2917.19800017.1			X			
	Obere Talstufe	Schmelzplätze										
		Val Faller Plaz (2120)	SK	4409-VF	4409/16	MA-174552	46679.16.2	X	X	X	X	
			SK	4410-VF	4410/16	MA-174553	46679.16.3	X	X	X	X	
			MS	4411-VF	4411/16		46679.16.5	X	X	X		
			MS	4412-VF	4412/16		46679.16.6	X	X	X		X
			MS	4413-VF	4413/16		46679.16.8	X	X	X		
PS-B			4414-VF*	4414/16	MA-174554	46679.16.9	X	X	X	X		
PS-A			4415-VF	4415/16		46679.16.11	X	X	X			
PS-C			4416-VF	4416/16		46679.16.13	X	X	X			
Scalotta I (1842)		PS-C	4417-VF	4417/16		46679.16.14	X	X	X		X	
		PS-A	4960-S	4960/15		18191.5.2	X	X	X		X	
		MS	4961-S	4961/15		18191.10.2	X	X	X			
		MS	4962-S	4962/15		18191.13.1	X	X	X			
		SK	4963-S	4963/15		18191.16.5	X	X	X			
		PS-A	4964-S	4964/15	MA-174540	18191.17.2	X	X	X	X		
		MS	4965-S	4965/15	MA-174541	18191.17.5	X	X	X	X	X	
Gruba I (1852)		PS-C	4966-S	4966/15	MA-174542	18191.19.1	X	X	X	X		
		MS	4379-G	4379/15		46680.508.1	X	X	X			
		MS	4380-G	4380/15		46680.508.2	X	X	X			
		PS	4381-G	4381/15		46680.532.2	X	X	X		X	
		MS	4382-G	4382/15		46680.535.1	X	X	X			
		MS	4383-G	4383/15		46680.535.3	X	X	X		X	
		PS	4384-G	4384/15		46680.571.2	X	X	X			
		PS	4385-G	4385/15		46680.571.3	X	X	X			
		PS	4386-G	4386/15		46680.573.22	X	X	X			
		PS	4387-G	4387/15		46680.573.23	X	X	X			
		SK	4957-G	4958/15	MA-174538	46680.502.9	X	X	X	X		
		SK	4958-G	4959/15	MA-174539	46680.509.3	X	X	X	X	X	
SK		4959-G	4957/15	MA-174537	46680.509.5	X	X	X	X			

Tab. 4.2: Liste der analysierten Schlackenproben nach Fundstellen von Norden nach Süden aufgeführt. Fundstelle: Name der Fundstelle (offizielle Fundstellenummer) (vgl. Anhang B.2); Typ: Schlackentyp (vgl. Kapitel 3.1.1), mit * markierte anfänglich Typenbestimmungen haben sich im Verlauf der Untersuchungen als unzutreffend bzw. unsicher erwiesen; Probe: im Text verwendete Probennummer (Kürzel aus Nr. DBM und Fundstelle); Nr. DBM: Labornummer des DBM mit Angabe des Analysejahrs nach «/»; Nr. CEZ: Labornummer des CEZ; FO Nr. ADG: Fundobjektnummer des ADG. Angewendete Analyseverfahren: PDS: Polierter Dünnschliff für optische Mikroskopie; XRD: Röntgendiffraktometrie; ICP-MS: Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma; LIA: Bleisotopenanalyse; REM: Rasterelektronenmikroskop.

fragment. Die Dünnschliffe wurden im Präparationslabor des Deutschen Bergbau-Museums Bochum angefertigt, und die Pulverproben im selben Labor in einer Achtschwingmühle aufbereitet. Dabei wurde jeweils immer deutlich mehr Material aufgemahlen als für die verschiedenen Analysen notwendig wäre, um ein möglichst homogenes Probenpulver und somit repräsentative Messresultate zu erhalten.

4.1.2 Analytische Verfahren

Abgesehen von der optischen und Rasterelektronenmikroskopie wurden die analytischen Verfahren nicht selbst durchgeführt, sondern durch die Mitarbeitenden des Forschungslabor des Deutschen Bergbau-Museums Bochum und des Curt-Engelhorn-Zentrums in Mannheim²⁸⁷ vorgenommen. Die folgenden Ausführungen zu den betreffenden Analyseverfahren basieren auf standardisierten Textvorlagen des entsprechenden Labors. Die Auswertung der Analyseresultate erfolgte jedoch im gegenseitigen Austausch.

Optische und Rasterelektronenmikroskopie (REM)

Die Erzanschliffe und Schlackendünnschliffe wurden mit einem Leica DMLP, einem Zeiss und einem Nikon Eclipse Ci Pol Polarisationsmikroskop mit 2,5-, 4-, 10-, 20- und 40- bzw. 50-facher Vergrößerung in Auf- bzw. Auf- und Durchlicht untersucht und dokumentiert. Die Bestimmung und Beschreibung der Minerale, Phasen und Gefüge erfolgte in Zusammenarbeit mit A. Hauptmann (v.a. Schlacken) und K.-P. Martinek (v.a. Erze) sowie unter Konsultation entsprechender Fachliteratur (u.a. Oettel und Schumann, 2011; Pracejus, 2015; Raith, Raase und Reinhardt, 2011). Für die Beantwortung spezifischer Fragestellungen, insbesondere nach der chemischen Zusammensetzung von Kupferstein-Einschlüssen in verschiedenen Schlacken, wurden ausgewählte Proben außerdem am Rasterelektronenmikroskop des Forschungslabor des Deutschen Bergbau-Museums Bochum untersucht. Es handelt sich um ein Feldemissionsrasterelektronenmikroskop SUPRA 40 VP der Firma Zeiss mit einem energiedispersiven Röntgenspektrometer (Noran System 7, Thermo) mit SDD-Detektor.

Röntgendiffraktometrie (XRD)

Als Ergänzung zur optischen Bestimmung von Mineralen und Phasen in den Erz- und Schlackenschliffen wurden die präparierten Probenpulver (< 0,063 mm Fraktionsgröße) auch mittels Röntgendiffraktometrie untersucht. Die Messungen wurden am Diffraktometer

des Forschungslabors des Deutschen Bergbau-Museums Bochum durch D. Kirchner und J. Sessing durchgeführt. Das Gerät, ein PANalytical X'Pert PRO MPD, ist mit einem X'Celerator Detektor ausgestattet. Die Analyse erfolgte mittels ADG (automatic divergence slit) und einer Cu-K α -Radiation von 1,54178 Å bei 45 kV und 40 mA. Der Messwinkel betrug 5–70° 2-theta bei einer Rate von 0,017°/10 sec. Die Datenauswertung erfolgte mit der Software High Score Plus. Auf eine Aufführung der XRD-Diagramme im Anhang wurde verzichtet, diese können aber auf Anfrage in der Datenbank des Forschungslabors des Deutschen Bergbau-Museums Bochum unter Angabe der Labornummer(n) (s. Tab. 4.1 und 4.2) eingesehen werden.

Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)

Die chemische Gesamtzusammensetzung der untersuchten Proben wurde mithilfe eines Massenspektrometers mit induktiv gekoppeltem Plasma ermittelt, ebenfalls im Forschungslabor des Deutschen Bergbau-Museums Bochum. Nachdem das Probenpulver über Nacht bei 105 °C getrocknet wurde, wurde es mit einer μ PREP-A Mikrowelle (MLS GmbH) aufgeschlossen. Ungefähr 100 mg Probenmaterial wurden in einem PTFE Druckbehälter zusammen mit 5 g HCl, 1,2 g HF und 5 g HNO₃, alles konzentriert, für 40 Minuten auf ca. 250 °C erhitzt. Danach wurden 10 ml Borsäure (H₃BO₄, 50 g/L) dazugegeben und die Lösung wiederum für 20 Minuten erhitzt. Die aufgeschlossene Probe wurde schließlich mit hochreinem Wasser auf 100 ml auf eine Konzentration von ca. 1000 mg/l verdünnt. Die chemische Analyse wurde mit einem ICP-SF-MS Thermo Fisher Scientific ELEMENT XR durchgeführt. Die Quantifizierung erfolgte anhand einer externen Kalibration. Für Hauptelement-Analysen wurden die Proben mit 5 % HNO₃ auf 1 : 100, für Spurenelemente auf 1 : 10 verdünnt. Die Messung wurde mit einem FAST SC-System, einem ST 5532 PFA μ -FLOW Zerstäuber in einer Peltier-gekühlten PFA Sprühkammer und einem 1,8 mm Sapphire Injector im dreifachen Detektor-Modus bei allen drei verschiedenen Massenauflösungen (m/ Δ m) durchgeführt – abhängig vom jeweils interessierenden Element. Die Messungen wurden anhand von Standardmaterialien überprüft (FER-1 and FER-2 Canadian Certified Reference Materials Project). Die Proben wurden auf die Elemente Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P, Cu, S, Zn, Ba, Ni, Pb, Ag, As, Sb, Bi, Te, U, Co, Cr, Se und Sn analysiert.

Bleiisotopenanalysen

Eine Auswahl von 31 Proben wurden am Curt-Engelhorn-Zentrum für Archäometrie in Mannheim einer Bleiisotopenanalyse unterzogen. Die Messung der Bleiisotopenverhältnisse erfolgte mit einem Multi-Kollektor-Massen-

²⁸⁷ In Fußnoten und Legenden durch «CEZ» abgekürzt.

spektrometer der Firma Thermo Scientific (Neptune Plus) mit induktiv gekoppeltem Plasma als Ionenquelle (MC-ICP-MS). Die Proben wurden mit Königswasser ($\text{HNO}_3/\text{HCl} = 4:1$) aufgeschlossen und anschließend eingedampft. Die eingedampften Proben wurden dann mit 3N HNO_3 aufgenommen und jeweils ein Aliquot dieser Lösungen auf Ionenaustausch-Säulen (Sr Resin) geladen, um das Blei von der Probenmatrix zu trennen. Nach mehreren Reinigungsschritten mit 4N HNO_3 wurde das Blei mit 6N HCl von den Säulen gewaschen. Die so erhaltenen reinen Bleilösungen wurden eingedampft und mit 2%-iger HNO_3 aufgenommen (Messlösungen). Die im Massenspektrometer auftretende Massendiskriminierung des Bleis wird durch die Zugabe von Thallium (Tl) korrigiert, für das ein Verhältnis von $^{205}\text{Tl}/^{203}\text{Tl} = 2,3871$ und ein exponentielles Fraktionierungsverhalten angenommen wird. Die Interferenz von ^{204}Pb und ^{204}Hg wird durch die Messung von ^{202}Hg korrigiert mit einem Verhältnis von $^{204}\text{Hg}/^{202}\text{Hg} = 0,2293$. Die in-run Präzision der Messung beträgt 0,02 bis 0,05 % (2σ), je nach Isotopenverhältnis.

4.2 Analytische Untersuchungen an Erzen

Ein Großteil der kupferführenden Vererzungen im Oberhalbstein wurde, wie bereits in Kapitel 2.1 ausgeführt, in den 1960er und 70er Jahren durch V. Dietrich detailliert untersucht. Seine Habilitationsschrift (Dietrich, 1972) stellt die wichtigste Referenz für die Diskussion der lokalen Erzbasis dar. V. Dietrich hatte keine klassische lagerstättenkundliche Arbeit verfasst, sondern sich primär der Entschlüsselung der komplexen Erzparagenese gewidmet und dafür ausschließlich die Vererzungen in den Serpentiniten berücksichtigt. Da sein Probenmaterial für neuerliche Analysen nicht mehr zur Verfügung stand, war es unumgänglich, für die vorliegende Arbeit neue Proben zu bergen und eigene Erzanalysen durchzuführen. Diese Untersuchungen zielen auf eine Ergänzung der publizierten Datengrundlage durch zeitgemäße pauschalchemische Analysen sowie eine fragestellungsspezifische Re-Evaluation der beschriebenen Vorkommen ab. Dieser Arbeitsschritt hat sich nachträglich auch aus anderer Perspektive als sehr sinnvoll erwiesen, da auf diese Weise das Verständnis für die lokale Geologie gefördert und die Erzmineralogie als wesentlicher Faktor für die urgeschichtliche Prozesstechnologie stärker in den Fokus gerückt ist.

Gemäß lagerstättenkundlicher Definition sind unter dem Begriff Erz «metallhaltige Gesteine und Mineralmenge, aus welchen mit technischen Methoden und mit wirtschaftlichem Nutzen Metalle oder deren Verbindungen gewonnen werden können» (Pohl, 2005, S. 5) zu verstehen. Neben dem eigentlichen Wertträger, den Erzmineralen wie Chalkopyrit, umfasst das Erz immer

auch einen wechselnden Anteil tauben Gesteins, der sog. Gangart. Für das Oberhalbstein ist eine Verwendung des Begriffs «Gangart» in seiner gängigen Definition²⁸⁸ problematisch, da hier meist keine klassischen Gangerzlagerrstätten vorliegen, sondern primär «disseminated ores» oder «Impregnationserze». Es handelt sich also um dispers verteilte Mineralisationen, die nicht zwingend an ein Gangmineral gebunden sein müssen. Sie können auch direkt im Nebengestein, hier üblicherweise Serpentin, liegen. Im Folgenden werden daher ausschließlich sicher identifizierte Kluftminerale als Gangart angesprochen, alle weiteren Minerale werden als Nebengesteinsbestandteile klassifiziert.

Ob ein Erzvorkommen tatsächlich bauwürdig und wirtschaftlich nutzbar ist bzw. war, hängt von dem jeweiligen Stand der Technologie ebenso wie von den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ab (Pohl, 2005, S. 5-6). Gleichzeitig ist das verfügbare Erz für die Wahl und Anpassung der Prozessführung in einer Region immer der entscheidende Faktor (Lutz, 2016, S. 339). So galt es bereits in der Urgeschichte, sich mit den gegebenen Rahmenbedingungen zu arrangieren und bekannte, gewohnte, vertraute Technologien an das entscheidende Rohmaterial zu adaptieren. Für eine differenzierte Prozessdiskussion ist daher eine detaillierte Kenntnis und Diskussion der gegebenen Erzbasis unabdingbar, auch wenn nicht genug betont werden kann, dass die heute im Gelände zugänglichen Mineralisationen in aller Regel nicht den ursprünglich in prähistorischer Zeit abgebauten Erzen entsprechen.

Insgesamt wurden 28 Proben von 17 Lokalitäten mineralogisch und geochemisch untersucht. Ziel der im Folgenden diskutierten Analyseresultate ist eine grobe Charakterisierung der unterschiedlichen Kupfererzvorkommen. Die optische Mikroskopie wurde dabei zur Identifizierung der wichtigsten Erzminerale eingesetzt. Die betreffenden Ergebnisse werden zusammen mit den Resultaten der XRD-Messungen diskutiert. Während der Fokus der optischen Mikroskopie auf der Identifizierung einzelner, teilweise nur in geringen Konzentrationen vorhandenen und somit mittels XRD nicht sicher detektierbaren Erzmineralen lag, war mithilfe der Röntgendiffraktometrie auch die Bestimmung von Neben- oder Ganggesteinen leichter möglich. Die so gewonnenen Erkenntnisse zu den einzelnen Vererzungen werden jeweils kurz mit den Ergebnissen von Dietrich (1972) abgeglichen. Im Anschluss an die mineralogische Beschreibung der einzelnen Vorkommen, die in Tab. 4.4 vereinfacht zusammengefasst sind, folgt die Diskussion der mittels ICP-MS ermittelten geochemischen Gesamtzusammensetzung der Proben nach Haupt-, Nebenkomponenten und Spurenelementen.

²⁸⁸ Definition gemäß American Geological Institute 1997: «The valueless minerals in an ore; that part of an ore that is not economically desirable but cannot be avoided in mining. It is separated from the ore minerals during concentration.»

4.2.1 Mineralbestand

Die kupferführenden Erzvorkommen im Oberhalbstein liegen ausschließlich in den **Ophioliten**²⁸⁹ der oberpeninischen Platta-Decke.²⁹⁰ Sie sind zum überwiegenden Teil an Serpentine der oberen, seltener an basische²⁹¹ Metavulkanite der unteren Schuppe dieser tektonischen Einheit gebunden. **Serpentine** sind metamorphe, ultrabasische²⁹² Gesteine, die bei der sog. Serpentinisierung am Ozeanboden unter bestimmten Temperatur- und Druckbedingungen aus olivinhaltigen Tiefengesteinen in Wechselwirkung mit wässrigen Fluiden entstanden sind. Je nach Reaktionstemperatur entstehen bei diesem Prozess unterschiedliche Serpentinminerale. Im Oberhalbstein lassen sich zwei verschiedene Zonen unterscheiden: Im nördlichen und mittleren Talbereich dominieren sog. Maschenserpentine aus Lizardit und Chrysotil, im südlichen Talbereich sog. Gitterserpentine aus Antigorit (Dietrich, 1972, S. 56-62).

Sie unterscheiden sich hauptsächlich durch ihre Mineralstruktur: Chrysotil weist eine faserige, Antigorit eine blättrige Struktur auf, woraus sich auch die gängigen Bezeichnungen Faser- resp. Blätterserpentin ableiten. Als häufigstes Nebengestein kupferführender Vererzungen ist ihre Zusammensetzung auch für die Rekonstruktion der prähistorischen Kupfergewinnung von Bedeutung. Für die Verhüttungstechnologie ist insbesondere der vergleichsweise geringe Siliziumoxid-Gehalt von weniger als 45 Gew.-% sowie der hohe Magnesium-Anteil von ca. 34–39 Gew.-% relevant.

Die **Ophikalzite** der Platta-Decke entstanden ebenfalls durch einen Metamorphisierungsprozess, bei dem Serpentinminerale mit Karbonatgesteinen zur Bildung neuer Minerale geführt haben. Die Variabilität dieser Komponenten ist dabei relativ groß und umfasst sowohl Serpentine mit Kalzitadern wie auch Kalkmarmore mit Serpentinrelikten (Dietrich, 1972, S. 62; Peters und Dietrich, 2008, S. 28-29).

Die **Ophidolomite** wiederum bestehen primär aus Dolomit und bilden zumeist isolierte, mehrere Meter mächtige Linsen innerhalb der Serpentine, beispielsweise in der oberen Serpentin-Schuppe (Peters und Dietrich, 2008, S. 29).

Neben Serpentin, Ophikalziten und Ophidolomiten umfasst die Platta-Decke auch **Metabasalte**²⁹³, die mengenmäßig sogar den größten Anteil ausmachen (Peters und Dietrich, 2008, S. 26). Sie liegen als massige Laven (z.B. Diabas-Gänge), Hyaloklastite, Pillowbrekzien

oder **Pillowlaven** vor (Peters und Dietrich, 2008, S. 32). Die Pillowlaven (deutsch: Kissenlava) haben ihre Bezeichnung ihrer kissenförmigen Struktur zu verdanken und sind in drei Varietäten zu beobachten. Am häufigsten sind enggepackte Pillowlaven mit ovalem bis flachovalem Querschnitt und einem Durchmesser von 0,2–1,0 m. Als Mineralbestand liegen unter anderem Albit, Chloritvarietäten sowie Aktinolith und Kalzit vor (Peters und Dietrich, 2008, S. 34-36). Die Pillowlaven enthalten mit ca. 50–53 Gew.-% etwas mehr Siliziumoxid als die Serpentine, dafür aber deutlich weniger Magnesiumoxid (ca. 5–10 Gew.-%) (Peters und Dietrich, 2008, S. 40).

Zusätzlich zum eigentlichen Nebengestein sind die Vererzungen im Oberhalbstein häufig mit einer ganzen Reihe unterschiedlicher **Kluftminerale** vergesellschaftet. Besonders häufig zu beobachten sind Minerale der Granatgruppe (Andradit, Grossular), das Kalzium-Eisen-Silikat Ilvait sowie das Kalzium-Magnesium-Silikat Diopsid. Auch das Serpentinmineral Antigorit tritt nicht nur gesteinsbildend, sondern stellenweise auch als Kluftmineral auf (Dietrich, 1972, S. 74-82).

Für die vorliegende Fragestellung von primärem Interesse sind jedoch die **Erzminerale**, allen voran die kupferführenden. Diese liegen meist in Form von Chalkopyrit (Kupferkies) vor, einem Kupfer-Eisen-Sulfid. Seltener sind auch der kupferreichere Bornit (Buntkupferkies) oder sogar reines Kupfersulfid in Form von Chalkosin (Kupferglanz) zu beobachten. In fast allen Mineralisationen sind diese kupferführenden Sulfide mit Eisensulfiden und -oxiden wie Pyrit (Eisenkies), Pyrrhotin (Magnetkies) und Magnetit (Magnetisen) vergesellschaftet. Der vergleichsweise hohe Anteil an eisenreichen Schwefelverbindungen in den Oberhalbsteiner Erzen wirkt sich direkt auf die Verhüttungstechnologie aus. Das Ausgangsmaterial muss einerseits durch oxidierende Verfahren entschwefelt und andererseits das enthaltene Eisen unter reduzierenden Bedingungen verschlackt werden (s. dazu unten Kapitel 5.1).

Eine Liste aller in den untersuchten Erzproben nachgewiesenen Minerale unter Angabe ihrer chemischen Formel findet sich in Tab. 4.3.

Untere Talstufe

Mon, Bistgat (2)

Hier handelt es sich um eine schwache Imprägnation mit Erzmineralen in Nebengestein. Im polierten Anschliff (4425-B) ließ sich diese als Pyrit-Imprägnation mit wenigen, aber regelmäßig auftretenden Chalkopyrit-Einschlüssen bestimmen. Daneben wurde auch Magnetit beobachtet. Das Nebengestein besteht aus Klinochrysotil und Lizardit (Maschenserpentin), was auch mit den makroskopischen Beobachtungen im Gelände übereinstimmt.

V. Dietrich beschreibt an dieser Stelle nur die Serpentinvorkommen von Bistgat, nicht jedoch die

²⁸⁹ In Anlehnung an Peters und Dietrich (2008, S. 25) werden hier als Ophiolite «alle magmatischen Gesteine bezeichnet, die aufgrund ihrer Gefüge, Mineralbestände und Chemismen als Relikte ozeanischer Lithosphäre (ozeanische Kruste inklusive subkontinentaler Mantel) eingestuft werden können».

²⁹⁰ Zur Geologie des Oberhalbsteins vgl. Kapitel 2.1.1.

²⁹¹ $\text{SiO}_2 = 45\text{--}52$ Gew.-%.

²⁹² $\text{SiO}_2 < 45$ Gew.-%.

²⁹³ Auch als basische Metavulkanite bezeichnete wenig bis stark tektonisierte Tiefengesteine aus basaltischer Lava.

Mineral	Abk.	Chemische Formel
Sulfide		
<i>Kupfersulfide</i>		
Bornit	Bn	Cu ₅ FeS ₄
Chalkopyrit	Ccp	CuFeS ₂
Chalkosin	Cc	Cu ₂ S
Covellin	Cv	CuS
Cubanit	Cbn	CuFe ₂ S ₃
Digenit	Dg	Cu ₉ S ₅
Vallerit	Val	(Fe ²⁺ ,Cu) ₄ (Mg,Al) ₃ S ₄ (OH,O) ₆
<i>Eisensulfide</i>		
Bravoit	Brv	(Ni,Fe,Co)S ₂
Markasit	Mark	FeS ₂
Pentlandit	Pn	(Ni,Fe) ₉ S ₈
Pyrit	Py	FeS ₂
Pyrrhotin	Po	Fe ₇ S ₈
Troilit	Tro	FeS
<i>andere Sulfide</i>		
Cobaltit	Cob	CoAsS
Linneit	Lin	Co ₃ S ₄
Sphalerit	Sp	ZnS
Sekundäre Kupferminerale		
Malachit	Mal	Cu ₂ [(OH) ₂ CO ₃]
Oxide		
Hämatit	Hem	Fe ₂ O ₃
Ilmenit	Ilm	FeTiO ₃
Magnetit	Mt	Fe ²⁺ Fe ³⁺ ₂ O ₄
Quarz	Qtz	SiO ₂
Limonit	Lm	(Fe,O,OH,H ₂ O)
Goethit	Gt	α-FeOOH
Karbonate		
Kalzit	Cal	CaCO ₃
Dolomit	Dol	CaMg[CO ₃] ₂
Silikate		
<i>Serpentinite</i>		
Antigorit	Atg	(Mg,Fe ²⁺) ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
Chrysotil	Ctl	Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
Lizardit	Lz	Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
Klinochrysotil	Kch	Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
<i>Granate</i>		
Andradit	Adr	Ca ₃ Fe ³⁺ ₂ [SiO ₄] ₃
Grossular	Grs	Ca ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃
<i>Amphibole</i>		
Aktinolith	Act	Ca ₂ (Mg,Fe ²⁺) ₅ [OHSi ₄ O ₁₁] ₂
Magnesiornblende	Mg-Hbl	Ca ₂ (Mg ₄ Al)(Si ₇ Al)O ₂₂ (OH) ₂
<i>Feldspate</i>		
Åkermanit	Ak	Ca ₂ Mg ^[4] [Si ₂ O ₇]
Anorthit	An	Ca(Al ₂ Si ₂ O ₈)
<i>Andere</i>		
Albit	Ab	Na(AlSi ₃ O ₈)
Cordierit	Crd	Mg ₂ Al ₃ [AlSi ₅ O ₁₈]
Ilvait	Ilv	CaFe ²⁺ ₂ Fe ³⁺ [OHIOISi ₂ O ₇]
Klinochlor	Clc	(Mg,Fe ²⁺) ₅ Al(Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₈
Muskovit	Ms	KAl ₂ [(OH,F) ₂ AlSi ₃ O ₁₀]

Tab. 4.3: Tabelle der in den untersuchten Erzproben nachgewiesenen Minerale nach mineralogischer Klassifikation. Mineral: gängige deutschsprachige Bezeichnung; Abk.: in Abbildungen verwendete Abkürzung der Mineralbezeichnung.

entsprechende Mineralisation, die er im Gelände erfolglos zu lokalisieren suchte (Dietrich, 1972, S. 22).

Auch wenn es sich beim untersuchten Handstück erst ansatzweise um einen qualitativen Nachweis der gesuchten kupferführenden Mineralisation in Bistgat handelt, ist dieses Ergebnis vor dem Hintergrund erfolgloser früherer Lokalisierungsversuche (Dietrich, 1972, S. 22; Naef, 2013, S. 115; 2014, S. 83) als positives Resultat zu werten. Die Beobachtungen stimmen außerdem gut mit den Angaben von Ott überein, der bei «Bischtgiat» eine «starke Erzimprägung, hauptsächlich bestehend aus Pyrit und Kupferkies» dokumentierte (Ott, 1925, S. 32). Ob die untersuchte Imprägung allerdings tatsächlich mit dem historisch überlieferten «Kupferkyss»-Vorkommen «zu Mon» (Brügger, 1866, S. 62; vgl. auch Kapitel 2.2.2) in Zusammenhang steht, bleibt unklar. Die Plausibilität einer sich räumlich geradezu aufräumenden Verbindung zum urgeschichtlichen Schmelzplatz Tiragn wird weiter unten diskutiert (s. Kapitel 4.5.1).

Tiefencastel, Tgant Ladrung (1)

Bereits bei der Beprobung des Vorkommens im Gelände wurde klar, dass die Vererzung in Tgant Ladrung nicht zu den kupferreichsten des Oberhalbsteins zählt – die Suche nach einer geeigneten Probe (4431-TL) am Haldenfuß der neuzeitlichen Bergehalde nahm einige Zeit in Anspruch. Als Erzminerale konnten darin Pyrit, Pyrrhotin, Magnetit und Chalkopyrit nachgewiesen werden. Damit konnte wiederum zumindest der qualitative Nachweis einer (untergeordnet) kupferführenden Vererzung erbracht werden. Magnetit und Pyrit stellen jedoch klar die dominierenden Erzminerale dar. Das Nebengestein besteht hier aus Antigorit.

Die ermittelten Resultate stimmen weitestgehend mit Dietrichs Ausführungen zu dieser Lokalität überein. Demzufolge präsentiert sich der erzmineralogische Inhalt des Vorkommens aus Pyrit, Chalkopyrit und Magnetit als «sehr einfach». Bei dem als Nebengestein identifizierten Antigorit dürfte es sich Dietrich (1972, S. 22) zufolge nur um ein Klüftmineral handeln, liegt die Vererzung doch innerhalb einer Maschenserpentinit-Sequenz. Mit den von Ott 1925 beschriebenen grünen, quarzreichen Serpentin-Schiefern, die «völlig durchspickt von Pyrit und Kupferkies» seien und «auf den Schichtfugen starke Malachitüberzüge» zeigen (Ott, 1925, S. 20), hat die untersuchte Lokalität wenig gemeinsam, weshalb wohl von weiteren, möglicherweise kupferreicheren Ausbissen im näheren Umfeld von Tgant Ladrung ausgegangen werden muss.

Salouf, Ziteil (29)

Da sich im Bereich der ausgedehnten Bergehalde beim Passübergang «Ziteil» keine anstehende oder zumindest nur wenig verwitterte Erzprobe gewinnen ließ, wurde für

diese Lokalität kein Anschliff angefertigt. Mithilfe einer XRD-Analyse an pulverisiertem Probenmaterial (4436-Z) ließen sich jedoch die drei Erzminerale Magnetit, Pyrit und Chalkopyrit als Hauptbestandteile identifizieren. Hinweise auf das ursprüngliche Gang- oder Nebengestein konnten auf diesem Weg nicht ermittelt werden. Gemäß den makroskopischen Beobachtungen im Gelände sowie in Anlehnung an die geologische Karte (s. Abb. 2.6) ist davon auszugehen, dass auch hier eine Vererzung in einer nicht genauer bestimmten Serpentin-Seqenz vorliegt.

V. Dietrich liefert in diesem Fall leider keinen klärenden Hinweis, da die Lokalität in seiner Arbeit keine Berücksichtigung fand.²⁹⁴ Es ist jedoch durchaus denkbar, dass es sich bei dieser in unbekannter Zeit abgebauten Vererzung um eine der beiden 1588 von Bergrichter Ch. Gadmer erwähnten Gruben in «Saluz» (Brügger, 1866, S. 62; s. auch oben Kapitel 2.2.2) handelt.

Riom-Parsonz, Martegnas (28)

Dass sich die Mineralisation in der Val Nandro deutlich von den übrigen Vererzungen zwischen dem Albulatal und dem Julierpass unterscheidet, war bereits im Gelände unschwer erkennbar. Es handelt sich lediglich um eine schwache Imprägnation mit dispers verteilten grün-blau gefärbten Oxiden in hellem Nebengestein. Eine erzmikroskopische Untersuchung des Probenmaterials schien aufgrund der geringen Dichte und dispersen Anordnung der Oxide wenig sinnvoll, weshalb lediglich eine Bestimmung der Hauptminerale mittels XRD vorgenommen wurde. Aufgrund des sehr geringen Metallgehaltes der Probe (3853-MA) konnte auf diesem Weg jedoch lediglich das Nebengestein ermittelt werden. Dieses setzt sich – im Gegensatz zu den meisten anderen Erzvorkommen im Tal – aus Dolomit, Muskovit und Quarz zusammen. Die mineralogische Zusammensetzung dieser Probe weicht also sehr deutlich vom gewohnten Bild ab und lässt auch eine entsprechend unterschiedliche chemische Zusammensetzung vermuten.

Gemäß früheren Untersuchungen dürfte es sich bei den Imprägnationen in Martegnas nicht – wie zunächst aufgrund ihrer Farbe vermutet – um oxidische Kupfer-, sondern um eine Nickelhydroxid-Imprägnation mit untergeordnetem Cu- und Fe-Anteil handeln (Tarnuzzer, 1919; Fehlmann, 1919, S. 288-289). Diese Interpretation stimmt gut mit dem makroskopischen Erscheinungsbild²⁹⁵ des Materials überein. Ob das Vorkommen auch kupferreichere Partien aufweist resp. aufwies, konnte bislang nicht geklärt werden, ist jedoch wenig wahrscheinlich.

²⁹⁴ V. Dietrich zitiert lediglich die sehr unpräzise und inhaltlich fragliche Nennung einer Silber- bzw. Zinnstufe bei Ziteil durch Peterelli (Dietrich, 1972, S. 15; Peterelli, 1806, S. 428).

²⁹⁵ Die dispers im Gestein verteilten grünen und blauen Punkte können – neben Cu-Sekundärmineralen – auch Ni-Hydrosilikate oder -Oxide darstellen.

Tinizong-Rona, Avagna-Ochsenalp (4)

Aus dem Bereich der bereits zu Projektbeginn als urgeschichtliches Abbauareal bekannten Fundstelle wurden mehrere Proben analysiert, um ein möglichst repräsentatives Bild dieser Mineralisation zu erhalten. Die drei Proben zeigen denn auch bereits erzmikroskopisch deutliche Unterschiede, wobei sie im Vergleich zu den übrigen Fundstellen alle eine sehr einfache Zusammensetzung aufweisen:

Probe 4426-AO enthält feinkörnigen Pyrit, der im Randbereich teilweise bereits vollständig in Limonit oder Goethit umgewandelt wurde. Entlang seiner Bruchkanten breitet sich Chalkopyrit aus (Abb. 4.2, o.). In einer randlichen Zone hat der Chalkopyrit den Pyrit sogar bereits so weit verdrängt, dass er das dominierende Erzmineral darstellt. Das auffallend helle Nebengestein ist als Metabasalt (XRD: Klinochlor) anzusprechen.

Analog dazu sind auch in Probe 4428-AO nur Pyrit und Chalkopyrit als Erzminerale zu beobachten. Letzterer breitet sich wiederum als nachträglich entstandenes, jüngeres Mineral entlang von Rissen im körnigen, aufgebrochenen Pyrit aus, ist aber in dieser Probe deutlich flächiger zu beobachten als in 4426-AO (Abb. 4.2, m.). Auch in dieser Probe besteht das Nebengestein aus Klinochlor.

Die dritte Probe (4427-AO) dieser Fundstelle weist ausschließlich Chalkopyrit als Erzmineral auf (Abb. 4.2, u.). Im Randbereich ist Limonit als Korrosionsprodukt zu beobachten, was – analog zu den beiden anderen Proben – eine vollständige Verdrängung ehemaligen Pyrits durch Chalkopyrit vermuten lässt. Hier besteht das Nebengestein resp. die Gangart neben Klinochlor auch aus Quarz.

Diese Ergebnisse stimmen sehr gut mit den Ausführungen bei V. Dietrich (1972, S. 24) überein, der in Avagna-Ochsenalp zwei Bereiche unterscheidet: Während die liegenden Partien des Vorkommens überwiegend aus Pyrit in einer chloritisch-kalzitischen Grundmasse bestehen, ist in den hangenden Partien des Vorkommens Chalkopyrit in größerer Anreicherung in einer mylonitischen Grundmasse aus Chlorit, Muskovit und Quarz zu beobachten. Probe 4426-AO ist dem ersten, 4427-AO dem zweiten und 4428-AO dem Übergang zwischen den beiden Bereichen zuzuordnen. Auffallend ist an dieser Lokalität insbesondere das Fehlen weiterer Erzminerale wie Pyrrhotin oder Magnetit, die in den übrigen Serpentin-Vererzungen regelhaft auftreten.

Obere Talstufe

Sur, Falotta 1 (34)

Beim zuvor nicht bekannten, durch Abbauspuren unbestimmter Zeitstellung angezeigten Kupfererzvorkommen von Falotta im Süden der Alp Flix handelt es sich ersten Untersuchungen an einem Stück Haldenmaterial (3177-F1) zufolge um eine Chalkopyrit-Vererzung. Dass

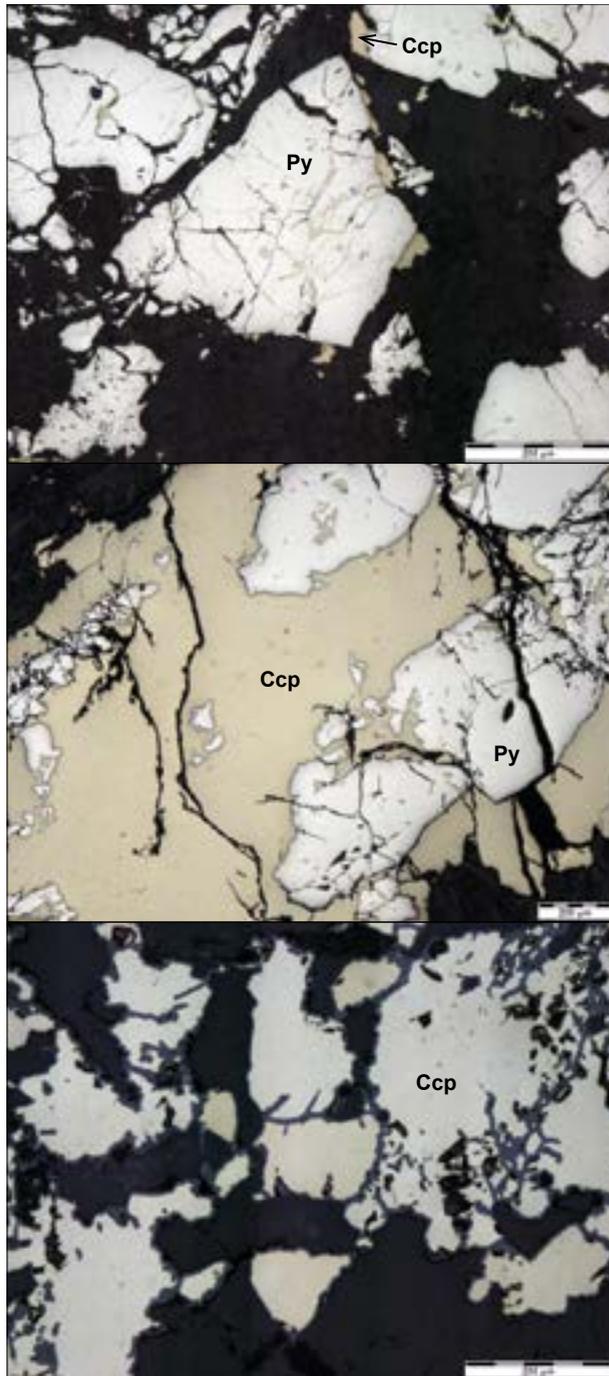


Abb. 4.2: Tinizong-Rona, Avagna-Ochsenalp (4). 4426-AO, Auflicht (o.): Pyrit mit wenig Chalkopyrit, der sich entlang der Bruchkanten ausbreitet; das Nebengestein besteht aus Klinochlor. 4428-AO, Auflicht (m.): Pyrit, der bereits weitgehend durch Chalkopyrit verdrängt wurde. 4427-AO, Auflicht (u.): Chalkopyrit ohne Pyrit in einer Matrix aus Klinochlor und Quarz. Fotos: L. Reitmaier-Naef, UZH.

die Erzminerale hier in eine Gangart aus Quarz eingebettet sind, ließ sich bereits makroskopisch feststellen und mittels XRD-Analyse bestätigen. Das Nebengestein besteht hauptsächlich aus Klinochlor und ist somit als Metabasalt anzusprechen.

Sur, Val Savriez (33)

Eine weitere, bislang unbekannt und lediglich durch den Streufund eines Handstücks angezeigte Lokalität im nordwestlichen Einzugsgebiet der Alp Flix zeigt mineralogische Parallelen zum Vorkommen in Falotta 1. Auch hier sind die Erzminerale in eine Gangart aus Quarz und ein Nebengestein aus Metabasalt eingebettet. Bei den detektierten Erzmineralen handelt es sich primär um kupferreiche Sulfide chalkopyritischer bis bornitischer Zusammensetzung, untergeordnet konnten auch Eisenoxide wie etwa das Verwitterungsprodukt Goethit nachgewiesen werden.

Sur, Gruba 1 (5)

Für das Vorkommen Gruba 1 wurden wegen seiner räumlichen Nähe gleich zu mehreren prähistorischen Fundstellen²⁹⁶ sowie der zahlreichen Aktivitäten²⁹⁷, die innerhalb des Projektes in diesem Gebiet stattgefunden haben, mehrere Proben untersucht – obwohl sich an dieser Stelle bislang (noch) kein urgeschichtlicher Bergbau nachweisen lässt (Reitmaier-Naef, Turck und Della Casa, 2015, S. 44).

Ein erster Anschliff, der bereits im Vorfeld dieser Arbeit angefertigt wurde (GRU 1), besteht aus einem fast reinen Magnetit-Stück mit Chalkopyrit-Einschlüssen. Darüber hinaus ist ein kleiner Borniteinschluss mit Covellin-Verwitterung zu beobachten. Einer früheren Untersuchung am Rasterelektronenmikroskop zufolge enthält die Probe außerdem Pyrrhotin (Martinek und Mehofer, 2014). Aus Gruba 1 existierte lediglich von diesem Handstück eine qualitativ und quantitativ ausreichende Restprobe für die Aufbereitung eines Probenpulvers (4424-G1) für eine pauschalchemische Analyse.

Im zweiten Anschliff (GRU 2) sind wiederum Magnetit, Chalkopyrit und Bornit zu beobachten, wobei der Magnetit-Anteil in diesem Fall deutlich geringer ausfällt (Abb. 4.3). Pyrit oder Pyrrhotin konnten hier mittels optischer Mikroskopie nicht nachgewiesen werden. Als Nebengesteins- bzw. Kluftmineral wurde Ilvait identifiziert.

Der zweite Anschliff (GRU 3) dieser Fundstelle zeigt weder Magnetit, Pyrit noch Pyrrhotin, sondern ausschließlich Chalkopyrit als Erzmineral. Er ist in ein Gemenge aus Antigorit, Ilmenit, Ilvait und Anorthit eingebettet.

Die hier vorgestellten Resultate stimmen zwar weitgehend mit den Ergebnissen von Dietrichs Untersuchung überein, bilden aber die Diversität dieses Vorkommens nur unzureichend ab, was zum Teil in der bewussten Selektion kupferhaltigen Probenmaterials begründet sein dürfte. V. Dietrich beobachtet in Gruba 1 vier mitunter sehr reichhaltige Erzmineralparagenesen mit Pyrrhotin,

²⁹⁶ Gruba I (1852), Gruba II (1854), Gruba III (56328), Furnatsch (3682).

²⁹⁷ Prospektionen und insbes. mehrjährige Lehrgrabungen in Gruba I (1852) und Gruba II (1854).

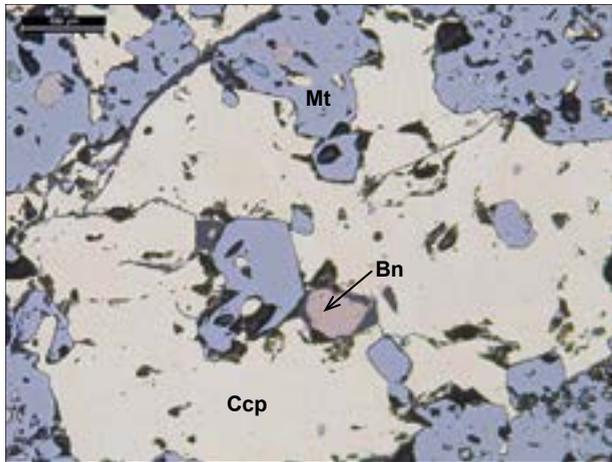


Abb. 4.3: Sur, Gruba I (5). GRU 2, Auflicht: Gemenge aus Chalkopyrit, Magnetit und Bornit. Foto: K.-P. Martinek, GeoService München.

Chalkopyrit oder Magnetit als Hauptbestandteil sowie wechselnden Nebenbestandteilen²⁹⁸. Das Nebengestein besteht aus mylonisiertem Lizardit und Chrysotil (Muscherserpentin) (Dietrich, 1972, S. 28).

Mulegns, Muttans (11)

Aus dem Bereich der Vererzung Muttans in der südlichen Val da Fallar existiert lediglich stark verwittertes Probenmaterial, das für die Präparation eines Anschliffes nicht geeignet ist. Die mineralogische Zusammensetzung wurde daher nur anhand einer XRF-Analyse ermittelt. Das Handstück mit der Probennummer 3175-MU setzt sich demzufolge – neben den bereits makroskopisch festgestellten Eisen- und Kupferoxidationsprodukten – aus den beiden Erzmineralen Magnetit und Chalkopyrit sowie dem Nebengesteinsmineral Klinochrysoil (Muscherserpentin) zusammen.

Diese grobe Charakterisierung stimmt grundsätzlich gut mit den Ausführungen V. Dietrichs zu Muttans überein, wenngleich sie die Komplexität dieser Mineralisation nicht ansatzweise abzubilden vermag. V. Dietrich (1972, S. 34–38) hat das Vorkommen von Muttans sehr ausführlich untersucht und dabei festgestellt, dass es sich in seinem erzmineralogischen Gefüge deutlich von den anderen Oberhalbsteiner Sulfidvorkommen unterscheidet. Diese Unterschiede beziehen sich allerdings primär auf die vielstufige Paragenese der verschiedenen Erzminerale und sind im vorliegenden Zusammenhang von untergeordneter Bedeutung.

Marmorera, Gruba 2 (31)

Zur selben Vererzungszone wie Gruba 1 und Muttans zählt auch die bislang geologisch nicht untersuchte Mineralisation in Gruba 2. Zwar wird die Lokalität durch ein seit langem bekanntes Pingenfeld angezeigt, dieses ist jedoch zusammen mit den korrespondierenden Halden praktisch vollständig mit Vegetation bedeckt, was eine gezielte Beprobung des Vorkommens bislang verunmöglichte.

Eine erste Probe (3178-G2) aus einem der wenigen kleinen Aufschlüsse war denn auch von minderer Qualität und enthielt neben Antigorit, der hier wohl als Kluftmineral vorliegt²⁹⁹, lediglich Magnetit – ein kupferhaltiges Erzmineral konnte nicht (in ausreichender Menge) detektiert werden.

Im Zuge der Ausgrabungen im Pingenbereich in den Jahren 2016–2017³⁰⁰ konnte schließlich aber nachträglich doch noch besseres Probenmaterial (4241-G2) gewonnen und analysiert werden: Die Matrix des Handstücks setzt sich aus den Nebengesteins- bzw. Kluftmineralen Antigorit und Ilvait zusammen, das dominierende Erzmineral ist in diesem Fall der kupferhaltige Chalkopyrit, neben wenig Magnetit.

Hiermit liegt nun ein erster mineralogischer Nachweis der längst vermuteten kupferführenden Mineralisation in Gruba 2 bzw. und somit auch ein weiteres Indiz für die sprichwörtlich naheliegende Verbindung der Abbaufundstelle Gruba II (1854) mit dem angrenzenden Schmelzplatz Gruba I (1852) vor (vgl. dazu auch Kapitel 4.5.1).

Marmorera, Vals (30)

Die Vererzung in Vals wurde in der älteren Eisenzeit nachweislich mittels Feuersetzen abgebaut (Turck, et al., 2015b, S. 198), weshalb auch von dieser Lokalität gleich zwei Proben analysiert wurden.

Die mineralogische Zusammensetzung der ersten Erzprobe (4422-V) präsentiert sich relativ einfach: In einer Matrix aus Metapillowlava ist Chalkopyrit sowie punktuell wenig Pyrit zu beobachten. Das Nebengestein besteht aus Magnesiohornblende, Aktinolith, Albit und Klinochlor. Bei der zweiten Erzprobe (4423-V) von Vals handelt es sich um ein vergleichsweise kupferreiches Stück. Der kleine, stark oxidierte Erzbrocken besteht fast ausschließlich aus Chalkopyrit und wenig körnigem Pyrit, der bereits weitgehend in Limonit umgewandelt wurde (Abb. 4.4). Das Nebengestein besteht – analog zur ersten Probe – aus Kalzium-Amphibolen und Chlorit. Im Gegensatz zur Mehrheit der Vererzungen in der oberen Talstufe ist das Vorkommen von Vals also nicht in den Serpentiniten der Oberen Platta-Schuppe, sondern im Metabasalt der Unteren Platta-Schuppe lokalisiert. Dies überrascht in

²⁹⁸ Bravoit, Pentlandit, Linneit, Vallerit, Cubanit, Sphalerit, Ilvait, Markasit, Pyrit, Goethit, Malachit.

²⁹⁹ Das Vorkommen liegt gemäß geologischem Atlas (vgl. Peters und Dietrich, 2008) in einer Muscherserpentin-Sequenz.

³⁰⁰ Vgl. Kapitel 2.3.1 und Anhang B.1, Gruba II (1854).

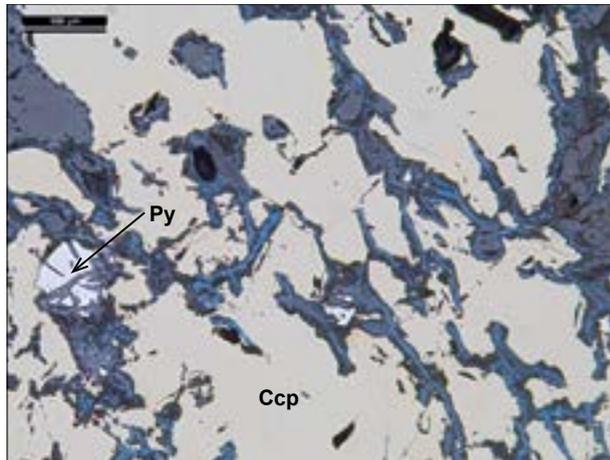


Abb. 4.4: Marmorera, Vals (30). 4423-V, Aufsicht: Reicherzstück mit vorwiegend Chalkopyrit und wenig körnigem Pyrit sowie Korrosionsprodukten dieser beiden Minerale (Goethit, Covellin). Foto: K.-P. Martinek, GeoService München.

Anbetracht der bisweilen geringen räumlichen Distanz zwischen diesen tektonischen Einheiten von wenigen hundert Metern sowie der Tatsache, dass die Vererzungen in den Serpentiniten jeweils nahe an der Kontaktzone zur Unteren Platta-Schuppe liegen (Dietrich, 1972, S. 25), wenig. Dennoch ist natürlich anzunehmen, dass die Erze von Vals sowie das aus ihnen produzierte Kupfer eine von den übrigen Lokalitäten abweichende chemische Zusammensetzung aufweisen.

Die Untersuchungsergebnisse zu den beiden Proben sind konsistent, können jedoch nicht mit früheren Studien verglichen werden, da sie bislang weder bei V. Dietrich noch bei anderen Autoren Berücksichtigung fand.³⁰¹

Marmorera, Val Natons (14)

Die Vererzung in der Val Natons erinnert im Gelände stark an diejenige von Ziteil. Auch hier sind in einer ausgedehnten (Berge-)Halde immer wieder Stücke mit Kupfersekundärmineralen zu beobachten; anstehend sind Spuren der Vererzung (Imprägnation) aber nur noch an einer sehr kleinen, stark alterierten Stelle zugänglich. Das geborgene Probenmaterial ist für einen polierten Anschliff ungeeignet. Mittels Röntgendiffraktometrie konnte allerdings nachgewiesen werden, dass Chalkopyrit das primäre Erzmineral des analysierten Handstücks (4435-VN) darstellt.

³⁰¹ Dass V. Dietrich das Erzvorkommen von Vals allerdings grundsätzlich bekannt war, belegt seine bei J. Rageth (1986, S. 86) zitierte Einschätzung zur möglichen Herkunft des Rohmaterials der auf dem Padnal in Savognin geborgenen Verhüttungsschlacken: «Dabei entdeckte er an einem Dünn-schliff unveränderte Gesteinsreste einer sog. Meta-Pillow-Lava. Aus seiner Kenntnis des Gebietes [...] kommt deshalb als Ursprungsort wenigstens für dieses Schlackenstück nebst der Ochsenalp noch die Lagerstätte im Gebiet des Widerlagers des Staudamms Marmorera in Frage.»

Daneben sind auch Eisenerzminerale wie Pyrit und das Oxidationsprodukt Limonit in der Probe enthalten. Als Nebengesteins- bzw. Kluftmineral wurden Antigorit sowie Andradit³⁰² identifiziert. Gemäß der Geologischen Karte sowie der Beschreibung durch V. Dietrich liegt das Vorkommen im Bereich der Faller-Furka-Serpentinite, am Kontakt zur Oberen Platta-Schuppe (Dietrich 1972, S. 39; vgl. auch Abb. 2.2). Er selbst hatte jedoch keine mineralogischen oder geochemischen Untersuchungen an Probenmaterial dieser Vererzung durchgeführt.

Marmorera, Cuas 3 (35)

Die Erzausbisse Cuas 1–3³⁰³ liegen in einer Entfernung von einigen hundert Metern zueinander über eine steile Geländerunse verteilt und befinden sich innerhalb derselben Vererzungszone wie die Vorkommen auf Gruba und in Cotschens. Aufgrund der geomorphologischen Situation (Schuttfächer) kann das exakte geologische Verhältnis der drei Lokalitäten zueinander nicht abschließend geklärt werden. Da die Ausbisse nur schwer zugänglich sind und Hinweise auf Abbauaktivitäten bislang fehlen, wurde stellvertretend eine einzelne Probe aus Cuas 3 analysiert.

Es handelt sich bei dem Handstück (3179-CU) um eine vergleichsweise erzeiche Probe, die sich bereits makroskopisch als Gemenge aus Chalkopyrit und Pyrrhotin ansprechen lässt. Gemäß XRD-Analyse ist die Mineralisation in Kluft-Antigorit eingebettet.

Damit unterscheidet sich die Zusammensetzung der untersuchten Probe deutlich von den Lokalitäten Cuas 1 und 2, die V. Dietrich zufolge eine mit Gruba und Cotschens vergleichbare, reichhaltige Erzmineralparagenese auf Magnetit- und Ilvait-Basis zeigen (Dietrich, 1972, S. 28). Es bleibt offen, ob diese (scheinbare) Diskrepanz allein auf die divergierende Beprobungsstrategie bzw. Fragestellung zurückzuführen ist.

Marmorera, Cotschens 1 (10)

Aus dem größte Abbauareal im Untersuchungsgebiet wurden fünf Erzproben aus dem erweiterten Bereich der zentralen «Haupthalde» untersucht.

Die erste Probe (4433-C1) zeigt Chalkopyrit mit mehreren, jedoch nur punktuell vorhandenen Bornit-Flocken sowie Pyrrhotin (Abb. 4.5, o.). Ein optisch mit Covellin zu verwechselndes Mineral wurde als Ilvait identifiziert, außerdem liegt Antigorit als Kluftmineral vor.³⁰⁴ Ein vergleichbares Bild zeigt sich auch bei Probe 4048-C1: Hier sind ebenfalls Chalkopyrit und Pyrrhotin sowie kleinste

³⁰² Gemäß Dietrich (1972, S. 52; S. 55) können Granate (Gros-sular-Andradit) in «durchbewegten Zonen» der Maschenserpentinite als Nebengemengeanteil resp. in Vergesellschaftung mit Ilvait und Sulfiden in den vererzten Zonen auftreten.

³⁰³ Vgl. auch Anhang A.1, Cuas 1–3 (6; 7; 35).

³⁰⁴ Antigorit liegt in Cotschens nicht als gesteinsbildendes, sondern als Serpentinmineral der jüngsten Generation in Klüften vor (s. Dietrich, 1972, S. 33).

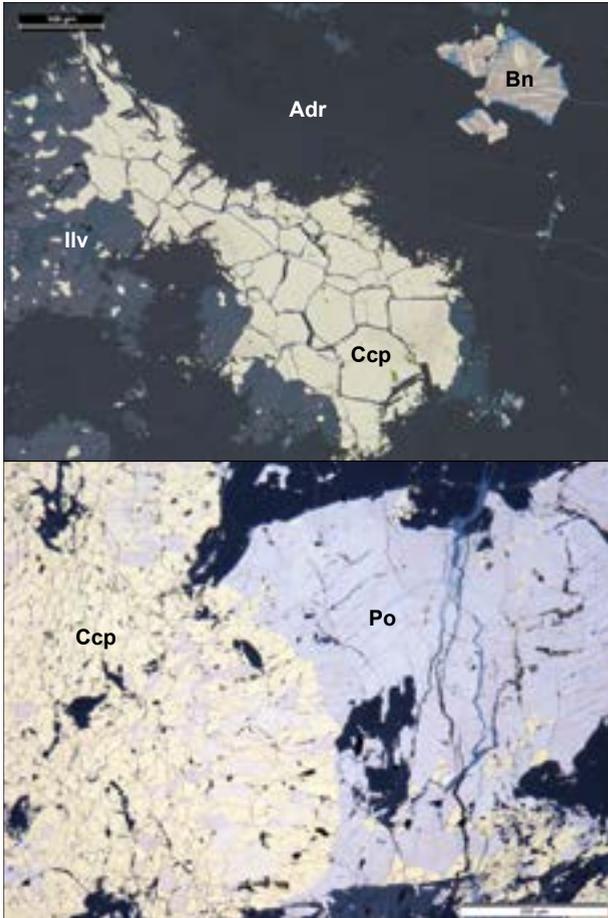


Abb. 4.5: Marmorera, Cotschens 1 (10). 4433-C1, Aufsicht (o.): Chalkopyrit sowie kleinerer Borniteinschluss mit Chalkopyrit-Lamellen, umgeben von Ilvait und Andradit. Foto: K.-P. Martinek, GeoService München. 4048-C1, Aufsicht (u.): Chalkopyrit und Pyrrhotin. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

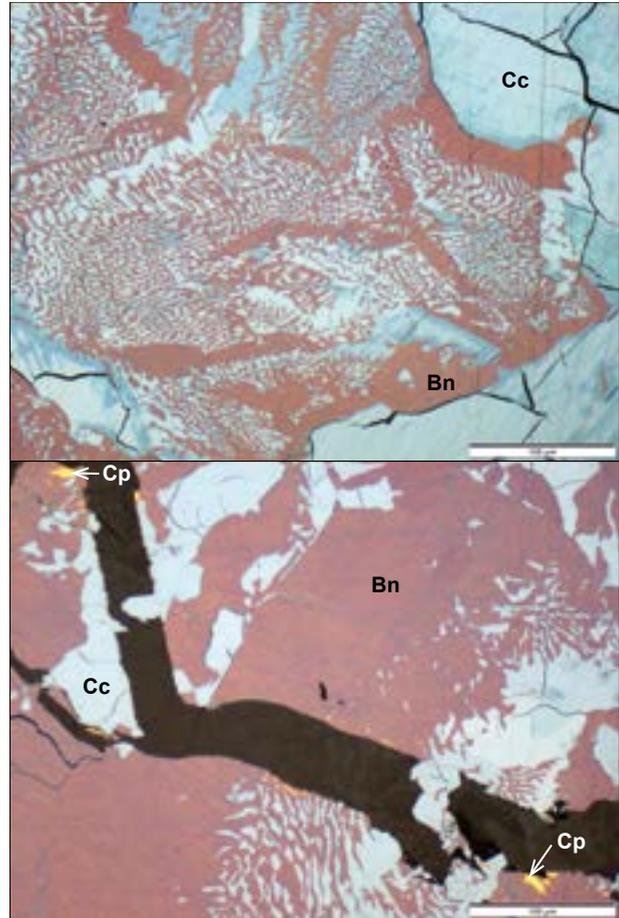


Abb. 4.6: Marmorera, Cotschens 2 (23). 4046-C2, Aufsicht: Kupferreiche Bornit-Chalkosin-Vererzung mit eutektischen Verwachsungen der beiden Erzminerale. Chalkopyrit ist nur noch in kleinsten Relikten vorhanden (u.). Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Bornit-Flocken in einer Matrix aus Ilvait, Klinopyroxen und Antigorit zu sehen (Abb. 4.5, u.). Eine weitere, lediglich mittels XRD-Messung untersuchte Erzprobe (4429-C1) aus dem Haldenbereich enthält ebenfalls Antigorit und Ilvait sowie zusätzlich Kalzit und Dolomit; jedoch keinerlei bzw. für eine Detektion nicht ausreichende Mengen an Erzmineralen. Die Aussagekraft dieses Handstücks für die hier bearbeitete Fragestellung ist sehr begrenzt, zumal der bislang erstmalige Nachweis von Kalzit und Dolomit nicht mittels optischer Mikroskopie genauer charakterisiert werden kann und auch keine Vergleichsbefunde vorliegen.

Eine weitere Probe (4047-C1) stammt aus einem anderen Bereich der zentralen Ausbisszone und weist eine deutlich abweichende Zusammensetzung auf. Es handelt sich um einen fast reinen Magnetit-Brocken, der – trotz oberflächlicher Kupfersekundärminerale – keinen relevanten Kupfererzanteil aufweist. Mikroskopisch lassen sich immerhin punktuell noch kleinste Chalkopyrit-Relikte in einer Matrix aus massivem Magnetit beobachten.

Ähnlich wie im Fall der Vererzung Gruba 1 auf der gegenüberliegenden Talseite, hatte V. Dietrich auch für

Cotschens 1 einen im Vergleich zur vorliegenden Untersuchung sehr viel reichhaltigeren Mineralbestand nachgewiesen. Dies ist wiederum primär auf seine anders gelagerte Fragestellung nach der Erzparagenese in ihrer gesamten Breite sowie seine generell deutlich detailliertere mineralogische Betrachtung der einzelnen Lokalitäten zurückzuführen. Die oben für Cotschens 1 beschriebenen Mineralisationen finden sich jedoch allesamt in den Ausführungen V. Dietrichs wieder. Dennoch ist zu betonen, dass sich die Vererzung «Cotschens» seiner Schätzung zufolge insgesamt zu etwa 40% aus Pyrrhotin und nur gerade ca. 12% Chalkopyrit zusammensetzt (Dietrich, 1972, S. 34), wobei die genaue Zusammensetzung der in urgeschichtlicher Zeit abgebauten Partie(n) der Vererzungszone unklar bleibt.

Das Nebengestein wurde in den beschriebenen Proben nicht erfasst, besteht aber gemäß makroskopischen Beobachtungen sowie den Ausführungen V. Dietrichs (1972, S. 33) überwiegend aus massigem, zähem Maschenserpentinit. Die meist entlang feiner Klüfte und Adern zu beobachtenden Vererzungen sind in der Regel

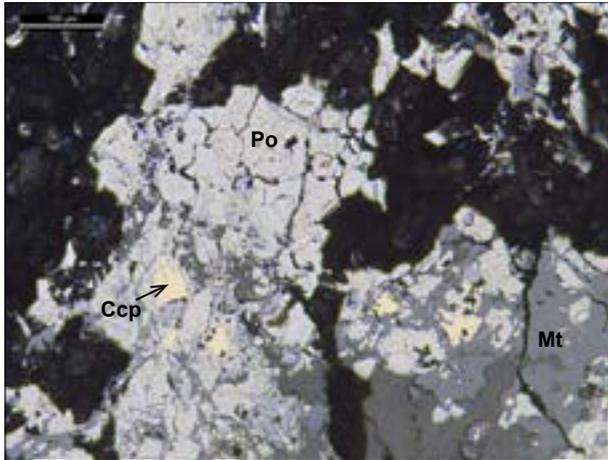


Abb. 4.7: Marmorera, Ostufer Marmoreraesee (12). 4434-MO. Aufsicht: Pyrrhotin und Magnetit mit wenig Chalkopyrit in nicht bestimmter Nebengesteinsmatrix (Maschenserpentinit?). Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

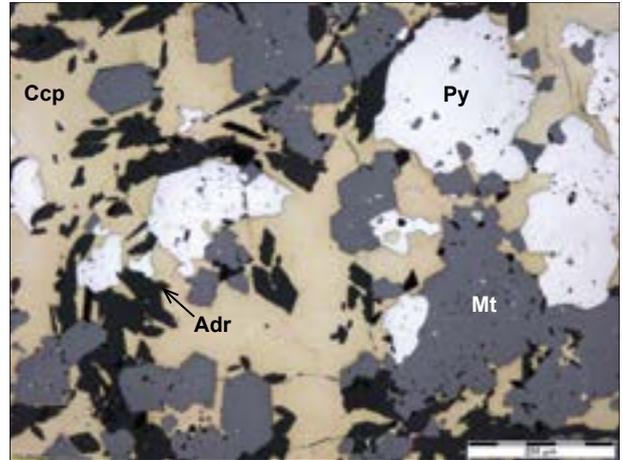


Abb. 4.8: Bivio, Crap Fess (16). 4432-CF. Aufsicht: Hypidiomorpher Pyrit, der vermutlich nachträglich in Chalkopyrit und idiomorph ausgebildeten Magnetit umgewandelt wurde. Im flächig vorhandenen Chalkopyrit ist außerdem das Kluffmineral Andradit zu beobachten. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

mit Kluffüllungen wie dem mehrfach nachgewiesenen Antigorit und Ilvait vergesellschaftet.

Marmorera, Cotschens 2 (23)

Das Handstück 4046-C2 nimmt innerhalb der Ausbisszone Cotschens eine Sonderrolle ein: Die Probe stammt aus dem Übergangsbereich zwischen einem Diabas-Gang³⁰⁵ und dem umgebenden Maschenserpentinit. Es handelt sich um die bislang einzige kupferreiche, eisenarme Bornit-Chalkosin-Vererzung der oberen Talstufe. Im Randbereich der eutektischen Verwachsungen dieser beiden Erzminerale sind stellenweise noch kleinste Relikte von Chalkopyrit zu beobachten (Abb. 4.6).

Auch das Nebengestein dieser Mineralisation unterscheidet sich bereits aufgrund seiner hellen Farbe deutlich vom sonst üblichen Maschenserpentinit. Es besteht primär aus Klinochlor, einem Mineral der Chlorit-Gruppe, das bereits in den Proben von Avagna-Ochsenalp und Vals als dominierendes Nebengesteinsmineral (Metabasalt) beobachtet wurde. Daneben liegt Grossular aus der Granat-Gruppe als Kluffmineral vor.

Diese Vererzung ist mit der von V. Dietrich als «Kleine Schürfstelle» angesprochenen Vererzung Nr. 10b vergleichbar, die zwar an einer anderen, geologisch aber sehr ähnlichen Lokalität innerhalb der Vererzungszone geborgen wurde. V. Dietrich (1972, S. 34) beobachtet ebenfalls am Übergang zwischen einem Diabas-Gang und der umgebenden Serpentinitmasse Bornit- und Covellin-Aggregate, allerdings in Vergesellschaftung mit Magnetit.

³⁰⁵ Die Diabas-Gänge auf Cotschens sind aus massiger basaltischer Lava bestehende Dykes (deutsch: Gesteinsgänge).

Marmorera, Ostufer Marmoreraesee (12)

Die wohl bereits in der Spätbronzezeit abgebaute Vererzung am Ostufer des Marmoreraesees enthält gemäß der untersuchten Probe 4434-OM neben wenig Chalkopyrit vorwiegend eisenreiche Erzminerale wie Pyrrhotin und Magnetit (Abb. 4.7). Das Nebengestein konnte zwar nicht sicher bestimmt werden, es dürfte sich dabei jedoch analog zu vergleichbaren Lokalitäten in der oberen Talstufe um Maschenserpentinit handeln.

V. Dietrich (1972, S. 39) beobachtete in seinen Proben dieselben Erzminerale als Hauptbestandteile der Vererzung und schätzte deren Anteile auf 40 % (Magnetit), 35 % (Pyrrhotin) und 10 % (Chalkopyrit).

Bivio, Crap Fess (16)

Im Gegensatz zur Mehrheit der übrigen Vererzungen konnte am Crap Fess eine vergleichsweise reiche Erzprobe (4432-CF) direkt aus dem Anstehenden entnommen werden. Die Mineralisation setzt sich primär aus Chalkopyrit und Pyrit sowie einem untergeordneten Magnetitanteil zusammen. Die Erzminerale sind in eine Matrix aus Aktinolith und Andradit eingebettet, die analog zur Probe 4435-VN aus der Val Natons als Kluffmineral vorliegen dürften (Abb. 4.8).

V. Dietrich zufolge (1972, S. 40) liegt die Mineralisation in einer nicht näher bestimmten Serpentinitsequenz am tektonischen Kontakt zu den tieferen Grünschiefern der Unteren Platta-Decke. Er beobachtete am Crap Fess ebenfalls die bereits oben aufgeführten Erzminerale, allerdings in divergierenden Anteilen: 10 % Pyrit, 25 % Magnetit, 2 % Chalkopyrit sowie zusätzlich 3 % Goethit.

	Lokalität	V.-Nr.	Probe	Erzminerale	Gang-, Kluft- und Nebengesteinsminerale
Untere Talstufe	Bistgat	2	4425-B	Pyrit, Magnetit, Chalkopyrit	Klinochrysozil, Lizardit
	Tgant Ladrung	1	4431-TL	Pyrit, Pyrrhotin, Chalkopyrit, Magnetit	Antigorit
	Ziteil	29	4436-Z	Magnetit, Pyrit, Chalkopyrit	-
	Martegnas	28	3853-MA	-	Dolomit, Muskovit, Quarz
	Avagna-Ochsenalp	4	4426-AO	Pyrit, Chalkopyrit	Klinochlor
4427-AO			Chalkopyrit	Klinochlor, Quarz	
4428-AO			Pyrit, Chalkopyrit	Klinochlor	
Obere Talstufe	Falotta 1	34	3177-F1	Chalkopyrit	Klinochlor, Quarz
	Val Savriez	33	3176-VS	[Chalkopyrit/Bornit]	Albit, Kalzit, Quarz, Dolomit
	Gruba 1	5	GRU 1 = 4424-G1	Magnetit, Chalkopyrit, (Bornit, Covellin, Pyrrhotin)	-
			GRU 2	Magnetit, Chalkopyrit, Bornit	Ilvait
			GRU 3	Chalkopyrit	Antigorit, Ilmenit, Ilvait, Anortit
	Muttans	11	3175-MU	Magnetit, Chalkopyrit	Klinochrysozil
	Gruba 2	31	3178-G2	Magnetit	Antigorit
			4241-G2	Chalkopyrit, Magnetit	Antigorit, Ilvait
	Vals	30	4422-V	Chalkopyrit, Pyrit	Magnesiohornblende, Aktinolith, Albit, Klinochlor
			4423-V	Chalkopyrit, Pyrit	Magnesiohornblende, Aktinolith, Klinochlor
	Val Natons	14	4435-VN	Chalkopyrit, Pyrit	Antigorit, Andradit
	Cuas 3	35	3179-CU	Chalkopyrit, Pyrrhotin	Antigorit
	Cotschens 1	10	4047-C1	Magnetit, (Chalkopyrit)	-
			4048-C1	Chalkopyrit, Pyrrhotin, (Bornit)	Ilvait, Klinopyroxen, Antigorit
			4429-C1	-	Ilvait, Kalzit, Dolomit, Antigorit
			4433-C1	Chalkopyrit, (Pyrrhotin, Bornit)	Ilvait, Antigorit
	Cotschens 2	23	4046-C2	Bornit, Chalkosin, (Chalkopyrit)	Klinochlor, Grossular
Ostufar Marmoreraasee	12	4434-OM	Pyrrhotin, Magnetit, Chalkopyrit	-	
Crap Fess	16	4432-CF	Chalkopyrit, Pyrit, Magnetit	Aktinolith, Andradit	
Alp Tgavretga	19	4430-AT	Chalkopyrit, Pyrrhotin, Magnetit	Aktinolith	
		Schliff 5	Magnetit, Pyrrhotin, Chalkopyrit	-	

Tab. 4.4: Vereinfachte Zusammenstellung der dokumentierten Erz-, Gang- und Nebengesteinsminerale in den untersuchten Erzproben. In Klammern aufgeführte Minerale konnten nur in Spuren nachgewiesen werden.

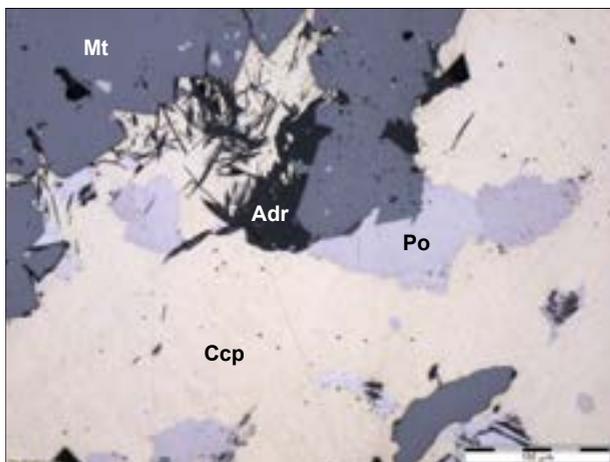


Abb. 4.9: Bivio, Alp Tgavretga (19). 4430-AT, Auflicht: Chalkopyrit-Vererzung mit Magnetit und Pyrrhotin sowie dem Kluftmineral Andradit. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Bivio, Alp Tgavretga (19)

Auch von dieser Lokalität konnte eine Reicherzprobe (4430-AT) analysiert werden, die diesmal allerdings vom Haldenuß und nicht aus dem Anstehenden der Verer-

zung stammt. Als Erzminerale ließen sich darin Chalkopyrit, Magnetit und Pyrrhotin detektieren.³⁰⁶ Analog zur Probe vom Crap Fess wurde auch hier zusätzlich das Kluftmineral Andradit nachgewiesen (Abb. 4.9).

Eine weitere Probe dieser Lokalität (Schliff 5) wurde lediglich erzmikroskopisch untersucht. Der größte Erzmineralanteil entfällt in diesem Fall auf Magnetit, gefolgt von Pyrrhotin und wenig Chalkopyrit, der stellenweise randlich durch Korrosion in Covellin umgewandelt wurde. Die beobachteten Erzminerale stimmen also mit der ersten Probe überein, sind jedoch in jeweils unterschiedlichen Anteilen vertreten.

Einmal mehr hat V. Dietrich für dieselbe Lokalität einen reichhaltigeren Mineralbestand festgestellt, der aber grundsätzlich mit den hier ausgeführten Resultaten übereinstimmt.³⁰⁷ Das Nebengestein besteht aus Antigorit-Gittern und kleinen Aktinolith-Aggregaten (Dietrich, 1972, S. 44).

³⁰⁶ Gemäß XRD ist in dieser Probe neben Chalkopyrit und Magnetit auch Troilit vorhanden, Troilit gehört zur Pyrrhotin-Gruppe und wird hier daher vereinfacht als Pyrrhotin angesprochen.

³⁰⁷ Dietrich (1972, S. 44) beschreibt hier eine ganze Reihe weiterer Minerale, darunter Ilvait, Goethit, Pentlandit-Bravoit und Covellin.

	Lokalität	V.-Nr.	Probe	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	Cu	ZnO	Summe
Untere Talstufe	Bistgat	2	4425-B	34,7	0,02	1,28	10,1	31,7	0,08	0,06	0,03	0,01	<0,0005	2,66	0,3	0,02	81
	Tgant Ladrung	1	4431-TL	13,0	0,01	0,58	53,4	10,0	0,04	0,03	0,03	0,01	0,001	22,81	0,2	0,02	100
	Ziteil	29	4436-Z	2,3	0,003	0,02	62,2	0,9	0,01	0,03	<0,025	0,003	<0,0005	31,59	2,4	0,06	100
	Avagna-Ochsenalp	4	4426-AO	16,0	0,29	11,16	43,6	2,5	0,05	0,01	0,04	0,97	0,011	22,78	0,7	0,02	98
			4427-AO	57,1	0,20	5,27	14,1	2,3	0,08	0,89	0,03	0,12	1,077	3,32	3,3	0,01	88
4428-AO			9,5	0,10	8,11	43,8	3,3	0,04	0,004	<0,025	0,01	0,008	26,83	1,0	0,01	93	
Obere Talstufe	Val Savriez	33	3176-VS	59,5	0,37	9,20	6,3	1,9	0,11	9,54	2,36	0,03	0,056	0,81	3,0	0,003	93
	Gruba 1	5	4424-G1	23,3	0,01	0,30	33,0	12,9	0,10	1,70	<0,025	0,01	0,009	10,16	6,5	0,15	88
	Muttans	11	3175-MU	36,8	0,09	3,03	13,4	29,6	0,09	0,42	0,01	0,01	0,005	1,17	1,1	0,02	86
	Gruba 2	31	3178-G2	35,3	0,06	2,23	27,4	20,4	0,29	1,05	0,01	0,02	0,003	1,45	0,1	0,02	88
			4241-G2	29,1	0,14	1,69	38,1	12,6	0,31	6,48	0,01	0,01	0,004	3,02	1,9	0,06	93
	Vals	30	4422-V	45,4	1,45	13,91	8,0	7,5	0,23	9,71	3,88	0,40	0,275	1,31	1,6	0,04	94
			4423-V	24,7	0,85	10,18	23,8	5,5	0,20	8,37	0,23	0,15	0,202	6,61	6,1	0,06	87
	Val Natons	14	4435-VN	29,7	0,11	1,31	30,7	2,6	0,04	23,27	<0,025	0,004	0,002	2,14	2,3	0,01	92
	Cuas 3	35	3179-CU	22,3	0,01	1,69	44,0	9,3	0,10	0,92	0,03	0,02	0,002	12,24	7,2	0,08	98
	Cotschens 1	10	4048-C1	28,0	0,01	1,28	41,3	15,0	0,20	0,83	0,21	0,02	0,005	7,46	0,6	0,04	95
			4429-C1	31,6	0,05	0,83	32,7	14,0	0,23	3,96	<0,025	0,004	0,005	1,78	2,0	0,02	87
			4433-C1	30,5	0,03	0,65	35,2	11,6	0,24	4,54	<0,025	0,003	0,003	2,57	2,7	0,10	88
	Cotschens 2	23	4046-C2	22,5	0,16	11,78	5,3	1,1	0,16	19,00	0,20	0,02	0,005	10,07	29,4	0,08	100
	Ostufer Marmoreraasee	12	4434-OM	4,4	0,01	0,04	62,5	1,9	0,02	1,38	<0,025	0,004	<0,0005	26,24	2,2	0,07	99
Crap Fess	16	4432-CF	12,0	0,02	0,05	44,1	2,8	0,04	5,43	0,13	0,01	0,009	24,86	10,2	0,16	100	
Alp Tgavretga	19	4430-AT	8,0	0,01	0,10	53,3	2,9	0,03	1,33	0,04	0,01	<0,0005	21,31	11,9	0,09	99	

Tab. 4.5: Chemische Pauschalanalysen mittels ICP-MS an Erzproben aus dem Oberhalbstein. Haupt- und Nebenkomponenten in Gew.-%, Summe in %. Der Gesamteisengehalt wurde als FeO berechnet. Alle Proben wurden im Forschungslabor des DBM gemessen.

4.2.2 Geochemische Charakterisierung

Haupt- und Nebenkomponenten

Die mittels ICP-MS analysierten 22³⁰⁸ Erzproben setzten sich hauptsächlich aus wechselnden Anteilen von FeO, SiO₂, MgO, CaO, Al₂O₃ und S zusammen (Tab. 4.5). Der Kupfergehalt schwankt zwischen 0,1 und 29,4 Gew.-%. Auf den ersten Blick scheinen sich die Erzproben grob in zwei Gruppen aufzuteilen (Abb. 4.10):

1. Gruppe mit SiO₂ als Hauptbestandteil sowie meist erhöhten MgO-, CaO-, Al₂O₃- und Cr-Gehalten
2. Gruppe mit FeO als Hauptbestandteil und erhöhten S-, Co- und Ni-Gehalten.

Dieses Bild lässt sich aber nicht ausschließlich mit tatsächlichen geochemischen Unterschieden zwischen den Lokalitäten, sondern auch mit der heterogenen Probenqualität erklären, wie eine detaillierte Betrachtung der Resultate zeigt.

SiO₂

SiO₂ stellt in acht Proben den Hauptanteil dar. Die SiO₂-Messwerte liegen teilweise sogar deutlich über den Durchschnittswerten eines unvererzten Serpentinits aus

³⁰⁸ Insgesamt wurden 24 Erzproben analysiert, aufgrund der unzureichenden Analysequalität der beiden Proben aus Martegnas (3853-MA) und Falotta 1 (3177-F1), finden im Folgenden jedoch nur 22 Proben Berücksichtigung.

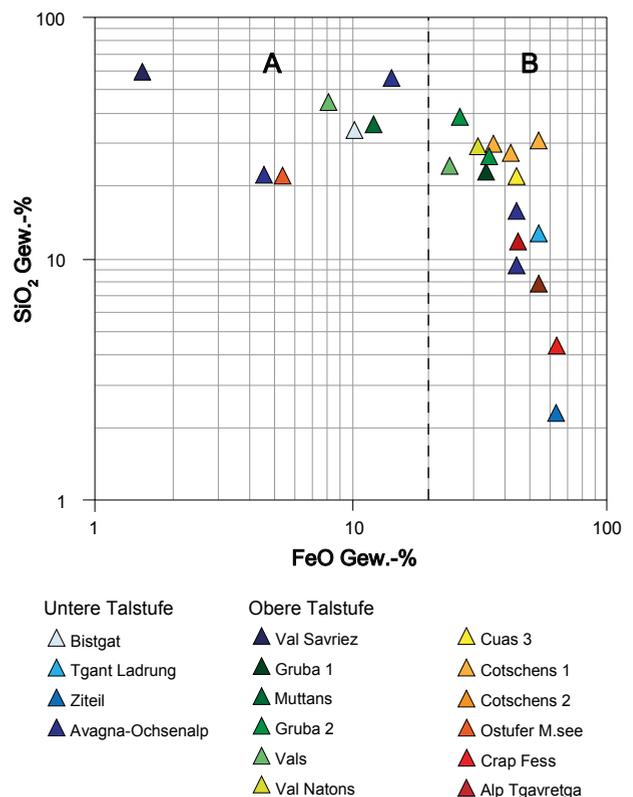


Abb. 4.10: Darstellung der Hauptkomponenten der untersuchten Erzproben in einem FeO-SiO₂-Diagramm: Die Erzproben aus Serpentin-Sequenzen zeigen – mit Ausnahme der stark verwitterten Probe 3175-MU sowie der kaum erhaltigen Probe 4425-B – einen FeO-Gehalt von mehr als 25 Gew.-% (B). Bis auf drei sehr erz- und daher auch eisenreiche Proben aus Avagna-Ochsenalp (4426-AO; 4428-AO) und Vals (4423-V) weisen sämtliche Proben aus den Metabasalten hingegen einen sehr geringen FeO-Anteil von deutlich unter 20 Gew.-% bei gleichzeitig hohem SiO₂-Anteil von über 20 Gew.-% (A) auf. Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

dem Oberhalbstein von 37,5–42,4 Gew.-% (Dietrich, 1972, S. 61). Höchstwerte von über 45 Gew.-% wurden dementsprechend in Proben aus Lokalitäten mit anderem, stärker SiO₂-haltigem Nebengestein (Metabasalt) gemessen. Für die Probe 4427-AO lässt sich außerdem sowohl mikroskopisch als auch mittels XRD Quarz als Gangart nachweisen, was den vergleichsweise hohen Wert von 57,1 Gew.-% plausibel erklärt.

FeO

Bei einer ganzen Reihe von Proben ist der SiO₂-Gehalt zwar hoch, jedoch (geringfügig) niedriger als der FeO-Anteil. In den restlichen Analysen schlug SiO₂ nur gerade mit 2,3–16,0 Gew.-% zu Buche. In diesen Proben sind dementsprechend sehr viel höhere Gehalte an FeO³⁰⁹ nachzuweisen, was mit einem größeren Erzanteil der Proben – angezeigt durch hohe Gehalte an S – und einem demzufolge geringeren Nebengesteinsanteil zu erklären ist. Dass dieser Erzgehalt aber in der Regel nur untergeordnet aus kupferführenden Mineralen besteht, zeigen die teilweise geringen Cu-Gehalte im einstelligen bzw. Sub-Prozent-Bereich. Es handelt sich makro- und mikroskopischen Untersuchungen zufolge primär um Eisensulfide und Eisenoxide wie Pyrit, Pyrrhotin und Magnetit. Die Anteile an SiO₂ und FeO enthalten aber auch Hinweise auf das jeweilige Nebengestein: Proben mit einem FeO-Gehalt von weniger als 25 Gew.-% liegen fast ausschließlich aus Lokalitäten im Metabasalt vor.

MgO

Neben SiO₂ und FeO ist MgO für das Oberhalbstein wichtigstes gesteinsbildendes Oxid. Ein durchschnittlicher Serpentin – unabhängig davon, ob es sich um einen Maschen- oder Gitterserpentin handelt – enthält zwischen 34 und 40 Gew.-% MgO. Der MgO-Gehalt einer Probe kann demzufolge als Indikator für den Anteil an Serpentin-Mineralen betrachtet werden. Die mit um 30 Gew.-% mit Abstand höchsten MgO-Gehalte weisen die Proben von Bistgat und Muttans auf. Demnach bestehen diese beiden Handstücke fast ausschließlich aus reinem Lizardit und Klinonchrysoil. Einen deutlich geringeren, mit knapp 10 bis gut 20 Gew.-% aber dennoch vergleichsweise hohen MgO-Anteil weisen außerdem die Proben von Tgant Ladrung, Cotschens 1 sowie Gruba 1 und 2 auf, die demzufolge ebenfalls zu einem großen Teil aus Serpentinmineralen bestehen. An den übrigen Lokalitäten lässt sich lediglich ein sehr geringer MgO-Gehalt von wenigen Gewichtsprozent nachweisen und damit indirekt auch ein untergeordneter Serpentin-Anteil (z.B. Reicherze) resp. ein anderes, weniger Mg-reiches Nebengestein (Metabasalt) vermuten (Abb. 4.11).

³⁰⁹ 43,6–62,5 Gew.-%.

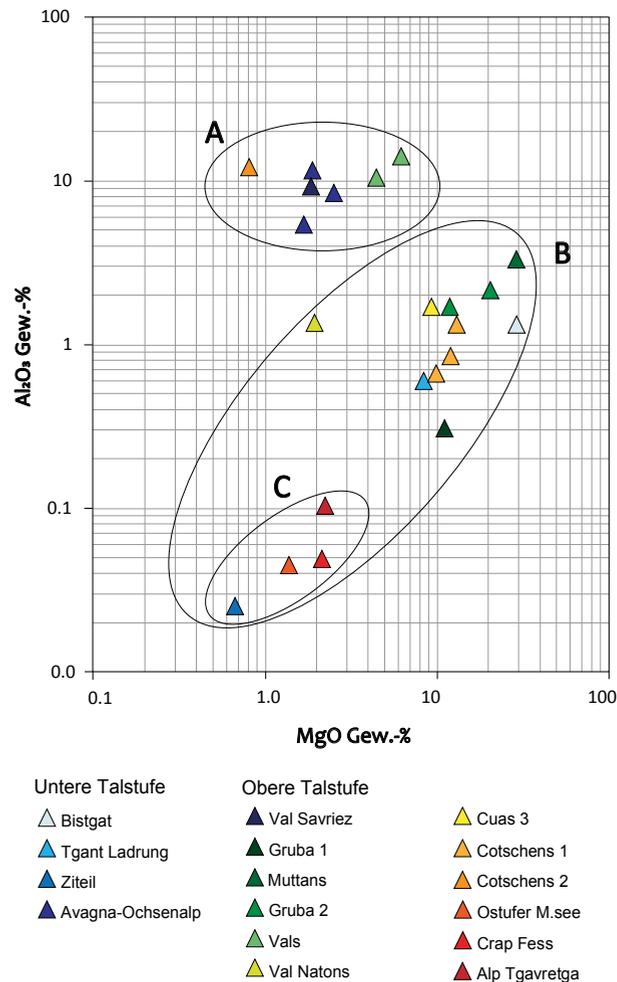


Abb. 4.11: Darstellung der Nebenkomponenten der untersuchten Erzproben in einem MgO-Al₂O₃-Diagramm: Anhand ihrer MgO- bzw. Al₂O₃-Anteile lassen sich die Proben aus Serpentin- (B) und Metabasalt-Sequenzen (A) deutlich voneinander unterscheiden. Mit insgesamt weniger als 5 Gew.-% MgO+Al₂O₃ ist innerhalb der Serpentin-Gruppe für die Proben von der Alp Tgavretga (4430-AT), vom Crap Fess (4432-CF), vom Ostufer Marmoreraasee (4434-OM), aus der Val Natons (4435-VN) und aus Ziteil (4436-Z) generell ein sehr geringer Nebengesteinsanteil (C) anzunehmen. Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

CaO

Einen auffallend hohen CaO-Anteil von 23,27 Gew.-% weist die Erzprobe aus der Val Natons auf. Dies sowie der – trotz eher geringer S- und Cu-Gehalte – relativ hohe FeO-Anteil lassen sich durch das Ca- und Fe-reiche Kluftmineral Andradit erklären. Dieses Mineral konnte nur noch an einer weiteren Lokalität festgestellt werden, am Crap Fess, wo dementsprechend ebenfalls zumindest leicht erhöhte CaO-Gehalte von 5,43 Gew.-% nachweisbar sind. Auch für den vergleichsweise hohen CaO- und den damit korrelierenden Al₂O₃-Gehalt in der Probe von Cotschens 2 (19 Gew.-%) dürfte ein Kluftmineral der

Granat-Gruppe (Grossular) verantwortlich sein. Deutlich tiefer, aber dennoch vergleichsweise erhöht sind die CaO-Anteile in den Erzproben aus der Val Savriez (9,54 Gew.-%) und Vals (8,37–9,71 Gew.-%), was zumindest bei Letzteren auf die beiden Nebengesteinskomponenten Magnesiohornblende und Aktinolith zurückzuführen ist.

Alle übrigen Erzproben weisen einen niedrigen CaO-Anteil auf, der in der Gangart resp. in Kluftmineralen enthalten sein dürfte, da nicht vererzter Serpentin in der Regel kein CaO enthält (Dietrich, 1972, S. 61).

Al_2O_3

Nur an wenigen Lokalitäten – Vals, Cotschens 2, Val Savriez und Avagna-Ochsenalp – lassen sich relevante Anteile von Al_2O_3 nachweisen (5,27–13,9 Gew.-%), was wenig überraschend, da in den betreffenden Proben jeweils Klinochlor als Al-haltiges Nebengesteinsmineral vorliegt. Der Al_2O_3 -Gehalt in den restlichen Erzproben ist mit 0,02–3,03 Gew.-% sehr gering, was auf das fast vollständige Fehlen Al-haltiger Nebengesteinsminerale zurückzuführen ist (Abb. 4.11).

S

Die Analysen zeigen eine deutliche Segmentierung in S-reiche (>20 Gew.-%) und S-arme (<10 Gew.-%) Proben. Einzig einige wenige Proben aus Cuas 3, Gruba 1 und Cotschens 2 liegen mit 10,1–12,2 Gew.-% im Mittelfeld. Der S-Gehalt dient als Indikator für den sulfidischen Erzgehalt innerhalb einer Probe, wovon im Oberhalbstein in der Regel nur ein Teil auf Cu-haltige Sulfide entfällt. Eine Reihe von Analysen weisen allerdings einen ähnlichen S- und Cu-Gehalt auf, beispielsweise für die Probe 4423-V aus Vals: Hier ist bei einem Cu-Gehalt von gut 6 Gew.-% ein S-Gehalt von 6,61 Gew.-% zu beobachten. Der in dieser Probe vorhandene Schwefel muss also praktisch vollständig als Chalkopyrit vorliegen. Diese Beobachtung stimmt mit den Resultaten der Mikroskopie und Röntgendiffraktometrie überein – bei beiden konnte neben viel Chalkopyrit lediglich (wenig reliktscher) Pyrit identifiziert werden. Ähnlich präsentiert sich die Situation bei einer Reihe weiterer Proben, vorwiegend im Bereich geringer Cu-Gehalte. In einigen Fällen übersteigt der Cu-gehalt sogar, was in der Regel durch das Auftreten oxidischer Cu-Sekundärminerale oder kupferreicherer Sulfide wie Bornit und Chalkosin erklärt werden kann.

Hohe S-Gehalte von über 20 Gew.-% stehen regelmäßig einem viel geringeren Cu-Gehalt gegenüber, sind aber gleichzeitig mit sehr hohen FeO-Gehalten verbunden. Schwefel liegt in diesen Fällen also jeweils primär in Form von Eisensulfiden wie Pyrit oder Pyrrhotin vor, etwa in Probe 4428-AO von Avagna-Ochsenalp: Hier stehen 43,8 Gew.-% FeO und 26,8 Gew.-% S einem sehr geringen Cu-Gehalt von knapp 1 Gew.-% gegenüber. Das

dominierende Erzmineral ist gemäß optischer Mikroskopie denn auch Pyrit mit einem sehr geringen Anteil an Chalkopyrit.

Cu

Kupfer ist zwar in allen analysierten Proben nachweisbar, jedoch in stark variierender Konzentration – vom Spurenelement bis zur Hauptkomponente. Die erarbeitete Probenreihe erfüllt damit zwar ihren primären Zweck, Cu-haltige Mineralisationen im Oberhalbstein nachzuweisen und grundsätzlich zu charakterisieren. Die Analyseresultate dürfen jedoch keinesfalls für eine quantitative Beurteilung der einzelnen Ausbisse herangezogen werden. Auf der Grundlage der vorliegenden Analysen müsste die Mehrheit der Vererzungen – aus prähistorischer Perspektive – als nicht bauwürdig eingestuft werden.

Relevante Cu-Gehalte im höheren ein- bis zweistelligen Gewichtsprozent-Bereich konnten lediglich für einige wenige Vererzungen nachgewiesen werden, für die qualitativ gutes Probenmaterial mit geringem Nebengesteins-Anteil zur Verfügung stand. Den mit knapp 30 Gew.-% mit Abstand höchsten Cu-Gehalt weist – wenig überraschend – die Probe der Bornit-Chalkosin-Vererzung Cotschens 2 auf.

Vor diesem Hintergrund dürfte also die vorgenommene qualitative Untersuchung der einzelnen Vererzungen anhand optischer Mikroskopie und Röntgendiffraktometrie für eine Beurteilung des grundsätzlichen mineralogischen Potentials resp. für die Rekonstruktion eines Näherungswertes der erzmineralogischen Voraussetzungen als Grundlage für die Prozessrekonstruktion eine größere Aussagekraft besitzen als die pauschalchemische Quantifizierung des Kupfergehalts.

Spurenelemente

Eine ganze Reihe der gemessenen Spurenelementkonzentrationen kann für das vorliegende Untersuchungsgebiet mit Blick auf herkunftsanalytische Fragestellungen als vernachlässigbar eingestuft werden. So hat sich etwa gezeigt, dass die fast ausschließlich im einstelligen ppm-Bereich liegenden Werte für Pb, U, Sb, Ag, Sn, Te und Bi sowie die weitgehend unauffälligen Se-Werte für die Dateninterpretation von geringer Relevanz sind und daher zwar vorgelegt, im Folgenden aber nicht detailliert besprochen werden (Tab. 4.6).

Entgegen der üblichen Praxis wurden die Spurenelemente für die folgende Diskussion nicht in Relation zu den Kupfergehalten normalisiert, da dieser in einem Großteil der Proben für eine entsprechende Umrechnung zu gering ist. So würde etwa für Probe 4434-OM mit 2,23 % Kupfer ein normierter Ni-Gehalt von 11,65 Gew.-% resultieren, was den tatsächlichen Verhältnissen wohl kaum entspricht. Hinzu kommt, dass insbesondere den teilweise in beträchtlichen Quantitäten vorliegenden

	Lokalität	V.-Nr.	Probe	Cr	Co	Ni	Pb	U	As	Sb	Ag	Sn	Te	Bi	Se
Untere Talstufe	Bistgat	2	4425-B	1300	240	1800	4	0,1	15	2,3	<0,3	1,6	1,2	<0,1	<10
	Tgant Ladrung	1	4431-TL	1700	4200	1800	15	0,1	60	1,9	<0,3	<1	1,2	<0,1	80
	Ziteil	29	4436-Z	1	2500	1500	25	0,1	140	0,5	6,1	1,1	1,5	0,4	<10
	Avagna-Ochsenalp	4	4426-AO	5	400	<5	1,3	2,2	70	11,1	<0,3	5,7	2,3	0,2	15
4427-AO			7	15	<5	70	2,0	100	<0,5	3,8	5,0	2,8	0,4	55	
4428-AO			7	1500	<5	5	2,4	15	1,4	1,0	1,4	1,9	0,2	20	
Obere Talstufe	Val Savriez	33	3176-VS	160	15	200	15	0,2	4	3,8	6,7	2,9	15	0,6	25
	Gruba 1	5	4424-G1	30	850	5100	7	0,1	15	2,2	6,2	1,7	1,9	1,1	<10
	Muttans	11	3175-MU	1700	100	460	4,2	<0,01	4	3,4	0,6	1,9	2,8	0,4	5
	Gruba 2	31	3178-G2	3000	160	1800	1,7	0,01	4	3,5	<0,5	1,6	3,0	0,4	15
			4241-G2	1844	286	1717	5,0	0,1	11	<1	2,1	2,7	1,7	0,2	1
	Vals	30	4422-V	250	55	180	3	0,5	30	1,0	1,8	3,5	1,5	0,2	<10
			4423-V	150	70	110	15	0,3	270	<0,5	16,3	7,7	2,2	0,4	100
	Val Natons	14	4435-VN	75	10	35	3	0,1	9	<0,5	1,2	4,1	1,1	0,1	40
	Cuas 3	35	3179-CU	1800	467	750	2,6	<0,01	4	3,4	1,0	1,3	3,2	0,4	15
			4048-C1	2200	400	1200	<3,5	0,02	6	0,6	0,5	<2	<2	0,1	<10
	Cotschens 1	10	4429-C1	1600	30	240	5	0,1	4	3,5	3,8	3,2	1,3	0,1	<10
			4433-C1	1400	70	490	5	0,1	4	1,6	7,8	3,3	1,2	0,1	<10
			4046-C2	10	40	50	15	0,0	8	0,9	60	8,7	4,1	<0,1	80
	Cotschens 2	23	4046-C2	10	40	50	15	0,0	8	0,9	60	8,7	4,1	<0,1	80
Ostufer Marmorerasee	12	4434-OM	5	1100	2600	2	0,1	4	0,9	3,7	1,4	1,2	0,1	<10	
Crap Fess	16	4432-CF	35	2400	840	5	1,2	10	2,7	6,3	1,4	1,3	0,2	35	
Alp Tgavretga	19	4430-AT	<3	2200	5900	4	0,1	4	2,9	3,9	1,2	1,4	0,3	10	

Tab. 4.6: Chemische Pauschalanalysen mittels ICP-MS an Erzproben aus dem Oberhalbstein. Spurenelemente in ppm. Alle Proben wurden im Forschungslabor des DBM gemessen.

Eisensulfidanteilen eine große Bedeutung als Spurenelementträger zukommt.

Cr

Chromspinelle treten bei allen Serpentiniten, Ophikalziten und Ophidolomiten im Oberhalbstein als Nebengemengeanteil auf und sind gemäß V. Dietrich (1972, S. 83) sogar häufigster Nebengemengeanteil. Die direkte Korrelation von erhöhten MgO- und Cr-Gehalten erhärten den Verdacht, dass der Cr-Spurenelementgehalt nicht an ein Erzmineral, sondern an das MgO-reiche Nebengestein gebunden ist: Mit einer einzigen Ausnahme³¹⁰ zeigen alle Erzproben mit einem Gehalt von mehr als 10 Gew.-% MgO einen deutlich erhöhten, vierstelligen Cr-Anteil von bis zu 3300 ppm. In allen übrigen Proben fallen die Cr-Anteile mit weniger als 100 ppm vergleichsweise gering aus. Nur für Vals und die Val Savriez sind – trotz MgO-Werten von unter 10 Gew.-% – geringfügig höhere Cr-Anteile festzustellen, die mit einiger Wahrscheinlichkeit auf das Nebengestein aus Pillowlava zurückzuführen sind.³¹¹ In den Proben von Avagna-Ochsenalp, in denen ebenfalls Metabasalt als Nebengestein identifiziert wurde, liegen die Cr-Gehalte hingegen im einstelligen ppm-Bereich. Hier scheint also keine Cr-Verunreinigung des Klinochlors vorzuliegen.

³¹⁰ 4424-G1: 12,9 Gew.-% MgO, 30 ppm Cr.

³¹¹ Cr ist mit 100–300 ppm häufigstes Spurenelement in den Metabasalten der Platta-Decke (Peters und Dietrich, 2008, S. 41).

Co

Die Erzproben zeigen eine noch markantere Segregation in sehr Co-reiche Lokalitäten mit über 1000 ppm Co und solche mit einem sehr geringen Co-Gehalt von 100 ppm und weniger. Nur einige wenige Proben weisen einen mittleren Co-Gehalt von wenigen hundert Millionstel auf. Die direkte Korrelation zwischen erhöhten Co- und FeO- resp. S-Gehalten deutet darauf hin, dass Co als Bestandteil eines Eisensulfids vorliegt. V. Dietrich (1972, S. 22) geht, etwa für Tgant Ladrung, davon aus, dass Co und Ni größtenteils in Pyrit gebunden vorliegen. Ein ähnliches Szenario ist für die Proben von Ziteil, Crap Fess, Avagna-Ochsenalp und Bistgat denkbar, wo der mineralogische Nachweis von Pyrit mit sehr hohen Co-Gehalten korreliert. Für fast alle diese Lokalitäten sowie die drei Proben³¹² mit hohen Co-Anteilen bei fehlendem Pyrit-Nachweis kommt aber auch Pentlandit als Co-Lieferant in Frage.³¹³ Gemäß V. Dietrich liegt Ni- und Co-haltiger Pentlandit in allen Serpentiniten sowie in den meisten Vererzungen der mittleren und südlichen Gruppe des Oberhalbsteins als Nebengemengeanteil vor.³¹⁴ Dies gilt

³¹² 4430-AT, 4434-OM, 4424-G1.

³¹³ Einzig für die Probe von Avagna-Ochsenalp (4428-AO) ist diese Möglichkeit in Anbetracht eines Ni-Gehaltes unter der Nachweisgrenze auszuschließen. Dass hier Co tatsächlich an Pyrit gebunden vorliegen dürfte, legt Probe 4427-AO nahe: Im Gegensatz zu den Proben 4426-AO und 4428-AO enthält sie kaum Co und – als einzige der drei Proben – keinen Pyrit.

³¹⁴ Gruba 1, Cotschens 1, Alp Tgavretga (untersucht); Cuas, Val Starschagns, Muttans, Sur al Cant-Fuorclia, Curt Eta, Sur al Cant, Lunghinpass (nicht untersucht).

im Besonderen auch für die Mineralisation von Gruba 1, in der Pentlandit bereits bei einer Voruntersuchung 2013 durch Martinek und Mehofer (2014) mittels Rasterelektronenmikroskopie nachgewiesen werden konnte. Daneben dürfte auch Linneit, den V. Dietrich an fünf Lokalitäten³¹⁵ identifiziert hat, als Co-Träger fungieren (Dietrich, 1972, S. 94-95).

Ni

Auch hinsichtlich Ni-Gehalt lässt sich eine relativ deutliche Segmentierung der Proben in eine Ni-reiche Gruppe mit 1200–5900 ppm, ein kleines Mittelfeld mit 460–840 ppm Ni und eine Ni-arme Gruppe mit weniger als 250 ppm unterteilen. Analog zu Co, dürfte auch Ni primär als Pyrit- resp. Pyrrhotin-Verunreinigung oder in Form von Bravoiit-Pentlandit-Aggregaten vorliegen (Dietrich 1972, S. 27). Letzterer kann gemäß V. Dietrich (1972, S. 92) für die Serpentine des Oberhalbsteins mit einiger Wahrscheinlichkeit als eigentlicher Ni-Träger angesprochen werden. Es ist daher wenig überraschend, dass alle Co-reichen Lokalitäten mit einer Ausnahme³¹⁶ – auch deutlich erhöhte Ni-Gehalte aufweisen, wenn auch in unterschiedlich proportionalen Verhältnissen (Abb. 4.12). Ein weiterer möglicher Ni-Lieferant ist das sulfidische Nickel-Erz Millerit, das V. Dietrich im Oberhalbstein nur an einer einzigen Lokalität, Muttans, nachweisen konnte. Dieser Befund ließ sich anhand der hier analysierten Einzelprobe aus Muttans zwar nicht bestätigen, wird für die Diskussion weiter unten (s. Kapitel 4.5.1) aber noch von Interesse sein. Für eine sichere Identifizierung der jeweiligen Co- und Ni-Träger innerhalb der einzelnen Vererzungen resp. Proben wären aber natürlich systematische Analysen an der Mikrosonde angebracht.

As

Bei allen untersuchten Proben fallen die As-Werte generell sehr gering aus. Lediglich in zwei Fällen konnten As-Gehalte von mehr als 100 ppm ermittelt werden. Für den höchsten gemessenen As-Gehalt in einer Probe von Vals (4423-V) dürfte mit einiger Wahrscheinlichkeit der bereits bei Voruntersuchungen in geringer Konzentration innerhalb des Chalkopyrits detektierte Cobaltit verantwortlich sein (Martinek und Mehofer, 2014). Alle übrigen Proben weisen einen unauffälligen, sehr geringen As-Gehalt von 100 ppm und weniger auf.

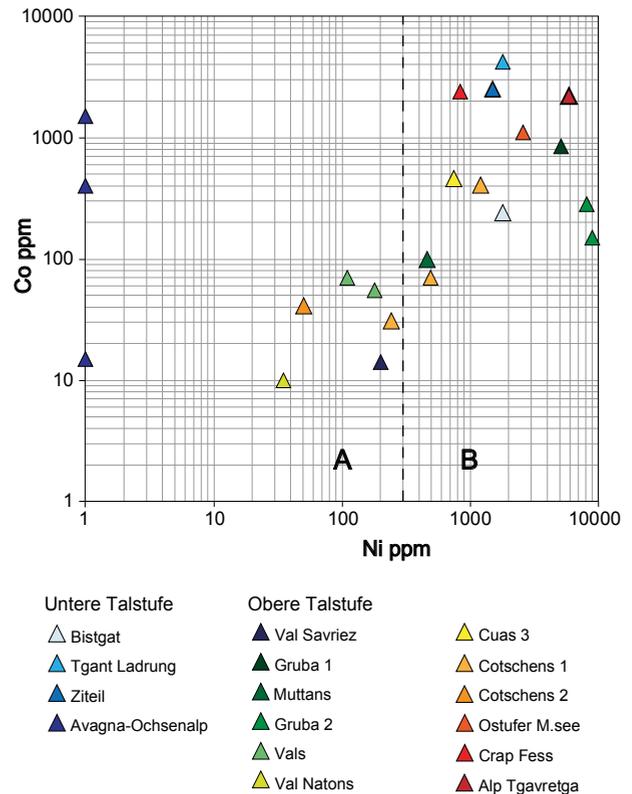


Abb. 4.12: Darstellung der Spurenelementkonzentrationen in den untersuchten Erzproben anhand eines Ni-Co-Diagramms: Die Erzproben aus Metabasalt- und Serpentin-Sequenzen unterscheiden sich hinsichtlich ihres Ni-Gehaltes deutlich: Während erstere mit weniger als 300 ppm kaum Ni und zumeist auch etwas weniger Co enthalten (A), zeichnen sich letztere – mit Ausnahme einer der drei Proben aus Cotschens 1 (4429-C1) und derjenigen aus der Val Natons (4435-VN) – durch erhöhte Ni-Werte von bis zu 5900 ppm aus (B). Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

4.2.3 Zusammenfassung: analytische Untersuchungen an Erzen

Insgesamt wurden für die vorliegende Untersuchung 28 Erzproben von 18 Lokalitäten untersucht. Die mineralogische Ansprache der Erz- und Nebengesteinsminerale erfolgte mithilfe der erzmikroskopischen Untersuchung polierter Anschliffe sowie anhand von XRD-Analysen. Für 22 Proben wurde außerdem die genaue geochemische Zusammensetzung mittels LA-ICP-MS ermittelt. Die Untersuchungen basieren ausschließlich auf selbst im Gelände geborgenen Handstücken. Auf dieser Grundlage gelang mit einer Ausnahme³¹⁷ für alle Lokalitäten grundsätzlich der Nachweis kupferhaltiger Erzminerale – teilweise allerdings nur in sehr geringer Konzentration. Es handelt sich bei den untersuchten Vererzungen ausschließlich um sulfidische, meist sehr eisenreiche

³¹⁵ Cotschens 1, Alp Tgavretga (untersucht); Muttans, Sur al Cant, Curt Eta (nicht untersucht).

³¹⁶ Probe 4428-AO aus Avagna-Ochsenalp (<5 ppm Ni; 1500 ppm Co), vgl. Fußnote 313.

³¹⁷ Bei der Vererzung in Martegnas (28) handelt es sich um keine Kupfervererzung, sondern um eine Ni-Hydrosilikat-Imprägnation (vgl. S. 132).

Kupfermineralisationen, die sich in zwei Hauptgruppen unterteilen lassen:

1. Die überwiegende Mehrheit der untersuchten Vererzungen³¹⁸ liegt in den Oberhalbsteiner Serpentiniten der Platta-Decke – entweder in Maschenserpentinit (Lizardit, Chrysotil) oder in Gitterserpentinit (Antigorit). Die Vererzungen weisen einen reichhaltigen Erzmineralbestand auf, der sich jeweils aus den Hauptkomponenten Pyrrhotin bzw. Pyrit, Magnetit und Chalkopyrit zusammensetzt. Die heute zugänglichen Ausbisse dieser ersten Gruppe präsentieren sich mit wenigen Ausnahmen relativ arm. Das Erz ist häufig lediglich in Form fein verteilter Äderchen und Agglomerate vorhanden, reichere Ausbisse oder Handstücke finden sich nur an wenigen Lokalitäten. Die sulfidischen Mineralisationen sind oftmals mit Kluftmineralen wie Aktinolith, Andradit oder Ilvait vergesellschaftet; eine eigentliche Gangart ließ sich jedoch bei keiner Vererzung nachweisen. Die pauschalchemischen Analysen der Proben zeigen häufig erhöhte FeO- und MgO-Gehalte, die sowohl auf das vergleichsweise FeO- und MgO-reiche sowie SiO₂-arme Nebengestein Serpentinit, in Kombination mit hohen S-Anteilen aber auch auf die Dominanz eisenreicher Erzbestandteile zurückzuführen sind. Cr, Co und Ni haben sich als die wichtigsten Spurenelemente erwiesen und zeigen sich regelhaft erhöht. Während Cr im Nebengestein in Form von Chromspinell enthalten ist, dürften Co und Ni an die häufig vorkommenden Eisensulfide Pyrit und Pyrrhotin sowie an Pentlandit gebunden vorliegen.
2. Die zweite Gruppe umfasst fünf Lokalitäten³¹⁹ und zeichnet sich sowohl durch ein divergierendes Nebengestein als auch einen generell einfacheren Mineralbestand aus. Die Vererzungen liegen in den basischen Vulkaniten – sogenannte Metabasalte – der Platta-Decke und bestehen zumeist aus einer einfachen Pyrit-Chalkopyrit-Mineralisation. Eine Ausnahme bildet insbesondere das Vorkommen Cotschens 2 – es handelt sich dabei um eine sehr kupferreiche Bornit-Chalkosin-Vererzung. Generell präsentieren sich die Vererzungen der zweiten Gruppe etwas reicher, teilweise handelt es sich auch um eigentliche kleinere Gangvererzungen. Wichtigstes Nebengesteinsmineral dieser Lokalitäten ist Klinochlor, daneben sind weitere Neben- und Ganggesteinsminerale wie Aktinolith, Albit, Magnesiohornblende und Quarz zu beobachten. Diese schlagen sich – je nach Erzgehalt des Probenmaterials – auch in den geochemischen Analysen nieder. Im Vergleich zu den Erzen der ersten Gruppe weisen die Erzproben aus Metabasalt-Sequenzen insbesondere höhere SiO₂- und Al₂O₃- sowie geringere

MgO-Gehalte aus. Weniger einheitlich präsentieren sich die Spurenelementgehalte, die generell sehr gering ausfallen. Für einzelne Vererzungen sind (leicht) erhöhte Gehalte an Co, As oder Ag festzustellen.

Im Großen und Ganzen lassen sich die Ergebnisse der durchgeführten Analysen in das bereits bekannte, primär auf Untersuchungen im Bereich der Mineralisationen aus der ersten Gruppe basierende Bild der Vererzungen im Oberhalbstein gut einfügen. An einigen Stellen beider Talstufen konnten zudem wichtige zusätzliche Vorkommen beprobt und analysiert werden, die bislang in der Fachliteratur keine oder nur wenig Berücksichtigung fanden.³²⁰ Von besonderem Interesse sind in diesem Zusammenhang die Mineralisationen der zweiten Gruppe, die nicht dem gängigen Bild der Oberhalbsteiner Vererzungen im Serpentinit entsprechen und sich von diesen auch durch ihre chemische Zusammensetzung klar unterscheiden. Welche Bedeutung diese und weitere Erkenntnisse der Erzanalytik für die Rekonstruktion der Prozesstechnologie, die Verknüpfung von Schmelzplätzen und Erzvorkommen sowie für die Frage nach der geochemischen Signatur des im Oberhalbstein produzierten Kupfers hat, wird in den folgenden (Unter-)Kapiteln diskutiert.

4.3 Analytische Untersuchungen an Schlacken

Im Gegensatz zu den Vererzungen wurden die prähistorischen Verhüttungsschlacken des Oberhalbsteins bislang nicht systematisch untersucht. Es liegen lediglich einzelne Analysen und erste Resultate aus den 1980er und 1990er Jahren vor (Fasnacht, 1991; Giger, 1984). Diesem Forschungsstand steht eine regelrechte Fülle an Untersuchungen und Analyseergebnissen aus den bronzezeitlichen Montanrevieren der südlich, östlich und westlich angrenzenden Alpenregionen gegenüber³²¹, was einerseits die hiesige Forschungslücke noch stärker verdeutlicht, gleichzeitig aber auch eine gute Grundlage und Referenz für eine systematische Untersuchung bildet.

³²⁰ Bistgat, Ziteil, Val Natons, Falotta 1, Val Savriez.

³²¹ Westalpen: Bourgarit, 2009; Bourgarit, et al., 2008. Unterinntal: Goldenberg, 2014; Martinek und Sydow, 2004. Mitterberg: Metten, 2003; Viertler, 2011. Kitzbühel: Koch Waldner, 2017; Krismar, et al., 2012a. Steiermark: Doonan, 1996; Kraus, 2014. Niederösterreich: Haubner, Strobl und Trebsche, 2019; Larreina-Garcia, Cech und Rehren, 2015. Südtirol: Koch Waldner, Mehofer und Bode, 2021. Trentino: Addis, 2013; Addis, et al., 2016; Addis, Angelini und Artioli, 2017; Hohlmann, Hauptmann und Schröder, 2004; Metten, 2003. Veltlin: Cucini, et al., 2012. Weitere Untersuchungen befinden sich in Bearbeitung: E. Hanning (Mitterberg), E. Silvestri (Trentino, vgl. Silvestri, Bellintani und Hauptmann, 2019). Diese Aufzählung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und beschränkt sich auf jüngere Untersuchungen zu Verhüttungsschlacken aus der Bronze- und Eisenzeit im Alpenraum.

³¹⁸ Von Norden nach Süden: Bistgat, Tgant Ladrung, Ziteil, Gruba 1 und 2, Muttans, Val Natons, Cuas 3, Cotschens 1, Ostufer Marmorerassee, Crap Fess, Alp Tgavretga.

³¹⁹ Von Norden nach Süden: Avagna-Ochsenalp, Falotta 1, Val Savriez, Vals, Cotschens 2.

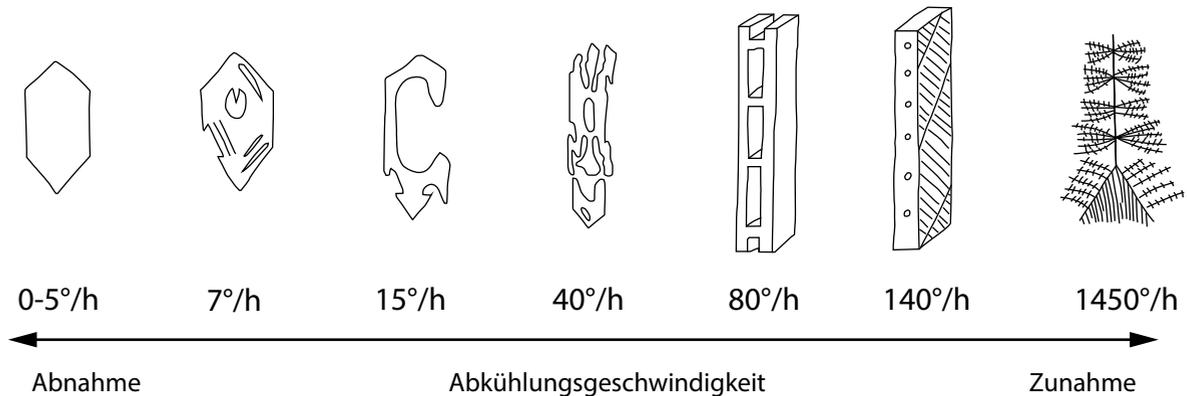


Abb. 4.13: Morphologie der Olivinkristalle in Abhängigkeit der Abkühlungsgeschwindigkeit: idiomorphe Kristalle (0,5 °C/h); sog. Hopper, teils skelettiert (15 bzw. 40 °C/h); ketten- bzw. nadelförmige Olivine (80 bzw. 300 °C/h); federförmige Olivine (1450 °C/h). Abbildung nach Ettlér, et al., 2009, S. 1004 und Donaldson, 1976, S. 199.

Es war denn auch von Beginn an klar, dass die montanarchäologische Erforschung des Oberhalbsteins zwingend mit einer archäometallurgischen Untersuchung der Prozessrelikte einhergehen muss. Dem internationalen Projektrahmen ist es zu verdanken, dass die notwendigen Analysen im Forschungslabor des Deutschen Bergbau-Museums Bochum durchgeführt und in enger Zusammenarbeit mit den dortigen Fachkolleginnen und Fachkollegen ausgewertet werden konnte, um nicht «nur» eine multidisziplinäre, sondern eine eigentliche transdisziplinäre Bearbeitung der Fragestellung zu gewährleisten. Die Montanarchäologie und die Archäometallurgie arbeiten vielerorts zwar bereits seit Jahrzehnten Hand in Hand, tatsächlich integrative Ansätze bleiben aber weiterhin die Ausnahme.

Insgesamt wurden 55 Schlackenfragmente von sieben verschiedenen Verhüttungsplätzen sowie 5 Proben aus den beiden urgeschichtlichen Siedlungen Padnal und Motta Vallac untersucht (vgl. Tab. 4.2).

Da die vorliegende Arbeit eben gerade nicht ausschließlich auf eine mineralogische Untersuchung und Diskussion der Schlacken abzielt, wird hier lediglich eine grobe Charakterisierung der mittels Auf- und Durchlichtmikroskopie sowie Röntgendiffraktometrie untersuchten Proben vorgelegt. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Morphologie, der während des Verhüttungsprozesses resp. der Abkühlung neu ausgebildeten Schlackenphasen³²² sowie den Metall- und Sulfideinschlüssen, die Hinweise auf die Prozessatmosphäre und Abkühlungsraten bzw. das produzierte (Zwischen-)Produkt liefern.

³²² Streng genommen sind metallurgisch gebildete und damit anthropogene Phasen nicht als Minerale anzusprechen. Im Folgenden wird dieser Begriffe ebenso wie entsprechende Mineral-Bezeichnungen (Olivin, Magnetit etc.) gemäß der üblichen Praxis in diesem Forschungsfeld aber dennoch verwendet (vgl. Bachmann, 1982, S. 13), zumal der Übergang zwischen natürlichen und anthropogenen Phasen während des Schmelzprozesses sprichwörtlich fließend ist und eine Unterscheidung von natürlichen und anthropogenen Phasen in vielen Fällen nicht mit Sicherheit möglich ist.

Ergänzend werden – in Anlehnung an den seit Jahrzehnten laufenden Diskurs zum urgeschichtlichen Verhüttungsprozess im Alpenraum – einzelne prozessrelevante Beobachtungen herausgegriffen und diskutiert.

Analog zu den Erzen wurden auch die Schlackenproben mittels ICP-MS analysiert. Die so ermittelte pauschalchemische Zusammensetzung der Verhüttungsschlacken bildet einerseits die Basis für einen Vergleich der Fundstellen untereinander sowie für die Überprüfung der oben vorgeschlagenen Schlackentypologie. Andererseits soll später nach Möglichkeit aber auch eine Verknüpfung zwischen den einzelnen Fundstellen und als Rohstofflieferant in Frage kommenden Vererzungen geprüft werden.

4.3.1 Mineralbestand und Gefüge

Im Allgemeinen sind die untersuchten Schlacken als eisensilikatreiche Schmelzen mit dem Hauptbestandteil Fayalit anzusprechen. **Fayalit** ist ein mehrheitlich «anthropogenes» Eisensilikat, das in Schlacken unterschiedlicher Metallurgieprozesse und Zeitstellung sehr häufig zu beobachten ist. Das Eisensilikat kann auch Kalzium- und Magnesiumanteile enthalten, allgemein werden diese Phasen als Olivine bezeichnet. Der Einfachheit halber wird hier für diese Phasen im Folgenden jedoch zusammenfassend der Begriff Fayalit verwendet. Einzig dort, wo anstelle anderer Olivine magnesiumreicher Forsterit explizit nachweisbar ist, wird dieser entsprechend ausgewiesen.

Die Morphologie der Fayalit-Kristalle liefert Hinweise auf die Abkühlungsgeschwindigkeit einer Schmelze und ist somit ein wichtiger Indikator für die prozesstechnologisch relevante Frage nach dem Auskühlungs- und Erstarrungsmilieu der verschiedenen Schlackentypen (Abb. 4.13). Dieser Aspekt wird in einem separaten Unterkapitel (s. S. 155-157) diskutiert.

Die Morphologie anderer Phasen wird vereinfachend mit den Begriffen idiomorph, hypidiomorph und xenomorph beschrieben, die sich auf den Grad der Auskristallisation einer Phase in Abhängigkeit des zur Verfügung stehenden Platzes beziehen. «Idiomorph» bezeichnet einen ideal geformten Kristall mit klar erkennbaren, gut ausgebildeten Kristalloberflächen, eine «hypidiomorphe» Phase hingegen zeigt nur teilweise erkennbare Kristalloberflächen und eine «xenomorphe» Phase weist gar keine erkennbare Kristalloberfläche und somit auch keine charakteristische Geometrie auf; sie ist amorph.

Neben Fayalit sind **Eisenoxide** in den Verhüttungsschlacken des Oberhalbsteins die häufigsten Schlackenphasen. Auch wenn sich die beiden Eisenoxide Magnetit und Wüstit mineralogisch teilweise nur schwer unterscheiden lassen, werden entsprechende Kristalle im Folgenden vereinfachend als Magnetit angesprochen. Wüstit ist – wie auch Fayalit – eine anthropogene Phase, die sich allerdings unter noch stärker reduzierenden Bedingungen bildet und in der Kupfermetallurgie daher nur selten zu beobachten ist. Wüstit wird häufig in Eisenverhüttungsschlacken nachgewiesen (Kronz, 1997, S. 83). Magnetit bildet sich hingegen bei etwas weniger reduzierenden Bedingungen als Fayalit, eine oxidierende Prozessatmosphäre wird schließlich durch das Eisenoxid Hämatit angezeigt (Hauptmann, 2007). Auf die prozess-technologische Indikation der verschiedenen Schlackenphasen wird ebenfalls in einem separaten Unterkapitel (s. S. 155-157) eingegangen.

Des Weiteren enthält die Schlackenmatrix häufig auch verschiedene **Pyroxene** (Kettensilikate). Hier dominieren die Fe- bzw. Mg-haltigen Klinopyroxene (Ca-haltig) Hedenbergit und Diopsid. Seltener wurden auch Orthopyroxene (Ca-frei) nachgewiesen. Da die Pyroxene in der Regel erst spät aus der Schmelze kristallisieren, sind sie mikroskopisch oft nicht identifizierbar und daher nur mittels Röntgendiffraktometrie bestimmbar. Das Vorhandensein resp. die Zusammensetzung der Pyroxene liefert wichtige Hinweise auf das Nebengestein des Ausgangsmaterials. Daraus abgeleitet lassen sich die Unterschiede zwischen den Fundstellen besonders deutlich an den absoluten CaO- und MgO-Gehalten aufzeigen (s. Kapitel 4.3.2). Untergeordnet sind weitere Minerale an der Schlackenbildung beteiligt, v.a. aus der Mellilith-Gruppe.

Insbesondere in Schlackenkuchen und massiven Schlacken sind in der fayalitischen Schlackenmatrix regelhaft **Einschlüsse** unterschiedlicher Größe zu beobachten. Es handelt sich dabei um nicht oder nur partiell reagierte Chargenbestandteile, sog. Restite. Diese können unterschiedlichen Ursprungs und unterschiedlicher Zusammensetzung sein; in den meisten Fällen handelt es sich allerdings um Quarzbruchstücke oder Magnetitagglomerate³²³.

Häufig lassen sich innerhalb von Restiten sowie teilweise auch in der Schlackenmatrix **Sulfid- und Metalleinschlüsse** beobachten. Es handelt sich dabei um

Reste des Ausgangsmaterials bzw. des produzierten Wertträgers. Die Zusammensetzung größerer Sulfideinschlüsse, die oft in Tropfenform vorliegen, liefert also Hinweise auf das jeweils produzierte (Zwischen-)Produkt. Auch diesem Aspekt wird ein eigenes Unterkapitel (s. S. 158-160) gewidmet.

Eine Liste aller in den untersuchten Schlackenproben nachgewiesenen «Minerale» unter Angabe ihrer chemischen Formel und Abkürzung findet sich in Tab. 4.7.

Untere Talstufe

Stierva, Tiragn (3604)

Die Zusammensetzung der wenigen untersuchten Schlackenproben der Fundstelle Tiragn entsprechen dem üblichen Bild urgeschichtlicher Kupferverhüttungsschlacken: Der beprobte **Schlackenkuchen** (4418-T) weist eine poröse, mit vielen Blasen durchsetzte Matrix aus Fayalit und einer silikatischen Restschmelze auf. Die Fayalitkristalle sind idiomorph bis hopperförmig ausgebildet, in wenigen Bereichen zeigt sich zudem nadelförmiger Fayalit. In der fayalitischen Schmelze sind zahlreiche Restite zu beobachten, bei denen es sich vorwiegend um Quarz handelt, der randlich partiell in seine Hochtemperaturmodifikation Cristobalit³²⁴ umgewandelt wurde.

Fayalit ist ebenfalls Hauptbestandteil der drei untersuchten **Plattenschlacken** (4419-T, 4420-T, 4421-T). In diesen Proben sind die Fayalitkristalle jedoch vorwiegend nadelförmig ausgebildet, seltener auch idiomorph, beispielsweise im Randbereich von Einschlüssen oder Sulfidtropfen. Neben Fayalit sind in allen drei Proben auch Klinopyroxene Bestandteil der Schlackenmatrix. Ein Ca-Überschuss in der silikatischen Schmelze hat demzufolge während des Abkühlungsprozesses teilweise zur Bildung von Klinopyroxen anstelle von Fayalit geführt. Das homogene Gefüge der Plattenschlacken aus langen Fayalitleisten lässt auf eine (fast) vollständige Verflüssigung der Schmelze schließen, die relativ schnell abgekühlt ist. Unter dem Mikroskop lassen sich dennoch vereinzelt die Umrisse von bereits umgewandelten Einschlüssen erkennen. Ein 1,5 cm großer, bereits makroskopisch als Restit erkennbarer Einschluss in Probe 4419-T ist nur randlich rekristallisiert, sodass in seinem Innern Reste einer noch «in situ» befindlichen Chalkopyrit-Pyrrhotin-Magnetit-Vererzung zu erkennen sind (Abb. 4.14). Es handelte sich bei dem Gesteinseinschluss demzufolge um ein Stück des vererzten Ausgangsmaterials.

³²⁴ Die Unterscheidung der beiden Hochtemperaturmodifikationen von Quarz, Cristobalit und Tridymit, ist bisweilen schwierig (vgl. Flörke, 1959), die Bestimmung basiert hier daher jeweils auf den Ergebnissen der XRD-Messung. An einigen wenigen Beispielen lässt sich die entsprechende Bestimmung auch optisch nachvollziehen (vgl. z.B. Abb. 4.18 und 4.27).

³²³ Zur Diskussion über die Magnetitagglomerate vgl. S. 158.

Minerale	Abk.	Chemische Formel
Sulfide		
<i>Kupfersulfide</i>		
Bornit	Bn	Cu_5FeS_4
Chalkopyrit	Ccp	CuFeS_2
Chalkosin	Cc	Cu_2S
Covellin	Cv	CuS
Digenit	Dg	Cu_9S_5
<i>Eisensulfide</i>		
Pyrit	Py	FeS_2
Pyrrhotin	Po	Fe_7S_8
Oxide		
<i>Spinelle</i>		
Hercynit	Hc	$\text{Fe}^{2+}\text{Al}_2\text{O}_4$
Magnetit	Mt	$\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_3\text{O}_4$
<i>Quarzgruppe</i>		
Cristobalit	Crs	SiO_2
Quarz	Qtz	SiO_2
Tridymit	Trd	SiO_2
<i>Andere</i>		
Delafossit	Del	CuFeO_2
Hämatit	Hem	Fe_2O_3
Limonit	Lm	FeCOH
Wüstit	Wus	«FeO»
Carbonate		
Calcit	Cal	CaCO_3
Silikate / Germanate		
<i>Olivine</i>		
Fayalit	Fa	$\text{Fe}^{2+}_2\text{SiO}_4$
Forsterit	Fo	Mg_2SiO_4
<i>Pyroxene</i>		
<i>Klinopyroxene</i>		
Hedenbergit	Hd	$\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$
Diopsid	Di	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$
Melilithe	Mel	$(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{Mg})^{4+}[\text{Si}_2\text{O}_7]$
Äkermanit	Ak	$\text{Ca}_2\text{Mg}^{4+}[\text{Si}_2\text{O}_7]$
Gehlenit	Gh	$\text{Ca}_2(\text{Al},\text{Mg})^{4+}[(\text{Al},\text{Si})\text{SiO}_7]$
<i>Andere</i>		
Anortit	An	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$
Ischorit	Isc	$\text{Fe}^{2+}_5\text{Fe}^{3+}_2\text{SiO}_{10}$

Tab. 4.7: Tabelle der in den untersuchten Erzproben nachgewiesenen Minerale nach mineralogischer Klassifikation. Mineral: gängige deutschsprachige Bezeichnung; Abk.: in Abbildungen verwendete Abkürzung der Mineralbezeichnung.

In allen vier Schlacken der Fundstelle Tiragn finden sich zahlreiche kleinere, sowie einige größere, dispers verteilte Sulfideinschlüsse. Die Mehrheit dieser Einschlüsse setzt sich aus Chalkopyrit, Pyrrhotin und Magnetit zusammen, wobei ein Gemenge aus Chalkopyrit und Pyrrhotin meist durch idiomorphe Magnetit-Würfelnchen umsäumt wird. Oft zeigt sich auch eine eutektische Verwachsung von Pyrrhotin und/oder Chalkopyrit mit

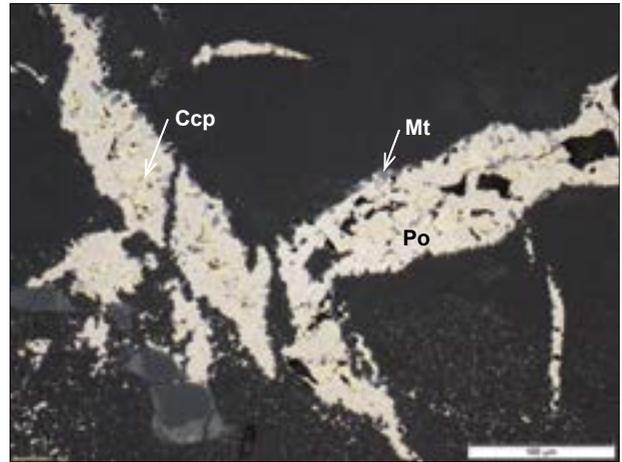


Abb. 4.14: Stierva, Tiragn (3604). Plattenschlacke 4419-T, Auflicht: Noch «in situ» befindliche, kleine Erzader aus Pyrrhotin, Chalkopyrit und Magnetit innerhalb eines nur partiell reagierten Restits. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Magnetit. Seltener lassen sich Pyrrhotin-Bornit-Aggregate in Tropfenform beobachten. In Schrumpfungsrissen dieser Sulfideinschlüsse, die auf eine Volumenverminderung durch Entschwefelung zurückzuführen sind (Hauptmann, 2011, S. 199; Metten, 2003, S. 36), ist teilweise wenig metallisches Kupfer festzustellen.

Riom-Parsonz, Davos Tignas (2544)

Die **Schlackenkuchen** (4967-DT*, 4969-DT, 4973-DT) aus Davos Tignas setzen sich aus einer Schlacken-Matrix, bestehend aus Fayalit und Spinell sowie verschiedenen (Klino-)Pyroxenen und nicht aufgeschmolzenen Chargen-Bestandteilen (Quarz-Restite) zusammen.

Ungewöhnlich ist der Nachweis von Hämatit in einem Schlackenkuchen, was in diesem Fall jedoch damit begründet werden kann, dass es sich bei der betreffenden Probe (4967-DT*) in jeder Hinsicht um einen Sonderfall handelt³²⁵: Nach makroskopisch-typologischen Kriterien wurde das Stück der Kategorie Schlackenkuchen zugeteilt. Bei der mikroskopischen Betrachtung zeigt sich nun aber, dass es sich vielmehr um eine bislang singuläre Sonderform handelt. Die Porosität und die amorphe Grundform entsprechen zwar den üblichen Schlackenkuchen, das Gefüge erinnert aufgrund seiner Homogenität aber eher an eine Plattenschlacke: Im Dünnschliff sind keine Restite erkennbar, die Matrix besteht vorwiegend aus xenomorphem Magnetit oder sogar Hämatit und Klinopyroxen (Diopsid/Hedenbergit) in einer glasigen Schmelze (Abb. 4.15). Die für alle Schlackentypen charakteristischen Fayalite fehlen hingegen vollständig. Auffallend sind außerdem einzelne Delafossit-Partien wie sie sonst vor allem in Schlacken beobachtet werden, die

³²⁵ Diese Probe wird im Folgenden mit einem * gekennzeichnet.

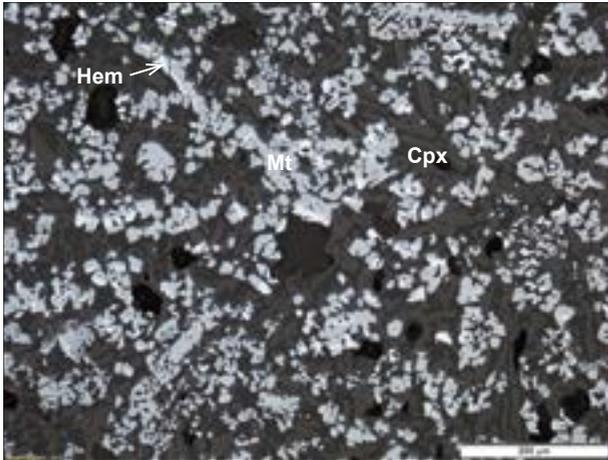


Abb. 4.15: Riom-Parsonz, Davos Tignas (2544). Ofenwandverschlackung, 4419-DT*, Aufsicht: Das Gefüge von Probe 4419-DT* besteht hauptsächlich aus Magnetit und Klinopyroxen. Stellenweise zeigen die hypidiomorphen Magnetite eine Umwandlung in Hämatit, was auf einen steigenden Sauerstoffpartialdruck in der Spätphase der Kristallisation hinweist (vgl. Metten, 2003, S. 48). Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

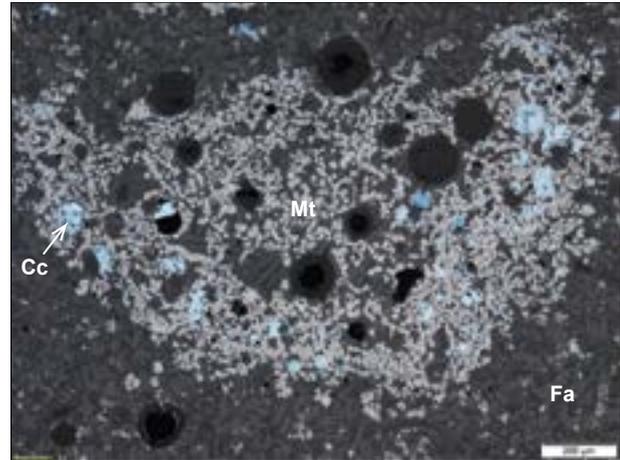


Abb. 4.16: Riom-Parsonz, Davos Tignas (2544). Massive Schlacke, 4974-DT, Aufsicht: Lokales Magnetitagglomerat mit zahlreichen Chalkosin-Tropfen, umgeben von einer Fayalitmatrix. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

unter relativ stark oxidierenden Bedingungen gebildet werden, beispielsweise in frühen Kupferverhüttungsschlacken aus dem Nahen Osten (Hauptmann, 2007, S. 165; S. 171-172; Hauptmann, et al., 1993, S. 559; S. 564-565) oder «furnace conglomerates» in Zypern (Hauptmann 2011, 196). In einem Bereich der Schlacke sind außerdem Ansammlungen kleinster Tropfen metallischen Kupfers sowie kupferreicher Sulfide zu beobachten. Mit sehr großer Wahrscheinlichkeit dürfte es sich bei diesem Stück also nicht um eine Verhüttungsschlacke, sondern ein Fragment der Ofenwandverschlackung handeln, wie ein Vergleich mit Untersuchungen an entsprechendem Material aus dem Trentino oder der Eisenerzer Ramsau zeigen (Kraus, 2014, S. 68; Metten, 2003, S. 55). Bei einer neuerlichen makroskopischen Begutachtung der Restprobe konnten denn auch Einschlüsse von Ofenlehm identifiziert werden, wie sie für Ofenwandverschlackungen typisch sind.³²⁶

Das Gefüge der beiden anderen **Schlacken** entspricht hingegen dem gewohnten Bild: In einer blasig rekristallisierten Schlackenmatrix aus Fayaliten und Spinellen sind zahlreiche Restite sowie Holzkohle-Einschlüsse zu beobachten. Die Fayalite sind überwiegend idiomorph bis hopper-förmig auskristallisiert, am Schlackenrand lassen sich zudem Ansätze nadelförmiger, kettenartig aufgebauter Fayalitkristalle beobachten.

Deutlich ausgeprägte Fayalitnadeln sind ausschließlich im Bereich einiger lokal begrenzter Magnetitagglomerate zu identifizieren. Letztere enthalten jeweils überdurchschnittlich viele, teilweise sehr kupferreiche Sulfide (Abb. 4.16). Auf mögliche Entstehungsszenarien dieser häufig anzutreffenden Magnetitagglomerate wird weiter unten eingegangen. Von diesen Arealen abgesehen, sind

in beiden Schlacken nur sehr wenige, dispers in der Matrix verteilte, kleine Sulfideinschlüsse zu erkennen. Wo diese «Flocken» für eine optische Bestimmung groß genug sind, handelt es sich jeweils um Agglomerate aus Eisensulfiden und -oxiden mit Chalkopyrit, seltener mit Bornit, Digenit, Chalkosin und/oder Covellin.

Die Zusammensetzung der **massiven Schlacken** (4972-DT, 4974-DT) ist mit derjenigen der Schlackenkuochen vergleichbar. Auch sie bestehen hauptsächlich aus Fayalit, Magnetit und verschiedenen Klinopyroxenen. Die beiden Proben unterscheiden sich allerdings in ihrem Gefüge: Während 4972-DT eine sehr homogene, kompakte Matrix aus überwiegend nadelförmigen, teilweise sogar gitterartigen Fayalit zeigt, ist die Schlacke 4974-DT deutlich inhomogener und blasiger rekristallisiert. Letztere enthält gemäß XRD neben den beobachteten Fayaliten (idiomorph bis nadelförmig) und Eisenoxiden außerdem verschiedene Ca-reiche Silikate (Hedenbergit, Diopsid, Äkermanit), die auch in anderen Proben dieser Fundstelle auftauchen und auf einen Ca-Überschuss in der Schmelze resp. im Ausgangsmaterial hinweisen. Für beide Proben gehen weder aus den XRD-Spektren noch aus den Dünnschliffpräparaten Hinweise auf Restite aus Neben- oder Ganggestein hervor: In keiner der beiden Schlacken lassen sich Überreste des Ausgangsmaterials erkennen. Dafür sind auch hier hypido- bis xenomorphe Magnetitagglomerate mit sehr kupferreichen Sulfideinschlüssen sowie Tropfen metallischen Kupfers erkennbar. Diese Magnetitagglomerate sind umgeben von einer Fayalit-Matrix mit deutlich ärmeren Sulfideinschlüssen – sowohl hinsichtlich Kupfergehalt als auch Menge und Größe der Einschlüsse. Einzig im unteren Randbereich der Probe 4972-DT ist ein einzelner, 6 mm × 3,5 mm großer Sulfidtropfen erkennbar, der hauptsächlich aus Chalkopyrit besteht.

³²⁶ Vgl. Makroaufnahme der Probe in Anhang D.

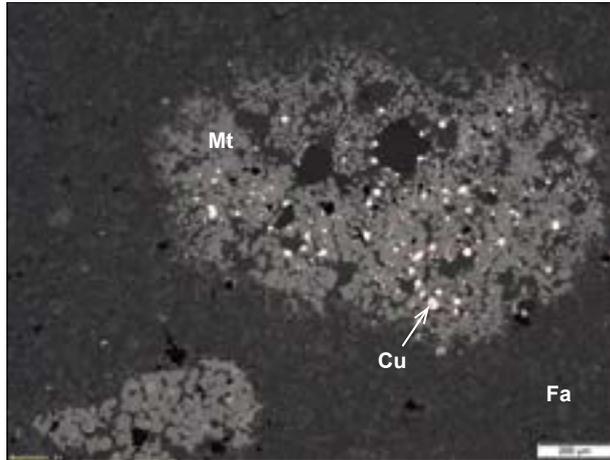


Abb. 4.17: Riom-Parsonz, Davos Tignas (2544). Plattenschlacke, 4968-DT, Aufsicht: Lokales Magnetitagglomerat mit zahlreicheren Kupfertropfen, umgeben von einer Fayalitmatrix. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

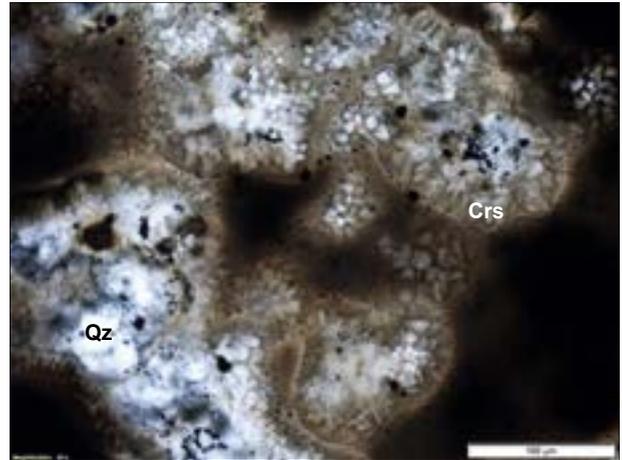


Abb. 4.18: Savognin, Son Martegn (2943). Schlacken Kuchen, 4980-SM, Durchlicht: Randliche Umwandlung von Quarz in eine seiner Hochtemperaturmodifikationen, die ihrem «Ballengefüge» entsprechend am ehesten als Cristobalite angesprochen werden kann (zur Unterscheidung zwischen Cristobalite und Tridymite sowie zu den verschiedenen Cristobalite-Gefügen vgl. Flörke (1959)). Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Die **Plattenschlacken** (4968-DT, 4970-DT, 4971-DT) weisen alle eine homogene, dichte, mit wenigen kleinen Blasen durchsetzte Fayalitmatrix mit wechselnden Magnetit- und Hämatit-Anteilen auf. Während 4970-DT und 4971-DT ein sehr homogenes Gefüge ausschließlich aus langen Fayalitleisten zeigen, sind in 4968-DT auch idiomorph und hopper-förmige Fayalite zu beobachten. Diese, sowie Probe 4970-DT zeigen – analog zu den Schlacken Kuchen und massiven Schlacken dieser Fundstelle – wiederum ausgedehnte, sulfid- resp. kupferreiche Agglomerate aus xenomorphem Magnetit (Abb. 4.17). Auch in der restlichen Schlacke sind hier jeweils – im Gegensatz zu den beiden anderen Schlackentypen – größere Sulfideinschlüsse zu beobachten. Meist handelt es sich dabei um Bornit-Einschlüsse, teilweise mit kleineren Entmischungen metallischen Kupfers. Anders präsentiert sich die dritte Plattenschlacke (4971-DT), die ein für Plattenschlacken typisches, sehr homogenes Spinifexgefüge ohne Spinellagglomerate zeigt. In diesem Gefüge sind vereinzelt kleine Sulfidtropfen zu beobachten, deren Zusammensetzung größtenteils ebenfalls im Bereich von Bornit liegt. Es handelt sich hier also um eine sehr «reine» Eisensilikatschlacke, die kaum Reste der Charge oder des erzeugten Produktes enthält und somit eine nahezu ideale Trennung von Schlacke und Wertträger bezeugt.

Savognin, Son Martegn (2943)

Auch an dieser Fundstelle bestehen die porösen, mit zahlreichen Blasen durchsetzten **Schlacken Kuchen** (4976-SM, 4979-SM, 4981-SM) im Wesentlichen aus Quarz-Restiten in unterschiedlichen Reaktionsstadien – mit und ohne Cristobalite-Reaktionssäume – in einer Fayalitmatrix (idiomorph bis nadelförmig) mit Klinopyroxenen

(4976-SM, 4979-SM) oder Magnetitagglomeraten (4981-SM). In letzteren lassen sich, wie bereits in den Proben von Davos Tignas, deutlich mehr und kupferreichere Sulfideinschlüsse feststellen. Die restliche Schlackenmatrix – und damit der größte Teil der Probe – enthält hingegen lediglich sehr vereinzelte, kleine Sulfidflöckchen mit einer Zusammensetzung im Bereich der vermuteten «Erzbasis»³²⁷. In den beiden Schlacken Kuchen ohne Magnetit-Konzentrationen lassen sich die höchsten Sulfidkonzentrationen ebenfalls nicht in der Fayalitmatrix, sondern im Bereich nicht oder nur partiell reagierter Quarz-Restite beobachten.

Da in Son Martegn **massive Schlacken** (4980-SM) nur untergeordnet auftreten und es sich dabei meist um schwer zuweisbare Stücke handelt, wurde nur eine Probe dieses Typs untersucht. Da sich diese Schlacke jedoch sowohl makro- wie auch mikroskopisch nur wenig von den oben beschriebenen Schlacken Kuchen unterscheidet, besteht der Verdacht, dass es sich dabei weniger um eine eigentliche massive Schlacke, sondern lediglich um ein besonders homogenes, flaches Fragment eines Schlacken Kuchens handelt.³²⁸ Probe Nr. 4980-SM besteht aus einem Gemenge von Quarz-Restiten in einer heterogenen Fayalitmatrix. Im betreffenden Dünnschliff lässt sich die Bildung von Cristobalite als Reaktionssaum entlang der Quarzeinschlüsse sehr schön beobachten (Abb. 4.18). Im Vergleich zu den drei vorangegangenen Proben zeigt dieses Stück einen etwas höheren Matrix-

³²⁷ Im Folgenden wird der Begriff «Erzbasis» als Synonym für das an allen Fundstellen beobachtete Gemenge aus Pyrrhotin, Chalkopyrit und Magnetit verwendet, das – vorbehaltlich unbekannter, vorangegangener Transformationen z.B. durch Röstprozesse – die Zusammensetzung des verarbeiteten Erzes abbilden dürfte.

³²⁸ Im Folgenden wird diese Probe daher den Schlacken Kuchen zugerechnet.

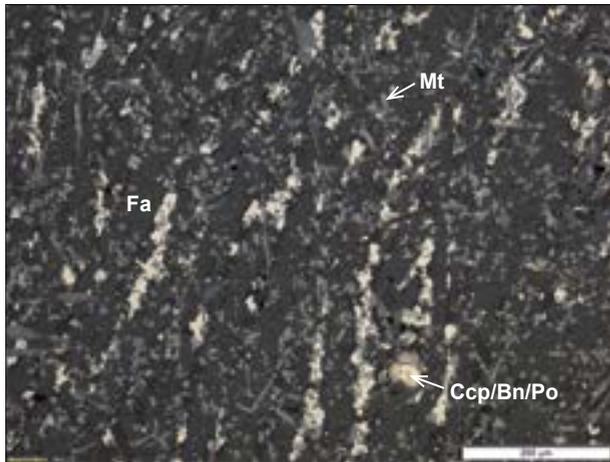


Abb. 4.19: Savognin, Son Martegn (2943). Plattenschlacke, 4977-SM, Aufsicht: Homogene Schlackenmatrix aus Fayalitleisten und Magnetit-Nadeln/Dendriten (baum- oder strauchförmige Kristalle werden in der Mineralogie als Dendrite bezeichnet und sind für Magnetit/Wüstit charakteristisch) sowie dispers verteilten, kleinen Sulfidflocken (Zwickelfüllungen) aus einem Gemenge von Chalkopyrit und Pyrrhotin mit Magnetit. Wo sich Sulfide zu kleinen, tropfenförmigen Einschlüssen verbinden, sind regelhaft Umwandlungen von Chalkopyrit zu Bornit, randlich teilweise sogar zu Digenit und Chalkosin zu beobachten. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Anteil und einen etwas geringeren Restit-Gehalt, was wiederum auf die makroskopische Selektion (Homogenität) zurückzuführen ist.

Klar von den bislang besprochenen Proben dieser Fundstelle unterscheiden lassen sich dafür die drei untersuchten **Plattenschlacken** (4975-SM, 4977-SM, 4978-SM). Die dünnen, homogenen Schlacken zeigen nur vereinzelt kleine Blasen Hohlräume und bestehen praktisch vollständig aus nadelförmig oder in Spinifex-Textur kristallisiertem Fayalit. In den beiden Proben 4975-SM und 4977-SM wurde außerdem Magnetit nachgewiesen, der – im Gegensatz zu bisherigen Beobachtungen – nicht als wolkenartige Agglomeration, sondern als regulärer, flächig vorhandener Schlackenmatrix-Bestandteil vorliegt (Abb. 4.19). Für die Proben 4977-SM und 4978-SM konnte außerdem Klinopyroxen bzw. Melilith (Diopsid, Gehlenit) als Schlackenmatrix-Bestandteil nachgewiesen werden. Daneben lassen sich aber mittels XRD auch in den Plattenschlacken noch vereinzelt Reste von Quarz- resp. Cristobalit-Einschlüssen nachweisen (4975-SM, 4977-SM), die in den Dünnschliffpräparat-Ausschnitten jedoch nicht abgebildet sind. Interessant ist außerdem der erhöhte Hämatit-Gehalt in Probe 4978-SM: Das auf oxidierende Bedingungen hinweisende Mineral lässt sich hier nicht nur entlang der Schlackenoberflächen beobachten, sondern bis weit ins Innere der Fayalitmatrix.

Savognin, Parseiras II (2966)

Bereits makroskopisch lassen sich auch in den porösen, heterogenen **Schlackenkuchen** (4985-P, 4986-P, 4987-P)

von Parseiras II die üblichen unaufgeschmolzenen Quarz-Einschlüsse erkennen. Die umgebende Schlackenmatrix setzt sich auch hier aus Fayalit und Magnetit sowie verschiedenen (Klino-)Pyroxenen zusammen. Letztere sind in vergleichsweise hoher Konzentration vorhanden und hier ausnahmsweise auch mikroskopisch als Schlackenphase identifizierbar. Die Fayalite zeigen mehrheitlich eine idiomorphe, seltener eine hopperförmige oder sogar nadelige Morphologie. Bereiche mit Fayalitleisten sind ausschließlich in Nähe zum Schlackenrand oder zu großen Blasen Hohlräumen zu finden. Die größten, meist tropfenförmigen Sulfideinschlüsse ($\leq 2,5$ mm) sind in allen drei Proben nicht in der Fayalit-Matrix, sondern im Bereich von Restiten oder Magnetit-agglomeraten zu beobachten. Sie bestehen jeweils aus einem Gemenge von Pyrrhotin, Magnetit und Chalkopyrit, wobei letzterer in der Regel den geringsten Anteil ausmacht. Kupferreichere Sulfide, etwa mit bornitischer Zusammensetzung, sind selten. Die in der Schlackenmatrix beobachteten flockenförmigen, dispers verteilten Sulfideinschlüsse sind im Gegensatz dazu sehr klein. Ihre genaue Zusammensetzung ist aufgrund der geringen Größe schwieriger zu eruieren, liegt aber ebenfalls im kupferarmen, eisenreichen Bereich.

Die zwei untersuchten **massiven Schlacken** von Parseiras II (4988-P, 4989-P) fallen mit 2,1 bzw. 1,6 cm maximaler Dicke vergleichsweise dünn aus und zeigen ein relativ homogenes Gefüge mit wenigen Quarzeinschlüssen (4988-P) bzw. gar keinen unaufgeschmolzenen Chargenbestandteilen, dafür aber mit einigen sulfidreichen Magnetitagglomeraten (4989-P). Die Matrix besteht in beiden Fällen aus Fayalit mit untergeordneten Spinell-, Klinopyroxen- und Melilith-Anteilen. In beiden Proben sind Fayalite mit prismatischer Morphologie bis Spinifex-Textur zu beobachten, wobei sich die Ausbildung von nadel- oder leistenförmigen Fayalitkristallen auf die randnahen Bereiche konzentriert, während die Fayalite im Kernbereich der Schlacken prismatische bis hopperförmig auskristallisiert sind. Das Auftreten von Sulfideinschlüssen ist in beiden Schlacken fast ausschließlich an Restite, Blasen Hohlräume oder Magnetitagglomerate gebunden. In Bereichen mit flächiger Fayalitmatrix lassen sich lediglich die üblichen kleinen Sulfidflocken beobachten. Die Zusammensetzung der Sulfideinschlüsse zeigen meist eine Zusammensetzung nahe der «Erzbasis», teilweise mit Bornit, selten mit wenig metallischem Kupfer. Einzig an der Unterseite von Probe 4988-P lassen sich kleinste Reste einer blauen, kupferreichen Sulfidphase (Covellin) in einem Magnetit-Saum an der Schlackenoberfläche beobachten (Abb. 4.20). Es könnte sich dabei um den Übergangsbereich zwischen Schlacke und Matte handeln. Dass es sich bei dieser Oberfläche tatsächlich um die Schlacken-Unterseite handelt, bezeugt ein Werkzeug-Negativabdruck, der sich auf derselben Seite sowohl makro- als auch mikroskopisch deutlich identifizieren lässt.³²⁹

³²⁹ Zur Diskussion über die Zuweisung von Unter-/Oberseiten der Schlacken vgl. Kapitel 3.2.4.

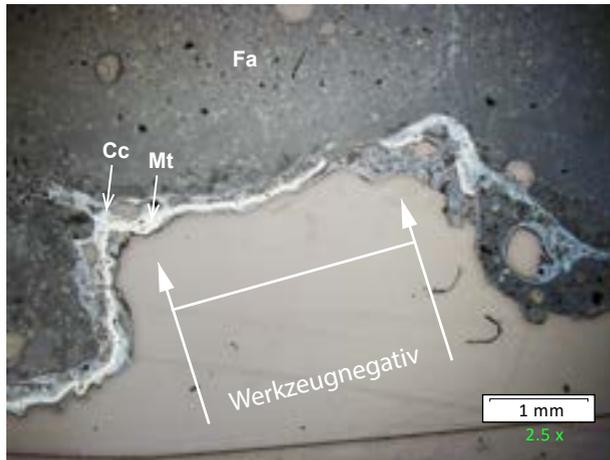


Abb. 4.20: Savognin, Parseiras II (2966). Massive Schlacke, 4988-P, Aufsicht/Scan: Magnetit-Saum mit kupferreichen Sulfideinschlüssen an der Schlacken-Unterseite: Übergangsbereich zur Matte? Auf derselben Oberfläche befindet sich ein klar erkennbares Werkzeugnegativ, das beim Abheben der Schlacke (vgl. auch Abb. 4.31) entstanden ist und die Orientierung des Schlackenfragments vorgibt. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

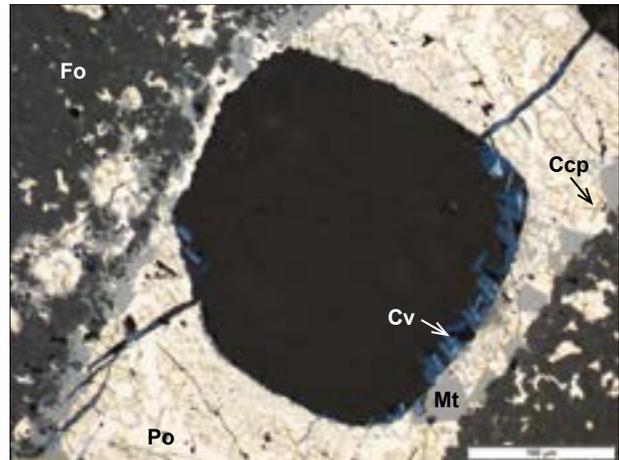


Abb. 4.21: Mulegns, Val Faller Plaz (2120). Massive Schlacke, 4413-VF, Aufsicht: Sulfideinschluss an einem Blasen Hohlräum in einer Matrix aus idiomorphem, deutlich zoniertem Fayalit. Gemäß XRD-Analyse handelt es sich hierbei um Forsterit, die Zonierung ist also auf den Einbau von Mg zurückzuführen. Der Sulfideinschluss setzt sich aus Pyrrhotin und Chalkopyrit zusammen, der von einem Saum aus idiomorph auskristallisierten Magnetit-Würfeln umgeben wird. An der Kontaktzone zum Blasen Hohlräum/Riss ist eine sekundäre Bildung von Covellin zu beobachten. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Ein sehr homogenes, nur mit sehr vereinzelt Blasen durchsetztes, vollständig Restit-freies Gefüge ist den drei Proben des Typs **Plattenschlacke** gemein (4982-P, 4983-P, 4984-P). Die Fayalite sind in allen drei Fragmenten durchgehend nadelförmig ausgebildet und meist in mehreren Generationen auskristallisiert, wobei sich die ersten, größten Fayaliteile teilweise über die gesamte Dicke der Probe (≤ 4 mm) erstrecken! Die Schlackenmatrix enthält neben Fayalit jeweils auch Spinell und Melilith (4982-P), Klinopyroxene und Magnetit (4984-P) oder Hämatit und Magnetit (4983-P). Während die beiden ersten Proben jeweils nur sehr wenige, kleinste Kupfer-Eisen-Sulfide enthalten, die fast ausschließlich als «Zwickelfüllungen» zwischen den Fayalitekristallen ausgebildet sind, ist die Probe 4983-P sehr viel reicher an Sulfideinschlüssen, die sich meist an Blasen Hohlräumen orientieren und fast ausschließlich eine bornitische Zusammensetzung aufweisen.

Obere Talstufe

Mulegns, Val Faller Plaz (2120)

Die beiden **Schlacken Kuchen** aus Val Faller Plaz (4409-VF, 4410-VF) zeigen das für diesen Schlackentyp charakteristische amorphe, blasige Gefüge mit zahlreichen Quarzeinschlüssen. In diesen Restiten lassen sich teilweise noch aderförmige Erzimpregnationen identifizieren, die während des Schmelzprozesses weder reagiert haben noch zusammengesintert sind. Daneben lassen sich aber insbesondere im großen Quarz-Restit (2 cm) in

Probe 4409-VF auch zu größeren ($\leq 1,75$ mm), tropfenförmigen Einschlüssen zusammenschmolzene Sulfide beobachten. Ihre Zusammensetzung liegt meist noch nahe an der «Erzbasis», teilweise mit lamellarer Bornit-Entmischung im Chalkopyrit.

Die eigentliche Schlackenmatrix besteht in beiden Fällen hauptsächlich aus stark zonierten Fayaliten³³⁰ idiomorpher, prismatischer Morphologie – auch im Randbereich der Schlacke. In diesen Zonen lassen sich Sulfideinschlüsse von unterschiedlicher, in der Regel aber geringerer Größe dokumentieren. Vereinzelt handelt es sich dabei sogar um kupferreiche Einschlüsse.

Im Gegensatz zu den bislang untersuchten **massiven Schlacken**, enthalten die Proben aus Val Faller Plaz (4411-VF, 4412-VF, 4413-VF) alle große Restite, die teilweise nur wenig kleiner sind, als die Schlacke dick ist. Alle Einschlüsse zeigen – analog zu den Schlacken Kuchen dieser Fundstelle – eine hohe Sulfiddichte, die von kleinen Äderchen bis hin zu größeren Konzentrationen reicht. Die Zusammensetzung dieser Einschlüsse entspricht fast ausschließlich der üblichen «Erzbasis» aus Chalkopyrit, Pyrrhotin und Magnetit, wobei sich letzterer gerade bei größeren Sulfidtropfen häufig als würfelförmiger Saum um ein Gemenge aus Chalkopyrit und Pyrrhotin formiert. In Blasen Hohlräumen lässt sich teilweise eine durch Oxidationsprozesse nach der Deponierung der Schlacke ausgelöste, sekundäre Umwandlung des Chalkopyrits in Covellin und Limonit beobachten (Abb. 4.21). Die Fayalitematrix der massiven Schlacken lässt sich mit derjenigen der Schlacken Kuchen vergleichen: Auch hier

³³⁰ Magnesiumreicher Fayalit resp. Forsterit (Anreicherung von Mg im Kernbereich).

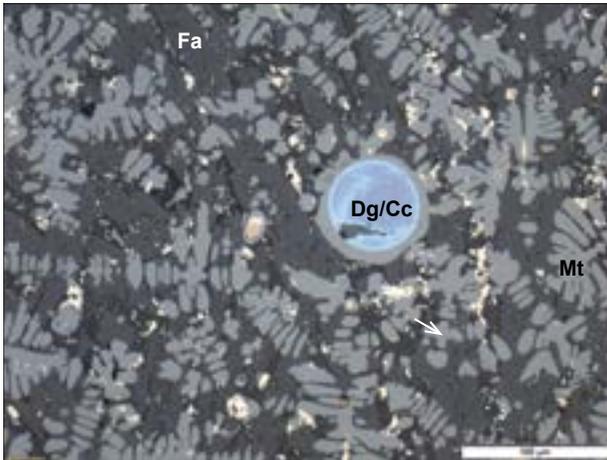


Abb. 4.22: Mulegns, Val Faller Plaz (2120). Plattenschlacke, 4415-VF, Aufsicht: Homogenes Plattenschlacken-Gefüge aus skelettierten Fayalit-Leisten, Magnetit-Dendriten und kleinen Sulfid-flocken. In dieser Matrix sind immer wieder tropfenförmige Sulfideinschlüsse mit einer kupferreichen Zusammensetzung enthalten. Es handelt sich dabei meist um Mischkristalle von Bornit bis Chalkosin mit einem Durchmesser von ca. 10 bis 80 µm, Tendenz: je grösser, umso kupferreicher. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

überwiegen würfelige, idiomorph auskristallisierte, zonierte Fayalite oder Forsterite. Im oberflächennahen Bereich lässt sich jeweils eine Zone mit Magnetitbildung und einem kleinen Hämatitsaum feststellen. In der Matrix sind wenige, in der Regel als scharfkantige Agglomerate anzusprechende Sulfide zu beobachten und nur sehr vereinzelt kleinere Tropfen. Ihre Zusammensetzung ist mit derjenigen in den Restiten vergleichbar. An einer einzigen Stelle konnten Sulfide mit leicht erhöhtem Kupfergehalt detektiert werden: In einer kleinen Agglomeration xenomorphen Magnetits in Probe 4413-VF sind neben Chalkopyrit-Flocken mit Bornit-Lamellen auch einige wenige Covellin-Tröpfchen sichtbar.

Alle vier untersuchten **Plattenschlacken** (4414-VF*, 4415-VF, 4416-VF, 4417-VF) weisen ein äußerst homogenes Gefüge auf, das bei den Proben 4415-VF bis 4417-VF aus langen Fayalitleisten sowie Magnetit besteht, der entweder idiomorph oder dendritisch auskristallisiert ist (Abb. 4.22). Die Probe 4414-VF* zeigt im Gegensatz dazu eine Fayalit-freie Matrix aus Magnetit in einer mineralogisch nicht näher bestimmbar silikatischen Schmelze. Dass es sich bei dieser Probe um ein außergewöhnliches Stück handelt, zeigt auch die Untersuchung der Sulfideinschlüsse – es gibt nämlich keine. In der homogenen Schlackenschmelze sind ausschließlich kleinste Tropfen metallischen Kupfers enthalten (Abb. 4.23)! Vergleichbare Schlacken sind – soweit bekannt – von mittel- bis spätbronze- resp. ältereisenzeitlichen Schmelzplätzen aus dem Alpenraum bislang nicht nachgewiesen. Am ehesten vergleichbar scheinen die frühbronzezeitlichen Plattenschlacken aus Saint-Véran (Bourgarit, et al., 2008, S. 6). Diese Probe ist für die Rekonstruktion des

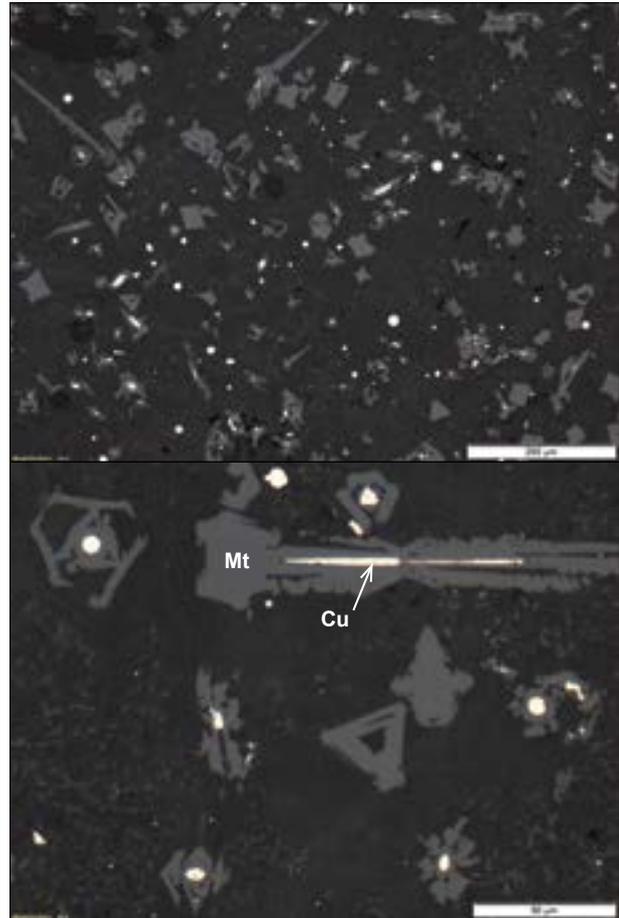


Abb. 4.23: Mulegns, Val Faller Plaz (2120). Plattenschlacke, 4414-VF*, Aufsicht: Homogenes Plattenschlacken-Gefüge aus zwei Magnetit-Generationen (1. Generation: idiomorph bis kettenförmig, skelettartig; 2. Generation: kleine Dendrite) in einer homogenen Silikatschmelze. Zahllose kleine Kupfertröpfchen von meist nicht mehr als 5 bis 10 µm Durchmesser sind dispers in der ganzen Matrix verteilt, sehr oft aber im Kern eines Magnetit-Kristalls der ersten Generation enthalten, in der Übersicht (o.) und im Detail (u.). Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

«Oberhalbstein-Prozess» von zentraler Relevanz und wird daher im Folgenden mit einem * gekennzeichnet. In den übrigen Plattenschlacken aus Val Faller Plaz sind allerdings sehr wohl Sulfideinschlüsse zu beobachten, wenngleich außergewöhnlich kupferreiche. Die Sulfide liegen ausschließlich in Tropfenform vor und bestehen aus Bornit, Digenit, Covellin, Chalkosin oder, seltener, ebenfalls metallischem Kupfer. Damit unterschieden sich die Plattenschlacken mineralogisch äußerst deutlich von den bislang beschriebenen Stücken gleichen Typs aus der unteren Talstufe.

Marmorera, Scalotta I (1842)

Vom Typ **Schlackenkuchen** wurde von der Fundstelle Scalotta I nur eine Probe (4963-S) untersucht, die zwar eine amorphe Grundform aufweist, sich vom Gefüge her

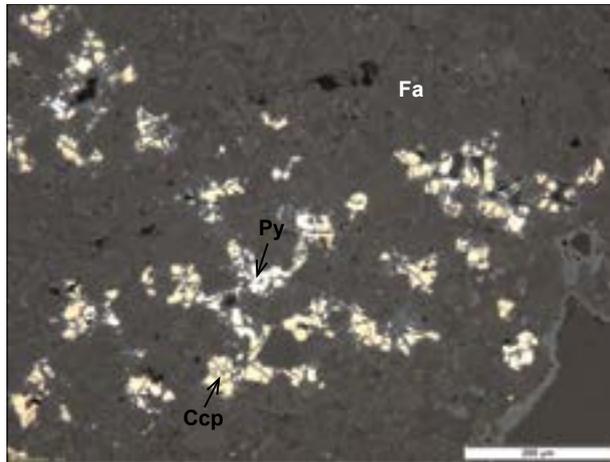


Abb. 4.24: Marmorera, Scalotta (1842). Schlacken Kuchen, 4963-S, Aufsicht: Gemenge aus Chalkopyrit und Pyrit als amorphe, scharfkantige Zwickelfüllung in einer homogenen Matrix aus idiomorphem Fayalit, dessen Zonierung auf den Einbau von Mg zurückzuführen ist (Forsterit). Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

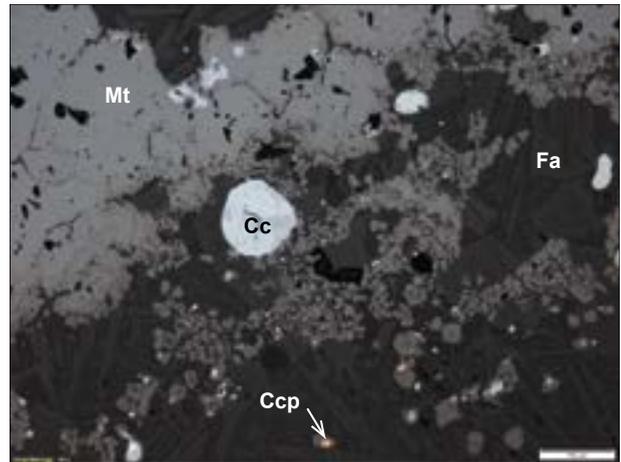


Abb. 4.25: Marmorera, Scalotta (1842). Plattenschlacke, 4960-S, Aufsicht: Randbereich eines massiven Magnetit-Restits in einer homogenen Fayalitmatrix (skelettierte Leisten). Sowohl im Magnetit-Restit als auch in dessen Randbereich lassen sich etliche kupferreiche Sulfideinschlüsse sowie kleinste Tropfen metallischen Kupfers beobachten. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

aber nicht klar von den massiven Schlacken derselben Fundstelle absetzt. Das mit einigen v.a. kleineren Blasen durchsetzte Fragment besteht hauptsächlich aus einem relativ homogenen Gemenge aus prismatischem Forsterit und kleinen Magnetit-Würfeln in einer glasigen Matrix. Stellenweise lassen sich eine zweite, nur schwach ausgeprägte Fayalit-Generation (hopper) sowie Klinopyroxen-Nadeln beobachten. In der Schlackenmatrix sind zahlreiche, überwiegend bereits umgewandelte Gesteinsrestite auszumachen. Ein kleinerer Einschluss konnte als Quarz identifiziert werden. Sowohl im Bereich reliktscher Restite als auch in der Schlackenmatrix sind kleinere Sulfideinschlüsse in Tropfenform zu beobachten. Ihre Zusammensetzung liegt vorwiegend im Bereich Chalkopyrit/Bornit. Außerdem lässt sich in dieser Probe erstmals Pyrit an Stelle von Pyrrhotin nachweisen – allerdings nur als punktuelle, diffuse Zwickelfüllung der Fayalitmatrix (Abb. 4.24).

Die untersuchten **massiven Schlacken** dieser Fundstelle (4961-S, 4962-S, 4965-S) präsentieren sich im Vergleich zur ersten Probe sehr viel heterogener. Alle Proben bestehen zum größten Teil aus reliktschen Gesteinseinschlüssen, die zwar bereits weitgehend umgewandelt, jedoch immer noch klar erkennbar sind. Bei diesen Einschlüssen handelt es sich jeweils um Klinopyroxene, die sowohl sulfidfreie als auch sehr sulfidreiche Bereiche aufweisen. Es dürfte sich dabei also um Überreste des verarbeiteten Erzes handeln. Die darin enthaltenen Kupfer-Eisen-Sulfide sind in wenig reagierten Bereichen der Restite teilweise noch aderförmig angeordnet, liegen meist jedoch als runde Sulfidtropfen oder amorphe Sulfidaggregate vor. Ihre Zusammensetzung reicht von eisenreichen Pyrrhotin-Chalkopyrit-Gemengen mit vergleichsweise geringen Magnetit-Anteilen bis hin zu reinen Kupfersulfiden wie Chalkosin und vereinzelt sogar metal-

lischem Kupfer. Die Mehrheit der Sulfideinschlüsse besteht aber aus den üblichen Pyrrhotin-Bornit-Gemengen mit oder ohne Chalkopyrit und stellenweise einer Entmischung wenig metallischen Kupfers. Pyrit lässt sich – im Gegensatz zu Probe 4963-S – in den massiven Schlacken nicht nachweisen. Die magnesiumreiche Schlackenmatrix aus prismatischem Forsterit in einer homogenen Restschmelze bildet in allen drei Proben lediglich einen Saum um die großen Gesteinseinschlüsse. In dieser Schlackenmatrix sind nur vereinzelt Sulfideinschlüsse nachweisbar.

Auch die **Plattenschlacken** aus Scalotta I (4960-S, 4964-S, 4966-S) präsentieren sich erstaunlich heterogen: In zwei der drei Schlacken sind bereits makroskopisch Restite erkennbar. In Probe 4960-S besteht der Einschluss aus einem massiven Magnetit-Stück, das randlich teilweise mit sehr kupferreichen Sulfiden vergesellschaftet ist (Abb. 4.25). In Probe 4964-S wiederum ist ein Klinopyroxen-Einschluss mit mehreren größeren ($\geq 0,8$ mm), tropfenförmigen Sulfideinschlüssen zu beobachten, die aus Chalkopyrit mit Bornit-Entmischungslamellen und untergeordneten Pyrrhotin-Anteilen bestehen. Beide Plattenschlacken enthalten darüber hinaus xenomorphe Magnetitagglomerate, allerdings weitgehend ohne die für andere Fundstellen charakteristischen, erhöhten Sulfidkonzentrationen. Die Schlackenmatrix der beiden Proben besteht aus idiomorph bis hopper-förmig auskristallisierten, magnesiumreichen Fayaliten in einer glasigen Restschmelze. In Probe 4960-S ist außerdem flächig prismatischer bis dendritischer Magnetit zu beobachten. Ein deutlich divergierendes Bild liefert Probe 4966-S: Das homogene Gefüge aus langen Fayalitleisten (4 mm) und flächigen Magnetit-Dendriten ohne Restite zeugt von einer vollständigen Verflüssigung der Schlacke während des Schmelzprozesses und entspricht damit

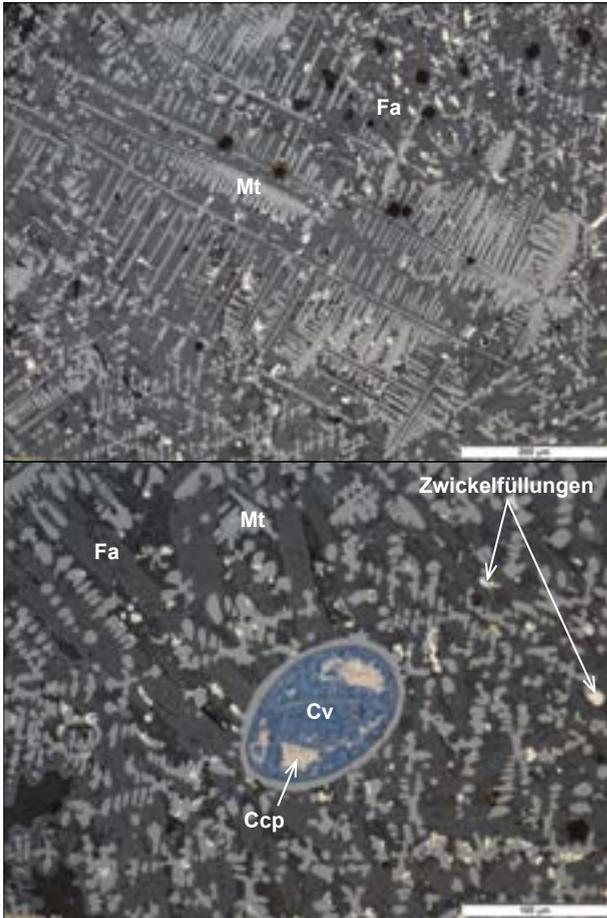


Abb. 4.26: Marmorera, Scalotta (1842). Plattenschlacke, 4966-S, Aufsicht: Homogenes Plattenschlacken-Gefüge aus kettenförmigen Fayalitleisten und Magnetit-Dendriten (o. besonders deutlich ausgeprägt). Zwischen diesen beiden Schlacken-Phasen finden sich wenige Reste der silikatischen Schmelze, zahlreiche, dispers verteilte kleine Sulfidflocken (Zwickelfüllungen) sowie vereinzelt Sulfidtropfen von überwiegend bornitischer Zusammensetzung. Der Sulfidtropfen (u.) besteht aus Covellin mit Resten von Chalkopyrit. Fotos: L. Reitmaier-Naef, UZH.

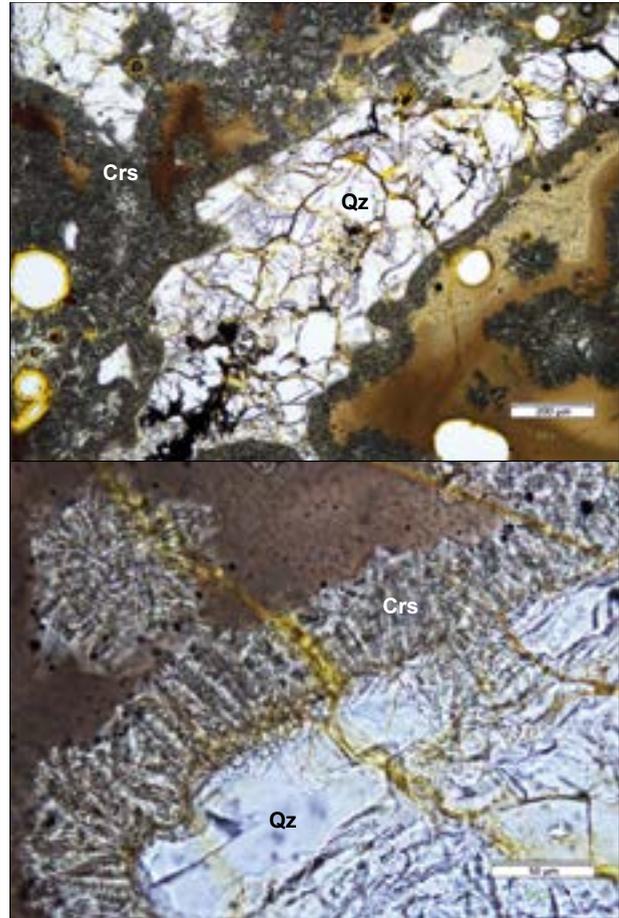


Abb. 4.27: Marmorera, Gruba (1852). Schlacken Kuchen, 4958-G, Durchlicht: Randliche Umwandlung von Quarz in eine seiner Hochtemperaturmodifikationen. Bei der pelzförmig ausgeprägten Ausscheidung dürfte es sich um Cristobalit handeln (zur Unterscheidung zwischen Cristobalit und Tridymit sowie zu den verschiedenen Cristobalit-Gefügen vgl. Flörke (1959). In der Übersicht (o.) und im Detail (u.). Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

dem Erscheinungsbild der Plattenschlacken aus Val Falter Plaz. In der Schlackenmatrix sind vereinzelt runde Sulfidtropfen enthalten, deren Zusammensetzung meist im Bereich Chalkopyrit/Bornit liegt. Vereinzelt sind auch Umwandlungen in Digenit und Covellin sowie Reste von Pyrrhotin zu beobachten (Abb. 4.26).

Marmorera, Gruba I (1852)

Die drei untersuchten **Schlacken Kuchen** von Gruba I (4957-G, 4958-G, 4959-G) zeigen alle ein poröses, heterogenes Gefüge mit zahlreichen, großen, partiell reagierten Gesteinseinschlüssen (Quarz, Feldspate). An mehreren Stellen lässt sich sehr schön eine randliche Umwandlung von Quarz in die Hochtemperatur-Modifikation Cristobalit beobachten (Abb. 4.27). In diesen Gesteinseinschlüssen sind regelhaft kleinere und größere,

tropfenförmige Sulfideinschlüsse enthalten, die meist aus einem Gemenge von Pyrrhotin und Chalkopyrit mit Bornit-Entmischungslamellen bestehen, teilweise mit randlichen Umwandlungen in Digenit oder Covellin. Die eigentliche Schlackenmatrix besteht aus idiomorphen bis hopferförmigen, seltener leistenförmigen Fayalitkristallen in einer glasigen Restschmelze. Im Vergleich zu den Restit-Arealen sind in diesen Bereichen der Schlacken Kuchen nur selten Sulfideinschlüsse zu beobachten.

Auch in den **massiven Schlacken** (4379-G, 4380-G, 4382-G, 4383-G) sind noch zahlreiche unaufgeschmolzene oder zumindest nur partiell reagierten Gesteinseinschlüsse vorhanden.³³¹ Wie in den vorangegangenen Proben sind auch hier diese Restit-Areale besonders sulfidreich, da es sich um Reste vererzten Gesteins

³³¹ Quarz (4382-G) mit Hochtemperaturmodifikation Cristobalit/Tridymit (4379-G, 4380-G), Kalzit (4380-G, 4382-G, 4383-G).

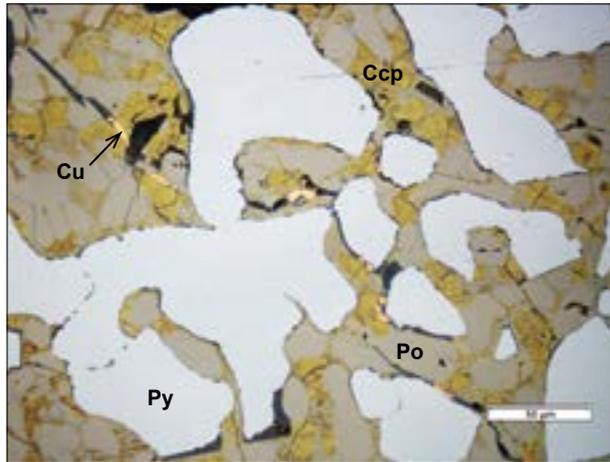


Abb. 4.28: Marmorera, Gruba (1852). Massive Schlacke, 4383-G, Aufsicht: Detail aus einem Sulfideinschluss: Gemenge aus Chalkopyrit, Pyrrhotin und Pyrit, sowie Entmischungen metallischen Kupfers an Hohlräumen innerhalb der Chalkopyrit-Phasen. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

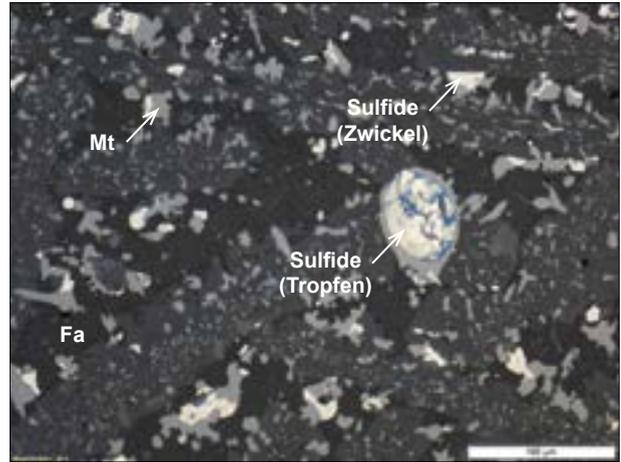


Abb. 4.29: Marmorera, Gruba (1852). Plattenschlacke, 4373-G, Aufsicht: Homogene, vollständig aufgeschmolzene, typische Plattenschlacken-Matrix aus Fayalitleisten, Magnetit(-Dendriten) und Sulfid-Zwickelfüllungen. Sulfidtropfen ($\leq 100 \mu\text{m}$) sind selten und setzen sich meist aus Pyrrhotin, Chalkopyrit (mit oder ohne Bornit-Lamellen/Covellin-Ränder) und einem Magnetit-Saum zusammen. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

handelt. Die ausgebeutete Vererzung setzt sich demnach auch hier hauptsächlich aus Pyrrhotin, Chalkopyrit und Magnetit zusammen. Zusätzlich konnte in Probe 4383-G auch Pyrit nachgewiesen werden (Abb. 4.28). Die Sulfide sind teilweise noch als feine Adern in den Restiten enthalten, oft aber zu kleineren und größeren Sulfidtropfen zusammengesintert. Ihre Zusammensetzung liegt meist nahe an der «Erzbasis», häufig mit Bornit-Entmischungslamellen im Chalkopyrit. Magnetit liegt entweder in Form idiomorpher Würfel am Rand der Sulfidtropfen oder als dendritische Phase im Pyrrhotin, seltener im Chalkopyrit vor. Die Erzeinschlüsse liegen jeweils in einer sulfidarmen Matrix aus vorwiegend idiomorphen, seltener hopper-förmigen oder nadelförmigen Fayalit- resp. Forsteritkristallen in einer glasigen Restschmelze. Daneben sind insbesondere im Randbereich teilweise kleine idiomorphe bis hypidiomorphe Magnetitkristalle sowie Iscorit zu beobachten.

Ein homogenes Gefüge ohne jegliche Gesteinseinschlüsse zeigen die **Plattenschlacken** von Gruba I (4381-G, 4384-G, 4385-G, 4386-G, 4387-G). Mittels Röntgendiffraktometrie wurde – analog zu den massiven Schlacken dieser Fundstelle – in mehreren Pulverproben zwar Kalzit als Nebengemengeanteil nachgewiesen, dieser ist in den Dünnschliffpräparaten aber nicht erkennbar. Das Gefüge der Plattenschlacken zeugt – wie in Val Faller Plaz – von einer vollständig verflüssigten Schmelze. Die homogene Schlackenmatrix besteht vorwiegend aus langen Fayalitleisten im mm-Bereich und Magnetit-Dendriten. Neben den üblichen, dispers verteilten Sulfid-flocken (Zwickelfüllungen) sind in den Plattenschlacken zwar wenige, aber regelmäßig auftretende Sulfideinschlüsse zu beobachten, deren Zusammensetzung meist nahe an der «Erzbasis» liegt (Abb. 4.29).

Übergeordnete Beobachtungen

Prozessatmosphäre

Dass Schlacken mit vergleichbarer Gesamtzusammensetzung oft einen sehr unterschiedlichen Phasenbestand aufweisen, hängt in erster Linie mit dem Sauerstoffpartialdruck während resp. gegen Ende des Schmelzprozesses zusammen, der die Bildung von sauerstoffsensitiven Phasen maßgeblich beeinflusst (Hauptmann, et al., 1993, S. 563). Obwohl im Rahmen der vorliegenden Arbeit keine Mössbauerspektroskopischen Untersuchungen³³² durchgeführt wurden, lassen sich auf der Grundlage mikroskopisch beobachteter Indikator-Mineralen, sog. Barometer (Hauptmann, 2014, S. 30-31), dennoch einige grundsätzliche Aussagen zu den Redox-Bedingungen während des im Oberhalbstein angewendeten Verhüttungsverfahrens formulieren.

So zeigen die Schlackenkekuchen aller Fundstellen ein für reduzierende Bedingungen typisches Fayalit-Gefüge. Phasen, die auf einen höheren Sauerstoffpartialdruck hinweisen, werden nur sehr untergeordnet entlang der Schlackenoberfläche dokumentiert. Doch selbst hier zeigt sich – im Gegensatz zu den massiven und Plattenschlacken – höchstens ein sehr dünner Magnetit-Saum. Die Schlackenkekuchen sind demzufolge sowohl in einer

³³² Mittels Mössbauerspektroskopie kann das Verhältnis von Fe^{2+} und Fe^{3+} ermittelt und so der Oxidationsgrad von Mineralen wie Fayalit oder Pyroxenen abgeschätzt werden. Zu mössbauerspektroskopischen Untersuchungen an prähistorischen Verhüttungsschlacken aus dem Alpenraum vgl. Doonan (1996), Metten (2003), Moesta, et al. (1989) sowie Kraus (2014).

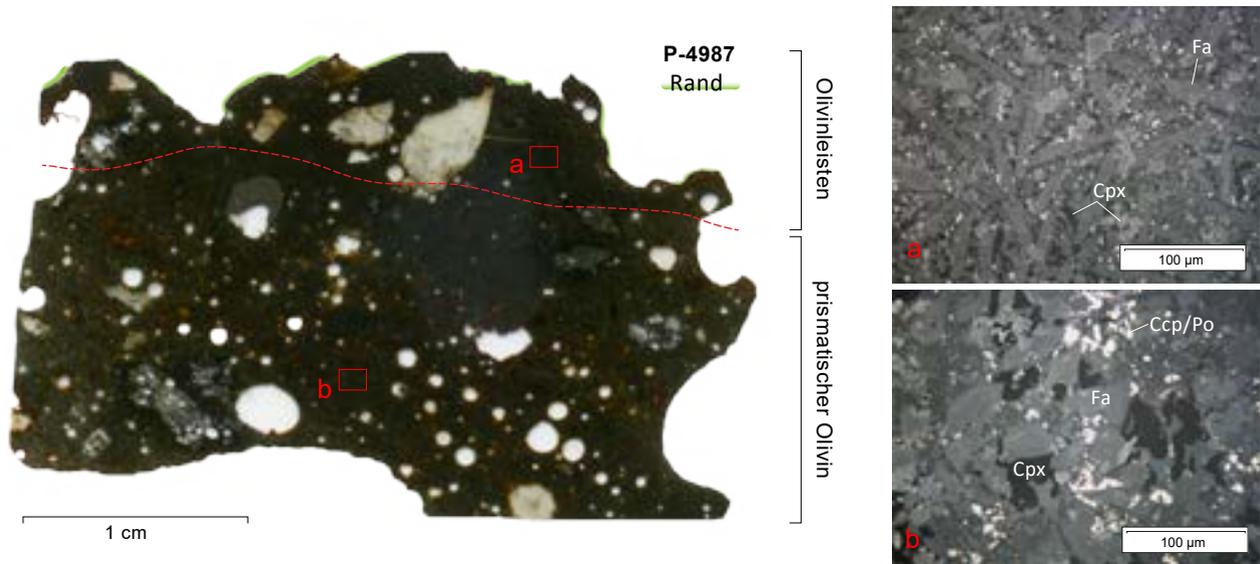


Abb. 4.30: Savognin, Parseiras II (2966). Schlacken Kuchen, 4987-P, Auflicht/Foto. Links: Foto des untersuchten Dünnschliffs aus dem Randbereich des Schlacken kuchens mit nadel förmig auskristallisiertem Fayalit im oberflächennahen Bereich resp. würfelig-prismatischem Fayalit im weiter innen liegenden Bereich der Schlacke. Rechts: Auflichtansichten der unterschiedlichen Fayalit-Morphologien im Rand- (a) bzw. Kernbereich (b). Die Schlackenmatrix besteht hier neben Fayalit auch aus verschiedene Klinopyroxenen sowie Sulfid-Zwickelfüllungen (Chalkopyrit/Pyrrhotin). Fotos und Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

reduzierenden Atmosphäre geschmolzen als auch auskristallisiert. Die Fayalite im randnahen Bereich sind dabei jeweils deutlich häufiger nadel- oder leistenförmig auskristallisiert als die Fayalite im Kernbereich der Schlacke, die fast ausschließlich eine würfelige oder hopferförmige Morphologie aufweisen. Dies ist ein deutlicher Hinweis auf unterschiedliche Abkühlungsraten im Kern- und Rand-Bereich der Schlacke (Donaldson, 1976, S. 189-191), was sowohl auf den vergleichsweise großen Durchmesser eines regulären Schlacken kuchens als auch auf das aufgrund der reduzierenden Atmosphäre postulierte Erstarrungsmilieu (im Ofen) zurückzuführen sein dürfte: Während die oberflächennahen Bereiche der Schlacke nach Beendigung des Prozesses und dem damit verbundenen Temperaturabfall innerhalb des Reaktors relativ rasch auskühlen, dauert derselbe Prozess im Kernbereich der Schlacke mehrere Stunden (Abb. 4.30).

Anders präsentiert sich das Bild bei den massiven und Plattenschlacken: Hier sind im Randbereich beinahe regelhaft Minerale zu beobachten, die auf einen höheren Sauerstoffpartialdruck hinweisen (Hauptmann, 2007, S. 170-171; Hauptmann, et al., 1993, S. 558), insbesondere Magnetit und Hämatit. In einigen Proben lässt sich außerdem Iscorit identifizieren (Abb. 4.31). Dass solche «Oxidationszonen» jeweils nicht nur im Bereich einer, sondern beider Schlackenoberflächen vorhanden sind³³³, indiziert klar eine oxidierende Abkühlungs-Atmosphäre außerhalb des Reaktors. Dieser Befund passt bestens zu einem Abheben-Prozess der erst partiell ausgekühlten

Schlacke, wie er aufgrund morphologischer Merkmale für diese beiden Schlackentypen bereits weiter oben (s. Kapitel 3.2.4) vorgeschlagen wurde: Demnach werden die massiven und Plattenschlacken während des laufenden Prozesses «scheibenweise» mithilfe von einfachen (Holz-)Werkzeugen aus dem Ofen abgehoben und kühlen dabei sowohl an der Unter- als auch Oberseite sehr schnell und unter oxidierenden Bedingungen aus. Aufgrund der flächigen Auskühlung von beiden Seiten sowie ihrer im Vergleich zu den Schlacken kuchen geringen Dicke, kühlen diese Schlacken auch im Kernbereich deutlich schneller ab. Der Abkühlungsprozess wurde möglicherweise durch die Abschreckung mit Wasser zusätzlich beschleunigt.³³⁴ Ein ähnliches Gefüge wäre zwar auch bei abgestochenen Schlacken zu erwarten, in diesem Fall müssten sich jedoch gänzlich unterschiedliche Oberflächen-Merkmale zeigen.³³⁵

Während sich das Auftreten von Hämatit und Magnetit in den massiven Schlacken mehrheitlich auf die randlichen «Oxidationszonen» beschränkt, bilden diese beiden auf mittel bis stark oxidierende Bedingungen hinweisenden Eisenoxide in den Plattenschlacken aller Fundstellen³³⁶ neben Fayalit und Magnetit einen regulären

³³³ Vergleichbare Beobachtungen wurden auch durch Silvestri, Bellintani und Hauptmann (2019, S. 272-273) festgehalten.

³³⁴ Dieses Vorgehen ist beispielsweise aus einem traditionellen Kupferverhüttungs-Verfahren in Nepal bekannt (vgl. Kapitel 5.3). Eine vergleichbare Interpretation wird auch für die Plattenschlacken aus Saint Véran vorgeschlagen (vgl. Burger, et al., 2007). Vgl. auch Taf. 47: 724.1.5.

³³⁵ Zum Bsp. Fließstrukturen (vgl. Kapitel 3.2.4, S. 120-121).

³³⁶ Magnetit und/oder Hämatit lassen sich jeweils in mind. einer, oft aber in mehreren oder allen Plattenschlacken einer Fundstelle nachweisen, in den Plattenschlacken der oberen Talstufe sogar in fast allen Proben.

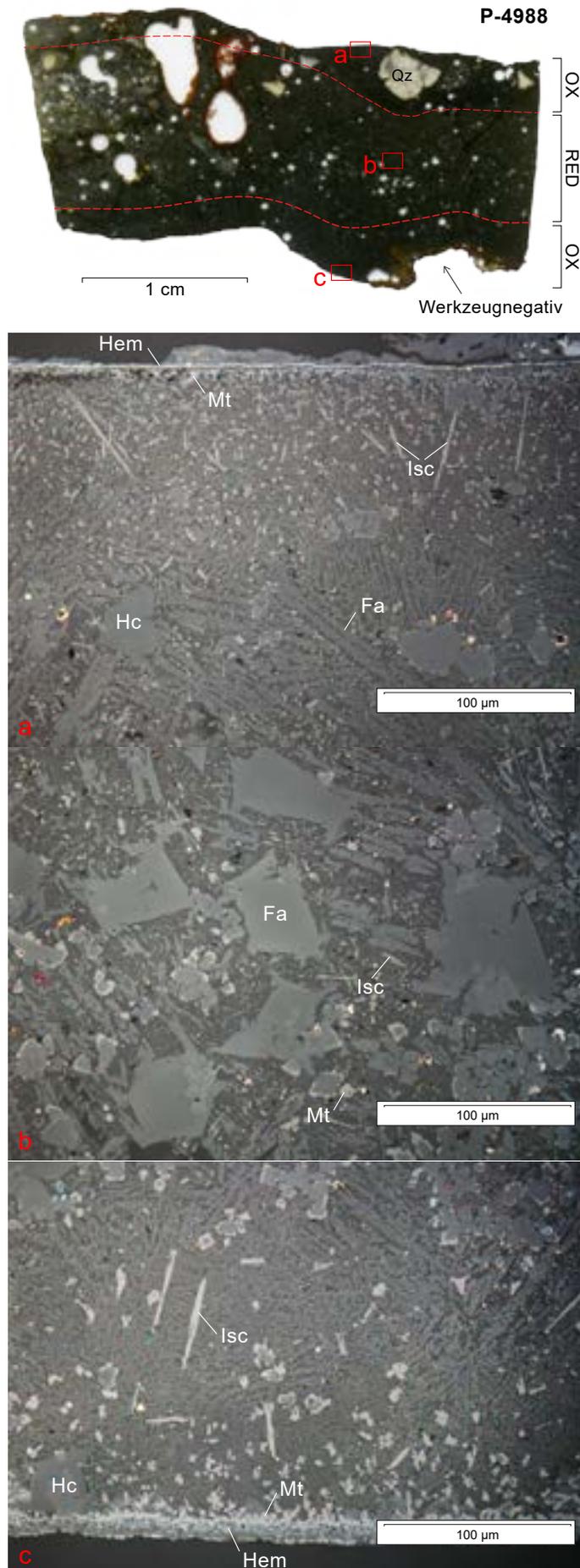


Abb. 4.31: Savognin, Parseiras II (2966). Massive Schlacke, 4988-P, Auflicht/Foto. Oben: Foto des untersuchten Dünnschliffs mit einer «Oxidationszone» im unteren und oberen Oberflächenbereich. Die Schlacke lässt sich aufgrund des Negativabdrucks eindeutig orientieren. Im Bereich der oberen «Oxidationszone» sind unaufgeschmolzene Quarz-Restite (noch nicht reagierter Zuschlag?) sichtbar, in der unteren «Oxidationszone» fehlen solche Einschlüsse vollständig. Unten: Das Gefüge der beiden oberflächennahen Zonen (a und c) ist vergleichbar: Neben Fayalitleisten und Klinopyroxen-Kristallen sind hier Iscorit sowie Magnetit und unmittelbar an der Oberfläche schließlich auch ein Abkühlungs-Saum aus Hämatit zu sehen. Der Kernbereich der Schlacke (b) besteht hingegen hauptsächlich aus leisten- bis hopper-förmigem Fayalit, partiellen Umwandlungen in Magnetit sowie kleinsten Iscorit-Phasen. Fotos und Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Matrixbestandteil. Eine Korrelation zwischen der abnehmenden Schlackendicke und einem ansteigenden Hämatit-Anteil lässt sich anhand der untersuchten Proben zwar vermuten, jedoch nicht quantitativ belegen. Es bleibt demnach vorerst offen, ob die Plattenschlacken tatsächlich in einem stärker oxidierenden oder aber in einem mit den massiven Schlacken vergleichbaren Milieu entstanden sind und sich die oberflächennahen «Oxidationszonen» lediglich aufgrund ihrer geringen Dicke auf die ganze Schlacke ausgedehnt haben.

Die Fayalit-Morphologie wird fallweise auch zur Abschätzung der Prozesstemperatur hinzugezogen. In der vorliegenden Untersuchung wird aber auf eine absolute Quantifizierung der Ofentemperatur verzichtet, da sie auf der gegebenen Datengrundlage nicht mehr als einen mit verschiedenen Unsicherheiten behafteten Näherungswert darstellen kann (Hauptmann, 2011, S. 195). Zudem ist anhand sehr zahlreicher Untersuchungen hinlänglich bekannt, dass die Prozesstemperatur bei der Verhüttung sulfidischer Kupfererze in der Urgeschichte ca. 1200–1300°C erreicht haben muss (Hanning, Herdits und Silvestri, 2015, S. 228; Kraus, 2014, S. 114; Metten, 2003). Höhere Werte von teilweise deutlich über 1300 °C postuliert lediglich Addis (2013, S. 111-112).

Die in allen Plattenschlacken leisten- bis spinifex-förmig kristallisierten Fayalite belegen eine regelhaft sehr schnelle Auskühlung dieses Schlackentyps: In einigen Fällen erreichen die einzelnen Fayalit- oder Forsterit-Leisten eine Länge von mehreren Millimetern und sind damit bereits makroskopisch gut erkennbar. Die Plattenschlacken sind demnach durch ein sehr abruptes Prozessende resp. eine sehr abrupte Entnahme aus der Prozessatmosphäre entstanden und in kürzester Zeit ausgehärtet, was wiederum gut mit dem Modell des laufenden «Abhebens» der Schlacken zusammenpasst.

Magnetitagglomerate

Keine direkten Indikatoren für die Prozessatmosphäre stellen die hauptsächlich in Schlacken Kuchen und massiven Schlacken aus der unteren Talstufe beobachteten Magnetitagglomerate dar. Im Gegensatz zu flächig auftretendem, aus der silikatischen Schmelze rekristallisiertem Magnetit handelt es sich bei diesen punktuellen Agglomeraten um nur partiell reagierte Chargenrelikte. Dieses Phänomen ist in Verhüttungsschlacken unterschiedlicher Zeitstellung und Herkunft häufig zu beobachten und wurde bereits verschiedentlich beschrieben (Addis, 2013; Bachmann, 1982; Hauptmann, 2007; 2011; Hauptmann, et al., 1993; Kraus, 2014; Lutz, 1990; Metten, 2003). Uneinigkeit resp. Interpretationsspielraum besteht jedoch hinsichtlich des jeweiligen «Ausgangsmaterials». Während Hauptmann et al. (Hauptmann, 2007, S. 171; Hauptmann, et al., 1993, S. 554) in frühen Kupferverhüttungsschlacken aus dem Nahen Osten Magnetitagglomerate als Relikte partiell zersetzter Eisenerze ansprechen, vermutet Lutz (1990), dass es sich bei entsprechenden Befunden in Schlacken aus Murgul um Retourschlacken handelt, die aufgrund ihres hohen Kupfer(sulfid)anteils erneut aufgeschmolzen wurden. Metten (2003, S. 65), die entsprechende Agglomerate insbesondere in den Schlacken Kuchen der Fundstelle Acqua Fredda beobachtet hatte, erweitert dieses Spektrum schließlich um die – bei frühen Verhüttungsschlacken nur bedingt zur Debatte stehende – Möglichkeit, dass es sich um Reste von Röstgut (geröstete Kupfer-Eisen-Erze oder Kupferstein) handelt.

Für das Oberhalbstein scheint eine Ansprache der Magnetitagglomerate als Retourschlacken zwecks Optimierung der Metallausbeute nicht haltbar, zumal sich der durchschnittliche Kupfer(sulfid)gehalt in allen Schlackentypen und somit auch der Wertträger-Verlust im Gegensatz zu kupfer- oder frühbronzezeitlichen Schlacken in engen Grenzen hält.³³⁷ Da für das gesamte Untersuchungsgebiet in Ermangelung eindeutiger Befunde und Funde keine genauere Charakterisierung des/der zu vermutenden Röstprozesse(s) und des damit einhergehenden Röstguts möglich ist, bleibt auch diese Interpretationsmöglichkeit schwierig zu überprüfen, jedoch keinesfalls ganz auszuschließen. Durchaus plausibel erscheint jedoch die Ansprache der Magnetit-Agglomerate als partiell reagierte Restite von Eisen(hydr)oxiden wie Magnetit, Hämatit oder Limonit. Im Oberhalbstein ist vielerorts eine Vergesellschaftung von Kupfer- mit Eisenverwitterungserzen resp. Eisenoxiden gegeben, was insbesondere in einem ersten Schmelzgang zu dem entsprechenden Spurenbild führen könnte. In Anbetracht der teilweise massiven Magnetit-Vorkommen im Oberhalbstein wäre in diesem Zusammenhang außerdem auch an eigentliche Magnetit-Restite zu denken. Allerdings beschränken sich Hinweise auf massive Magnetit-

Vorkommen bislang auf die obere Talstufe, während die besagten Magnetitagglomerate hauptsächlich in den Schlacken der unteren Talstufe auftreten (Abb. 4.32). Und für das überdurchschnittlich zahl- und kupferreiche Auftreten von Sulfideinschlüssen innerhalb der Magnetitagglomerate liefert dieser Interpretationsansatz auch keine plausible Erklärung. Einzig für die in Scalotta I beobachteten, weitgehend sulfidfreien Magnetitagglomerate wäre er eine mögliche Erklärung, die sich derzeit jedoch weder ver- noch falsifizieren lässt (Abb. 4.33).

Sulfideinschlüsse

Da die in den Schlacken regelhaft beobachteten Sulfideinschlüsse³³⁸ in der Argumentation zur Prozessrekonstruktion eine wichtige Rolle einnehmen, wurde eine exemplarische Auswahl an Proben nicht nur mittels optischer, sondern auch mittels Rasterelektronenmikroskopie³³⁹ untersucht. Während die Bestimmung der einzelnen Sulfidminerale bei der optischen Mikroskopie über deren Reflexionsfarbe und -eigenschaften erfolgte, können die oft aus einem Gemenge unterschiedlicher Phasen bestehenden Sulfideinschlüsse mithilfe des REM auch auf ihre absolute Gesamtzusammensetzung untersucht werden. Die REM-Analyse einzelner Sulfidphasen wurde außerdem auch als Referenz resp. Kontrolle für die optische Mikroskopie eingesetzt.

Neben der Beobachtung, dass an allen Fundstellen Erz mit einer ähnlichen mineralogischen Zusammensetzung aus Chalkopyrit, Pyrrhotin und Magnetit, sehr selten mit etwas Pyrit, verarbeitet wurden, liefern die Sulfideinschlüsse auch Hinweise zum erschmolzenen Produkt: Ausgehend davon, dass die in der Schlacke nachweisbaren Sulfideinschlüsse das produzierte (Zwischen-)Produkt abbilden, soll im Folgenden überprüft werden, ob die verschiedenen Schlackentypen einem spezifischen Produkt und damit auch einem Prozessschritt zugeordnet werden können.

Insgesamt wurden von den beprobten 7 Verhüttungsplätzen 14 Proben untersucht – je 4 Schlacken Kuchen und massive Schlacken sowie 6 Plattenschlacken (vgl. Tab. 4.2), womit diese Untersuchung lediglich qualitativen Charakters ist. Dennoch können deutliche Trends beobachtet werden, die sich am einfachsten im System Cu-Fe-S nach Schlegel und Schüller (1952) abbilden lassen (Abb. 4.34):

³³⁸ Unter dem Begriff «Sulfideinschlüsse» werden im Folgenden runde oder amorphe Aggregate aus Eisen- und/oder Kupfersulfiden von einer gewissen Größe (> 20 µm) zusammengefasst. Kleinste «Sulfidflocken», wie sie in vielen Schlacken als Zwickelfüllung zu beobachten sind, werden nicht berücksichtigt, da sie in der Regel sowohl für eine rasterelektronenmikroskopische als auch auflichtmikroskopische Beurteilung zu klein sind und sie für die Rekonstruktion der Prozesstechnologie nicht unmittelbar von Bedeutung sind (vgl. dazu auch Hauptmann, 2011, S. 198).

³³⁹ Im Folgenden abgekürzt durch «REM».

³³⁷ Zur Flussmittel-Diskussion vgl. S. 160-161; Kupfergehalte der untersuchten Schlacken vgl. Kapitel 4.3.2, S. 162.

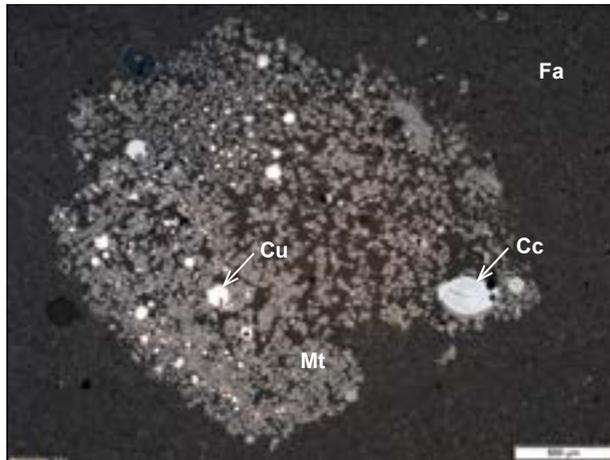


Abb. 4.32: Riom-Parsonz, Davos Tignas (2544). Plattenschlacke, 4968-DT, Aufsicht: Magnetitagglomerat mit tropfenförmigen Einschlüssen aus reinen Kupfersulfiden und metallischem Kupfer. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

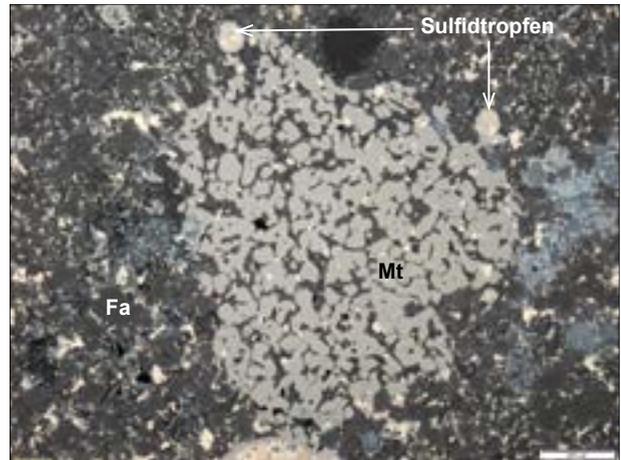


Abb. 4.33: Marmorera, Scalotta (1842). Plattenschlacke, 4960-S, Aufsicht: Magnetitagglomerat ohne besonders kupferreiche Einschlüsse. Lediglich im Randbereich des Agglomerats lassen sich einzelne Sulfidtropfen erkennen, die jedoch eine bornitische Zusammensetzung mit Magnetit und Pyrrhotin zeigen. Foto: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Die Mehrheit der Sulfideinschlüsse in den heterogenen Schlackenkuchen besteht demnach aus sehr eisenreichen Sulfiden, die eine Gesamtzusammensetzung zwischen Pyrit/Pyrrhotin und Chalkopyrit aufweisen. Dieses Resultat ist mit den mikroskopischen Beobachtungen kompatibel, wonach die Schlackenkuchen überwiegend Einschlüsse aus Chalkopyrit-Pyrrhotin-Gemengen enthalten. Die massiven Schlacken enthalten zwar immer noch regelhaft eisenreiche Sulfideinschlüsse, zeigen aber bereits eine deutliche Tendenz hin zu kupferreicheren Einschlüssen mit Zusammensetzungen zwischen Bornit und Digenit/Chalkosin. Vereinzelt sind in den massiven Schlacken auch bereits metallische Kupfertropfen (mit einem relativ hohen Eisen-Anteil) nachzuweisen. Auch hier stimmen die Ergebnisse gut mit den Resultaten der optischen Mikroskopie überein.

Die Plattenschlacken zeigen schließlich die kupferreichsten Einschlüsse sowie relativ zahlreiche metallische Kupfertropfen. Dennoch sind auch in diesen Schlacken längst nicht nur reine Kupfersulfide, sondern immer wieder auch Einschlüsse mit einer Zusammensetzung nahe des Ausgangsmaterials zu beobachten. Im Gegensatz zu den anderen beiden Schlackentypen sind bei den Plattenschlacken massive Unterschiede zwischen den Proben resp. Fundstellen festzustellen: Während einzelne Proben aus den Fundstellen Son Martegn, Parseiras II und Tiragn überhaupt keine reinen Kupfersulfide aufweisen, enthalten die Stücke aus der Val Faller wiederum ausschließlich sehr kupferreiche Einschlüsse sowie metallische Kupfertropfen.

Alles in Allem lassen sich insbesondere die Schlackenkuchen über ihre mehrheitlich im Bereich des postulierten Ausgangsmaterials liegenden Einschlüsse relativ klar von den beiden anderen Schlackentypen abgrenzen. Zwischen den massiven und den Plattenschlacken scheint hingegen ein gradueller Übergang zu bestehen.

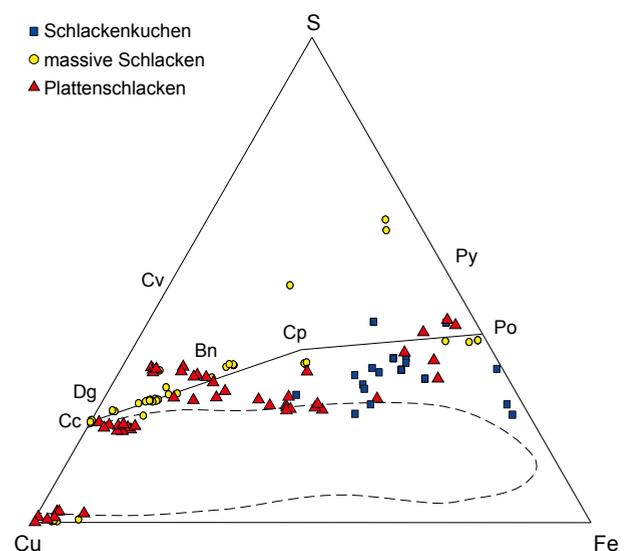


Abb. 4.34: Die Darstellung der chemischen Zusammensetzung von Sulfideinschlüssen in den verschiedenen Schlackentypen im System Cu-Fe-S zeigt deutlich, wie von den Schlackenkuchen über die massiven Schlacken bis hin zu den Plattenschlacken die kupferreichen Sulfide zu- und die eisenreichen Sulfide abnehmen. Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Es bleibt allerdings fraglich, ob die Summe unterschiedlicher Sulfideinschlüsse innerhalb einer Schlacke resp. eines Schlackentyps tatsächlich die Zusammensetzung des produzierten (Zwischen-)Produkts abbildet. Während «freien» Sulfidtropfen in einer vollständig verflüssigten Matrix, wie sie in den Plattenschlacken jeweils

zu beobachten ist, durchaus eine gewisse Repräsentativität attestiert werden kann, dürften die mehrheitlich in Restiten oder Magnetitagglomeraten «gefangenen» Sulfideinschlüsse in Schlacken Kuchen und massiven Schlacken nicht bedenkenlos als direkte Indikatoren des produzierten Wertträgers interpretiert werden. Die mobilen Sulfideinschlüsse sinken aufgrund ihrer hohen Dichte durch die Fayalitmatrix ab und sammeln sich am Grund des Reaktors zu einem Regulus³⁴⁰. Dies gilt jedoch nicht für Sulfide, die sich noch im Innern eines nicht aufgeschmolzenen Restits befinden oder von einem Magnetitagglomerat mechanisch aufgehalten (Pietsch, 1955; Tylecote und Boydell, 1978, S. 42) werden. In Gesteinsrelikten eingeschlossene Sulfide sintern in der Regel maximal zu runden Tropfen zusammen, durchlaufen jedoch keine eigentliche Reaktion und weisen daher meist eine Zusammensetzung im Bereich der «Erzbasis» auf. Bei einer Charakterisierung des Schmelzproduktes anhand dieser Sulfid-Gruppe dürfte dementsprechend eine Unterbewertung des Kupfergehaltes resultieren. Das Gegenteil gilt für die Sulfide aus Magnetitagglomeraten. Seien sie nun das Umwandlungsprodukt einer rezyklierten Verhüttungsschlacke oder eines oxidierten Erzstücks – sie sind lediglich Teil einer lokal begrenzten Reaktion innerhalb des eigentlichen Verhüttungsprozesses, bei dem überdurchschnittlich kupferreiche Sulfide resp. metallisches Kupfer entstanden (vgl. dazu auch Herdits, 1997, S. 178). Diese beiden Gruppen dürften in den Schlacken somit überrepräsentiert sein und eher das Spektrum möglicher Sulfideinschlüsse denn das tatsächlich erzeugte Produkt abbilden.

Aber auch die «freien» Sulfideinschlüsse stellen nicht zwingend eine proportionale Repräsentation des Wertträgers dar. Da die verschiedenen Sulfide resp. Sulfidaggregate in Abhängigkeit ihrer Zusammensetzung, Dichte und Größe unterschiedlich schnell durch die Schlackenmatrix absinken, ist davon auszugehen, dass kleinere, insbesondere schwefel- und eisenreiche Sulfidtropfen häufiger in der Schlacke nachzuweisen sind als große kupfer- resp. metallreiche Tropfen, die sich schneller absinken. Dies gilt besonders für Plattenschlacken mit einem hohen Magnetit-Anteil: U.a. durch dessen – im Vergleich zu Fayalit – deutlich höhere Dichte werden kleine, schwefel- und eisenreiche Sulfide mit einer geringen Dichte, etwa Chalkopyrit, stärker am Absinken gehindert als kupferreichere Sulfide oder metallisches Kupfer. Da diese Schlacken gleichzeitig aber auch eine sehr tiefe Viskosität aufweisen (vgl. S. 165) und somit grundsätzlich von einer sehr guten Trennung von Schlacke und Wertträger auszugehen ist, sind in den Plattenschlacken meist generell nur wenige, in der Regel kleine Einschlüsse zu

beobachten, die häufig das metallarme, untere Ende des Sulfid-Spektrums abbilden dürften. Gleichzeitig sind große und kupferreiche Einschlüsse – unabhängig vom Schlackentyp – außerhalb von Magnetitagglomeraten generell so gut wie nie nachweisbar. Daraus ist abzuleiten, dass während des Prozesses, in dem die Plattenschlacken als Abfallprodukt anfielen, (auch) ein Produkt mit deutlich höherem Kupfergehalt (als die entsprechenden Sulfideinschlüsse) entstanden sein könnte, welches sich jedoch aufgrund der optimalen Trennung von Schlacke und Wertträger in Ersterer nicht mehr nachweisen lässt. Dabei könnte auch die verwendeten Korngrößen der Erz- resp. Matte-Charge eine Rolle spielen: Je größer diese sind, umso größere Sulfidtropfen können entstehen, die sich wiederum deutlich schneller durch die Schlacke absinken (Hauptmann, 2011, S. 198).

Dennoch, die Herstellung metallischen Kupfers lässt sich bislang nur für die Fundstelle Val Faller Plaz direkt belegen, wo die Plattenschlacken regelhaft sehr kupferreiche Sulfide resp. metallische Kupfertropfen aufweisen – kennzeichnenderweise finden sich diese jeweils in Magnetitkristallen (Abb. 4.23).

Zuschlag

Während Flussmittelzuschlag in der modernen Metallurgie für eine optimale Prozessführung unentbehrlich ist, bleibt die Frage nach dessen Stellenwert für urgeschichtliche Hüttenprozesse schwierig zu beantworten. Die Wahl des Flussmittelzuschlags ist in erster Linie abhängig von der Zusammensetzung des zu verhüttenden Ausgangsmaterials – Erzen mit einem hohen Anteil an Gangart aus Quarz werden für eine optimale Schlackenbildung z.B. Eisenoxide zugeschlagen, Erzen mit einem hohen Anteil an Eisenoxiden oder -sulfiden wiederum silikatreiche Verbindungen wie Quarz (Pelton, et al., 2015, S. 333). Um das in sulfidischen Kupfer-Eisen-Erzen wie Chalkopyrit enthaltene Eisen erfolgreich verschlacken zu können, muss nämlich eine silikatreiche Verbindung – z.B. Quarz oder eine silikatreiche Schlacke aus einem früheren Schmelzgang – für eine Reduktion von Eisenoxiden³⁴¹ zu Eisensilikaten (z.B. Fayalit) in ausreichender Menge vorhanden sein. Um den Nachweis einer intentionellen Beigabe von Zuschlagstoffen zu erbringen, ist also eine detaillierte Kenntnis des tatsächlich verarbeiteten Ausgangsmaterials notwendig.

Da die Mehrheit der Vererzungen im Oberhalbstein sehr eisen(silikat)reich ist und zudem lediglich an zwei Lokalitäten Quarz als untergeordnetes Gangmineral beobachtet wurde, könnte a priori durchaus eine Zugabe von silikatreichem Flussmittel zur Prozessoptimierung vermutet werden. Die mineralogische Untersuchung der

³⁴⁰ Das Produkt eines erfolgreichen Schmelzganges ist in Anlehnung an Weisgerber (2004, S. 31) als «Regulus» oder «König» zu bezeichnen, keinesfalls als «Gusskuchen». Letzterer bezeichnet einen planokonten Metallbarren, der nicht im Ofen entstanden ist, sondern nachträglich in Form gebracht wurde (Guss) (vgl. dazu auch Lutz, Krutter und Pernicka, 2019a und Modl, 2019).

³⁴¹ Falls das Eisen im Ausgangsmaterial nicht als Oxid, sondern als Sulfid vorliegt, muss diesem Prozessschritt zumindest eine Teilröstung vorausgehen, um einen Teil der Eisensulfide in Oxide zu überführen (vgl. dazu z.B. Hanning, Herdits und Silvestri, 2015).

Proben hat denn auch gezeigt, dass in den Schlackenkuchen aller Fundstellen sowie in zahlreichen massiven Schlacken regelhaft größere, nur partiell reagierte Quarzreste enthalten sind. Dass es sich dabei jedoch nicht um eigens zu diesem Zweck gewonnene Flussmittel, sondern um Bestandteile des regulären Ausgangsmaterials handeln dürfte, belegen die zahlreichen Sulfideinschlüsse in diesen Relikten: Ihre Zusammensetzung stimmt ausnahmslos mit der vermuteten «Erzbasis» überein. Ob es sich allerdings jeweils tatsächlich um «self-fluxing» Rohmaterial handelte, oder ob bewusst auch erzärmere, quarzreichere Partien eines Vorkommens abgebaut und verhüttet wurden, kann nicht abschließend beurteilt werden. Aber auch wenn bislang lediglich fragmentarische archäologische Belege zum vorhergehenden Aufbereitungsprozess vorliegen, ist in Anbetracht des technologisch anspruchsvollen Verhüttungsverfahrens nicht davon auszugehen, dass die abgebauten Erze ohne eine systematische qualitative (Erzgehalt) und quantitative (Menge bzw. Größe der Fragmente) Vorselektion geschmolzen wurden. Es ist vielmehr davon auszugehen, dass die Zusammensetzung einer Ofencharge auf einer sehr bewussten Materialelektion und -kombination basierte. Das systematische Auftreten sehr SiO_2 -reicher Erzpartien lässt demnach eine bewusste Beigabe von Zuschlag durchaus plausibel erscheinen. Zusammenfassend bleibt aber festzuhalten, dass der intentionelle Zuschlag von Flussmitteln für die untersuchten Fundstellen weder ausgeschlossen noch belegt werden kann. Die oft beobachteten Magnetitagglomerate könnten sowohl partiell reagierte «Retourschlacken» als auch oxidische Eisen-Kupfer-Erze darstellen, während die Quarzreste sowohl das reguläre Ausgangsmaterial als auch eine bewusste Selektion daraus abbilden könnten.

4.3.2 Geochemische Charakterisierung

Haupt- und Nebenbestandteile

SiO_2 , FeO

Die wichtigsten Hauptbestandteile aller analysierten Verhüttungsschlacken sind SiO_2 und FeO. Zusammen machen sie jeweils zwischen 60 und 90 Gew.-% aus, wobei die Minimalwerte für SiO_2 bei 14,7 Gew.-% und für FeO bei 16,9 Gew.-% liegen (Tab. 2.8). Die Probe mit dem geringsten SiO_2 -Anteil – 4415-VF – weist mit 72,3 Gew.-% gleichzeitig den höchsten FeO-Gehalt auf. Der höchste Messwert für SiO_2 liegt bei 54,3 Gew.-% und wurde in einem Schlackenkuchen aus der Fundstelle Son Martegn gemessen (4981-SM). Es handelt sich also generell zweifelsfrei um eisenreiche Silikatschlacken, wie sie für die prähistorische Kupferverhüttung im Alpenraum typisch sind.

Die SiO_2 - und FeO-Anteile in den Schlacken der oberen Talstufe streuen sehr viel breiter als diejenigen in den Schlacken der unteren Talstufe, wo beide Messwerte jeweils im Mittelfeld liegen. Interessanterweise zeigt eine genauere Betrachtung der Resultate, dass die Streuung der Werte innerhalb der Fundstellen der oberen Talstufe mit den verschiedenen Schlackentypen korreliert: Die Schlackenkuchen zeigen einen geringeren FeO-Anteil bei gleichzeitig deutlich höherem SiO_2 -Gehalt (>35 Gew.-%). Letzterer dürfte auf restitische Quarzeinschlüsse, wie sie im vorangegangenen Kapitel beschrieben wurden, zurückzuführen sein. Die Messwerte der massiven Schlacken liegen im Mittelfeld von 30–40 Gew.-% SiO_2 und 20–40 Gew.-% FeO. Vereinzelt fallen auch Schlackenkuchen und Plattenschlacken in diesen Bereich. Mit SiO_2 -Anteilen von unter 25 Gew.-% SiO_2 und deutlich über 40 Gew.-% FeO setzen sich jedoch fast alle Plattenschlacken aus dem südlichen Talbereich deutlich ab.

Wenngleich etwas weniger deutlich, so ist dieser Trend auch für die Fundstellen Son Martegn aus dem nördlichen Talbereich nachvollziehbar. Anders präsentiert sich die Situation in Tiragn, Parseiras II und Davos Tignas. Hier fallen fast alle Proben in den erweiterten Mittelfeld-Bereich, ohne dass sich eine klare Differenzierung zwischen den einzelnen Typen abzeichnet – mit Ausnahme einiger Plattenschlacken, die in den für diesen Typ typischen FeO-reichen, SiO_2 -armen Bereich fallen. Die fünf analysierten Schlackenfragmente aus Siedlungskontexten weisen unauffällige, durchschnittliche FeO- und SiO_2 -Gehalte auf.

MgO , Al_2O_3 , CaO

Nach FeO und SiO_2 stellen MgO , Al_2O_3 und CaO – analog zu den Erzen – die wichtigsten Bestandteile der untersuchten Schlacken dar. Die MgO -Gehalte sind mit bis zu 28,6 Gew.-% im Vergleich zu anderen Regionen³⁴² außergewöhnlich hoch, was durch den hohen Mg-Anteil im Nebengestein (Serpentinite) erklärt werden kann (s. Kapitel 4.2.1). Auch hier lassen sich deutliche Unterschiede zwischen den Schlacken der beiden Talstufen erkennen (Abb. 4.35): Während die Schlacken aus dem nördlichen Talabschnitt einen mittleren MgO -Anteil von ca. 5 Gew.-% aufweisen, liegen die Median-Werte der Fundstellen im Süden bei gut 9 Gew.-% (Gruba I, Scalotta) resp. sogar über 15 Gew.-% (Val Faller). Werden diese Messresultate nach Schlackentypen dargestellt, zeigt sich ein interessantes Bild: Während die MgO -Werte von Schlackenkuchen und massiven Schlacken in den Fundstellen der oberen Talstufe alle einen MgO -Gehalt von 9 Gew.-% oder mehr aufweisen, enthalten die Plattenschlacken –

³⁴² Zum Bsp. max. 4 Gew.-% für S1, Eisenerzer Ramsau (Kraus, 2014, Tab. A.3); nur ganz vereinzelt Werte von mehr als 4 Gew.-% für Schlacken aus dem Trentino (Addis, 2013, S. 42; 48; 51; 68; 73; 77; 93; 99; 102; Metten, 2003, Tab. 6–8); bis 8 Gew.-% für Schlacken aus dem Mitterberg-Revier (Hohlmann, 1997, S. [2]; Viertler, 2011, Tab. N).

	Fundstelle	Probe	Typ	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	Cu	ZnO	Summe		
Untere Tairstufe	Schmelzplätze																		
	Tiragn (3604)	4418-T	SK	38,7	0,24	4,54	36,3	6,5	0,27	6,58	0,27	0,88	0,252	1,66	0,70	0,14		97	
		4419-T	PS-A	34,4	0,32	6,67	40,7	4,0	0,37	8,25	0,34	1,28	0,458	1,34	0,16	0,11		98	
		4420-T	PS-B	34,7	0,54	9,99	34,3	4,7	0,35	9,53	0,54	1,50	0,458	0,83	0,10	0,16		98	
		4421-T	PS-C	34,6	0,37	8,09	39,1	5,4	0,35	10,35	0,23	1,12	0,412	0,94	0,14	0,12		101	
	Davos Tignas (2544)	4967-DT*	SK*	27,7	0,30	6,75	42,1	4,8	0,23	7,79	0,51	1,76	0,292	0,08	3,26	0,25		96	
		4968-DT	PS-A	24,4	0,26	9,08	51,6	3,5	0,14	6,93	0,26	1,21	0,198	0,92	1,18	0,23		100	
		4969-DT	SK	25,6	0,35	14,63	42,7	3,5	0,11	3,86	0,26	1,42	0,200	1,50	1,46	0,48		96	
		4970-DT	PS-A	23,8	0,29	7,97	49,9	2,3	0,15	7,06	0,33	1,35	0,265	1,38	2,87	0,29		98	
		4971-DT	PS-B	39,7	0,19	4,41	47,8	2,4	0,13	2,79	0,19	0,68	0,083	0,76	0,43	0,20		100	
		4972-DT	MS	32,8	0,24	4,90	45,7	1,9	0,14	7,43	0,25	0,72	0,163	0,62	1,18	0,83		97	
		4973-DT	MS*	25,6	0,30	8,51	45,5	3,3	0,19	8,78	0,42	1,63	0,265	0,81	2,49	0,31		98	
		4974-DT	MS	29,6	0,30	6,13	48,3	2,1	0,16	7,97	0,34	0,89	0,193	0,72	1,28	0,93		99	
	Son Martegn (2943)	4975-SM	PS-B	33,1	0,46	11,76	39,4	3,9	0,19	5,90	0,41	2,24	0,551	0,56	0,16	0,14		99	
		4976-SM	SK	49,7	0,23	5,81	31,4	1,9	0,11	3,40	0,29	1,16	0,222	4,54	0,41	0,42		100	
		4977-SM	PS-C	21,0	0,21	3,54	68,4	0,7	0,11	1,40	0,35	0,64	0,084	2,33	0,91	0,07		100	
		4978-SM	PS-B	34,5	0,42	10,57	40,5	3,4	0,20	6,36	0,39	1,98	0,432	0,62	0,15	0,24		100	
		4979-SM	SK	49,1	0,36	9,21	27,4	2,7	0,14	4,50	<0,055	1,69	0,325	0,49	0,44	0,19		96	
		4980-SM	MS*	43,9	0,36	9,42	31,5	2,9	0,16	4,66	<0,055	1,72	0,390	1,14	0,47	0,19		97	
	Parseiras II (2966)	4981-SM	SK	54,3	0,30	8,90	22,9	2,3	0,12	3,51	<0,055	1,77	0,355	1,20	0,32	0,24		96	
		4982-P	PS-B	33,2	0,50	13,46	38,7	4,2	0,18	5,01	<0,055	2,51	0,485	0,71	0,23	0,06		99	
		4983-P	PS-C	24,6	0,24	4,85	60,6	1,3	0,20	2,90	<0,055	1,26	0,179	1,48	0,76	0,03		98	
		4984-P	PS-B	32,8	0,47	11,08	40,9	4,2	0,23	5,84	0,10	2,02	0,301	0,51	0,29	0,12		99	
		4985-P	SK	31,3	0,46	11,67	36,7	3,7	0,15	4,13	<0,055	1,79	0,398	1,77	0,82	0,07		93	
		4986-P	SK	33,2	0,44	7,15	37,0	2,2	0,18	4,06	<0,055	1,72	0,362	0,53	0,40	0,11		87	
		4987-P	SK	30,1	0,41	7,82	36,7	1,9	0,14	6,05	<0,055	1,95	0,407	1,94	0,60	0,08		88	
		4988-P	MS	35,1	0,43	8,41	41,0	2,4	0,20	3,71	<0,055	1,64	0,304	0,78	0,34	0,07		94	
		4989-P	MS	29,9	0,45	7,39	42,2	2,1	0,20	3,66	<0,055	1,55	0,318	0,94	0,39	0,07		89	
	Siedlungen																		
	Motta Vallac (2831)	3800-MV	PS	32,6	0,50	12,63	39,4	4,7	0,21	5,87	0,26	2,07	0,366	1,19	0,35	0,09		100	
		3801-MV	PS	33,5	0,51	10,21	41,9	5,0	0,21	5,32	0,39	1,43	0,317	0,87	0,40	0,19		100	
	Padnal (2916)	3802-SP	PS	28,7	1,16	9,92	41,5	6,1	0,33	6,49	0,49	0,94	0,267	1,91	0,68	0,16		99	
		3803-SP	MS	27,1	0,50	12,30	42,8	5,3	0,17	4,75	0,24	1,74	0,501	1,37	0,57	0,05		97	
		3804-SP*	PS	30,9	0,57	9,63	34,8	4,6	0,56	12,27	0,46	2,04	0,937	0,77	0,80	1,19		100	
	Obere Tairstufe	Schmelzplätze																	
		Val Faller Plaz (2120)	4409-VF	SK	44,2	0,46	6,57	27,2	9,1	0,24	6,10	2,46	0,13	0,103	0,70	0,61	0,06		98
			4410-VF	SK	36,3	0,26	2,58	37,7	11,6	0,30	6,51	0,38	0,10	0,066	0,47	0,43	0,07		97
			4411-VF	MS	34,9	0,04	1,18	35,9	17,1	0,24	3,82	0,03	0,05	0,027	0,91	0,62	0,03		95
			4412-VF	MS	33,1	0,06	1,19	40,8	12,5	0,30	6,09	0,05	0,06	0,041	0,78	0,53	0,06		95
			4413-VF	MS	32,7	0,21	1,97	40,2	10,4	0,28	5,79	0,25	0,05	0,044	1,44	1,21	0,10		95
			4414-VF*	PS-B	31,9	0,60	8,88	30,8	5,2	0,58	9,43	1,07	3,43	0,573	0,06	2,95	0,27		96
			4415-VF	PS-A	14,7	0,22	3,08	72,3	1,9	0,19	0,94	0,23	0,55	0,096	1,47	1,46	0,05		97
			4416-VF	PS-C	20,0	0,35	5,60	62,9	1,9	0,22	1,95	0,51	1,06	0,099	1,27	0,83	0,03		97
		4417-VF	PS-C	21,2	0,22	3,49	68,8	1,6	0,17	0,86	0,39	0,70	0,066	0,47	1,57	0,09		100	
		Scalotta I (1842)	4960-S	PS-A	19,3	0,66	5,62	61,0	4,1	0,18	2,39	0,90	0,34	0,142	2,45	2,21	0,07		99
			4961-S	MS	33,8	0,52	4,80	39,0	13,5	0,21	4,05	1,06	0,27	0,096	1,34	1,25	0,10		100
			4962-S	MS	39,0	0,17	3,89	23,7	28,6	0,18	2,42	0,25	0,35	0,084	0,31	0,21	0,06		99
			4963-S	SK	37,3	0,38	5,47	32,3	16,3	0,25	6,16	0,80	0,19	0,084	0,33	0,61	0,06		100
4964-S			PS-A	35,0	0,37	5,29	37,9	15,7	0,22	4,05	0,60	0,46	0,147	0,59	0,48	0,09		101	
4965-S			MS	39,3	0,39	5,40	20,9	23,5	0,20	4,75	0,79	0,08	0,060	1,36	1,32	0,13		98	
4966-S		PS-C	17,8	0,38	4,12	67,5	3,2	0,18	1,91	0,42	0,50	0,090	1,27	0,65	0,03		98		
Gruba I (1852)		4379-G	MS	24,0	0,23	4,87	44,5	9,1	0,20	2,68	0,48	0,54	n.b.	1,06	0,63	0,01		88	
		4380-G	MS	31,0	0,18	3,32	32,9	14,0	0,30	3,14	0,20	0,17	n.b.	1,74	1,34	0,14		89	
		4381-G	PS	17,5	0,19	4,35	59,5	3,3	0,14	1,54	0,63	0,56	n.b.	2,04	0,83	0,01		91	
		4382-G	MS	32,6	0,16	3,26	37,6	12,5	0,31	3,68	0,11	0,08	n.b.	1,00	0,96	0,12		92	
		4383-G	MS	33,5	0,13	2,90	29,8	16,3	0,30	2,45	0,08	0,11	n.b.	3,17	0,92	2,81		92	
		4384-G	PS	17,3	0,23	4,03	62,3	3,3	0,11	1,71	0,40	0,64	n.b.	1,70	0,89	0,01		93	
		4385-G	PS	19,0	0,19	4,10	59,3	2,5	0,18	1,17	0,27	0,65	n.b.	1,08	0,66	0,03		89	
		4386-G	PS	18,8	0,22	4,01	57,4	4,4	0,16	1,44	0,47	0,41	n.b.	1,74	0,75	0,004		90	
		4387-G	PS	17,3	0,23	3,83	59,9	3,3	0,11	1,68	0,42	0,54	n.b.	2,00	1,09	0,01		90	
		4957-G	SK	45,8	0,56	9,14	20,4	11,5	0,28	4,02	0,78	0,51	0,119	0,36	0,44	0,10		94	
		4958-G	SK	46,7	0,39	7,34	31,0	9,4	0,30	3,49	0,40	0,21	0,077	0,76	0,45	0,10		101	
		4959-G	SK	51,3	0,71	11,39	16,9	9,3	0,28	4,97	0,87	0,43	0,117	0,51	0,49	0,12		97	

Tab. 4.8: Chemische Pauschalanalysen mittels ICP-MS an Schlackenproben aus dem Oberhalbstein. Haupt- und Nebenkomponenten in Gew.-%, Summe in %, n.b.: nicht bestimmt. Der Gesamteisengehalt wurde als FeO berechnet. Alle Proben wurden im Forschungslabor des DBM gemessen.

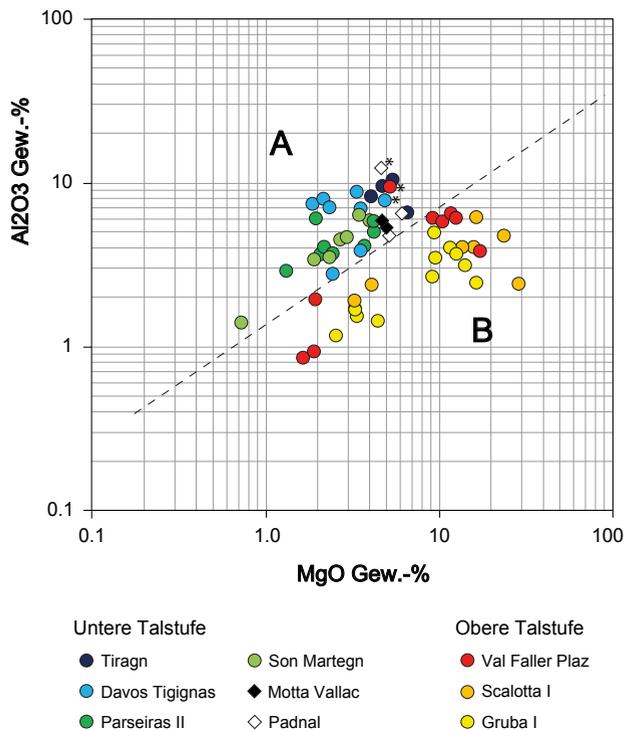


Abb. 4.35: Am deutlichsten lassen sich die unterschiedlichen Nebenelementgehalte in einem MgO-CaO-Diagramm darstellen: Die Schlacken aus der oberen Talstufe plotten – mit einer einzigen Ausnahme 4414-VF* – in den MgO-reichen, CaO-ärmeren Bereich (B) und lassen sich deutlich von den CaO-reicheren, MgO-armen Schlacken der unteren Talstufe (A) abgrenzen. Die Proben aus Siedlungskontexten liegen im Mittelfeld der Werte der nördlichen Talstufe und passen somit gut in ihren geographischen Kontext. Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

mit einer einzigen Ausnahme³⁴³ – maximal 5,18 Gew.-%. Der Nebengesteinsanteil in den Plattenschlacken ist demzufolge signifikant geringer als in den beiden anderen Schlackentypen. Dies dürfte einerseits mit dem Fehlen von stückigen Serpentin-Restiten in diesem Schlackentyp sowie mit einer zunehmenden Substitution von Mg-reichen Fayaliten (aus Nebengestein) durch Magnetit (aus Fe-haltigen Erzphasen/Matte) zusammenhängen.

Die Al_2O_3 Werte liegen mit 1–15 Gew.-% ebenso wie die CaO Werte von 0,8–10 Gew.-% im üblichen Bereich alpiner Kupferverhüttungsschlacken. Auch hier sind Unterschiede zwischen den beiden Talstufen auszumachen: Beide Gehalte fallen in der oberen Talstufe etwas geringer aus als in der unteren. Am meisten CaO ist in den Schlacken von Tiragn und Davos Tignas enthalten, am meisten Al_2O_3 in jenen von Son Martegn und Parseiras II.

Eine vereinfachte gemeinsame Betrachtung der wichtigsten Haupt- und Nebenkomponenten erfolgt mithilfe des ternären Systems SiO_2 -Anorthit-FeO(+MgO+MnO).

Das Diagramm diente ursprünglich der Abschätzung von Prozesstemperaturen resp. Schmelzpunkten, wird in der Archäometallurgie jedoch seit Langem standardmäßig für die Beurteilung der Gesamtzusammensetzung von Schlacken verwendet (Bachmann, 1982, S. 11-12).³⁴⁴

Eine nach Schlackentypen aufgeschlüsselte Projektion der Messwert verdeutlicht die bereits oben angesprochenen Unterschiede zwischen den verschiedenen Typen. Die heterogenen Schlackenkuchen streuen über verschiedene Liquidusfelder (Abb. 4.36): Die Schlackenkuchen von Gruba I und Son Martegn liegen vollständig im «Quarz»-Feld, bezeugen damit jedoch nicht zwingend Prozesstemperaturen von weit über 1300 °C. Dieser Effekt ist vielmehr auf die zahlreichen unaufgeschmolzenen Quarz-Restite in diesen Schlackenfragmenten zurückzuführen. Die Proben aus den restlichen Fundstellen liegen mehrheitlich im Bereich des Fayalit-Eutektikums³⁴⁵. Einzelne Proben aus der unteren Talstufe plotten außerdem in die Felder Anorthit (4987-P) resp. Hercynit (4967-DT*), was jeweils auf die angesprochenen höheren CaO- und Al_2O_3 -Anteile zurückzuführen ist.

Die Zusammensetzung der massiven Schlacken liegt in allen Fällen im resp. sehr nahe am Eutektikum einer fayalitischen Schmelze und bezeugt damit eine bestens kontrollierte Prozessführung mit optimaler Schlackenbildung, die eine guten Trennung von Wertträger und Schlacke garantierte.

Auch die Plattenschlacken plotten mehrheitlich in den Liquidusbereich von Fayalit, zeigen aber im Vergleich zu den massiven Schlacken einen deutlichen Trend in Richtung Magnetit (obere Talstufe) resp. Hercynit (untere Talstufe). Auch dieses Resultat stimmt gut mit den Beobachtungen der mineralogischen Untersuchung überein: Während die Plattenschlacken der oberen Talstufe vermehrt nicht nur Fayalit, sondern auch Magnetit als Matrixbestandteil zeigen, sind in den Plattenschlacken der unteren Talstufe jeweils relevante Klinopyroxen-Anteile nachzuweisen.

Diese Verschiebung der Zusammensetzungen vom Kern- zum Randbereich des Fayalit-Feldes lässt im Vergleich zu den massiven Schlacken zwar einen leichten Anstieg des Schmelzpunktes vermuten, dürfte sich aber gleichzeitig – zumindest im Falle der Schlacken aus der oberen Talstufe – auch in einer Senkung der Viskosität geäußert haben. Die Viskosität der Schlacke als Funktion der Temperatur ist für eine erfolgreiche Trennung von Schlacke und Regulus der entscheidende Faktor: Ist die Schlacke hochviskos, bleiben die Sulfidtropfen in der zähflüssigen Matrix stecken, ist sie hingegen niedrigviskos, können sich Sulfid- und Metalleinschlüsse ungehindert absenken und unterhalb der Schlacke zu einem Matte- und/oder Kupferregulus sammeln (Addis, Angelini und Artioli, 2017, S. 993).

³⁴⁴ Alternativ wird auch das System SiO_2 -FeO- Al_2O_3 verwendet (Hauptmann, 2007, S. 21).

³⁴⁵ Zur Phasengleichgewicht der idealen Fayalitschmelze s. bei Hauptmann (2007, S. 25).

³⁴³ 15,74 Gew.-%: 4964-S.

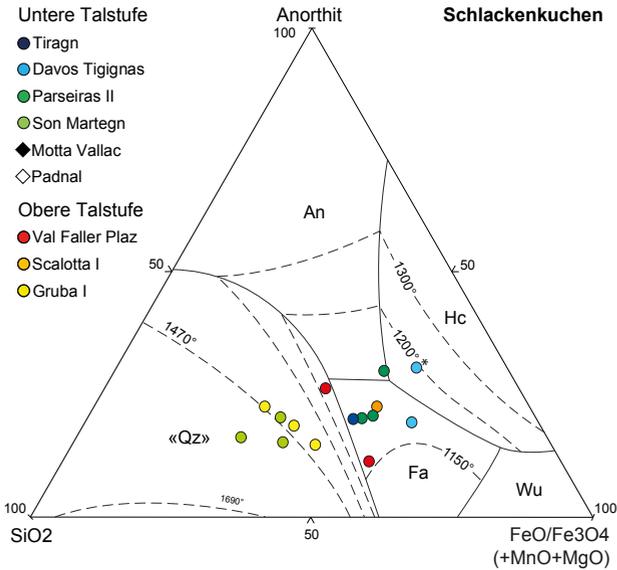


Abb. 4.36: Projektion der geochemischen Pauschalanalysen aller analysierten Schlacken in das erweiterte System SiO₂-FeO (+MgO+MnO)-Anorthit nach Schairer (1942), aufgeschlüsselt nach Schlackentypen. Die Schlackenkuchen (oben) weisen eine heterogene Zusammensetzung auf und streuen über verschiedene Liquidusfelder, die massiven Schlacken (Mitte) zeigen fast alle eine eutektische, fayalitische Zusammensetzung und auch die Plattenschlacken (unten) zeigen – Fundstellen resp. Talstufenspezifisch – eine einheitliche, für eine gute Trennung von Schlacke und Metall/Matte geeignete Zusammensetzung. «QZ» = SiO₂-Modifikationen. Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

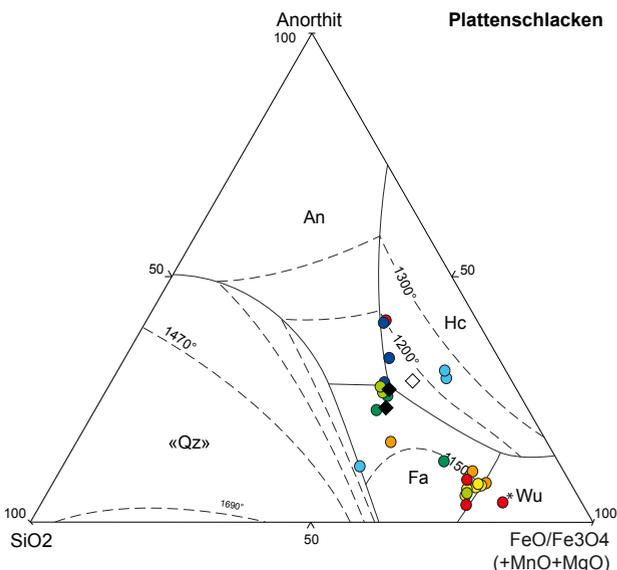
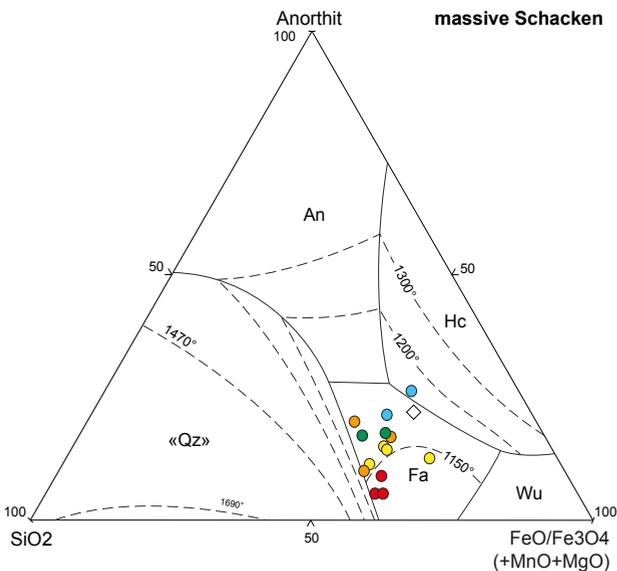
Die Viskosität einer Schmelze bei einer bestimmten Temperatur, hier 1400 °C, lässt sich gemäß H.G. Bachmann (1982, S. 19) aus dem Verhältnis von «basischen» zu «sauren» Oxiden ableiten. Die Formel lautet:

$$K_V = \frac{\sum \text{CaO} + \text{MgO} + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{AlK}_2\text{O}}{\sum \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}$$

Dabei gilt: Je höher der K-Index, desto niedriger die Viskosität (Bachmann, Lutz und Thiemann, 1989, S. 137). Der Index der hier analysierten Proben deutet – einmal mehr – auf klare Unterschiede sowohl zwischen den Talstufen, als auch zwischen den Schlackentypen hin (Abb. 4.37). Die Werte streuen zwischen 0,5 und 4,3 und liegen damit teilweise deutlich über den Erwartungen Bachmanns (1982, S. 19) für «alte Schlacken» von 0,5–1,0, aber auch deutlich über den für vergleichbare Untersuchungsgebiete ermittelten Werten.³⁴⁶

Die höchste Viskosität weisen die Schlackenkuchen mit Werten zwischen 0,5 und 1,78 auf. Die massiven Schlacken zeigen zwar nur in einem Fall höhere Indexwerte und damit bessere Fließigenschaften (4379-G), sind aber mit einem Minimalwert von 1,11 immer noch deutlich weniger zähflüssig als ein Großteil der Schlackenkuchen. Mit Abstand die niedrigste Viskosität ist aber für die Plattenschlacken mit Werten von bis zu 4,31 (4415-VF) vorzusetzen!

Nach Fundstellen getrennt betrachtet, zeigt sich überraschend klar, dass deutliche Viskositätsunterschiede zwischen den verschiedenen Schlackentypen ausschließlich im Probenmaterial aus der oberen Talstufe zu beobachten sind. Für alle drei untersuchten Schmelzplätze lässt sich eine Abnahme der Viskosität zwischen Schlackenkuchen und Plattenschlacken beobachten. Besonders deutlich zeichnet sich dieser Trend in den Proben von Gruba I ab: Hier liegen die Werte für Schlackenkuchen bei 0,51–0,82, für massive Schlacken bei 1,34–1,99 und für Plattenschlacken zwischen 2,79 und 3,22. Eine ähnliche Beobachtung machte B. Hohlmann



³⁴⁶ Zum Bsp. Trentino: 0,6–2,6 (Addis, Angelini und Artioli, 2017, Tab. 3).

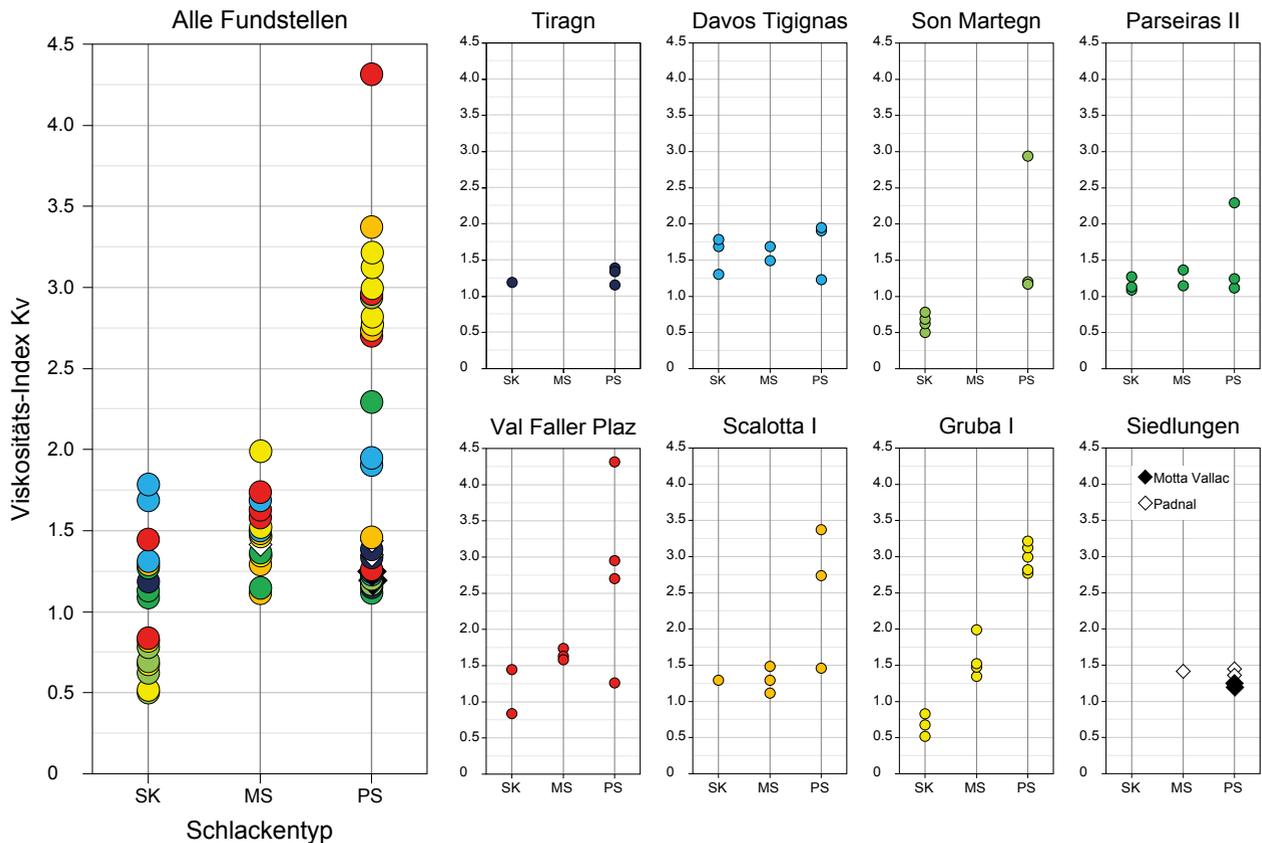


Abb. 4.37: Viskosität aller analysierten Schlacken nach Bachmann (1982), aufgeschlüsselt nach Fundort und Schlackentyp. Je niedriger der K_V -Index, desto höher die Viskosität (Zähflüssigkeit): Die Schlackenkuchen sowie ein Grossteil der massiven Schlacken zeigen bei gleicher Prozesstemperatur eine hohe bis mittlere Zähflüssigkeit, die Plattenschlacken – insbesondere aus der oberen Talstufe – eine sehr niedrige Viskosität und damit gute Fliesseigenschaften. Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

(1997, S. [2]) bei Schlacken vom Verhüttungsplatz Mühlbach/Brennerwald im Mitterberg-Gebiet.

Im Gegensatz dazu liegen die Proben der unteren Talstufe – unabhängig vom Typ – mit Index-Werten von 0,5–1,5, maximal 2 generell in einem stärker viskosen Bereich. Nur ganz vereinzelt lassen sich niedriger viskose Stücke fassen, bei denen es sich jeweils um sehr dünne Plattenschlacken handelt.³⁴⁷

Da die massiven Schlacken gemäß morphologischer Untersuchung jedoch an allen Fundstellen mehrheitlich verflüssigt und die Plattenschlacken sogar praktisch vollständig verflüssigt waren, bedeutet dies, dass für die Erzeugung einer niedrigviskosen Schmelze (Plattenschlacke) im Gegensatz zu einer hochviskosen Schmelze (Schlackenkuchen) in der unteren Talstufen deutlich höhere Prozesstemperaturen³⁴⁸ notwendig waren. In der oberen Talstufe scheint es hingegen gelungen zu sein, die Viskosität der Schmelze allein über die Zusammensetzung der Ofencharge zu steuern, da die verschiedenen

Schlackentypen bei vergleichbarer Temperatur eine deutlich divergierende Viskosität zeigen.

Cu, S

Wenig spezifisch zeigen sich die Cu- und S-Gehalte der untersuchten Proben: Die Mehrheit der Schlacken weist S-Gehalte von unter 2,5 Gew.-% und Cu-Gehalte von weniger als 1,5 Gew.-% auf, was zu den Beobachtungen der Dünnschliffmikroskopie passt: Kupfer liegt fast ausschließlich in Sulfidform vor, in den meisten Fällen als Agglomerat aus Kupfer-Eisen-Sulfiden, Eisensulfiden und seltener reinen Kupfersulfiden oder metallischen Kupfertropfen. Der S-Gehalt fällt dementsprechend meist höher aus als der Cu-Anteil.

Deutlich höhere Cu- als S-Gehalte konnten nur in einzelnen Proben detektiert werden: Die als «Sonderform» anzusprechende Schlacke aus Davos Tignas, 4967-DT*, zeigt bei einem S-Anteil von weniger als 0,1 Gew.-% den höchsten gemessenen Cu-Gehalt von 3,26 Gew.-%, was einerseits mit den mikroskopisch detektierten, kleinen Einschlüssen metallischen Kupfers übereinstimmt, vor allem auf die Cu-Sekundärminerale

³⁴⁷ 2,29: 4983-P; 2,94: 4977-SM.

³⁴⁸ Diese Schlussfolgerung ist als relative Relation zu verstehen und bezieht sich nicht auf die bei Bachmann (1982) angegebene absolute Prozesstemperatur von 1400 °C.

an der Schlacken- bzw. Ofenwandverschlackungsoberfläche zurückzuführen sein dürfte. Auch alle übrigen Schlacken, deren Cu- den S-Gehalt um mindestens 1 Gew.-% übersteigt, zeigen – im Gegensatz zur Mehrheit der Schlacken im Oberhalbstein – oberflächliche Cu-Sekundärmineral-Konzentrationen. Die Proben stammen ausnahmslos von den Fundstellen Davos Tignas und Val Faller Plaz.

Lediglich bei den zwei Plattenschlacken aus Val Faller Plaz (4417-VF, 4414-VF*) mit Cu-Gehalten von 1,57 resp. 2,95 Gew.-% bei S-Anteilen von 0,47 resp. 0,06 Gew.-% liegt keine oberflächliche Sekundärmineral-Patinierung vor. In beiden Proben wurde dementsprechend bereits mittels optischer Mikroskopie ein hoher Anteil an sehr kupferreichen Sulfiden und/oder Tropfen metallischen Kupfers festgestellt.

Weitere Nebenbestandteile wie TiO , Na_2O , K_2O oder P_2O_5 zeigen teilweise ebenfalls Fundstellen- oder Talabschnitt-spezifisch unterschiedliche Gehalte, sind im großen Ganzen aber für die hier verfolgte Fragestellung von untergeordneter Bedeutung und werden daher nicht detailliert diskutiert.

Spurenelemente

In Anlehnung an herkunftsanalytische Fragestellungen werden bei den Schlackenanalysen im Vergleich zu den Erzanalysen ein paar zusätzliche Spurenelemente berücksichtigt. Von nachgeordnetem Interesse sind aber auch hier die Gehalte an Se, Te und Bi, die in der Datentabelle zwar aufgeführt, im Folgenden aber nicht einzeln besprochen werden (Tab. 4.9).

Sn

In den Schlacken der verschiedenen Verhüttungsplätze ist nur sehr wenig – d. h. mehrheitlich unter 20 ppm – Sn enthalten; nur vereinzelt wurden Werte von 50 ppm und mehr gemessen. Ein anderes Bild zeigen die Analysen an Schlacken aus Siedlungskontexten: In den beiden Stücken von der Motta Vallac ist mit 60 resp. 210 ppm (3800-MV, 3801-MV) zwar immer noch sehr wenig Zinn enthalten, aber dennoch mehr als in den übrigen Verhüttungsschlacken, ohne dass dafür bislang eine plausible Erklärung gefunden werden konnte. Zwei der Schlacken vom Padnal zeigen mit den restlichen Schlacken vergleichbare, sehr niedrige Sn-Werte von maximal 10 ppm. Die dritte Probe, 3804-SP*, enthält aber 29000 ppm, also 2,9 Gew.-% Zinn! Es handelt sich dabei also zweifelsfrei um keine reguläre Verhüttungsschlacke, sondern das Abfallprodukt eines Arbeitsschrittes mit resp. zu einem legierten Wertträger. Interessant ist, dass sich die Hauptbestandteile dieser Schlacke von 30,9 Gew.-% SiO_2 , 34,8 Gew.-% FeO , 12,3 Gew.-% CaO (Höchstwert!) und gerade einmal 0,8 Gew.-% Cu nicht wesentlich von den Verhüttungsschlacken unterscheiden – wie

es beispielsweise von einer Bronzegussschlacke zu erwarten wäre. Da von der betreffenden Probe kein Dünnschliffpräparat angefertigt wurde, lässt sich dieser hohe Sn-Wert leider nicht abschließend einordnen. Es handelt sich bei der beprobten Schlacke um ein makroskopisch mit anderen Plattenschlackenfragmenten vergleichbares Stück, das allerdings einen größeren Gesteins(?)-Einschluss enthält. Ob der auffallend hohe Sn-Gehalt auf diesen Einschluss zurückzuführen ist, könnte im Rahmen weiterführender Untersuchungen geklärt werden.³⁴⁹ Von besonderem Interesse wäre außerdem die Einordnung dieser (noch) singulären Schlacke in den technologischen Kontext. Zu diesem Zweck wäre es sicherlich lohnenswert, weitere Schlacken aus Siedlungskontexten genauer zu untersuchen. Prozesstechnologisch ebenfalls noch nicht abschließend eingeordnete Vergleichsfunde liegen bislang – soweit bekannt – lediglich aus Priggitz-Gasteil in Niederösterreich vor (Haubner, Strobl und Trebsche, 2019, S. 329-330).

Ag, As, Sb

Die typischen Fahlerz-Zeiger Ag, As und Sb sind in den Oberhalbsteiner Verhüttungsschlacken – wenn überhaupt – nur im ein-, maximal zweistelligen ppm Bereich nachweisbar. Ag überschreitet in keiner der Proben einen Gehalt von 5 ppm, was selbst unter Berücksichtigung der chalkophilen Eigenschaften von Ag (Pernicka, 1999, S. 164) ein äußerst geringer Wert ist. Eine Verarbeitung von Fahlerz-haltigem Ausgangsmaterial kann daher für die untersuchten sieben Verhüttungsplätze mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Im Vergleich dazu zeigen die Siedlungsschlacken auch hier tendenziell höhere Werte, die aber – mit Ausnahme von Probe 3804-SP* – im oberen Segment des Spektrums der Verhüttungsschlacken bleiben. Die zinnhaltige Probe 3804-SP* zeigt mit 290 ppm Sb, 30 ppm Ag und 1400 ppm As eine leichte Fahlerz-Signatur. Es ist daher fraglich, ob diese Schlacke mit der Verarbeitung lokalen Ausgangsmaterials in Verbindung gebracht werden kann oder nicht vielmehr bei der Verarbeitung eines ortsfremden Rohstoffs entstanden ist.

Pb, U

Sowohl Pb als auch U sind in den Verhüttungsschlacken aus dem Oberhalbstein ebenfalls nur im Umfang von wenigen ppm enthalten: Die Pb-Gehalte fallen mit 1,4–60 ppm so niedrig aus, dass Pb-Isotopenanalysen nur an ausgewählten Proben durchgeführt werden konnten. Gleichzeitig liegen die U-Gehalte von 0,1–6,8 ppm teilweise in problematischer Mengenrelation zu Blei vor

³⁴⁹ Allenfalls wäre vor diesem Hintergrund sogar die bislang als wenig wahrscheinlich eingestufte, historische Überlieferung einer «Zinnstufe bei Ziteil» einer Neubewertung zu unterziehen (vgl. Kapitel 2.1.3, S. 34-35).

	Fundstelle	Probe	Typ	Cr	Co	Ni	Pb	U	As	Sb	Ag	Sn	Te	Bi	Se		
Untere Talstufe	Schmelzplätze																
	Tiragn (3604)	4418-T	SK	670	300	180	5	2,1	35	<0,5	1,6	7	1,6	0,2	<10		
		4419-T	PS-A	290	250	20	10	3,1	10	2,0	0,4	65	1,6	<0,1	<10		
		4420-T	PS-B	100	390	<5	5	5,5	10	<0,5	<0,3	18	1,5	<0,1	<10		
		4421-T	PS-C	280	460	40	5	3,6	80	1,4	<0,3	7,3	1,5	0,2	<10		
	Davos Tignas (2544)	4967-DT*	SK*	190	940	340	50	2,5	10	2,8	2,3	25	1,8	0,6	<5		
		4968-DT	PS-A	110	2300	30	60	4,0	15	4,2	1,5	4,1	1,9	0,6	<5		
		4969-DT	SK	85	1300	15	50	6,8	45	4,3	1,7	3,4	2,1	0,6	9		
		4970-DT	PS-A	210	2100	45	50	3,5	15	3,9	1,7	20	2,7	0,5	5		
		4971-DT	PS-B	850	1800	60	20	2,5	8	2,0	1,3	7,9	1,4	0,5	<5		
		4972-DT	MS	350	2000	85	20	4,3	9	4,3	2,5	50	1,7	0,6	<5		
		4973-DT	MS*	150	1900	50	15	3,7	30	12,0	1,7	4,2	2,3	0,5	10		
		4974-DT	MS	280	2500	120	20	3,9	9	4,2	2,7	15	1,7	0,6	<5		
	Son Martegn (2943)	4975-SM	PS-B	90	690	6	15	4,6	10	2,8	1,3	3,8	1,6	0,5	6		
		4976-SM	SK	110	540	15	35	3,6	9	2,8	3,8	7,2	1,5	0,6	<5		
		4977-SM	PS-C	70	4800	45	20	1,6	15	6,2	1,5	9,5	1,4	0,5	13		
		4978-SM	PS-B	170	800	10	15	4,3	10	2,9	1,3	7,7	1,4	0,5	<5		
		4979-SM	SK	180	710	25	15	4,1	10	3,0	1,5	8,1	1,6	0,5	<5		
		4980-SM	MS*	150	690	25	10	4,7	15	2,9	1,6	5,6	1,5	0,5	<5		
		4981-SM	SK	60	460	10	15	4,7	10	2,4	2,0	9,0	1,4	0,5	<5		
	Parseiras II (2966)	4982-P	PS-B	75	860	4	8	4,5	15	3,1	1,2	4,2	1,5	0,5	<5		
		4983-P	PS-C	85	3000	15	8	1,7	10	1,2	1,3	<1	1,5	0,5	15		
		4984-P	PS-B	120	1100	60	9	3,8	10	4,6	1,2	10	1,5	0,5	<5		
		4985-P	SK	80	740	10	9	4,1	25	2,9	1,4	6,1	1,8	0,5	7		
		4986-P	SK	100	710	10	7	4,8	15	4,5	1,4	6,8	1,6	0,5	6		
		4987-P	SK	60	1100	2	8	5,2	30	2,0	1,4	<1	1,6	0,5	<5		
		4988-P	MS	65	930	3	8	4,9	15	2,1	1,3	<1	1,5	0,5	<5		
		4989-P	MS	75	1000	6	6	5,0	15	2,2	1,3	<1	1,7	0,5	<5		
	Siedlungen																
	Motta Vallac (2831)	3800-MV	PS	510	2200	45	10	6,8	35	8,3	2,4	60	<2	<0,1	<10		
		3801-MV	PS	700	2500	85	7	5,5	25	7,4	2,1	210	<2	<0,1	<10		
	Padnal (2916)	3802-SP	PS	240	600	80	5	1,0	9	5,8	3,5	3,4	<2	0,2	<10		
		3803-SP	MS	390	2300	40	7	4,8	55	9,3	2,3	10	<2	0,6	<10		
		3804-SP*	PS	1200	990	85	370	30,1	1400	290	30	29000	<2	10,0	<10		
	Obere Talstufe	Schmelzplätze															
		Val Faller Plaz (2120)	4409-VF	SK	1000	140	190	35	0,3	7	4,0	1,4	5,1	8,4	1,0	<10	
			4410-VF	SK	1500	220	290	10	0,2	6	1,5	0,5	5,4	5,3	0,5	<10	
			4411-VF	MS	1300	180	490	8	0,1	6	<0,5	0,5	2,8	4,0	0,3	<10	
			4412-VF	MS	1800	250	380	9	0,1	6	2,4	0,3	2,3	3,4	0,3	<10	
			4413-VF	MS	2000	300	500	6	0,2	5	1,3	1,3	4,8	3,1	0,2	<10	
			4414-VF*	PS-B	240	3900	20100	10	1,1	5	0,8	<0,3	20	2,4	0,4	<10	
			4415-VF	PS-A	540	1100	980	5	0,5	5	2,2	<0,3	7,8	2,4	0,1	<10	
			4416-VF	PS-C	480	910	710	4	0,8	6	1,4	<0,3	26	1,8	0,1	<10	
		4417-VF	PS-C	370	1200	1800	5	0,8	5	1,8	0,6	6,4	2,0	<0,1	<10		
		Scalotta I (1842)	4960-S	PS-A	490	1700	690	25	1,0	<5	1,1	2,5	9,6	1,8	1,0	6	
			4961-S	MS	810	360	470	40	1,4	5	1,5	2,4	4,1	2,2	0,8	<5	
			4962-S	MS	1500	220	1200	55	1,2	7	1,3	1,3	1,8	1,4	0,5	<5	
4963-S			SK	1400	170	550	40	0,9	9	1,7	1,7	5,8	1,6	0,5	<5		
4964-S			PS-A	1300	220	390	50	1,5	<5	1,4	1,7	7,1	1,7	0,6	<5		
4965-S			MS	1500	360	170	40	0,8	<5	1,0	1,6	<1	1,8	0,8	<5		
4966-S			PS-C	460	840	200	50	1,4	<5	1,0	1,3	<1	1,6	0,7	<5		
Gruba I (1852)		4379-G	MS	850	240	230	1,4	0,8	3	<1	1,2	5,3	0,5	0,1	4		
		4380-G	MS	1200	190	530	3	0,2	5	<1	1,8	6,0	0,5	0,1	120		
		4381-G	PS	460	440	190	3	0,7	2	<1	1,3	6,2	0,6	0,1	20		
		4382-G	MS	1200	190	440	3	0,3	5	<1	1,7	8,7	0,5	0,1	4		
		4383-G	MS	620	260	580	2	0,3	3	<1	1,6	6,2	0,4	0,2	5		
		4384-G	PS	340	1200	340	1,6	0,7	2	<1	1,1	5,3	0,4	0,0	<3		
		4385-G	PS	450	690	290	1,6	0,7	3	<1	1,5	7,2	0,4	0,1	20		
		4386-G	PS	470	410	190	9	0,7	7	<1	4,7	4,0	1,3	0,0	<3		
		4387-G	PS	320	1300	460	<1	0,8	7	<1	4,8	5,0	0,8	<0,01	<3		
		4957-G	SK	660	95	310	20	2,0	20	1,4	2,8	2,6	2,1	0,7	<5		
		4958-G	SK	520	150	170	30	1,6	10	1,1	1,7	2,5	1,6	0,7	<5		
		4959-G	SK	360	75	140	30	2,0	10	1,4	2,2	1,5	2,1	0,7	<5		

Tab. 4.9: Chemische Pauschalanalysen mittels ICP-MS an Schlackenproben aus dem Oberhalbstein. Spurenelemente in ppm. Alle Proben wurden im Forschungslabor des DBM gemessen.

(s. Kapitel 4.4). Die U-Werte fallen in der unteren Talstufe generell etwas höher aus als in der oberen Talstufe, wo sie gegen Null tendieren. Mit einem Pb-Gehalt von 370 ppm bei einem U-Wert unterhalb der Nachweisgrenze, stellt die zinnreiche Probe 3804-SP* auch hier eine Ausnahme dar.

Cr, Co, Ni

Die drei Spurenelemente Cr, Co und Ni sind in den Oberhalbsteiner Verhüttungsschlacken regelhaft in relevanten Anteilen vorhanden und damit auch für die Diskussion um die genaue Herkunft des verarbeiteten Ausgangsmaterials von zentraler Bedeutung. Die Co- und Ni-Gehalte der Schlacken liefern darüber hinaus Hinweise auf die Charakterisierung des produzierten Kupfers, während Cr als lithophiles Element während des Verhüttungsprozesses zum größten Teil in die Schlacke übergeht und im resultierenden Wertträger daher nicht mehr in ausreichender Menge zu erwarten ist (Pernicka, 1999, S. 164; Hauptmann, 2007, S. 31).

Die Cr-Werte liegen in der oberen Talstufe mit 240–2000 ppm am höchsten, gefolgt von denjenigen aus Davos Tignas, Tiragn, Motta Vallac und Padnal³⁵⁰ mit 85–700 ppm. Am geringsten fallen die Cr-Anteile in den Proben aus Son Martegn und Parseiras II aus.

Ein ähnliches Bild zeichnet sich bei den Ni-Gehalten ab. Während die Fundstellen in der oberen Talstufe bis zu 1800 ppm Ni enthalten, sind sowohl in den Verhüttungswie auch den Siedlungsschlacken der unteren Talstufe selten mehr als 100 ppm Ni nachweisbar. Einen außergewöhnlich hohen Ni-Wert lieferte die Probe 4414-VF*: die 20100 ppm Ni in dieser Verhüttungsschlacke sind mit größter Wahrscheinlichkeit auf ein lokales Vorkommen von Nickelsulfiden zurückzuführen (s. Kapitel 4.5.1).

Im Gegensatz zu Ni und Cr, fallen die Co-Werte in den Schlacken der unteren Talstufe höher aus: An allen Fundstellen lassen sich Werte von über 2000 ppm Co, in Son Martegn sogar bis zu 4800 ppm Co nachweisen – mit Ausnahme der Proben aus Tiragn, die alle weniger als 500 ppm Co enthalten. Aber auch in den Verhüttungsschlacken aus Gruba I, Scalotta I und Val Faller Plaz sind regelmäßig einige hundert bis 1700 ppm Co enthalten (Abb. 4.38).

Generell nehmen die Cr-Gehalte von den Schlacken über die massiven Schlacken bis hin zu den Plattenschlacken ab, während die Co- und Ni-Gehalte leicht ansteigen, ausgelöst durch eine fortlaufende Verschlackung resp. Anreicherung dieser Elemente im Zuge wiederholter Schmelzprozesse.

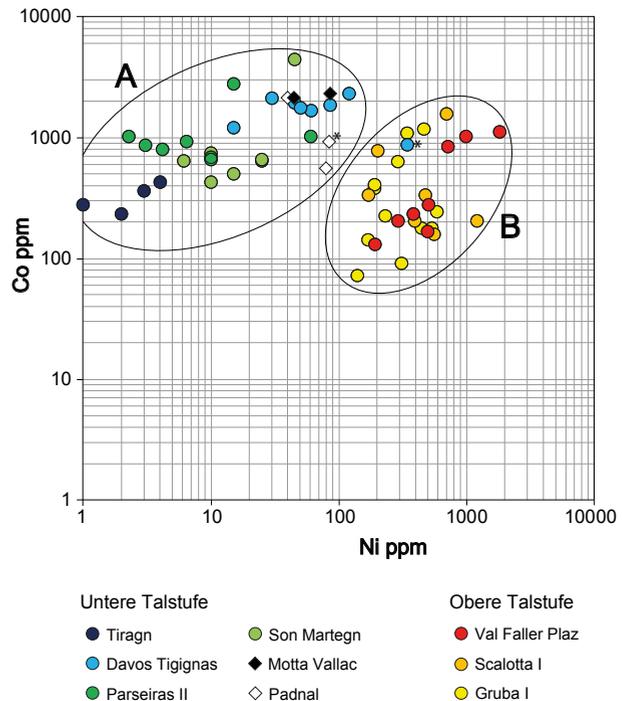


Abb. 4.38: Am deutlichsten lassen sich die unterschiedlichen Spurenelementgehalte in einem Ni-Co-Diagramm darstellen: Die Schlacken aus der unteren Talstufe plotten – mit einer einzigen Ausnahme – in den Co-reichen, Ni-ärmeren Bereich (A) und lassen sich deutlich von den Ni-reicheren, Co-armen Schlacken der oberen Talstufe (B) abgrenzen. Die Proben aus Siedlungskontexten liegen im Mittelfeld der Werte der nördlichen Talstufe und passen somit gut in ihren geographischen Kontext. Die ausserordentlich Ni-reiche Probe 4414-VF* ist nicht abgebildet (ausserhalb des Diagrammbereichs). Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

4.3.3 Zusammenfassung: Analytische Untersuchungen an Schlacken

55 Schlacken von sieben verschiedenen Verhüttungsplätzen sowie 5 Proben aus den beiden urgeschichtlichen Siedlungen Savognin Padnal und Salouf Motta Vallac wurden archäometrisch analysiert. Während mithilfe der mineralogischen Untersuchungen am Probenmaterial insbesondere die Unterschiede zwischen den einzelnen Schlackentypen genauer beschrieben werden konnten, haben die Resultate der geochemischen Analysen deutliche Unterschiede in der Zusammensetzung der Schlacken aus den unterschiedlichen Fundstellen bzw. Talstufen ans Licht gebracht.

Alle **Schlackenkuchen** zeigen ein sehr heterogenes, mit zahlreichen Blasen durchsetztes Gefüge. Sie bestehen aus einem Gerüst von Restiten (v.a. Quarz), das durch eine prismatisch bis hopper-förmig kristallisierte Fayalit-Matrix zusammengehalten wird. Sulfideinschlüsse sind hauptsächlich im Bereich von Magnetitagglomeraten in der Schlackenmatrix oder in Gesteinseinschlüssen zu beobachten. Sie setzen sich überwiegend aus einem Gemenge von Chalkopyrit – mit oder ohne Bornit-Lamellierung – Pyrrhotin und Magnetit zusammen.

³⁵⁰ Probe 3804-SP* wird in diesem Abschnitt aufgrund ihrer fraglichen Herkunft resp. Entstehung nicht weiter berücksichtigt (1200 ppm Cr, 990 ppm Co, 85 ppm Ni).

Die **massiven Schlacken** zeigen ein etwas weniger heterogenes Gefüge, weisen aber ebenfalls regelhaft Einschlüsse und Blasen auf. Die Matrix besteht auch hier aus prismatisch bis hopper-förmigen oder auch nadelförmig kristallisierten Fayaliten mit teilweise hohe Mg-Anteilen.³⁵¹ In den Randbereichen sind außerdem häufig Hämatit und/oder Magnetit zu beobachten. Größere Sulfideinschlüsse finden sich – wie in den Schlacken Kuchen – hauptsächlich in reliktschen Gesteinseinschlüssen oder innerhalb von Magnetitagglomeraten. Ihre Zusammensetzung liegt ebenfalls nahe am Ausgangserz, teilweise sind aber auch kupferreichere Sulfide wie Bornit und Chalkosin oder Tropfen metallischen Kupfers zu beobachten.

Die **Plattenschlacken** unterscheiden sich mineralogisch sehr deutlich von den beiden anderen Typen. Alle untersuchten Fragmente zeigen eine sehr homogene Matrix ohne erkennbare Gesteinseinschlüsse, auch Magnetitagglomerate sind nur noch sehr selten zu beobachten.³⁵² Die Matrix der Plattenschlacken besteht aus nadel- bis leistenförmigen, häufig in Spinifex-Gefüge angeordneten Fayaliten sowie Magnetit. Die Sulfideinschlüsse liegen als zumeist kleine, dispers verteilte Tropfen in geringer bis mittlerer Dichte vor. Ihre Zusammensetzung reicht von Chalkopyrit-Pyrrhotin-(Magnetit) bis zu reinen Kupfersulfiden und metallischem Kupfer. Die Mehrheit der Sulfideinschlüsse weist allerdings eine Bornit-ähnliche Zusammensetzung auf. Überwiegend resp. ausschließlich Kupfersulfide oder metallisches Kupfer wurde nur in den Plattenschlacken aus der Val Faller festgestellt.

So gut wie alle Schlacken weisen auf eine Verhüttung von relativ kupfer-armen Chalkopyrit-Pyrrhotin-Magnetit-Erzen hin.

Die Morphologie der Fayalite in den Schlacken Kuchen zeugen von reduzierenden Prozessbedingungen und einem langsamen Auskühlen der Schlacke am Ende des Prozesses im Ofen. Die massiven und Plattenschlacken hingegen zeigen häufiger Phasen, die auf eine stärker oxidierende **Prozessatmosphäre** hinweisen (Magnetit, Hämatit). Sie sind auch nicht langsam im Reaktor ausgekühlt, sondern wurden dem laufenden Prozess entnommen und sind durch den so entstandenen Temperaturabfall auf beiden Oberflächen (Ober-/Unterseite) rasch ausgekühlt, wie die Morphologie der Olivine klar zeigt.

Die häufig beobachteten **Magnetitagglomerate** dürften nach genauerer Betrachtung reagierte Reste von Eisen(hydr)oxiden darstellen, wie sie im Bereich der Oberhalbsteiner Vererzungen häufig zu beobachten sind.

Die Charakterisierung des (Zwischen)Produkts anhand der in den Schlacken enthaltenen eisen- und/oder kupferhaltigen **Sulfideinschlüsse** ist hingegen mit einigen Schwierigkeiten behaftet. So scheinen in Magnetitagglomeraten und in Gesteinsrestiten «gefangene» Sulfide überproportional vertreten, während repräsentivere

Sulfideinschlüsse aus der Schlackenmatrix weitgehend fehlen. Dennoch lässt sich zumindest für die Fundstelle Val Faller Plaz die Produktion von metallischem Kupfer sicher belegen: Die Mehrheit der hier untersuchten Plattenschlacken enthält praktisch ausschließlich sehr kupferreiche Sulfide oder sogar nur metallisches Kupfer!

Bei allen untersuchten Schlacken handelt es sich um Eisensilikatschlacken, die sich hauptsächlich aus **SiO₂** und **FeO** in wechselnden Anteilen zusammensetzen. Die Nebenbestandteile **Al₂O₃** und **CaO** sind meist in einer Konzentration von unter 10 Gew.-% enthalten, wobei die Schlacken der unteren Talstufe jeweils einen etwas höheren CaO-Anteil aufweisen. Auffällig sind die hohen **MgO**-Gehalte der Schlacken aus der oberen Talstufe von bis zu knapp 30 Gew.-%. Sie dürften auf das stark Mg-haltige Nebengestein Serpentin zurückzuführen sein. Die Gesamtzusammensetzung der Schlacken liegt insbesondere bei den massiven und den Plattenschlacken nahe am Fayalit-Eutektikum, was eine gut kontrollierte Prozessführung sowie eine gute Trennung von Schlacke und Wertträger indiziert.

Über die Pauschalchemie der Schlacken wurde außerdem deren relative **Viskosität** berechnet. Während für praktisch alle Schlacken aus dem unteren Talbereich eine hohe bis mittlere Viskosität ermittelt wurde, zeigen die Schlacken der oberen Talstufe eine deutliche Abnahme der Viskosität von den Schlacken Kuchen über die massiven Schlacken bis hin zu den außergewöhnlich niedrigviskosen Plattenschlacken.

Die Cu- und S-Gehalte von weitgehend unter 1,5 resp. 2,5 Gew.-% bestätigen die mineralogischen Beobachtungen: Kupfer liegt in den Verhüttungsschlacken fast ausschließlich als Sulfid vor, meist in Vergesellschaftung mit Fe resp. Fe-Sulfiden.

Eine lokale Verarbeitung von Fahlerzen kann aufgrund der sehr geringen Ag-, As- und Sb-Gehalte in allen Verhüttungsschlacken definitiv ausgeschlossen werden. Ebenfalls nur im ein- bis zweistelligen ppm-Bereich nachweisbar sind eine Reihe weiterer Spurenelemente, darunter auch Pb, was die Pb-Isotopie maßgeblich erschwert.

Aussagekräftig sind hingegen die Anteile an **Cr**, **Co** und **Ni** in den Schlacken der verschiedenen Fundstellen: In den Proben des südlichen Talabschnitts lässt sich besonders viel Ni und Cr nachweisen, etwas weniger Co. In den Schlacken der nördlichen Talhälfte wiederum sind wenig Ni und Cr, dafür viel Co enthalten. Diese Spurenelementsignaturen helfen einerseits dabei, Aussagen über das verarbeitete Ausgangsmaterial zu formulieren, und andererseits, das im Oberhalbstein produzierte Kupfer genauer zu charakterisieren.

Die wenigen, ebenfalls untersuchten **Schlacken aus Siedlungskontexten** wurden lediglich geochemisch analysiert, da ihr technologischer Fundkontext nicht klar ist. Die Resultate stimmen weitgehend mit den Analyseergebnissen aus der unteren Talstufe überein – es dürfte sich bei diesen Schlacken also ebenfalls um Verhüttungsschlacken handeln. Ob sie von einem umliegenden Verhüttungsplatz in die Siedlung gebracht wurden oder bei

³⁵¹ Vgl. Val Faller und Scalotta I.

³⁵² Die beiden Plattenschlacken 4960-S und 4964-S aus Scalotta I bilden eine Ausnahme (vgl. S. 153-154).

metallurgischen Aktivitäten innerhalb dieser Fundstellen als Abfallprodukt anfielen, kann allerdings nur aus den lediglich partiell aufgearbeiteten archäologischen Befunden rekonstruiert werden. Ohne weiterführende Untersuchungen ist aufgrund des moderaten Fundumfangs jedoch eher nicht von eigentlichen Verhüttungsvorgängen innerhalb der Siedlungen auszugehen.

Eine Ausnahme stellt Probe **3804-SP*** von Savogin Padnal dar: Mit einem Zinn-Gehalt von knapp 3 Gew.-% handelt es sich nicht um eine Verhüttungsschlacke, sondern das Abfallprodukt eines anderen, anhand dieser Einzelprobe nicht genauer charakterisierbaren Prozesses, an dessen Ende ein mit Zinn legiertes Produkt entstand.

4.4 Bleisotopenanalysen an Erzen und Schlacken

Ursprünglich wurde die Bleisotopenanalyse in der Geologie als Datierungsmethode eingesetzt, etwa um die Paragenese von Vererzungen zu untersuchen. Das Verfahren basiert auf den vier stabilen Bleisotopen 204, 206, 207 und 208. Während ersteres nicht radiogen und dementsprechend konstant in der ursprünglichen Konzentration vorhanden ist, stellen ^{206}Pb , ^{207}Pb und ^{208}Pb Zerfallsprodukte von U und Th dar, deren Bildung in der Regel mit der Abtrennung von U und Th während der Entstehung von bleihaltigen Erzen endet. Das heute detektierte Verhältnis der verschiedenen Isotope untereinander ist also sowohl von der relativen Verfügbarkeit von U und Th als auch von der Dauer der Bildung radiogener Isotope abhängig (Hauptmann, 2007, S. 31-32).

Seit geraumer Zeit zählt die Bleisotopenanalyse auch zum archäometallurgischen Kanon der Provenienz-Analytik.³⁵³ Neben Silber und Blei selbst ist sie gerade auch für Kupfer bzw. Bronze eine geeignete herkunftsanalytische Methode, da Blei in Kupfererzen sehr häufig untergeordnet vorhanden ist und sich aufgrund des höheren Oxidationspunktes auch in den entsprechenden Produkten nachweisen lässt. Den entscheidenden Vorteil der Methode stellt die Tatsache dar, dass die Bleisotopenverhältnisse während pyrotechnischer Verarbeitungsprozesse vom Erz zum Metall – ganz im Gegenteil zu den Spurenelementgehalten – keine Fraktionierung durchlaufen. Somit sind Ausgangsmaterial, Abfallprodukte der Verhüttung³⁵⁴ sowie Fertigobjekte direkt miteinander vergleichbar. Streng genommen kann bei dieser Methodik also sowohl die angewendete Herstellungs-

technologie als auch der absolute Blei-Gehalt vernachlässigt werden, da die relativen Isotopenverhältnisse ausgewertet werden (Pernicka, 2014, S. 248-249). Darüber hinaus kann anhand der Isotopenverhältnisse das Alter einer Erzquelle abgeschätzt werden. So können einzelne Vorkommen oder Reviere bei ausreichender Datengrundlage auf der Grundlage von geologischen Argumenten als Rohstoffquellen in Betracht gezogen bzw. ausgeschlossen werden (Hauptmann, 2007, S. 35).

Die laufend zunehmende Verfügbarkeit von Referenzdaten aus unterschiedlichen Weltregionen verdeutlicht den größten Schwachpunkt der Bleisotopenanalyse: Die hohe Anzahl ähnlicher Isotopenverhältnisse unterschiedlicher Lagerstätten führt zu einer Überlappung zahlreicher Signaturen und somit zu einer erschwerten Differenzierung. Dies führt dazu, dass auf der Grundlage von Bleisotopenanalysen allein lediglich ausgewählte Vorkommen als Rohstoffquellen für ein Objekt oder eine Objektgruppe in der Regel lediglich ausgeschlossen, jedoch nicht mit Sicherheit zugewiesen werden können. Eine plausible Verknüpfung eines Fertigobjekts mit einer spezifischen Lagerstätte oder einem Revier kann demnach ausschließlich in Kombination mit weiteren – im Idealfall geochemischen und archäologischen – Argumenten erfolgen (Hauptmann, 2007, S. 36; Pernicka, 2014, S. 250).

Problematisch ist die bleisotopische Charakterisierung eines Erzvorkommens insbesondere dann, wenn Pb nur in einer sehr geringen Konzentration vorhanden ist. Kupfervorkommen mit niedrigen Pb-Anteilen zeigen häufig stark variierende Isotopenverhältnisse. Dieser Effekt betrifft insbesondere Lokalitäten, die im Verhältnis zum geringen Pb-Gehalt immer noch signifikante U- und Th-Gehalte aufweisen und somit auch eine über den Entstehungszeitpunkt der Vererzung hinaus reichende Bildung von radiogenen Bleisotopen vermuten lassen (Pernicka, 2014, S. 249).

Dies trifft teilweise auch auf die hier untersuchten Proben zu. Die Pb-Gehalte liegen sowohl in den analysierten Erz- als auch in den Schlackenproben im ein- bis maximal zweistelligen ppm-Bereich und sind somit als sehr gering einzustufen. Gleichzeitig lassen sich fallweise U-Gehalte in einem problematischen Verhältnis von bis zu 1:1 nachweisen (vgl. Tab. 4.6 und Tab. 4.9). Für die Bleisotopenanalyse wurden daher pro Fundstelle jeweils die Pb-reichsten Proben verwendet.³⁵⁵ Insgesamt wurden 20 Schlacken- und 11 Erzproben analysiert, jeweils drei bzw. zwei Proben pro Schmelzplatz sowie eine bis zwei Proben pro Vererzung (s. Tab. 4.1 und Tab. 4.2). Aufgrund der ohnehin schon sehr geringen Bleigehalte stand eine gezielte Beprobung von Sulfid- und Metalleinschlüssen in den Schlacken für eine möglichst präzise Charakterisierung des produzierten Kupfers nicht zur Diskussion. Stattdessen wurde jeweils dasselbe Probenpulver wie für die ICP-MS Analysen verwendet. Die

³⁵³ Wegweisende Beiträge zum Einsatz der Bleisotopenanalyse für die Provenienzforschung: Pernicka, et al., 1984; Stos-Gale, 1993.

³⁵⁴ Untersuchungen am Mitterberg zufolge liefern Schlacken für die Bestimmung der Bleisotopenverhältnisse eines Reviers bisweilen sogar präzisere Angaben als Erze (weniger Streuung durch Homogenisierung) bzw. sogar mit Gusskuchen vergleichbare Referenzwerte (vgl. Lutz, Krutter und Pernicka, 2019a, S. 368; 2019b, S. 326).

³⁵⁵ Eine Ausnahme stellt die Proben von Cotschens 1 dar. Hier lagen zum Zeitpunkt der Probenauswahl noch keine pauschalchemischen Analysen vor, weshalb unwissentlich eine sehr Pb-arme Probe (4048-C1) analysiert wurde.

	Lokalität	V.-Nr.	Probe	Pb	U	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb cal}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb cal}$
UT	Ziteil	29	4436-Z	25	0,1	2,070	0,836	18,722	38,751	15,651
	Avagna-Ochsenalp	4	4427-AO	70	2,0	2,079	0,842	18,621	38,714	15,671
Obere Talstufe	Gruba 1	5	4424-G1	7	0,1	2,080	0,851	18,225	37,913	15,515
	Vals	30	4422-V	3	0,5	2,044	0,836	18,593	38,011	15,540
			4423-V	15	0,3	2,065	0,847	18,315	37,813	15,505
	Cotschens 1	10	4048-C1	<3,5	0,02	2,087	0,853	18,223	38,029	15,551
			4433-C1	5	0,1	2,079	0,851	18,200	37,834	15,494
	Cotschens 2	23	4046-C2	15	0,03	2,078	0,850	18,278	37,991	15,529
	Crap Fess	16	4432-CF	5	1,2	1,888	0,780	19,989	37,747	15,586
Alp Tgavretga	19	4430-AT	4	0,1	2,073	0,845	18,390	38,113	15,539	

Tab. 4.10: Bleiisotopenverhältnisse sowie Pb- und U-Gehalte (in ppm) von Erzproben aus dem Oberhalbstein. Die 2- σ Abweichung beträgt bei $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 0,0001, bei $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 0,00001–0,00002, bei $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 0,001–0,002, bei $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb cal}$ 0,002–0,007 und bei $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb cal}$ 0,001. Alle Bleiisotopen wurden im Labor des CEZ Mannheim gemessen, die Spurenelementgehalte im Forschungslabor des DBM.

	Fundstelle	Probe	Typ	Pb	U	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb cal}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb cal}$
Untere Talstufe	Tiragn (3604)	4418-T	SK	5	2,1	2,0698	0,84347	18,503	38,297	15,606
		4419-T	PS-A	10	3,1	2,0892	0,84929	18,414	38,471	15,639
	Davos Tignas (2544)	4968-DT	PS-A	60	4,0	2,0351	0,82437	18,979	38,624	15,646
		4969-DT	SK	50	6,8	1,9045	0,76758	20,498	39,038	15,733
		4970-DT	PS-A	50	3,5	2,0394	0,82633	18,912	38,569	15,627
	Son Martegn (2943)	4975-SM	PS-B	15	4,6	2,0676	0,84084	18,559	38,372	15,605
		4976-SM	SK	35	3,6	2,0839	0,85781	18,041	37,595	15,476
		4977-SM	PS-C	20	1,6	2,0695	0,84409	18,450	38,182	15,573
	Parseiras II (2966)	4983-P	PS-C	8	1,7	2,0415	0,81907	19,099	38,992	15,644
		4984-P	PS-B	9	3,8	2,0417	0,82507	18,997	38,785	15,674
4985-P		SK	9	4,1	2,0286	0,81799	19,143	38,834	15,659	
Obere Talstufe	Val Faller Plaz (2120)	4409-VF	SK	35	0,3	2,1148	0,86918	17,985	38,035	15,632
		4410-VF	SK	10	0,2	2,1096	0,86598	18,044	38,067	15,626
		4414-VF*	PS-B	10	1,1	2,0793	0,84396	18,523	38,515	15,632
	Scalotta I (1842)	4964-S	PS-A	50	1,5	2,0795	0,84467	18,519	38,511	15,643
		4965-S	MS	40	0,8	2,0666	0,83774	18,667	38,578	15,638
		4966-S	PS-C	50	1,4	2,0713	0,83912	18,661	38,653	15,659
	Gruba I (1852)	4957-G	SK	20	2,0	2,0416	0,81908	19,099	38,992	15,644
		4958-G	SK	30	1,6	2,0537	0,82590	18,949	38,916	15,650
		4959-G	SK	30	2,0	2,0535	0,82899	18,849	38,706	15,625

Tab. 4.11: Bleiisotopenverhältnisse sowie Pb- und U-Gehalte (in ppm) von Schlackenproben aus dem Oberhalbstein. Die 2- σ Abweichung beträgt bei $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 0,0001, bei $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 0,00001–0,00002, bei $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 0,001–0,002, bei $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb cal}$ 0,002–0,007 und bei $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb cal}$ 0,001. Alle Bleiisotopen wurden im Labor des CEZ Mannheim gemessen, die Spurenelementgehalte im Forschungslabor des DBM.

Schlacken aus Siedlungskontexten sowie die Erzproben aus Bistgat, Tgant Ladrung, Val Natons und Marmoreraee, als auch die erst nachträglich prospektierten und beprobten Vorkommen Val Savriez, Falotta 1, Muttans, Gruba 2 und Cuas 3 konnten für die Bleiisotopenanalysen nicht berücksichtigt werden.

Für die Visualisierung der Messresultate stehen verschiedene Darstellungsoptionen zur Auswahl. Während eine Kombination zweier auf ^{204}Pb basierenden Diagramme gerne für geologische und erzparagenetische Fragestellungen verwendet werden, findet in der Herkunftsanalytik insbesondere das hier angewendete ^{206}Pb -Diagramm Einsatz. Alternativ wäre auch eine kombinierte, dreidimensionale Darstellung der Werte möglich, die einerseits eine vereinfachende Zusammenführung der Einzelwerte in ein einziges Diagramm und

gleichzeitig eine bessere Differenzierung zwischen den verschiedenen, sich überlappenden Revieren und Regionen ermöglicht (vgl. z.B. Artioli, et al., 2014, S. 55). Hierfür wäre allerdings eine flächige Verfügbarkeit der ^{206}Pb -Referenzdaten notwendig.

Die Resultate der Bleiisotopenanalyse an Probenmaterial aus dem Oberhalbstein zeigt folgendes Bild (Tab. 4.10 und Tab. 4.11): Zwei Proben, eine Schlackenprobe aus Davos Tignas (4969-DT) und eine Erzprobe von Crap Fess (4432-CF), fallen mit $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - bzw. $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnissen von unter 0,8 bzw. unter 2,0 ans unterste Ende der Skala. Hierfür dürften die jeweils innerhalb einer einzelnen Größenordnung liegende und damit als problematisch einzustufende Relation absoluter Pb- und U-Gehalte ursächlich sein. Die Proben bilden demnach nicht eine geologisch jüngere, sondern eher eine

Mineralisation resp. eine Partie innerhalb einer Mineralisation ab, die auch nach ihrer Entstehung weiterhin ^{206}Pb , ^{207}Pb und ^{208}Pb bildete. Der gegenteilige Effekt proportional sehr geringer U-Gehalte von unter einem ppm dürfte für die beiden Ausreißer am anderen Ende der Skala, die Schlackenproben 4409-VF und 4410-VF aus Val Faller Plaz, verantwortlich sein. Das fast vollständige Fehlen von U hat eine weitere Bildung von ^{206}Pb , ^{207}Pb und ^{208}Pb verhindert. Für alle weiteren Proben, die mit Werten von $0,82\text{--}0,86$ $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ und $2,02\text{--}2,1$ $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ im Mittelfeld liegen, kann von einer geringen Neubildungsrate ausgegangen werden (Abb. 4.39).

Diese Proben scheinen sich in zwei Untergruppen aufzuteilen, die jedoch nicht mit der bislang beobachteten Segregation in die untere und obere Talstufe bzw. ophiolitische und metabasaltische Vererzungen korrelieren. Die erste Gruppe setzt sich aus den Schlacken der Fundstellen Gruba I, Davos Tignas und Parseiras II – also Verhüttungsplätzen aus beiden Talstufen – zusammen, die zweite Gruppe umfasst die restlichen Schmelzplätze (wiederum aus beiden Talstufen) sowie sämtliche beprobten Vererzungen. Mit einer Ausnahme: Die beiden gemessenen Proben aus Vals – einer in unterschiedlicher Hinsicht nicht regulären Lokalität innerhalb des Oberhalbsteins – liegen jeweils in resp. am Rande dieser Gruppen. Worauf diese Gruppenbildung zurückzuführen ist, kann allein anhand der vorliegenden Daten nicht abschließend geklärt werden, da sich die Genese der Oberhalbsteiner Vererzungen relativ komplex präsentiert. Gemäß heutigem Forschungsstand gehen T. Peters und V. Dietrich (2008, S. 116) davon aus, dass eine erste orthomagmatische³⁵⁶ Sulfidanreicherung gleichzeitig mit der Bildung des peridotitischen³⁵⁷ Muttergesteins in der Oberkreide stattgefunden hat. Während der alpinen Metamorphose wurden die ursprünglichen Sulfide und Oxide dann unter Zunahme von Temperatur und Druck gelöst und in geeigneten Migrationszonen als metasomatische³⁵⁸ Sulfide und Oxide wieder ausgeschieden. Hinweise auf eine weitere Differenzierung unterschiedlicher Ausscheidungsphasen sind nicht explizit gegeben. Es ist allerdings zu vermuten, dass die basischen Vulkanite der Platta-Decke etwas jünger datieren als die Serpentinite derselben tektonischen Einheit (Dietrich, 1970, S. 667; 1972, S. 25-26), was eine Gruppenbildung innerhalb der untersuchten Proben erklären könnte. Allerdings steht diese Interpretation in einem scheinbaren Widerspruch zur geochemischen Analyse der Schlacken von Gruba I und Son Martegn, die in die jeweils andere Gruppe fallen müssten. Da jedoch für keinen der beiden Schmelzplätze bislang zweifelsfrei die Erzherkunft aus einem der untersuchten Vorkommen belegt werden konnte, muss dieses Ergebnis vorerst unkommentiert bleiben.

³⁵⁶ Abscheidung/Anreicherung von Metallen aus einer magmatischen Schmelze.

³⁵⁷ Peridotit ist ein Gestein mit einem hohen Olivin-Anteil, aus dem ein Großteil des Erdmantels besteht. Durch Metamorphose kann aus Peridotit Serpentinit entstehen.

³⁵⁸ Die Metasomatose bezeichnet eine Metamorphose unter Veränderung der chemischen Zusammensetzung durch das Zu- oder Abführen einzelner Elemente.

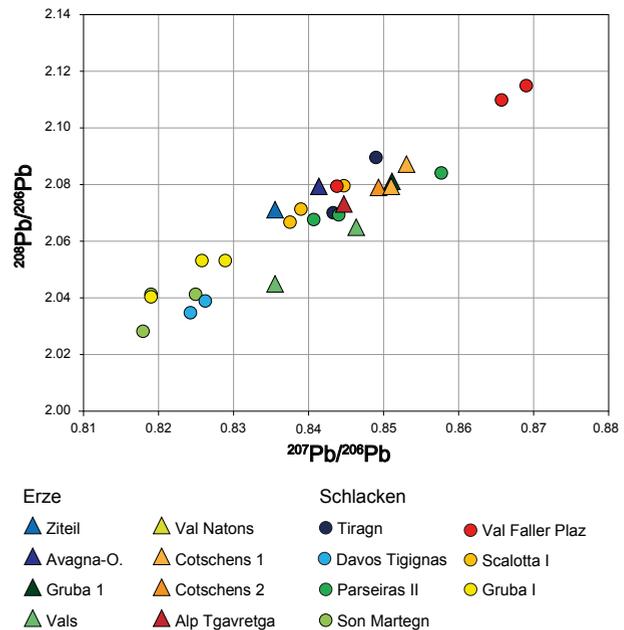


Abb. 4.39: Bleiisotopenverhältnisse von Erzen und Schlacken aus dem Oberhalbstein. Zwei Ausreißer mit besonders niedrigen Isotopenverhältnissen wurden im Diagramm aus Darstellungsgründen weggelassen: Schlackenprobe 4969-DT ($0,76758/1,9045$) und Erzprobe 4432-CF ($0,77976/1,8884$) (vgl. Abb. 4.42). Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Dass die beiden Untergruppen wirklich die tatsächlichen Verhältnisse abbilden und nicht einfach den Streubereich der Oberhalbsteiner Schlacken und Erze markieren, ist aufgrund der Konsistenz der Messresultate innerhalb der Schmelzplätze sowie den relativ einheitlichen Isotopenverhältnissen der Vererzungen (mit Ausnahme von Vals) durchaus anzunehmen.

4.5 Diskussion der Resultate

4.5.1 Verknüpfung Vererzung – Schmelzplatz?

Bei den zahlreichen, über das ganze Untersuchungsgebiet streuenden Verhüttungsplätzen sowie den oft kleinen, ebenfalls dispers verteilten Erzvorkommen stellt sich unweigerlich die Frage nach deren Bezug untereinander. Mancherorts scheint sich eine direkte Verbindung durch die räumliche Nähe geradezu aufzudrängen. Für eine sichere Verknüpfung zweier Fundstellen bzw. einer Fundstelle und eines Vorkommens bildet dies aber noch keine ausreichende Argumentationsgrundlage. Ist es mithilfe der Analytik möglich, einzelne der untersuchten

Schmelzplätze und Erzvorkommen miteinander in Verbindung zu bringen?

Mehrere Faktoren gilt es bei der Beantwortung dieser Frage zu berücksichtigen – etwa das weitgehende Fehlen von Aufbereitungsplätzen im archäologischen Befund. Diese Fundstellenkategorie ist den beiden anderen sowohl räumlich als auch technologisch (möglicherweise) zwischengeschaltet und beeinflusst somit sowohl das geographische Einzugsgebiet eines Verhüttungsplatzes als auch die Zusammensetzung des verarbeiteten Rohmaterials. Außerdem konnten bislang nur für einige wenige Kupfererz-Vorkommen urgeschichtlicher Abbau sicher nachgewiesen – zahlreiche andere Ausbisse wurden womöglich ebenfalls ausgebeutet, oder aber auch nicht. Ein nicht unwesentlicher Anteil der genutzten Vorkommen dürfte außerdem heute nicht mehr vorhanden, bekannt resp. noch nicht (wieder-)entdeckt worden sein. Erschwerend kommt außerdem hinzu, dass an einem Verhüttungsplatz natürlich nicht nur Rohmaterial aus einer einzigen Erzquelle, sondern auch aus mehreren Lokalitäten nebeneinander, nacheinander oder sogar miteinander verarbeitet worden sein könnte. Eine solche Vermischung unterschiedlicher Erzsignaturen kann kaum aufgeschlüsselt werden, so sie denn in Anbetracht der allgemeinen Homogenisierung während des Schmelzprozesses überhaupt identifiziert wird. Diese Problematik gilt es vor allem bei größeren, strategisch günstig gelegenen Schmelzplätzen, beispielsweise an der Talsohle, zu berücksichtigen.

Im Folgenden sollen nun dennoch auf der Grundlage der geographischen Plausibilität (vgl. Abb. 4.1) sowie der Analyseergebnisse mögliche, aber auch unmögliche Rohstoffquellen für die einzelnen Fundstellen kurz diskutiert werden.

Untere Talstufe

Kupferführende Vererzungen sind im Bereich der unteren Talstufe – trotz einiger Neukartierungen im Rahmen des Projektes – nicht besonders dicht belegt, was sowohl den Forschungsstand als auch die eigentlichen geologischen Verhältnisse widerspiegeln dürfte. Eine Ausweitung der Datengrundlage ist aufgrund der Höhenlage und der damit einhergehenden, im Vergleich zur oberen Talstufe ungleich dichteren Bodenüberdeckung und Vegetation in vielen Bereichen nur schwer möglich.

Stierva, Tiragn (3604)

Gemäß mineralogischen und geochemischen Analysen wurde in Tiragn oberhalb Stierva ein sulfidisches Cu-Fe-Erz aus einem vergleichsweise CaO- und Al₂O₃-reichen Gang- resp. Nebengestein verarbeitet. Selbst die Spurenelemente Co, Ni und Cr sind nur in geringen Konzentrationen von unter 1000 ppm nachweisbar, was die Schlacken aus Tiragn von den übrigen, Co-reichen Schlacken aus der unteren Talstufe unterscheidet.

Von den bekannten Lokalitäten kommen aus geographischen Gründen nur die beiden Vererzungen Bistgat und Ziteil als Rohstofflieferanten in Frage, die allerdings beide nicht dem gesuchten geochemischen Profil entsprechen. Ob dies die tatsächlichen Verhältnisse widerspiegelt oder auf die unzureichende Datengrundlage zurückzuführen ist, muss vorerst offen bleiben. Von beiden Vererzungen konnte jeweils nur eine Probe von minderer Qualität und Repräsentativität untersucht werden (Imprägnation bzw. stark alteriertes Handstück). Eine Nicht-Übereinstimmung der Analysen muss daher zum jetzigen Zeitpunkt keinen definitiven Negativbefund darstellen. Im Gegenteil: Es bleibt weiterhin anzunehmen, dass der Verhüttungsplatz Tiragn in einem direkten Zusammenhang zur nahe gelegenen, historisch bezeugten Vererzung Bistgat steht, letztere aber durch die untersuchte Probe 4425-B, wenn überhaupt, so nur ungenügend abgebildet werden konnte.

Riom-Parsonz, Davos Tignas (2544), Savognin, Son Martegn (2943) und Savognin, Parseiras II (2966)

Die drei Fundstellen Davos Tignas, Parseiras II und Son Martegn weisen eine vergleichbare Schlackenzusammensetzung auf und liegen außerdem geographisch nahe beieinander, weshalb die Frage nach der Herkunft der hier verarbeiteten Erze gemeinsam diskutiert wird.

Die Schlacken aller drei Fundstellen weisen – abgesehen von leicht erhöhten Al₂O₃-Anteilen und vergleichsweise geringen MgO-Gehalten – unauffällige Haupt- und Nebenbestandteil-Gehalte auf. Im Spurenelementbereich sind regelhaft erhöhte Co-Anteile nachweisbar, während sämtliche anderen Elemente wie Cr, Ni, Pb, Ag etc. nur in sehr geringen Konzentrationen vorliegen. Die Bleisotopenverhältnisse der beiden Fundstellen Parseiras II und Davos Tignas sind vergleichbar, während sich diejenigen der Schlacken von Son Martegn deutlich davon absetzen. Es ist also nicht zwingend davon auszugehen, dass an allen drei Fundstellen Ausgangsmaterial aus derselben Lagerstätte oder demselben Lagerstättenbereich verarbeitet wurde.

Im näheren Einzugsgebiet der drei Fundstellen ist bis heute aber ohnehin nur eine einzige Mineralisation, Ziteil, bekannt, für die – wie gesagt – bislang keine Hinweise auf urgeschichtliche Abbauaktivitäten vorliegen. Leider verhindert auch in diesem Fall die Problematik der unzureichenden Erzcharakterisierung eine abschließende Beantwortung der Herkunfts-Frage. Es ist demnach nicht gänzlich auszuschließen, jedoch wenig wahrscheinlich, dass das verhüttete Erz aus Ziteil stammt. Zwar lassen sich hier ebenfalls die charakteristischen, erhöhten Co-Gehalte fassen, allerdings in Vergesellschaftung mit ebenfalls erhöhten Ni-Anteilen. Über das Nebengestein oder die Gangart der Vererzung ist wenig bekannt, da in der stark alterierten Ausbisszone keine entsprechend repräsentative, anstehende Erzprobe geborgen werden konnte. Der Lage der Vererzung innerhalb einer

Serpentinit-Linse zufolge ist aber von hohen MgO-Anteilen im Nebengestein auszugehen. Dies lässt eine Verbindung zwischen Ziteil und den untersuchten Verhüttungsplätzen wenig plausibel erscheinen. Hinzu kommt, dass die räumliche Distanz zwischen dem Vorkommen und insbesondere der Fundstelle Son Martegn beträchtlich und durch teilweise größere Wasserläufe unterbrochen ist.

Eine gewisse Übereinstimmung mit den untersuchten Schlacken aus dem Großraum Savognin findet sich hingegen in den Ni- und Cr-armen Erzen von Avagna-Ochsenalp. Der geringe Co-Gehalt dieser Proben, sowie die Tatsache, dass es sich hier um eine Chalkopyrit-Pyrit-Vererzung handelt, in den Schlacken von Parseiras II, Son Martegn und Davos Tignas jedoch kein Pyrit, sondern regelhaft Chalkopyrit-Pyrrhotin-Magnetitagglomerate dokumentiert wurden, sprechen neben der beträchtlichen räumlichen Distanz gegen eine direkte Verbindung zu diesem Abbaugbiet. Außerdem unterscheiden sich auch die Bleiisotopenverhältnisse von Avagna-Ochsenalp und den beiden Schmelzplätzen Parseiras II und Davos Tignas deutlich.

Die Frage nach der Herkunft des verarbeiteten Rohmaterials bleibt also auch für diese drei Fundstellen weiterhin unbeantwortet. Die Kongruenz der Schlackenanalysen sowie die hohe Dichte an Schmelzplätzen zwischen Riom und Parseiras deutet allerdings stark darauf hin, dass mindestens eine, vermutlich aber sogar mehrere, bislang nicht bekannte Erzquellen vorhanden sind resp. gewesen sein müssen. Den tiefen MgO-Werten zufolge sind diese Vorkommen nicht in den Serpentiniten, sondern mit hoher Wahrscheinlichkeit in den Metabasalten der Platta-Decke zu suchen. Zielgerichtete Geländeexploration in der Val Nandro sowie rund um den Piz Martegnas wären für die Beantwortung dieser Frage daher gemäß der geologischen Karte³⁵⁹ am ehesten zielführend.

Salouf, Motta Vallac (2831) und Savognin, Padnal (2916)

Die vier untersuchten Verhüttungsschlacken aus den beiden Siedlungen Motta Vallac und Padnal weisen sowohl im Haupt- und Neben- als auch Spurenelement-Bereich eine mit den übrigen Schlacken aus der unteren Talstufe übereinstimmende Zusammensetzung auf. Mit vergleichsweise etwas höheren As-, Cr- und Sb-Anteilen sind sie am ehesten mit den Proben aus Davos Tignas und Tiragn zu vergleichen. Es ist also anzunehmen, dass auch diese Schlacken bei der Verhüttung des für die untere Talstufe typischen, bislang jedoch nicht lokalisierten Erzes entstanden sind. Mit den beiden Proben aus Savognin Padnal liegt somit auch ein erster Beleg dieser

«Schlacken-Signatur» für die östliche Talseite vor, wo ebenfalls einige Schmelzplätze bekannt sind. Die Frage nach der Rohstoffquelle für die auf dem Padnal gefundenen Schlacken hatte bereits den Ausgräber der Fundstelle, J. Rageth, beschäftigt, der einige Schlackenfunde durch V. Dietrich untersuchen ließ. Dessen Bericht zufolge konnte in einem Dünnschliff einer Schlacke unveränderte Metapillowlava beobachtet werden, was ihn an Avagna-Ochsenalp oder Vals als Rohstoffquelle denken ließ (Rageth, 1986, S. 86). Während letztere Lokalität aus geographischen Gründen als Ursprungsort auszuschließen sein dürfte, ist die Plausibilität Ersterer kaum von der Hand zu weisen. Es handelt sich, abgesehen von Tgant Ladrung, immerhin um die einzige bekannte Kupfervererzung auf der Ost-Seite der unteren Talstufe. Dass an dieser Lokalität überdies ausgerechnet für die Spätbronzezeit Abbauaktivitäten nachgewiesen werden konnten, scheint kaum ein Zufall zu sein, datieren doch die meisten Schlackenfunde auf dem Padnal in ebendiese Epoche (Rageth, 1986, S. 87). Die untersuchten Erze aus Avagna-Ochsenalp weisen ein zu den Schlacken passendes, Al₂O₃-reiches und MgO-armes Nebengestein auf, enthalten jedoch nur wenig Cr. Ob dies allerdings eine unzureichende Repräsentativität der untersuchten Proben (auf beiden Seiten) oder einen tatsächlichen Widerspruch darstellt, ist schwierig zu beurteilen. Die Herkunfts-Frage ist gerade für die Funde vom Padnal, wie etwa die zinnhaltige Schlacke 3804-SP* verdeutlicht, sicherlich mit einiger Komplexität behaftet und nicht ohne Weiteres zu beantworten. Eine detaillierte Re-Evaluation des Fund- und Befundbestandes dürfte in dieser Hinsicht aufschlussreich sein, wenngleich sich die Datengrundlage rund 30 Jahre nach Abschluss der mehrjährigen Ausgrabungen nicht unproblematisch präsentiert.³⁶⁰

Obere Talstufe

Eine deutlich bessere Datengrundlage für einen Vergleich zwischen Vererzungen und Verhüttungsplätzen liegt für die obere Talstufe vor, wo im Einzugsgebiet der beprobten Schmelzplätze gleich eine ganze Vielzahl an Erzvorkommen bekannt und in der Regel auch besser charakterisiert ist. Zudem wird das potentielle Einzugsgebiet eines Schmelzplatzes durch das steilere, stärker gegliederte Gelände stark eingeschränkt, was die Diskussion vereinfacht. Gleichzeitig weisen aber ein Großteil der Vererzungen wie auch die untersuchten Schlacken eine sehr ähnliche Zusammensetzung auf, was eine Differenzierung erschwert.

³⁵⁹ Kartenblatt Nr. 1236, Savognin, ist noch nicht erschienen. Vgl. Daten-Layer «Geocover» auf dem Geoportale der swisstopo (www.map.geo.admin.ch).

³⁶⁰ Die mehrjährige Grabung auf dem Padnal in den 1970er und 1980er Jahren wurde nie vollständig aufgearbeitet. Gleichzeitig wurden bereits mehrfach Analysen an Schlacken, Gussresten und Bronzeobjekten durch verschiedene Personen, Labors und Institutionen vorgenommen; meist ohne Publikation. Das Probenmaterial ist teilweise nicht mehr vorhanden oder nur noch in Pulverprobenform verfügbar.

Mulegns, Val Faller Plaz (2120)

Insbesondere die Schlacken Kuchen und die massiven Schlacken aus Val Faller Plaz weisen sehr hohe MgO-Gehalte auf, wie sie nur bei einer Verhüttung von Erzen aus einer Serpentin-Seqenz denkbar sind. Auffallend sind außerdem die teilweise sehr hohen Cr-, Ni- und Co-Gehalte.

Die Fundstelle Plaz befindet sich in einem Seitental des Oberhalbsteins, der Val Faller. In diesem Tal ist bislang nur ein einzige kupferführende Vererzung – Muttans – bekannt, die in der vorliegenden Arbeit zwar auch analysiert, durch V. Dietrich (1972, S. 34-38) aber deutlich ausführlicher charakterisiert wurde. Der vererzte Horizont liegt in einem Bereich stark verschieferten Serpentinits und setzt sich aus einer ganzen Reihe unterschiedlicher Fe-, Ni- und Cu-Erzminerale zusammen: Pyrrhotin, Millerit, Pentlandit, Chromit, Magnetit, Ilmenit, Bravoiit, Pyrit und Chalkopyrit. Letzterer ist V. Dietrich zufolge an dieser Lokalität «nur in Spuren» vorhanden. Dieses Bild muss jedoch nicht zwingend für das gesamte Vorkommen Gültigkeit besitzen: Einerseits ist die Charakterisierung der einzelnen Lokalitäten bei V. Dietrich stark durch dessen primäres Interesse an der lokalen Erzparagenese geprägt. Andererseits sind in Muttans bislang keine Spuren (prä-)historischen Bergbaus dokumentiert worden, was eine genauere räumliche Lokalisierung und somit eine absolute Charakterisierung der (potentiell) ausgebeuteten Sequenz innerhalb der Vererzungszone nicht zulässt. Wie eigene Untersuchungen an einem Handstück aus dem Haldenbereich gezeigt haben, sind für das Vorkommen Muttans aber auch Cu-reichere Partien anzunehmen. Diese einzelne Analyse vermochte hingegen die meisten weiteren, bei V. Dietrich für Muttans als kennzeichnend angeführten Ni- und Cr-reichen Erzminerale nicht abzubilden, die sich jedoch wiederum sehr gut mit den Ergebnissen der Schlackenanalysen von Val Faller Plaz in Verbindung bringen lassen. Eine direkte Verknüpfung zwischen dem Schmelzplatz und diesem Erzvorkommen lässt sich demzufolge nicht nur aufgrund räumlicher Argumente postulieren, sondern scheint auch aus geologischer Sicht plausibel. Einzig die durchschnittlichen, ja teilweise sogar vergleichsweise geringen TiO_2 -Gehalte in den Schlacken aus Val Faller Plaz wollen nicht recht zu einer Ilmenit-haltigen Vererzung passen. Eine eingehende Neuuntersuchung des Erzvorkommens Muttans inklusive Bleiisotopenanalyse scheint vor diesem Hintergrund lohnenswert – möglicherweise sogar aus montanarchäologischer Sicht.

Marmorera, Scalotta I (1842)

In den Schlacken aus Scalotta I wurden die höchsten MgO-Gehalte überhaupt gemessen. Ebenfalls deutlich über den durchschnittlichen Werten liegen die Cr-Gehalte sowie in einzelnen Stücken auch Ni und Co. Die übrigen

Haupt-, Neben- und Spurenelementanteile präsentieren sich unauffällig.

Durch seine Lage auf der Talsohle, knapp unterhalb der ehemaligen Marmorera-Ebene, kommen für diesen Schmelzplatz gleich mehrere Lokalitäten als Rohstoffquelle in Frage: Wenige hundert Meter westlich oberhalb von Scalotta findet sich mit der ältereisenzeitlichen Grube Vals die topografisch nächstliegende Erzquelle. Eine Geländestufe darüber befindet sich die große Ausbiss- und Abbauzone Cotschens, für die ebenfalls ältereisenzeitliche – und somit mit Scalotta I möglicherweise zeitgleiche³⁶¹ – Abbauaktivitäten belegt sind. Auf der gegenüberliegenden, östlichen Talseite liegen die Abbaugebiete Gruba 1 und 2. Zwischen diesen beiden großen Vorkommen sind mit Cuas 1–3 zudem weitere vererzte Horizonte – jedoch bislang ohne Abbauspuren – bekannt.

Die Zusammensetzung der Erze aus Vals unterscheidet sich deutlich von derjenigen der übrigen in Frage kommenden Lokalitäten: Die Vererzung besteht hauptsächlich aus Chalkopyrit und Pyrit und liegt nicht im Serpentin, sondern in einer Pillowlava-Sequenz der Unteren Platta-Schuppe. Dementsprechend unterscheidet sich auch der Chemismus dieser Vererzung klar von den umliegenden Lokalitäten: Die Al_2O_3 und CaO-Gehalte liegen deutlich höher, die Co-, Ni- und Cr-Anteile sowie der MgO-Gehalt tiefer. Damit scheidet dieses Vorkommen zumindest als alleinige Quelle für das in Scalotta I verhüttete Erz definitiv aus, woran auch der fast singuläre Nachweis von Pyrit in einem Schlacken Kuchen (4963-S) nichts ändert. Besser zu den Schlackenanalysen aus Scalotta I scheinen mit geringen bzw. durchschnittlichen Al_2O_3 - und CaO-Gehalten sowie erhöhten MgO-, Cr- und Ni-Gehalten – trotz kleinerer punktueller Abweichungen – die Vererzungen Gruba 1 und 2, Cuas 3 sowie insbesondere Cotschens 1 zu passen. Sie alle sind Teil derselben massiven, talquerenden Vererzungszone und enthalten neben Chalkopyrit auch regelhaft Magnetit, der in einer Plattenschlacke von Scalotta I in Form eines massiven Einschlusses nachgewiesen wurde. Überdies sind auch die Ergebnisse der Bleiisotopenanalytik für diese Vorkommen mit denjenigen für die Schlacken aus Scalotta I konsistent. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die in Scalotta I verhütteten Erze primär aus der Hauptvererzungszone der oberen Talstufe stammten. Eine engere Eingrenzung der Rohstoffquelle ist auf der verfügbaren Datengrundlage jedoch nicht sinnvoll. Nicht zuletzt deshalb, weil auch das gerne als Kompromiss-Lösung bemühte «Mischmodell» – die Verarbeitung von Rohmaterial unterschiedlicher (kleinräumiger) Herkunft – gerade für diese zentral gelegenen Fundstelle durchaus plausibel wäre.³⁶²

³⁶¹ Aufgrund der ^{14}C -Datierungsunschärfe für diese Epoche (Hallstattplateau) lässt sich das exakte chronologische Verhältnis zwischen diesen beiden Fundstellen (noch) nicht bestimmen (absolute Datierungen vgl. Kapitel 2.3.4).

³⁶² Der hierfür notwendige zeitgleiche bzw. zeitnahe Betrieb unterschiedlicher Bergwerke in der Hauptvererzungszone kann bislang archäologisch zwar nicht nachgewiesen werden, scheint aber insbesondere für die generell dicht belegte ältere Eisenzeit durchaus denkbar.

Marmorera, Gruba I (1852)

Etwas weniger diffizil gestaltet sich die Diskussion im Fall der letzten Fundstelle, Gruba I. Auch hier sind hohe MgO-, Cr- und Ni-Gehalte sowie niedrige Al₂O₃ und CaO-Anteile das charakteristische Merkmal der untersuchten Schlacken. Eine Probe zeigte mit über 2,5 Gew.-% außerdem einen massiv erhöhten ZnO-Gehalt.

Als Rohstoffquellen kommen nach derzeitigem Forschungsstand³⁶³ aus naturräumlichen Gründen nur zwei Lokalitäten im nächsten Umfeld der Fundstelle in Frage.

Nur gerade 150 m vom Schmelzplatz entfernt liegt interessanterweise der urgeschichtlich bis neuzeitlich datierende³⁶⁴, seit 2016 archäologisch und geophysikalisch untersuchte Pingenzug Gruba II (Vererzung Gruba 2). Nur wenig weiter entfernt liegt das in seiner heutigen Erscheinung neuzeitlich geprägte Gruba 1: Die beiden Vorkommen markieren den östlichen Ausläufer der oben genannten Hauptvererzungzone in den Ophioliten der oberen Platta-Schuppe. Die aus Gruba 1 und 2 analysierten Proben zeigen – wie erwartet – einen überdurchschnittlichen MgO- sowie einen hohen Ni- und einen leicht erhöhten Co-Gehalt. Mit gerade einmal 30 ppm liegt der Cr-Anteil in Gruba 1 überraschend tief. Ob es sich dabei allerdings um einen für die Lokalität repräsentativen Wert handelt, ist fraglich: V. Dietrich (1972, S. 28) weist für Gruba 1 unter anderem Linneit – auch «Kobaltkies» genannt – nach, Martinek und Mehofer (2014) Co-Pentlandit. Im Übrigen stimmen die Schlacken- und Erzanalysen gut überein. Der stark erhöhte ZnO-Anteil in der Schlackenprobe 4383-G lässt sich wohl durch den zumindest für Gruba 1 mineralogisch bezeugten Sphalerit³⁶⁵ plausibel begründen. Eine Ausbeutung (einer) dieser Lokalitäten im Zusammenhang mit den Schmelzaktivitäten in Gruba I erscheint also durchaus wahrscheinlich. Diese Interpretation steht allerdings in einem gewissen Widerspruch zu den Messwerten der Bleisotopenanalysen, die für Gruba I und Gruba 1 divergieren; aus Gruba 2 liegen bislang keine Bleisotopenanalysen vor. Eine abschließende Beurteilung der Beziehung zwischen Vererzung(en) und Schmelzplatz ist also auch hier derzeit noch nicht sicher möglich.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Verknüpfung eines Schmelzplatzes mit einem bestimmten (oder mehreren) Erzvorkommen nur im Ausnahmefall möglich ist. Dennoch zeichnet sich alles in allem deutlich ab, dass an den untersuchten Schmelzplätzen³⁶⁶ der unteren Talstufe ein in den Metabasalten lokalisiertes Ausgangsmaterial verarbeitet wurde, während in der oberen Talstufe die gut bekannten, an vielen Orten in Serpentin-Sequenzen ausbeißenden sulfidi-

schen Erze ausgebeutet wurden, wie bereits W. Fasnacht (2004, S. 110-111) postulierte.

Abschließend bleibt hier nur noch einmal zu betonen, dass eine Verknüpfung zwischen einzelnen Vererzungen und Verhüttungsplätzen mit größten Schwierigkeiten behaftet ist, insbesondere in einem so kleinräumig strukturierten Gebiet wie dem Oberhalbstein. Das bei weitem größte Problem stellt die fehlende Repräsentativität der Erzanalysen dar. Selbst bei einer deutlich größeren Probenanzahl je Vorkommen besteht in der Regel immer noch eine große Diskrepanz zwischen dem ursprünglich verarbeiteten und dem heute noch vorhandenen Erz. Eindrücklich veranschaulichen lässt sich diese Problematik im vorliegenden Fall am Beispiel Quarz: Während in sämtlichen Schlackenkuchen und einer ganzen Reihe von massiven Schlacken aller sieben Schmelzplätze wiederholt stückiger Quarz als Restit beobachtet wurde, konnte er auf der Grundlage rezenter Probenmaterials lediglich in zwei Fällen als Gangart oder Nebengemengeanteil einer Vererzung identifiziert werden! Dass es sich bei den Quarz-Einschlüssen in den Schlacken um Reste der ausgebeuteten Vererzung bzw. der zugehörigen Gangart und nicht um Flussmittelzuschlag anderer Herkunft handelt, bezeugen die regelhaft beobachteten, kupferhaltigen Sulfideinschlüsse im Innern dieser Restite (s. Kapitel 4.3.1, S. 161). Dies lässt einzig den Schluss zu, dass die in der Urgeschichte abgebauten Vererzungen sich äußerst deutlich von den untersuchten Proben resp. den heute zugänglichen Aufschlüssen unterscheiden.

4.5.2 «Oberhalbsteiner Kupfer»

Geochemische Charakterisierung

Mit Blick auf weiterführende Untersuchungen ist natürlich auch die Frage nach der Charakterisierung des im Oberhalbstein produzierten Kupfers von besonderem Interesse. In Ermangelung entsprechender Angaben fand Mittelbünden als potentieller Rohstofflieferant bislang in den meisten herkunftsanalytischen Studien zu Kupfer und Bronze in der Urgeschichte keine Berücksichtigung.

Da für das gesamte Untersuchungsgebiet keine gesicherten Funde von Zwischen- oder Endprodukten für eine Untersuchung zur Verfügung stehen, wird auch hierfür auf die Erz- und Schlackenanalysen zurückgegriffen.

Für die Erforschung der Provenienz von Kupfer-(Legierungen) sind vor allem diejenigen Spurenelemente interessant, die eine hohe Affinität zu Kupfer aufweisen und/oder leichter reduzieren als zweiwertiges Eisen und somit nicht (primär) in die Schlacke, sondern ins Metall übergehen (Hauptmann, 2007, S. 30; Lutz, 2016, S. 334; Pernicka, 1999, S. 164). Im Folgenden soll eine Auswahl dieser Elemente berücksichtigt werden, die in der Kupfermetallurgie standardmäßig für die Charakterisie-

³⁶³ Geländebegehungen in den Sommern 2018–2020 zufolge sind im näheren Umfeld des Schmelzplatzes Gruba I weitere, bislang mineralogisch und geochemisch nicht genauer charakterisierte Abbaustellen bzw. Ausbisse zu vermuten (Turck, et al., 2019c; mündl. Mitteilung R. Turck).

³⁶⁴ Vgl. Anhang B.1, Gruba II (1854).

³⁶⁵ Vgl. Fußnote 298.

³⁶⁶ Mit Ausnahme der Fundstelle Stierva-Tiragn, die ein etw. unklares Bild liefert.

zung von Lagerstätten oder Revieren verwendet wird: Sb, As, Ni, Co, Ag, Se, Bi. Daneben dürfte das produzierte Kupfer aufgrund der stark eisenhaltigen Mineralisationen im Oberhalbstein auch relevante, jedoch nicht genauer quantifizierbare Eisen-Gehalte aufweisen.

Im Gegensatz zu den Schlacken bilden die Spurenelementmuster der Erze nicht das tatsächlich produzierte Metall, sondern lediglich ein potentielles Spektrum ab, da nur an einzelnen Lokalitäten prähistorischer Bergbau nachgewiesen wurde und selbst dort durch die fragliche Repräsentativität einzelner Proben eine gewisse Unschärfe bestehen bleibt. Im Folgenden soll dennoch kurz skizziert werden, welche Spurenelementsignaturen für das im Oberhalbstein produzierte Kupfer auf der Grundlage der durchgeführten pauschalchemischen Analysen zu erwarten sind.

Die Vererzungen in den Serpentiniten zeigen ein sehr deutliches, nach Talstufen leicht divergierendes Spurenelemente-Muster: Für den nördlichen Talabschnitt ist die Datenlage zwar noch nicht sehr umfangreich und sichere Nachweise prähistorischen Bergbaus fehlen, dennoch lässt sich klar festhalten, dass sich die untersuchten Lokalitäten insbesondere durch hohe Co- und Ni- sowie geringe As-Gehalte auszeichnen (Abb. 4.41). Die weiteren Elemente des berücksichtigten Spektrums sind – mit Ausnahme von Se in Tgant Ladrung, das hier in einer mit As vergleichbaren Größenordnung vorliegt – nicht oder nur in äußerst geringem Umfang nachweisbar. Die Vorkommen in den Serpentiniten der oberen Talstufe werden von denselben Spurenelementen dominiert, jedoch in umgekehrter Reihenfolge: Ni ist hier unbestritten wichtigstes Spurenelement, dicht gefolgt von Co. Zudem treten As und Se wiederum in geringem Umfang in Erscheinung, die übrigen Spurenelemente präsentieren sich unauffällig bzw. fehlen weitgehend. Da inzwischen für mehrere dieser Lokalitäten Belege urgeschichtlichen Abbaus vorliegen, kann mit Sicherheit davon ausgegangen werden, dass in prähistorischer Zeit – wohl insbesondere in der älteren Eisenzeit – tatsächlich Kupfer mit einer solchen Ni-Co-Signatur produziert wurde.

Weniger markant präsentieren sich die geochemischen Fingerabdrücke der Kupfervererzungen in basaltischem Nebengestein, die generell deutlich geringere Spurenelementgehalte aufweisen. Für die untere Talstufe, wo lediglich Analyseergebnisse aus Avagna-Ochsenalp vorliegen, ist von einem relativ reinen, spurenelementarmen Kupfer mit erhöhten Co-Gehalten sowie untergeordneten As- und Se-Anteilen auszugehen. Eine Besonderheit dieser Vererzung – und innerhalb des Untersuchungsgebietes bislang ein Alleinstellungsmerkmal – ist jedoch das Fehlen des ansonsten dominierenden Ni. Dass in der Urgeschichte Kupfer mit einer solchen Co-Signatur produziert wurde, belegen neben den spätbronzezeitlichen Befunden im Bereich der Ausbisszone von Avagna-Ochsenalp auch die Spurenelementsignaturen der analysierten Schlackenfunde aus der unteren Talstufe. Entsprechend ihres wenig einheitlichen geologischen Settings, zeigt sich das Bild im Falle der drei

Metabasalt-Lokalitäten der oberen Talstufe eher uneinheitlich: Das Spurenelementmuster der Probe aus der Val Savriez lässt sich am ehesten mit demjenigen der Serpentin-Vererzungen in der oberen Talstufe vergleichen – wenngleich auf sehr viel geringerem Niveau. Die Probe aus Cotschens 2 wiederum zeigt ein bislang singuläres Muster mit geringfügig erhöhten Ni-, Co-, Ag- und Se-Gehalten. Diese auf Einzelproben basierende Einschätzung ist für beide Lokalitäten mit Vorsicht zu genießen und für Provenienzfragen vorerst von untergeordneter Bedeutung – konnte bisher doch an keiner der beiden Stellen urgeschichtlicher Bergbau nachgewiesen werden. Ein bislang nicht ganz schlüssiges Bild liefern auch die beiden Analyseergebnisse für die in der älteren Eisenzeit nachweislich ausgebeutete Vererzung in Vals. Das grundsätzlich ebenfalls spurenelementarme Erz bzw. daraus produziertes Kupfer dürfte aber zumindest leicht erhöhte Ni- und Co-Gehalte aufweisen.

Aufschluss über die Signatur(en) des tatsächlich produzierten Kupfers liefern auch die Schlackenanalysen, wenngleich hier die Problematik der Fraktionierung einzelner Elemente während des Verhüttungsprozesses besondere Berücksichtigung erfahren muss: Die für Herkunftsanalysen relevanten Elemente sollten sich in der Schlacke ja eben nicht resp. nicht in repräsentativen Anteilen und Verhältnissen wiederfinden. Wie aber bereits die bisherigen Ausführungen gezeigt haben, sind die Co- resp. Co/Ni-dominierten Spurenelementkonzentrationen der Vererzungen auch in den Schlacken der untersuchten Fundstellen nachzuvollziehen. Dies zeigt sich auch in den Spurenelementdiagrammen, die gut mit denjenigen der Erze verglichen werden können (Abb. 4.40). Für den Vergleich mit archäologischen Objekten ist aber unbedingt zu bedenken, dass verschiedene Spurenelemente das Rohmetall und somit später auch das Endprodukt zu unterschiedlichen Anteilen erreichen. So ist im vorliegenden Fall etwa davon auszugehen, dass Ni – im Verhältnis zur Ausgangsmaterialzusammensetzung – im resultierenden Metall stärker vertreten ist als Co.

Wie u.a. aufgrund der Homogenisierung während des Schmelzprozesses zu erwarten ist, zeigen die einzelnen Schlackenfundstellen jeweils eine sehr einheitliche, klar definierte Spurenelementsignatur – mit Ausnahme der Fundstelle Tiragn, wo etwas unterschiedliche As-Anteile sowie zahlreiche Leerstellen³⁶⁷, insbesondere bei Se, auffallen. Grundsätzlich bestätigt und unterstreicht auch diese Auswertung noch einmal mehr den bereits sehr klaren Befund: In der unteren Talstufe dominiert Co klar als wichtigstes Spurenelement, gefolgt von As, während Ni nur in durchschnittlichen Anteilen vorliegt. Für die obere Talstufe hingegen sind Ni und Co in etwa gleichen Teilen dominierend, weitere Spurenelemente treten im Vergleich dazu nur untergeordnet auf.

³⁶⁷ Keine Wertangaben liegen dort vor, wo der gemessene ppm-Gehalt unter der Nachweisgrenze liegt, was nicht mit einem tatsächlichen Nullwert gleichgesetzt werden darf.

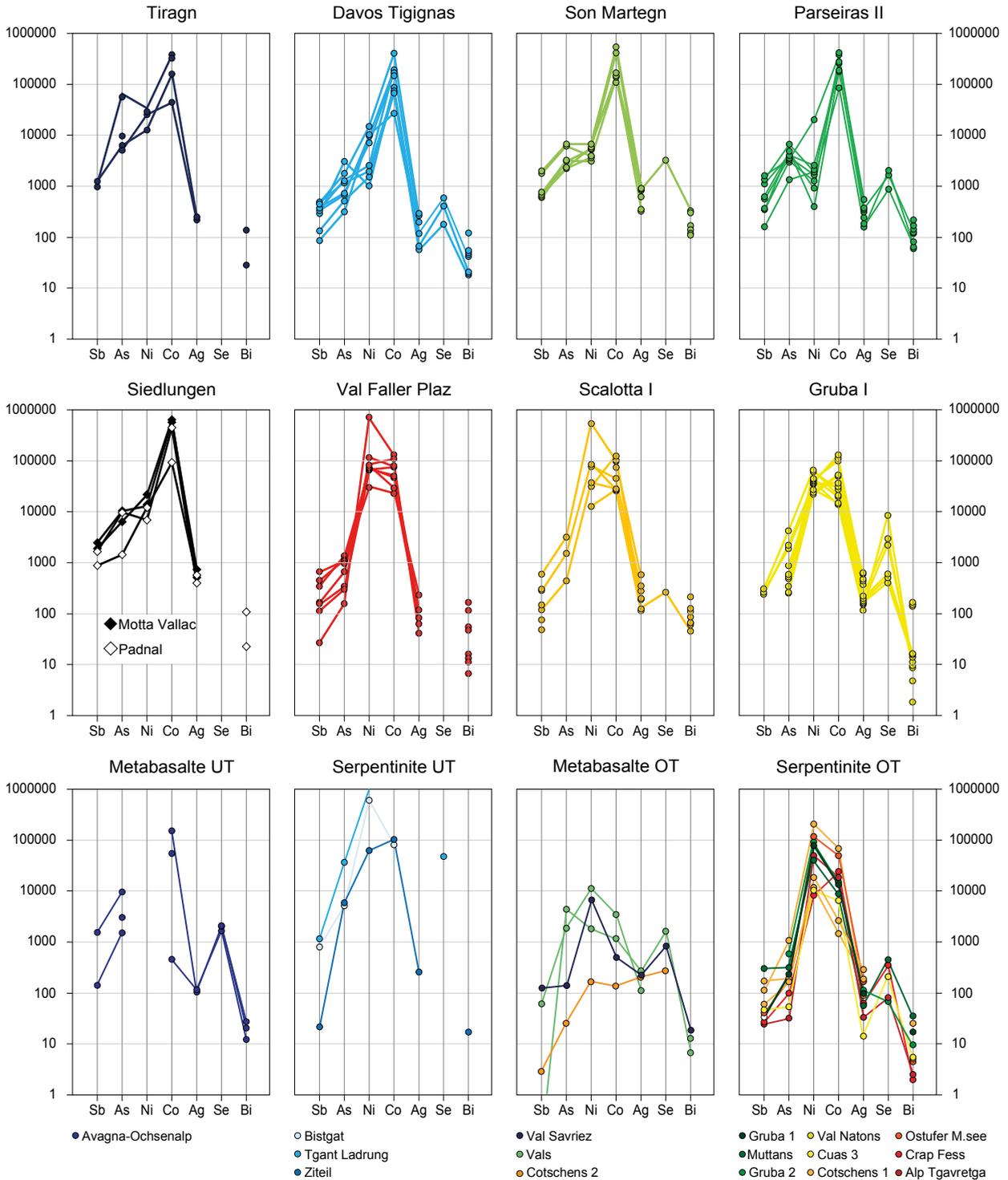


Abb. 4.40: Diagramme der Spurenelementsignaturen der untersuchten Erzproben und Schlacken von verschiedenen Fundstellen. Die Spurenelementgehalte wurden auf 100 % Cu normiert, was aufgrund der teilweise sehr geringen Cu-Gehalte in den Proben stellenweise zu sehr hohen Werten führt. Die Spurenelementsignaturen sind daher eher als relative Indices, denn als absolute Referenzwerte zu verstehen. Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass im Oberhalbstein in der Urgeschichte nach heutigem Wissensstand ein relativ reines, spurenelementarmes Kupferkieskupfer mit erhöhten Co-Gehalten in der unteren Talstufe sowie eines mit deutlich erhöhten Ni- und

Co-Gehalten in der oberen Talstufe produziert wurde. Interessant ist an dieser Stelle hervorzuheben, dass sich etwas mehr Fundstellen aus dem nördlichen Talabschnitt der Spätbronzezeit zuweisen lassen, während die berücksichtigten Fundstellen aus dem südlichen Abschnitt

überwiegend in die ältere Eisenzeit datieren, woraus sich ein gewisses Raum-Zeit-Gefälle ableiten lässt. Es bleibt zu hoffen, dass künftige Untersuchungen dabei helfen werden, die Datierungsgrundlagen der einzelnen Gruben und Schmelzplätze weiter zu verfeinern und so möglichst präzise Laufzeiten für die beiden im Oberhalbstein produzierten «Kupfertyp» zu definieren.

Unterscheidung von anderen alpinen Kupferrevieren

In unlegiertem Zustand sollten die beiden im Oberhalbstein produzierten «Kupfertypen» aufgrund ihrer geochemischen, bleiisotopischen und archäologischen Charakterisierung klar von Kupfer aus anderen alpinen Revieren unterschieden werden können.³⁶⁸

Aufgrund der sehr geringen Ag- und Sb-Gehalte ist das hiesige Buntmetall als «reines» Kupferkieskupfer anzusprechen und kann damit klar von Fahlerzkupfer, etwa aus dem Raum Schwaz/Brixlegg im Tiroler Unterinntal (Krismer und Tropper, 2013, S. 17-23; Tropper, et al., 2019) oder den Zentral- und Westalpen (Cabrières: Bourgarit und Mille, 2001, S. 46–148.; Wallis: Cattin, 2009, S. 101), abgegrenzt werden. Auch mit den bereits zu Beginn der Frühbronzezeit abgebauten und zu Kupfer verarbeiteten Zn- und Te-reichen Bornit-Erzen aus Saint-Véran (Bourgarit, et al., 2008, S. 2-3) bestehen weder auf geochemischer noch chronologischer Ebene Übereinstimmungen. Selbst von den zeitlich, räumlich wie auch geochemisch am nächsten gelegenen Kupferkieslagerstätten der ostalpinen Grauwackenzone sollte sich aus dem Oberhalbstein stammendes Kupfer deutlich unterscheiden lassen, meist anhand des Co- und/oder As-Gehaltes:

Das am Mitterberg produzierte Kupfer etwa zeigt zwar ebenfalls hohe Ni-Anteile, die allerdings zusammen mit hohen As-Gehalten sowie meist deutlich geringeren Co-Gehalten auftreten (Lutz, 2016, S. 338; Pernicka, Lutz und Stöllner, 2016, S. 29-31; Tropper, et al., 2019, S. 146-149). Eine ähnliche Signatur und somit vergleichbare Unterscheidungsmerkmale zeigen die Erzvorkommen der Kelchalm (Koch Waldner, 2017, S. 444-449; Pernicka, Lutz und Stöllner, 2016, S. 29-31). Hinzu kommt, dass sich die Kupferproduktion in diesen beiden Revieren hauptsächlich auf die Mittelbronzezeit sowie die beginnende Spätbronzezeit konzentriert und sich damit – gemäß heutigem Wissensstand – chronologisch tendenziell von der Kupfergewinnung im Oberhalbstein absetzt.

Aber auch von den hauptsächlich in der Spätbronzezeit ausgebeuteten Vorkommen in Ostösterreich oder den Südalpen lassen sich die Kupfererze des Oberhalbsteins gut unterscheiden: Während in der Eisenerzer

Ramsau ersten Untersuchungen zufolge Sb- und As-reiches und demzufolge vermutlich Fahlerz-haltiges Ausgangsmaterial verhüttet wurde, deuten Schlackenanalysen aus Niederösterreich auf eine Verarbeitung sehr reiner, spurenelementarmer Kupferkieserze mit sehr geringen Co- und Ni-Gehalten hin (Kraus, 2014, S. 88; Presslinger, Prochaska und Walach, 2004, S. 38). Deutlich dürfte sich außerdem das in nicht unwesentlichem Umfang und einer gewissen räumlich-kulturellen Nähe produzierte Kupfer aus den Südalpen mit den dominierenden Spurenelementen Pb und As (Trentino: Metten, 2003, S. 26-27) beziehungsweise As, Sb und Bi (Vintschgau: Koch Waldner, Mehofer und Bode, 2021, S. 9-10) von demjenigen aus dem Oberhalbstein unterscheiden.

Schwieriger ist eine Identifizierung von Oberhalbsteiner Kupfer in legierten oder möglicherweise sogar rezyklierten Fertigobjekten aus Bronze, dem für die fragliche Zeit üblichen Werkstoff. Während die Ni- und oder Co-Gehalte zwar auch in pauschalchemischen Analysen von Bronzeobjekten noch ersichtlich sein dürften, können ursprünglich geringe As-, Sb- oder Ag-Gehalte, die für eine geochemische Abgrenzung des Oberhalbsteiner Kupfers vom «ostalpinen Kupfer» entscheidend sind, überprägt werden. Am Beispiel der analysierten Schlacke 3804-SP* vom Padnal kann die Problematik einfach verdeutlicht werden: Die Schlacke weist einen Sn-Gehalt von 2,9 Gew.-% auf und ist somit als Abfallprodukt eines Verarbeitungsprozesses mit bzw. zu einem intentionell legierten Wertträger einzustufen (Hauptmann, 2007, S. 31). Die Spurenelementkonzentrationen von Cr, Co und Ni stimmen relativ gut mit denjenigen anderer Schlacken aus der unteren Talstufe überein, die Sb-, As- und Ag-Gehalte hingegen liegen deutlich höher. Handelt es sich bei dem fraglichen Stück nun um das Abfallprodukt einer Legierung aus Oberhalbsteiner Kupfer mit verunreinigtem Zinn, um ein Produkt von Fremdmaterial-Verarbeitung (Fahlerz) oder um eine Mischung oder (Teil-)Rezyklierung? Eine plausible Beantwortung dieser Frage ist schwierig, zumal nicht das Produkt des betreffenden Schmelzprozesses, sondern lediglich dessen Abfallprodukt vorliegt. Die Kombination aus erhöhten Sb-, As- und Ag-Anteilen – der «Fahlerz-Trias» – sowie die Tatsache, dass Zinn in der Regel nur wenig Verunreinigungen aufweist und außerdem in einem untergeordneten Verhältnis zulegiert wurde (Pernicka, 2014, S. 255), spricht in diesem Fall allerdings eher für die Fremdmaterial-Theorie.

Auch die Identifizierung von Oberhalbsteiner Kupfer mittels Bleiisotopenanalysen kann durch Legierungsprozesse erschwert werden: Die als sehr gering anzunehmenden Pb-Anteile wären bereits bei einer Legierung bzw. Vermischung mit nur leicht Pb-haltigem Zinn oder Kupfer überdeckt oder zumindest verwaschen worden.³⁶⁹

³⁶⁸ Natürlich spielen neben den alpinen Kupferlagerstätten auch andere Reviere, etwa aus dem Mittelmeerraum, eine bedeutende Rolle für die Rohstoffversorgung des bronze- und eisenzeitlichen Zentraleuropas. Der Übersichtlichkeit halber werden hier aber lediglich die wichtigsten direkt benachbarten, alpinen Reviere berücksichtigt.

³⁶⁹ Gerade in der späten Bronzezeit und der älteren Eisenzeit wird teilweise ein sprunghafter Anstieg von Pb in Bronzeobjekten beobachtet. Die Herkunft des Pb konnte jedoch noch nicht abschließend geklärt werden (mit Blei «gestrecktes» Zinn oder stark Pb-haltiges Kupfererz?) (vgl. dazu Grutsch, et al., 2019, S. 345-347; Nielsen, 2014).

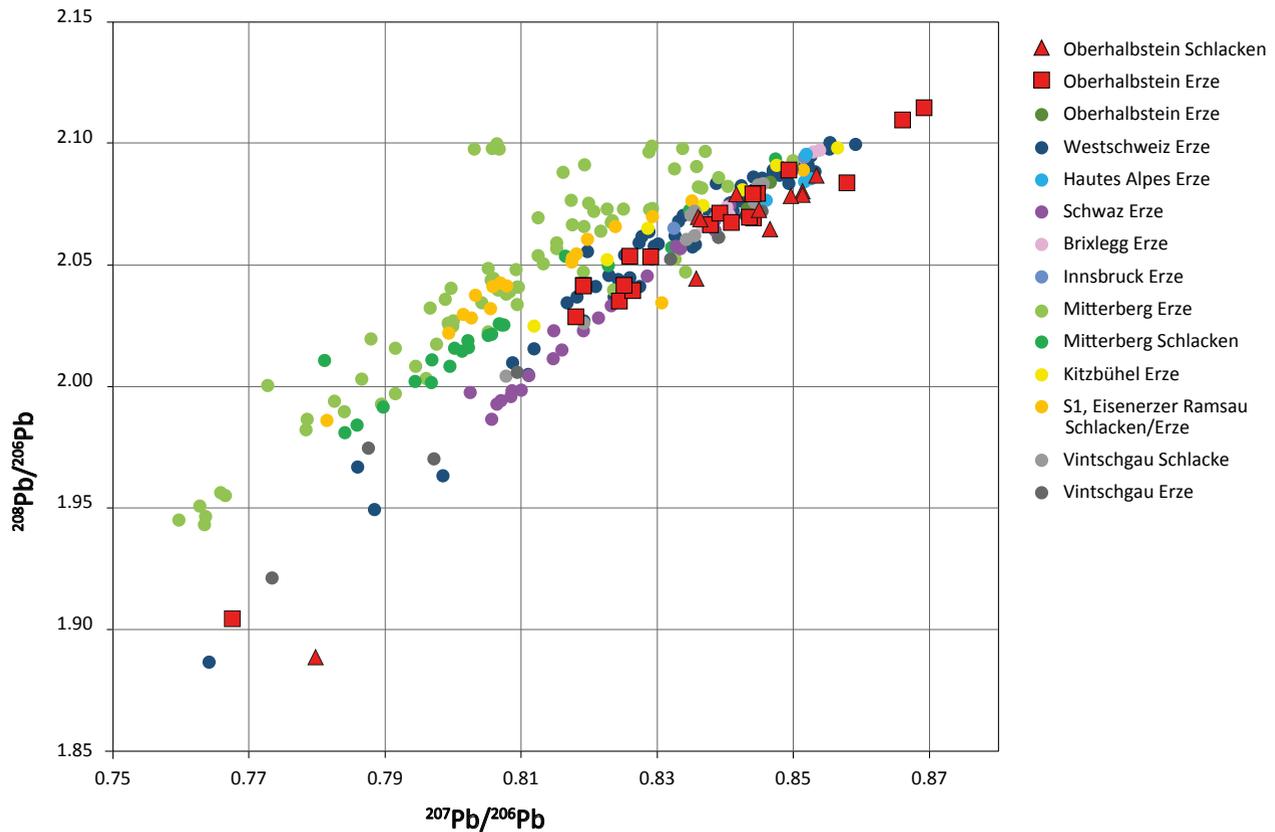


Abb. 4.41: Bleiisotopenverhältnisse von Erzen und Schlacken aus dem Oberhalbstein im Vergleich mit Analysen aus anderen prähistorischen Kupferrevieren im Alpenraum nach Cattin (2008; Erze Oberhalbstein, Westschweiz und Hautes Alpes), Höppner, et al. (2005; (Erze Schwaz, Brixlegg und Innsbruck), Pernicka, et al. (2016; Erze und Schlacken Mitterberg), Koch Waldner, (2017; Erze Kitzbühel), Kraus (2014; Schlacken und Erze aus der Fundstelle S1, Eisenerzer Ramsau); Koch Waldner, Mehofer und Bode, (2021; Schlacken und Erze Vintschgau). Grafik: L. Reitmaier-Naef, UZH.

Die Analyse eines solchen Fertigprodukts resultiert zwingend in einer verfälschten Isotopen-Signatur, die für herkunftsanalytische Fragen wenig hilfreich oder sogar irreführend sein kann (Hauptmann, 2007, S. 35).

Im Falle einer unproblematischen Legierung ist im alpinen Rohstoff-Umfeld allerdings von einer hinreichenden Differenzierung des Oberhalbsteiner Kupfers mittels Bleiisotopenanalytik auszugehen: Die ermittelte Isotopensignatur zeigt zwar deutliche Überlappungen mit den Kupfererzlagern der Westalpen und des Unterinntals, bei diesen handelt es sich jedoch fast ausschließlich um geochemisch gut differenzierbare Fahlerzorkommen (Abb. 4.41).

Eine maximal randliche Überlappung ist mit den wenigen verfügbaren Daten aus dem Vintschgau und dem Kitzbüheler Raum festzustellen. Von den restlichen ostalpinen Kupferorkommen am Mitterberg und in der Eisenerzer Ramsau lässt sich das Oberhalbstein gemäß heutiger Datengrundlage³⁷⁰ jedoch relativ klar abgrenzen. Die

³⁷⁰ Während das Mitterberg-Revier bleiisotopisch sehr gut charakterisiert wurde (Pernicka, Lutz und Stöllner 2016), liegen für weitere Kupferkieslagerstätten aus der österreichischen Grauwackenzone bislang nicht sehr viele Daten vor (Kraus, 2014; Koch Waldner, 2017).

im Diagramm nicht dargestellt, da nur auf ²⁰⁴Pb normiert publizierte Daten aus den Südalpen (Artioli, et al., 2014; 2016; Dolfini, Angelini und Artioli, 2020; Nimis, 2012) zeigen ebenfalls eine sehr klare Abgrenzung vom Oberhalbsteiner Material.

Mit einer Kombination aus Spurenelement- und Bleiisotopenanalyse steigt also die Chance, «Oberhalbsteiner Kupfer» auch in legierten Fertigobjekten zu identifizieren.

Ein positives Alleinstellungsmerkmal des hiesigen Kupfers stellt außerdem die Datierung insbesondere der zweiten Produktionsphase dar: Bislang sind im alpinen Raum nur vereinzelt Nachweise für eine Kupferproduktion in der älteren Eisenzeit bekannt³⁷¹, das Spektrum der zu diesem Zeitpunkt im Umlauf befindlichen resp. neu in Umlauf geratenden Kupfersignaturen dürfte dementsprechend überschaubar sein. Wie stark für diese Epoche die Problematik einer allfälligen Rezyklierung von Altmetall oder das Mischen von Kupfer unterschiedlicher Herkunft zu berücksichtigen sind, werden künftige Untersuchungen insbesondere an Fertigobjekten zeigen müssen.

³⁷¹ Insbes. Unterinntal (Fahlerz: vgl. dazu Goldenberg, et al., 2012; Staudt, et al., 2019a).

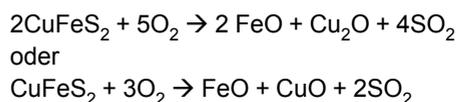
5 Prozess

5.1 Metallurgische Grundprozesse

Metallisches Kupfer kann aus sulfidischen Erzen, wie sie im Oberhalbstein anstehen, nur durch ein komplexes, mehrstufiges Verhüttungsverfahren gewonnen werden. Die eigentliche Herausforderung der Chalkopyrit-Verhüttung besteht darin, sowohl das Eisen als auch den Schwefel in die Schlacke bzw. Luft abzuführen, sodass nur noch das metallische Kupfer übrigbleibt. Es gibt eine Reihe verschiedener metallurgischer Grundprozesse, die in unterschiedlicher Kombination oder Reihenfolge an dieses Ziel führen. Die Beschreibung dieser Grundprozesse erfolgt nach einer jüngst publizierten Zusammenstellung durch E. Hanning, H. Herdits und E. Silvestri (2015, S. 225-226).

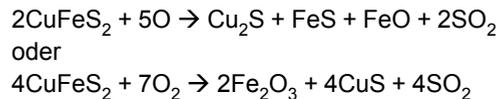
Durch das Rösten des sulfidischen Erzes bei einer Temperatur von einigen hundert Grad Celsius³⁷² unter oxidierenden Bedingungen können die Schwefelverbindungen (partiell) in Oxide umgewandelt werden, wobei Schwefeldioxid als Gas entweicht. Hierbei wird zwischen zwei Prozessen unterschieden: Die sog. Totröstung des Erzes führt zu einer vollständigen Oxidation der Schwefelverbindungen (FeO, CuO), bedingt aber einen hohen Energieaufwand. Bei der Teilröstung erfolgt lediglich eine partielle Umwandlung der Sulfide in Oxide, wobei aufgrund der hohen Affinität des Kupfers zu Schwefel bevorzugt die Eisensulfide oxidieren. Je nach Fraktionsgröße des Röstguts entsteht bei diesem Prozess lediglich ein oberflächlich oxidiertes Erz, das im Kern noch Kupfer-Eisen-Sulfide enthält. Dieser Prozess erhält sich selbst, solange ein Schwefelüberschuss besteht.

Totröstung



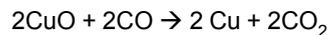
³⁷² Die Temperaturangaben in der Literatur divergieren: 600–900 °C bei Hanning, Herdits und Silvestri (2015), 400–700 °C bei Hauptmann (1984) und Kraus (2014). Vgl. auch experimentell ermittelte Werte bei Rose, Hanning und Klein (2019). Der Prozess findet auf jeden Fall bei Temperaturen statt, die deutlich unter dem Schmelzpunkt der Eisen-Kupfer-Sulfide liegen.

Teilröstung

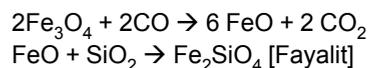


Totgeröstetes Erz kann dann in einem einfachen Prozess unter Beigabe von SiO₂-reicher Gangart oder Flussmittel (z.B. Retourschlacke) zu metallischem Kupfer und Eisensilikatschlacke reduziert werden. Letztere besteht charakteristischerweise hauptsächlich aus Fayalit (Fe₂SiO₄) (s. Kapitel 4.3.1, S. 145).

Reduktion



Schlackenbildung

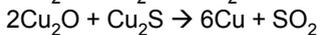
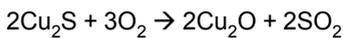


Nur teilgeröstete Erze können hingegen nicht in einem einzigen Prozessschritt zu Kupfer reduziert werden, sondern müssen in einem mehrstufigen Prozess weiterverarbeitet werden. Der erste Schritt besteht darin, die Sulfide bei reduzierender Atmosphäre durch einen Seigerprozess aus dem umgebenden Neben- und/oder Ganggestein zu lösen sowie das bereits oxidierte Eisen zu verschlacken. Ab einer Temperatur von 900 °C beginnen die Kupfer-(Eisen-)Sulfide zu schmelzen und im Ofen abzusinken. Bei Temperaturen von 1100–1200 °C werden gleichzeitig die Eisenoxide unter Zugabe von SiO₂-reichem Ganggestein oder Zuschlag – analog zur Reduktion von totgeröstetem Erz – zu eisenreicher Silikatschlacke reduziert. Durch die Schlackenbildung erfolgt eine (Teil-)Verflüssigung der Ofencharge, was zu einer besseren Trennung von Schlacke und Wertträger führt: Aufgrund ihres höheren spezifischen Gewichts sintern die Sulfide (oder das Metall) im unteren Bereich des Ofens zu einem Regulus zusammen, während die Schlacke eine darüber liegende Schicht bildet. Aus diesem Prozessschritt resultiert ein an Kupfer angereichertes Zwischenprodukt, Kupferstein oder

Matte³⁷³ genannt. Dieser Prozess wird auch als «Matteschmelzen» bezeichnet.

Aus dem so erhaltenen Zwischenprodukt kann nun auf unterschiedliche Weise metallisches Kupfer hergestellt werden. Entweder erfolgt eine Wiederholung des oxidierenden Röst- und reduzierenden Schmelzprozesses, bis das Eisen weitgehend in die Schlacke abgeführt wurde und die verbleibenden Kupfersulfide mit den Kupferoxiden zu metallischem Kupfer reagieren:

Reaktionsschmelzen



Oder diese beiden Reaktionen erfolgen in einem Prozess mit relativ oxidierender Atmosphäre gleichzeitig resp. direkt nacheinander. Diese sog. Röstreaktion wird beispielsweise im Mabuki- oder im modernen Konverter-Verfahren durch das «Verblasen» des Kupfersteins mit Luft ausgelöst: Die Kupfersulfide werden in Kupferoxide umgewandelt und reagieren ihrerseits wiederum mit den verbleibenden Kupfersulfiden zu metallischem Kupfer.

Alternativ kann der Kupferstein auch vollständig entschwefelt und dann – analog zum totgerösteten Erz – nach dem Deutschen Prozess (vgl. Czedik-Eysenberg, 1958) weiterverarbeitet werden (Reduktion und Schlackenbildung). Bei einer fortlaufenden Eisen-Abreicherung des Kupfersteins kann außerdem über die Mischungslücke im System Cu-Fe-S metallisches Kupfer sowie ein Rest an Kupferstein, der sog. Dünnstein, entstehen.

5.2 Forschungsdiskurs

Die Frage nach der exakten metallurgischen Funktionsweise des urgeschichtlichen Hüttenprozesses wurde für den mittel- bis spätbronzezeitlichen Alpenraum bereits ab dem beginnenden 20. Jahrhundert erörtert und seither immer wieder kontrovers diskutiert. Darüber, dass es sich um ein mehrstufiges Verfahren aus (mindestens) einem oxidierenden Röstprozess bei geringer Temperatur sowie (mindestens) einem Schmelzgang im (Schacht-) Ofen bei höherer Temperatur und reduzierender(er) Atmosphäre gehandelt haben muss, bestand unter anderem auch aufgrund der Einheitlichkeit und Aussagekraft der archäologischen Befunde bereits früh weitgehend Einigkeit. Unterschiedliche Interpretationen bestanden und bestehen teilweise noch heute hinsichtlich der Abfolge der einzelnen Prozessschritte und der Charakterisierung des resp. der Schmelzprozesse(s). Ab den 1980er Jahren gewinnen naturwissenschaftliche Analysen an

Schlacken als Argumentationsgrundlage zunehmend an Bedeutung, wobei die Frage, ob die verschiedenen Schlackentypen³⁷⁴ Produkt eines einzelnen oder verschiedener Schmelzprozesse sind, immer wieder divergierend beantwortet wurde.

Bereits M. Much (1902) ging für das Mitterberg-Gebiet von einem zweistufigen Verfahren aus, wobei das vorgängig geröstete Erz zuerst im Ofen zu Kupferstein geschmolzen und anschließend im Tiegel zu metallischem Kupfer angereichert worden sei. Die Schlacken Kuchen waren demzufolge ein Abfallprodukt des ersten, die Plattenschlacken des zweiten Schmelzgangs. Eine ähnliche Prozessrekonstruktion schlug O. Klose (1918) in Anlehnung an den Krummofen-Prozess wenig später vor: Nach einem Röstvorgang soll das Kupfererz in einem ersten Schmelzgang zu Kupferstein geschmolzen worden sein, wobei die heterogenen Schlacken Kuchen anfielen. Die Produktion von Schwarzkupfer erfolgte in einem zweiten Schmelzgang in einem zweiten Ofen. Aus diesem Prozess soll die Plattenschlacke stammen. Raffiniert wurde das Kupfer O. Klose (1918) zufolge schließlich im Tiegel.

Abweichender Auffassung war G. Kyrle (1920), der in Anbetracht der geringen Fundmenge an Plattenschlacken sogar von einem einstufigen Verfahren ausging, bei dem Reicherze direkt zu metallischem Kupfer reduziert wurden und Schlacken Kuchen als Abfallprodukte entstanden. Die vergleichsweise wenigen Plattenschlacken seien demzufolge als Überreste des anschließenden Raffinationsprozesses zu deuten.

K. Zschocke und E. Preuschen (1932) wiederum schlugen ein mehrstufiges Verfahren vor, das aus einem Röstprozess, gefolgt vom Matteschmelzprozess im Schachtofen unter Beigabe von silikatreichem Zuschlag zur Schlackenbildung und einer abschließenden Produktion von metallischem Kupfer im Tiegel bestand. Neu an diesem Modell ist, dass nicht mehr nur das Ausgangsmaterial, sondern auch das Zwischenprodukt – der im Schachtofen erschmolzene Kupferstein – vor seiner Weiterverarbeitung im Tiegel totgeröstet worden sein soll.

Ein ähnliches, nahe mit dem erstmals durch G. Agricola beschriebenen «alten deutschen Prozess³⁷⁵» verwandtes Verfahren rekonstruierte F. Czedik-Eysenberg (1958; S. 17) (Abb. 5.1). Im Unterschied zum Modell von K. Zschocke und E. Preuschen ging er jedoch von einer Reduktion des Schwarzkupfers «in niedrigen Schachtofen mit schwacher Windpressung» aus.

Auch das häufig zitierte Modell von C. Eibner (1982a) – der «Röst-Reduktionsprozess» (Hauptmann und Weisgerber, 1985, S. 26) – basiert grundsätzlich auf dem Deutschen Prozess: Das Erz wird zuerst geröstet und

³⁷³ «Matte» ist die engl. Bezeichnung für Kupferstein, die häufig auch im Deutschen Verwendung findet.

³⁷⁴ Der forschungsgeschichtliche Diskurs wurde bislang durch die Typen Schlacken Kuchen und Plattenschlacke dominiert. Die Diskussion wurde erst in jüngster Vergangenheit um die Kategorie der «massiven Schlacken» erweitert (vgl. Addis, Angelini und Artioli, 2017 und Kapitel 3.1.1, S. 102).

³⁷⁵ Im Folgenden vereinfacht als «Deutscher Prozess» bezeichnet.

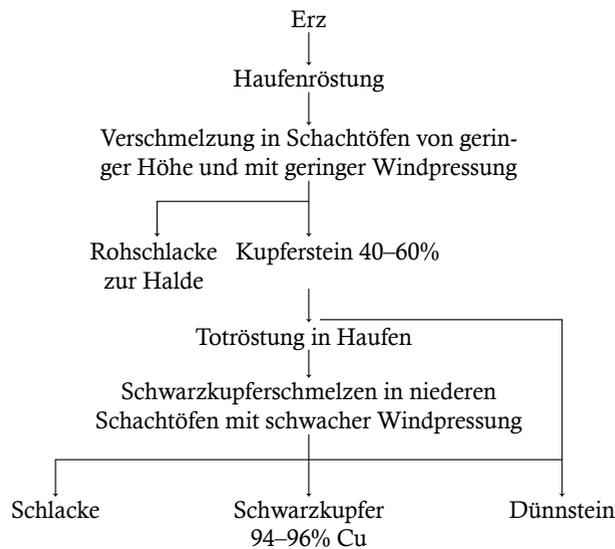


Abb. 5.1: «Stammbaum des urzeitlichen Kupferschmelzens auf dem Mitterberg» nach Czedik-Eysenberg (1958, S. 5; 17). Grafik: L. Reitmaier-Naef (UZH).



Abb. 5.2: Zeichnerische Umsetzung des Prozessmodells, wie es C. Eibner (1982a, S. 405) für den bronzezeitlichen Alpenraum auf der Grundlage von Befunden aus dem Mitterberg-Revier und der Steiermark vorgeschlagen hat.

anschließend im Schachtofen unter Zugabe von Retour-
schlacke und Quarz reduzierend geschmolzen, um einen
Kupferstein zu erhalten. Dabei fiel der heterogene Schla-
ckenkuchen als Abfallprodukt an. Der Kupferstein sowie
besonders kupferreiche Schlacke wurde daraufhin zer-
kleinert, «abgeröstet und nach mehreren Reaktionsgän-
gen zuletzt in Kupferoxid überführt, das wiederum bei
reduzierender Atmosphäre [...] zu einem verhältnismäßig
reinen Schwarzkupfer verarbeitet wurde.» (Eibner,
1982a, S. 405-406). Die Plattenschlacke ist gemäß C.
Eibner (1982a; 1982b) diesem letzten Prozessschritt zu-
zuordnen (Abb. 5.2). Eine Raffination des Kupfers soll
schließlich in einfachen Gruben im Siedlungsbereich
stattgefunden haben.

Einen davon abweichenden Rekonstruktionsvor-
schlag formulierte in derselben Zeit eine Forschergruppe
um H. Moesta (Moesta, 1986; Moesta, Ruffler und
Schnau-Roth, 1989; Moesta und Schlick, 1989; Moesta
und Schnau, 1982; 1983). Während sich ihr Prozessmo-
dell bis hin zur Reduktion des Kupfersteins mit dem
Deutschen Prozess deckt, postulierten sie auf der Grund-
lage von mineralogischen und mößbauerspektroskopi-
schen Untersuchungen an Verhüttungsschlacken einen
zweiten Schmelzgang unter oxidierenden Bedingungen
(«Röstreaktions-Verfahren») – ohne vorgängigen Röst-
prozess (Abb. 5.3). Blasige Laufsclacken seien dem
ersten, dünnflüssige Schlacke und dickere Laufsclack-
en³⁷⁶ dem zweiten Schmelzgang zuzuordnen. Dieses
Verfahren orientiert sich am japanischen Mabuki-Prozess
(vgl. Hauptmann, 1984 und Kapitel 5.3.1), scheint aber in
einem gewissen Widerspruch zu den archäologischen
Befunden zu stehen: Für eine plausible Argumentation

mussten die alpinen Ofenbefunde hier als dreiseitige
Herde rekonstruiert werden, was durch jüngere Ausgra-
bungen klar widerlegt werden kann (zusammenfassend:
Hanning, Herdits und Silvestri, 2015, S. 228).

Nachdem der wissenschaftliche Diskurs lange durch
die Funde und Befunde aus dem Mitterberger Raum do-
miniert wurde, trugen seit der Jahrtausendwende eine
ganze Reihe jüngerer archäologischer und archäometal-
lurgischer Studien aus unterschiedlichen Untersuchungs-
gebieten zu einer weiteren Vervielfältigung möglicher
Prozessrekonstruktionen bei. Dabei wurden auch Ähn-
lichkeiten und Unterschiede zwischen den Revieren
deutlich – archäometallurgische wie forschungshistori-
sche.

B. Metten (2003) zufolge lässt sich an dem von ihr
untersuchten Schmelzplatz Acqua Fredda im Trentino
lediglich ein Schmelzprozess mit Sicherheit belegen, bei
dem stückiges, möglicherweise teilgeröstetes Erz zu-
sammen mit dem umgebenden Quarzgang im Schacht-
ofen zu Matte geschmolzen wurde. Die verschiedenen
Schlackentypen sind ihr zufolge alle demselben Prozess,
jedoch unterschiedlichen Zonen innerhalb des Ofen-
raums zuzuordnen (Dissoziationszone, Seigerzone,
Oxidationszone). Eine Weiterverarbeitung von Kupfer-
stein zu Schwarzkupfer ließ sich B. Metten (2003) zufolge
auf der Grundlage des untersuchten Schlackenmaterials
nicht plausibel nachweisen, könnte in kleinerem Umfang
aber auch als Beiprodukt des beschriebenen Prozesses
entstanden sein (vgl. Piel, Hauptmann und Schröder,
1992).

Eine weitere Untersuchung an spätbronzezeit-
lichen Verhüttungsschlacken aus dem Trentino durch
A. Addis führte zu einem anderen Schluss. Die drei
definierten Schlackentypen sind A. Addis zufolge drei

³⁷⁶ Zur Konkordanz der Typbezeichnungen vgl. Tab. 3.1.

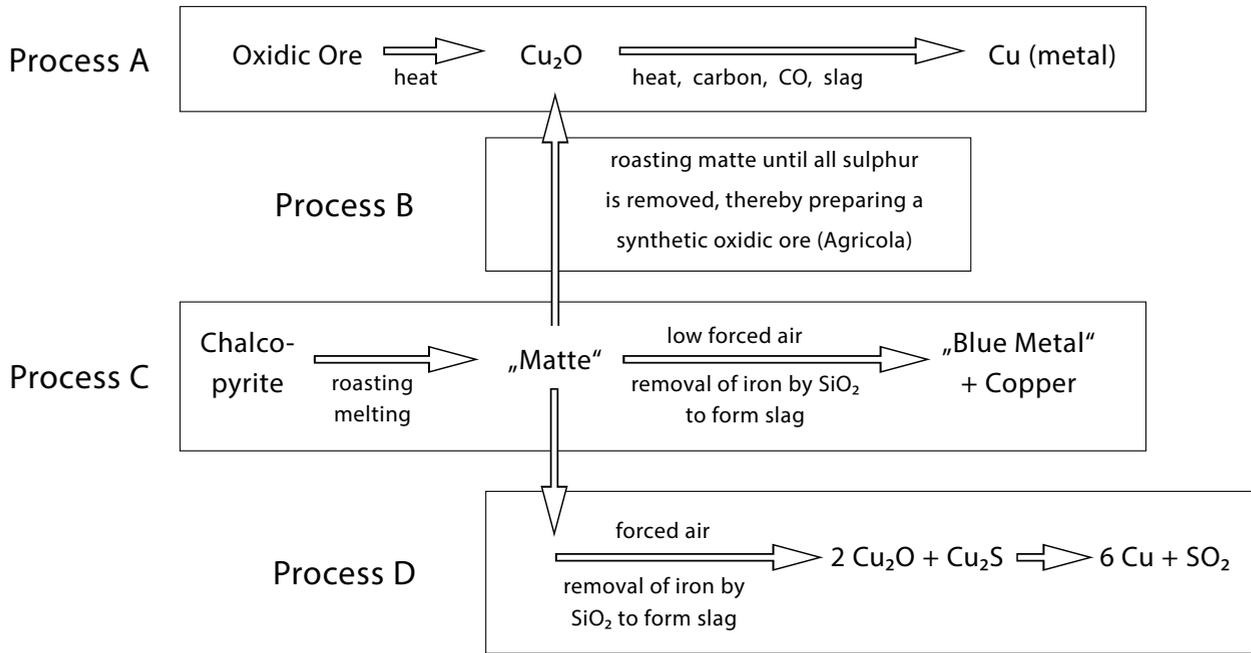


Abb. 5.3: Schematisches Modell des Mitterberg-Prozesses, wie ihn Moesta (1986, S. 81) in Anlehnung an den japanischen Mabuki-Prozess rekonstruierte. Grafik: L. Reitmaier-Naef (UZH).

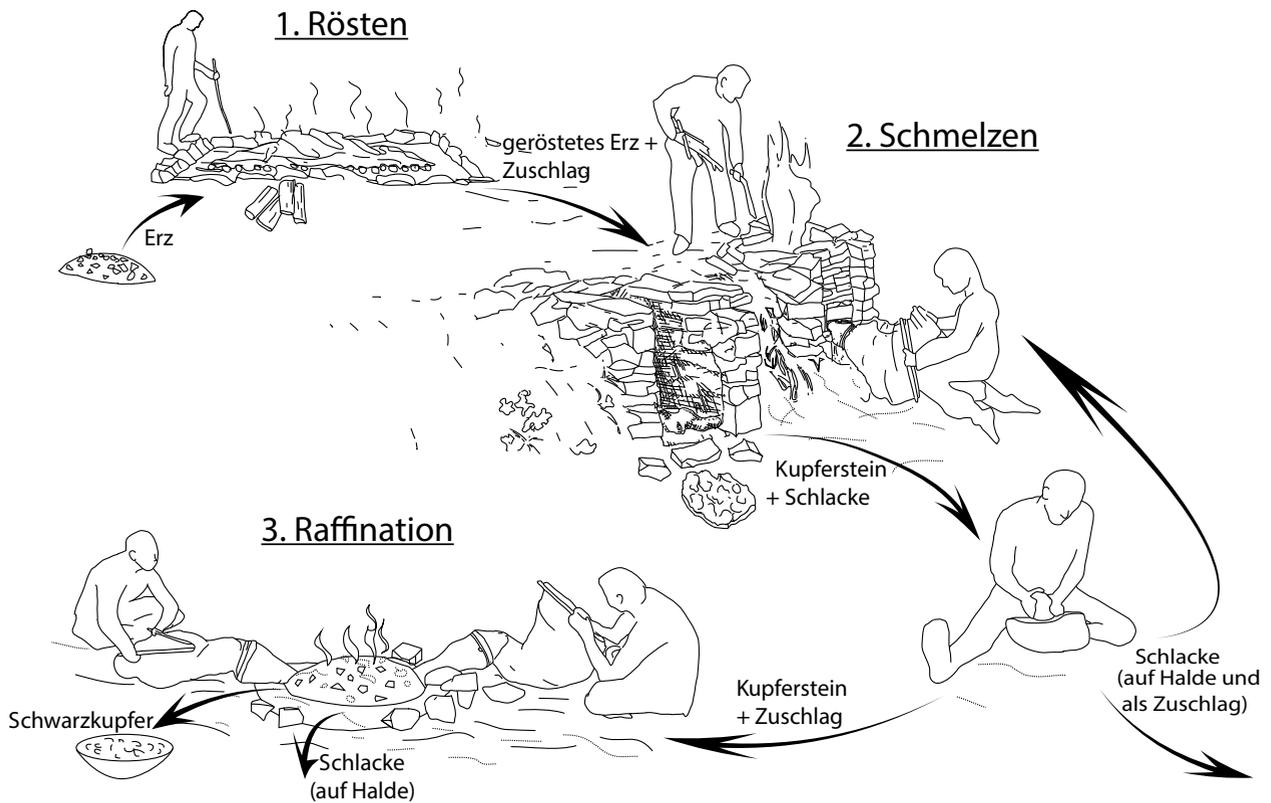


Abb. 5.4: Zeichnerische Umsetzung der Prozess-Rekonstruktion der urgeschichtlichen Chalkopyrit-Verhüttung auf der Grundlage von archäologischen Befunden und Experimenten durch E. Hanning, H. Herdits und E. Silvestri (2015, S. 229). Grafik: E. Hanning, DBM/RGZM.

verschiedenen Prozessschritten zuzuordnen: Im ersten Schmelzgang wurde Chalkopyrit mit Quarzüberschuss zu einer kupferarmen Matte geschmolzen, dabei entstanden die heterogenen Schlacken Kuchen. In einem wiederholten Schmelzgang wurde die Matte mit Kupfer angereichert, wobei massive Schlacken anfielen. Die homogenen Plattenschlacken seien schließlich das Abfallprodukt des finalen Prozessschritts, bei dem metallisches Kupfer produziert wurde (Addis, et al., 2016; Addis, 2013; Addis, Angelini und Artioli, 2017).

Für den Schmelzplatz S1 in der Eisenerzer Ramsau schlägt S. Kraus (2014) wiederum ein weiteres Szenario vor. Die hier beobachteten Schlackentypen zeigen zwar makroskopische Unterschiede, sind jedoch gemäß geochemisch-mineralogischen Untersuchungen unter vergleichbaren Bedingungen gebildet worden und somit Überrest ein und desselben Prozesses, dem Matteschmelzen. Diese Interpretation deckt sich mit den Ergebnissen aus B. Mettens (2003) Untersuchung ebenso wie mit denjenigen R. C. P. Doonans (1996).

Nicht nur auf archäometallurgischen Untersuchungen, sondern vor allem auch auf archäologischen Befunden und Experimenten basierend und somit in der Argumentation deutlich breiter verankert als die Mehrheit der früheren Rekonstruktionsvorschläge präsentiert sich das durch E. Hanning, E. Silvestri und H. Herdits (2015, S. 228-229) formulierte Modell: Das sulfidische Erz wird unter oxidierenden Bedingungen im Röstbett teilgeröstet, sodass ein Gemisch aus Kupfer- und Eisenoxiden und -sulfiden entsteht. Das Röstgut wird – bei Bedarf mit Flussmittelzuschlag – im Schachtofen zu Eisensilikatschlacke und Kupferstein, möglicherweise wenig metallischem Kupfer reduziert. Der Kupferstein wird zerkleinert und mit oder ohne vorgängiges Rösten zusammen mit einem silikatreichen Schlackenbildner erneut aufgeschmolzen – diesmal allerdings in einem einfachen Grubenofen unter relativ oxidierenden Bedingungen. Das metallische Kupfer sammelt sich am Grund des Reaktors, darüber folgt der Dünstein sowie die Schlacke (Abb. 5.4). Eine explizite Zuweisung der verschiedenen Schlackentypen zu den beiden Prozessschritten wird hier zwar nicht erwähnt. Dennoch ist davon auszugehen, dass der erste Schmelzgang mit Schlacken Kuchen und der zweite mit den homogenen Plattenschlacken in Verbindung zu bringen ist.

5.3 Analogien und Experimente

Neben naturwissenschaftlichen Analysen und archäologischen (Be-)Funden haben historische Analogien in der Montanarchäologie wie auch in der Archäometallurgie als Referenz für die Rekonstruktion urgeschichtlicher Technologien eine lange Tradition. So beziehen sich die meisten Rekonstruktionsvorschläge für den bronzezeitlichen Hüttenprozess auf historische oder rezente Verfahren,

wie sie etwa durch G. Agricola (1556a; 1556b), V. Birignuccio (1572a; 1572b), L. Ercker (1574) oder jüngere hüttenkundliche Fachliteratur (vgl. z.B. von Schönberg, 1693; Schlüter, 1738; Lampadius, 1810; Karsten, 1818; Kerl, 1865; Percy, 1874 und viele weitere) beschrieben wurden.³⁷⁷ Früh spielen in diesem Zusammenhang auch ethnographische Schilderungen eine Rolle. So haben etwa K. Zschocke und E. Preuschen (1932, S. 263) bereits in ihrer Monographie über den urgeschichtlichen Bergbau im Gebiet Mühlbach-Bischofshofen Kupfergewinnungsprozesse aus dem Himalaya, Indien und Japan beschrieben. Zwei dieser Prozesse wurden bislang besonders häufig zitiert und sind für den archäometallurgischen Diskurs nach wie vor von Bedeutung. Sie sollen im Folgenden kurz beschrieben werden.

5.3.1 Mabuki-Prozess

In einer illustrierten Abhandlung zur japanischen Kupfergewinnung aus dem frühen 19. Jahrhundert, dem «Kodō-zuroku» wird ein im 16. Jahrhundert eingeführter und bis ins frühe 20. Jahrhundert weitgehend unverändert betriebener Hüttenprozess – der «Mabuki-Prozess»³⁷⁸ – beschrieben. Die Abhandlung umfasst neben der eigentlichen Verhüttung auch Erläuterungen zum Bergbau, der Aufbereitung und der Entsilberung des Kupfers, auf die an dieser Stelle nicht weiter eingegangen wird. Der Mabuki-Prozess entspricht weitgehend dem Röstreaktionsverfahren, wie es von H. Moesta (1986) auch für die urgeschichtliche Kupfergewinnung vorgeschlagen wurde:

Das aufbereitete Erz (eisenhaltiges, sulfidisches Erz auf Chalkopyrit-Basis) wurde in Röststadeln bei ca. 400–700 °C einer partiellen Röstung unterzogen. Um die Oxidation zu kontrollieren, wurde das Röstgut mit Matten abgedeckt und befeuchtet. Einmal in Gang gesetzt, war dieser Prozess selbstgehend und dauerte circa 30 Tage. Die anschließende Weiterverarbeitung erfolgte in einem einfachen Grubenofen bzw. -herd unter Befuerung durch ein handbetriebenes Kastengebläse. Im ersten Schmelzgang wurde das geröstete Erz mit Holzkohle zu einem hochprozentigen Kupferstein, einem sog. Spürstein mit ca. 70–80 Gew.-% Kupfer, sowie wenig Bodenkupfer geschmolzen. Der hohe Kupfergehalt des Zwischenprodukts ist auf die nicht streng oxidierende Atmosphäre, das reiche Ausgangsmaterial sowie die weitgehende Oxidation des Eisens zurückzuführen. Eine Beigabe von Flussmittel zur Schlackenbildung wird nicht explizit erwähnt. Die Charge wurde während des Schmelzgangs mehrfach mit Wasser gelöscht, um niedrigviskose Schlacke abzuziehen (Abb. 5.5).

³⁷⁷ Eine Zusammenstellung und Neubewertung verschiedener historischer Prozessschilderungen findet sich bei Bartels, Bingener und Salotta (2006).

³⁷⁸ Die folgenden Ausführungen basieren auf Hauptmann (1984), vgl. auch Okada (1911).



Abb. 5.5: Illustration des eigentlichen «Mabuki-Prozesses»: Der zuvor erschmolzene Kupferstein wird durch «Verblasen» (Röstreaktion) in metallisches Kupfer umgewandelt, wobei immer wieder Schlacke abgehoben wird. Zuerst wird die Schmelze mit Wasser oberflächlich abgeschreckt (o.r.), sodass sich eine Schlackenscheibe bildet, die mit einer Art Haken aus dem Grubenofen abgezogen («gerissen») und in ein Wasserbecken geworfen wird (l.u.). Abbildung: Kodō-zuroku [1801], 8; nach Hauptmann (1984, S. 35).

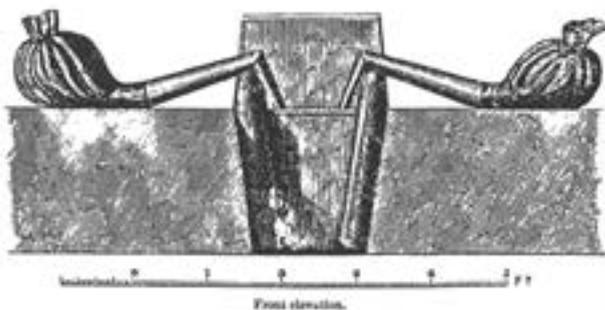


Abb. 5.6: Traditioneller Schmelzofen aus Nepal mit zwei L-förmigen Düsen und Blasebälgen zur Befuerung des Reaktors von oben. Abbildung: nach Percy (1861).

Ohne vorgängigen Röstprozess wurde der Spurestein wiederum im selben Reaktor erneut aufgeschmolzen, diesmal unter oxidierender Atmosphäre, wodurch ein Teil der Kupfersulfide oxidiert und mit den verbliebenen Sulfiden zu metallischem Kupfer reagiert (Röstreaktions-Verfahren). Auch bei diesem Prozess wird die

Schlacke nach dem «Scheibenreißen»³⁷⁹-Prinzip mehrfach abgezogen. Das produzierte Kupfer enthält noch einige Kupfersulfide und -oxide sowie weitere Verunreinigungen und wurde daher einem trockenen Raffinationsverfahren («Zwischenschmelzen») unterzogen, bevor es ein letztes Mal im Tiegel aufgeschmolzen und in Form gegossen wurde.

5.3.2 Nepal-Prozess

Eine weiteres traditionelles Kupfergewinnungs-Verfahren ist aus dem heutigen Nepal überliefert. Dieser «Nepal-Prozess» wurde im 19. Jahrhundert erstmals beschrieben und noch bis in die 1980er Jahre betrieben (Percy, 1861; [ohne Autor], 1831).

Um die Jahrtausendwende wurde diese Form der Kupfergewinnung, die im Dorf Okharbot in West-Nepal noch sporadisch angewendet wird, durch den norwegischen Ethnoarchäologen N. Anfinset (2011) vor Ort dokumentiert, erforscht und monographisch vorgelegt. Die folgende Schilderung des Verfahrens basiert auf dieser Publikation. Obwohl sein Interesse nicht primär der technologischen, sondern vor allem der sozialen und materiellen Dimension dieses Verfahrens galt, kann das Verhüttungsverfahren auf dieser Grundlage auch technologisch relativ genau charakterisiert werden. Der Nepal-Prozess verläuft demnach etwa wie folgt:

Das sulfidische, eisenreiche, in eine Quarz-Gangart eingebettete Erz wird mit Schlägel und Eisen im Untertagebau gewonnen und anschließend händisch zerkleinert, gewaschen und angereichert. Für den mehrstufigen Verhüttungsprozess wird parallel dazu aus Totholz in einem einfachen Verfahren Holzkohle hergestellt. Im Gegensatz zu den bislang besprochenen Verfahren wird das Erz im Nepal-Prozess ohne vorgängigen Röstprozess ein erstes Mal direkt geschmolzen. Dieser Schmelzgang erfolgt in einer dick mit Lehm verstrichenen, aus Steinplatten gesetzten, halbhohen Ofenkonstruktion mit einer hohen Rückplatte, zwei halbhohen Wangen und einer kleinen Lehmbrust (Abb. 5.6). Der Ofeninnenraum misst gut 30 cm × 30 cm und wird vor der Beschickung mit einer Dezimeter-dicken Schicht aus kleingestampfter Holzkohle verfüllt, um das Schmelzprodukt aufzufangen. Die Befuerung erfolgt über zwei L-förmige Düsen, die mit Blasebälgen aus Ziegenleder betrieben werden. Die Düsen werden aus mit Tierhaaren vermischem, lokalem Lehm

³⁷⁹ «Scheibenreißen», auch «Rosettieren», «Rosettenreißen» oder «Spleissen», bezeichnet eine in historischen Prozessen gängige Methode, um «gares» Kupfer aus dem Ofen abziehen (vgl. Bischoff, 1865, S. 76; Rösziern, 1700, S. 115). Ist die geeignete Temperatur erreicht, «wird das Kupfer mit Wasser besprengt, wodurch sich eine vom Herdrand abgelöste, nach oben gewölbte Scheibe bildet. Dieselbe wird mit der Furkel abgehoben und in Wasser geworfen, worauf in der nämlichen Weise eine zweite Scheibe gebildet und abgehoben wird u. s. f.» (Schnabel, 1901, S. 251).

hergestellt und vor der Verwendung nicht gebrannt, sondern lediglich getrocknet.

Sobald der mit Holzkohle vorgeheizte Ofen eine gewisse Temperatur erreicht, wird das stückige, bis Zentimeter-große Erz zugegeben und mit Holzkohle überdeckt. Beim ersten Schmelzgang werden außerdem kontinuierlich Schlackenfragmente aus dem letzten Verhüttungsprozess beigegeben, um die Verschlackung zu begünstigen. Folgendes ist dabei hervorzuheben (Anfinset, 2011, S. 50-51): «... two different types of slag are used, but the last layer of slag taken out from a previous smelt is regarded as necessary to make the smelt possible.»³⁸⁰ Der bei diesem Prozess beobachtete Schwefelgeruch weist auf die anhand der Ofenkonstruktion zu vermutende, zumindest leicht oxidierende Prozessatmosphäre hin, unter der ein Teil der (Kupfer- und) Eisensulfide oxidiert werden (Röstprozess).

Nach ca. 45 Minuten erkennt der Schmelzmeister an der Flammenfarbe und dem Absinken der Holzkohle, dass sich die sulfidische und silikatische Schmelze voneinander absetzen. Er rührt die gesamte Schmelze für eine noch bessere Abtrennung mit einem Holzstock durch und nach ein paar Minuten wird der Prozess beendet und die oberflächliche Holzkohle entfernt. Die oben aufliegende Schlacke wird mit Wasser abgeschreckt und scheibenweise aus dem Ofen abgehoben, bis nur noch der flüssige Kupferstein an der Ofensohle übrig bleibt (Abb. 5.7). Dieser wird schließlich ebenfalls aus dem Ofen gehoben und in einem Wasserbecken abgekühlt.

Das erschmolzene Zwischenprodukt, der Kupferstein, wird fein aufgemahlen, mit Kuhdung vermischt, pelletiert und schließlich in einer flachen Grube – ähnlich den alpinen Röstbetten – für ca. 10 – 12 Stunden geröstet.

Schließlich erfolgt ein mit dem ersten vergleichbarer, zweiter Schmelzgang, wobei der Ofen nun nur noch mit den gerösteten Pellets beschickt wird; eine Flussmittelbeigabe wird für diesen Prozessschritt nicht erwähnt, ist aber anzunehmen. Wiederum nach ca. einer Dreiviertelstunde werden die sich abtrennenden Schmelzen durch den Schmelzmeister umgerührt und wenig später die erste, mit Wasser abgeschreckte Schlacke abgehoben. Der Prozess wird für einige Minuten weitergeführt, bevor neuerlich eine Schlacke abgehoben wird. Dies wird so lange wiederholt, bis nur noch das metallische Kupfer übrig ist, das wiederum nach einer kurzen Auskühlung ebenfalls aus dem Ofen gehoben und in ein Wasserbecken getaucht wird (Abb. 5.8).³⁸¹ Die letzte, besonders



Abb. 5.7: Das Produkt aus dem ersten Schmelzgang, der Kupferstein, vor seiner Weiterverarbeitung zu feinem Pulver für den Röstprozess. Seine braun-lila Färbung zufolge dürfte der Kupferstein eine bornitische Zusammensetzung aufweisen mit aderförmigen Entmischungen metallischen Kupfers. Foto: N. Anfinset, Universität Bergen.



Abb. 5.8: Das Endprodukt aus dem zweiten Schmelzgang, das metallische Kupfer von oben (a) und von unten (b). Foto: N. Anfinset, Universität Bergen.

³⁸⁰ Die beiden unterschiedlichen Schlacken werden zwar nicht von Anfinset (2011) beschrieben oder abgebildet, es dürfte sich gemäß filmischer Dokumentation jedoch um Fragmente von dicken und dünnen resp. unterschiedlich homogene, plattige Schlacken handeln (vgl. Abb. 5.10).

³⁸¹ Dass der Kupfer-Regulus nicht wie derjenige aus Kupferstein über Nacht im Ofen ausgekühlt wird, könnte einerseits mit dem Wert des Fertigprodukts zusammenhängen oder mit dem Umstand, dass das Kupfer, wenn es nach Beendigung des Prozesses nicht möglichst schnell abgeschreckt wird, oberflächlich oxidiert.

kupferreiche Schlacke wird als Zuschlag für den nächsten Prozess aufgehoben.

So der Idealverlauf des Nepal-Prozesses – alle vier bis fünf Mal gelingt die Herstellung von metallischem Kupfer allerdings aus unbestimmten Gründen nicht und oft sind auch mehr als zwei Schmelz- und ein Röstdurchgang notwendig, um den Kupferstein vollständig zu entschwefeln.

Einige wenige prozessrelevante, insbesondere die Schlacken betreffende Details, die in der Publikation von N. Anfinset nicht ausgeführt werden, für die hier untersuchte Fragestellung jedoch von Interesse sind, können in einem bislang noch unveröffentlichten Dokumentarfilm³⁸² zur Kupfergewinnung in Okharbot beobachtet werden:

Gerade während des zweiten Schmelzprozesses kann eindeutig nachvollzogen werden, dass die abgehobenen Schlacken von Mal zu Mal dünner, flacher, kleiner und vermutlich auch homogener werden. Außerdem ist auf dem Kupfer-Regulus ein dünner, in Fragmente zerfallener Film zu erkennen, bei dem es sich um die sehr dünne, für den nächsten Prozess aufzuhebende letzte Schlacke handeln dürfte.³⁸³ Auf die Beobachtungen zum Abheben der Schlacken mit zwei hölzernen Stäben wurde bereits weiter oben hingewiesen (s. Kapitel 3.2.3).

Eine Raffination des gewonnenen Kupfers vor dessen Weiterverarbeitung ist gemäß dieser Untersuchung nicht bezeugt. Traditionell wird das Kupfer in diesem Kulturkreis in unlegiertem Zustand beispielsweise zu Gefäßen weiterverarbeitet.

Dieses traditionelle Kupferverhüttungs-Verfahren bildet seit mehreren Jahren die Grundlage für systematische archäologische Experimente durch G. Goldenberg und Kolleginnen und Kollegen aus dem In- und Ausland, darunter auch N. Anfinset. Die Experimente wurden im Rahmen des HIMAT-Projektes gestartet und danach alljährlich in einer zweiwöchigen Kampagne fortgeführt. Das Ziel besteht darin, über dieses bekannte Verfahren auch die nicht genau bekannten urgeschichtlichen Prozessschritte besser verstehen zu lernen und einer plausiblen Prozessrekonstruktion somit näher zu kommen (Goldenberg, et al., 2011). Während die ersten beiden Prozesse – das Matteschmelzen und Rösten – inzwischen relativ gut funktionieren und auch die entsprechenden Zwischenprodukte erzeugt werden, stellt die Umwandlung des Kupfersteins in metallisches Kupfer weiterhin eine Herausforderung dar, auch wenn jüngst erstmals kleinere Mengen metallischen Kupfers erzeugt wurden.³⁸⁴

Derzeit wird an einem Vergleich der experimentell hergestellten End-, Zwischen- und Abfallprodukte mit Originalmaterial aus Nepal gearbeitet, die hoffentlich dabei helfen werden, das Verfahren vollständig zu entschlüsseln und im Experiment nachzuvollziehen. Ein nicht unwesentlicher, nicht reproduzierbarer Faktor ist und bleibt allerdings das Erfahrungswissen des Schmelzmeisters – eine Grundvoraussetzung, die in

Nepal gegeben ist (oder bis vor Kurzem noch gegeben war) und hier erst wiedererrungen werden muss.

5.3.3 Mitterberg-Prozess: Experimente

Auch E. Hanning verfolgt auf der Suche nach dem bronzezeitlichen Hüttenprozess einen experimentalarchäologischen Zugang. Ihre Experimente basieren allerdings nicht auf einem bekannten Prozess, sondern auf den bronzezeitlichen Befunden aus dem Mitterberg-Gebiet. In ihrer Untersuchung steht dabei primär die Klärung der Funktionsweise der alpinen Schachtofen im Vordergrund. In den Jahren 2010–2012 führte sie zahlreiche Schmelzexperimente mit variierenden Parametern (Ofenbrust, Befuerung, Chargenvolumen und Zusammensetzung etc.) durch (Hanning, 2012) und nahm auch mineralogische Untersuchungen an den urgeschichtlichen und experimentell hergestellten Schlacken und Schmelzerzeugnissen vor, die bislang leider noch nicht abschließend vorliegen. Das Erkenntnispotential dieses Ansatzes wird aber auch durch die vorläufigen Ergebnisse deutlich. So konnte E. Hanning etwa plausibel nachweisen, dass sich nicht geköhleres Holz für die Befuerung des Schachtofens besser eignet als Holzkohle, da letztere den für eine optimale Temperaturführung notwendigen Kamineffekt unterbindet (Hanning und Pils, 2011, S. 132). Darüber hinaus haben die Experimente gezeigt, dass in den urgeschichtlichen Schachtofen zwar Kupferstein hergestellt werden kann, wobei heterogene Schlacken Kuchen als Abfallprodukte anfallen, eine Umwandlung von Kupferstein in Kupfer sowie die Bildung einer homogenen, flachen Plattenschlacke scheint in diesem Reaktor jedoch nicht resp. höchstens durch einen Abstich der Schlacke möglich. Diese Erkenntnis führte schließlich zu einer alternativen Prozessrekonstruktion, die auf viel Zustimmung stößt und den aktuellsten Stand im Forschungsdiskurs markiert (Hanning, Herdits und Silvestri, 2015, S. 228-229).

An die Erfahrungen und Fragestellungen dieser Experimente anschließend, fand 2018 auf dem Gelände des Labors für Experimentelle Archäologie (LEA) des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz (RGZM) eine weiterführende Experimente-Kampagne unter der Leitung von T. Rose und E. Hanning statt. Neben dem bereits ausführlich erforschten und weitgehend nachvollzogenen Schachtofen-Schmelzprozess wurden in diesem Rahmen auch die daran anschließenden Prozessschritte einbezogen – mit durchschlagendem Erfolg: Neben der finalen Produktion kleinerer Mengen metallischen Kupfers, konnten auch eine Reihe an prozessrelevanten Beobachtungen festgehalten und Zwischenprodukte erzeugt werden, die sich gut mit den fraglichen archäologischen (Be-)Funden in Verbindung bringen lassen. Gerade das in Ermangelung belastbarer archäologischer Evidenzen nach dem Vorbild des oben beschriebenen Nepal-Prozesses umgesetzte Schmelzen

³⁸² Storaas und Kharel, 2014. Dankenswerterweise hat sich N. Anfinset dafür eingesetzt, dass für die vorliegende Arbeit auf eine Online-Version des Dokumentarfilms zugegriffen werden konnte.

³⁸³ Die Zusammensetzung dieser dünnen Schicht auf dem metallischen Kupfer kann anhand der Filmaufnahme natürlich nicht sicher korrekt angesprochen werden. Da sie während der Abkühlung jedoch gut ersichtlich in kleine Fragmente zerspringt, dürfte es sich tatsächlich um Schlacke, und nicht um einen Dünstein handeln.

³⁸⁴ Mündl. Mitteilung von G. Goldenberg.

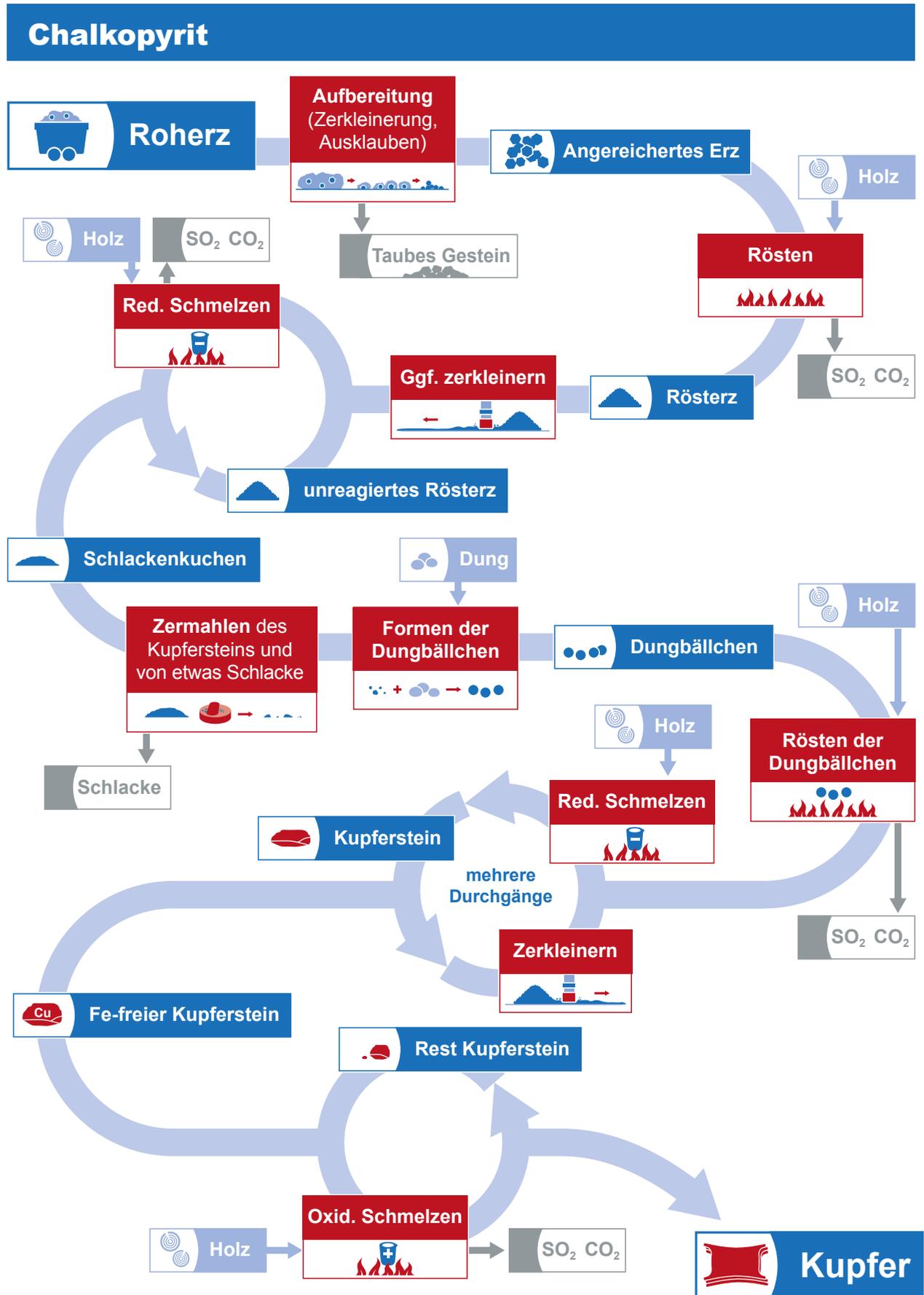


Abb. 5.9: Schematische Abfolge der experimentellen Chalkopyrit-Verhüttung durch Th. Rose, E. Hanning, S. Klein und weitere Kolleginnen und Kollegen im Sommer 2018. Abbildung: nach Rose, Hanning und Klein (2019, S. 50). Grafik: DBM (CC BY 4.0).

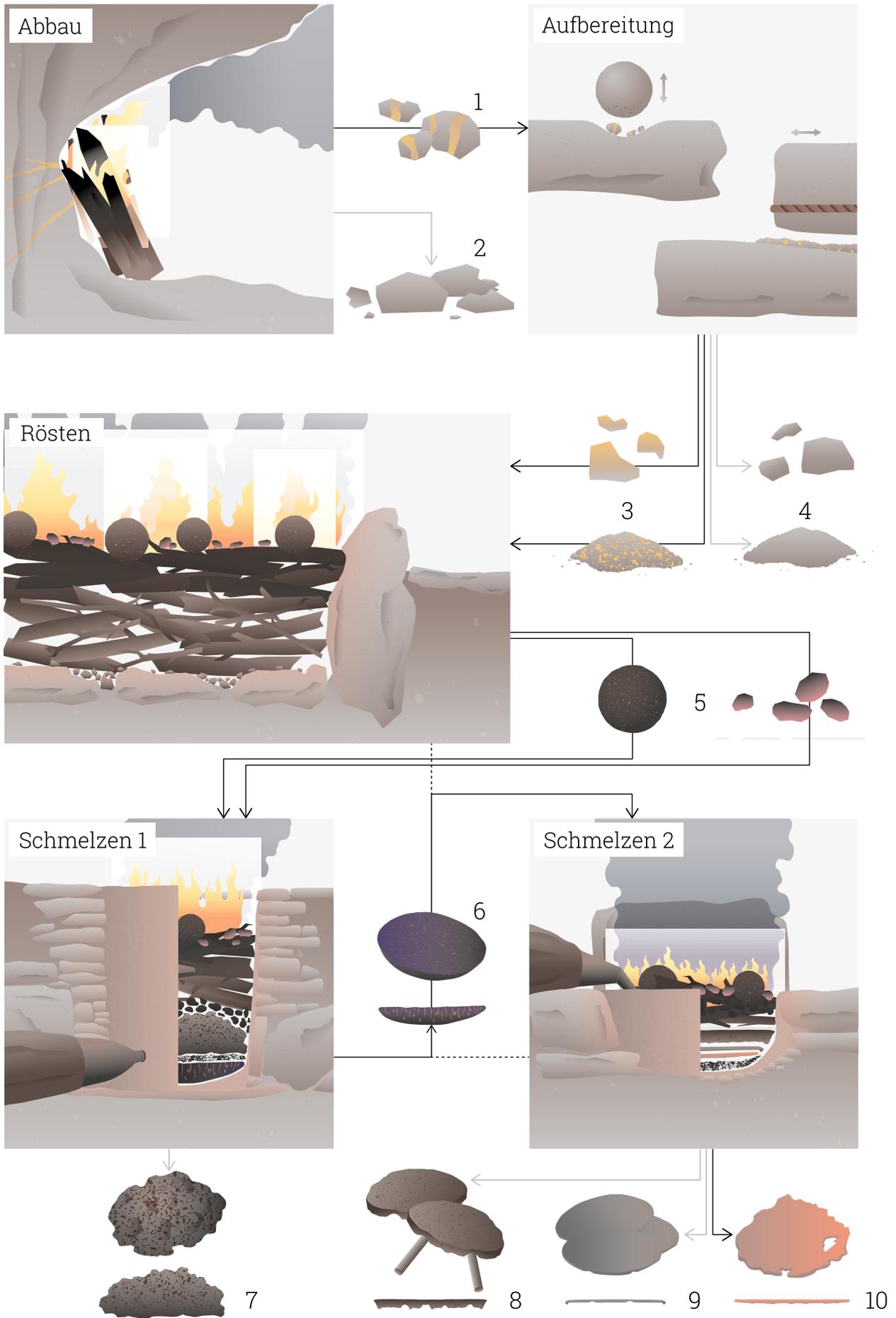


Abb. 5.10: Visualisierung der einzelnen Prozessschritte der hier vorgeschlagenen chaîne opératoire der urgeschichtlichen Kupfergewinnung im Oberhalbstein (v.o.l.n.u.r.): **Abbau** des Kupfererzes mittels Feuersetzen im Untertagebau (Abfallprodukt: taubes Gestein, Abraum [2]; Zwischenprodukt: erzhaltiges Gestein [1]); **grob- und feinmechanische Aufbereitung** des hälligen Gesteins mittels Pochen und Mahlen (Abfallprodukt: taubes Gestein unterschiedlicher Korngröße [4]; Zwischenprodukt: angereichertes Erz unterschiedlicher Korngröße [3]); **oxidierendes Rösten** des angereicherten Erzes und später ggf. des Zwischenprodukts aus den Schmelzprozessen 1 und/oder 2 (Zwischenprodukt: Röstgut unterschiedlicher Korngröße [5]); **reduzierendes Schmelzen 1** des Röstguts im Schachtofen (Abfallprodukt: Schlacken Kuchen [7]; Zwischenprodukt: Matte [6]); ggf. **erneutes Rösten** (vgl. oben); **Schmelzen 2** unter leicht oxidierender Atmosphäre im herdförmigen «Nepal-Ofen» (Abfallprodukt: massive und Plattenschlacken [8, 9]; Zwischenprodukt: Matte/Dünstein [6]; Endprodukt: metallisches Kupfer [10]). Grafik: ikonaut GmbH, Baden AG.

des Kupfersteins in einer einfachen, mit Lehm ausgekleideten Grube, erbrachte interessante Ergebnisse: Am Ende des Schmelzgangs konnten durch ein oberflächliches Abschrecken mit Wasser mehrere Schichten plattenschlacken-ähnlicher Schlacken abgehoben werden (Rose, Hanning und Klein, 2018, S. 47-60). Das im Detail beschriebene Verfahren (Abb. 5.9) weist auch darüber hinaus zahlreiche Parallelen zu dem für das Oberhalbstein im Folgenden vorgeschlagenen Prozessmodell auf.

Neben den ausgeführten Beispielen wurden auch bereits früher, ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, durch unterschiedliche Akteure immer wieder mehr oder weniger systematische experimentelle Untersuchungen zur Rekonstruktion des urgeschichtlichen Verhüttungsverfahrens durchgeführt, die hier allerdings nicht im Detail besprochen werden.³⁸⁵

5.4 Der «Oberhalbstein-Prozess» – eine Rekonstruktion

Die Ergebnisse der archäologischen Geländearbeit, der chronologischen Re-Evaluation des Fundstellenbestandes, der typologischen und morphologischen Untersuchung der Verhüttungsschlacken sowie der archäometallurgischen Analysen sollen vor dem Hintergrund des aktuellen Forschungsstandes zu einer möglichst plausiblen Rekonstruktion des Oberhalbstein-Prozesses zusammengeführt werden. Dieses Modell umfasst die gesamte primäre Metallurgiekette – vom Erz zum Metall –, wobei der Fokus auf dem komplexen Hüttenprozess liegt (Abb. 5.10).

5.4.1 Abbau

Urgeschichtlicher Kupfererzbergbau lässt sich im Oberhalbstein mittlerweile an fünf Fundstellen belegen. Die Fundstellen datieren in die späte Bronzezeit sowie in die ältere und jüngere Eisenzeit. Für die beiden (partiell) noch befahrbaren Gruben in der oberen Talstufe – Vals und

Cotschens – ist ein untertägiger Vortrieb mittels Feuersetzen anzunehmen. Für Avagna-Ochsenalp und Gruba II sind noch keine genaueren Aussagen zum Grubenbau und zur Vortriebstechnik möglich, da sämtliche Abbauspuren heute weitgehend verbrochen, verschüttet oder überdeckt sind. Das Fehlen von Hinweisen auf alternative Vortriebsmethoden (z.B. Abbaugerät, Abbauspuren), und der zumindest in Avagna hohe Anteil an Holzkohlefragmenten, ja das Auftreten eigentlicher Holzkohleschichten im Haldenbereich, sowie die Geländetopografie lassen jedoch auch hier feuergesetzten Untertagebau vermuten. Ähnliches gilt für die bislang kaum näher untersuchte Abbaufundstelle am Ostufer des Marmorerales, wo ebenfalls mit Holzkohle durchsetztes Haldenmaterial festgestellt und absolut datiert wurde. Der Erzabbau dürfte in Anbetracht der Höhenlage der Gruben von teilweise deutlich über 2000 m primär auf das Sommerhalbjahr beschränkt und mit einer gezielten Holzversorgung verbunden gewesen sein. Die bergmännisch abgebauten, sehr eisenreichen sulfidischen Kupfererze enthalten hauptsächlich Chalkopyrit und Pyrrhotin, teilweise Magnetit und/oder Pyrit und liegen in Serpentin- oder Metabasalt-Sequenzen der oberpenninischen Platta-Decke.

5.4.2 Aufbereitung

Der Prozessschritt der Aufbereitung und Anreicherung ist für das Untersuchungsgebiet weiterhin nur sehr fragmentarisch belegt und daher noch kaum charakterisierbar. Eine gewisse Konzentration von Steingeräten wie Pochplatten und Klopsteinen im randlichen Bereich der Haupthalde von Cotschens spricht allerdings für eine zweistufige Aufbereitung des Erzes aus Pochen und Mahlen, vor Ort, in unmittelbarer Nähe zum eigentlichen Abbau. Ein ähnliches Szenario ist gemäß dem Einzelfund eines Klopsteins aus dem Haldenbereich möglicherweise auch für Avagna-Ochsenalp anzunehmen. Hinweise auf spezialisierte Aufbereitungsplätze, wie sie aus verschiedenen ostalpinen Revieren belegt sind, sind im Oberhalbstein nicht gegeben. Eine früher geäußerte Vermutung, wonach ein komplexer nassmechanischer Aufbereitungsprozess für das Oberhalbstein aufgrund des schweren Nebengesteins (Serpentin) möglicherweise grundsätzlich nicht praktikabel war (vgl. Reitmaier-Naef, Turck und Della Casa, 2015, S. 51), ist

³⁸⁵ Eine ausführlich forschungsgeschichtliche Zusammenstellung findet sich bei Koch Waldner (2017, S. 233-247).

zu relativieren. Die Dichte von Serpentin (2,4–3,5 g/cm³) unterscheidet sich doch ziemlich deutlich von derjenigen des Chalkopyrits (4,1–4,3 g/cm³), Pyrrhotin (4,52–4,77 g/cm³) oder Magnetits (5,2 g/cm³) und lässt eine nassmechanische Anreicherungsverfahren nicht a priori ausschließen. So oder so muss in Anbetracht der anspruchsvollen Abbau- und Verhüttungstechnologie in jedem Fall von einer systematischen, differenzierten Aufbereitung des Rohmaterials vor der Verhüttung ausgegangen werden. In welcher Form resp. Fraktionsgröße das Erz allerdings genau an die Schmelzplätze gelangte, ist bislang aber unklar.

5.4.3 Schmelzen

Die freigelegten verhüttungstechnischen Strukturen zeigen im Vergleich mit bronzezeitlichen Schmelzplätzen aus den Ost- und Südalpen sowohl Parallelen (Schachtofen; Röstbett; Gruben verschiedener/unbestimmter Funktion) als auch deutliche Unterschiede (weitere, bislang unbekannte Ofenkonstruktion; sehr hohe Zahl an Düsenfragmenten), die sowohl auf vergleichbare als auch abweichende Prozessschritte in der chaîne opératoire hinweisen. Der Nachweis eines typischen Röstbetts und Schachtofens lässt vermuten, dass ein erster Abschnitt der Produktionskette mit dem Mitterberg-Prozess vergleichbar ist. Dass zumindest in Val Faller Plaz parallel zum Schachtofen auch eine weitere, deutlich davon abzugrenzende Ofenkonstruktion betrieben wurde, steht gemäß archäologischem Befund außer Frage. Dass diese bislang ausschließlich im Oberhalbstein belegte Ofenkonstruktion auch mit einer unterschiedlichen technologischen Funktion resp. einer divergierenden Prozessführung verknüpft war, ist naheliegend. Wie dieser Prozess ausgesehen haben könnte, kann auf der Grundlage der durchgeführten Untersuchungen an Verhüttungsschlacken sowie mithilfe von Analogieschlüssen zumindest teilweise rekonstruiert werden. Der Oberhalbstein-Prozess setzt sich demnach aus einem oder mehreren weitgehend unbekanntem Röstprozessen sowie zwei unterschiedlichen Schmelzprozessen zusammen:

A) Rösten

Das Rösten des Ausgangsmaterials vor dem ersten Schmelzgang dient in der Regel der Umwandlung von Eisensulfiden in Eisenoxide, da sich letztere unter SiO₂-Zugabe einfach verschlacken lassen resp. ohne Eisenoxide und/oder silikatreiche Chargenbestandteile keine Schlackenbildung erfolgen kann. Da die Kupfervererzungen im Oberhalbstein regelhaft mit teilweise massiven Eisen(hydr)oxiden vergesellschaftet sind, wäre grundsätzlich auch eine Schlackenbildung ohne vorgängigen Röstprozess denkbar. Dies mit dem Nachteil, dass sich

ein Großteil des an Sulfide gebundenen Eisengehaltes aus dem Erz im Zwischenprodukt, dem Kupferstein, wiederfinden würde. Ein vorgängiges Rösten des Erzes ist also als durchaus sinnvoll einzustufen, lässt sich jedoch auf der gegebenen Datengrundlage bislang nicht eindeutig belegen. Die in den Schlacken Kuchen enthaltenen Restite geben über allfällige vorangegangene Röstprozesse keine Auskunft. Das Fehlen entsprechender mineralogischer Nachweise trifft allerdings auch auf die meisten anderen urgeschichtlichen Reviere zu und steht wohl auch mit einer generell unzureichenden Erforschung und Charakterisierung des oft bemühten, im archäologischen Befund jedoch kaum je dokumentierten Röstguts in Zusammenhang (Metten, 2003, S. 65).³⁸⁶

Für das Oberhalbsteins kommt erschwerend hinzu, dass bislang lediglich eine sichere, gut erhaltene Röstbett-Struktur bekannt ist (s. Kapitel 2.3.3). Weitere Befunde aus verschiedenen Fundstellen werden zwar ebenfalls mit dieser Funktion in Verbindung gebracht, können aber nicht genau rekonstruiert werden. Dass im Oberhalbstein mit den ostalpinen Röstbetten vergleichbare Strukturen Verwendung fanden ist vor diesem Hintergrund zwar wahrscheinlich, bleibt aber noch besser zu belegen.

Dass im neuzeitlichen Nepal-Prozess – im Gegensatz zu sämtlichen anderen Prozessmodellen – vor dem ersten Schmelzgang kein Röstprozess stattfindet, liegt in der oxidierenden Atmosphäre der durchgeführten Schmelzverfahren begründet: Die Eisensulfide können hier in einem einzigen Prozessschritt in Oxide überführt und schließlich verschlackt werden. In geringem Masse kann dieser Mechanismus auch für den obersten, leicht oxidierenden Bereich des Schachtofens angenommen werden (Hanning, Herdits und Silvestri, 2015, S. 228), jedoch kaum in ausreichendem Masse, um ein vorgängiges Rösten zu ersetzen.

B) Schmelzprozess 1 – im Schachtofen

Der erste Schmelzgang im Oberhalbstein-Prozess dürfte ähnlich verlaufen sein, wie er für den bronzezeitlichen Mitterberg-Prozess angenommen wird: In einem **Schachtofen**, wie er in Val Faller Plaz schweizweit erstmals nachgewiesen wurde, ist unter reduzierender Atmosphäre das vorgängig vermutlich teilgeröstete Ausgangsmaterial ein erstes Mal geschmolzen worden. Die Befuerung erfolgte über Schlauchgebläse, wie die sehr zahlreich geborgenen Düsenfragmente nahelegen (Nüssli, 2019; 2018; Turck und Nüssli, 2020). Die Kupfer- und Eisensulfide beginnen, sich bereits ab Temperaturen von knapp unter 1000 °C zu verflüssigen, sinken im Ofen ab und sammeln sich an dessen Sohle zu einem Kupferstein-Regulus. Die restliche Charge hat – u.a. durch den **SiO₂-Überschuss** – einen deutlich höheren Schmelzpunkt und reagiert nur

³⁸⁶ Vgl. auch Experimente zum Röstprozess mit anschaulichen Ergebnissen (Röstgut) bei Rose, Hanning und Klein, 2019, S. 52-53.

partiell zu hochviskoser Silikatschlacke, die das Gemenge aus nicht aufgeschmolzenen Restiten zusammenhält. Diese heterogene, sehr zähflüssige Schlackenmasse senkt sich entsprechend der geschichteten resp. kontinuierlichen Beschickung langsam in den unteren Ofenbereich ab, wo sie sich zu einem schichtweise aufgebauten Schlackenklötzchen sammelt. Ob diesem Schmelzgang gezielt silikatreiche Schlackenbildner zugeschlagen wurden, lässt sich aus dem untersuchten Schlackenmaterial nicht mit Sicherheit rekonstruieren, da die exakte Zusammensetzung des verhütteten Ausgangsmaterials unbekannt ist. Dass die zahlreichen, bis zu cm-großen Quarz-Einschlüsse in den **Schlackenkuchen** eher intentionell selektierte, erzarme Gang-Partien denn regulär aufbereitetes Ausgangsmaterial repräsentieren, ist jedoch zu vermuten. Darüber hinaus bleibt unklar, ob alte Schlacke als Flussmittel beigegeben wurde oder die in den heterogenen Schlacken regelmäßig dokumentierten Magnetit-Agglomerate Reste natürlicher Eisen(hydr)oxide darstellen (s. Kapitel 4.3.1, S. 158). In Anbetracht des für die meisten Schlacken nachgewiesenen Quarz-Überschusses bestand jedoch keine prozesstechnologische Notwendigkeit, diesem Schmelzprozess Retourschlacke zuzuschlagen.

Nach mehrstündiger Prozessführung wird der Schmelzgang beendet und die Schlacke kühlt nach dem abrupten Temperaturabfall im Reaktor oberflächlich relativ schnell ab, wie nadel- oder kettenförmige Fayalitkristalle im Randbereich der Schlackenkuchen zeigen. Der Auskühlungsprozess im Innern der Schlacke dauert hingegen viele Stunden (prismatische Fayalite) und ist selbst bei der Öffnung des Ofens und dem Abheben des Kuchens noch nicht ganz abgeschlossen, wie vereinzelt schwach erkennbare Werkzeug-Negativabdrücke an der Schlackenunterseite belegen. Das eigentliche Produkt dieses Schmelzganges lässt sich archäologisch zwar nicht fassen, muss aber ein **Kupferstein** unbekanntes bzw. schwankenden Kupfer- und Eisensulfid-Gehalts gewesen sein. Die in den Schlackenkuchen nachweisbaren Sulfideinschlüsse sind für eine Charakterisierung des Zwischenprodukts nur bedingt hinzuzuziehen, da es sich fast ausschließlich um mechanisch «zurückgehaltene» Sulfide in Restiten oder Magnetitagglomeraten und somit nicht um repräsentative Überreste des Zwischenprodukts handelt. Die «freien» Sulfide haben sich im Gegensatz dazu praktisch vollständig durch die Fayalit-Matrix abgesetzt. Wo sie noch vorhanden sind, liegt ihre Zusammensetzung meist im Bereich von Bornit.

Das Ziel dieses ersten Schmelzganges, des sog. **Mattschmelzens**, ist demzufolge nicht primär die Verschlackung von Eisen, sondern vor allem ebendieses Ausschmelzen der Sulfide. Dies wird durch die Ausnutzung des im Vergleich zum Neben- oder Ganggestein tieferen Schmelzpunkts der Sulfide erreicht. Es geht bei diesem ersten Schmelzgang also viel mehr darum, den eigentlichen Wertträger für die Weiterverarbeitung möglichst einfach vom tauben Nebengestein zu trennen, als darum, möglichst viel Eisenoxid in die Schlacke zu überführen.

Von einer mehrfachen Wiederholung dieses ersten Schmelzprozesses ist daher nicht unbedingt auszugehen.

C) Rösten?

Ob zwischen dem ersten und zweiten Schmelzprozess ein Röstvorgang stattgefunden hat, ist ebenso **unklar** wie, ob ein solcher vor dem ersten Schmelzprozess durchgeführt wurde. Für eine systematische Feinaufbereitung des erschmolzenen Kupfersteins und dessen Pelettierung mit Dung für eine anschließende Röstung, wie sie Bestandteil des Nepal-Prozesses ist und auch für urgeschichtliche Hüttenprozesse vorgeschlagen wurde (Eibner, 1982, S. 404),³⁸⁷ sind keine Hinweise gegeben. Abgesehen von einer fraglichen Unterlagsplatte aus Val Faller Plaz (Turck, 2019, S. 211) sind bislang beispielsweise keine Steingeräte zur Aufbereitung des Kupfersteins an den untersuchten Schmelzplätzen festgestellt worden. Entsprechende Funde wären aber eigentlich auch für eine grobe Aufbereitung des Kupfersteins im Falle einer Weiterverarbeitung ohne vorgängigen Röstprozess zu erwarten. Die Frage nach einem zwischengeschalteten Röstprozess muss daher vorerst unbeantwortet bleiben, wenngleich ein solcher aus prozesstechnologischer Sicht als sinnvoll einzustufen ist.

D) Schmelzprozess 2 – im «Nepal-Ofen»

Wie die deutlich von den Schlackenkuchen abzugrenzenden **massiven und Plattenschlacken** eindeutig belegen, folgte nach dem ersten ein zweiter Schmelzgang gänzlich anderen Charakters. Dieser zweite Schmelzgang fand nun nicht mehr unter streng reduzierenden, sondern bei **relativ oxidierenden Bedingungen** statt, wie die Zunahme von Magnetit als Schlackenphase und Hämatit als Schlackenrandphase zeigt. Diese Schlacken sind nun auch weitgehend bis vollständig aufgeschmolzen worden und zeigen somit diametral von denjenigen der Schlackenkuchen aus dem ersten Schmelzgang abweichende Eigenschaften. In diesem Prozess erfolgt die Separierung von Wertträger und Schlacke über das spezifische Gewicht zweier (nahezu) vollständig flüssiger Schmelzen. Die chemischen Analysen bezeugen für diese Schlackentypen entsprechend eine regelhaft ideale, fayalitische Zusammensetzung und somit auch eine gut kontrollierte Prozessführung.

Die massiven und Plattenschlacken sind – wiederum im Gegensatz zu den Schlackenkuchen – sehr schnell ausgekühlt, und zwar von unten wie auch von oben. Dies spricht zusammen mit den dokumentierten Negativ-Abdrücken, wie in Kapitel 3.2.3 en détail ausgeführt, für ein Abheben der Schlacken aus dem laufenden Prozess. Dieses Szenario lässt sich mit dem im Nepal-Prozess

³⁸⁷ Vgl. auch Experimente bei Goldenberg, et al. (2011) sowie Rose, Hanning und Klein (2019).



Abb. 5.11: Nepal-Prozess: Blick auf die Schlacken, die während des zweiten Schmelzgangs abgehoben wurden. Makroskopisch erinnern die unterschiedlich dicken resp. dünnen, homogenen und flachen Schlacken stark an die massiven Schlacken und Plattenschlacken aus dem Oberhalbstein. Links im Bild: Wassertrog mit kleinem Besen für das Abschrecken der Schlackenschmelze. Hinten: Zerkleinerung einer Schlacke aus dem zweiten Schmelzgang, möglicherweise um als Zuschlag für einen nächsten Verhüttungsprozess zu dienen. Foto: N. Anfinset, Universität Bergen.

angewendeten Verfahren vergleichen, zumal auch die entsprechenden Schlacken – soweit sich dies nach Fotografien und Filmaufnahmen beurteilen lässt – zumindest makroskopisch mit den hier untersuchten Verhüttungsschlacken sehr gut vergleichbar sind (Abb. 5.10).

Für die beiden Oberhalbsteiner Schlackentypen ist also eine Art «Scheibenreißen» zu postulieren, wobei die einzelnen Scheiben hier nicht aus Metall, sondern aus Schlacke bestanden und diese nicht mit einem Haken gerissen, sondern mit zwei Holzstäben abgehoben wurden. Diese Schlackentypen können also nur aus einem Prozess stammen, bei dem der Reaktor resp. die Schmelze während des Schmelzgangs zugänglich war. Eine Entstehung der massiven und Plattenschlacken im Schachtofen kann, zumindest wenn dieser wie oben beschrieben mit hochgezogener, geschlossener Ofenbrust betrieben wird, ausgeschlossen werden. Viel eher wäre an einen einfachen Grubenherd zu denken, wie er beispielsweise beim Mabuki-Prozess Anwendung findet. Oder eben an einen Ofen des Typs Nepal. Letzterer zeigt bei genauer Betrachtung auffallende Parallelen zu Ofen 1 aus Gruba I und Ofen 2 aus Val Faller Plaz: Beide Öfen sind, wie diejenigen in Nepal, aus einer großen, senkrechten Rückplatte und zwei aufgemauerten Wangen konstruiert und – analog zum Schachtofen – in den Hang eingetieft. Die Öfen in Val Faller und Gruba sind zwar nicht mehr vollständig erhalten, bei einer halbhohen Rekonstruktion der beiden Wangen wäre ihr Aufbau aber sehr gut mit den Nepal-Öfen zu vergleichen. Ofen 2 aus dem Val Faller weist überdies insbesondere an der Oberkante der Rückplatte einen dicken, deutlich brandgeröteten Lehmverstrich auf, wie ihn auch die Nepal-Öfen zeigen. So ist für diese Oberhalbsteiner Öfen durchaus eine

Befuerung von oben und nicht wie beim Schachtofen von vorne bzw. unten anzunehmen (Abb. 5.11).

Dieser Verdacht wird durch einen bislang singulären Fund vom Schmelzplatz Natonsbach unterstützt: Während der Großteil der bislang untersuchten Düsenfragmente aus dem Oberhalbstein eine mit den «geraden» (Töchterle, et al., 2013, S. 7), regelhaft mit primärer Metallurgie in Zusammenhang stehenden Düsen aus anderen Regionen vergleichbare Grundform aufweisen (vgl. Nüssli, 2018), zeigt dieses aus zwei Fragmenten bestehende Stück nur einen einseitigen Wandknick am Übergang zwischen der Röhre und dem Gebläsetopf und somit eine einseitig spitzwinklige Grundform. Diese Düse unterscheidet sich damit auch von den für die Bronze- und ältere Eisenzeit aus Siedlungsbefunden bekannten, L-förmigen Gebläsedüsen (Töchterle, et al., 2013, S. 6) der sekundären Metallurgie. Eine direkte stratigraphische Verbindung zu einem Oberhalbsteiner «Nepal-Ofen» kann diesem Fund zwar nicht attestiert werden³⁸⁸, ein Zusammenhang ist durch die an derselben Fundstelle vorliegenden, stark an diesen Ofentyp erinnernden Befunde aber denkbar. Im Rahmen einer jüngst realisierten Masterarbeit konnte überdies ein weiteres, vergleichbares Düsenfragment aus einem stratifizierten Schmelzplatz-Kontext³⁸⁹ identifiziert werden. Bei diesem Stück wurde zudem eine klar begrenzte, schräg verlaufende Verschlackung der vorderen Düsenöffnung festgestellt, die nur durch die Befuerung eines offenen Reaktors von oben plausibel zu erklären ist (vgl. Nüssli, 2019, S. 35). Für das Oberhalbstein sind demnach zwei verschiedene Düsenformen bekannt, die mit zwei unterschiedlichen Befuerungsstrategien in Verbindung zu bringen sind (Abb. 5.12).

Der zweite Schmelzgang im Oberhalbstein könnte demzufolge ähnlich wie im Nepal-Prozess verlaufen sein: Der Ofen wird mit zwei Schlauchgebläsen von oben befeuert, mit Holzkohle vorgeheizt, von oben beschickt und mit Holzkohle zugedeckt, sodass eine relativ oxidierende Atmosphäre entsteht.³⁹⁰ Sobald die gesamte Charge verflüssigt und eine weitgehende Trennung von Schlacke und Wertträger erfolgt ist, wird die Schlacke (mit Wasser abgeschreckt?) scheibenweise abgehoben, bis nur noch der Regulus in der Ofengrube zurückbleibt. Unklarheit besteht allerdings hinsichtlich der genauen

³⁸⁸ Es handelt sich hierbei um einen bislang nicht berücksichtigten Altfund aus einer Ausgrabung durch B. Frei im Jahr 1952. Die Herkunft der beiden Passscherben ist mit «wohl 3. Schlackenhalde» bezeichnet, ein stratigraphischer Zusammenhang mit der für diese Fundstelle postulierten und in ihrer Konstruktion wohl ebenfalls mit den Öfen aus Nepal vergleichbaren Ofenkonstruktion ist also nicht gegeben, bleibt aber inhaltlich zu vermuten.

³⁸⁹ Bei der Fundstelle handelt es sich um Gruba I oder Val Faller Plaz, dies wird im entsprechenden Text leider ebenso wenig erwähnt wie der genaue Befundzusammenhang.

³⁹⁰ Im Gegensatz zum Schachtofen-Prozess muss dieser Prozess (auch) mit Holzkohle befeuert werden. Ein sicherer Nachweis bzw. eine sichere Unterscheidung von vorgängig bereits gekühltem und frisch verfeuerten Holz war im archäologischen Befund jedoch bislang nicht möglich. Vgl. dazu Oberhänsli, et al., 2019; Isler, 2021.



Abb. 5.12: Vergleich der Ofenstrukturen: a) Schachtofen aus den Ostalpen (Jochberg, Ofen 4; nach Goldenberg, 2014, S. 437); b) Schachtofen aus dem Oberhalbstein (Val Faller Plaz, Ofen 1; nach Turck, 2019, S. 223); c) «Nepal-Ofen» aus dem Oberhalbstein (Val Faller Plaz, Ofen 2; nach Turck, 2019, S. 223); d) Original Nepal-Ofen (Okharbot; nach Anfinset, 2011, S. 46). Fotos: G. Goldenberg, Universität Innsbruck; UZH; N. Anfinset, Universität Bergen.

Zusammensetzung der Ofencharge. Zum einen ist das Kupfer-Eisen- sowie das Oxid-Sulfid-Verhältnis des zu verarbeitenden Zwischenprodukts unbekannt, zum anderen muss für eine optimale Verschlackung des verbleibenden Eisenoxid³⁹¹-Gehalts zwingend ein silikatreicher Zuschlagsstoff beigegeben worden sein, beispielsweise

³⁹¹ Selbst wenn aus dem allenfalls ungerösteten Kupferstein noch nicht oxidierte Eisensulfide in diesen Prozess eingetragen worden sein sollten, könnten diese – analog zum 1. Schmelzgang im Nepal-Prozess – durch die oxidierende Atmosphäre in Oxide umgewandelt und so in die Schlacke überführt werden.

Retourschlacke. Die insbesondere in massiven Schlacken relativ häufig beobachteten Gesteinsreste lassen vermuten, dass dieser Zuschlag aus ähnlichem Material (schwach vererztes Gang- und Nebengestein) bestand wie beim ersten Schmelzgang. Dies könnte außerdem die regelmäßig auftretenden, relativ kupferarmen Sulfide in den Abfallprodukten dieses zweiten Schmelzganges plausibel erklären. Für eine zusätzliche Rezyklierung von Altschlacken als Flussmittel liegen bislang keine sicheren Hinweise vor. Im Gegensatz zu den massiven Schlacken, die in der Regel aus einer Schmelze mit einem (leichten) Quarzüberschuss erstarrt sind, zeigen die

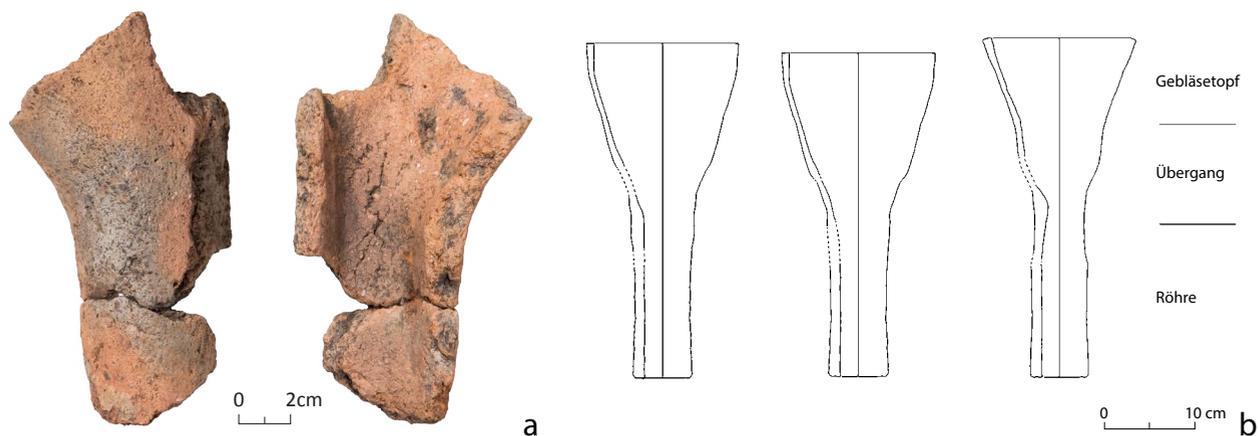


Abb. 5.13: Teil einer Gebläsedüse in zwei Fragmenten (a) aus der Fundstelle Natonsbach, die heute am Grund des Marmoreraustausees liegt. Die Keramik wurde im Zuge einer Ausgrabung 1952 geborgen und zeigt lediglich einen einseitigen Knick zwischen der Röhre (unten) und dem Gebläsetopf (oben), was für eine spitzwinklige anstelle einer geraden Grundform spricht. Zum Vergleich: für die Kupferverhüttung typische, gerade Gebläsedüse (b) nach Nüssli 2018. Vgl. auch zusätzliche Rekonstruktionsvorschläge (einseitig geknickte Düsen) jüngerer Datums (Nüssli, 2019, S. 60). Foto: G. Perissinotto, ADG; L. Reitmaier-Naef, UZH. Zeichnung: Nüssli, 2018, S. 149.

Plattenschlacken insbesondere in der oberen Talstufe regelhaft niedrige SiO_2 -Gehalte bei gleichzeitigem Fe-Überschuss, der in der oxidierenden Atmosphäre in Magnetit umgewandelt wurde.

Dass die Plattenschlacken deshalb aber nicht unbedingt aus einem anderen, weiteren Prozess stammen müssen, zeigt wiederum der Blick nach Nepal. Hier lässt sich gut beobachten, wie die abgehobene Schlacke von Mal zum Mal dünner, flacher und kleiner wird – ein Szenario, das sehr gut zu dem am Fundmaterial festgestellten graduellen Übergang zwischen den massiven und Plattenschlacken passt: Während die ersten abgehobenen Schlacken noch relativ dick sind³⁹², werden die folgenden Schlacken immer dünner und flacher. Dieser Befund lässt sich gut mit den morphologisch dokumentierten Charakteristika der massiven und Plattenschlacken korrelieren (Rand/Radius). Natürlich kann trotzdem nicht definitiv ausgeschlossen werden, dass die beiden Schlackentypen aus zwei verschiedenen Schmelzgängen stammen: Die massiven Schlacken aus einem Schmelzgang, in dem der Kupferstein aus dem Schachtofen zusammen mit stückigem Zuschlag aufgeschmolzen und zu einem kupferreichen Spurstein und kleineren Mengen metallischen Kupfers³⁹³ geschmolzen wurde. Und die Plattenschlacken aus einem weiteren, dritten Schmelzgang, bei dem dieser Spurstein im selben Reaktor unter vergleichbaren Konditionen und Zugabe von Flussmittel in Form

von Retourschlacke zu metallischem Kupfer oxidiert wurde (Röstreaktions-Verfahren). Für diese Interpretation könnte die im archäologischen Befund mehrfach beobachtete isolierte Deponierung von Plattenschlacken sprechen.³⁹⁴

In Anlehnung an die Überlieferung aus Nepal, wo für die Produktion metallischen Kupfers nicht jedes Mal dieselbe Anzahl an Schmelzgängen benötigt wird, ist für das Oberhalbstein auf der gegebenen Datengrundlage aber am ehesten ein dynamisches, weniger starres Modell vorzuschlagen, wonach der zweite Schmelzgang im «Nepal-Ofen» für die Produktion von Schwarzkupfer mindestens einmal, häufig aber vermutlich auch mehrmals durchgeführt wurde. Diese Hypothese wird – zumindest für die obere Talstufe – durch die deutliche Dominanz der massiven und Plattenschlacken im archäologischen Befund unterstrichen. Bei je einem einzelnen Schmelzgang wäre wohl kaum ein entsprechend ungleiches Mengenverhältnis der verschiedenen Abfallprodukte zu erwarten.

Dass mindestens an einem Verhüttungsplatz im Oberhalbstein mit Sicherheit nicht nur Kupfer- oder Spurstein, sondern metallisches Kupfer produziert wurde und das Abfallprodukt aus diesem Prozess tatsächlich die Plattenschlacke war, zeigen die Analysen aus Val Faller Plaz. Eines der vier untersuchten Plattenschlacken-Fragmente enthält nur noch metallisches Kupfer und keinerlei Sulfideinschlüsse mehr, die übrigen Plattenschlacken aus dieser Fundstelle zeigen fast ausschließlich sehr kupferreiche Sulfideinschlüsse sowie kleine

³⁹² Das Szenario ist nicht 1:1 vergleichbar, da im zweiten Schmelzgang des Nepal-Prozesses gemäß Dokumentation kein Zuschlag silikatreichen Gesteins erfolgt und somit auch ein etwas divergierendes, homogeneres Schlackengefüge zu erwarten ist.

³⁹³ Zweiphasige Schmelzprodukte aus einer sulfidischen und metallischen Phase sind aus der Urgeschichte hinreichend bekannt, beispielsweise aus den frühbronzezeitlichen Befunden in Maysar (Oman) oder Shahr-i Sokhta (Iran) (Hauptmann, 1985, S. 79; Hauptmann, et al., 1993, S. 562; Weisgerber, 2004, S. 17).

³⁹⁴ Dieses Phänomen wurde bislang erst im Rahmen von baubegleitenden Untersuchungen dokumentiert und nie flächig untersucht, weshalb der räumliche Bezug dieser Plattenschlacken-Gruben oder -Halden zu den verhüttungstechnischen Anlagen nicht klar ist. Es könnte sich sowohl um die Halde eines separaten Reaktors und Prozesses handeln wie beispielsweise auch um eine bewusste Hortung von Plattenschlacken für die Verwendung als Flussmittel.

Kupfertropfen. Es handelt sich dabei um den ersten direkten Beleg für die Produktion von metallischem Kupfer aus Chalkopyrit an einem metallzeitlichen Schmelzplatz im Alpenraum.

Dass der Oberhalbstein-Prozess aber nicht schon immer resp. nicht überall nach diesem skizzierten Schema funktioniert haben kann, zeigt die Schlackentypenverteilung in der unteren Talstufe, wo Schlacken Kuchen meist klar dominieren und massive Schlacken nur untergeordnet, und zum Teil wohl noch nicht einmal als eigenständiger Typ, sondern nur als besonders dick ausgeprägte Plattenschlacken vorliegen. Das Typenspektrum dieser Fundstellen lässt daher vermuten, dass hier ein anderes Verfahren Anwendung fand – zumindest mit Blick auf den zweiten Schmelzprozess. Den untersuchten Schlacken zufolge könnte es sich dabei im weitesten Sinne um den für die ostalpine Bronzezeit charakteristischen Mitterberg-Prozesses gehandelt haben.

Der Umstand, dass in den beiden Talabschnitten wohl teilweise abweichende technologische Strategien verfolgt wurden, dürfte einer Kombination aus technologischer Adaption im Laufe der Zeit und divergierenden Ausgangsmaterialien geschuldet sein. Während alle Schlackentypen in der unteren Talstufe eine vergleichbare geochemische Zusammensetzung aufweisen, sind zwischen den einzelnen Typen in der oberen Talstufe markante Unterschiede erkennbar, die sich direkt auf die Viskosität der Schlacke und somit auf die Prozesstechnologie auswirkten (s. Kapitel 4.3.2, S. 164-165):

Die Schlacken der unteren Talstufe weisen durchgehend mittlere bis hohe SiO_2 - und FeO -Gehalte sowie relativ konstante Nebenkomponenten-Anteile auf. Um die Viskosität bei gleichbleibender Zusammensetzung zu senken, ist eine Erhöhung der Prozesstemperatur notwendig, womit der zweite Schmelzprozess, bei dem niedrigviskose Schlacken erzeugt wurden, deutlich ressourcen-intensiver wird. Eine systematische Verschlackung des Eisenanteils aus dem Ausgangsmaterial in Form von massiven Schlacken und/oder Plattenschlacken ist in diesem Fall wenig attraktiv. Es scheint daher naheliegend, möglichst viel Eisen im ersten Prozessschritt in die Schlacke zu überführen, was einen vorgängigen Röstprozess unabdingbar macht.

Anders verhält es sich bei den Schlacken der oberen Talstufe, wo die Schlacken Kuchen einen sehr deutlichen SiO_2 -Überschuss, die massiven Schlacken ein etwa ausgeglichenes SiO_2 - FeO -Verhältnis und die Plattenschlacken einen markanten Fe -Überschuss sowie sehr geringe Nebenkomponenten-Anteile aufweisen. Dementsprechend gilt der Verschlackung von Eisen im ersten Prozessschritt keine Priorität – im Gegenteil: für das Gelingen des zweiten Schmelzprozesses ist ein hoher Anteil an Eisensulfiden im Schmelzprodukt des ersten Schmelzgangs günstig. Möglicherweise wurde daher sogar auf einen vorgängigen Röstprozess verzichtet. Dieser Eisensulfid-Anteil wurde entweder in einem zwischengeschalteten Röstprozess oder während des oxidierenden, zweiten Schmelzprozesses in Oxide überführt. Durch den

hohen FeO - und geringen SiO_2 -Anteil kann diese Charge bei vergleichbarer Temperatur somit sehr viel leichter verflüssigt werden. Eine systematische Verschlackung des Eisens in diesem Prozessschritt scheint in diesem Fall also durchaus sinnvoll. Sie ist denn auch das charakteristische Merkmal des hier formulierten «Oberhalbstein-Prozesses».

E) Raffination und Legierung?

Ob, wie oder wo das produzierte Schwarzkupfer schließlich vor seiner Weiterverarbeitung raffiniert und in verhandelbare Form gebracht, allenfalls legiert wurde, ist im archäologischen Befund bislang nicht greifbar. Dies hängt möglicherweise damit zusammen, dass es sich bei der Raffination von Schwarzkupfer um einen relativ einfachen (Tiegel-)Prozess handelt (Pernicka, 1999, S. 163; Merkel, 1990, S. 83), der kaum charakteristische Spuren hinterlassen muss. Wie bereits für die Weiterverarbeitung von Kupferstein sind auch für diesen (optionalen) Prozessschritt wiederholt die auf Schmelzplätzen und auch in benachbarten Siedlungskontexten häufig anzutreffenden, oftmals wenig spezifischen Gruben mit Spuren von Hitzeeinwirkung Gegenstand von Hypothesen. Im erweiterten bronzezeitlichen Siedlungskontext von St. Johann im Pongau (Salzburg) etwa, werden bis zu 1000 solcher Gruben vermutet und mit einer gewerblichen Kupfer(stein)-Raffination in Verbindung gebracht (Moosleitner, 2004).

Grubenbefunde vergleichbarer Quantität liegen aus dem Oberhalbstein zwar nicht vor, von der Motta Vallac ist jedoch eine ganze Reihe an Gruben mit Hitzespuren aus der Mittel- bis Spätbronzezeit bekannt, für die bereits früher unter anderem eine gewerbliche Nutzung im Kontext der Kupfergewinnung vorgeschlagen wurde (Wyss, 1982, S. 79-80). Einer kürzlich vorgenommenen Aufarbeitung der nie ausgewerteten Grabungsdokumentationen zufolge, sind diese Gruben jedoch eher als einfache Koch- oder Gargruben zu interpretieren (Bradler, 2018, S. 41-42). Eine abschließende Beurteilung der leider nur sehr lückenhaft dokumentierten Befunde lässt sich heute aber nicht mehr formulieren und eine metallurgische Nutzung somit nicht definitiv ausschließen.

Anders verhält es sich mit den metallurgischen Befunden in der Siedlung Savognin Padnal. Hier wurden im Innern eines früh- bis mittelbronzezeitlichen Gebäudes (Horizonte E und D) Spuren metallurgischer Aktivitäten wie Gusstropfen, Tiegelfragmente und «z.T. kupferhaltige Erze» sowie eine als möglicher «Röstplatz» angesprochener Befund³⁹⁵ dokumentiert. J. Rageth (1986, S. 67) interpretierte dieses Gebäude daher als das Haus des «Dorfschmiedes» oder des «Bronzegießers». In Anbetracht des Umstands, dass die insgesamt ca. 50

³⁹⁵ Dass es sich bei diesem Befund tatsächlich um einen «Röstplatz» im hier gebräuchlichen Sinne handelt, ist äußerst fraglich (Rageth 1979a, S. 39-40).

Schlackenfunde aus derselben Siedlung fast ausschließlich aus den jüngeren, spätbronzezeitlichen Horizonten A und B stammen (Rageth, 1986, S. 86), ist ein direkter Zusammenhang dieser Buntmetallwerkstatt mit Aktivitäten der primären Metallurgie wenig wahrscheinlich. Dies legen auch erste chemische Analysen der metallurgischen Reste nahe, die demnach ausschließlich aus Bronze und nicht aus unlegiertem Kupfer bestehen (Fasnacht, 2004, S. 108; 1999; Jochum Zimmermann, 2010). Das Vorhandensein der erwähnten Erze muss dem nicht widersprechen. Zumal es sich gemäß einer Sichtung des entsprechenden Fundbestandes primär um kaum vererztes Gestein oder massive Eisen(hydr)oxide handelt, die teilweise auch wenig oberflächliche Kupfersekundärminerale aufweisen. Aus dem gesamten Siedlungskontext

sind außerdem sehr zahlreiche «Ockerproben» (Limonit) überliefert. Es handelt sich dabei wohl um Material aus der witterungsexponierten Oxidationszone einer Vererzung, beispielsweise der Ochsenalp. Das Material dürfte jedoch eher als Farbstoff denn als Rohstoff für die Metallgewinnung in den Siedlungskontext gelangt sein.

Die Datengrundlage zur Frage nach der Weiterverarbeitung des gewonnenen Kupfers ist also trotz gegebenem Siedlungsbezug auch im Oberhalbstein bescheiden. Ein erster Hinweis auf die mögliche Komplexität dieses Themenfeldes liefert eines der analysierten Schlackenfragmente vom Padnal, das neben einer für Verhüttungsschlacken typischen Zusammensetzung sehr hohe Zinngehalte sowie für Fahlerze charakteristische Spurenelementgehalte zeigt (s. Kapitel 4.3.2, S. 166-167).

6 Produktion – eine Synthese

6.1 Raum und Zeit

Das Nord-Süd-verlaufende Oberhalbstein liegt in den inneren Zentralalpen, im Südosten der Schweiz, und stellt als Verbindung zwischen dem Domleschg bzw. Rheintal im Norden und dem Engadin bzw. Bergell im Süden eine wichtige transalpine Kommunikations- und Verkehrsachse dar. Wie siedlungsarchäologische Untersuchungen seit den 1970er Jahren zeigten, ist für das Tal ab der entwickelten Frühbronzezeit mit einer ganzjährigen, Besiedlung agro-pastoraler Prägung auszugehen. Spätestens ab der Mittelbronzezeit lassen sich im Fundmaterial vermehrt Hinweise auf Nord- und Südkontakte im Zuge transalpiner Güter- und/oder Personenverkehrs fassen. Dass neben Ackerbau, Viehzucht und Alpenpasshandel ab der Spätbronzezeit dann auch der Abbau und die Verhüttung lokal anstehender Kupfererze zur Wirtschaftsstrategie der hier ansässigen Bevölkerung zählten, belegen neben Verhüttungsschlacken aus Siedlungskontexten auch zahlreiche räumlich abgesetzte Werkplätze. Das Oberhalbstein ist daher bereits seit Jahrzehnten als urgeschichtliche Montanlandschaft bekannt, wenngleich direkte Belege urgeschichtlichen Erzabbaus bislang fehlten.

Durch ausgedehnte Geländebegehungen konnten die anhand der knapp 40 Verhüttungsplätze bereits bekannten Kernzonen urgeschichtlicher Kupfergewinnung bestätigt werden. Die Fundstellen konzentrieren sich insbesondere im nördlichen, tiefer gelegenen Talabschnitt des Oberhalbsteins im Raum Savognin sowie im südlichen, höher gelegenen Talabschnitt rund um den Marmorera-Stausee. Gleichzeitig wurden aber auch verschiedene neue Produktionsgebiete erschlossen, wie der Raum zwischen Bivio und dem Julierpass oder im westlich angrenzenden Hochtal Avers, das über verschiedene kleine Passübergänge gut mit dem südlichen Oberhalbstein verbunden ist. Weiterhin räumlich isoliert liegen die beiden Fundstellen in Madulain im Oberengadin.

Als Indikator für die Ausdehnung des prähistorischen Produktionsraums dienen in erster Linie die inzwischen 87 bekannten Schlackenfundstellen und Schmelzplätze. Zudem liegen nun an mindestens fünf Stellen innerhalb der beiden Kernzonen auch Belege für urgeschichtlichen Bergbau vor, zumeist in Form von feuergesetztem Untertagebau. Das räumliche und technologische Bindeglied zwischen Abbau und Verhüttung, die Aufbereitung, ist im

Oberhalbstein bislang kaum belegt und dementsprechend schlecht erforscht. Ersten Funden zufolge ist zumindest für die Abbaustelle Cotschens eine händische Grob- und Feinaufbereitung in unmittelbarer Nähe zur Grube anzunehmen.

Auf der Grundlage einiger weniger ¹⁴C-Datierungen wurde bereits früher sowohl von einer spätbronzezeitlichen als auch einer ältereisenzeitlichen Kupfergewinnung ausgegangen. Diese These konnte mithilfe zahlreicher neuer dendrochronologischer und radiometrischer Datierungen sowohl untermauert als auch weiter differenziert werden. So ist nach heutigem Forschungsstand von mindestens zwei Produktionsphasen auszugehen: Erste Kupfergewinnungsaktivitäten sind demnach der Spätbronzezeit zuzurechnen und scheinen sich primär auf den Bereich der unteren und in etwas geringerem Ausmaß auch auf die obere Talstufe des Oberhalbsteins beschränkt zu haben. Eine genauere zeitliche Eingrenzung dieser Phase ist auf dieser Datengrundlage zwar noch nicht möglich, die einzige dendrochronologisch datierte Fundstelle dieser Zeit – das Haldengelände von Avagna-Ochsenalp – weist aber ins mittlere 11. Jahrhundert v. Chr. In jedem Fall ist von einer Gleichzeitigkeit dieser ersten Produktionsphase mit den bronzezeitlichen Siedlungen im Raum Salouf-Savognin auszugehen.

Eine zweite, deutlich dichter belegte Bergbauperiode lässt sich in der älteren Eisenzeit mit einem Schwerpunkt im ausgehenden 7. Jahrhundert v. Chr. fassen. Diesem Zeitfenster sind auch alle im Rahmen des Projektes flächig untersuchten und dendrochronologisch datierten Schmelzplätze zuzuweisen, die sämtlich in der oberen Talstufe liegen. Aufgrund der geringen Datierungsgenauigkeit der ¹⁴C-Methode für diesen Zeitraum (Hallstattplateau) ist eine sichere Zuweisung weiterer, nur oberflächlich dokumentierter oder punktuell sondierter und radiometrisch datierter Fundstellen in dasselbe Jahrhundert nicht möglich, aufgrund der hohen Anzahl ältereisenzeitlicher Datierungen jedoch wahrscheinlich. Auch drei der vier urgeschichtlichen Gruben in der oberen Talstufe wurden (auch) in diesem Zeitfenster betrieben. Generell ist in dieser jüngeren Produktionsphase eine deutliche Zunahme der Fundstellenanzahl sowie eine räumliche Ausdehnung derselben, insbesondere im oberen Talbereich, aber auch in die benachbarten Talschaften auszumachen. Hinweise auf eine Kontinuität der Kupferproduktion zwischen der Spätbronze- und der älteren Eisenzeit

sind auf der Grundlage des heutigen Wissensstandes nicht gegeben; dies bleibt aber letztlich nicht definitiv auszuschließen.

Die Frage nach der naturräumlichen Strukturierung des Montanreviers soll anhand der Fundstellenkarte kurz erläutert werden: Grundsätzlich sind die bauwürdigen Vererzungen das wichtigste gliedernde Element einer Montanlandschaft. Die Lage der Vererzung(en) determiniert die Lage der Gruben und somit grundsätzlich auch diejenige aller anderen damit verknüpften Fundstellen – im vorliegenden Fall handelt es sich dabei hauptsächlich um Schmelzplätze. So korreliert etwa die Konzentration von Verhüttungsplätzen im Bereich des heutigen Marmorasees gut mit den bekannten Vererzungszonen. Für eine ganze Reihe weiterer Fundstellengruppen ist jedoch kein räumlicher Bezug zu einer bekannten Rohstoffquelle gegeben, woraus sich in einigen Fällen zwingend ergibt, dass sich hier noch nicht identifizierte Vorkommen befinden oder befunden haben müssen. Dies trifft insbesondere auf die Fundstellen auf der westlichen Seite des nördlichen Oberhalbsteins, diejenigen im Avers, in Madulain oder auch in der Julierpass-Region und im Großraum Bivio zu.

Innerhalb eines bestimmten Einzugsgebietes steht die exakte Position eines Schmelzplatzes in Relation zu verschiedenen Lagemerkmalen, die sich in der heutigen Kulturlandschaft aufgrund der starken Überprägung wohl nur noch partiell nachvollziehen lassen. So dürfte zumindest die maximale Höhenlage der Schmelzplätze, für deren Betrieb größere Holz Mengen vonnöten waren, mitunter durch die ehemalige Baum- resp. Waldgrenze bestimmt worden sein. Dass auch in Höhen von mehr als 2100 m in heute nicht bewaldetem Gebiet Verhüttungsplätze zu finden sind, ist als Indikator eines ehemals höheren Verlaufs dieser kulturell wie klimatisch beeinflussten Grenze (Oeggli und Nicolussi, 2009, S. 82) zu interpretieren.

Die beiden generell hoch gelegenen Talschaften Avers und Oberengadin einmal nicht berücksichtigt, zeigt sich innerhalb des Untersuchungsgebietes eine Segregation in tief (<1500 m), hoch (1500–2000 m) und sehr hoch (>2000 m) gelegene Schmelzplätze, die in erster Linie auf die jeweiligen naturräumlichen Bedingungen zurückzuführen ist (Abb. 6.1). Tief gelegene Fundstellen finden sich selbstredend nur in der unteren Talstufe. Eine differenzierte Beurteilung der Fundstellenverteilung ist hier, gerade was die fundreiche westliche Talseite betrifft, in Anbetracht der unbekannteren Rohstoffquelle schwierig vorzunehmen. Die fächerförmige Anordnung der Schmelzplätze am östlichen Fuß resp. im unteren Bereich der Westflanke des Piz Martegnas lässt jedoch vermuten, dass die ausgebeutete Vererzung – so es sich denn nur um eine einzelne gehandelt hat – im Umfeld dieses Massivs befindet oder befand. Dass die Schmelzplätze nun nicht im Bereich der Waldgrenze, sondern nahe der Talsohle angelegt wurden, könnte auf den Einfluss weiterer strukturierender Faktoren hinweisen. Es ist durchaus denkbar, ja

insbesondere für die Spätbronzezeit sogar anzunehmen, dass das betreffende Gelände den nahegelegenen Siedlungen primär als landwirtschaftliche Nutzfläche für den Anbau von Getreide oder die Beweidung diente, was sich direkt auf die Verfügbarkeit von Freiflächen und Waldbeständen auswirkte. Gleichzeitig ist bei entsprechend tiefer Lage der Schmelzplätze in den siedlungsnahen Zonen auch eine Verhüttung der Erze in der landwirtschaftlich weniger fordernden, kalten Jahreszeit denkbar.

Dies kommt für Verhüttungsplätze in der oberen Talstufe hingegen kaum in Frage. Die meisten Schmelzplätze liegen hier auf einer Höhe von 1550–1900 m mit einer deutlichen Kumulation um 1700–1850 m, insbesondere im Bereich des südlichen Westufers des Stausees. Die auffallend hohe Dichte an Schmelzplätzen spricht hier für eine gezielte Installation der Hüttenplätze in einem bestimmten Geländeabschnitt. Dass diese Schmelzplätze alle mit dem weitläufigen Abbaugbiet Cotschens in Verbindung stehen, konnte bislang zwar noch nicht nachgewiesen werden, ist aber durchaus wahrscheinlich. Demzufolge könnte die Fundstellendistribution resp. -konzentration möglicherweise auch auf die Wahrung einer gewissen Distanz zur Ausbisszone zurückzuführen sein, um die Baumbestände im näheren Umfeld des ohnehin über der Waldgrenze gelegenen, ressourcenintensiven Abbaus nicht zusätzlich zu belasten. Allgemein lässt die Distribution der Fundstellen hier an eine übergeordnete Organisation der Ressourcenlandschaft denken, die möglicherweise auch mit einer arbeitsteiligen Strategie (Abbau, Transport, Verhüttung) verbunden war. An anderen Stellen, insbesondere im Julierpassgebiet oder auf der Alp Flix sind die Schmelzplätze generell weniger dicht belegt und scheinen schlicht am «erstbesten» Platz unterhalb der Abbaustelle angelegt worden zu sein, ohne dabei Rücksicht auf bereits bestehende Anlagen, Arbeitsabläufe oder andere einschränkende Faktoren nehmen zu müssen.

Bei einer genaueren Betrachtung der Fundstellen zeigt sich, dass die Topografie – unabhängig vom Gebiet – das auffälligste Lagemerkmal der urgeschichtlichen Schmelzplätze darstellt. Sie sind praktisch ausschließlich im Bereich größerer oder kleinerer Geländeverebnungen entlang der Haupttal-Flanken, jedoch selten an der Talsohle (Schwemmebene) zu finden. Während das Gelände in der unteren Talstufe des Oberhalbsteins nur relativ leicht abfällt und viele entsprechend geeignete Flächen umfasst, ist beispielsweise im steiler abfallenden Gelände zwischen der Alp Starschagns im Norden und der Marmoraseemündung im Süden praktisch auf jeder Verebnung ein Schmelzplatz zu finden (vgl. Abb. 6.1).

Besonders gut lässt sich die Selektion ebener Flächen für die Errichtung von Verhüttungsplätzen jedoch bei den Fundstellen Sül Cunfin, Alp Flix I, Val Faller Platz oder auch Brüscheda I und II beobachten, die unmittelbar am Fuß eines abfallenden Geländes auf der ersten Verebnung – im (wohl ehemals) bewaldeten Bereich – angelegt wurden.

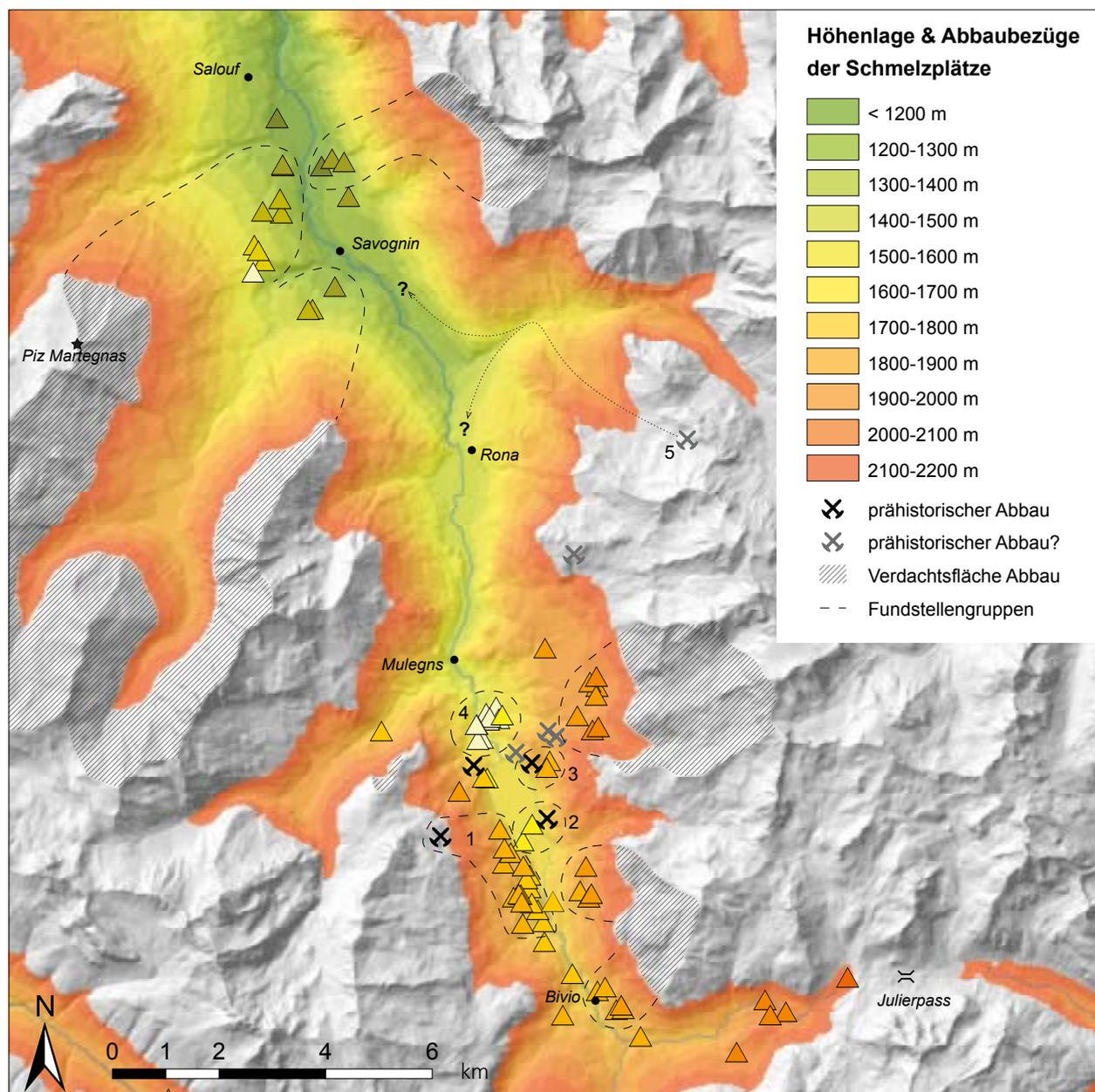


Abb. 6.1: Kartierung der Schlackenfundstellen und Schmelzplätze im Oberhalbstein nach Höhenlage. Die beiden Talstufen unterscheiden sich sowohl in ihrer Topografie wie wohl auch in ihrer früheren Landnutzung deutlich. Im gesamten Gebiet sind räumliche Fundstellen-Konzentrationen zu identifizieren, die eine (oder mehrere) gemeinsame Rohstoffquelle(n) im oberhalb angrenzenden Gelände vermuten lassen. Während die korrespondierenden Gruben für die Mehrheit dieser Gruppen noch nicht bekannt sind (Verdachtsflächen), legen die räumlichen Gegebenheiten für die Abbaue Cotschens (1), Ostufer Marmorera-see (2) und Gruba II (3) Bezüge zu den nächstgelegenen Schmelzplätzen nahe. Für die verkehrstechnisch günstig gelegenen, sehr dicht belegten Fundstellen bei Sur (4) sind gemäß heutigem Kenntnisstand eine ganze Reihe unterschiedlicher Grubenbezüge wie auch ein Kombinationsmodell denkbar. Für die spätbronzezeitliche Grube auf der Ochsenalp (5) scheinen hingegen die zugehörigen Schmelzplätze bislang zu fehlen oder in ungewöhnlich großer Entfernung zu liegen. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo.

Die Nähe zu einem fließenden Gewässer, die oft als zwingendes Lagemerkmal für urgeschichtliche Hüttenplätze angeführt wird (Weinek und Resch, 2004), scheint bei der Platzwahl hingegen keine (vordringliche) Rolle gespielt zu haben – sofern die heutigen hydrologischen Gegebenheiten mit den damaligen Verhältnissen vergleichbar sind. Zwar wurde die Marke von 150 m Entfernung bis zum nächsten Gewässer an keiner Fundstelle

unterschritten, dies trifft aber praktisch auf das gesamte Gelände im Untersuchungsgebiet zu. Es gibt kaum eine Stelle, an der keine Quelle, kein Rinnsal, Bach oder Fluss in der entsprechenden Minimaldistanz vorbeiführt. Zudem böte sich nahezu überall eine Möglichkeit, Wasser auf einfache Weise an die benötigte Stelle umzuleiten. Eine systematische Nähe resp. ein räumlich-struktureller Bezug der Fundstelle zu einem Wasserlauf ist nirgends

evident, wie auch die flächig ergrabenen Plätze deutlich zeigen. Dass die Wassernähe für die hiesigen Schmelzplätze im Gegensatz zu anderen Revieren wohl nur von untergeordneter Priorität war, liegt möglicherweise auch in der Technologie begründet: Hinweise auf eine Aufbereitung von Verhüttungsschlacken und eine nassmechanische Anreicherung der darin enthaltenen Kupfer(stein)einschlüsse sind an keiner Stelle gegeben. Während dieser auffällige Negativbefund für einmal als Beleg der Abwesenheit gelten soll, bleibt die Frage nach möglichen, bislang ebenfalls vollständig fehlenden Nassaufbereitungsanlagen für das abgebaute Erz noch systematischer zu untersuchen, bevor ein abschließendes Urteil gefällt werden kann.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Lage der Vererzungen das wichtigste räumlich strukturierende Element des hier untersuchten Reviers darstellt, gefolgt vom Wald resp. Holz als Brennstoffressource und der Topografie. Die Nähe zu Wasserläufen scheint hingegen kein primäres Kriterium für die Standortwahl darzustellen.

6.2 Prozess

Wie in den meisten urgeschichtlichen Revieren stehen die eigentlichen Wertträger, die Zwischen- und Endprodukte der Kupfergewinnung wie Röstgut, Kupferstein oder metallisches Kupfer für eine technologische Untersuchung der chaîne opératoire, wie sie hier im Fokus der Untersuchungen stand, nicht mehr zur Verfügung. Stattdessen muss auf das Ausgangsmaterial in Form von Kupfererz sowie das in großen Mengen vorliegende Abfallprodukt, die Verhüttungsschlacken, zurückgegriffen werden.

Im Oberhalbstein wurden, ebenfalls analog zu vielen anderen urgeschichtlichen Bergbauregionen im Alpenraum, sulfidische Erze abgebaut und verarbeitet, die zu meist aus einem Gemenge von Chalkopyrit und Pyrit oder Chalkopyrit und Pyrrhotin mit oder ohne Magnetit bestehen. Kupferreichere Sulfide wie Bornit oder Chalkosin sind nur vereinzelt nachweisbar.

Die Vererzungen liegen gemäß heutigem Wissensstand ausschließlich in der oberpenninischen Platta-Decke in Nebengestein aus Metabasalt (z.B. Metapillowlava) oder, sehr viel häufiger, in Serpentin-Sequenzen. Der Kupfergehalt der untersuchten, für urgeschichtliche Verhältnisse wohl nur bedingt repräsentativen Erzproben liegt aufgrund des durchwegs hohen Eisengehalts meist im einstelligen Bereich, selten um 10 Gew.-% (Reicherze).

Das jeweils verarbeitete Ausgangsmaterial spiegelt sich schließlich in der geochemischen Zusammensetzung der Verhüttungsschlacken wider – während in der unteren Talstufe Erze aus Metabasalten abgebaut und verhüttet wurden, waren es in der oberen Talstufe Kupfererze aus Serpentiniten. Doch die Schlackenanalysen geben nicht nur Aufschluss über das Rohmaterial,

sondern liefern auch wichtige Hinweise zu den einzelnen Prozessschritten. So können anhand der Morphologie der Mineralphasen deutlich zwei grundsätzlich unterschiedliche Schlackentypen unterschieden werden: Die porösen Schlackenkuchen sind in einer reduzierenden Prozessatmosphäre entstanden und wurden nur partiell verflüssigt. Sie sind nach Beendigung des Schmelzgangs langsam im Reaktor ausgekühlt wie die deutlich ausgebildeten Kristalloberflächen der Fayalite nahelegen, womit sie als «Ofenschlacken» zu klassifizieren sind. Die übrigen Schlacken – die sog. massiven und Plattenschlacken – zeigen hingegen ein viel homogeneres, weitgehend verflüssigtes Gefüge und sind unter leicht oxidierenden Bedingungen entstanden. Dass sie nicht langsam im Ofen erstarrt sind, sondern bei laufendem Prozess aus dem Reaktor entfernt wurden und sehr schnell ausgekühlt sind, belegen neben der nadel- oder kettenförmigen Fayalit-Morphologie auch beidseitige «Oxidationszonen» an den Schlackenoberflächen.

Diese Ergebnisse lassen sich bestens mit den makroskopischen Beobachtungen am Schlackenmaterial korrelieren. Anhand ihrer Grundform, Porosität, Homogenität und Viskosität lassen sich drei Schlackentypen unterscheiden: 1. die heterogenen, porösen «Schlackenkuchen», 2. die leicht heterogenen und porösen, dicken «massiven Schlacken» sowie 3. die homogenen, dünnen, niedrigviskosen «Plattenschlacken». Durch ein detailliertes Studium der Oberflächenmerkmale dieser Schlackentypen konnten eindeutige Belege dafür ermittelt werden, dass die Schlackenkuchen erst in weitgehend ausgekühltem Zustand aus dem Reaktor gehoben wurden. Die massiven und Plattenschlacken hingegen zeigen regelmäßig Negativabdrücke von hölzernen Werkzeugen an ihrer Unterseite, die sich – u.a. anhand eines ethnoarchäologischen Vergleichs – klar als Indizien des «Scheibenreißens» ansprechen lassen.

Diese Ergebnisse sind wiederum gut mit den archäologischen Befunden aus den Lehrgrabungen der letzten Jahre sowie punktuellen Baubegleitungen und Ausgrabungen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts in Verbindung zu bringen. Demzufolge sind die für den Technokomplex «Mitterberg-Prozess» typischen verhüttungstechnischen Strukturen Röstbett, Schachtofen und Schlackenhalde auch im Oberhalbstein belegt. Zusätzlich konnte hier in jüngster Zeit außerdem ein weiterer, bislang singulärer Ofentyp an zwei verschiedenen Fundstellen aus dem späten 7. Jahrhundert v. Chr. nachgewiesen werden. Die Konstruktion aus einer senkrecht gesetzten, hohen Rückwand und halbhoch gemauerten Wangen erinnert an die Öfen der traditionellen Kupfergewinnung in Nepal. Auf der Grundlage dieser (sub-)rezenten Analogie sowie der morphologisch-typologischen Beobachtungen und naturwissenschaftlichen Analysen am Schlackenmaterial wird für diese zuvor unbekanntes Öfen hier eine vergleichbare Funktionsweise vorgeschlagen. Der im Oberhalbstein geführte Prozess unterscheidet sich somit leicht vom bronzezeitlichen, ostalpinen Verfahren und könnte in etwa wie folgt ausgesehen haben:

Das Erz wird im Untertagebau gewonnen, der Vortrieb erfolgt mit der Feueretz-Methode. Eine noch nicht ausreichend charakterisierte, wohl aus händischem Pochen und Mahlen bestehende Aufbereitung des Erzes erfolgt im unmittelbaren Umfeld der Abbaustelle. Das angereicherte Ausgangsmaterial gelangt schließlich zu einem nahegelegenen Schmelzplatz, wo es mit einiger Wahrscheinlichkeit vor dem ersten Schmelzgang oxidierend geröstet wird. Anschließend erfolgt ein mehrstündiger Schmelzgang im Schachtofen bei reduzierender Atmosphäre und unter Beigabe silikatreichen Flussmittels. Dabei entsteht als Zwischenprodukt ein Kupferstein aus Eisen- und Kupfersulfiden sowie ein amorpher Schlacken Kuchen als Abfallprodukt. Der Kupferstein wird vor dem nächsten Schmelzgang vermutlich zerkleinert und gegebenenfalls erneut geröstet, bevor er schließlich in einem weiteren Schmelzgang bei relativ oxidierenden Bedingungen und wiederum unter Beigabe von Flussmittel – zumindest partiell – in metallisches Kupfer umgewandelt wird. Gelingt dieser Prozessschritt beim ersten Mal nicht optimal, wird er (mehrfach) wiederholt. Dieses zweite Schmelzverfahren wird im Oberhalbsteiner «Nepal-Ofen» unter Befuerung von oben durchgeführt, wobei von der praktisch vollständig verflüssigten Schmelze wiederholt immer dünner und kleiner werdende Schlackenplatten abgehoben werden, bis schließlich nur noch das Schmelzprodukt im Ofen übrigbleibt.

Über die Weiterverarbeitung oder Distribution des so gewonnenen Kupfers geben bislang weder die Funde aus den Schmelzplätzen noch aus den nahegelegenen bronzezeitlichen Siedlungskontexten Auskunft. Mithilfe naturwissenschaftlicher Untersuchungen konnte jedoch der geochemische und bleiisotopische Fingerabdruck des Oberhalbsteiner Kupfers ermittelt werden – eine elementare Grundlage für künftige herkunftsanalytische Untersuchungen an zeitgenössischen Fertigobjekten! Demzufolge wurden im Oberhalbstein in prähistorischer Zeit Kupfer mit zwei ähnlichen, jedoch leicht unterschiedlichen Signaturen produziert: Das aus den Lagerstätten in den Metabasalten der unteren Talstufe gewonnene Kupfer wird primär über einen hohen Co-Gehalt charakterisiert, dasjenige aus den Serpentin-Sequenzen der oberen Talstufe über einen hohen Ni- und Co-Gehalt. Aufgrund des sehr eisenreichen Ausgangsmaterials sind insbesondere im noch nicht raffinierten Kupfer beider Talstufen außerdem relevante Eisen-Anteile zu erwarten. Die Bleiisotopenverhältnisse streuen aufgrund der generell sehr geringen Bleigehalte in den Schlacken und Erzen über ein weites Feld, zeigen jedoch im regionalen Vergleich fast ausschließlich Überlappungen mit ost- und westalpinen Fahlerz-Revieren, deren Kupfer sich – zumindest in unverarbeitetem Zustand – anhand der typischen Fahlerz-Zeiger Arsen, Antimon und Silber deutlich vom Oberhalbsteiner Kupfer unterscheidet.

Wenngleich also die chaîne opératoire der prähistorischen Kupfergewinnung im Oberhalbstein noch nicht ganz lückenlos belegt und entschlüsselt wurde, so ist nun doch die Mehrheit der einzelnen Prozessschritte bekannt

und genauer charakterisierbar – ebenso das produzierte Metall. Wichtige Erkenntnisse konnten insbesondere am Beginn der Prozesskette zum zuvor gänzlich unbekanntem urgeschichtlichen Abbau sowie im Bereich der Verhüttung generiert werden, für die ein neuer Ofentyp sowie der damit verbundene Schmelzvorgang identifiziert und beschrieben wurde.

Darüber hinaus lässt sich innerhalb der Untersuchungsregion anhand des Schlackenmaterials eine interessante technologische Beobachtung festhalten: In der unteren Talstufe dominieren die porösen, amorphen Schlacken Kuchen sowie dünne Plattenschlacken, während in der oberen Talstufe sowie den angrenzenden Gebieten mehrheitlich massive Schlacken sowie dicke Plattenschlacken den größten Anteil am Fundmaterial ausmachen. Dies dürfte sowohl im divergierenden Ausgangsmaterial als auch in einer technologischen Adaption im Verlaufe der Zeit begründet liegen. Das Szenario könnte folgendermaßen ausgesehen haben:

In der Spätbronzezeit wird primär in der unteren, seltener in der oberen Talstufe Kupfererz bergmännisch abgebaut und wohl anhand des im Ostalpenraum gängigen Verhüttungsverfahrens im Schachtofen zu Kupferstein bzw. in einem einfachen Grubenofen zu Kupfer geschmolzen. Die dabei anfallenden Abfallprodukte – Schlacken Kuchen und (dünne) Plattenschlacken – zeigen eine vergleichbare geochemische Zusammensetzung, zeugen aber von einer unterschiedlichen Prozessführung (reduzierende vs. oxidierende Atmosphäre; unterschiedliche Prozesstemperatur). An diesen Fundstellen sind noch keine Öfen vom Typ Nepal zu erwarten.

In der älteren Eisenzeit wird dann primär in der oberen Talstufe sowie punktuell in benachbarten Talschaften Kupfer produziert und zwar nach einem adaptierten Verfahren, dem oben beschriebenen «Oberhalbstein-Prozess». Dessen charakteristischstes Element ist die neue Ofenkonstruktion sowie die Dominanz massiver Schlacken und (dicker) Plattenschlacken im archäologischen Befund. Der Prozess ist optimal an die Verhüttung von SiO₂-armem, magnesium- und eisenreichem Ausgangsmaterial, wie es in der oberen Talstufe ansteht, adaptiert und scheint auch im Avers und Engadin erfolgreich angewendet worden zu sein.

Das Bild an den eisenzeitlichen Schmelzplätzen der unteren Talstufe ist hingegen weiterhin etwas undeutlich. Die geochemische Zusammensetzung der jüngeren unterscheidet sich zwar teilweise von derjenigen der älteren Schlacken – zugunsten des Oberhalbstein-Prozesses. Die Typenverhältnisse der Schlacken scheinen aber mit jenen aus spätbronzezeitlichen Fundstellen vergleichbar, was mit der Zusammensetzung des Ausgangsmaterials zusammenhängen könnte. Hier wurde also wahrscheinlich ein nicht optimal auf das anstehende Erz bzw. Nebengestein abgestimmtes, aus der oberen Talstufe übertragenes Verhüttungsverfahren angewendet. Somit scheint eine direkte Kontinuität von der bronze- zur eisenzeitlichen Produktionsphase in der unteren Talstufe auch aus technologischer Perspektive nicht evident. Für eine

differenziertere Beschreibung der hier zu unterschiedlichen Zeiten angewendeten Verfahren wären jedoch zwingend systematische Ausgrabungen an Schmelzplätzen dieser unteren Talstufe vorzunehmen.

Abschließend bleibt außerdem festzuhalten, dass vor dem Hintergrund dieser Erkenntnisse die vorgenommene typologische Unterscheidung zwischen massiven und Plattenschlacken aus archäologischer Perspektive durchaus gerechtfertigt ist: Für die ältereisenzeitlichen Plätze der oberen Talstufe ist gemäß Prozessrekonstruktion zwar ein gradueller Übergang zwischen den beiden Typen anzunehmen und somit kein eigentlich bewusst beabsichtigter funktionaler Unterschied sicher vorauszusetzen. Ihrer einheitlich plattigen Grundform entsprechend, könnten sie also auch allesamt als Plattenschlacken bezeichnet werden. In der unteren Talstufe bzw. in der ersten Produktionsphase zählen die massiven Schlacken – im Gegensatz zu den Plattenschlacken – jedoch nachweislich nicht zum regulären Abfallproduktspektrum des Verhüttungsverfahrens. Soll der Begriff «Plattenschlacke» jedoch für beide Perioden gleichermaßen angewendet werden können – was u.a. auch in Anbetracht der Überregionalität und Diachronizität dieses Phänomens unbedingt anzustreben ist – ist er daher zwingend von den massiven Schlacken abzusetzen. Wenngleich eine solche absolute Abgrenzung unter diesen Voraussetzungen immer nur ein archäologisches Hilfskonstrukt bleibt, so hat sich der gewählte Grenzwert von 1,5 cm Dicke für das hier bearbeitete Material als geeigneter Richtwert für eine pragmatische Fundauswertung erwiesen. Dies umso mehr, als der Versuch einer Herleitung «richtiger» historischer Entitäten zwingend scheitern muss. Womöglich unterschieden prähistorische Schmelzmeister beispielsweise eine ganze Vielzahl an Schlackentypen und/oder auf der Grundlage gänzlich anderer Kriterien – etwa, ob eine Schlacke aus einem gut oder schlecht gelungenen Schmelzgang stammt.

6.3 Produktion

Der Versuch, das Produktionsvolumen einer Bergbauregion absolut zu quantifizieren, ist mit zahlreichen methodischen Problemen behaftet und wird im vorliegenden Fall durch die lückenhafte Quellenlage de facto verunmöglicht. Auf der Grundlage der wenigen bekannten und erst unzureichend erforschten Gruben etwa ist keine sinnvolle Hochrechnung des abgebauten Gesteinsvolumens möglich. Auch eine approximative Ermittlung der Menge produzierten Kupfers anhand einer Interpolation exemplarisch erhobener Daten zur Tonnage einzelner Schlackenhalde über das Verhältnis Schlacke : Kupfer ist u.a. unter Berücksichtigung der großen Divergenz an Anzahl, Dichte, Zusammensetzung und Volumen der Oberhalbsteiner Schlackenhalde mit einem enormen

Fehlerfaktor behaftet und daher nur sehr begrenzt aussagekräftig (s. dazu oben Kapitel 2.3.3, S. 79-80).

Die Produktivität kann also vorerst maximal relativ quantifiziert werden – beispielsweise in Relation zu anderen Revieren. Obwohl nur aus wenigen anderen Bergbauregionen z.B. Maßangaben von Schlackenhalde publiziert sind, zeigt sich bei einem entsprechenden Vergleich deutlich, dass die Oberhalbsteiner Schlackenhalde mit selten mehr als 10–15 m Durchmesser und 0,5–1 m Mächtigkeit vergleichsweise klein ausfallen. Kommt hinzu, dass sich die «Schlackenhalde» im Oberhalbstein bei genauerer Betrachtung nicht selten lediglich als flächige, stark mit humosem Material durchmischte Schlackenkonzentrationen von wenigen Dezimetern Mächtigkeit erweisen, etwa in Platz I oder Brüscheda I. Daneben gibt es aber durchaus auch größere, massive Halde sowie mehrere Halde pro Fundstelle, beispielsweise an den teilweise ausgegrabenen Schmelzplätzen Gruba I, Val Faller Platz, Alp Natons oder Clavè d'Mez IV.

6.3.1 Erste Produktionsphase (Spätbronzezeit)

Zusammenfassend ist auf der aktuellen Datengrundlage für das Oberhalbstein von einer ersten, spätbronzezeitlichen Produktionsphase im Zuge der räumlichen Diversifizierung der alpinen Kupferproduktion gegen Ende des 2. Jahrtausends v. Chr. auszugehen. Bislang kann dieser Phase lediglich eine kleine Anzahl an Schmelzplätzen zugewiesen werden, was einen eher geringen Produktionsumfang vermuten lässt. Dies steht in einem gewissen Gegensatz zu den Zeugnissen relativ umfangreichen Kupfererzbergbaus spätestens ab dem 11. Jahrhundert v. Chr. in Avagna-Ochsenalp. Wurde ein Großteil der bronzezeitlichen Schmelzplätze bislang nicht entdeckt? Oder standen im oberflächennahen Bereich der Vererzung auf der Ochsenalp möglicherweise reichere, z.B. oxidische Kupfererze an, deren Verarbeitung nur wenige Spuren hinterlassen hat?

In jedem Fall ist ein direkter Bezug zwischen der spätbronzezeitlichen Kupferproduktion und den zeitgleichen Siedlungen zwischen Salouf und Savognin anzunehmen, wie die wenigen, jedoch regelhaft nachweisbaren Verhüttungsschlacken-Fragmente im Siedlungsbefund nahelegen. Wie sich die primäre Metallurgie in das bereits zuvor bestehende lokale Wirtschaftsgefüge aus Ackerbau, Viehzucht und Passhandel eingefügt hat, ist bislang unklar. Ebenso fehlen Hinweise auf eine lokale Weiterverarbeitung des erzeugten Metalls. Dennoch ist zu vermuten, dass die lokal ansässige Bevölkerung an der Produktion und der Distribution des Kupfers beteiligt war. Das technologische Know-how zu Abbau, Aufbereitung und Verhüttung der sulfidischen Erze dürfte aus dem Substrat des ostalpinen Technokomplexes «Mitterberg-Prozess» eingeflossen sein. In Anbetracht der Komplexität der chaîne opératoire ist dabei eher an die Präsenz

von zugewanderten oder saisonal anwesenden Spezialisten aus den Ost- oder Südalpen denn an eine diffusive Verbreitung der Technologie selbst zu denken (Stöllner, et al., 2016, S. 80-83). Starke kulturelle und wohl auch wirtschaftliche Bezüge zu ebendiesen benachbarten alpinen Räumen werden in der Spätbronzezeit durch die zahlreichen Funde von Laugen-Melaun Keramik in Mittelbündner Siedlungskontexten angezeigt.³⁹⁶

Dass diese erste Phase der Kupferproduktion möglicherweise ergiebiger war, als dies die archäologischen Befunde auf den ersten Blick vermuten lassen, und vielleicht einen noch heute sichtbaren Niederschlag in den damaligen Buntmetall-Kreislauf fanden, deuten die Ergebnisse der breit angelegten Fertigungsobjekt-Analysen aus dem Schweizer Alpenvorland durch V. Rychner und N. Kläntzchi (1995) an: Während die mittelbronzezeitlichen Objekte zum überwiegenden Teil aus einem As- und Ni-reichen Kupferkieskupfer hergestellt wurden, das wir heute mit dem damals dominierenden Kupferproduzenten im Alpenraum – dem Mitterberg-Gebiet – in Verbindung bringen, zeichnet sich in der beginnenden Spätbronzezeit eine Veränderung in der Rohstoffversorgung ab, die sich zunächst vorwiegend im zentralen und westlichen Mittelland durch das Auftreten spurenelementarmer Kupfersorten bemerkbar macht. Zu Beginn der Periode HaA2 ist dann schließlich ein äußerst markanter Bruch festzustellen – neu wird das Spektrum zu über 70 % durch sehr Ni- und Co-reiches, relativ homogenes Kupfer dominiert. Dieses Phänomen scheint gemäß den beiden Verfassern ein relativ isoliertes, weitgehend auf die Schweiz begrenztes Phänomen darzustellen: «Dans l'état actuel de nos connaissances, il est impossible de trouver hors du territoire suisse des preuves importantes et indiscutables de l'utilisation du cuivre de loin le plus typique du HaA2 suisse, caractérisé par les schémas à nickel dominant et fort cobalt de nos groupes 4N et 3N.» (Rychner und Kläntzchi, 1995, S. 77). Dass sich just im 11. Jahrhundert v. Chr. – also genau in demjenigen Zeitraum, in dem auch erstmals gut datierte Belege für Kupfererzabbau im Oberhalbstein vorliegen – ein weitreichender Wechsel in der Rohstoffversorgung des Schweizer Mittellandes feststellen lässt, der noch dazu exakt durch die hier dominierenden Spurenelemente Ni und Co gekennzeichnet ist, lässt vermuten, dass dieser plötzlich auftauchende «Kupfertyp» mit der ersten Oberhalbsteiner Produktionsphase in Verbindung zu bringen ist. Weshalb sich neben den beiden charakteristischsten Spurenelemente in diesem Kupfer aber auch weitere Spurenelemente in nicht unwesentlichen Anteilen finden, die V. Rychner und N. Kläntzchi sogar dazu bewogen, das Kupfer der Gruppen 3N und 4N als «Fahlerzkupfer» anzusprechen, und weshalb dieses Kupfer dominierende Ni-Gehalte zeigt, wo für die spätbronzezeitliche Produktion doch eher ein primär Co-reiches Produkt aus der unteren Talstufe zu erwarten wäre, müssen weiterführende

Untersuchungen zeigen. Bis dahin ist keinesfalls auszuschließen, dass es sich beim zeitlichen Zusammenfallen dieser beiden Phänomene um eine zufällige Koinzidenz handelt und das typische Schweizer HaA2-Kupfer aus einer anderen Quelle stammt. Eine detaillierte Neuauswertung der durch V. Rychner und N. Kläntzchi erhobenen Analysedaten unter Berücksichtigung des in vielerlei Hinsicht deutlich verbesserten Forschungsstandes sowie unter Miteinbezug von Bündner Fundmaterial, das in deren Serie weitgehend fehlte, scheint daher sehr lohnend. Möglicherweise sind auf diesem Wege sogar zusätzliche Hinweise auf die Dauer und (relative) Datierung der ersten Produktionsphase zu ermitteln.

6.3.2 Zweite Produktionsphase (ältere Eisenzeit)

Die Mehrheit der montanarchäologischen Fundstellen im Untersuchungsgebiet ist der zweiten, den materiellen Hinterlassenschaften zufolge intensiveren und auch räumlich extensiveren Produktionsphase der älteren Eisenzeit zuzuordnen. Ein Bezug der Kupfergewinnung zur Siedlungskammer in der unteren Talstufe ist in dieser Phase nicht mehr direkt evident, da einerseits die Siedlungsbelege gegen Ende der Bronzezeit ausdünnen bzw. sich räumlich verschieben, und andererseits der Schwerpunkt der Kupferproduktion jetzt klar in der oberen Talstufe liegt, wo bislang keine Spuren (ganzjähriger) Siedlungen bekannt sind.

Neben den oftmals etwas größeren, im Einzugsgebiet der wichtigsten Vererzungen und ältereisenzeitlichen Gruben gelegenen Schmelzplätzen im Marmoreraesegebiet zählen zu den entsprechenden archäologischen Befunden auch zahlreiche räumlich relativ isolierte, teilweise sehr kleine Verhüttungsplätze bzw. Schlackenkonzentrationen – etwa in Brüscheda I oder Radons. Hier wurden offensichtlich selbst kleinste, heute nicht mehr bekannte Erzvorkommen ausgebeutet, um etwas Kupfer zu gewinnen. Dieses archäologische Spurenbild spricht für ein Neben- resp. Nacheinander verschiedener Produktionsmaßstäbe: Während die Gruben und die größeren Schmelzplätze im Einzugsgebiet der Marmorera-Ebene von einer gewissen räumlichen Systematik, Koordination und Produktionsintensität zeugen, scheinen die kleineren, dezentralen Plätze das Resultat einer sporadischen Kleinproduktion darzustellen. Es wäre denkbar, dass im Nachgang einer initialen Auffahrung der Gruben und Installation korrespondierender Verarbeitungsplätze zur Aufbereitung und Verhüttung des gewonnenen Erzes schrittweise eine Diffusion der technologischen Kenntnisse stattgefunden hat, die in der Folge im Rahmen einer Art «Haushaltsproduktion»³⁹⁷ nach Bedarf bzw. Kapazität

³⁹⁶ Vgl. z.B. Laugen-Melaun Keramik in Savognin Padnal (Rageth, 1986, S. 81-83) und Cazis Cresta (Murbach-Wende, 2016, S. 192-193).

³⁹⁷ Zu saisonaler, kleinmaßstäblicher Metallproduktion am Beispiel schwedischer Eisenproduktion vgl. z.B. Magnusson (1995).

Anwendung fand. Eine Verknüpfung dieser einfachen, sicherlich saisonalen Form der Metallproduktion mit der für diese Zeit in angrenzenden Regionen bereits gut belegte Alpwirtschaft (s. Reitmaier, 2017; 2021) und/oder dem – auch ohne ausgedehnte Siedlungsnachweise im Tal weiterhin vorauszusetzenden – Alpenpasshandel ist anzunehmen. Die Klärung der kulturellen Identität bzw. Herkunft der ältereisenzeitlichen Berg- und Hüttenleute könnte zur Beantwortung dieser und vieler weiterer Fragen beitragen. Die wenigen bislang von Schmelzplätzen geborgenen Gebrauchskeramik-Fragmente sind als «Taminser Ware» anzusprechen (Turck, 2019, S. 224) und lassen somit kulturelle Bezüge zum nördlich gelegenen Bündner Rheintal vermuten. Dies sollte jedoch nicht zu einer vorschnellen kulturellen Zuordnung der bergbaulichen Unternehmungen verleiten, hat eine Untersuchung des eponymen Fundplatzes – Tamins-Unterm Dorf – doch ganz deutlich die stark nach Süden ausgerichtete, transalpine Orientierung der hier ansässigen Gruppe herausgestellt (Schmid-Sikimić, 2002).

Hinzu kommt, dass in der älteren Eisenzeit insbesondere im östlich des Oberhalbsteins gelegenen Unterinntal sowie in der südlich angrenzenden Lombardei ebenfalls nachweislich Kupfer produziert wurde, was eine technologische und/oder kulturelle Verbindung des hier untersuchten Komplexes (auch) nach Osten oder Süden nahelegt – zumal die für das ältereisenzeitliche Verhüttungsverfahren charakteristischen massiven Schlacken außerhalb des Oberhalbsteins bislang erst in den Südalpen sicher belegt sind. Gründen die Wurzeln des «Oberhalbstein-Prozesses» also möglicherweise in der spätbronzezeitlichen Großproduktion im südalpinen Trentino? Sind bei genauer Analyse der Befunde hier neben den üblichen Schachtöfen vielleicht ebenfalls alternative, herdförmige Ofenstrukturen des Typs Nepal bzw. Vorformen davon auszumachen?

Neben dem kulturellen und technologischen Hintergrund bleibt auch die wirtschaftliche Bedeutung und Reichweite des Oberhalbsteiner Kupfers für diese Epoche schwierig zu evaluieren. Es ist jedoch gerade für diese zweite Phase durchaus mit einem nicht unwesentlichen Volumen produzierten Metalls zu rechnen, dessen Reichweite wohl auch maßgeblich durch die Dauer dieser Produktionsphase beeinflusst wurde: Sind die sehr zahlreichen ältereisenzeitlichen Schmelzplätze über einen

längeren Zeitraum entstanden, ist eine überregionale Distribution des produzierten Kupfers eher unwahrscheinlich. Sind die Plätze jedoch mehrheitlich im Rahmen einer kurzen, intensiven Produktionsphase angelegt worden, könnte ihre Reichweite entsprechend größer ausgefallen sein. Die eng beieinanderliegenden dendrochronologischen Datierungen einer Reihe größerer Schmelzplätze aus dem späten 7. Jahrhundert v. Chr. scheinen auf letzteres Szenario hinzudeuten; dies bleibt jedoch durch weitere exakte Absolutdatierungen zu bestätigen. Neben zusätzlichen Bestrebungen im Bereich der Dendrochronologie könnten in dieser Hinsicht – sowie mit Blick auf zahlreiche weitere Fragen – systematische Fertigungsobjektanalysen einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der zweiten Produktionsphase und deren wirtschaftlicher Relevanz leisten. Im Gegensatz zur vorangegangenen Bronzezeit liegen für diese Epoche bislang lediglich vereinzelt geochemische Analysen aus dem Schweizer Alpenvorland und angrenzenden Regionen vor. Darüber hinaus wäre unbedingt auch die Möglichkeit einer Diffusion von Oberhalbsteiner Kupfer über die Alpen nach Süden zu prüfen. Um die Distributionsmechanismen zu entschlüsseln, – und dies gilt für die Spätbronzezeit ebenso – ist aber zwingend auch eine gezielte Untersuchung der Schnittstelle zwischen primärer und sekundärer Metallurgie erforderlich, die immer noch weitgehend im Dunkeln liegt.³⁹⁸

Für ein allgemein besseres Verständnis der wirtschaftlichen und sozialen Dynamik hinter der alpinen Kupferproduktion wäre zudem eine intensivere Auseinandersetzung mit übergreifenden technologischen und sozio-ökonomischen Fragen vonnöten, um den stark revier-geprägten montanarchäologischen Diskurs aufzubrechen und beispielsweise die Dynamik von Wissenstransfer, Adaption oder Migration auf einer übergeordneten Ebene zu analysieren – zumal viele dieser Prozesse auf der zumeist eingenommenen Mikro-Betrachtungsebene nicht sichtbar werden. Dies gilt in besonderem Maße für das Laugen-Melaun Phänomen in der späten Bronze- und älteren Eisenzeit, das sowohl zeitlich als auch räumlich eine markante Überschneidung mit den späten Kupferproduktionszentren des zentral- und ostalpinen Raums zeigt (s. Bellintani, 2014; Koch Waldner, 2019b; 2021; Marzatico, 2012; Reitmaier, 2021; Stöllner, et al., 2016).

³⁹⁸ Vgl. hierzu aktuelle Grabungs- und Forschungsergebnisse aus Kundl-Wimpissinger (Nordtirol) bei Staudt, et al. (2021) sowie aus Priggilitz-Gasteil (Mödlinger, Trebsche und Sabatini, 2021).

Zusammenfassung

Das nord-süd-verlaufende Oberhalbstein, rätoromanisch «Surses», liegt in den inneren Zentralalpen, im Südosten der Schweiz, und stellt als Verbindung zwischen dem Domleschg bzw. Rheintal im Norden und dem Engadin bzw. Bergell im Süden eine wichtige transalpine Kommunikations- und Verkehrsachse dar. Wie siedlungsarchäologische Untersuchungen seit den 1970er Jahren zeigten, ist für das Tal ab der entwickelten Frühbronzezeit von einer ganzjährigen Besiedlung agro-pastoraler Prägung auszugehen. Spätestens ab der Mittelbronzezeit lassen sich im Fundmaterial vermehrt Hinweise auf Nord- und Südkontakte im Zuge transalpiner Güter- und/oder Personenverkehrs fassen. Dass neben Ackerbau, Viehzucht und Alpenpasshandel ab der Spätbronzezeit dann auch der Abbau und die Verhüttung lokal anstehender Kupfererze zur Wirtschaftsstrategie der hier ansässigen Bevölkerung zählten, belegen neben Verhüttungsschlacken aus Siedlungskontexten auch zahlreiche räumlich abgesetzte Werkplätze. In der Forschung ist das Oberhalbstein daher bereits seit Jahrzehnten als urgeschichtliche Montanlandschaft bekannt, wenngleich direkte Belege urgeschichtlichen Erzabbaus bislang fehlten. Diesem Forschungsdesiderat hat sich die Abteilung Prähistorische Archäologie der Universität Zürich in den 2010er Jahren im Rahmen eines trinationalen Forschungsprojektes u.a. in Form der vorliegenden Dissertation angenommen.

Diese technologisch ausgerichtete Arbeit orientiert sich am archäologischen Konzept der «chaîne opératoire» und ist in ein einleitendes sowie fünf anschließende, thematische Hauptkapitel gegliedert. Die Grundlage für alle weiterführenden Untersuchungen bildet die unter dem Überbegriff «Raum und Zeit» zusammengefasste Beschreibung der Natur-, Kultur- und Montanlandschaft sowohl aus geologischer als auch archäologischer Perspektive. Neben einer ausführlichen Präsentation des aktuellen Forschungsstandes und der bisherigen Quellenlage umfasst dieses Kapitel eine Beschreibung der bekannten Kupfererzvorkommen in Mittelbünden sowie eine Vorlage und raum-zeitliche Kontextualisierung der montanarchäologischen Befunde im Oberhalbstein und in den benachbarten Talschaften Avers, Engadin und Albula. Diese Schilderungen sind das Ergebnis ausgedehnter archäologischer und mineralogischer Geländebegehungen, welche wiederum in einem umfangreichen Verzeichnis der Vererzungen und montanarchäologischen Fundstellen im Anhang Niederschlag gefunden haben.

Bei den nachweislich bereits in der Urgeschichte ausgebeuteten Kupfermineralisationen handelt es sich ausschließlich um kleinere sulfidische Eisen-Kupfer-Vererzungen, die in Serpentin-Sequenzen oder seltener in basische Vulkanite der oberpenninischen Platta-Decke eingelagert sind. 23 dieser Lokalitäten wurden im Gelände prospektiert und für naturwissenschaftliche Analysen beprobt. In diesem Zusammenhang konnten vielerorts auch Abbauspuren unterschiedlicher Ausprägung und Zeitstellung dokumentiert werden. Für fünf dieser Plätze liegen inzwischen absolutchronologische Nachweise urgeschichtlichen Kupfererzabbaus vor. Diese Gruben konzentrieren sich – mit einer Ausnahme – auf das Gebiet rund um die ehemalige Marmoreraebene, die seit den 1950er Jahren von einem Stausee eingenommen wird. Verschiedene Steingeräte aus dem Randbereich der großen Haupthalde eines dieser Abbaugelände (Cotshens) belegen für das Untersuchungsgebiet außerdem erstmals den Prozessschritt der Erzaufbereitung. Eine Vielzahl von Befunden ist schließlich der Verhüttung des bergmännisch gewonnenen Erzes zuzurechnen: Insgesamt knapp 90 Schlackenfundstellen und Schmelzplätze zeugen von einer intensiven Verhüttungstätigkeit im Oberhalbstein und in dessen Nachbartälern, wiederum mit einem Schwerpunkt im Gebiet rund um Marmorera. Neben den aus anderen Kupferbergbauregionen bekannten verhüttungstechnischen Strukturen Röstbett, Schachtofen und Schlackenhalde ist in diesem Zusammenhang die Identifizierung eines weiteren, bislang nicht bekannten, herdförmigen Ofens hervorzuheben, der in Anlehnung an eine bau- und funktionsähnliche, rezente Ofenstruktur aus der Provinz Gandaki als «Nepal-Ofen» bezeichnet wird. Die räumlich-technologisch gegliederte montanarchäologische Datenvorlage wird durch die Diskussion einer großen Serie neuer absoluter sowie ergänzender relativer Datierungen komplettiert, die das zuvor sehr lückenhafte Bild stark zu verdichten und ausdifferenzieren vermögen. Es lassen sich nun plausibel zwei unterschiedliche Betriebsphasen abgrenzen: Einige wenige Fundstellen, darunter das Abbaugelände Avagna-Ochsenalp, lassen sich in die Spätbronzezeit datieren, wohl ins 11. Jahrhundert v. Chr. Die mit einer Vielzahl von Abbau- und Verhüttungsplätzen als eigentliche Blütezeit zu bezeichnende zweite Produktionsphase ist hingegen für die ältere Eisenzeit gegen Ende des 7. Jahrhunderts v. Chr. anzusetzen. Einer vorsichtigen ersten

ökonomischen Berechnung zufolge ist für das Oberhalbstein in beiden Betriebsphasen zusammen insgesamt ein eher geringes Produktionsvolumen im unteren dreistelligen Tonnen-Bereich anzunehmen.

Dem mengenmäßig mit Abstand bedeutendsten montanarchäologischen Fundgut, den Verhüttungsschlacken, ist ein eigenes Kapitel gewidmet. Dieses widmet sich mit Blick auf prozesstechnologische Fragestellungen insbesondere typologischen und morphologischen Aspekten des Materials, welche in vergleichbaren Untersuchungen leider oftmals nicht die gebotene Aufmerksamkeit erfahren haben. Die typologische Analyse erfolgte in zwei Stufen: einer groben Datenaufnahme von knapp 12.000 Fragmenten sowie einer detaillierten Auswertung von fast 2.000 besonders aussagekräftigen Schlackestücken. In Anlehnung an die bereits etablierte Fachterminologie können in Mittelbünden Schlacken Kuchen (porös, heterogen, amorph), massive Schlacken (mittel porös/heterogen, plattig, >1,5 cm) und Plattenschlacken (homogen, plattig, <1,5 cm) unterschieden werden. Schlackensand als Abfallprodukt einer (nass-)mechanischen Aufbereitung zwecks Optimierung der Metallausbeute konnte im archäologischen Befund an keiner Stelle nachgewiesen werden – auch nicht als Magerungsbestandteil von Keramik. Das Spektrum der prozentualen Anteile der einzelnen Typen je Schlackenfundstelle divergiert insbesondere zwischen der unteren und oberen Talstufe deutlich. Während im unteren, nördlichen Talabschnitt Schlackenkuchen und mitteldünne Plattenschlacken das Spektrum dominieren, setzt sich das Fundmaterial in der oberen, südlichen Stufe größtenteils aus massiven und dicken Plattenschlacken zusammen. Da sich diese Diskrepanz nicht (nur) chronologisch begründen lässt, ist von einer leicht divergierenden Prozesstechnologie beziehungsweise von abweichenden Prozessbedingungen aufgrund einer unterschiedlichen Zusammensetzung des Rohmaterials auszugehen. Von besonderer Aussagekraft für die Rekonstruktion der Prozesstechnologie hat sich außerdem die detaillierte morphologische Analyse ausgewählter Fundstücke erwiesen. So können nun auch kleine, wenig aussagekräftige Schlackenfragmente anhand verschiedener Oberflächenmerkmale wie Blasen, Tropfen oder Abdrücke richtig orientiert und eingeordnet sowie Randstücke drei typenspezifischen Randformen zugeordnet werden. Große Schlackenstücke lieferten überdies wichtige Hinweise zu ihrem Entstehungs- und Erstarrungsmilieu. Die massiven Schlacken sind demnach in einem mindestens 30 cm bis 40 cm großen, grubenförmigen Reaktor entstanden und in nur oberflächlich verfestigtem Zustand aus diesem entnommen worden. Gleiches gilt für die Plattenschlacken, die – trotz eines etwas geringeren Durchmessers – in derselben verhüttungstechnischen Struktur entstanden sein dürften. Für die Schlackenkuchen ist hingegen ein anderes Entstehungsmilieu anzunehmen, aus dem sie erst nach weitgehender Auskühlung in fast vollständig erstarrtem Zustand entnommen wurden. Die sehr zahlreich dokumentierten, runden bis flachen, meist zwischen

1 cm und 1,5 cm breiten Negativabdrücke auf der Unterseite aller Schlackentypen zeigen, dass sie unabhängig vom Erstarrungsszenario mithilfe von Holzstäben aus dem Ofen gehoben wurden. Ein Abstechen der flüssigen Schlacke durch eine Abstichöffnung o.ä. kann im vorliegenden Fall definitiv ausgeschlossen werden.

Die vertiefte archäologische Auseinandersetzung mit den Verhüttungsschlacken bildete in Folge die Grundlage für die im anschließenden Kapitel «Analysen» vorgelegten und diskutierten naturwissenschaftlichen Untersuchungen an ausgewählten Schlackenfragmenten aus sieben Schmelzplätzen sowie an zahlreichen Kupfererzproben aus dem gesamten Untersuchungsgebiet. Die insgesamt 28 Erzproben wurden mittels Polarisationsmikroskopie, Röntgendiffraktometrie (XRD), Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) und Bleiisotopenanalyse geochemisch und mineralogisch charakterisiert. Die eisenreichen, sulfidischen Kupfererzungen lassen sich demnach in zwei Hauptgruppen unterteilen: Die Mehrheit ist in Serpentinsequenzen der oberpenninischen Platta-Decke eingelagert und weist einen reichhaltigen Erzmineralbestand auf, der sich aus Pyrrhotin bzw. Pyrit, Magnetit und Chalkopyrit zusammensetzt. Die Vorkommen der zweiten Gruppe sind zwar in derselben tektonischen Einheit eingelagert, darin jedoch an ein anderes Nebengestein gebunden (sog. Metabasalte) und zeichnen sich durch eine einfache Pyrit-Chalkopyrit-Mineralisation aus. Als charakteristische Spurenelemente («Fingerabdruck») sind für die erste Gruppe Cr, Co und Ni, für die zweite Gruppe Co, Ni sowie punktuell As zu nennen. Diese vertiefte Charakterisierung der lokalen Rohstoffquellen ist für eine plausible Rekonstruktion der Prozesstechnologie von zentraler Bedeutung. Die Hauptbestandteile SiO_2 und FeO sowie MgO als wichtigster, auf das Serpentin-Nebengestein zurückzuführender Nebenbestandteil weisen die 55 untersuchten Schlackestücke als «klassische» Eisensilikatschlacken aus. Die Gesamtzusammensetzung der Schlacken liegt insbesondere bei den massiven und den Plattenschlacken nahe am Fayalit-Eutektikum, was eine gut kontrollierte Prozessführung sowie eine gute Trennung von Schlacke und Wertträger indiziert. Die naturwissenschaftlichen Analysen zeigen aber auch, dass Schlacken desselben Typs aus unterschiedlichen Fundstellen bzw. Talbereichen zwar ein vergleichbares Gefüge aufweisen, dieses sich aber aus unterschiedlichen mineralogischen Phasen zusammensetzen bzw. einen abweichenden Chemismus zeigen kann. Die differenzierte Auswertung der Analyseergebnisse hat nicht nur die These der kleinräumig divergierenden Rohstoffzusammensetzungen bekräftigt, sondern auch wichtige Hinweise zur Rekonstruktion der Prozessbedingungen ermöglicht. So lässt sich nachweisen, dass die massiven und Plattenschlacken unter stärker oxidierenden Bedingungen geschmolzen und sehr viel rascher ausgekühlt sind, als dies bei den Schlackenkuchen der Fall war. Dies ist ein weiteres Indiz für zwei unterschiedliche Schmelzverfahren innerhalb der untersuchten «chaîne opératoire». Darüber hinaus

legt der Nachweis einer gänzlich sulfidfreien, zahlreiche Tropfen metallischen Kupfers enthaltende Plattenschlacke aus Val Faller Plaz nahe, dass an den (ältereisenzeitlichen) Verhüttungsplätzen nicht nur ein kupferreiches Zwischenprodukt, sondern (auch) Rohkupfer produziert wurde. In Ermangelung archäologischer Funde dieser Kategorien kommt den Verhüttungsschlacken in der vorliegenden Untersuchung überdies eine wichtige Rolle hinsichtlich der Charakterisierung des produzierten Kupfers zu. Wie die Erzanalysen bereits nahelegen, wurde im Oberhalbstein nachweislich sowohl Ni-Co- als auch Co-(Ni-As-)reiches Kupfer produziert.

An die Präsentation und Diskussion der naturwissenschaftlichen Forschungsergebnisse schließt das Kapitel «Prozess» an, das sich der zusammenfassenden Rekonstruktion der Prozesstechnologie widmet. Zu Beginn werden darin die relevanten metallurgischen Grundprozesse beschrieben und im Lichte der Forschungsgeschichte kontextualisiert. Die anschließenden ethno-archäologischen und experimentalarchäologischen Zugänge ergänzen diese theoretische Grundlage um wichtige zusätzliche Verständnisebenen, die nicht ausschließlich auf objektiv-rationalen Argumenten bzw. auf unter Laborbedingungen erhobenen Werten basieren. Schließlich wird detailliert erläutert, wie der spezifische «Oberhalbstein-Prozess» gemäß aktuellem Wissensstand und unter Berücksichtigung dieser Referenzen zu rekonstruieren ist. Wenngleich verschiedene Detailfragen weiterhin unbeantwortet bleiben müssen, kann nun ein differenziertes Bild dieser Prozesskette gezeichnet werden: Das eisenreiche Kupfererz wurde bergmännisch mittels Feuersetzen im (Unter-)Tagebau gewonnen und anschließend im direkten Umfeld der Grube mechanisch aufbereitet, um dann für die Weiterverarbeitung an die Verhüttungsplätze transportiert zu werden. Dort wurde das Erz zunächst in einem sogenannten Röstbett oxidierend geröstet, bevor es in einem ersten Schmelzverfahren (Schachtofen) unter reduzierender Atmosphäre ein-

geschmolzen wurde. Dabei fielen als Abfallprodukt (ein) Schlacken Kuchen sowie ein kupferreiches Zwischenprodukt an – die «Matte». Letztere wurde möglicherweise ein weiteres Mal geröstet, bevor sie in einem zweiten Schmelzverfahren («Nepal-Ofen») unter leicht oxidierenden Bedingungen in metallisches Kupfer umgewandelt wurde, wobei mehrere Schichten von massiven und Plattenschlacken anfielen beziehungsweise abgehoben wurden.

Das Schlusskapitel greift die einzelnen Untersuchungsstränge noch einmal auf und fügt sie zu einem Gesamtbild der urgeschichtlichen Kupfergewinnung im Oberhalbstein zusammen. Die chronologische Gliederung dieser abschließenden Betrachtung macht klar, dass sich die beiden herausgearbeiteten Betriebsphasen stark unterscheiden. Die weniger gut erforschten Aktivitäten der Spätbronzezeit konzentrieren sich tendenziell auf die untere, nördliche Talstufe, die zu diesem Zeitpunkt (noch) nachweislich ganzjährig besiedelt war. Die Kupfergewinnung fand also in einem primär landwirtschaftlich geprägten Umfeld und damit in einer intensiv genutzten Landschaft statt, was sich direkt auf die Intensität und räumliche Strukturierung der bergmännischen Aktivitäten ausgewirkt haben dürfte. Die zweite, ältereisenzeitliche Bergbauphase ist hingegen hauptsächlich in der oberen, wohl nicht ganzjährig besiedelten, aber saisonal viehwirtschaftlich genutzten Zone des Tals zu verorten. Der genaue sozio-ökonomische Kontext dieser jüngeren Bergbauperiode ist bislang unklar, es liegen (wenige) archäologische Hinweise auf kulturelle und/oder wirtschaftliche Bezüge nach Norden, Süden und Osten vor. Die Höhenlage der Fundstellen lässt hier überwiegend an saisonale Aktivitäten denken, die dem archäologischen Spurenbild zufolge sowohl von kontinuierlichem als auch sporadischem Charakter waren. Welche Bedeutung dem Oberhalbsteiner Kupfer für die (über-)regionale Buntmetallversorgung zukam, ist künftig beispielsweise im Rahmen provenienzanalytischer Untersuchungen zu evaluieren.

Summary

The Oberhalbstein region, known as Surses in Romansh, is a valley in the inner Central Alps in south-eastern Switzerland that runs north to south, linking the Domleschg or Rhine Valley to the north and the Engadine or Val Bregaglia to the south, thus acting as an important transalpine communications and traffic route. Based on archaeological research undertaken since the 1970s, we can conclude that the valley was inhabited all year round from the advanced period of the Early Bronze Age by a population dependent on farming and animal husbandry. From the Middle Bronze Age, if not earlier, archaeological finds increasingly included evidence pointing to contacts between areas north and south involving goods and/or people moving along transalpine routes. The fact that from the Late Bronze Age onwards, the communities living in the area also began to add mining and smelting of local copper ores to their existing economic strategy consisting of farming, animal husbandry and trading goods over the Alpine passes, is not only attested to by discoveries of smelting slag in settlement contexts but also by numerous smelting sites removed from the settlements. The Oberhalbstein region has therefore been known to researchers for several decades as a prehistoric mining landscape, even though direct evidence of prehistoric ore mining has so far proved elusive. This PhD thesis was written as part of a trinational research project run by the Prehistoric Archaeology Division of the University of Zurich in the 2010s that aimed to close this gap in the research.

With its emphasis on the technological aspects, the work is guided by the archaeological concept of the «chaîne opératoire» and is divided into an introduction followed by five main thematic chapters. Any further examinations are anchored in the description of the natural, cultural and mining landscape, under the umbrella term «space and time», both from a geological and from an archaeological perspective. Apart from a detailed presentation of the current state of research and the sources available to date, the chapter also includes a description of the known copper ore deposits in the central region of Mittelbünden as well as a presentation and space-time contextualisation of the mining archaeological features of the Oberhalbstein region and its neighbouring Avers, Engadine and Albula valleys. The information presented here was gathered during extensive archaeological and mineralogical field surveys, the outcomes of which were recorded in a comprehensive list of mineralisations and

mining archaeological sites which can be found in the appendix of this volume.

Without exception, all copper ore mineralisations that are known to have been exploited in prehistory were relatively small sulphidic iron-copper mineralisations deposited in serpentinite sequences, or more rarely, in basic volcanic rocks of the Upper Penninic Platta nappe. Twenty-three such locations were surveyed in the field and sampled for scientific analysis. At the same time, evidence was recorded at many of the sites which pointed to various methods and different periods of mining. It has since been shown by absolute chronological means that prehistoric copper ore mining did, in fact, take place at five of the sites. With one exception, the pits were clustered in the area around the former Marmorera Plain, which has been submerged under a reservoir since the 1950s. Various stone tools retrieved from the edge of the main dump at one of these mining sites (Cotschens) have also provided the first ever evidence attesting to ore processing within the study region. A variety of features, finally, were linked to the smelting of the ore mined: almost 90 slag and smelting sites attest to intense metallurgical activities in the Oberhalbstein region and in its neighbouring valleys, with the main focus, again, being on the area around Marmorera. Besides structures known from other copper mining regions to have been associated with smelting, such as roasting beds, shaft furnaces and slag heaps, another discovery worth mentioning is the identification of a hitherto unknown, hearth-shaped furnace, which was termed a «Nepal furnace» due to its similarities in construction and function with a type of furnace still used in Gandaki Province of Nepal. The presentation of the data according to spatial and technological aspects is rounded off by a discussion on a large series of new absolute dates with the addition of some relative dates, thereby closing the gaps in the state of research and balancing the body of knowledge to a large degree. We can now plausibly distinguish between two different phases of operation: a small number of sites including the mining area of Avagna-Ochsenalp can be dated to the Late Bronze Age, probably to the 11th century BC. The second phase, which can be identified as the main production period due to the large number of mining and smelting sites, on the other hand, can be dated to the early Iron Age, around the end of the 7th century BC. According to a tentative, preliminary econometric calculation, the production output of the

Oberhalbstein region would have been rather modest, comprising no more than a low three-figure tonnage for both phases combined.

A separate chapter focuses on the most plentiful category of mining find, smelting slag. With a view to questions of process technology, this part of the work is mainly devoted to the typological and morphological aspects of the material, which unfortunately do not often receive the appropriate amount of attention in similar studies. The typological analysis was carried out in two stages: a rough collection of data from just under 12,000 fragments followed by a detailed examination of almost 2,000 particularly distinctive pieces of slag. Using the established specialist terminology, the material from the Mittelbünden region was divided into slag cakes (porous, heterogenous, amorphous), massive slags (medium porous/heterogeneous, platy, >1,5 cm) and plate slag (homogenous, platy, <1,5 cm). None of the archaeological contexts contained any slag sand, a waste product from (wet) mechanical processing intended to improve metal yields, not even as a tempering agent in pottery. The range of types per slag site in percentages clearly differed within the valley, particularly between the lower and upper altitudinal zones. While slag cakes and plate slag of medium thickness dominated the finds in the lower, northern zone, the material from the upper, southern zone was mainly comprised of massive and thick plate slag. Because the discrepancy cannot (just) be explained chronologically, we can assume that the technology, or perhaps the conditions in which the process took place, differed slightly due to diverging raw material compositions. The detailed morphological analysis carried out on selected finds proved particularly useful for the reconstruction of the technological process. The result was that we are now able to correctly position and classify even rather indistinctive slag fragments based on a series of surface features such as bubbles, drops or impressions and that pieces from the edge can be assigned to three type-specific shapes. Moreover, important insight was gained from large pieces of slag with regard to the conditions in which they were created and had solidified. According to this, massive slag was created in a pit-shaped reactor measuring at least 30 to 40 cm in size and was removed at a point when it had only superficially solidified. Although their diameters were slightly smaller, the plate slag fragments probably originated from the same type of smelting facility. The slag cakes, on the other hand, were probably created under different conditions and had almost completely cooled down and solidified by the time they were removed. Numerous round to flat impressions, usually between 1 and 1,5 cm wide, on the undersides of all slag types show that they were removed from the furnace using wooden sticks, regardless of their state of solidification. In this particular case, we can definitively exclude the possibility of liquid slag being tapped through some sort of tap hole.

This in-depth archaeological study of the smelting slag then formed the basis for a scientific examination of select slag fragments from seven sites and of numerous

copper ore samples from the entire study region, the results of which are presented and discussed in the following chapter entitled «analyses». A total of 28 ore samples were geochemically and mineralogically analysed using polarising microscopy, X-ray diffractometry (XRD), inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) and lead isotope analysis. The analyses showed that the iron-rich sulphidic copper mineralisations can be divided into two main groups: the majority were deposited in serpentinite sequences in the Upper Penninic Platta nappe and contained a rich variety of ore minerals composed of pyrrhotite or pyrite, magnetite and chalcopyrite. While the second group were deposited in the same tectonic unit, they were associated with a different type of host rock (so-called metabasalts) and were characterised by simple pyrite-chalcopyrite mineralisation. The characteristic trace elements («fingerprints») of the first group included Cr, Co and Ni, while the second group contained Co, Ni and in some cases As. This in-depth characterisation of the local raw material sources is of crucial importance for a plausible reconstruction of the technology used in the process. The major components, SiO₂ and FeO, and the presence of MgO as the most important minor component derived from the host rock, serpentinite, allowed us to identify the 55 slag fragments examined as «classic» iron-silicate slag. The overall composition of the slag, particularly of the massive and plate slag, was close to the eutectic composition of fayalite, which indicates an effectively controlled process and a successful separation of the slag and the extracted metal. The scientific analyses also showed, however, that while slag of the same type from different sites or areas of the valley had a comparable microstructure, it could be composed of different mineralogical phases and thus exhibit a diverging chemical composition. The comprehensive study of the analysis results has not only supported the notion that raw material compositions differed from one microregion to the next but has also provided important pointers with regard to reconstructing the smelting conditions. We can show, for instance, that massive slag and plate slag were smelted under more oxidising conditions and cooled down more rapidly than slag cakes. This is a further indication that two different smelting processes existed within the «chaîne opératoire» examined. Moreover, the discovery of completely sulphide-free plate slag with numerous drops of metallic copper at Val Faller Plaz suggests that the (Early Iron Age) smelting sites not only produced a copper-rich intermediate product but (also) raw copper. Notwithstanding the absence of such finds, the smelting slag examined here has nevertheless made an important contribution towards characterising the copper that was produced. As already suggested by the ore analyses, both Ni-Co-rich and Co-(Ni-As)-rich copper was produced in the Oberhalbstein region.

Following the presentation and discussion of the analysis results, the next chapter, entitled «process», is devoted to the reconstruction of the technology employed. It begins with a description of the relevant basic metallur-

gical processes, which are presented in the context of the history of research in the field. This theoretical basis is then enhanced by the addition of ethnoarchaeological and experimental archaeological lines of approach which offer further important levels of understanding that are not based solely on objective or rational criteria or on data collected under laboratory conditions. This is followed by a detailed explanation of how the specific «Oberhalbstein process» can be reconstructed on the basis of the current state of knowledge and in view of the references mentioned. Although various details still remain unclear, we can now paint a differentiated picture of the process sequence: iron-rich copper ore was mined underground by means of fire-setting and then mechanically processed in the immediate vicinity of the mine before being transported to a smelting site for further working. This involved roasting the ore in an area known as a roasting bed and then melting it down under reducing conditions in a shaft furnace. This process produced slag cake as a waste product and a copper-rich intermediate product called «matte». The latter was possibly roasted a second time before being transformed into metallic copper by melting it down again («Nepal furnace» under slightly oxidising conditions, a process during which several layers of both massive and plate slag were produced and lifted.

The final chapter revisits the individual parts of the study and combines them to form an overall picture of

prehistoric copper production in the Oberhalbstein region. The chronological sequencing of this final review clearly shows that the two phases of operation that were identified in the study differed greatly. The Late Bronze Age activity, which has been studied to a lesser extent, tended to focus on the lower northern zone of the valley, which at that time was evidently (still) inhabited all year round. This means that copper production took place in surroundings primarily characterised by agriculture and therefore within a landscape that was used intensively, which would have had a direct impact on the intensity and spatial structure of the mining activities. The second phase of mining, which has been dated to the Early Iron Age, on the other hand, can mainly be placed in the upper zone of the valley, which was probably not inhabited all year round but would have been characterised by its seasonal use for the grazing of livestock. Some of the details of the socio-economic context of this later mining phase remain unclear for now, but there are (a few) archaeological clues pointing to cultural and/or economic links to northern, southern and eastern areas. The altitude of the sites again suggests seasonal activities which, according to the archaeological evidence, could be either constant or intermittent. Further analyses including provenance studies will be necessary to evaluate the role played by copper from the Oberhalbstein region in the supply of non-ferrous metals within (and beyond) the region.

Résumé

Au cœur des Alpes centrales, dans le sud-est de la Suisse, la vallée de l'Oberhalbstein joue un rôle important comme axe de communication et de transport: appelée en romanche «Surses», elle permet de relier le Domleschg ou la vallée du Rhin au nord à l'Engadine ou au Val Bregaglia au sud. Dès les années 1970, on y a effectué des études archéologiques du peuplement qui permettent d'y postuler une occupation de type agro-pastoral tout au long de l'année, ceci dès le plein Bronze ancien. Au plus tard à partir du Bronze moyen, les indices livrés par le mobilier convergent pour évoquer des contacts tant avec le nord qu'avec le sud, qu'on replacera dans un contexte de circulation transalpine de marchandises ou de personnes. Grâce à la découverte de scories de réduction du minerai issues d'habitats et de nombreux ateliers distincts sur le plan spatial, on peut démontrer que, outre l'élevage, l'agriculture et le commerce transalpin, la réduction du minerai de cuivre local comptait parmi les stratégies économiques de la population indigène. Dans les milieux scientifiques, la région de l'Oberhalbstein est donc connue depuis des décennies comme région minière préhistorique, mais on ne disposait pas à ce jour de preuves concrètes d'exploitation du minerai à des époques reculées. Dans les années 2010, la section d'archéologie préhistorique de l'Université de Zurich s'est penchée sur la question dans le cadre d'un projet de recherche tri-national, concrétisé entre autres par la présente thèse de doctorat.

Ce travail, axé sur les aspects technologiques, se calque sur le concept archéologique de la chaîne opératoire; il est subdivisé en un chapitre introductif suivi de cinq chapitres thématiques. La description du paysage naturel, culturel et de l'étage montagnard pose les bases de toute analyse, sous le terme générique «Espace et temps», qui englobe tant la géologie que l'archéologie. Outre une présentation détaillée de l'état actuel de la recherche et des sources disponibles, ce chapitre propose une description des gisements de cuivre connus dans la partie centrale des Grisons, de même qu'une présentation et qu'une contextualisation d'ordre chrono-spatial des structures issues de l'archéologie minière dans l'Oberhalbstein et les communautés de vallées voisines que sont l'Avers, l'Engadine et l'Albula. Ces descriptions sont l'aboutissement de vastes prospections de terrain axées tant sur l'archéologie que sur la minéralogie, s'accompagnant d'un abondant catalogue des minéralisa-

tions et des sites liés à l'archéologie minière, présenté en annexe.

Dans le cas des minéralisations de cuivre exploitées durant la préhistoire déjà, on est exclusivement en présence de petites minéralisations sulfurées de fer et de cuivre, qu'on trouve dans les séquences serpentiniques, ou plus rarement dans les vulcanites basiques de la nappe pennine supérieure du Platta. Au total, 23 emplacements ont fait l'objet d'une prospection sur le terrain et de prélèvements en vue d'analyses. Dans ce contexte, on a pu documenter en de nombreux endroits des traces d'exploitation plus ou moins caractéristiques, se rattachant à diverses époques. Pour cinq sites, on dispose entre-temps de données permettant de dater de manière absolue l'exploitation du cuivre à l'époque préhistorique. À une exception près, ces fosses se concentrent toutes autour de l'ancienne plaine de Marmorera, englouties dans les années 1950 par un lac de barrage. Divers outils lithiques retrouvés à la périphérie de la halde principale de l'une de ces zones d'extraction (Cotschens) illustrent pour la première fois dans la zone étudiée l'étape correspondant au traitement du minerai. Enfin, on recense d'innombrables structures se rattachant à la réduction du minerai extrait de la montagne: au total, on a repéré près de 90 emplacements recelant des scories et où l'on pratiquait la fonte, témoins d'une intense activité de réduction dans l'Oberhalbstein et les vallées voisines, avec ici également une zone plus active autour de Marmorera. On a retrouvé des éléments en lien avec la réduction du minerai, tels qu'on les connaît dans d'autres régions d'exploitation du cuivre: structures de grillage, fourneaux à cuve ou haldes de scories. Dans ce contexte, on est par ailleurs parvenu à identifier un four dont la forme évoque un foyer, soit un type encore inconnu à ce jour qu'on dénommera «four népalais» par analogie avec une structure récente, d'architecture et de fonction identiques, observée dans la province de Gandaki. La présentation des données issues de l'archéologie minière, organisées selon un système spatio-technologique, est complétée par la discussion d'une importante série de nouvelles datations absolues, associées à des dates relatives: on peut dès lors densifier une image auparavant très lacunaire, et en proposer une bonne différenciation. Il est désormais possible de dégager deux phases d'exploitation distinctes: quelques rares sites, entre autres la région d'extraction d'Avagna-Ochsenalp, s'insèrent au Bronze final,

vraisemblablement au 11^e s. av. J.-C. La seconde phase de production, avec d'innombrables sites d'extraction et de transformation du minerai, permettent d'évoquer une véritable apogée; elle s'insère au premier âge du Fer, plus précisément à la fin du 7^e s. av. J.-C. Sur la base de premiers calculs économétriques, on peut avancer, avec toute la prudence requise, que le volume de production dans l'Oberhalbstein était relativement faible: pour les deux phases réunies, on l'évalue à quelques centaines de tonnes.

Tout un chapitre est consacré aux scories de réduction, catégorie de trouvailles de loin la plus abondante en archéologie minière. On éclaire essentiellement les aspects typologiques et morphologiques du matériel, dans une optique d'étude des processus technologiques, réflexions qui passent malheureusement trop souvent au second plan dans les analyses comparables. Pour l'étude typologique, on a procédé en deux étapes, avec un enregistrement grossier des données livrées par près de 12'000 fragments, suivi d'une analyse détaillée d'environ 2000 fragments de scories particulièrement révélateurs. Par analogie avec la terminologie spécifique déjà établie, on distingue dans la partie centrale des Grisons les pâtes de scories (poreux, hétérogènes, amorphes), les scories massives (moyennement poreuses/hétérogènes, plates, >1,5 cm) et celles de type «Plattenschlacke» (homogènes, plates, <1,5 cm). Le sable-laitier, un déchet issu du traitement mécanique (humide) visant à optimiser le rendement, n'a pu être attesté nulle part dans les structures archéologiques, et pas davantage comme dégraissant pour la céramique. Le spectre des pourcentages de chaque type varie selon l'endroit de la découverte des scories, plus particulièrement selon qu'on se trouve dans la partie inférieure ou supérieure de la vallée: dans la partie inférieure de la vallée, au nord, l'éventail est dominé par les pâtes de scories et par des galettes d'épaisseur moyenne s'apparentant au type «Plattenschlacke», alors que le mobilier de la partie supérieure, au sud, présente essentiellement des galettes massives et épaisses.

Cette différence ne saurait se justifier que par des considérations d'ordre chronologique: la composition de la matière première doit en effet influencer sur la technologie des processus, provoquant cette légère inégalité, ou sur les conditions dans lesquelles ces processus se déroulent. Pour restituer la technologie des processus, l'analyse morphologique détaillée d'artefacts choisis s'est avérée particulièrement utile. Cette approche a permis d'orienter et d'attribuer correctement même de petits fragments de scories peu spectaculaires, en se basant sur diverses caractéristiques superficielles comme des bulles, des gouttes ou des impressions; on est aussi parvenu à attribuer les bords à trois formes caractéristiques. Par ailleurs, les gros fragments ont livré des éléments importants sur le milieu d'origine et de solidification. On en conclut que les scories massives proviennent d'un réacteur en forme de fosse d'au moins 30 à 40 cm, et qu'elles en ont été retirées alors que seule leur surface était solidifiée. Le même phénomène s'observe pour les

scories en galettes qui, bien que leur diamètre soit légèrement inférieur, proviennent sans doute sur le plan technique de la même structure. Pour les pâtes de scories par contre, on suppose un autre milieu d'origine, duquel elles n'ont été retirées qu'après avoir longuement refroidi, à l'état pratiquement solidifié. Les empreintes en négatifs, documentées à de très nombreuses reprises, se présentent sous la forme de marques arrondies ou aplaties, d'un diamètre oscillant généralement entre 1 et 1,5 cm, sur la face inférieure de tous les types de scories, révélant qu'elles ont été retirées du four à l'aide de bâtons, indépendamment du scénario de solidification. Dans ce cas précis, on peut exclure définitivement que les scories encore liquides aient été évacuées par une ouverture pratiquée à cette fin.

Une discussion archéologique poussée des scories de réduction constituait donc la base du chapitre suivant, consacré aux analyses, dans lequel on présente et discute les analyses scientifiques effectuées sur des fragments choisis de scories issues de sept fours de fusion ainsi que sur des échantillons de minerai de cuivre provenant de l'ensemble de la zone analysée. Au total, on a soumis 28 échantillons à la microscopie à lumière polarisée, à la diffractométrie aux rayons X (XRD), à la spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS) et à l'analyse des isotopes du plomb, afin de les caractériser tant sur le plan géochimique que minéralogique. On a pu établir que les minéralisations sulfidiques riches en fer se subdivisaient en deux groupes principaux: la majorité se trouve dans des séquences serpentiniques de la nappe de Platta, du Pennique supérieur, et présente une grande richesse de minerais qui se compose de pyrrhotite ou de pyrite, de magnétite et de chalcopyrite. Les gisements du second groupe se trouvent eux aussi dans la même unité tectonique, mais sont liés à une autre roche encaissante («métabasalte»), et se caractérisent par des minéralisations de pyrite et chalcopyrite. Les éléments-traces caractéristiques sont Cr, Co et Ni pour le premier groupe, Co, Ni pour le second groupe, et ponctuellement As. Cette caractérisation détaillée des sources locales de matières premières est essentielle pour permettre une restitution plausible de la technologie des processus. Les composants principaux, SiO₂ et FeO de même que MgO en tant que composant secondaire le plus important, à mettre sur le compte de la serpentinite en tant que roche encaissante, permettent de caractériser les 55 fragments de scories analysés comme des scories de silicate de fer «classiques». La composition globale des scories, plus particulièrement pour les exemplaires massifs et ceux de type «Plattenschlacke», évoque la fayalite de composition eutectique, ce qui indique un processus bien contrôlé de même qu'une bonne séparation des scories et des vecteurs de valeur. Cependant, les analyses scientifiques montrent aussi que les scories d'un même type retrouvées sur des sites ou des zones de vallées différentes présentent certes une structure comparable, mais que cette dernière se compose de phases de minéralisation distinctes ou qu'on est en pré-

sence d'une composition chimique différente. L'élaboration différenciée des résultats des analyses a non seulement conforté la théorie indiquant que la composition des matières premières variait sur un petit espace, elle a également fourni des indices permettant une restitution des conditions dans lesquelles se déroulaient les processus. Il est ainsi possible de démontrer que les scories massives et les scories en galettes ont fondu dans un milieu plus fortement oxydant et ont refroidi beaucoup plus rapidement que dans le cas des pâtes de scories. Ce phénomène constitue un indice révélateur de la pratique de deux procédés de fusion distincts au sein de la chaîne opératoire analysée. Par ailleurs, la preuve d'une scorie de type «Plattenschlacke» entièrement exempte de soufre et contenant de nombreuses gouttes de cuivre métallique, découverte à Val Faller Plaz indique que, sur les sites de fonte (datant du début de l'âge du Fer), on ne produisait pas qu'un produit intermédiaire riche en cuivre, mais (aussi) du cuivre brut. En l'absence de mobilier archéologique se rattachant à cette catégorie, les scories jouent un rôle important pour la présente analyse, avec l'objectif de caractériser le cuivre produit. Comme les analyses du minerai l'indiquent déjà, on a produit dans l'Oberhalbstein tant du cuivre riche en Ni-Co que du cuivre riche en Co(-Ni-As).

Le chapitre intitulé «processus» succède à la présentation et à la discussion des résultats des recherches scientifiques, et résume la restitution de la technologie des processus. Dans un premier temps, on y décrit les processus métallurgiques pertinents pour les contextualiser à la lumière de l'histoire de la recherche. Les aspects ethnoarchéologiques et expérimentaux qui suivent complètent cette base théorique pour fournir d'importants niveaux de compréhensions complémentaires, qui ne reposent pas exclusivement sur des arguments objectifs et rationnels ou sur des valeurs relevées en conditions de laboratoire. Enfin, on y explique de manière détaillée comment on restitue le processus spécifique à l'Oberhalbstein, selon l'état actuel des connaissances et en tenant compte de ces références. Bien que diverses questions de détail demeurent encore sans réponse, on est en mesure de proposer une image différenciée de la chaîne opératoire: le minerai de cuivre riche en fer a été exploité par abattage au feu, à ciel ouvert ou en galeries, pour être

ensuite soumis à un traitement mécanique à proximité immédiate de la fosse, avant d'être transporté sur les sites de réduction pour y subir la suite du processus. Là, le minerai était tout d'abord soumis à une phase de grillage oxydante, avant d'être fondu lors d'un premier processus de fonte (fours à cuve) sous atmosphère réductrice. Il en résulte un pâtre de scories de même qu'un produit intermédiaire riche en cuivre, appelé matte. Ce dernier a peut-être été grillé une fois encore avant d'être transformé, au cours d'un second processus de fonte («four népalais») dans des conditions légèrement oxydantes, afin d'obtenir du cuivre métallique; de ce processus résultent plusieurs couches de scories, tant de type massif que de type «Plattenschlacke».

Le dernier chapitre reprend chacun des axes d'analyse pour les faire converger vers une image globale de l'exploitation du cuivre dans l'Oberhalbstein durant la préhistoire. La subdivision chronologique de ces réflexions finales révèle que les deux phases d'exploitation qu'on est parvenu à distinguer présentent des différences marquées. Les activités moins bien étudiées du Bronze final se concentrent globalement dans la partie inférieure de la vallée, au nord, qui à cette époque était (encore) occupée à l'année. On exploitait donc le cuivre dans un environnement marqué en premier lieu par l'agriculture, phénomène qui impactait sans doute directement l'intensité et la structuration spatiale des activités minières. La seconde phase, datant du début de l'âge du Fer, s'est déroulée par contre essentiellement dans les zones supérieures de la vallée; ces dernières n'étaient sans doute pas occupées durant toute l'année, mais exploitées dans le cadre d'activités agro-pastorales à caractère saisonnier. Le contexte socio-économique précis de cette phase récente d'exploitation minière demeure peu clair, on dispose de (quelques) indices archéologiques évoquant des liens culturels et/ou économiques en direction du nord, du sud et de l'est. L'altitude des sites permet de penser ici essentiellement à des activités saisonnières qui, selon les traces relevées par l'archéologie, pouvaient présenter un caractère tant continu que sporadique. Afin d'évaluer l'importance du cuivre découvert dans l'Oberhalbstein pour l'approvisionnement régional en métaux non ferreux, on pourra avoir recours à l'avenir à des analyses de la provenance.

Literatur

Abkürzungsverzeichnis

- Jb HAGG: Jahrbuch der Historisch-Antiquarischen Gesellschaft Graubünden
- Jb ADG: Jahresberichte des Archäologischen Dienstes Graubünden und der Kantonalen Denkmalpflege Graubünden
- Jb NGG: Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden
- Jb AS: Jahrbuch Archäologie Schweiz
- Jb RGZM: Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums
- Jb SGUF: Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte
- Jb SGU: Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Urgeschichte
- Jb SLM: Jahresbericht Schweizerisches Landesmuseum
- UPA: Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie
- ZAK: Zeitschrift für Schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte
- Agricola, G., 1556a. *Georgii Agricolae De re metallica libri XII quibus officia, instrumenta, machinae, ac omnia denique ad metallicam spectantia, non modo luculentissime describuntur, sed & per effigies, suis locis insertas, adiunctis latinis, germanicisque appellationibus ita ob oculos ponuntur, ut clarius tradi non possint.* Basel: Froben.
- Agricola, G., 1556a. *Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen in denen die Ämter, Instrumente, Maschinen und alle Dinge, die zum Berg- und Hüttenwesen gehören ... aufs klarste vor Augen gestellt werden; sowie sein Buch von den Lebewesen unter Tage.* Übersetzung und Bearbeitung durch C. Schiffner, 2003. Wiesbaden: Matrix.
- Ambert, P., 1995. Les mines préhistoriques de Cabrières (Hérault): quinze ans de recherches. État de la question. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 92(4), S. 499-508.
- Ambert, P., 1999. Grandeurs et décadences des exploitations de cuivre de Cabrières (Hérault) entre néolithique et moyen âge. *Mélanges C. Domergue, Pallas* 50, S. 391-404.
- American Geological Institute, 1997. *Dictionary of Mining, Mineral, and Related Terms*. 2. Aufl. Alexandria: American Geological Institute.
- Ancel, B., 2010. Les anciennes mines métalliques des Alpes du Sud: Bilan diachronique. In: S. Tzortzis, X. Delestre und J. Greck, Hrsg. 2010. *Archéologie de la montagne européenne. Actes de la table ronde internationale de Gap 29 septembre–1^{er} octobre 2008*. Bibliothèque d'Archéologie Méditerranéenne et Africaine, 4. Paris: Errance. S. 185-292.
- Ancel, B. und Py, V., 2008. L'abattage par le feu. Une technique minière ancestrale. *Archéopages*, 22, S. 34-41.
- Anfinset, N., 2011. *Social and Technological Aspects of Mining, Smelting and Casting Copper: An Ethnoarchaeological Study From Nepal*. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 181. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum Bochum.
- Annaheim, H., 1930. Ein Bergbaufund aus dem Avers. *Bündnerisches Monatsblatt*, 9, S. 277-285.
- Anreiter, P., Goldenberg, G., Hanke, K., Krause, R., Leitner, W., Mathis, F., Nicolussi, K., Oeggli, K., Pernicka, E., Prast, M., Schibler, J., Schneider, I., Stadler, H., Stöllner, Th., Tomedi, G. und Tropper, P., Hrsg. 2010. *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*. Innsbruck: Innsbruck University Press.
- Armstrong, K. und Kalayci, T., 2015. Images of the Past: Magnetic Prospection in Archaeology. In: A. Sarris, Hrsg. 2015. *Best Practice of Geoinformatic Technologies for the Mapping of Archaeolanscapes*. Oxford: Archaeopress, S. 1-11.
- Artioli, G., Angelini, I., Nimis, P., Addis, A. und Villa, I., 2013. Prehistoric copper metallurgy in the Italian Eastern Alps: recent results. *Historical Metallurgy*, 47(1), S. 51-59.
- Artioli, G., Angelini, I., Tecchiati, U. und 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, S. 78-83.

Literaturverzeichnis

- [ohne Autor], 1831. On the Copper Works at Singhána near Khetri in the Shekháwati Country. *Gleanings in Science*, III, S. 380-384.
- [ohne Autor], 1932. Bivio (Bez. Albula, Graubünden). [Fundbericht]. *Jb SGU*, 24, S. 119.
- [ohne Autor], 1941. Salux (Bez. Albula, Graubünden). [Fundbericht]. *Jb SGU*, 32, S. 107.
- [ohne Autor], 1945. Salouf (Salux) (Bez. Albula, Graubünden). [Fundbericht]. *Jb SGU*, 36, S. 54.
- Addis, A., 2013. *Late Bronze Age Metallurgy in the Italian Eastern Alps: Copper Smelting Slags and Mine Exploitation*, Dissertation, Università Padova.
- Addis, A., Angelini, I., Nimis, P. und Artioli, G. 2016. Late Bronze Age copper smelting slags from Luserna (Trentino, Italy). *Archaeometry*, 58(1), S. 96-114.
- Addis, A., Angelini, I. und Artioli, G., 2017. Late Bronze Age copper smelting in the southeastern Alps: how standardized was the smelting process? Evidence from Transacqua and Segonzano, Trentino, Italy. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 9, S. 985-999.

- Artioli, G., Angelini, I., Nimis, P., und Villa, I., 2016. A lead-isotope database of copper ores from the Southeastern Alps. A tool for the investigation of prehistoric copper metallurgy. *Journal of Archaeological Science*, 75, S. 27-39.
- Bachmann, H.-G., 1982. The Identification of Slags From Archaeological Sites. Occasional publication 6. London 1982.
- Bachmann, H.-G., Lutz, C. und Thiemann, U., 1987. Schlackenviskositäten. Experimentelle Bestimmung und theoretische Berechnung. In: A. Hauptmann, E. Pernicka und G. Wagner, Hrsg. 1989. *Archäometallurgie der Alten Welt. Beiträge zum Internationalen Symposium «Old World Archaeometallurgy», Heidelberg 1987. Der Anschnitt, Beiheft 7. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum*, 44. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum. S. 137-140.
- Barge, H., Ancel, B., Rostan, P. und Guendon, J.-L., 1998. La mine des Clausis à Saint-Véran (Hautes-Alpes): Exploitation et aire de réduction du minerai de cuivre d'époque préhistorique. In: C. Mordant, M. Pernot und V. Rychner, Hrsg. 1998. *L'atelier du bronzier en Europe du X^e au VIII^e siècle avant notre ère: actes du colloque international «Bronze 96», Neuchâtel et Dijon, 1996. Tome 2 : Du minerai au métal, du métal à l'objet*. Paris: Ed du Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, S. 71-80.
- Bartelheim, M., Eckstein, K., Huijsmans, M., Krauss, R. und Pernicka, E., 2002. Kupferzeitliche Metallgewinnung in Brixlegg, Österreich. In: M. Bartelheim, R. Krause und E. Pernicka, Hrsg. 2002. *Die Anfänge der Metallurgie in der Alten Welt. Freiburger Forschungen zur Archäometrie und Kulturgeschichte*, 1. Rahden: Marie Leidorf, S. 33-82.
- Bartels, Ch., Bingener, A. und Salotta, R., Hrsg. 2006. *Das Schwarzer Bergbuch*. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 142. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum.
- 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, S. 111-139.
- Berger, D., Soles, J.S., Giunlia-Mair, A.R., Brüggmann, G., Galili, E., Lockhoff, N. und Pernicka, E., 2019. Isotope systematics and chemical composition of tin ingots from Mochlos (Crete) and other Late Bronze Age sites in the eastern Mediterranean Sea: An ultimate key to tin provenance? *PLOS ONE*, [e-journal] 14(6):e0218326. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218326>.
- Biringuccio, V., 1540a. *De la pirotechnia libri x dove ampiamente si tratta non solo di ogni sorte & diuersita di miniere ma anchora quanto si ricerca intorno à la prattica di quelle cose di quel che si appartiene à l'arte de la fusione ouer gitto de metalli come d'ogni altra cosa simile à questa*. Venedig: Ruffinelli.
- Biringuccio, V., 1540b. *The Pirotechnia of Vannoccio Biringuccio. The Classic Sixteenth-Century Treatise on Metals and Metallurgy*. Übersetzung durch C.S. Smith und M. Teach Gnudi, 1990. New York: Dover Publ.
- Bischoff, C., 1865. *Das Kupfer und seine Legierungen. Mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung in der Technik*. Berlin: Springer.
- Bopp-Ito, M., 2012. Animal husbandry in the Bronze Age Alpine settlement «Savognin-Padnal», Switzerland: a preliminary study. In: C. Lefèvre, Hrsg. 2021. *Proceedings of the General Session of the 11th International Council for Archaeozoology Conference (Paris 23–28 August 2010)*. Oxford: Archaeopress, S. 75-85.
- Bopp-Ito, M., 2019. *Archaeozoological study on the Bronze Age Alpine settlement Savognin-Padnal in the Canton of Grisons, Switzerland*, Dissertation, Universität Basel.
- Bourgarit, D., 2009. *Métallurgie extractive du cuivre, alliages et impuretés: Procédés et pratiques anciennes*, Habilitation, Université Paris-Sud.
- Bourgarit, D. und Mille, B., 2001. La transformation en métal de minerais de cuivre à base de sulfures: Et pourquoi pas dès le Chalcolithique. *Revue d'Archéométrie*, 25, S. 145-155.
- Bourgarit, D., Rostan, P., Burger, E., Carozza, L., Mille, B. und Artioli, G., 2008. The beginning of copper mass production in the western Alps: The Saint-Véran mining area reconsidered. *Historical Metallurgy*, 42(1), S. 1-11.
- Bradler, M., 2018. *Motta Vallac: Die Befunde der metallzeitlichen Siedlung von Motta Vallac im Oberhalbstein*, Bachelorarbeit, Universität Zürich.
- Brügger, Ch., 1856. Der Bergbau in den X Gerichten und der Herrschaft Rhäzüns unter der Verwaltung des Davoser Berg-Richters, Christian Gadmer, 1588–1618: Ein culturgeschichtlicher Beitrag. *Jb NGG, N.F.*, 11(1854/55), S. 47-80.
- Brun, E., 1987. *Geschichte des Bergbaus im Oberhalbstein*. Davos: Verlag Bergbaumuseum Graubünden.
- Brun, E., 1989. Historische Bergbaustätten und Hüttenorte in der Schweiz. *Der Anschnitt*, 41(4), S. 108-111.
- Brun, E., 1991. Der prähistorische Kupferbergbau im Oberhalbstein, Graubünden. *Bergknappe*, 11a, S. 20-33.
- Burga, C. und Perret, R., 1998. *Vegetation und Klima der Schweiz seit dem jüngeren Eiszeitalter*. Thun: Ott.
- Burger, E., Bougarit, D., Rostan, P., Carozza, O.L. und Artioli, G., 2007. The mystery of Plattenschlacke in protohistoric copper smelting. Early evidence at the early bronze age site of Saint Véran, French Alps. In: *2nd International Conference Archaeometallurgy in Europe 2007: 17 – 21 June, 2007, Aquileia, Italy*. [CD-Rom] Milano: AIM.
- Burkart, W., 1949. Prähistorische Eisengewinnung bei Cunter. *Bündnerisches Monatsblatt*, 10, S. 318-321.
- Carozza, L., Mille, B., Bougarit, D., Rostan, P. und Burens-Carozza, A., 2011. Mine et métallurgie en haute montagne dès la fin du Néolithique et le début de l'âge du Bronze. l'exemple de Saint-Véran en Haut-Queyras (Hautes-Alpes, France). In: *Atti della XLIII riunione scientifica. l'età del rame in Italia*. Firenze: Istituto italiano di preistoria e protostoria. S. 151-155.
- Cattin, F., 2008. *Modalités d'approvisionnement et modalités de consommation du cuivre dans les Alpes au 3^e millénaire avant notre ère: Apport des analyses métalliques à la connaissance des peuplements du Néolithique final, du Campaniforme et du Bronze ancien*, Dissertation, Université de Genève.
- Cech, B., und Walach, G., 1995. Prospektion urzeitlicher Kupferschmelzplätze im Höllental. *Archaeologia Austriaca*, 79, S. 249-257.
- Cech, B., und Walach, G., 2002. Urzeitliche Kupferschlackenplätze in der Grauwackenzone zwischen Eisenerzer Alpen (Steiermark) und Rax-/Schneeberggebiet (Niederösterreich): Eine Übersicht. *Res Montanarum*, 28, S. 17-20.
- Cierny, J., 2008. *Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen: Region Trentino Orientale*. Der Anschnitt, Beiheft 22. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 163. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum.
- Cierny, J., Marzatico, F., Perini, R. und Weisgerber, G., 2004. La riduzione del rame in località Acqua Fredda al Passo del Redebus (Trentino) nell'età del Bronze Recente e Finale. In: G. Weisgerber und G. Goldenberg, Hrsg. 2004. *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*. Der Anschnitt, Beiheft 17. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 122. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, S. 125-154.
- Cornelissen, M. und Reitmaier, Th., 2016. Filling the gap: Recent Mesolithic discoveries in the central and south-eastern Swiss Alps. *Quaternary International*, 423, S. 9-22.
- Cucini, C., Messiga, B., Rebay, G. und Riccardi, M., 2012. La riduzione del rame in Val Lanterna (Sondrio) nella prima età del Ferro. Studio petrografico delle scorie silicatiche. *Notizie Archeologiche Bergomensi*, 20, S. 225-240.
- Czedik-Eysenberg, F., 1958. Beiträge zur Metallurgie des Kupfers in der Urzeit. In: *Studia Palaeometallurgica. In Honorem*

- Ernst Preuschen. *Archaeologia Austriaca*, Beiheft 3. Archiv für ur- und frühgeschichtliche Bergbauauforschung, 12. Wien: Deuticke, S. 1-18.
- Dal Ri, L., 1970. *Tracce di attività mineraria di epoca preistorica nell'area corrispondente all'attuale regione Trentino-Alto Adige*, Dissertation, Università Padova.
- Della Casa, Ph., 2000. Eckdaten der prähistorischen Besiedlung der Alpen, mit Augenmerk auf das Misoix und die Zentral- und Südalpen. In: R. C. De Marinis und S. Biaggio-Simona, Hrsg. 2000. *I Leponti tra mito e realtà. Raccolta di saggi in occasione della mostra 1*. Locarno: Armando Dadò Editore, S. 79-92.
- Della Casa, Ph., Naef, L. und Turck, R., 2016. Prehistoric copper pyrotechnology in the Swiss Alps: Approaches to site detection and chaîne opératoire. *Quaternary International*, 402, S. 26-34.
- Della Casa, Ph., Turck, R. und Reitmaier, Th., 2014a. Mulegns GR, Val Faller, Plaz. [Fundbericht]. *Jb AS*, 97, S. 220-221.
- Della Casa, Ph., Turck, R. und Reitmaier, Th., 2014b. Marmorera, Ried südlich Gruba I. [Fundbericht]. *Jb AS*, 97, S. 220.
- Dietrich, V., 1970. Die Stratigraphie der Platta-Decke: Fazielle Zusammenhänge zwischen Oberpenninikum und Unterostalpin. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 63(2), S. 631-671.
- Dietrich, V., 1972. *Die sulfidischen Vererzungen in den Oberhalbsteiner Serpentiniten: Ein Beitrag zur Kenntnis der alpinen Metamorphosen und des Gebirgsbaues im südlichen Graubünden*. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, 49. Bern: Kümmerly & Frey.
- Dolfini, A., Angelini, I. und Artioli, G., 2020. Copper to Tuscany – Coals to Newcastle? The dynamics of metalwork exchange in early Italy. *PLOS ONE*, [e-journal] 15(1):e0227259. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227259>.
- Domergue, C., Bézat, D., Cauuet, B., Jarrier, C., Landes, C., Morasz, J.-C., Oliva, P., Pulou, R. und Tollon, F. 1997. Les moulins rotatifs dans les mines et les centres métallurgiques antiques. In: D. Garcia und D. Meeks, Hrsg. 1997. *Techniques et économie antiques et médiévales: Le temps de l'innovation*. Paris: Errance, S. 47-61.
- Donaldson, C., 1976. An Experimental Investigation of Olivine Morphology. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 57(2), S. 187-213.
- Doonan, R., 1996. *Old flames, slags, and society: Copper smelting technology in The Ramsau valley, Austria during the Bronze age*, Dissertation, University of Sheffield.
- Eggert, M.K.H., 2005. *Prähistorische Archäologie: Konzepte und Methoden*. Tübingen: A Francke.
- Eibner, C., 1982a. Kupfererzbergbau in Österreichs Alpen. In: B. Hänsel, Hrsg. 1982. *Prähistorische Archäologie in Südosteuropa: Südosteuropa zwischen 1600 und 1000 v. Chr. Bd. 1*. Berlin: Moreland, S. 399-408.
- Eibner, C., 1982b. Kupferverhüttung – Das Vorstadium für Giessereihütten der Urzeit. *Archeologia Polski*, 27, S. 303-313.
- Eibner, C., 1992. Der Kupferbergbau in den österreichischen Alpen in der Urzeit. *Archäologie Österreichs* 3(1), S. 12-16.
- Erb, H., 1953. Kurzer Bericht des Konservators über das Rätische Museum. *Jb HAGG*, 82(1952), S. X-XVI.
- Ercker, L., 1574. *Beschreibung allerfürnemisten Mineralischen Erztz unnd Berckwercksarten, wie dieselbigen, unnd eine jede in sonderheit, jrer Natur und Eigenschafft nach, auff alle Metaln Probird, und im kleinem fewer sollen versucht werden, mit Erklerung etlicher fürnehmen nützlichen Schmelzwercken im grossen fewer, auch schaidung Goldt, Silber unnd andere Metalln, sampt einem bericht des Kupffer saigerns, Messing brennens unnd Salpeter siedens, auch aller saltzigen Minerischen proben, und was denen allen anhengig in fünf Bücher verfast, Dergleichen zuvorn niemals in Druck kommen. Allen liebhabern der Fewerkünste, jungen probirern, unnd Berckleuten zu nutz, mit schönen Figuren und abriß der Instrument, trewlich und fleissig an Tag gegeben*. Prag: Georg Schwartz.
- Eschenlohr, L., 2012. VI. Beurteilung der Schlacken. In: U. Jecklin-Tischhauser, L. Frascoli, M. Janosa, 2012. *Die Burg Marmels: Eine bündnerische Balmburg im Spiegel von Archäologie und Geschichte*. Schweizer Beiträge zur Kulturgeschichte und Archäologie des Mittelalters, 40. Basel: Schweizerischer Burgenverein, S. 195-200.
- Escher, A. und Studer, B., 1839. *Geologische Beschreibung von Mittel-Bündten*. Neue Denkschriften der Allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften, 3. Neuchâtel: [ohne Verlag].
- Escher, E., 1935. *Erzlagerstätten und Bergbau im Schams, in Mittelbünden und im Engadin*. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, 18. Bern: Kümmerly & Frey.
- Fasnacht, W., 1991. Analyses de scories de l'âge du Bronze en Suisse. In: *Archéologie Aujourd'hui. Actes du colloque international Experimentation en Archéologie «Bilan et Perspectives», tenu à l'Archéodrome de Beaune. T. 1 : Le feu: métal et céramique*. Paris: Errance, S. 156-159.
- Fasnacht, W., 1999. Prähistorischer Kupferbergbau im Oberhalbstein und dessen Spuren in der bronzezeitlichen Siedlung Savognin-Padnal (GR). In: Ph. Della Casa, Hrsg. 1999. *Prehistoric alpine environment, society and economy. Papers of the International Colloquium PAESE'97 in Zurich*. Bonn: Habelt, S. 267-276.
- Fasnacht, W., 2004. Prähistorischer Kupferbergbau in den Schweizer Alpen I. In: G. Weisgerber und G. Goldenberg, Hrsg. 2004. *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*. Der Anschnitt, Beiheft 17. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 122. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, S. 107-111.
- Fehlmann, H., 1919. *Der Schweizerische Bergbau während des Weltkrieges*. Bern: Kümmerly & Frey.
- Flörke, O., 1959. Über Kieselsäurekristalle in Gläsern. *Glastechnische Berichte*, 32(1), S. 1-9.
- Frei, B., 1953. Marmorera (Bez. Albula, Graubünden). [Fundbericht]. *Jb SGUF*, 43, S. 90.
- Geiger, Th., 1948. *Manganerze in den Radiolariten Graubündens*. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, 27. Zürich: [ohne Verlag].
- Geiger, T., 1984. Zusammensetzung und Mikrogefüge von Schlackenfundten aus dem Oberhalbstein. *Bergknappe*, 28(2), S. 2-11.
- Glauser, A., 1945. *Abschliessender bergwirtschaftlicher Bericht über den Manganerzbergbau an der Falotta, inklusive Bericht über die Schürfungen im Jahre 1945*. Unpublizierter Bericht, Bern.
- Glauser, A., 1946. *Abschliessender bergwirtschaftlicher Bericht über die Manganerzlagerstätte Parsettens oberhalb Alp d'Err, Oberhalbstein (Grb.)*. Unpublizierter Bericht, Bern.
- Goldenberg, G., 2013. Prähistorischer Fahlerzbergbau im Unterinntal: Montanarchäologische Befunde. In: Montanwerke Brixlegg AG, K. Oegg und V. Schaffer, Hrsg. 2013. *Cuprum Tyrolense: 5550 Jahre Bergbau und Kupferverhüttung in Tirol*. Brixlegg: Edition Tirol, S. 89-122.
- Goldenberg, G., 2014. *Montanarchäologische Fallstudien zur prähistorischen Kupfergewinnung in den Ostalpen und auf der Iberischen Halbinsel*. Habilitation, Universität Innsbruck.
- Goldenberg, G., 2015. Prähistorische Kupfergewinnung aus Fahlerzen der Lagerstätte Schwaz-Brixlegg im Unterinntal, Nordtirol. In: Th., Stöllner und K. Oegg, Hrsg. 2015. *Bergauf Bergab: 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.4.2016. Im vor-

- arlberg museum Bregenz vom 11.06.2016–26.10.2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 207. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 151-163.
- Goldenberg, G. und Rieser, B., 2004. Die Fahlerzlagerstätten von Schwaz/Brixlegg (Nordtirol): Ein weiteres Zentrum urgeschichtlicher Kupferproduktion in den österreichischen Alpen. In: G. Weisgerber und G. Goldenberg, Hrsg. 2004. *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*. Der Anschnitt, Beiheft 17. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 122. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, S. 37-52.
- Goldenberg, G., Anfinset, N., Silvestri, E., Belgrado, E., Hanning, E., Klauzner, M., Schneider, I., Staudt, M. und Töchterle, U., 2011. Das Nepal-Experiment – experimentelle Archäometallurgie mit ethnoarchäologischem Ansatz. In: K. Oeggel, G. Goldenberg, Th. Stöllner und M. Prast, Hrsg. 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*. Innsbruck: University Press, S. 83-90.
- Goldenberg, G., Breitenlechner, E., Deschler-Erb, S., Hanke, K., Hiebel, G., Hüster-Plogmann, H., Hye, S., Klauzner, M., Kovács, K., Krismer, M., Lutz, J., Maass, A., Moser, M., Nicolussi, K., Oeggel, K., Pernicka, E., Pichler, Th., Pöllath, N., Schibler, J., Staudt, M., Stopp, B., Thurner, A., Töchterle, U., Tomedi, G., Tropper, P., Vavtar, F. und Weinold, Th., 2012. Prähistorischer Kupfererzbergbau im Maukenal bei Radfeld/Brixlegg. In: G. Goldenberg und U. Töchterle, Hrsg. 2012. *Forschungsprogramm HiMAT – Neues zur Bergbaugeschichte der Ostalpen*. Archäologie Österreichs Spezial, 4. Wien: Verlag Österreichische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, S. 61-110.
- Goldenberg, G. und Töchterle, U., Hrsg. 2012. *Forschungsprogramm HiMAT – Neues zur Bergbaugeschichte der Ostalpen*. Archäologie Österreichs Spezial, 4. Wien: Verlag Österreichische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte.
- Gröbner, J., 2017. Eine Bestandesaufnahme des Mineralbestandes zweier Bergbaue bei Segl/Sils im Oberengadin und ein Fund von Skorodit vom Val Minor. *Bergknappe* 131(2), S. 25-30.
- Grutsch, C.O., Lutz, J., Goldenberg, G. und 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: R. Turck, Th. Stöllner und G. Goldenberg, Hrsg. 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 335-362.
- Hampf, F. und Mayrhofer, R., 1958. *Die ur- und frühgeschichtliche Bergbauforschung in Niederösterreich: Das Experiment in der Urgeschichte*. Archaeologia Austriaca, Beiheft 3. Archiv für ur- und frühgeschichtliche Bergbauforschung, 12. Wien: Deuticke, S. 46-56.
- Hanning, E., 2012. Reconstructing Bronze Age Copper Smelting in the Alps. An ongoing process. *Experimentelle Archäologie in Europa, Bilanz 2012*. Oldenburg: Isensee, S. 75-86.
- Hanning, E. und Pils, R., 2011. Experimentelle Untersuchungen zur bronzezeitlichen Kupferverhüttung im ostalpinen Gebiet – Erste Ergebnisse. In: K. Oeggel, G. Goldenberg, Th. Stöllner und M. Prast, Hrsg. 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*. Innsbruck: University Press, S. 129–134.
- Hanning, E., Herdits, H. und Silvestri, E., 2015. Alpines Kupfer-schmelzen – technologische Aspekte. In: Th., Stöllner und K. Oeggel, Hrsg. 2015. *Bergauf Bergab: 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.4.2016. Im vorarlberg museum Bregenz vom 11.06.2016–26.10.2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 207. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 225-229.
- Haubner, R., Strobl, S. und Trebsche, P., 2019. Metallographic analyses from the late Urnfield period copper mining settlement at Priggitz-Gasteil in Lower Austria. In: R. Turck, Th. Stöllner und G. Goldenberg, Hrsg. 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 323-332.
- Hauptmann, A., 1984. *Kodô-zuroku. «Illustrierte Abhandlung über die Verhüttung des Kupfers» 1801*. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 29. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum.
- Hauptmann, A., 1985. *Chemische und mineralogische Untersuchungen an Verhüttungsschlacken vom Oberhalbstein*. Unpublizierter Bericht, Bochum.
- Hauptmann, A., 2007. *The Archaeometallurgy of Copper: Evidence from Faynan, Jordan*. Natural Science in Archaeology. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum, 155. Berlin: Springer.
- Hauptmann, A., 2011. Slags from the Late Bronze Age Metal Workshops at Kition and Enkomi, Cyprus. In: Ph. Betancourt und S. Ferrence, Hrsg. 2011. *Metallurgy: understandig how, learning why. Studies in Honour of James D. Muhly*. Prehistory Monographs, 29. Philadelphia: INSTAP Academic Press, S. 189-202.
- Hauptmann, A., 2014. The Investigation of Archaeometallurgical Slag. In: B. Roberts und Ch. Thornton, Hrsg. 2014. *Archaeometallurgy in Global Perspective. Methods and Syntheses*. New York: Springer, S. 91-105.
- Hauptmann, A. und Weisgerber, G., 1985. Vom Kupfer zur Bronze. Beiträge zum frühesten Berg- und Hüttenwesen. In: H. Born, Hrsg. 1985. *Archäologische Bronzen: Antike Kunst, moderne Technik*. Berlin: Dietrich Reimer, S. 16-36.
- Hauptmann, A., Lutz, J., Pernicka, E. und Yalcin, Ü., 1993. Zur Technologie der frühesten Kupferverhüttung im östlichen Mittelmeerraum. In: M. Frangipane, Hrsg. 1993. *Between the Rivers and over the Mountains. Archaeologica anatolica et mesopotamica. Alba Palmieri dedicate*. Rom: Dipartimento di scienze storiche archeologiche e antropologiche dell'atichitàUniversità di Roma «La Sapienza», S. 541-572.
- Haustein, M. und Pernicka, E., 2011. Die Verfolgung der bronzezeitlichen Zinnquellen Europas durch Zinnisotopie: Eine neue Methode. *Jahresschrift für mitteldeutsche Vorgeschichte*, 92, S. 387-417.
- Heitz, Ch., 1975. *Vegetationsentwicklung und Waldgrenzenschwankungen des Spät und Postglazials im Oberhalbstein (Graubünden/Schweiz) mit besonderer Berücksichtigung der Fichteneinwanderung*. Beiträge zur Geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz, 55. Bern: Huber.
- Herdits, H., 1997. *Ein bronzezeitlicher Kupferverhüttungsplatz in Mühlbach/Hochkönig (Salzburg)*, Diplomarbeit, Universität Wien.
- Herdits, H. und Löcker, K., 2004. Eine bronzezeitliche Kupferhütte im Mitterberger Kupferkies-Revier (Salzburg): Ausgrabung und Rekonstruktion. In: G. Weisgerber und G. Goldenberg, Hrsg. 2004. *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*. Der Anschnitt, Beiheft 17. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 122. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, S. 177-189.
- Hohlmann, B., 1997. Arbeitstitel: Bronzezeitliche Kupferverhüttung im Mühlbach am Hochkönig. In: H. Herdits, 1997. *Ein bronzezeitlicher Kupferverhüttungsplatz in Mühlbach/Hochkönig (Salzburg)*, Diplomarbeit, Universität Wien. [15 S.].
- Hohlmann, B., Hauptmann, A. und Schröder, B., 2004. Der spätbronzezeitliche Verhüttungsplatz von Acqua Fredda am Passo Redebus (Trentino): Rohstoffbasis, metallurgische Untersuchungen und Versuch einer Prozessrekonstruktion. In: G. Weisgerber und G. Goldenberg, Hrsg. 2004. *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*. Der Anschnitt, Beiheft 17. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 122. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, S. 261-267.

- Huijsmans, M. und Krauss, R., 2015. *6.000 Jahre Brixlegg: Archäologische Untersuchungen auf den Fundstellen Mariahilfberg und Hochkapelle am Mehrnstein*. Fundbericht aus Österreich, Materialhefte, A 22. Wien: Bundesdenkmalamt Abt. für Archäologie.
- Humphris, J. und Carey, Ch., 2016. New methods for investigating slag heaps: Integrating geoprospection, excavation and quantitative methods at Meroe, Sudan. *Journal of Archaeological Science*, 70, S. 132-144.
- Isler, M., 2021. Anthrakologie der Kupferverhüttung im Oberhalbstein (GR), Bachelorarbeit, Universität Zürich.
- Insel, P., 1935. La Mine de cuivre de Saint-Véran et son exploitation préhistorique. *Bulletin de la Société d'Études des Hautes-Alpes*, 135, S. 1-9.
- Jäger, J., 2019. Motta Vallac: Stein- und Bronzeartefakte der prähistorischen Höhensiedlung Salouf-Motta Vallac (GR), Bachelorarbeit, Universität Zürich.
- Jakob, J., 1933. Die Manganerzlagertstätten zwischen Val d'Ers und Roffna (Oberhalbstein): ihre Begleitminerale und ihre Genesis. *Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen*, 13, S. 17-39.
- Jecklin-Tischhauser, U., Frascoli, L. und Janosa, M., 2012. *Die Burg Marmels: Eine bündnerische Balmburg im Spiegel von Archäologie und Geschichte*. Schweizer Beiträge zur Kulturgeschichte und Archäologie des Mittelalters, 40. Basel: Schweizerischer Burgenverein.
- Jochum Zimmermann, E., 2010. *Der Padnal bei Savognin: Die Bronzefunde*, Lizentiatsarbeit, Universität Zürich.
- Karsten, C., 1818. *Grundriss der Metallurgie und der metallurgischen Hüttenkunde*. Breslau: Wilhelm Gottlieb Korn.
- Keller-Tarnuzzer, K., 1946. Cunter (Bez. Albula, Graubünden). [Fundbericht]. *Jb SGU*, 37, S. 95-96.
- Kerl, B., 1865. *Metallurgische Hüttenkunde*. Freiberg: [ohne Verlag].
- Killik, D., 2014. From Ores to Metals. In: B. Roberts und Ch. Thornton, Hrsg. 2014. *Archaeometallurgy in Global Perspective: Methods and Syntheses*. New York: Springer. S. 11-45.
- Klemm, S., 2003. *Montanarchäologie in den Eisenerzer Alpen, Steiermark: Archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchungen zum prähistorischen Kupferbergbau in der Eisenerzer Ramsau*. Mitteilungen der Prähistorischen Kommission, 50. Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Klemm, S., 2004. Der prähistorische Kupferschmelzplatz S 1 in der Eisenerzer Ramsau (Steiermark): Ein Vorbericht. In: G. Weisgerber und G. Goldenberg, Hrsg. 2004. *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*. Der Anschnitt, Beiheft 17. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 122. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, S. 189-198.
- Klemm, S., 2015. Bronzezeitliche Kupfergewinnung in den Eisenerzer Alpen, Steiermark. In: Th., Stöllner und K. Oeggl, Hrsg. 2015. *Bergauf Bergab: 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.4.2016. Im vorarlberg museum Bregenz vom 11.06.2016–26.10.2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 207. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 195-200.
- Klemm, S., 2019. Prehistoric copper production in Lower Austria – A new assessment. In: R. Turck, Th. Stöllner und G. Goldenberg, Hrsg. 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 47-56.
- Klopper, R., Stobbe, A. und Krause, R., 2019. Prehistoric mining in a small medieval mining district in Montafon, Vorarlberg (Austria). In: R. Turck, Th. Stöllner und G. Goldenberg, Hrsg. 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 87-102.
- Klose, O., 1918. Die prähistorischen Funde vom Mitterberge bei Bischofshofen im städtischen Museum Carolino-Augusteum zu Salzburg und zwei prähistorische Schmelzöfen auf dem Mitterberge: Beitrag II. In: G. Kyrle, Hrsg. 1918. *Urgeschichte des Kronlandes Salzburg*. Österreichische Kunsttopographie 17. Wien: Schroll.
- Koch Waldner, Th., 2013. Prehistoric copper production in the region of Kitzbühel, North Tyrol. Mining and Smelting. In: P. Anreiter, et al., Hrsg. 2012. *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies. Proceedings for the 2nd Mining in European History Conference of the FZ HIMAT, 7.-10. November 2012, Innsbruck*. Innsbruck: University Press, S. 73-78.
- Koch Waldner, Th., 2017. *Räumliche und zeitliche Struktur des prähistorischen Bergbaus in der Region Kitzbühel: Charakterisierung einer alpinen bronzezeitlichen Bergbaulandschaft anhand von archäologischen Befunden, Geländeanalysen und überregionalen Vergleichen*, Dissertation, Universität Innsbruck.
- Koch Waldner, Th., 2019a. Bronze Age copper production in Kitzbühel, Tyrol. In: R. Turck, Th. Stöllner und G. Goldenberg, Hrsg. 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 31-46.
- Koch Waldner, Th., 2019b. Prähistorische Siedlungen und Bergbauspuren im Ortlergebiet. Bergbau an einem Verkehrsknotenpunkt der Zentralalpen. In: S. Hye und U. Töchterle, Hrsg. 2019. *UPIKU:TAUKE. Festschrift für Gerhard Tomedi zum 65. Geburtstag*. UPA, 339. Bonn: Habelt, S. 275-285.
- Koch Waldner, Th., 2021. Der „Missing Link“ des ostalpinen Kupferbergbaus Prähistorische Kupferproduktion im Vinschgau, Südtirol. *Geo.Alp*, 17, S. 35-38.
- Koch Waldner, Th. und Klauzner, M., 2015. Das prähistorische Bergbauggebiet in der Region Kitzbühel. In: Th., Stöllner und K. Oeggl, Hrsg. 2015. *Bergauf Bergab: 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.4.2016. Im vorarlberg museum Bregenz vom 11.06.2016–26.10.2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 207. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 164-173.
- Koch Waldner, Th., Mehofer, M. und Bode, M., 2021. Prähistorische Schlacken und Erze aus dem Vinschgau – Geochemische und archäometallurgische Analysen. *Geo.Alp*, 17, S. 5-16.
- Kowarik, K., Reschreiter, H., Klammer, J., Grabner, M. und Winner, G., 2015. Umfeld und Versorgung des Hallstätter Salzbergbaus von der Mittelbronzezeit in die Ältere Eisenzeit. In: Th., Stöllner und K. Oeggl, Hrsg. 2015. *Bergauf Bergab: 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.4.2016. Im vorarlberg museum Bregenz vom 11.06.2016–26.10.2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 207. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 309-318.
- Kowarik, K., Klammer, J., Reschreiter, H., Bacher, A. und Rudorfer, H., 2017. Zwischen Donautal und Alpenhauptkamm. Untersuchungen zu den Umfeldbeziehungen des prähistorischen Hallstätter Salzbergbaus. *Österreichische Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege*, LXXI(1), S. 31-53.
- Krähenbühl, H., 1980. Metallhaltige Mineralien im Oberengadin und Bergell. *Der Bergknappe*, 13(3), S. 13-18.

- Krähenbühl, H., 1991. Bergbau im Schams und Ferreratal: Weitere Abbaustellen. *Der Bergknappe*, 55(1), S. 8-11.
- Krähenbühl, H. und Brun, E., 1987. Die Vitriol- und Schwefelgewinnung in Graubünden. *Der Bergknappe*, 40(2), S. 12-20.
- Kraus, S., 2014. *Archäometallurgische Studien zur bronzezeitlichen Kupferverhüttungstechnologie am Kupferschmelzplatz S1 in der Eisenerzer Ramsau (Steiermark, Österreich)*, Dissertation, Universität Tübingen.
- Krause, R., Bechter, D., Lutz, J., Oeggel, K., Pernicka, E., Schwarz, A.S., Tropper, P. und Würfel, F., 2012. Prähistorische Siedlungen und mittelalterlicher Bergbau im Montafon, Vorarlberg. In: G. Goldenberg und U. Töchterle, Hrsg. 2012. *Forschungsprogramm HiMAT – Neues zur Bergbaugeschichte der Ostalpen*. Archäologie Österreichs Spezial, 4. Wien: Verlag Österreichische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, S. 147-166.
- Krismer, M., Chiaramonte, J., Koch Waldner, Th., Goldenberg, G. und Tropper, P., 2012. Mineralogische und chemische Untersuchungen an metallurgischen Verhüttungsprodukten von der Wagstättalm bei Jochberg (Kitzbüheler Alpen, Tirol). *Geo.Alp*, 9, S. 100-109.
- Krismer, M., Hipp, F., Staudt, M., Goldenberg, G. und Tropper, P., 2012. Kupferschlackengemagerte Keramik von einem spätbronzezeitlichen Gräberfeld bei St. Leonhard (Tirol, Österreich). *Geo.Alp*, 9, S. 110-118.
- Krismer, M. und Tropper, P., 2013. Die historischen Fahlerzlagertstätten von Schwaz und Brixlegg: Geologische und mineralogische Aspekte zum Bergbau im Unterinntal. In: Montanwerke Brixlegg AG, K. Oeggel und V. Schaffer, Hrsg. 2013. *Cuprum Tyrolense: 550 Jahre Bergbau und Kupferverhüttung in Tirol*. Brixlegg: Edition Tirol, S. 11-27.
- Kronz, A., 1997. *Phasenbeziehungen und Kristallisationsmechanismen in fayalitischen Schmelzsystemen: Untersuchungen an Eisen- und Buntmetallschlacken*, Dissertation, Johannes Gutenberg-Universität Mainz.
- Kündig, E. und de Quervain, F., 1953. *Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz. 1:600.000*. Bern: Kümmerly & Frey.
- Kyrle, G., 1920. Urgeschichtliche Bergbaue in den Ostalpen. *Österreichische Monatsschrift für den öffentlichen Baudienst und das Berg- und Hüttenwesen*, 1, S. 170-173; 256-260; 282-285.
- Lampadius, W., 1819. *Handbuch der allgemeinen Hüttenkunde: In theoretischer und practischer Hinsicht entworfen. 5 Bde*. Göttingen: Heinrich Dieterich.
- Larreina-Garcia, D., Cech, B. und Rehren, T., 2015. Copper Smelting in the Raxgebiet (Austria). A Late Bronze Age Alpine Industrial Landscape. In: P. Suchowska-Ducke, S. Scott Reiter und H. Vandkilde, Hrsg. 2015. *Forging identities: the mobility of culture in Bronze Age Europe: report from a Marie Curie project 2009-2012 with concluding conference at Aarhus University, Moesgaard 2012. Bd. 1*. BAR International Series, 2771. Oxford: British Archaeological Reports Ltd., S. 213-219.
- Leroi-Gourhan, A., 1964. *Le Geste et la Parole. 1. Technique et Language*. Paris: A Michel.
- Lutz, J., 2016. Alpenkupfer – die Ostalpen als Rohstoffquelle in vorgeschichtlicher Zeit. In: M. Bartelheim, B. Horejs und R. Krauss, Hrsg. 2016. *Von Baden bis Troia. Ressourcennutzung, Metallurgie und Wissenstransfer. Eine Jubiläumsschrift für Ernst Pernicka*. Oriental and European Archaeology, 3. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 333-358.
- Lutz, J. und Pernicka, E., 2013. Prehistoric copper from the Eastern Alps. *Open Journal of Archaeometry*, 1(e25), S. 122-127.
- Lutz, J., Krutter, S. und Pernicka, E., 2019a. Composition and spatial distribution of Bronze Age planoconvex copper ingots from Salzburg, Austria: First results from the «Salzburger Gusskuchenprojekt». In: R. Turck, Th. Stöllner und G. Goldenberg, Hrsg. 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II* – *Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 373-398.
- Mödlinger, M., Trebsche, P. und Sabatini, B., 2021. Melting, smelting, and recycling: A regional study around the Late Bronze Age mining site of Priggglitz-Gasteil, Lower Austria. *PLOS ONE*, [e-journal] 16(7):e0254096. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254096>.
- Moesta, H., 1986. Bronze Age Copper Smelting. *Interdisciplinary Science Reviews*, 11(1), S. 73-87.
- Moesta, H. und Schnau, G., 1982. Bronzezeitliche Hüttenprozesse in den Ostalpen, II. C Anreicherungsverfahren und Prozess-temperatur. *Naturwissenschaften*, 69, S. 542-543.
- *Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 363-372.
- Lutz, J., Krutter, S. und Pernicka, E., 2019b. Zusammensetzung prähistorischer Rohkupfer-Gusskuchen aus Salzburg, Tirol und Südbayern. In: S. Hye und U. Töchterle, Hrsg. 2019. *UPIKU:TAUKE. Festschrift für Gerhard Tomedi zum 65. Geburtstag*. UPA, 339. Bonn: Habelt, S. 319-328.
- Magnusson, G., 1995. *The importance of ironmaking: Technical innovation and social change. 2 Bde*. Stockholm: Jernkon-torets Berghistoriska Utskott.
- Martinek, K.-P., 1996. Archäometallurgische Untersuchungen zur frühbronzezeitlichen Kupferproduktion und -verarbeitung auf dem Buchberg bei Wiesing, Tirol. *FÖ*, 34, S. 575-584.
- Martinek, K.-P. und Sydow, W., 2004. Frühbronzezeitliche Kupfermetallurgie im Unterinntal (Nordtirol): Rohstoffbasis, archäologische und archäometallurgische Befunde. In: G. Weisgerber und G. Goldenberg, Hrsg. 2004. *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*. Der Anschnitt, Beiheft 17. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 122. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, S. 199-211.
- Martinek, K.-P. und Mehofer, M., 2014. *Untersuchungsbericht Oberhalbstein*, Unpublizierter Bericht, Wien. (Im Fundstellen-Archiv des ADG einsehbar)
- Martinon-Torres, M., 2002. Chaîne opératoire. The concept and its applications within the study of technology. *Gallaecia* 21, S. 29-43.
- Marzatico, F., 2012. La Cultura di Luco/Laugen, aggiornamenti e problemi aperti. In: A. Angelini und G. Leonardi, Hrsg. 2012. *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. Belluno: Evidenzia, S. 177-204.
- Matteotti, R., 2002. Die römische Anlage von Riom GR: ein Beitrag zum Handel über den Julier- und den Septimerpass in römischer Zeit. *Jb SGUF*, 85, S. 103-196.
- Mayrhofer, R., 1953. Geologische, mineralogische und technologische Beobachtungen und Untersuchungen auf den urzeitlichen Preiner Schmelzplätzen und ihrem Assoziationskreis. *Archaeologia Austriaca*, 13, S. 73-104.
- Menghin, O., 1939. Urgeschichtliche Feldforschungen in Nordtirol 1937 und 1938. *Wiener Prähistorische Zeitschrift*, 26, S. 22-51.
- Metten, B., 2003. Beitrag zur spätbronzezeitlichen Kupfermetallurgie im Trentino (Südalpen) im Vergleich mit anderen prähistorischen Kupferschlacken aus dem Alpenraum. *Metal-la*, 10(1/2), [ganzer Band].
- Modl, D., 2019. Recording plano-convex ingots (Gusskuchen) from Late Bronze Age Styria and Upper Austria – A short manual for the documentation of morphological and technological features from production and partition. In: R. Turck, Th. Stöllner und G. Goldenberg, Hrsg. 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 373-398.

- Moesta, H. und Schnau, G., 1983. Bronzezeitliche Hüttenprozesse in den Ostalpen, III. Die Abscheidung des metallischen Kupfers. *Naturwissenschaften*, 80, S. 142-143.
- Moesta, H. und Schlick, G., 1989. The furnace of Mitterberg – an oxidising Bronze Age copper process. *Bulletin Metals Museum*, 14, S. 5-16.
- Moesta, H., Rüffler, H. und Schnau-Roth, G., 1989. Zur Verfahrenstechnik der bronzezeitlichen Kupferhütten am Mitterberg: Mössbauer- und mikroskopische Studien. In: A. Hauptmann, E. Pernicka und G. Wagner, Hrsg. 1989. *Archäometallurgie der Alten Welt. Beiträge zum Internationalen Symposium «Old World Archaeometallurgy», Heidelberg 1987*. Der Anschnitt, Beiheft 7. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum, 44. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, S. 141-153.
- Moosleitner, F., 2004. Bronzezeitliche Grubenöfen in St. Johann im Pongau (Salzburg). In: G. Weisgerber und G. Goldenberg, Hrsg. 2004. *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*. Der Anschnitt, Beiheft 17. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 122. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, S. 213-221.
- Morin, D. und Tizzoni, M., 2009. Aux origines des techniques minières. L'exploitation d'un gisement filonien au Premier Âge du fer: Les mines de Silter di Campolungo et de Baita Cludona di Fondo (Val Camonica, Alpes lombardes, Italie). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 106(1), S. 109-141.
- Mottes, E., Bassetti, M., Silvestri, E. und Stefan, L., 2016. Il sito archeometallurgico dell'età del Rame di Riparo Marchi in Valle dell'Adige (Trento). *Archeologia delle Alpi*, 2014, S. 39-43.
- Moulin, B., Thirault, E. und Vital, J., 2019. Early Bronze Age copper extractions in the Grandes Rousses Massif (Isère and Savoy departments, France). In: R. Turck, Th. Stöllner und G. Goldenberg, Hrsg. 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 67-86.
- Much, M., 1878. Das vorgeschichtliche Kupferbergwerk auf dem Mitterberge (Salzburg). *Mitteilungen der k. k. Central-Commission*, N.F. 4, S. 146-152.
- Much, M., 1879. Das vorgeschichtliche Kupferbergwerk auf dem Mitterberge (Salzburg). *Mitteilungen der k. k. Central-Commission*, N.F. 5, S. 18-36.
- Much, M., 1893. *Die Kupferzeit in Europa und ihr Verhältnis zur Kultur der Indogermanen 2*. Jena: Hermann Costenoble.
- Much, M., 1902. Prähistorischer Bergbau in den Alpen. *Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereins*, 33, S. 1-31.
- Murbach-Wende, I., 2016. *Cazis, Cresta: Die Keramik*. 2 Bde. Archäologie Graubünden, Sonderheft 5. Chur: Somedia.
- Naef, L., 2013. Die spätbronzezeitliche Schlackenhalde von Stierva, Tiragn. *Archäologie Graubünden*, 1, S. 107-122.
- Naef, L., 2014. Stierva Tiragn. Eine spätbronzezeitliche Schlackenhalde im Oberhalbstein (Graubünden, Schweiz). *Der Anschnitt*, 66, S. 78-88.
- Nauli, S., 1977. Eine bronzezeitliche Anlage in Cunter/Caschigns. *Helvetica Archaeologica* 8 (29/30), S. 25-34.
- Nielsen, E., 2014. A Late Bronze Age tin ingot from Sursee-Gammainseli (Kt. Luzern). *Arch. Korr. Bl.*, 2014(2), S. 177-193.
- Nievergelt, P., 2003. Zur Geologie im Oberhalbstein. *Minaria Helvetica*, (21b), S. 5-8.
- Nimis, P., Omenetto, P., Giunti, I., Artioli, G. und Angelini, I., 2012. Lead isotope systematics in hydrothermal sulphide deposits from the central-eastern Southalpine (northern Italy). *European Journal of Mineralogy*, 24, S. 23-37.
- Nothdurfter, H., 1993. Zur bronzezeitlichen Kupfergewinnung im Trentino und in Südtirol. In: H. Steuer und U. Zimmermann, Hrsg. 1993. *Montanarchäologie in Europa: Berichte zum Internationalen Kolloquium «Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa» in Freiburg im Breisgau vom 4. bis 7. Oktober 1990*. Sigmaringen: Thorbecke, S. 67-81.
- Nüssli, C., 2018. Die eisenzeitlichen Tondüsen der Fundstelle Surses: Marmorera, Gruba I. *Archäologie Graubünden*, 3, S. 145-165.
- Nüssli, C., 2019. *Archäometrie von Tondüsen der Kupferverhüttung im Oberhalbstein (GR)*, Masterarbeit, Universität Zürich.
- Nüssli, C. und Stockmaier, M., 2019. Prähistorischer Bergbau im Oberhalbstein – von Ton bis Torf. *Minaria Helvetica*, 40, S. 68-74.
- Oberhänsli, M., Seifert, M., Bleicher, N., Schoch, W.H., Reitmaier-Naef, L., Turck, R., Reitmaier, Th. und Della Casa, Ph., 2019. Dendrochronological dating of charcoal from high-altitude prehistoric copper mining sites in the Oberhalbstein Valley (Grisons, Switzerland). In: R. Turck, Th. Stöllner und G. Goldenberg, Hrsg. 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 245-260.
- Oeggli, K. und Nicolussi, K., 2009. Prähistorische Besiedlung von zentralen Alpentälern in Bezug zur Klimaentwicklung. In: R. Schmidt, C. Matulla und R. Psenner, Hrsg. 2009. *Klimawandel in Österreich: die letzten 20.000 Jahre ... und ein Blick voraus*. Alpine Space – man & environment, 6. Innsbruck: University Press, S. 77-86.
- Oeggli, K. und Prast, M., Hrsg. 2009. *Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten. Proceedings zum 3. Milestone-Meeting des SFBs HiMAT vom 23.-26.10.2008 in Silbertal*. Innsbruck: University Press.
- Oeggli, K., Goldenberg, G., Stöllner, Th. und Prast, M., Hrsg. 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*. Innsbruck: University Press.
- Oeggli, K. und Schaffer, V., Hrsg. 2012. *Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten. Proceedings zum 6. Milestone-Meeting des SFB HiMAT vom 3.-5.11.2011 in Klausen/Südtirol*. Innsbruck: University Press.
- Oettel, H. und Schumann, H., Hrsg. 2011. *Metallografie. Mit einer Einführung in die Keramografie*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Okada, Y., 1911. *Der Mabuki-Prozess. Die japanische Gewinnungsmethode des metallischen Kupfers aus Kupferstein*. Freiburg: Craz & Gerlach.
- Ott, E., 1925. *Geologie der westlichen Berggipfelstöcke (Piz Michèl und Piz Toissa, Graubünden)*. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, N.F., IL. Geologie von Mittelbünden, Abt. V. Bern: A Francke.
- Ottaway, B., 1998. The settlement as an early smelting place for copper. In: *Proceedings. The Fourth International Conference on the Beginning of the Use on Metals and Alloys (BUMA-IV), May 25-27, 1998, Kunibiki Messe, Matsue, Shimane, Japan*. Sendai: Japan Institute of Metals, S. 165-172.
- Pelton, A., Stamatakis, M., Kelepertzis, E. und Panagou, T., 2015. The origin and archaeometallurgy of a mixed sulphide ore for copper production on the island of Kea, Aegean Sea, Greece. *Archaeometry*, 57(2), S. 318-343.
- Percy, J., 1874. *Die Metallurgie. Gewinnung und Verarbeitung der Metalle und ihrer Legierungen, in praktischer und theoretischer, besonders chemischer Beziehung*. Braunschweig: Friedrich Vieweg und Sohn.
- Perini, R., 1989. Testimonianze di attività metallurgica dall'Eneolitico alle fasi finali dell'Età del Bronzo nel Trentino. In: *Per Giuseppe Sebesta. Scritti e nota bio-bibliografica per il set-*

- tantesimo compleanno, a cura della Biblioteca Comunale di Trento*. Trento: Comune, S. 377-404.
- Pernicka, E., 1999. Trace Element Fingerprinting of Ancient Copper: A Guide to Technology or Provenance? In: S. Young, A. Pollard, P. Budd und R. Ixer, Hrsg., 1999. *Metals in Antiquity*. BAR International Series, 792. Oxford: Archaeopress, S. 163-171.
- Pernicka, E., 2014. Provenance Determination of Archaeological Metal Objects. In: B. Roberts und Ch. Thornton, Hrsg. 2014. *Archaeometallurgy in Global Perspective: Methods and Syntheses*. New York: Springer, S. 239-268.
- Pernicka, E., Seeliger, Th., Wagner, G., Begemann, F., Schmitt-Strecker, S., Eibner, C., Öztunali, Ö. und Baranyi, I., 1984. Archäometallurgische Untersuchungen in Nordwestanatolien. *Jb RGZM*, 31, S. 533-599.
- Pernicka, E., Lutz, J. und Stöllner, Th., 2016. Bronze Age Copper Produced at Mitterberg, Austria, and its Distribution. *Archaeologia Austriaca*, 100, S. 19-55.
- Peterelli, J., 1806. Beschreibung des Hochgerichts Oberhalbstein nebst Stalla. *Der neue Sammler*, 2(5-6), S. 422-453.
- Peters, T. und Dietrich, V., 2008. *Bivio*. [Geologische Karte und Erläuterungen]. Geologischer Atlas der Schweiz 1:25.000, 1256. Wabern: Bundesamt für Landestopografie.
- Pfiffner, O.A., 2015. *Geologie der Alpen*. Bern: Haupt.
- Philipp, R., 1983. Die Kupfervererzung von Blaunca, Sils-Oberengadin. *Der Bergknappe*, 26(4), S. 20-23.
- Pichler, Th., Nicolussi, K. und Thurner, A., 2012. Jahrringanalysen an prähistorischen Holzkohlen aus der Grube Mauk E. Die Bedeutung dendrochronologischer Untersuchungen für archäologische Fragestellungen. In: G. Goldenberg und U. Töchterle, Hrsg. 2012. *Forschungsprogramm HiMAT – Neues zur Bergbaugeschichte der Ostalpen*. Archäologie Österreichs Spezial, 4. Wien: Verlag Österreichische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, S. 79-86.
- Piel, M., Hauptmann, A. und Schröder, B., 1992. Naturwissenschaftliche Untersuchungen an bronzezeitlichen Kupferverhüttungsschlacken von Acqua Fredda/Trentino. In: A. Lippert und K. Spindler, Hrsg. 1992. *Festschrift zum 50jährigen Bestehen des Institutes für Ur- und Frühgeschichte der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck*. Bonn: Habelt, S. 463-472.
- Pietsch, E., 1955. *Kupfer. Teil A, Lfg. 1*. Gmelin Handbuch der anorganischen Chemie, 60. Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie. Weinheim: Verlag Chemie.
- Pittioni, R., 1930. Neue Funde von der Kelchalpe in Nordtirol. *Wiener Prähistorische Zeitschrift*, 17, S. 121-130.
- Pittioni, R., 1947. Untersuchungen im Bergbaugebiete Kelchalpe bei Kitzbühel, Tirol (2. Bericht). *Mitteilungen der Prähistorischen Kommission*, 5, S. 37-99.
- Plattner, P. 1878. *Geschichte des Bergbau's der östlichen Schweiz*. Chur: Sprecher & Plattner.
- Pohl, W., 2005. *Mineralische und Energie-Rohstoffe. Eine Einführung zur Entstehung und nachhaltigen Nutzung von Lagerstätten*. Stuttgart: Schweizerbart.
- Powell, A.J., McDonnell, J.G., Batt, C.M. und Vernon, R.W., 2002. An assessment of the magnetic response of an iron-smelting site. *Archaeometry*, [e-journal] 44(4), S. 651-665. 10.1111/1475-4754.t01-1-00091.
- Pracejus, B., 2015. *The Ore Minerals Under the Microscope*. 2. Aufl. Amsterdam: Elsevier.
- Presslinger, H. und Eibner, C. 2004. Montanarchäologie im Paltental (Steiermark): Bergbau, Verhüttung, Verarbeitung und Siedlungstätigkeit in der Bronzezeit. In: G. Weisgerber und G. Goldenberg, Hrsg. 2004. *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*. Der Anschnitt, Beiheft 17. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 122. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, S. 63-74.
- Presslinger, H., Prochaska, W. und Walach, G., 2004. Beurteilung der chemischen Analyseergebnisse von bronzezeitlichen Laufsclacken und metallischen Rohprodukten. eine Einteilung nach Talschaften. *Res montanorum*, 33, S. 37-39.
- Preuschen, E., 1962. Der urzeitliche Kupferbergbau von Vetriolo (Trentino). *Der Anschnitt*, 14(2), S. 3-5.
- Preuschen, E., 1965. Das urzeitliche Kupfer-Verhüttungsgebiet von Lavarone (Trentino). *Der Anschnitt*, 17(4), S. 8-13.
- Preuschen, E., 1968. Bronzezeitlicher Kupfererzbergbau im Trentino. *Der Anschnitt*, 20(1), S. 3-15.
- Preuschen, E. und Pittioni, R., 1937. *Untersuchungen im Bergbaugebiete Kelchalpe bei Kitzbühel, Tirol: 1. Bericht*. Mitteilungen der Prähistorischen Kommission, 3. Wien: [ohne Verlag].
- Preuschen, E. und Pittioni, R., 1954. Untersuchungen im Bergbaugebiet Kelchalm bei Kitzbühel, Tirol: 3. Bericht über die Arbeiten 1946-53 zur Urgeschichte des Kupferbergwesens in Tirol. *Archaeologia Austriaca*, 15, S. 3-97.
- Preuschen, E. und Pittioni, R., 1955. Neue Beiträge zu Topografie des urzeitlichen Bergbaues auf Kupfererz in den österreichischen Alpen. *Archaeologia Austriaca*, 18, S. 45-79.
- Primas, M., 1985. *Cazis-Petrushügel in Graubünden. Neolithikum, Bronzezeit, Spätmittelalter*. Zürich: Juris.
- Primas, M., 2008. *Bronzezeit zwischen Elbe und Po. Strukturwandel in Zentraleuropa 2200-800 v. Chr.* UPA, 150. Bonn: Habelt.
- Py, V. und Ancel, B., 2006. Archaeological experiments in fire-setting: Protocol, fuel and anthracological approach. In: A. Dufraisse, Hrsg. 2006. *Charcoal analysis: new analytical tools and methods for archaeology: Papers from the Table-Ronde held in Basel 2004*. BAR International Series, 1483. Oxford: Archaeopress, S. 71-82.
- Rageth, J., 1976a. Marmorera, Bez. Albula, GR. [Fundbericht]. *Jb SGUF*, 59, S. 244.
- Rageth, J., 1976b. Cunter, Oberhalbstein, Bez. Albula, GR. [Fundbericht]. *Jb SGUF*, 59, S. 285.
- Rageth, J., 1977a. Riom/Reams (Oberhalbstein), Bez. Albula, GR. [Fundbericht]. *Jb SGUF* 60, S. 141.
- Rageth, J., 1977b. Römische Funde von Riom. *Helvetica Archaeologica*, 8(29/30), S. 74-77.
- Rageth, J., 1979a. Die bronzezeitliche Siedlung auf dem Padnal bei Savognin (Oberhalbstein GR). Grabung 1975. *Jb SGUF*, 62, S. 29-76.
- Rageth, J., 1979b. Römische und prähistorische Funde von Riom. *Bündner Monatsblatt*, 3/4, S. 49-123.
- Rageth, J., 1980a. Marmorera, Kr. Oberhalbstein, GR. [Fundmeldung]. *Jb SGUF*, 63, S. 240.
- Rageth, J., 1980b. Madulain, Kr. Oberengadin GR. [Fundmeldung]. *Jb SGUF*, 63, S. 240.
- Rageth, J., 1982. Die römischen Schmiedegruben von Riom GR. *Archäologie der Schweiz*, 5, S. 202-208.
- Rageth, J., 1985. Riom-Parsonz, Kreis Oberhalbstein, GR, Tiginas Sot. [Fundbericht]. *Jb SGUF*, 68, S. 232.
- Rageth, J., 1986a. Die wichtigsten Resultate der Ausgrabungen in der bronzezeitlichen Siedlung auf dem Padnal bei Savognin (Oberhalbstein GR). *Jb SGUF*, 69, S. 63-103.
- Rageth, J., 1986b. Römische Verkehrswege und ländliche Siedlungen in Graubünden. Armon Planta zum Gedächtnis. *Jb HAGG*, 1986, S. 45-108.

- Rageth, J., 1988. Marmorera GR, Scalotta. [Fundberichte]. *Jb SGUF*, 71, S. 288.
- Rageth, J., 1990. Riom-(Parsonz) GR, Cadra-Nord. [Fundbericht]. *Jb SGUF*, 73, S. 199-200.
- Rageth, J., 1992a. Zeugnisse einer bronze- und eisenzeitlichen Metallverhüttung im Oberhalbstein. Archäologie in Graubünden, Funde und Befunde. In: Archäologischer Dienst Graubünden, Hrsg. 1992. *Festschrift zum 25-jährigen Bestehen des Archäologischen Dienstes Graubünden*. Chur: Verlag Bündner Monatsblatt, S. 118-122.
- Rageth, J., 1992b. Riom-Cadra, eine römische Mutatio. In: Archäologischer Dienst Graubünden, Hrsg. 1992. *Festschrift zum 25-jährigen Bestehen des Archäologischen Dienstes Graubünden*. Chur: Verlag Bündner Monatsblatt, S. 150-154.
- Rageth, J., 1993. Riom-Parsonz, Sot Gassetta. [Fundbericht]. *Jb ADG*, 1993, S. 126.
- Rageth, J., 1994a. Riom-Parsonz, Sot Gassetta. [Fundbericht]. *Jb SGUF*, 77, S. 181-182.
- Rageth, J., 1994b. Riom-Parsonz, Sot Gassetta. [Fundbericht]. *Jb ADG*, 1994, S. 110.
- Rageth, J., 1994c. Tinizong, Nähe Padnal. [Fundbericht]. *Jb SGUF*, 77, S. 181.
- Rageth, J., 1995a. Riom-Parsonz, nördlich Davos Tignas. [Fundbericht]. *Jb ADG*, 1995, S. 113.
- Rageth, J., 1995b. Tinizong, Mühle. [Fundbericht]. *Jb ADG*, 1995, S. 119-120.
- Rageth, J., 1995c. Salouf, nordwestl. Gneida. [Fundbericht]. *Jb ADG*, 1995, S. 113.
- Rageth, J., 1996a. Riom-Parsonz GR, nördlich Davos-Tignas. [Fundbericht]. *Jb SGUF*, 79, S. 237.
- Rageth, J., 1996b. Salouf GR, nordwestlich Gneida, Kiesgrube Demarmels. [Fundbericht]. *Jb SGUF*, 79, S. 237.
- Rageth, J., 1997a. Marmorera GR, Scalotta, Quartierschliessung «Fora Veia». [Fundbericht]. *Jb SGUF*, 80, S. 234-235.
- Rageth, J., 1997b. Bivio, nördlich Guet da Beiva. [Fundbericht]. *Jb ADG*, 1997, S. 50.
- Rageth, J., 1998a. Bivio GR, Stalveder, nördlich Guet da Beiva. [Fundbericht]. *Jb SGUF*, 81, S. 279.
- Rageth, J., 1998b. Savognin GR, zwischen Parseiras und Proval. [Fundbericht]. *Jb SGUF*, 81, S. 282.
- Rageth, J., 2000. Graubünden in römischer Zeit. *Archäologie der Schweiz*, 23, S. 47-56.
- Rageth, J., 2002. Savognin, östlich Padnal. [Fundbericht]. *Jb ADG*, 2001, S. 98-100.
- Rageth, J., 2006. Riom-Parsonz, Tignas Sot. *Jb ADG*, 2006, S. 91-92.
- Rageth, J. und Zanier, W., 2010. *Crap Ses und Septimer: Archäologische Zeugnisse der römischen Alpenoberung 16/15 v. Chr. aus Graubünden*. *Germania*, 88(1-2), S. 241-283.
- Raith, M., Raase, P. und Reinhardt, J., 2011. *Leitfaden zur Dünnschliffmikroskopie*. E-book. [ohne Ort]: [ohne Verlag].
- Reitmaier, Th., 2017. Prähistorische Alpwirtschaft. Eine archäologische Spurensuche in der Silvretta (CH/A), 2007–2016. *Jb AS*, 100, S. 7-53.
- Reitmaier, Th., 2021. Fiavè, Rendena, Laugen-Melaun – Ein Beitrag zur prähistorischen Alpwirtschaft im Ost- und Zentralalpenraum. *Germania*, 98(2020), S. 1-61.
- Reitmaier-Naef, L., 2019. Copper smelting slag from the Oberhalbstein (Canton of Grisons, Switzerland): Methodological considerations on typology and morphology. In: R. Turck, Th. Stöllner und G. Goldenberg, Hrsg. 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 229-244.
- Reitmaier-Naef, L., Turck, R. und Della Casa, Ph., 2015. Prähistorische Kupfergewinnung im Oberhalbstein. *Minaria Helvetica*, 36(2015), S. 35-54.
- Reitmaier-Naef, L., Bucher, J., Turck, R., Della Casa, Ph., Thomas, P., Grutsch, C.O., Oberhänsli, M., Zwicky, A., Walser, Ch. und Reitmaier, Th., 2018. Surses GR, Marmorera, Cotschens. [Fundbericht]. *Jb AS*, 101, im Druck.
- Leandra Reitmaier-Naef, L., Thomas, P., Bucher, J., Oberhänsli, M., Grutsch, C.O., Martinek, K.-P., Seifert, M., Rentzel, Ph., Turck, R., Reitmaier, Th. und Della Casa, Ph., 2020. Mining at the Fringes: High-Altitude Prehistoric Copper Mining in the Oberhalbstein Valley (Grisons, Switzerland). *Archaeologia Austriaca*, 104, S. 123-151.
- Renzi, M., Georgakopoulou, M., Peege, Ch., Fasnacht, W. und Rehren, T. 2018. Technology of Copper Smelting at Agia Varvara-Almyras. In: Ch. Peege, Hrsg. 2018. *Agia Varvara-Almyras: An Iron Age Copper Smelting Site in Cyprus*. Oxford: Archaeopress, S. 269-294.
- Roden, Ch., 1984. *Stierva, Tiragn 1984*, unpublishierter Grabungsbericht, [Bochum].
- Roffler, P., 2018. *Die Keramik von Salouf-Motta Vallac (GR)*, Bachelorarbeit, Universität Zürich.
- Rose, Th., Hanning, E. und Klein, S., 2019. Verhüttungsexperimente mit Chalkopyrit-Erz nach Vorbildern aus dem bronzezeitlichen Ostalpenraum und Nepal. *Experimentelle Archäologie in Europa*, 18, S. 47-60.
- Rostan, P., Gattaglia, A. und Rossi, M., 1995. Ricerche sulle miniere e sulla metallurgia dell'età del Bronzo nel Briançonnais (Hautes-Alpes, Francia). In: [ohne Hrsg.], 1995. *De re metallica: miniere e materie prime alle soglie del 3° millennio: convegno 1-2 dicembre 1994: mostra 1 dicembre 1994-20 gennaio 1995*. Torino: CELID, S. 173-181.
- Rösler, B., 1700. *Speculum metallurgiae politissimum oder Hell-polierter Berg-Bau-Spiegel*. Dresden: Winckler.
- Rychner, V. und N. Kläntschi, N., 1995. *Arsenic, nickel et antimoine: une approche de la métallurgie du Bronze moyen et final en Suisse par l'analyse spectrométrique*. 2 Bde. Cahiers d'archéologie romande, 63-64. Lausanne: Zwahlen.
- Saager, R., 1962. Die Vererzungen im Kristallin der Errdecke im Gebiet von Grevasalvas am Julierpass. *Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen*, 42(2), S. 328-348.
- Schaer, A., 2003. Untersuchungen zum prähistorischen Bergbau im Oberhalbstein (Kanton Graubünden). *Jb SGUF*, 86, S. 7-54.
- Schairer, J., 1942. The system CaO-FeO-Al₂O₃-SiO₂: I, Results of quenching experiments on five joins. *Journal of the American Ceramic Society*, 25(10), S. 241-274.
- Schlegel, H. und Schüller, A., 1952. Die Schmelz- und Kristallisationsgleichgewichte im System Kupfer-Eisen-Schwefel und ihre Bedeutung für die Kupfergewinnung. *Freiberger Forschungshefte*, B(2), S. 3-32.
- Schlüter, Ch., 1738. *Gründlicher Unterricht von Hütte-Werken: nebst einem vollständigem Probier-Buch*. Braunschweig: Meyer.
- Schmid-Sikimić, B., 2002. *Mesocco Coop (GR): eisenzeitlicher Bestattungsplatz im Brennpunkt zwischen Süd und Nord. Necropoli dell'età del ferro nel punto focale tra Sud e Nord*. UPA, 88. Bonn: Habelt.

- Schmidt, C., 1907. Asphalt, Steinsalz, Erze. Separatabdruck aus dem Handwörterbuch der Schweizer Volkswirtschaft, Sozialpolitik und Verwaltung. Bd. 3. Bern: Scheitlin Spring & Cie, S. 91-154.
- Schmidt, C., 1920a. *Texte explicatif de la carte des gisements des matières premières minérales de la Suisse*. 1:500.000. Basel: Birkhäuser.
- Schmidt, C., 1920b. *Karte der Fundorte von mineralischen Rohstoffen in der Schweiz*. 1:500.000, in 3 Tlen. Bern: Kümmerly & Frey.
- Schnabel, C., 1901. *Handbuch der Metallhüttenkunde*. Bd. 1. Kupfer – Blei – Silber – Gold. Berlin 1902.
- Schopfer, H., Hrsg. 1835. *Rhätische Erzgebirge oder neueste Übersicht aller derjenigen Berg Reviere im Umfang der Kantone Graubünden, St. Gallen und Glarus wo ein oder mehrere Erzlager von Sachkennern für positiv oder relativ bauwürdig erklärt worden sind*. [Ca. 1:350.000], handschriftliches Kartenwerk, St.Gallen.
- Schweizer, W., 1982a. Die Schlackenfunde bei Madulain (Oberengadin). *Der Bergknappe*, 19(1), S. 22-23.
- Schweizer, W., 1982b. Der prähistorische Verhüttungsplatz ob Madulain im Oberengadin. *Minaria Helvetica*, 2, S. 22-23.
- Schweizerische Geotechnische Kommission, Hrsg. 1967. *Geotechnische Karte der Schweiz*. 1:200.000. Bern: Kümmerly & Frey.
- Sebesta, G., 1992. *La via del rame: Economia Trentina*. Supplemento, 3. Calliano: [ohne Verlag].
- Seifert, M., 1997. Schulsporanlage Purgira. [Fundmeldung]. *Jb ADG*, 1997, S. 61-62.
- Sikorski, B., 2009. *Arbeitsbericht über die archäologische Prospektion anhand der Geophysik an der Fundstelle Stierva Tiragn in der Schweiz*, unpublizierter Bericht, Bochum. (Im Fundstellen-Archiv des ADG einsehbar)
- Sikorski, B., 2015. *Magnetprospektion: Oberhalbstein / Graubünden, Schweiz, September 2015*, unpublizierter Bericht, Bochum. (Im Fundstellen-Archiv des ADG einsehbar)
- Silvestri, E., Bellintani, P., Mottes, E. und Nicolis, F., 2014. Evidence of mining without mines. Smelting activity during the Bronze Age in Trentino. In: J. Silvertant, Hrsg. 2014. *Research and preservation of ancient mining areas. Yearbook of the Institute Europa Subteranea*, 2014, S. 88-103.
- Silvestri, E., Bellintani, P., Nicolis, F., Bassetti, M., Biagioni, S., Cappelozza, N., Degasperi, N., Marchesini, M., Martinelli, N., Marvelli, S., Pignatelli und O., 2015a. New excavations at smelting sites in Trentino, Italy. Archaeological and archaeobotanical data. In: A. Hauptmann und D. Modaresi-Tehrani, Hrsg. 2015. *Archaeometallurgy in Europe III. Proceedings of the 3rd International Conference, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, June 29–July 1, 2011*. Der Anschnitt, Beiheft 26. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 202. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, S. 369-376.
- Silvestri, E., Hauptmann, A., Bellintani, P., Mottes, E. und Nicolis, F., 2015. Bronzezeitliche Kupferverhüttung in Trentino. In: Th., Stöllner und K. Oegg, Hrsg. 2015b. *Bergauf Bergab: 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.4.2016. Im vorarlberg museum Bregenz vom 11.06.2016–26.10.2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 207. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 201-208.
- Silvestri, E., Bellintani, P. und Hauptmann, A., 2019. Bronze Age copper ore mining and smelting in Trentino (Italy). In: R. Turck, Th. Stöllner und G. Goldenberg, Hrsg. 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 261-278.
- Sperl, G., 1980. *Über die Typologie urzeitlicher, frühgeschichtlicher und mittelalterlicher Eisenhüttenschlacken*. Studien zur Industrie-Archäologie, VII. Wien: Österreichische Akademie der Wissenschaften.
- Staatsarchiv Graubünden, Hrsg. 2005. *Bündner Urkundenbuch: V. Band, 1328–1349*. Chur: Südostschweiz Print.
- Stäbler, H., 1978. Erzlagerstätten und Bergbau im Schams, Ferreratal und vorderem Rheinwald. *Jb HAGG*, 106, S. 1-77.
- Stäbler, H., 1981. *Bergbau im Schams, im Ferreratal und im vorderen Rheinwald*. Davos: Verlag Bergbaufreunde.
- Stäbler, H., 2015. Historischer Bergbau im Hinterrhein. *Der Bergknappe*, 39(126/127), S. 71-101.
- Staudt, M., Goldenberg, G., Scherer-Windisch, M., Nicolussi, K. und Pichler, Th., 2019a. Late Bronze Age/Early Iron Age fahlrore mining in the Lower Inn Valley (North Tyrol, Austria). In: R. Turck, Th. Stöllner und G. Goldenberg, Hrsg. 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden: Marie Leidorf, S. 115-142.
- Staudt, M., Goldenberg, G., Scherer-Windisch, M., Grutsch, C.O., Lamprecht, R. und Zerobin, B., 2019b. The Late Bronze Age smelting site Rotholz in the Lower Inn Valley (North Tyrol, Austria). In: R. Turck, Th. Stöllner und G. Goldenberg, Hrsg. 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden: Marie Leidorf, S. 279-297.
- Staudt, M., Bader, M., Eß, L. M., Lueger, D., Sigrid Oettel, L., Tropper, P. und Trebsche, P., 2021. Eine Werksiedlung aus der Bronze- und Eisenzeit bei Kundl (Nordtirol). Vorbericht über die Ausgrabungen 2018–2019 in der Schottergrube Wimpissing. *Archaeologia Austriaca*, 105, S. I-XXXIV.
- Staudt, M., im Druck. Recycling of «slag sand» in technical ceramics and domestic pottery during the Bronze an Early Iron Age in North Tyrol. In: P. Bellintani und E. Silvestri, Hrsg. im Druck. *La metallurgia primaria della tarda eta' del bronzo in Trentino. Nuovi scavi, confronti e stato dell'arte*.
- M. Stockmaier, 2021. Palynologische Bohrkern-Auswertung im Umfeld des Kupferbergbaus im Oberhalbstein (GR). Masterarbeit, Universität Zürich.
- Stoffel, J., 2003. Das Hochtal Avers, Graubünden: Die höchstgelegene Gemeinde Europas. 4. Aufl. Chur: Verlag der Walservereinigung Graubünden.
- Stöllner, Th., 2009. Die zeitliche Einordnung der prähistorischen Montanreviere in den Ost- und Südalpen: Anmerkungen zu einem Forschungsstand. In: K. Oegg und M. Prast, Hrsg. 2009. *Die Geschichte des Bergbaues in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten: proceedings zum 3. Milestone-Meeting des SFB-HiMAT vom 23. - 26.10.2008 in Silbertal*. Innsbruck: University Press, S. 37-60.
- Stöllner, Th., 2010. Copper and Salt: Mining Communities in the Alpine Metal Ages. In: P. Anreiter, G. Goldenberg, K. Hanke, R. Krause, W. Leitner, F. Mathis, K. Nicolussi, K., Oegg, E. Pernicka, M. Prast, J. Schibler, I. Schneider, H. Stadler, Th. Stöllner, G. Tomedi und P. Tropper, Hrsg. 2010. *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*. Innsbruck: Innsbruck University Press, S. 297-313.
- Stöllner, Th., 2011. Der Mitterberg als Großproduzent für Kupfer in der Bronzezeit: Fragestellungen und bisherige Ergebnisse. In: K. Oegg, G. Goldenberg, Th. Stöllner und M. Prast, Hrsg. 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*. Innsbruck: University Press, S. 93-106.

- Stöllner, Th., 2011b. Das Alpenkupfer der Bronze- und Eisenzeit: Neue Aspekte der Forschung. *Vorträge des 29. Niederbayerischen Archäologentages*, 2011, S. 25-70.
- Stöllner, Th., 2015a. Die alpinen Kupfererzreviere: Aspekte ihrer zeitlichen, technologischen und wirtschaftlichen Entwicklung im zweiten Jahrtausend vor Christus. In: Th., Stöllner und K. Oeggel, Hrsg. 2015. *Bergauf Bergab: 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.4.2016. Im vorarlberg museum Bregenz vom 11.06.2016–26.10.2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 207. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 99-105.
- Stöllner, Th., 2015b. Der Dürrnberg bei Hallein als Kultur- und Wirtschaftsraum. In: Th., Stöllner und K. Oeggel, Hrsg. 2015. *Bergauf Bergab: 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.4.2016. Im vorarlberg museum Bregenz vom 11.06.2016–26.10.2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 207. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 325-335.
- Stöllner, Th., 2015c. Der Salzbergbau am Dürrnberg im Umfeld der ostalpinen Salzgewinnung. In: Th., Stöllner und K. Oeggel, Hrsg. 2015. *Bergauf Bergab: 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.4.2016. Im vorarlberg museum Bregenz vom 11.06.2016–26.10.2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 207. Bochum: Marie Leidorf, S. 335-343.
- Stöllner, Th., 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: R. Turck, Th. Stöllner und G. Goldenberg, Hrsg. 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 165-190.
- Stöllner, Th., Cierny, J., Eibner, C., Boenke, N., Herd, R., Maass, A., Röttger, K., Sormaz, T., Steffens, G. und Thomas, P., 2006. Der bronzezeitliche Bergbau im Südrevier des Mitterberggebietes: Bericht zu den Forschungen der Jahre 2002 bis 2006. *Archaeologia Austriaca*, 90, S. 87-137.
- Stöllner, Th., Hanning, E. und Hornschuch, A., 2011. Ökonometrie des Kupferproduktionsprozesses am Mitterberger Hauptgang. In: K. Oeggel, G. Goldenberg, Th. Stöllner und M. Prast, Hrsg. 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*. Innsbruck: University Press, S. 115-128.
- Stöllner, Th., Breitenlechner, E., Eibner, C., Herd, R., Kienlin, T., Lutz, J., Maass, A., Nicolussi, K., Pichler, Th., Pils, R., Röttger, K., Song, B., Taube, N. und Thomas, P., 2012a. Der Mitterberg. Der Großproduzent für Kupfer im östlichen Alpenraum während der Bronzezeit. In: G. Goldenberg und U. Töchterle, Hrsg. 2012. *Forschungsprogramm HiMAT – Neues zur Bergbaugeschichte der Ostalpen*. Archäologie Österreichs Spezial, 4. Wien: Verlag Österreichische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, S. 113-144.
- Stöllner, Th., Breitenlechner, E., Fritsch, D., Gontscharov, A., Hanke, K., Kirchner, D., Kovács, K., Moser, M., Nicolussi, K., Oeggel, K., Pichler, Th., Pils, R., Prange, M., Thiemeyer, H., 2012b. Ein Nassaufbereitungskasten vom Troiboden: Interdisziplinäre Erforschung des bronzezeitlichen Montanwesens am Mitterberg (Land Salzburg, Österreich). *Jb RGZM*, 57, S. 1-32.
- Stöllner, Th. und Oeggel, K., Hrsg. 2015. *Bergauf Bergab: 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.4.2016. Im vorarlberg museum Bregenz vom 11.06.2016–26.10.2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 207. Rahden/Westf.: Marie Leidorf.
- Stöllner, Th., von Räden, C., Hanning, E., Lutz, J. und Kluge, S., 2016. The Enmeshment of Eastern Alpine Mining Communities in the Bronze Age: From Economic Networks to Communities of Practice. In: G. Körlin, M. Prange, Th. Stöllner und Ü. Yalcin, Hrsg. 2016. *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. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 75-107.
- Storaas, F. und Kharel, D., 2014. *TAMA GAUN – The Copper Village*. Dokumentarfilm.
- Stos-Gale, Z., 1993. Isotopic Analyses of Ores, Slags and Artefacts. The Contribution to Archaeometallurgy. In: R. Francovich, Hrsg. 1993. *Archaeologia delle attività estrattive e metallurgiche*. Firenze: All'Insegna del Giglio, S. 593-627.
- Suana, M. 1984. Die Manganerzlagerstätten von Tinizong (Oberhalbstein, Graubünden). Beiträge zur Geologie der Schweiz, Schweizerische Geotechnische Serie, 64. Bern: Kümmerly & Frey.
- Sydow, W., 1984. Die prähistorischen Wehranlagen auf dem Buchberg, OG Wiesing, Tirol. *Fundberichte aus Österreich*, 23, S. 179-207.
- Tarnuzzer, Ch., 1919. Nickelhydroxilikat im Triasdolomit von Val Nandrò, Oberhalbstein. *Jb NGG*, 59, S. 66-68.
- Tarnuzzer, C., Nussberger, G. und Lorenz, P., 1900. *Notice sur quelques gisements métallifères du Canton des Grisons, Suisse*. Coire: Fiebig.
- Tecchiati, U., 2015. Frühe Siedlung und Kupfermetallurgie in Südtirol: Milland bei Brixen. In: Th., Stöllner und K. Oeggel, Hrsg. 2015. *Bergauf Bergab: 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.4.2016. Im vorarlberg museum Bregenz vom 11.06.2016–26.10.2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 207. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 83-88.
- Theobald, G., 1862. Cima da Flix und Piz Err mit ihrer Umgebung. *Jb NGG*, NF, 7, S. 5-54.
- Theobald, G., 1865. Sondrio, Bormio. *Geologische Karte der Schweiz*, Bl. XX. 1:100.000. Winterthur: Topographische Anstalt.
- Theobald, G., 1866. *Die südöstlichen Gebirge von Graubünden und dem angrenzenden Veltlin: Geologische Beschreibung der in Blatt XX des eidg. Atlases enthaltenen Gebirge von Graubünden*. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, 3. Bern: Dalp.
- Thomas, P., 2018. Studien zu den bronzezeitlichen Bergbauhöhlen im Mitterberger Gebiet. Anschnitt, Beiheft 38. Forschungen zur Montanlandschaft Mitterberg, 1. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 223. Rahden/Westf.: Marie Leidorf.
- Töchterle, U., 2015. *Der Kiechlberg bei Thaur als Drehscheibe zwischen den Kulturen nördlich und südlich des Alpenhauptkammes: Ein Beitrag zum Spätneolithikum und zur Früh- und Mittelbronzezeit in Nordtirol*. UPA, 261. Bonn: Habelt.
- Töchterle, U., Bachnetzer, Th., Deschler-Erb, S., Goldenberg, G., Krismer, K., Lutz, J., Oeggel, K. und Pernicka, E., 2012. Der Kiechlberg bei Thaur. Eine neolithische bis frühbronzezeitliche Höhensiedlung. In: G. Goldenberg und U. Töchterle, Hrsg. 2012. *Forschungsprogramm HiMAT – Neues zur Bergbaugeschichte der Ostalpen*. Archäologie Österreichs Spezial, 4. Wien: Verlag Österreichische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, S. 31-58.
- Töchterle, U., Goldenberg, G., Schneider, Ph. und Tropper, P., 2013. Spätbronzezeitliche Verhüttungsdüsen aus dem Bergbaurevier Mauken im Unterinntal, Nordtirol: Typologie, mineralogisch-petrographische Zusammensetzung und experimentelle Rekonstruktionsversuche. *Der Anschnitt*, 65(1-2), S. 2-19.

- Trebsche, P., 2015. Urnenfelderzeitlicher Kupferbergbau in Niederösterreich. In: Th., Stöllner und K. Oegg, Hrsg. 2015. *Bergauf Bergab: 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31.10.2015–24.4.2016. Im vorarlberg museum Bregenz vom 11.06.2016–26.10.2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 207. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 209-214.
- Trebsche, P. und Pucher, E., 2013. Urnenfelderzeitliche Kupfergewinnung am Rande der Ostalpen. Erste Ergebnisse zu Ernährung und Wirtschaftsweise in der Bergbausiedlung von Prigglitz-Gasteil (Niederösterreich). *Prähistorische Zeitschrift*, 88(1/2), S. 114-151.
- Tropper, P., Goldenberg, G., Krismer, M., Bechter, D., Steiner, M., Viertler, H.-P. und Vavtar, F., 2019. Mineral-chemical characterisation of chalcopyrites and fahlore-group minerals from selected Cu-ore deposits in the Eastern Alps. In: R. Turck, Th. Stöllner und G. Goldenberg, Hrsg. 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 143-162.
- Turck, R., 2014. «Prähistorische Verhüttung im Avers?»: Ein Kurzbericht vom 27. Juli 2014. *Der Bergknappe*, 125(2), S. 21-22.
- Turck, R., 2019. Organising smelting places: A keynote on iron age copper smelting in the Oberhalbstein (Canton of Grisons, Switzerland). In: R. Turck, Th. Stöllner und G. Goldenberg, Hrsg. 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden/Westf.: Marie Leidorf, S. 209-228.
- Turck, R., Della Casa, Ph. und Naef, L., 2014. Prehistoric copper pyrotechnology in the south-eastern Swiss Alps. An overview on previous and current research. In: J. Bullinger, P. Crotti und C. Huguenin, Hrsg. 2014. *De l'âge du Fer à l'usage du verre: Mélanges offerts à Gilbert Kaenel, dit «Auguste», à l'occasion de son 65^e anniversaire*. Cahiers d'Archéologie Romande, 151. Lausanne: Cahiers d'archéologie romande, S. 219-227.
- Turck, R., Della Casa, Ph., Reitmaier, Th. und Kopp, D., 2015a. Marmorera GR, Ried südlich Gruba I. [Fundbericht]. *Jb AS*, 98, S. 196-197.
- Turck, R., Della Casa, Ph., Reitmaier, Th. und Grutsch, C.O., 2015b. Marmorera, GR Vals. [Fundbericht]. *Jb AS*, 98, S. 197-198.
- Turck, R., Della Casa, Ph., Reitmaier, Th., Seifert, M., Kopp, D. und Brunner, M., 2016a. Marmorera GR, Ried südlich Gruba I. [Fundbericht]. *Jb AS*, 99, S. 187.
- Turck, R., Della Casa, Ph., Seifert, M. und Reitmaier, Th., 2016b. Marmorera GR, Alp Natons. [Fundbericht]. *Jb AS*, 99, S. 186.
- Turck, R., Della Casa, Ph., Reitmaier, Th., Seifert, M., Oberhänsli, M. und Brunner, M., 2017a. Surses GR, Mulegns, Val Faller, Plaz. [Fundbericht]. *Jb AS*, 100, S. 219.
- Turck, R., Sindelar, A. und Reitmaier-Naef, L., 2017b. «Prähistorische Verhüttung im Avers!»: Ein Tatsachenbericht aus Feld und Labor. *Der Bergknappe*, 131(4/2), S. 22-24.
- Turck, R., Della Casa, Ph., Reitmaier, Th., Seifert, M., Oberhänsli, M., Kopp, D., Ullrich, B., Freibothe, R. und Knies, R., 2017c. Surses GR, Marmorera, Gruba, Pingen. [Fundbericht]. *Jb AS*, 100, S. 218-219.
- Turck, R., Nüssli, C., Della Casa, Ph. und Reitmaier, Th., 2018a. Marmorera GR, Ried südlich Gruba I. [Fundbericht]. *Jb AS*, 101, S. 195.
- Turck, R., Reitmaier-Naef, L., Della Casa, Ph., Reitmaier, Th., Seifert, M., Oberhänsli, M. und Bhass, A., 2018b. Surses GR, Marmorera, Pareis I. [Fundbericht]. *Jb AS*, 101, S. 198.
- Turck, R., Winkler, A., Stockmaier, M., Della Casa, Ph., Reitmaier, Th., Seifert, M., Oberhänsli, M. und Kopp, D., 2018c. Surses GR, Marmorera, Gruba II. [Fundbericht]. *Jb AS*, 101, S. 264.
- Turck, R., Sindelar, A., Della Casa, Ph. und Reitmaier, Th., 2019a. Surses GR, Marmorera, Alp Natons. [Fundbericht]. *Jb AS*, 102, S. 175.
- Turck, R., Della Casa, Ph. und Reitmaier, Th., 2019b. Surses GR, Marmorera, Ostufer Marmorera-see. [Fundbericht]. *Jb AS*, 102, S. 248.
- Turck, R., Della Casa, Ph., Stockmaier, M., Nüssli, C. und Reitmaier, Th., 2019c. Surses GR, Marmorera, Alp Flix/Sur. [Fundbericht]. *Jb AS*, 102, S. 175.
- Turck, R., Stöllner, Th. und Goldenberg, G., Hrsg. 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II: New Results and Perspectives Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 236. Rahden/Westf.: Marie Leidorf.
- Turck, R. und Nüssli, C., 2020. Copper Technology from the East? Knowledge Transfer to the Central Alps (Grisons, Switzerland). *Metalla*, Sonderheft 10, S. 139-145.
- Turck, R., Reitmaier-Naef, L., Stobbe, A. und Della Casa, Ph., 2021. Prähistorisches Bergbauprojekt im Oberhalbstein (GR) – Projektphase I. *Geo.Alp* 17, S. 59-61.
- Tylecote, R. und Boydell, P., 1978. Experiments on Copper Smelting. In: B. Rothenberg, Hrsg. 1978. *Chalcolithic Copper Smelting*. Archaeo-Metallurgy, 1. London: IAMS, S. 27-49.
- Ullrich, B., Weller, A., Günther, T. und Rücker, C., 2007. Geophysical Prospecting of Ancient Slag Deposits in Munigua (Spain) and Ain-Al Hajer (Morocco) using Complex Resistivity Tomography. In: [ohne Hrsg.] 2007. *2nd International Conference of Archaeometallurgy*. Milano: Associazione Italiana di Metallurgia, S. 30-37.
- Ullrich B., Wolf P. und Kaufmann, G., 2015. Geophysical prospection of iron slag heaps at Hamadab, northern Sudan. In: J. Bayley, E. Blakelock und D. Crossley, Hrsg. 2015. Proceedings of the 2009 HMS conference held at Bradford. HMS Occasional Publication. *Historical Metallurgy*, 48, S. 25-33.
- Ullrich, B., Knies, R., Rücker, C. und Turck, R., 2019. Anwendungen der Induzierten Polarisierung in der Archäologischen Prospektion. *Mitteilungen – Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V.*, Sonderband I (2019), S. 49-58.
- van Brempt, L. und Kassianidou, V., 2016. Facing the complexity of copper-sulphide ore smelting and assessing the role of copper in south-central Cyprus: A comparative study of the slag assemblage from Late Bronze Age Kalavassos-Ayios Dhimitrios. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 7, S. 539-553.
- Viertler, J., 2011. *Mineralogie und Petrologie von prähistorischen Kupferschlacken im Gebiet Mitterberg (Salzburg)*. Diplomarbeit, Universität Innsbruck.
- von Castelmur, A., 1922. *Conradin v. Marmels und seine Zeit*, Inaugural-Dissertation, Universität Freiburg (Schweiz).
- von Salis-Marschlins, C., 1806. Ueber den Bergbau in Bünden. *Der neue Sammler*, 2(5-6), S. 491-562.
- von Schönberg, A., 1693. Ausführliche Berg-Information, zur dienlichen Nachricht vor alle, die bey dem Berg- und Schmelzwerken zu schaffen darinnen deutlich gewiesen wird, was einem ieden zu verrichten oblieget; und wie er bey allen Vorfällenheiten, in seinem Amt, Dienst und Bestellung, mit gebührender Uffsicht, und Anstalt, in- und ausser der Gruben, und Hütten, auch bey Process-Sachen, bergrechtlich verfahren soll, damit allenthalben ordentlich, treulich, aufrichtig, vorsichtig, gerecht, und dem gemeinen Bergwesen erbaulich, gehandelt werde. Leipzig: Fleischer.

- Vossen, R., 1970. Klassifikationsprobleme und Klassifikations-systeme in der Amerikanischen Archäologie. *Acta Praehistorica et Archaeologica*, 1, S. 29-79.
- Walach, G., 2004. Prospektion urzeitlicher Kupfergewinnungs-stätten im Ostteil der Ostalpen: Schwerpunkt Geophysik. In: G. Weisgerber und G. Goldenberg, Hrsg. 2004. *Alpen-kupfer – Rame delle Alpi*. Der Anschnitt, Beiheft 17. Veröf-fentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 122. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, S. 240-254.
- Walkmeister, Ch., 1889. *Aus der Geschichte des Bergbaues in den Kantonen Glarus und Graubünden*. Sonderdruck aus: Jahresbericht der St. Gallischen Naturwiss. Gesellschaft 1887/88. St. Gallen: Naturwissenschaftliche Gesellschaft.
- Walser, Ch., Reitmaier, Th., Turck, R., Della Casa, Ph. und Naef, L., 2015. Marmorera GR, Scalotta. [Fundbericht]. *Jb AS*, 98, S. 197.
- Weber, J. und Brosi, A., 1883. *Karte der Fundorte von Rohpro-ducten in der Schweiz: Reproduction der von den Experten der Gruppe XVI für die schweizerische Landesausstellung 1883 hergestellten Originalkarte*. [Ca. 1:520.000]. Zürich: J. Wurster & Cie.
- Weinek, H. und Resch, J., 2004. Wasser als Führer zu montan-archäologischen Denkmälern. In: G. Weisgerber und G. Goldenberg, Hrsg. 2004. *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*. Der Anschnitt, Beiheft 17. Veröffentlichungen aus dem Deut-schen Bergbau-Museum Bochum, 122. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, S. 121-124.
- Weisgerber, G., 1989. Montanarchäologie. Grundzüge einer sys-tematischen Bergbaukunde für Vor- und Frühgeschichte und Antike Teil I. *Der Anschnitt*, 41(6), S. 190-204.
- Weisgerber, G., 1990. Grundzüge einer systematischen Bergbau-kunde für Vor- und Frühgeschichte und Antike Teil II. *Der Anschnitt*, 42(1), S. 2-18.
- Weisgerber, G., 2004. Schmelzanlagen früher Kupfergewinnung. Ein Blick über die Alpen. In: G. Weisgerber und G. Golden-berg, Hrsg. 2004. *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*. Der An-schnitt, Beiheft 17. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 122. Bochum: Deutsches Berg-bau-Museum, S. 15-36.
- Weisgerber, G. und Goldenberg, G., Hrsg. 2004. *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*. Der Anschnitt, Beiheft 17. Veröffentli-chungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 122. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum.
- Wenk, H.-R., Yu, R., Tamura, N., Bischof, D. und Hunkeler, W., 2019. Slags as Evidence for Copper Mining above Casac-cia, Val Bregaglia (Central Alps). *Minerals*, [e-journal] 9(5):292. <https://doi.org/10.3390/min9050292>.
- Wilhelm, O., 1933. *Geologie der Landschaft Schams (Graubün-den): Spezialkarte 114 A/B*. Beiträge zur geologischen Kar-te der Schweiz, N.F., 64. Bern: Kümmerli & Frey.
- Wingenfelder, U., 2019. *Nachweis prähistorischer Bergbauaktivi-täten durch Metallanreicherungen in Sedimentbohrkernen aus dem Moor beim Gruba, Oberhalbstein GR*, Bachelorarbeit, Universität Zürich.
- Wingenfelder, U., 2020. Indirekter Nachweis von Bergbau und Verhüttungsaktivitäten im Oberhalbstein. *Minaria Helvetica*, 41, S. 32-39.
- Wyss, R., 1973. Archäologische Untersuchungen des Schwei-zerischen Landesmuseums: Zweite Ausgrabungsetappe in der Höhensiedlung Motta Vallac, Gemeinde Salouf, im Oberhalbstein, Kanton Graubünden. [Grabungsbericht]. *Jb SLM*, 82, S. 73-76.
- Wyss, R., 1974. Archäologische Unternehmungen des Schwei-zerischen Landesmuseums: Ergebnisse der dritten Ausgra-bungsetappe in der Höhensiedlung «Motta Vallac», Gemein-de Salouf, im Oberhalbstein, Kt. Graubünden. [Grabungsbericht]. *Jb SLM*, 83, S. 71-73.
- Wyss, R., 1976. «Motta Vallac» im Oberhalbstein: Ergebnisse der vierten Ausgrabungsetappe. *Jb SLM*, 85, S. 72-4.
- Wyss, R., 1977. Motta Vallac, eine bronzezeitliche Höhensiedlung im Oberhalbstein. *Helvetia archaeologica*, 8(29/30), S. 35-55.
- Wyss, R., 1979. Rudnal, Gemeinde Savognin/GR. [Grabungsbe-richt]. *Jb SLM*, 88, S. 51-53.
- Wyss, R., 1981. Der Rudnal: Ein rätselhaftes Bauwerk im bünd-nerischen Oberhalbstein. *Jb SLM*, 90, S. 51-52.
- Wyss, R., 1982a. Archäologische Untersuchungen. [Rudnal/Ge-meinde Savognin GR]. *Jb SLM*, 92, S. 57-59.
- Wyss, R., 1982b. Die Höhensiedlung Motta Vallac im Oberhalb-stein (Salouf GR). *Archäologie Schweiz*, 5(2), S. 76-81.
- Wyss, R., 1983. Archäologische Untersuchungen. [Rudnal/Ge-meinde Savognin GR]. *Jb SLM*, 93, S. 50-52.
- Wyss, R., 1993. Prähistorische Kupfererzgewinnung in den Schwei-zer Alpen. *ZAK*, 50(3), S. 195-212.
- Wyss, R., 2004. Prähistorischer Kupferbergbau in den Schweizer Alpen II. In: G. Weisgerber und G. Goldenberg, Hrsg. 2004. *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*. Der Anschnitt, Beiheft 17. Veröffentli-chungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, 122. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, S. 113-116.
- Zindel, Ch., 1977. Prähistorische Eisenverhüttung in der Gegend von Marmorera. *Helvetia Archaeologica* 8(29/30), S. 58-62.
- Zschocke, K. und Preuschen, E., 1932/3. Das urzeitliche Berg-baugebiet von Mühlbach-Bischofshofen. Wien: Anthropol-ogische Gesellschaft.
- Zürcher, A., 1982. *Urgeschichtliche Fundstellen Graubündens*. Schriftenreihe des Rätischen Museums, 27. Chur: Rätisches Museum.

Tafeln

Der Tafelteil dient der detaillierten Illustration der Ausführungen zur Typologie und Morphologie der Oberhalbsteiner Verhüttungsschlacken. Für den Tafelteil wurden etwas mehr als 100 Schlackenfunde von besonderer Aussagekraft und Repräsentanz aus unterschiedlichen Fundstellen ausgewählt. Die Funde werden nach Schlackentypen gruppiert abgebildet und innerhalb der einzelnen Typen nach Regionen (Untere Talstufe; Obere Talstufe; Avers; Engadin) zusammengestellt. Innerhalb einer Region sind die Objekte nach Fundstellen geordnet und innerhalb einer Fundstelle schließlich nach Priorisierung (Randstücke, Werkzeugnegative, sonstige Besonderheiten).

Der Tafelbeitrag zu den einzelnen Funden orientiert sich an folgendem Schema:

Taf. Nr. Fundstelle (Fundstellennr.): Fundobjektnummer; Schlackentyp: [Abkürzungen: Schlackenkuchen: SK; massive Schlacke: MS; Plattenschlacken der verschiedenen Subtypen: PS-A (>1 cm); PS-B (0,5–1 cm); PS-C (<0,5 cm)] (Erhaltung: max. Länge; max. Breite; durchschnittl. Dicke; Gewicht); Rand: [ja/nein] (Randtyp); Negativ [ja/nein] (Breite; Anzahl; Form; Ende; Querschnitt); Radius: [...]; Randwinkel: [...]; Matrix: [homogen bis heterogen]; Blasen: Menge (Größe); Oberseite: Beschaffenheit (besondere Merkmale); Unterseite: Beschaffenheit (besondere Merkmale).

Schlackenkuchen

Taf. 1–2 Tiragn (3604): 3605.2.1; Schlackentyp: SK (vollständig erhalten: 22 cm; 22 cm; 7,8 cm; 3040 g); Rand: ja (1a); Negativ: nein; Radius: unbest.; Randwinkel: unbest.; Matrix: heterogen; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig; Unterseite: kleinteilig strukturiert, eben (Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen).

Taf. 3–4 Tiragn (3604): 3605.4.1; Schlackentyp: SK (vollständig erhalten: 23 cm; 22 cm; 8 cm; 3740 g); Rand: ja (1a); Negativ: unbest.; Radius: unbest.; Randwinkel: unbest.; Matrix: heterogen; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig; Unterseite: kleinteilig strukturiert, eben (Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen).

Taf. 5–6 Tiragn (3604): 3605.36.1; Schlackentyp: SK (vollständig erhalten: 25 cm; 20,5 cm; 8,5 cm; 4200 g); Rand: ja (1b); Negativ: ja (1,4 cm; einzeln; zulaufend;

rund; unbest.); Radius: unbest.; Randwinkel: unbest.; Matrix: heterogen; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig; Unterseite: kleinteilig strukturiert, eben (Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen).

Taf. 7 Tiragn (3604): 3605.37.1; Schlackentyp: SK (vollständig erhalten: 27 cm; 18,5 cm; 8,5 cm; 3580 g); Rand: ja (1a); Negativ: nein; Radius: unbest.; Randwinkel: unbest.; Matrix: heterogen; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig; Unterseite: kleinteilig strukturiert, eben (Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen).

Taf. 8 Tiragn (3604): 3605.44.1; Schlackentyp: SK (vollständig erhalten: 28 cm; 18,5 cm; 8,5 cm; 3570 g); Rand: ja (1a); Negativ: unbest.; Radius: unbest.; Randwinkel: unbest.; Matrix: heterogen; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig; Unterseite: kleinteilig strukturiert, eben (Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen).

Taf. 9 Ual da Val (2535): 18203.111.1; Schlackentyp: SK (fast vollständig erhalten: 17 cm; 16 cm; 5,3 cm; 1218 g); Rand: ja (1a); Negativ: nein; Radius: unbest.; Randwinkel: unbest.; Matrix: mittel; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig (positive Blasen; Tropfen; Wellen/Runzeln); Unterseite: wulstig, kleinteilig strukturiert, uneben (Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen).

Taf. 10 Ual da Val (2535): 18203.111.2; Schlackentyp: SK (Fragment: 16,5 cm; 15,5 cm; 7 cm; 1370 g); Rand: ja (1b); Negativ: nein; Radius: unbest.; Matrix: mittel; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig (positive Blasen; Tropfen; Wellen/Runzeln); Unterseite: wulstig, kleinteilig strukturiert, uneben (Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen; Wellen/Runzeln).

Taf. 11 Tignas Sot II (56325): 9974.2.1; Schlackentyp: SK (Fragment: 17,5 cm; 17,2 cm; 7,5 cm; 2037 g); Rand: ja (1b); Negativ: nein; Radius: 9 cm; Randwinkel: 90; Matrix: mittel; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig (Tropfen; Wellen/Runzeln); Unterseite: kleinteilig strukturiert, eben (Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen).

Taf. 12 Tignas Sot II (56325): 9974.2.2; Schlackentyp: SK (Fragment: 13,3 cm; 11,4 cm; 7,2 cm; 745 g); Rand: ja (1b); Negativ: nein; Radius: unbest.; Randwinkel: 50; Matrix: heterogen; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig (Tropfen; Wellen/Runzeln); Unterseite: kleinteilig strukturiert, eben (Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen).

Taf. 13 Parseiras II (2966): 18203.107.15; Schlackentyp: SK (Fragment: 14 cm; 7,3 cm; 18,5 cm; 1.636 g); Rand: ja (1a); Negativ: nein; Matrix: heterogen; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig (positive Blasen; Tropfen; Wellen/Runzeln); Unterseite: wulstig, kleinteilig strukturiert, uneben (Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen; Zapfen).

Taf. 14–15 Parseiras I (2945): 2946.1.1; Schlackentyp: SK (fast vollständig erhalten: 25,5 cm; 23,7 cm; 10,5 cm; 3899 g); Rand: ja (1b); Negativ: nein; Matrix: heterogen; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig (Tropfen; Wellen/Runzeln); Unterseite: wulstig, kleinteilig strukturiert, uneben (Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen; Wellen/Runzeln; Zapfen).

Taf. 16–17 Parseiras I (2945): 2946.1.2; Schlackentyp: SK (Fragment: 22 cm; 16,5 cm; 6,2 cm; 2075 g); Rand: ja; Negativ: unbest.; Matrix: heterogen; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig (positive Blasen, Tropfen; Wellen/Runzeln); Unterseite: kleinteilig strukturiert, eben (Tropfen).

Taf. 18 Parseiras I (2945): 2946.2.2; Schlackentyp: SK (Fragment: 13,1 cm; 8,5 cm; 6,1 cm; 541 g); Rand: ja (1a); Negativ: nein; Radius: unbest.; Randwinkel: unbest.; Matrix: heterogen; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig (Tropfen); Unterseite: kleinteilig strukturiert, eben (Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen).

Taf. 19 Gruba I (1852): 46680.587.1; Schlackentyp: SK (Fragment: 15,5 cm; 14 cm; 5,5 cm; 1145 g); Rand: ja (1a); Negativ: unbest.; Matrix: heterogen; Blasen: viele (groß); Oberseite: blasig/unruhig (positive Blasen); Unterseite: wulstig, kleinteilig strukturiert, uneben (Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen).

Taf. 20 Gruba I (1852): 46680.564.2; Schlackentyp: SK (Fragment: 11,6 cm; 8 cm; 3,9 cm; 288 g); Rand: ja (1a); Negativ: ja (2 cm; einzeln; parallel; unbest.; rund); Matrix: unbest.; Blasen: viele (groß); Oberseite: blasig/unruhig (positive Blasen; Wellen/Runzeln); Unterseite: wulstig, kleinteilig strukturiert, uneben (Tropfen).

Gruba I (1852): 46680.502.4; Schlackentyp: SK (Fragment: 10 cm; 7 cm; 4 cm; 289 g); Rand: ja (1a); Negativ: nein; Radius: unbest.; Randwinkel: unbest.; Matrix: heterogen; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig (Tropfen); Unterseite: kleinteilig strukturiert, eben (Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen).

Taf. 21 Gruba I (1852): 46680.513.1; Schlackentyp: SK (Fragment: 12 cm; 7 cm; 4 cm; 415 g); Rand: ja (1a); Negativ: nein; Matrix: heterogen; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig; Unterseite: kleinteilig strukturiert, eben (Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen); anhaftende PS

[Clavè d'Mez I, II oder III]: 32662.1.1; Schlackentyp: SK (Fragment: 6,5 cm; 6 cm; 4 cm; 160 g); Rand: nein; Negativ: ja (1,0 cm; einzeln; parallel; spitz; rund); Matrix: heterogen; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig (Wellen/Runzeln); Unterseite: kleinteilig strukturiert, eben (Negativabdrücke von Holz(kohle)).

Taf. 22 Clavè d'Mez IV (1868): 60934.9.1; Schlackentyp: SK (Fragment: 16 cm; 15,5 cm; 3,7 cm; 886 g); Rand: ja (1a); Negativ: ja (1,3 cm; mehrere; zulaufend; spitz; halbrund); Matrix: mittel; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig (Tropfen; Welle/Runzeln); Unterseite: kleinteilig strukturiert, eben (geplatzte Blasen; Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen; Wellen/Runzeln; Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Taf. 23 Clavè d'Mez IV (1868): 60934.9.2; Schlackentyp: SK (Fragment: 12 cm; 8,2 cm; 4,7 cm; 356 g); Rand: nein; Negativ: unbest.; Matrix: heterogen; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig (Tropfen; Wellen/Runzeln); Unterseite: kleinteilig strukturiert, eben (Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen).

Taf. 24 Alp Es-cha Dadour (1673): 1674.1.1; Schlackentyp: SK (vollständig erhalten: 18,5 cm; 11,7 cm; 5,4 cm; 1095 g); Rand: ja (1b); Negativ: nein; Randwinkel: 40; Matrix: heterogen; Blasen: viele (groß); Oberseite: wulstig (positive Blasen); Unterseite: wulstig, kleinteilig strukturiert, uneben (Negativabdrücke von Holz(kohle); Tropfen).

Massive Schlacken

Taf. 25 Gneida (2845): 18203.117.2; Schlackentyp: MS (Fragment: 7,1 cm; 6,6 cm; 2,7 cm; 1140 g); Rand: nein; Negativ: ja (1,3 cm; mehrere; unbest.; unbest.; halbrund/abgerundet); Matrix: mittel; Blasen: mittel (mittel); Oberseite: blasig/unruhig (positive Blasen; Wellen/Runzeln); Unterseite: wulstig, stark texturiert (geplatzte Blasen; Tropfen; Wellen/Runzeln).

Furnatsch (3682): 66759.4.2; Schlackentyp: MS (Fragment: 9,7 cm; 8,7 cm; 2,3 cm; 323 g); Rand: ja (3a); Negativ: ja (1,2 cm; einzeln; parallel; unbest.; halbrund/abgerundet); Radius: unbest.; Matrix: mittel; Blasen: wenige (mittel); Oberseite: blasig/unruhig (geplatzte Blasen; positive Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: gewellt, uneben (geplatzte Blasen; negative Blasen; Tropfen; Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Taf. 26 Furnatsch (3682): 66759.3.3; Schlackentyp: MS (Fragment: 8 cm; 5,5 cm; 2,2 cm; 178 g); Rand: ja (2b); Negativ: ja (1,9 cm; einzeln; parallel; eckig; eckig); Radius: unbest.; Randwinkel: 45; Matrix: mittel; Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach (Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: wulstig, stark texturiert (brüchig; Tropfen).

Furnatsch (3682): 66759.3.18; Schlackentyp: MS (Fragment: 6,7 cm; 5 cm; 2,4 cm; 128 g); Rand: nein; Negativ: ja (1,3 cm; einzeln; parallel; unbest.; halbrund/abgerundet); Matrix: unbestimmt; Blasen: wenige (mittel); Oberseite: flach (Bruch; geplatzte Blasen; pickelig); Unterseite: gewellt, uneben (negative Blasen; Brüchig; Blasenteppich (oberflächlich)).

Furnatsch (3682): 66759.4.13; Schlackentyp: MS (Fragment: 5,3 cm; 5,2 cm; 2,2 cm; 96 g); Rand: nein; Negativ: ja (1,1 cm; einzeln; zulaufend; spitz; rund); Matrix: mittel;

Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach (Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: gewellt, uneben (geplatzte Blasen; negative Blasen).

Taf. 27 Val Faller Plaz (2120): 46679.287.33; Schlackentyp: MS (Fragment: 19,7 cm; 13,8 cm; 1,9 cm; 1092 g); Rand: ja (2b); Negativ: ja (1,3 cm; mehrere; parallel; unbest.; halbrund/abgerundet); Radius: unbest.; Randwinkel: 35; Matrix: unbestimmt; Blasen: wenige (mittel); Oberseite: blasig/unruhig (geplatzte Blasen; positive Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: gewellt, uneben (geplatzte Blasen; negative Blasen; Tropfen; Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Taf. 28 Val Faller Plaz (2120): 46679.287.35; Schlackentyp: MS (Fragment: 15,7 cm; 15,2 cm; 3,5 cm; 991 g); Rand: unbest.; Negativ: ja (1,4 cm; einzeln; parallel; unbest.; halbrund/abgerundet); Matrix: mittel; Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach (positive Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: wulstig, stark texturiert (geplatzte Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); Tropfen; Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Val Faller Plaz (2120): 46679.287.45; Schlackentyp: MS (Fragment: 20,4 cm; 11,1 cm; 5,2 cm; 1069 g); Rand: ja (2a); Negativ: ja (1,4 cm; einzeln; parallel; unbest.; rund); Radius: 14 cm; Randwinkel: 45; Matrix: unbestimmt; Blasen: wenige (groß); Oberseite: blasig/unruhig (positive Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); Tropfen; Unterseite: wulstig, stark texturiert (brüchig; Tropfen; Zapfen).

Taf. 29 Val Faller Plaz (2120): 46679.287.36; Schlackentyp: MS (Fragment: 13,6 cm; 11,2 cm; 1,8 cm; 649 g); Rand: ja (2a); Negativ: unbest.; Radius: unbest.; Randwinkel: 45; Matrix: homogen; Blasen: wenige (groß); Oberseite: flach (positive Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: flach (negative Blasen; Tropfen).

Val Faller Plaz (2120): 46679.287.75; Schlackentyp: MS (Fragment: 9,2 cm; 8,5 cm; 1,6 cm; 248 g); Rand: ja (2a); Negativ: ja (1,1 cm; einzeln; unbest.; unbest.; halbrund/abgerundet); Radius: unbest.; Randwinkel: 40; Matrix: homogen; Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach (positive Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: wulstig, stark texturiert (Blasenteppich (oberflächlich)); Tropfen; Werkzeug-Negativ-Tropfen; Zapfen).

Taf. 30 Val Faller Plaz (2120): 46679.287.80; Schlackentyp: MS (Fragment: 11,9 cm; 7 cm; 2,5 cm; 343 g); Rand: ja (2b); Negativ: nein; Radius: 16 cm; Randwinkel: 50; Matrix: unbestimmt; Blasen: wenige (groß); Oberseite: blasig/unruhig (positive Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: gewellt, uneben (negative Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); Tropfen).

Val Faller Plaz (2120): 46679.287.118; Schlackentyp: MS (Fragment: 7,5 cm; 6,8 cm; 2,5 cm; 167 g); Rand: nein; Negativ: ja (2,2 cm; einzeln; unbest.; unbest.; eckig); Matrix: unbestimmt; Blasen: mittel (groß); Oberseite: flach (Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: wulstig, stark texturiert (negative Blasen; Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Taf. 31 Scalotta I (1842): 18191.6.1; Schlackentyp: MS (Fragment: 23 cm; 22,5 cm; 2,7 cm; 2416 g); Rand: ja (2a); Negativ: ja (1,1 cm; mehrere; parallel; spitz; halbrund/abgerundet); Radius: 15 cm; Randwinkel: 45; Matrix: mittel; Blasen: wenige (mittel); Oberseite: blasig/unruhig (geplatzte Blasen; positive Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: gewellt, uneben (geplatzte Blasen; negative Blasen; Tropfen).

Taf. 32 Scalotta I (1842): 18191.3.1; Schlackentyp: MS (Fragment: 20 cm; 16,5 cm; 2,3 cm; 1198 g); Rand: ja (2a); Negativ: ja (1,2 cm; mehrere; parallel; spitz; rund); Radius: unbest.; Randwinkel: 55; Matrix: mittel; Blasen: wenige (mittel); Oberseite: flach (geplatzte Blasen; positive Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: gewellt, uneben (geplatzte Blasen; negative Blasen; Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Taf. 33 Scalotta I (1842): 18191.11.1; Schlackentyp: MS (Fragment: 21 cm; 15,5 cm; 3,4 cm; 1241 g); Rand: ja (2b); Negativ: nein; Radius: 15 cm; Randwinkel: 40; Matrix: mittel; Blasen: wenige (mittel); Oberseite: blasig/unruhig (positive Blasen; Blasenteppich (oberflächlich); Wellen/Runzeln); Unterseite: wulstig, stark texturiert (negative Blasen; Blasenteppich (oberflächlich); Tropfen).

Taf. 34 Scalotta I (1842): 18191.9.3; Schlackentyp: MS (Fragment: 14 cm; 13 cm; 3,1 cm; 779 g); Rand: ja (2a); Negativ: ja (1,5 cm; wiederholt; unbest.; rund; rund); Matrix: unbestimmt; Blasen: wenige (klein); Oberseite: blasig/unruhig (Bruch; geplatzte Blasen; positive Blasen; Blasenteppich (oberflächlich); pickelig; Wellen/Runzeln); Unterseite: wulstig, stark texturiert (geplatzte Blasen; negative Blasen; Brüchig; Blasenteppich (oberflächlich); Tropfen; W; Werkzeug-Negativ-Tropfen; Zapfen).

Gruba I (1852): 46680.568.5; Schlackentyp: MS (Fragment (in zwei Teilen): 13,5 cm; 10 cm; 2,3 cm; 547 g); Rand: nein; Negativ: ja (2, 3 cm; mehrere; zulaufend; rund; halbrund); Matrix: heterogen; Blasen mittel (mittel); Oberseite: flach (Wellen/Runzeln); Unterseite: gewellt, uneben (negative Blasen; Bruch; Tropfen; Werkzeug-Negativ-Tropfen; Zapfen).

Taf. 35 Gruba I (1852): 46680.523.2; Schlackentyp: MS (Fragment: 13, 5 cm; 8 cm; 2,6 cm; 475 g); Rand: nein; Negativ: ja (1,5 cm; einzeln; parallel; unbest.; rund); Matrix: mittel; Blasen: mittel (groß); Oberseite: flach (Blasenteppich (oberflächlich); positive Blasen); Unterseite: gewellt, uneben (negative Blasen; geplatzte Blasen; Bruch; Tropfen).

Gruba I (1852): 1853.1.1; Schlackentyp: MS (Fragment: 7,8 cm; 6,6 cm; 1,9 cm; 180 g); Rand: nein; Negativ: ja (1,1 cm; einzeln; parallel; rund; rund); Matrix: mittel; Blasen: wenige (mittel); Oberseite: flach (Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: gewellt, uneben (Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Burgfelsen (1845): 18203.75.17; Schlackentyp: MS (Fragment: 7 cm; 6,5 cm; 2,1 cm; 128 g); Rand: nein; Negativ: ja (0,9 cm; einzeln; parallel; eckig; eckig); Matrix:

homogen; Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach (Blasenteppich (oberflächlich)); Wellen/Runzeln); Unterseite: wulstig, stark texturiert (negative Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Taf. 36 Pardeala (1846): 1847.2.5; Schlackentyp: MS (Fragment: 12,5 cm; 10 cm; 3,9 cm; 975 g); Rand: ja (2a); Negativ: ja (1,9 cm; einzeln; zulaufend; rund; eckig); Radius: unbest.; Randwinkel: 50; Matrix: mittel; Blasen: mittel (mittel); Oberseite: blasig/unruhig (positive Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: gewellt, uneben (geplatze Blasen; negative Blasen; brüchig; Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Pardeala (1846): 1847.3.2; Schlackentyp: MS (Fragment: 22 cm; 14,5 cm; 2,2 cm; 1499 g); Rand: ja (2a); Negativ: ja (1,7 cm; einzeln; zulaufend; unbest.; halbrund/abgerundet); Radius: unbest.; Randwinkel: 55; Matrix: mittel; Blasen: mittel (groß); Oberseite: flach (Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: gewellt, uneben (negative Blasen; Tropfen; Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Taf. 37 Pardeala (1846): 1847.2.7; Schlackentyp: MS (Fragment: 17,5 cm; 12 cm; 2,7 cm; 867 g); Rand: ja (3a); Negativ: ja (1 cm; einzeln; unbest.; unbest.; halbrund/abgerundet); Radius: 15 cm; Matrix: mittel; Blasen: wenige (groß); Oberseite: blasig/unruhig (Blasenteppich (oberflächlich)); Tropfen; Wellen/Runzeln); Unterseite: gewellt, uneben (negative Blasen; Tropfen).

Alp Natons (1870): 18203.49.1; Schlackentyp: MS (Fragment: 15 cm; 12 cm; 3 cm; 774 g); Rand: ja (2a); Negativ: ja (1,2 cm; einzeln; parallel; unbest.; eckig); Radius: 16 cm; Randwinkel: 38; Matrix: heterogen; Blasen: wenige (groß); Oberseite: flach (positive Blasen; Blasenteppich (oberflächlich); pickelig); Unterseite: wulstig, stark texturiert (negative Blasen; brüchig; Tropfen; Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Taf. 38 Skilift (18270): 18203.72.1; Schlackentyp: MS (Fragment: 14 cm; 11 cm; 4,5 cm; 570 g); Rand: ja (2a); Negativ: nein; Radius: 19 cm; Randwinkel: 40; Matrix: heterogen; Blasen: viele (mittel); Oberseite: blasig/unruhig (positive Blasen; pickelig); Unterseite: wulstig, stark texturiert (geplatze Blasen; negative Blasen; Tropfen).

Ober-Juppa I (18269): 18203.130.4; Schlackentyp: MS (Fragment: 5,8 cm; 5,6 cm; 1,7 cm; 76 g); Rand: nein; Negativ: ja (1,2 cm; einzeln; zulaufend; spitz; eckig); Matrix: glasig mittel; Blasen: wenige (sehr klein); Oberseite: flach (Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: gewellt, uneben (brüchig; Tropfen; Wellen/Runzeln).

Taf. 39 Plaun Grand (18132): 18203.91.1; Schlackentyp: MS (Fragment: 17,5 cm; 11,2 cm; 2,8 cm; 680 g); Rand: ja (2a); Negativ: nein; Randwinkel: 30; Matrix: glasig heterogen; Blasen: viele (klein); Oberseite: flach (geplatze Blasen; Wellen/Runzeln); Unterseite: wulstig, stark texturiert (Tropfen; Wellen/Runzeln; Zapfen).

Plaun Grand (18132): 18203.90.8; Schlackentyp: MS (Fragment: 13,5 cm; 11,5 cm; 3 cm; 487 g); Rand: ja (3a); Negativ: nein; Radius: unbest.; Matrix: heterogen; Bla-

sen: mittel (mittel); Oberseite: blasig/unruhig (Bruch; geplatze Blasen; positive Blasen; pickelig; Tropfen); Unterseite: wulstig, stark texturiert (negative Blasen; Tropfen; Wellen/Runzeln).

Plattenschlacken, Subtyp A

Taf. 40 N Riom (2504): 18203.118.1; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 4,5 cm; 9,3 cm; 1,45 cm; 102 g); Rand: nein; Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach (Wellen/Runzeln); Unterseite: gewellt, uneben.

Tignas Sot III (64189): 9974.2.4; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 6,8 cm; 5,4 cm; 1,3 cm; 62 g); Rand: ja (2b); Negativ: nein; Radius: unbest.; Randwinkel: 55; Matrix: homogen; Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach (Tropfen; Wellen/Runzeln); Unterseite: flach (Tropfen).

Parseiras II (2966): 18203.107.20; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 9,1 cm; 9,1 cm; 1,4 cm; 204 g); Rand: nein; Negativ: nein; Matrix: mittel; Blasen: wenige (groß); Oberseite: flach (Tropfen; Wellen/Runzeln); Unterseite: wulstig, stark texturiert (negative Blasen; Tropfen; Wellen/Runzeln).

Taf. 41 Val Faller Plaz (2120): 46679.287.127; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 12,1 cm; 11,6 cm; 1,3 cm; 417 g); Rand: ja (2b); Negativ: ja (1,5 cm; wiederholt; parallel; unbest.; eckig); Radius: unbest.; Randwinkel: 40; Matrix: homogen; Blasen: wenige (mittel); Oberseite: flach (Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: flach (negative Blasen; Tropfen; Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Val Faller Plaz (2120): 46679.278.27; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 8,2 cm; 5,6 cm; 1,2 cm; 86 g); Rand: ja (3a); Negativ: nein; Radius: unbest.; Randwinkel: unbest.; Matrix: unbestimmt; Blasen: mittel (mittel); Oberseite: flach (positive Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: gewellt, uneben (negative Blasen).

Taf. 42 Val Faller Plaz (2120): 46679.287.138; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 11,3 cm; 8,6 cm; 1,1 cm; 233 g); Rand: ja (3a); Negativ: unbest.; Radius: unbest.; Matrix: homogen; Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach (Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: flach (negative Blasen; Tropfen).

Val Faller Plaz (2120): 46679.278.29; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 7,4 cm; 5,6 cm; 1,4 cm; 87 g); Rand: nein; Negativ: ja (0,9 cm; wiederholt; parallel; unbest.; halbrund/abgerundet); Matrix: unbestimmt; Blasen: keine; Oberseite: flach (Wellen/Runzeln); Unterseite: flach (negative Blasen; Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Scalotta I (1842): 18191.7.2; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 8,9 cm; 7,2 cm; 1,15 cm; 86 g); Rand: ja (3c); Negativ: nein; Radius: unbest.; Matrix: homogen; Blasen: wenige (mittel); Oberseite: flach (Wellen/Runzeln); Unterseite: gewellt, uneben.

Taf. 43 Scalotta I (1842): 18191.11.2; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 10,2 cm; 9 cm; 1,45 cm; 216 g); Rand: unbest.; Negativ: ja (1,6 cm; mehrere; zulaufend; spitz; eckig); Matrix: mittel; Blasen: wenige (sehr klein); Oberseite: flach (Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: gewellt, uneben (geplatze Blasen; negative Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); Tropfen; Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Scalotta II (1872): 1873.1.4; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 12 cm; 8,5 cm; 1,3 cm; 222 g); Rand: nein; Negativ: ja (0,6 cm; einzeln; parallel; spitz; halbrund/abgerundet); Matrix: homogen; Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach (positive Blasen); Unterseite: wulstig, stark texturiert (Tropfen).

Taf. 44 Gruba I (1852): 46680.573.25; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 7,6 cm; 6,8 cm; 1,45 cm; 161 g); Rand: ja (2b); Negativ: nein; Radius: unbest.; Randwinkel: 40°; Matrix: mittel; Blasen: wenig (mittel); Oberseite: flach; Unterseite: gewellt, uneben (Blasenteppich (oberflächlich)); Tropfen).

Gruba I (1852): 46680.508.7; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 5 cm; 3,8 cm; 1,3 cm; 31 g); Rand: nein; Negativ: ja (1,1 cm; einzeln; parallel; abgerundet; halbrund); Matrix: mittel; Blasen: mittel (groß); Oberseite: flach (Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: gewellt, uneben (negative Blasen).

Burgfelsen (1845): 18203.75.30; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 6,2 cm; 5 cm; 1,4 cm; 70 g); Rand: ja (3b); Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach (Bruch; Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: flach (brüchig; Blasenteppich (oberflächlich)).

Pardeala (1846): 1847.2.11; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 10,8 cm; 8,5 cm; 1,4 cm; 261 g); Rand: nein; Negativ: ja (0,9 cm; mehrere; parallel; spitz; eckig); Matrix: mittel; Blasen: wenige (sehr klein); Oberseite: flach (geplatze Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: wulstig, stark texturiert (brüchig; Blasenteppich (oberflächlich)); Tropfen).

Taf. 45 Pareis II (1844): 54560.3.9; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 7,4 cm; 5,3 cm; 1,3 cm; 95 g); Rand: ja (2b); Negativ: nein; Radius: unbest.; Randwinkel: 40; Matrix: homogen; Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach (Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: gewellt, uneben (Blasenteppich (oberflächlich)); Wellen/Runzeln).

Pareis II (1844): 54560.2.5; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 8 cm; 6,1 cm; 1,3 cm; 145 g); Rand: ja (2b); Negativ: ja (1,5 cm; einzeln; unbest.; rund; eckig); Radius: 13 cm; Randwinkel: 40; Matrix: mittel; Blasen: wenige (sehr klein); Oberseite: flach (Bruch; pickelig); Unterseite: gewellt, uneben (Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Clavé d'Mez IV (1868): 60934.8.3; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 9 cm; 8,2 cm; 1,45 cm; 187 g); Rand: ja (2b); Negativ: unbest.; Radius: 14 cm; Randwinkel: 55; Matrix: homogen; Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach (posi-

tive Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: gewellt, uneben.

Skilift (18270): 18203.126.2; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 9,5 cm; 7,5 cm; 1,45 cm; 138 g); Rand: ja (3c); Negativ: nein; Matrix: heterogen; Blasen: mittel (klein); Oberseite: flach (geplatze Blasen; positive Blasen; pickelig; Wellen/Runzeln); Unterseite: gewellt, uneben (Blasenteppich (oberflächlich)); Tropfen; Wellen/Runzeln).

Taf. 46 Plaun Grand (18132): 18203.90.12; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 17,5 cm; 12 cm; 1,4 cm; 443 g); Rand: ja (3a); Negativ: nein; Radius: unbest.; Matrix: glasig heterogen; Blasen: viele (klein); Oberseite: blasig/unruhig (positive Blasen; pickelig; Tropfen); Unterseite: gewellt, uneben (negative Blasen; brüchig; Tropfen; Zapfen).

Plaun Grand (18132): 18203.90.18; Schlackentyp: PS-A (Fragment: 14 cm; 9 cm; 1,1 cm; 189 g); Rand: ja (3a); Negativ: nein; Radius: unbest.; Matrix: glasig heterogen; Blasen: viele (sehr klein); Oberseite: blasig/unruhig (Bruch; geplatze Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)); pickelig; Unterseite: gewellt, uneben (brüchig; Tropfen; Wellen/Runzeln).

Plattenschlacken, Subtyp B

Taf. 47 Dafora (723): 724.1.5; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 7,1 cm; 6,6 cm; 0,6 cm; 59 g); Rand: ja (3b); Negativ: nein; Radius: unbest.; Matrix: homogen; Blasen: wenig (mittel); Oberseite: flach (Wellen/Runzeln); Unterseite: flach (Wellen/Runzeln).

Dafora (723): 724.1.86; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 6,9 cm; 5,8 cm; 0,96 cm; 40 g); Rand: nein; Negativ: ja (unbest.; einzeln; unbest.; eckig); Matrix: homogen; Blasen: wenig (mittel); Oberseite: flach (Wellen/Runzeln; Wasserspritze?); Unterseite: flach (Wellen/Runzeln).

Ual da Val (2535): 18203.110.14; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 4,8 cm; 4,1 cm; 0,55 cm; 16 g); Rand: nein; Negativ: ja (0,9 cm; einzeln; zulaufend; unbest.; unbest.); Matrix: homogen; Blasen: wenige (sehr klein); Oberseite: flach (Wellen/Runzeln); Unterseite: flach (Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Motta Mola (2522): 69196.1.5; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 3 cm; 1,5 cm; 0,5 cm; 4 g); Rand: ja (3b); Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach; Unterseite: flach.

Taf. 48 Tignas Sot II (56325): 9974.1.5; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 17,2 cm; 7,5 cm; 0,7 cm; 268 g); Rand: ja (3a); Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach; Unterseite: flach.

Tignas Sot II (56325): 9974.1.4; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 6,3 cm; 6,2 cm; 1,3 cm; 83 g); Rand: nein; Negativ: unbest.; Matrix: mittel; Blasen: wenige (mittel);

Oberseite: flach (Tropfen; Zapfen Wellen/Runzeln); Unterseite: gewellt, uneben (Tropfen; Wellen/Runzeln).

Son Martegn (2943): 32662.13.11; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 9 cm; 8,4 cm; 0,6 cm; 88 g); Rand: ja (3b); Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach (Tropfen; Wellen/Runzeln); Unterseite: gewellt, uneben.

Taf. 49 Val Faller Plaz (2120): 46679.278.34; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 10,3 cm; 7,3 cm; 0,9 cm; 132 g); Rand: ja (3b); Negativ: nein; Matrix: unbestimmt; Blasen: keine; Oberseite: flach (Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: flach (negative Blasen).

Val Faller Plaz (2120): 46679.278.31; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 15,3 cm; 12 cm; 0,5 cm; 236 g); Rand: ja (3b); Negativ: ja (1,6 cm; mehrere; zulaufend; spitz; eckig); Radius: 15 cm; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach (geplatzte Blasen); Unterseite: flach.

Val Faller Plaz (2120): 46679.278.32; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 12,1 cm; 11 cm; 0,5 cm; 185 g); Rand: ja (3b); Negativ: ja (unbest.; einzeln; unbest.; unbest.); Radius: 16 cm; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach (geplatzte Blasen; positive Blasen); Unterseite: flach (Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Taf. 50 Val Faller Plaz (2120): 46679.287.162; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 10,5 cm; 9,8 cm; 0,5 cm; 121 g); Rand: ja (2b); Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach (geplatzte Blasen; Wellen/Runzeln); Unterseite: flach (brüchig; Wellen/Runzeln).

Val Faller Plaz (2120): 32662.10.8; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 4 cm; 3,5 cm; 0,5 cm; 18 g); Rand: nein; Negativ: ja (1,5 cm; wiederholt; unbest.; unbest.; eckig); Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach (geplatzte Blasen); Unterseite: flach.

Val Faller Plaz (2120): 46679.278.42; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 7,4 cm; 7,2 cm; 0,52 cm; 75 g); Rand: nein; Negativ: ja (1,3 cm; mehrere; zulaufend; unbest.; eckig); Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach; Unterseite: flach (Werkzeug-Negativ-Tropfen).

Val Faller Plaz (2120): 46679.278.43; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 7,8 cm; 5,4 cm; 0,7 cm; 64 g); Rand: nein; Negativ: ja (0,9 cm; einzeln; parallel; unbest.; halbrund); Matrix: homogen; Blasen: mittel (klein); Oberseite: flach; Unterseite: flach (negative Blasen).

Taf. 51 Val Faller Plaz (2120): 46679.287.187; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 10,5 cm; 6,5 cm; 0,65 cm; 103 g); Rand: nein; Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach (Wellen/Runzeln); Unterseite: flach (Bruch).

Alp Flix I (3683): 32662.9.2; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 6 cm; 4,5 cm; 0,9 cm; 52 g); Rand: nein; Negativ: ja (1,0 cm; mehrere; parallel; unbest.; halbrund/abgerundet); Matrix: mittel; Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach (Blasenteppich (oberflächlich)); Unterseite: gewellt, uneben (negative Blasen; Blasenteppich (oberflächlich)).

Gruba I (1852): 46680.585.16; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 5,7 cm; 5,4 cm; 0,65 cm; 38g); Rand: ja (3b); Negativ: ja (1,7 cm; einzeln; unbest.; abgerundet; eckig/flach?); Matrix: homogen; Blasen: wenige (mittel); Oberseite: flach (Tropfen); Unterseite: flach (negative Blasen).

Gruba I (1852): 46680.585.3; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 7,5 cm; 6 cm; 0,8 cm; 96 g); Rand: ja (3b); Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach (Wellen/Runzeln); Unterseite: flach (negative Blasen).

Gruba I (1852): 46680.502.37; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 4,8 cm; 3,9 cm; 0,75 cm; 36 g); Rand: nein; Negativ: ja (1,2 cm; einzeln; unbest.; unbest.; halbrund); Matrix: homogen; Blasen: wenige (groß); Oberseite: flach (Blasenteppich (oberflächlich)); flach (negative Blasen; Negativ-Abdruck-Tropfen).

Taf. 52 Burgfelsen (1845): 18203.75.38; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 5,9 cm; 3,8 cm; 0,7 cm; 31 g); Rand: nein; Negativ: ja (0,4 cm; einzeln; zulaufend; spitz; halbrund); Matrix: homogen; Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach; Unterseite: flach (negative Blasen).

Pra Miez (18254): 18203.82.1; Schlackentyp: PS-B (Fragment: 4,5 cm; 4,4 cm; 0,65 cm; 28 g); Rand: ja (3a); Negativ: unbest.; Matrix: homogen; Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach; Unterseite: flach (negative Blasen; brüchig).

Plattenschlacken, Subtyp C

Taf. 53 Dafora (723): 724.1.41; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 3,6 cm; 3,5 cm; 0,4 cm; 15 g); Rand: ja (3c); Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach (geplatzte Blasen); Unterseite: flach (negative Blasen).

Ual da Val (2535): 2536.1.7; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 3 cm; 2,7 cm; 0,3 cm; 8 g); Rand: ja (3c); Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach (Wellen/Runzeln); Unterseite: flach.

Tignas Sot II (56325): 9974.1.22; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 6,6 cm; 6,2 cm; 0,4 cm; 50 g); Rand: ja (2b); Negativ: nein; Radius: 22 cm; Randwinkel: 42; Matrix: homogen; Blasen: wenige (klein); Oberseite: flach (Negativabdrücke von Holz(kohle); Wellen/Runzeln); Unterseite: flach (negative Blasen; Wellen/Runzeln).

Tignas Sot II (56325): 9974.1.30; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 4,7 cm; 4,2 cm; 0,4 cm; 15 g); Rand: nein; Negativ: ja (0,7 cm; einzeln; parallel; rund; eckig); Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach (Wellen/Runzeln); Unterseite: flach (negative Blasen).

Son Martegn (2943): 32662.13.16; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 4,5 cm; 3,8 cm; 0,45 cm; 19 g); Rand: ja (3c); Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach (Wellen/Runzeln); Unterseite: flach (brüchig).

Son Martegn (2943): 32662.13.30; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 5,3 cm; 4,5 cm; 0,45 cm; 23 g); Rand: nein; Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach (Wellen/Runzeln; Wasserspritzer?); Unterseite: flach (Wellen/Runzeln).

Taf. 54 Parseiras I (2945): 2946.2.12; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 7,3 cm; 5 cm; 0,25 cm; 29 g); Rand: ja (3b); Negativ: nein; Radius: 11 cm; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach (Wellen/Runzeln); Unterseite: flach.

Parseiras I (2945): 2946.2.21; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 6,4 cm; 4,7 cm; 0,45 cm; 28 g); Rand: nein; Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach (Wellen/Runzeln; Tropfen); Unterseite: flach (Wellen/Runzeln).

Furnatsch (3682): 66759.2.19; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 7,5 cm; 6 cm; 0,4 cm; 42 g); Rand: ja (3b); Negativ: unbest.; Radius: 7 cm; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach; Unterseite: flach.

Val Faller Plaz (2120): 46679.287.194; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 8,9 cm; 5,3 cm; 0,4 cm; 61 g); Rand: ja (3b); Negativ: ja (1,0 cm; einzeln; unbest.; unbest.; flach/eckig?); Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach (Wellen/Runzeln); Unterseite: flach.

Val Faller Plaz (2120): 46679.287.197; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 8 cm; 7,9 cm; 0,35 cm; 77 g); Rand: ja (3b); Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach; Unterseite: flach.

Val Faller Plaz (2120): 46679.287.227; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 6,9 cm; 6,8 cm; 0,4 cm; 46 g); Rand: nein; Negativ: ja (1,1 cm; einzeln; zulaufend; rund; eckig); Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach; Unterseite: flach (negative Blasen).

Taf. 55 Val Faller Plaz (2120): 46679.287.229; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 8,8 cm; 6 cm; 0,3 cm; 35 g); Rand: nein; Negativ: ja (1,4 cm; einzeln; zulaufend; spitz; flach/eckig?; Holztextur); Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach; Unterseite: flach.

Pardeala (1846): 1847.2.16; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 11 cm; 5,3 cm; 0,4 cm; 47 g); Rand: ja (3b); Negativ: nein; Radius: 12 cm; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach (Wellen/Runzeln); Unterseite: flach (Wellen/Runzeln).

Fuortga (283): 284.3.6; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 4,8 cm; 3,5 cm; 0,4 cm; 21 g); Rand: ja (3c); Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach; Unterseite: flach.

Fuortga (283): 284.3.9; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 3,2 cm; 2,4 cm; 0,3 cm; 6 g); Rand: ja (3b); Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach; Unterseite: flach.

Skilift (18270): 18203.124.5; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 5,3 cm; 3,8 cm; 0,2 cm; 14 g); Rand: ja (3c); Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach

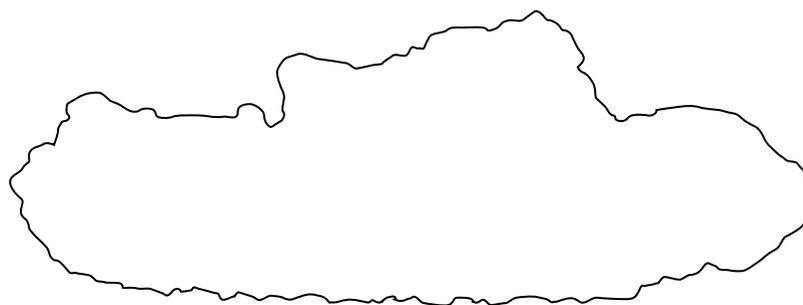
(Bruch; positive Blasen; Wellen/Runzeln); Unterseite: flach.

Skilift (18270): 18203.124.11; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 2,8 cm; 2,2 cm; 0,2 cm; 4 g); Rand: ja (3c); Negativ: nein; Radius: unbest.; Randwinkel: unbest.; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach (positive Blasen; Wellen/Runzeln); Unterseite: flach (Wellen/Runzeln).

Taf. 56 Plaun Grand (18132): 18203.91.3; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 6,3 cm; 5,4 cm; 0,45 cm; 44 g); Rand: ja (3b); Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach (geplatzte Blasen); Unterseite: flach.

Alp Es-cha Dadour (1673): 1674.1.4; Schlackentyp: PS-C (Fragment: 8,4 cm; 6 cm; 0,35 cm; 34 g); Rand: nein; Negativ: nein; Matrix: homogen; Blasen: keine; Oberseite: flach (Wellen/Runzeln); Unterseite: flach (Wellen/Runzeln).

Untere Talstufe
Stierva Tiragn
Schlackenkuchen



3605.2.1 (OS)



M 1:2

Untere Talstufe
Stierva Tiragn
Schlackenkuhen



3605.2.1 (US)



M 1:2

241

Untere Talstufe
Stierva Tiragn
Schlackenkuchen



3605.4.1 (OS)



M 1:2

Untere Talstufe
Stierva Tiragn
Schlackenkuhen



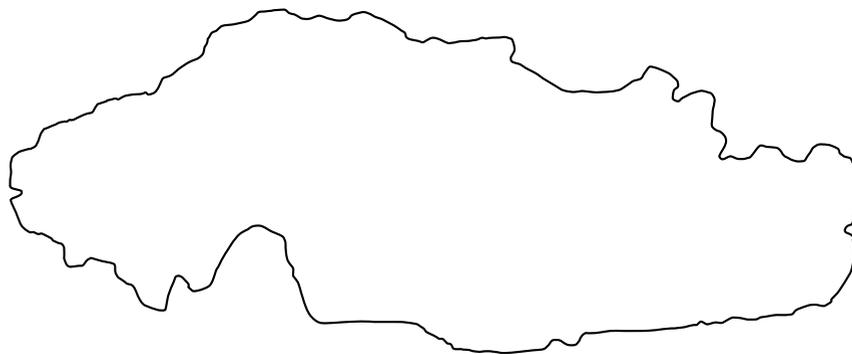
3605.4.1 (US)



M 1:2

243

Untere Talstufe
Stierva Tiragn
Schlackenkuchen



Untere Talstufe
Stierva Tiragn
Schlackenkuhen

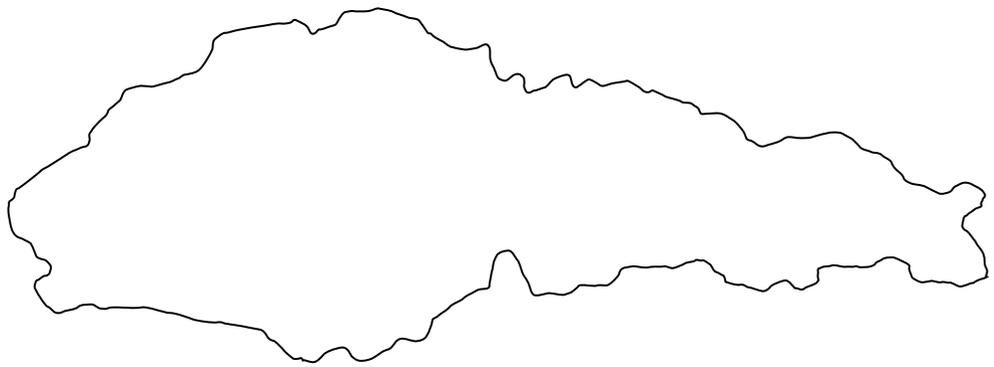


3605.36.1 (US)

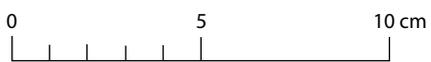


M 1:2

Untere Talstufe
Stierva Tiragn
Schlackenkuhen

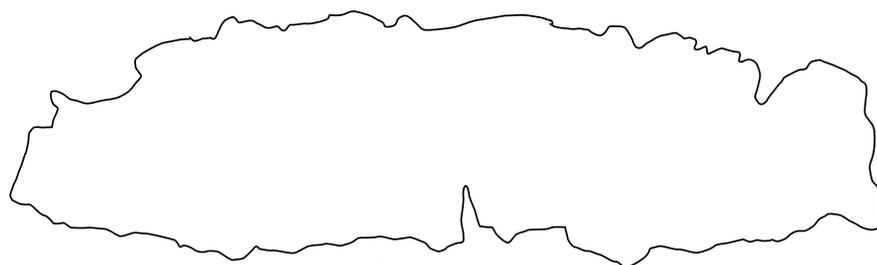


3605.37.1



M 1:2

Untere Talstufe
Stierva Tiragn
Schlackenkuhen

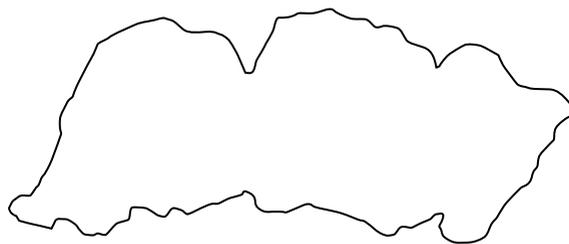


3605.44.1



M 1:2

Untere Talstufe
Ual da Val
Schlackenkuchen

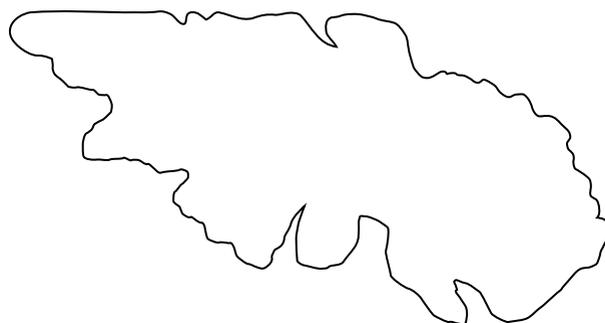


18203.111.1

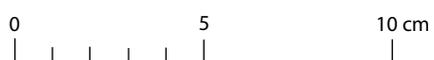


M 1:2

Untere Talstufe
Ual da Val
Schlackenkuchen

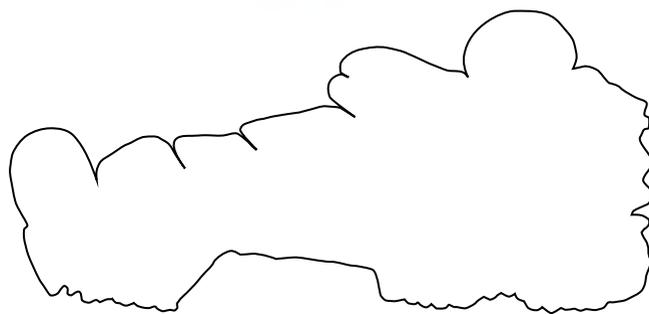


18203.111.2



M 1:2

Untere Talstufe
Tignas Sot II
Schlackenkuchen

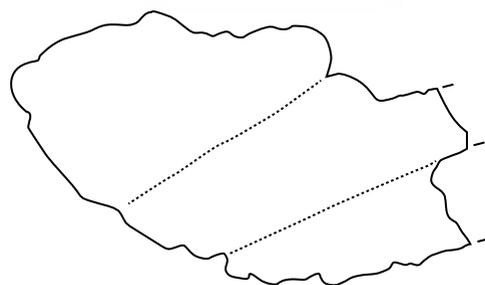
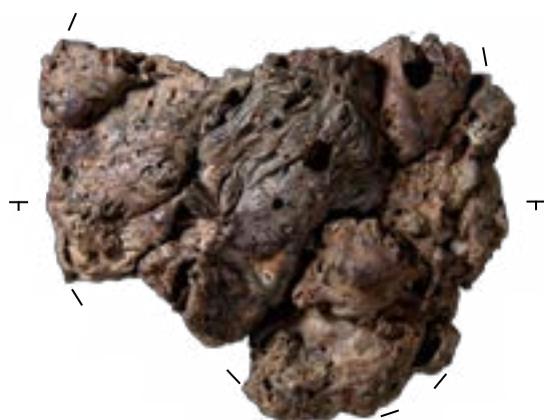


9974.2.1

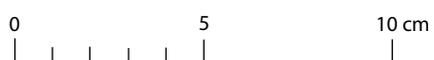


M 1:2

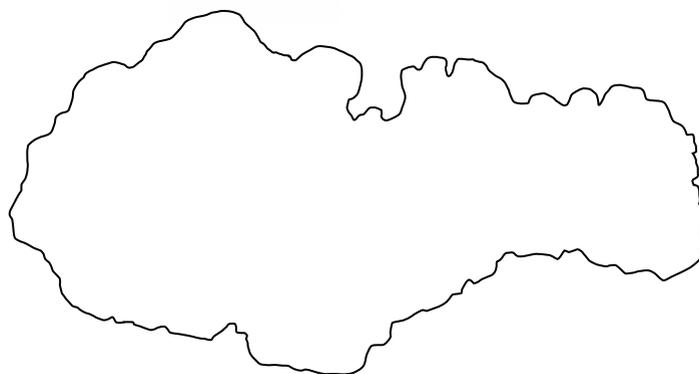
Untere Talstufe
Tignas Sot II
Schlackenkuochen



9974.2.2



Untere Talstufe
Parseiras II
Schlackenkuchen



18203.107.15



M 1:2

Untere Talstufe
Parseiras I
Schlackenku



2946.1.1 (OS)



Untere Talstufe
Parseiras I
Schlackenkuchen



2946.1.1 (US)

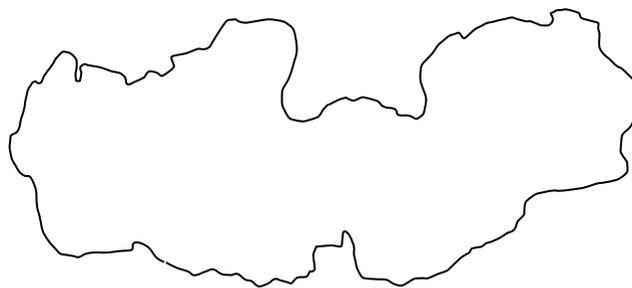


M 1:2

Untere Talstufe
Parseiras I
Schlackenkuchen



2946.1.2 (OS)



Untere Talstufe
Parseiras I
Schlackenkuchen

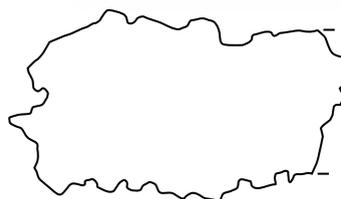


2946.1.2 (US)



M 1:2

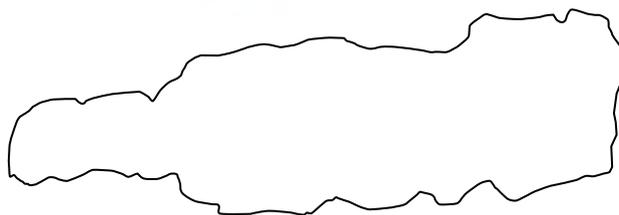
Untere Talstufe
Parseiras I
Schlackenkuichen



2946.2.2



Obere Talstufe
Gruba I
Schlackenkuchen

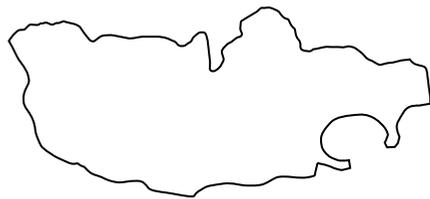


46680.587.1

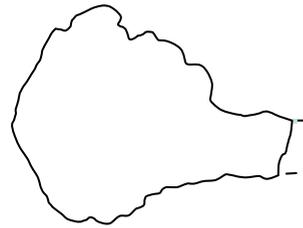


M 1:2

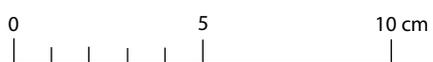
Obere Talstufe
Gruba I
Schlackenkuochen



46680.564.2

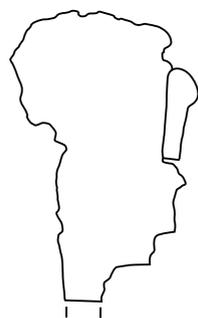
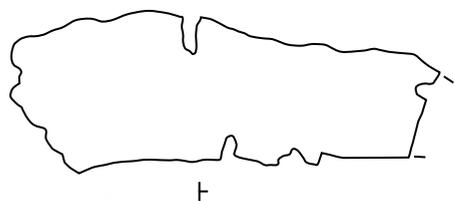


46680.502.4

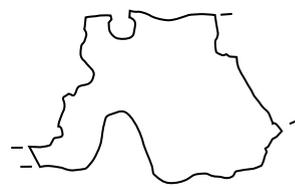


M 1:2

Obere Talstufe
Gruba I
Schlackenkuchen



46680.513.1

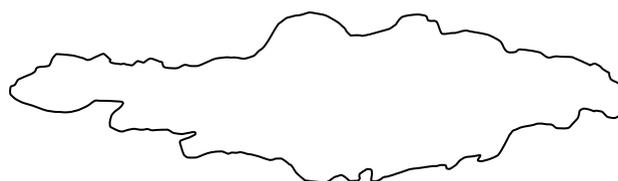


32662.1.1



M 1:2

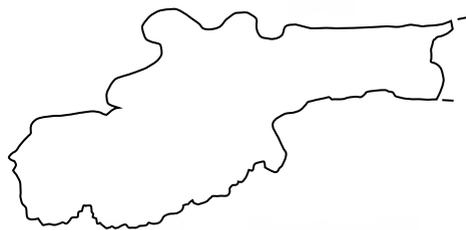
Obere Talstufe
Clavè d'Mez IV
Schlackenkuhen



60934.9.1



Obere Talstufe
Clavè d'Mez IV
Schlackenkuhen

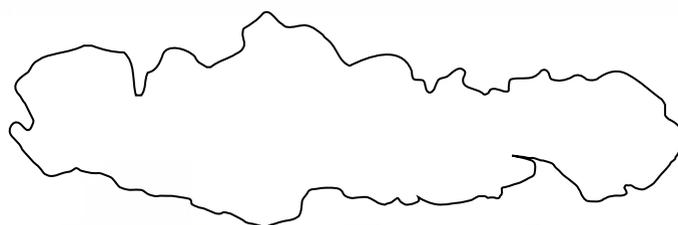


60934.9.2



M 1:2

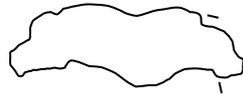
Engadin
Alp Es-cha Dadour
Schlackenkuhen



1674.1.1



Untere Talstufe
Gneida
massive Schlacke



18203.117.2

Obere Talstufe
Furnatsch
massive Schlacke



66759.4.2



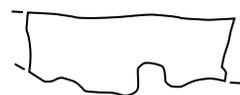
Obere Talstufe
Furnatsch
massive Schlacke



66759.3.3



66759.3.18



66759.4.13



M 1:2

Obere Talstufe
Val Faller Plaz
massive Schlacke

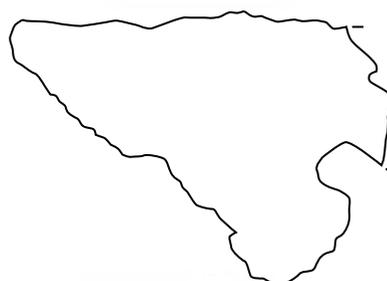
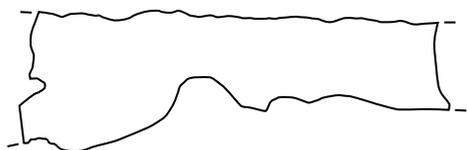
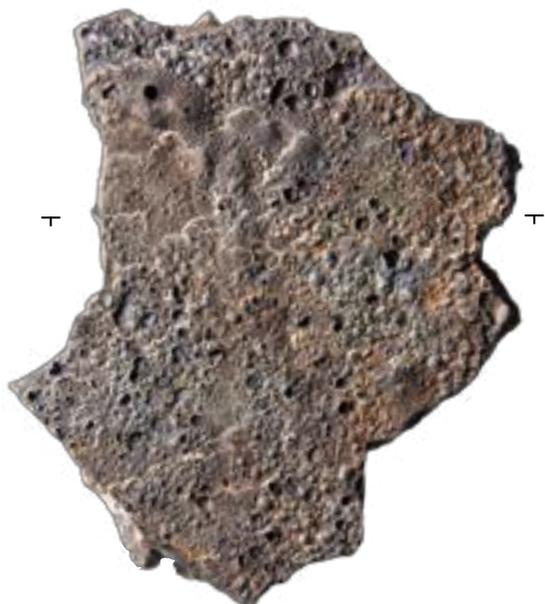


46679.287.33



M 1:2

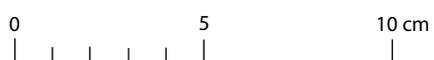
Obere Talstufe
Val Faller Plaz
massive Schlacke



46679.287.35

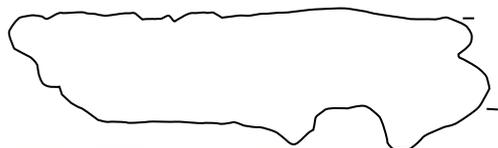


46679.287.45

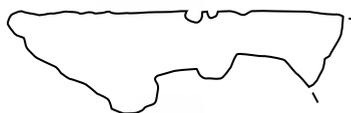
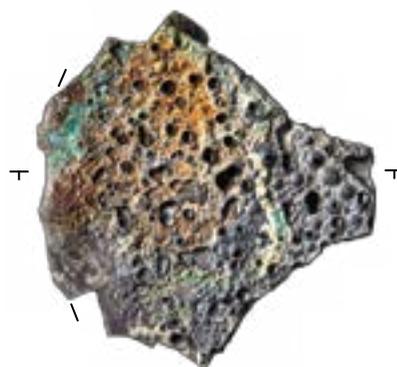


M 1:2

Obere Talstufe
Val Faller Plaz
massive Schlacke



46679.287.36

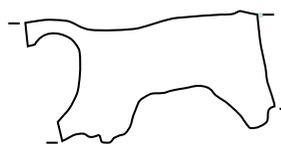


46679.287.75



M 1:2

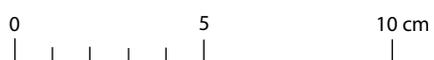
Obere Talstufe
Val Faller Plaz
massive Schlacke



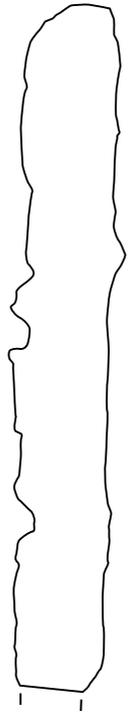
46679.287.80



46679.287.118



Obere Talstufe
Scalotta I
massive Schlacke

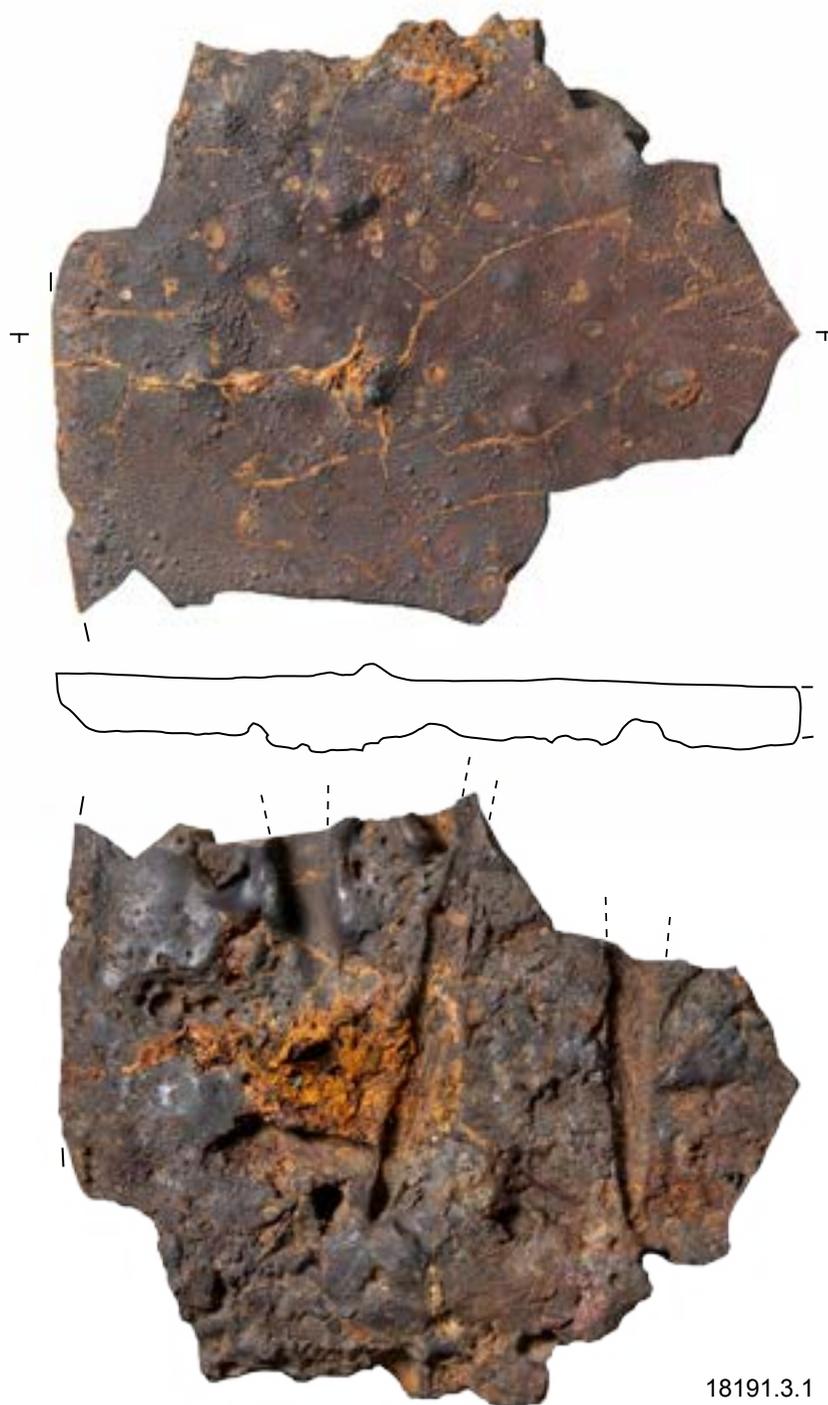


18191.6.1

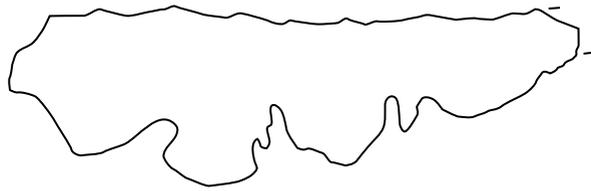


M 1:2

Obere Talstufe
Scalotta I
massive Schlacke



Obere Talstufe
Scalotta I
massive Schlacke

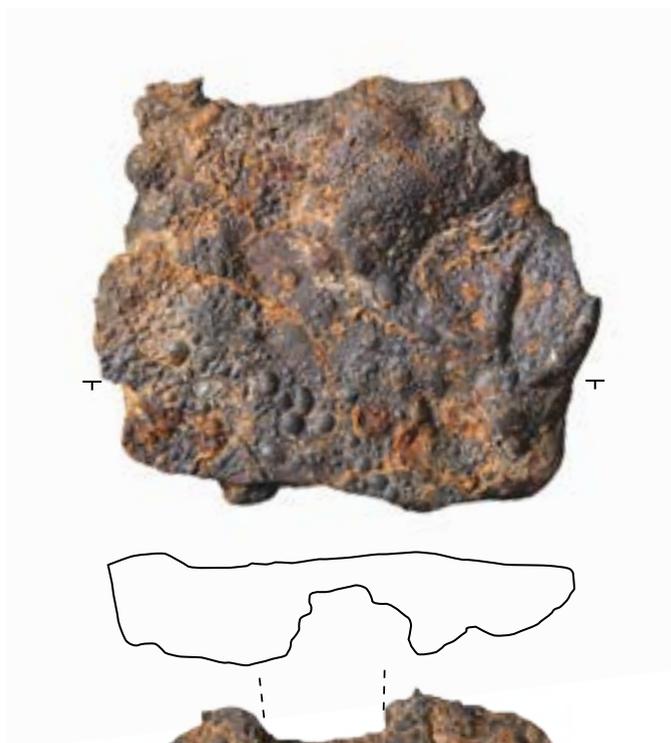


18191.11.1

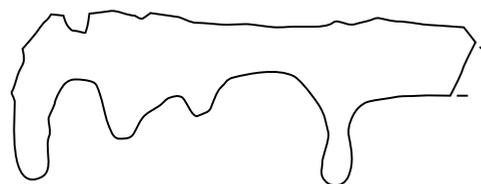


M 1:2

Obere Talstufe
Scalotta I; Gruba I
massive Schlacke



18191.9.3

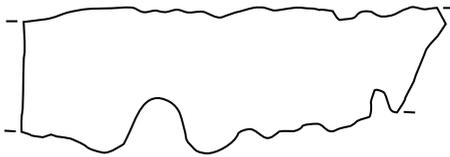


46680.568.5



M 1:2

Obere Talstufe
Gruba I; Burgfelsen
massive Schlacke



1853.1.1



46680.523.2

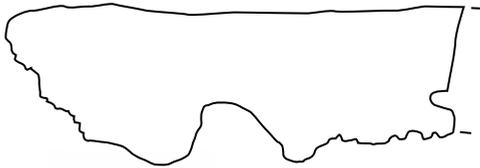


18203.75.17

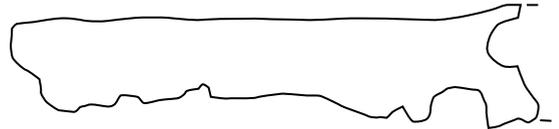


M 1:2

Obere Talstufe
Pardeala
massive Schlacke



1847.2.5



1847.3.2



M 1:2

Obere Talstufe
Pardeala; Alp Natons
massive Schlacke



1847.2.7

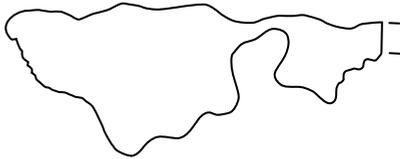
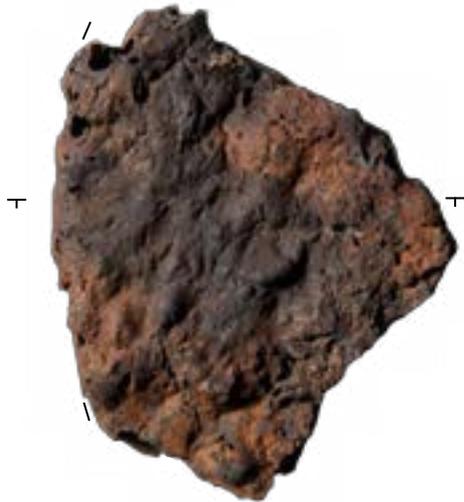


18203.49.1



M 1:2

Avers
Juppa Skilift; Ober-Juppa I
massive Schlacke



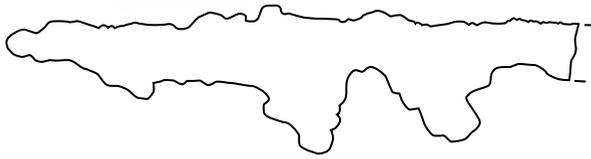
18203.72.1



18203.130.4



Engadin
Plaun Grand
massive Schlacke



18203.91.1



18203.90.8



M 1:2

Untere Talstufe
 N Riom; Tignas Sot III; Parseiras II
Plattenschlacke A



18203.118.1



9974.2.4

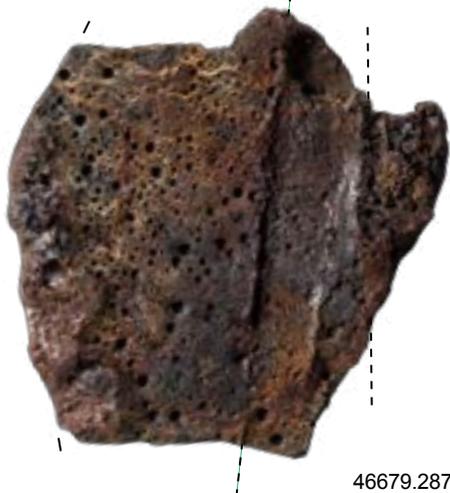


18203.107.20



M 1:2

Obere Talstufe
Val Faller Plaz
Plattenschlacke A



46679.287.127



46679.278.27



M 1:2

Obere Talstufe
 Val Faller Plaz; Scalotta I
Plattenschlacke A



46679.287.138



18191.7.2



46679.278.29



M 1:2

281

Obere Talstufe
Scalotta I; Scalotta II
Plattenschlacke A



18191.11.2



1873.1.4

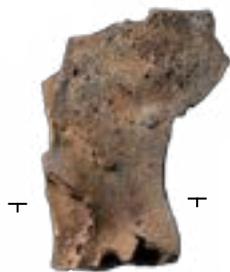


M 1:2

Obere Talstufe
Gruba I; Burgfelsen; Pardeala
Plattenschlacke A



46680.573.25



46680.508.7



18203.75.30



1847.2.11



Obere Talstufe
Pareis II; Clavè d'Mez IV
Plattenschlacke A



54560.3.9



54560.2.5



60934.8.3

Avers
Juppa Skilift
Plattenschlacke A



18203.126.2

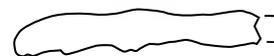
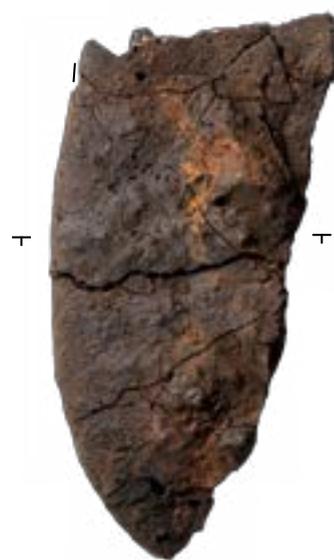


M 1:2

Engadin
Plaun Grand
Plattenschlacke A



18203.90.12

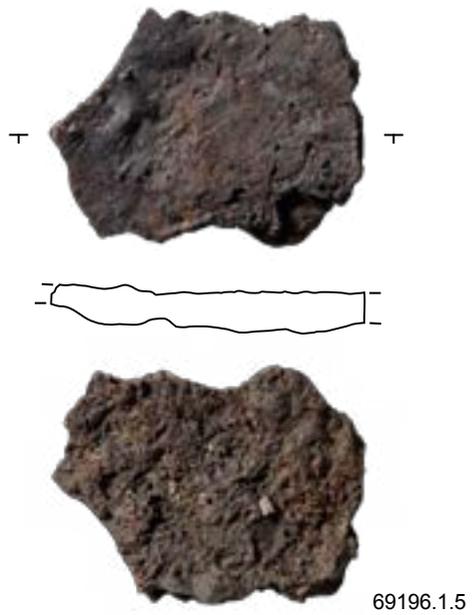
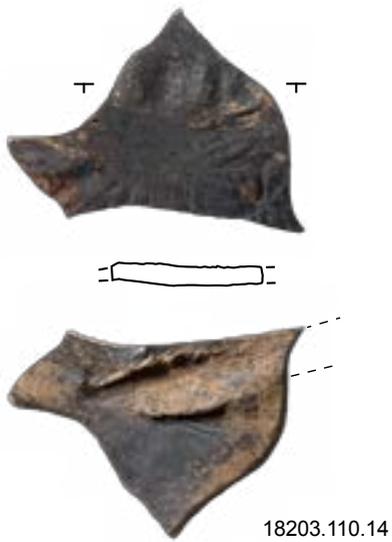
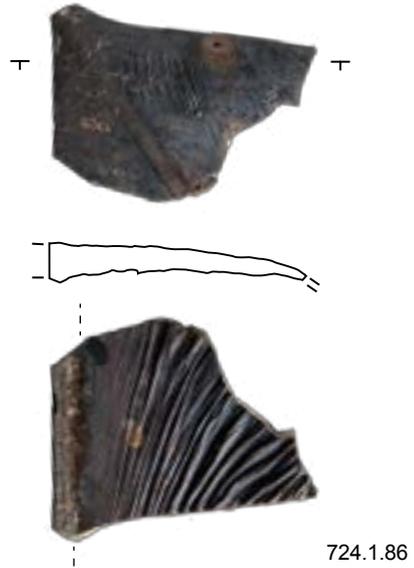
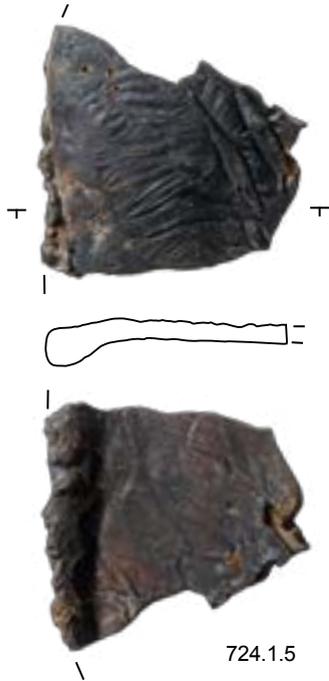


18203.90.18



M 1:2

Untere Talstufe
Dafora; Ual da Val; Motta Mola
Plattenschlacke B



Untere Talstufe
Tignas Sot II; Son Martegn
Plattenschlacke B



9974.1.4



9974.1.5

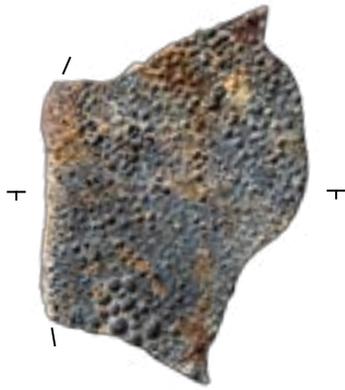


32662.13.11



M 1:2

Obere Talstufe
Val Faller Plaz
Plattenschlacke B



46679.278.34

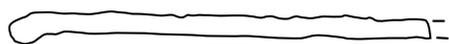


46679.278.31-32



M 1:2

Obere Talstufe
Val Faller Plaz
Plattenschlacke B



46679.287.162



46679.278.42



32662.10.8



46679.278.43

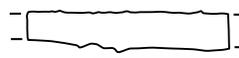


M 1:2

Obere Talstufe
Val Faller Plaz; Alp Flix I; Gruba I
Plattenschlacke B



46679.287.187



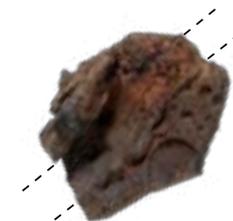
32662.9.2



46680.585.16



46680.585.3



46680.502.37



Obere Talstufe
Burgfelsen; Pra Miez
Plattenschlacke B



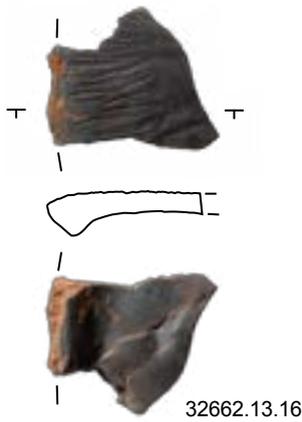
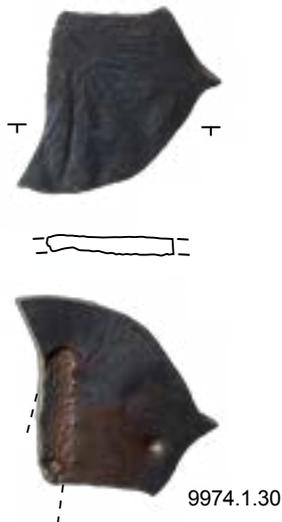
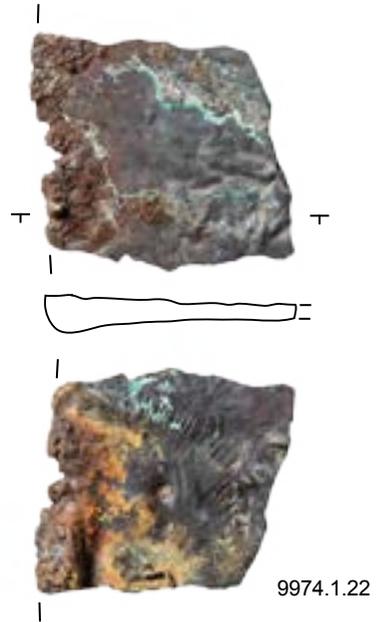
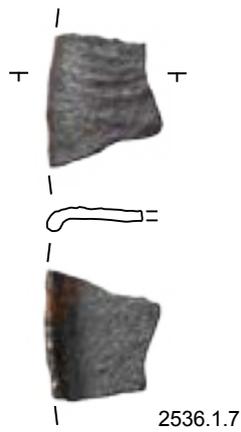
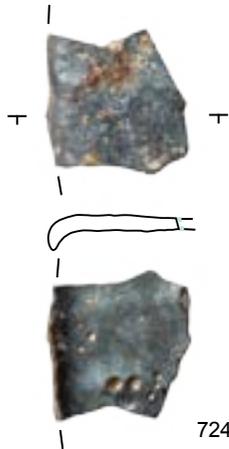
18203.75.38



18203.82.1



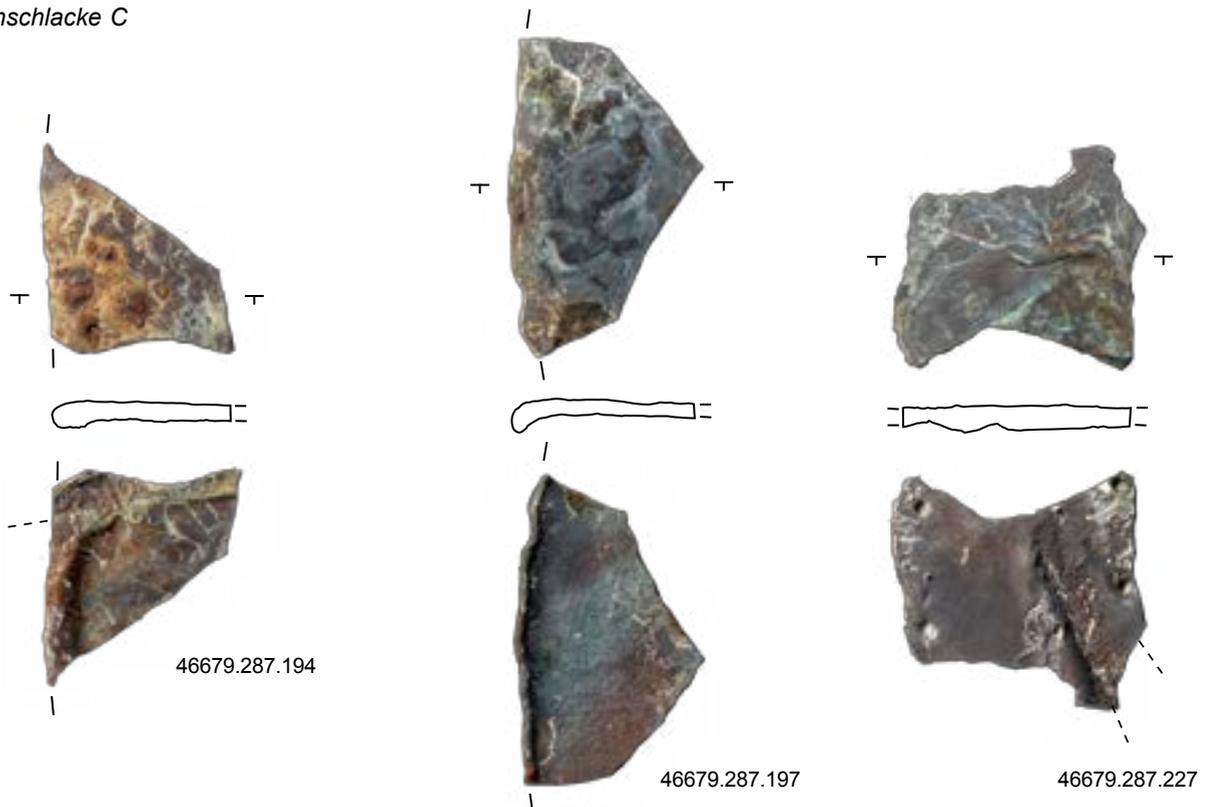
Untere Talstufe
Dafora; Ual da Val; Tignas Sot II; Son Martegn
Plattenschlacke C



Untere Talstufe
 Parseiras I
 Plattenschlacke C

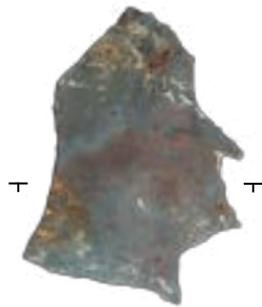


Obere Talstufe
 Furnatsch; Val Faller Platz
 Plattenschlacke C



M 1:2

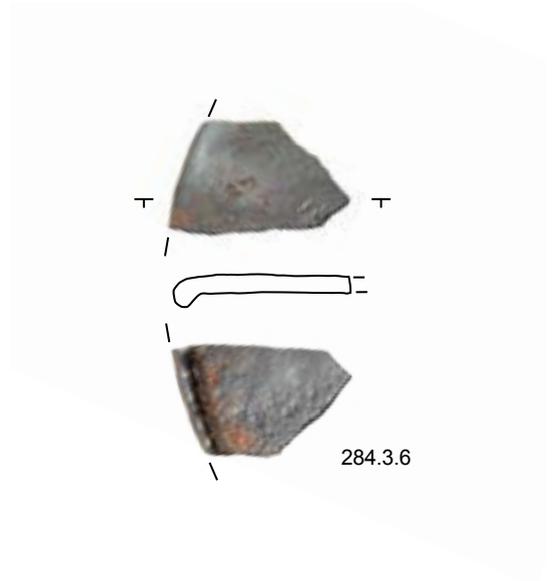
Obere Talstufe
 Val Faller Plaz; Pardeala; Fuortga
Plattenschlacke C



46679.287.229

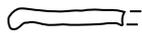
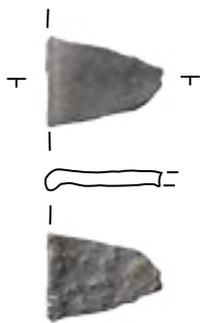


1847.2.16

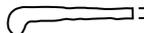


284.3.6

Avers
 Juppa Skilift
Plattenschlacke C



284.3.9



18203.124.5



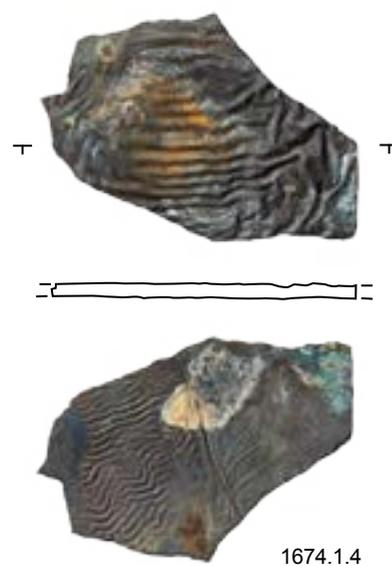
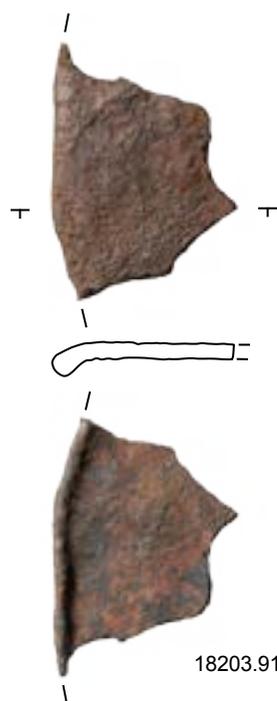
5

18203.124.11



M 1:2

Engadin
Plaun Grand; Alp Es-cha Dadour
Plattenschlacke C



Anhang

A Verzeichnis der Vererzungen

Im Verzeichnis der Vererzungen werden in einer ersten Kategorie alle bislang bekannten, (vermutlich) kupferführenden sulfidischen Mineralisationen im Oberhalbstein und angrenzenden Gebieten aufgeführt. In einer zweiten Kategorie werden ergänzend dazu schließlich auch die übrigen, kupferfreien Vererzungen im Untersuchungsgebiet angeführt. Sämtliche Lokalitäten sind auf zwei Übersichtskarten verzeichnet.

Jede Vererzung trägt einen eindeutigen Namen, der in der Regel dem jeweiligen Flurnamen oder einer in der Literatur gebräuchlichen Bezeichnung entspricht. Wo in derselben Flur mehrere Mineralisationen vorliegen, werden diese mit arabischen Zahlen durchnummeriert.

Die Vererzungen werden im vorliegenden Verzeichnis in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt, verfügen aber je auch über eine eindeutige Identifikationsnummer. Die Nummerierung der Vererzungen basiert auf den bei Dietrich (1972) verwendeten Bezeichnungen und wurde entsprechend ergänzt. Die (vermutlich) kupferführenden Vererzungen der ersten Kategorie tragen ein- bis zweistellige Nummern (1-37), die kupferfreien Vererzungen aus der zweiten Kategorie dreistellige Nummern (100-116).

Die Kurzbeschreibung der einzelnen Mineralisationen enthält neben der Bezeichnung und der Identifikationsnummer auch Angaben zu deren Lokalisierung. Neben der Gemeinde umfassen diese Angaben auch den Ort (Gemeindename vor den grossflächigen Gemeindefusionen ab 2000) sowie die Lagekoordinaten. Letztere werden im nationalen Koordinaten-Bezugssystem «Landesvermessung 1995 des Schweizerischen Bundesamtes für Landestopografie und Landesvermessung» (im Folgenden abgekürzt durch «LV95») angegeben. Die Lagekoordinaten wurden in den meisten Fällen bei Geländebegehungen oder mithilfe von Fernerkundungsdaten ermittelt und auf ganze Meter gerundet angegeben.

Um Verwechslungen und mühseligen Abgleichen vorzubeugen, werden in einem zweiten Absatz – sofern vorhanden – die jeweiligen Konkordanzangaben zu den wichtigsten beiden Referenzwerken (Dietrich, 1972 und Schaer, 2003) sowie allfällige alternative Bezeichnungen und deren Quelle aufgeführt.

Es folgt eine stichwortartige geologische Charakterisierung der kupferführenden Vorkommen nach den Ka-

tegorien Erzminerale, Qualität der Vererzung, Nebengestein und tektonische Einheit bzw. eine Kurzbeschreibung der kupferfreien Vorkommen. Wo Angaben zum Nebengestein und zur tektonischen Einheit nicht aus analysierten Proben oder geologischer Fachliteratur entnommen werden konnten, wurde auf die digitale Version der geologischen Karte der Schweiz zurückgegriffen (Kartenportal der swisstopo, Layer «geocover»: map.geo.admin.ch). Neben der jeweils referenzierten Fachliteratur diente auch das unter map.georessourcen.ethz.ch frei zugängliche Rohstoffinformationssystem RSI der Fachgruppe Georessourcen Schweiz (ehem. Schweizerische Geotechnische Kommission SGK) als Datengrundlage.

Es folgen Angaben zu den Untersuchungen, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit an der jeweiligen Vererzung durchgeführt wurden, sowie eine Auflistung der untersuchten Proben unter Angabe der Labornummer(n) und Untersuchungsmethoden (PAS: Anschliff; XRD: Röntgendiffraktometrie; ICP-MS: Laserablations-Spektroskopie; LIA: Bleiisotopen-Analyse).

Bei Vererzungen, die in der Urgeschichte oder in historischer Zeit abgebaut wurden, wird auf die entsprechende Fundstelle im «Verzeichnis der Fundstellen» verwiesen.

Unter «Literatur» sind schließlich die wichtigsten Referenzen zur jeweiligen Vererzung aufgeführt. Im Verzeichnis der Vererzungen wird explizit auf eine Aufführung archäologischer oder historischer Literatur oder Quellen verzichtet. Diese Hinweise finden sich beim korrelierenden Eintrag im Verzeichnis der archäologischen Fundstellen (s. Anhang B).

A.1 Kupferführende Vererzungen

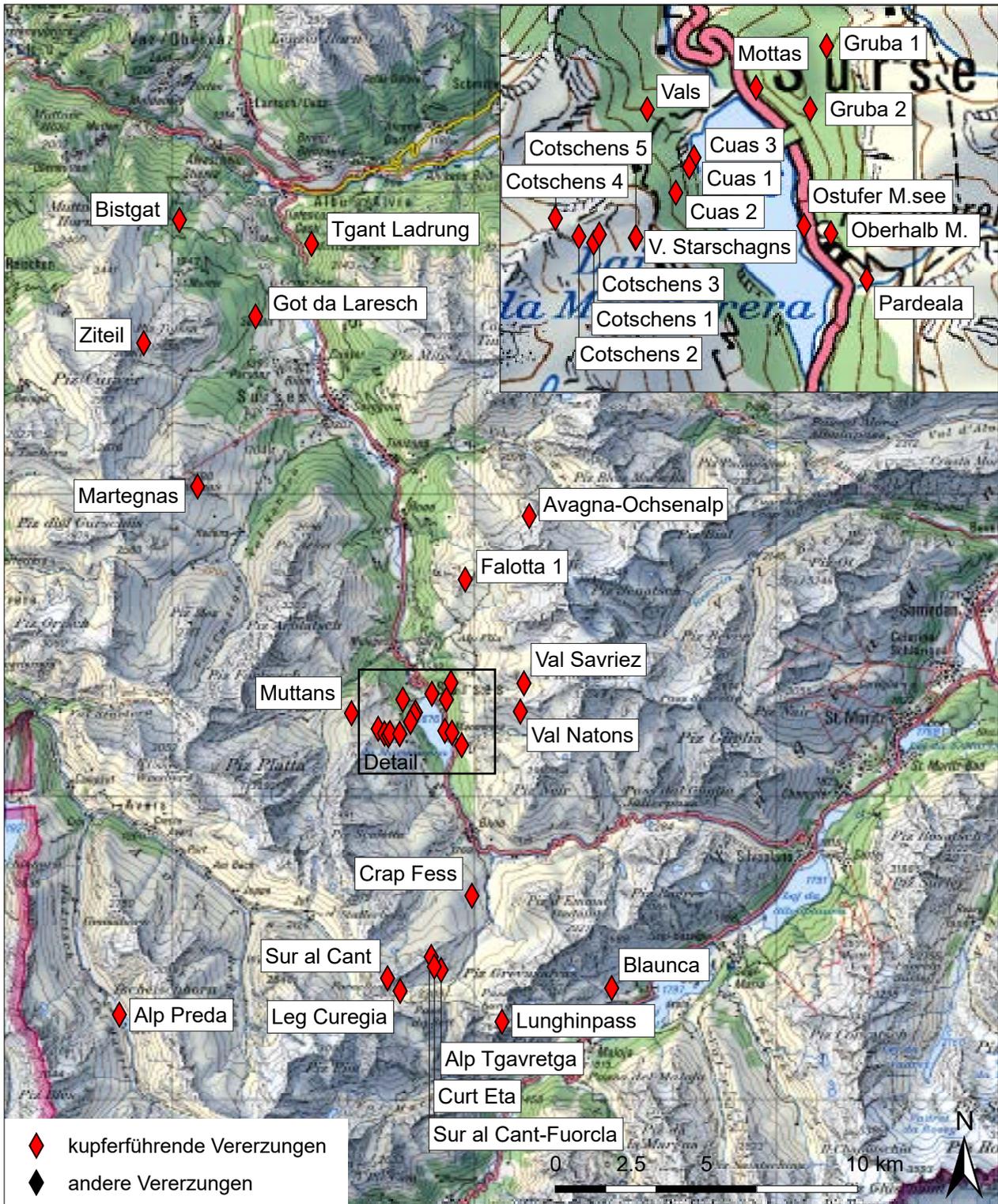


Abb. A.1: Kartierung der im Verzeichnis aufgeführten kupferführenden Vererzungen. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 200.000).

Alp Preda (27)

Bregaglia, Soglio
2758218/1142794, 1930 m ü. M.
Karte A.1

Erzminerale

oberflächliche Kupfersekundärminerale (genaue mineralogische Zusammensetzung unbekannt)

Qualität

anstehend (Imprägnation)

Nebengestein

Quarzgneis

Tektonische Einheit

Suretta-Decke

Untersuchungen

Survey

Fundstelle

Keine

Alp Tgavretga (19)

Surses, Bivio
2768900/1144270, 2368 m ü. M.
Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 19; Schaer, 2003: R
Alternative Bezeichnungen: S Sur al Cant (Schaer, 2003);
Südlich Sur al Cant (Dietrich, 1972); Septimerpass

Erzminerale

Chalkopyrit, Pyrrhotin, Magnetit

Qualität

anstehend

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Forcellina-Schuppe, Cuolmens Serie

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

Analysierte Proben

Schliff 5 (FO 18203.1031.1): PAS
4430-AT (FO 18203.1031.2): PAS (OHS 12 = Schliff Nr. 6);
XRD, ICP-MS (4430/16); LIA (MA-174561)

Fundstelle

Alp Tgavretga (61085)

Literatur

Dietrich, 1972, S. 43-44; Schopfer, 1835.

Avagna-Ochsenalp (4)

Surses, Tinizong-Rona
2771820/1159275, 2484 m ü. M.
Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 4; Schaer, 2003: E

Alternative Bezeichnungen: Tinzer Ochsenalp (Dietrich, 1972; Schaer, 2003); Colm da Bovs (Dietrich, 1972; Schaer, 2003); Avagna (Schaer, 2003); L'Avagna; alte Eisengrube; Pyritgrube

Erzminerale

Chalkopyrit, Pyrit

Qualität

anstehend (massiv)

Nebengestein

Metabasalt/Ophikalzit, Gangart: Quarz

Tektonische Einheit

Platta-Decke (oberste Schuppe)

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

Analysierte Proben

4426-AO (FO 18203.1052.1): PAS (OHS 8); XRD, ICP-MS (4426/16)
4427-AO (FO 18203.1051.1): PAS (OHS 9 = Schliff Nr. 3);
XRD, ICP-MS (4427/16); LIA (MA-174560)
4428-AO (FO 18203.1050.1): PAS (OHS 10); XRD, ICP-MS (4428/16)

Fundstelle

Avagna-Ochsenalp (3911)

Literatur

Dietrich, 1972, S. 12-13; S. 23-25; Escher und Studer, 1839, S. 147; Schmidt, 1907, S. 147; 1920, S. 212; Theobald, 1862, S. 18.

Bistgat (2)

Albula, Mon
2760210/1169060, 1673 m ü. M.
Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 2; Schaer, 2003: A
Alternative Bezeichnung: Bischtgiat; Plang digl Bistgat

Erzminerale

Pyrit, Chalkopyrit, Magnetit

Qualität

anstehend (Imprägnation)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Martegnas Serie

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

Analysierte Probe

4425-B (FO 18203.1054.1): PAS (OHS 7); XRD, ICP-MS (4425/16)

Fundstelle

Keine

Literatur

Brügger 1866; Dietrich, 1972, S. 22; Ott 1925, S. 18; Schopfer, 1835.

Blaunca (26)

Sils im Engadin
2774556/1143671, 2056 m ü. M.
Karte A.1

Erzminerale

Magnetit, Pyrit, Pyrrhotin, Chalkopyrit

Qualität

anstehend (massiv)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke

Untersuchungen

Survey

Fundstelle

Blaunca (3331)

Literatur

Philipp, 1983; Gröbner, 2017.

Cotschens 1 (10)

Surses, Marmorera
2767150/1152025, 2276 m ü. M.
Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 10a; Schaer, 2003: K (Hauptabbau)

Erzminerale

Chalkopyrit, Pyrrhotin, Bornit, Magnetit, Bravoit, Pentlandit, Ilvait, Linneit, Violarit, Cubanit, Vallerit, Sphalerit (für die Unterscheidung einzelner Assoziationen s. Dietrich, 1972, S. 33-34)

Qualität

anstehend

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke, Mazzaspitz-Marmorera-Serie

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

Analysierte Proben

4429-C1 (FO 18203.1086.001): XRD, ICP-MS (4429/16)
4433-C1 (FO 18203.1086.2): PAS (OHS 15 = Schliff Nr. 9);
XRD, ICP-MS (4433/16); LIA (MA-174563)
4047-C1 (FO 18203.1113.1): PAS, XRD, ICP-MS (4047/17);
LIA (MA-176941)
4048-C1 (FO 18203.1120.1): PAS, XRD, ICP-MS (4048/17);
LIA (MA-176940)

Fundstellen

Cotschens (1890)

Literatur

Dietrich, 1972, S. 32-34.

Cotschens 2 (23)

Surses, Marmorera
2767019/1152082, 2284 m ü. M.
Karte A.1

Erzminerale

Bornit, Chalkosin

Qualität

anstehend

Nebengestein

Diabasgang (Metabasalt)

Tektonische Einheit

Platta-Decke, Mazzaspitz-Marmorera-Serie

Vgl. auch Cotschens 3 (24)

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

Analysierte Probe

4046-C2 (FO 18203.1112.1): PAS, XRD, ICP-MS (4046/17);
LIA (MA-176939)

Fundstellen

Cotschens (1890)

Cotschens 3 (24)

Surses, Marmorera
2767200/1152100, 2231 m ü. M.
Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 10b

Alternative Bezeichnung: Kleine Schürfstelle (Dietrich, 1972)

Erzminerale

Bornit, Chalkosin, Magnetit

Qualität

unklar (nicht überprüft)

Nebengestein

Diabasgang (Metabasalt)

Tektonische Einheit

Platta-Decke, Mazzaspitz-Marmorera-Serie

Vgl. auch Cotschens 2 (23)

Untersuchungen

Keine

Fundstellen

Cotschens (1890)

Literatur

Dietrich, 1972, S. 34.

Cotschens 4 (25)

Surses, Marmorera
2766810/1152245, 2285 m ü. M.
Karte A.1

Erzminerale

oberflächliche Kupfer- und Eisensekundärminerale (genaue mineralogische Zusammensetzung unbekannt)

Qualität

anstehend

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke, Mazzaspitz-Marmorera-Serie

Untersuchungen

Survey

Fundstelle

Cotschens (1890)

Cotschens 5 (9)

Surses, Marmorera

2767520/1152070, 2149 m ü. M.

Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 9; Schaer, 2003: K

Erzminerale

Magnetit, Ilvait, Sphalerit, Chalkopyrit, Goethit, Pyrrhotin

Qualität

anstehend

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke, Mazzaspitz-Marmorera-Serie

Untersuchungen

Survey

Fundstellen

Cotschens (1890)

Literatur

Dietrich, 1972, S. 29-32.

Crap Fess (16)

Surses, Bivio

2769920/1146725, 2100 m ü. M.

Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 16; Schaer, 2003: O

Erzminerale

Chalkopyrit, Magnetit, Pyrit

Qualität

anstehend (massiv)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Forcellina-Schuppe, Cuolmens Serie

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

Analysierte Probe

4432-CF (FO 18203.1082.1): PAS (OHS 14 = Schliff Nr. 8);

XRD, ICP-MS (4432/16); LIA (MA-174562)

Fundstelle

Crap Fess (18256)

Literatur

Dietrich, 1972, S. 40-41; Escher und Studer, 1839, S. 85.

Cuas 1 (6)

Surses, Marmorera

2768000/1152700, 1764 m ü. M.

Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 6; Schaer, 2003: I (Vererzung I)

Alternative Bezeichnung: Cuas I (Schaer, 2003)

Erzminerale

Magnetit, Ilvait, Pyrrhotin, Markasit, Chalkopyrit und weitere Erzminerale (s. Dietrich, 1972, S. 28-29)

Qualität

unklar (nicht überprüft)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke, Mazzaspitz-Marmorera-Serie

Vgl. auch Cuas 2 (7) und Cuas 3 (35)

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 28-29.

Cuas 2 (7)

Surses, Marmorera

2767880/1152470, 1878 m ü. M.

Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 7; Schaer, 2003: I (Vererzung II)

Alternative Bezeichnung: Cuas II (Schaer, 2003)

Erzminerale

Magnetit, Ilvait, Pyrrhotin, Markasit, Chalkopyrit und weitere Erzminerale (s. Dietrich, 1972, S. 28-29)

Qualität

unklar (nicht überprüft)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke, Mazzaspitz-Marmorera-Serie

Vgl. auch Cuas 1 (6) und Cuas 3 (35)

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 28.

Cuas 3 (35)

Surses, Marmorera
2768043/1152782, 1683 m ü. M.
Karte A.1

Erzminerale

Chalkopyrit, Pyrrhotin

Anmerkung: Dass für Cuas 3 im Vergleich zu Cuas 1 und 2 ein sehr viel einfacherer Mineralbestand aufgeführt wird, ist der zugrundeliegenden Analytik geschuldet. Während die beiden ersten Vorkommen bzw. Aufschlüsse durch V. Dietrich anhand von Anschliffen geologisch detailliert untersucht wurden, wurde von Cuas 3 lediglich eine XRD-Analyse durchgeführt, um die wichtigsten Erzminerale zu identifizieren.

Qualität

anstehend (massiv)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke, Mazzaspitz-Marmorera-Serie
Vgl. auch Cuas 1 (6) und Cuas 2 (7)

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

Analysierte Probe

3179-CU (FO 18203.1144.1): XRD, ICP-MS (3179/19)

Fundstelle

Keine

Curt Eta (18)

Surses, Bivio
2768670/1144380, 2509 m ü. M.
Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 18; Schaer, 2003: Q
Alternative Bezeichnung: S Sur al Cant (Schaer, 2003);
Südlich Sur al Cant (Dietrich, 1972)

Erzminerale

Magnetit, Chalkopyrit, Pyrrhotin

Qualität

unklar (nicht überprüft)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 42-43.

Falotta 1 (34)

Surses, Sur
2769698/1157177, 2387 m ü. M.
Karte A.1

Erzminerale

Chalkopyrit

Qualität

anstehend

Nebengestein

Metabasalt, Gangart: Quarz

Tektonische Einheit

Platta-Decke

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

Analysierte Probe

3177-F1 (FO 18203.1140.1): XRD, ICP-MS (3177/19)

Anmerkung: Die ICP-MS Analyse konnte aufgrund eines Messfehlers bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden.

Fundstelle

Falotta I (69019)

Got da Laresch (36)

Surses, Salouf
2762740/1165870, 1519 m ü. M.
Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: [ohne Nummer]; Schaer, 2003: C

Erzminerale

Chalkopyrit

Qualität

unklar (nicht überprüft)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke, oberste Schuppen

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 23.

Gruba 1 (5)

Surses, Sur
2769223/1153768, 1880 m ü. M.
Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 5; Schaer, 2003: H
Alternative Bezeichnung: Gruoba

Erzminerale

Chalkopyrit, Magnetit, Pyrit, Bornit

Qualität

anstehend

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke, Mazzaspitz-Marmorera-Serie

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

Analysierte Proben

GRU 2 (FO 18203.1085.2): PAS

GRU 3 (FO 18203.1085.3): PAS

4424-G1 (FO 18203.1085.1): PAS (OHS 4 = GRU 1);

XRD, ICP-MS (4424/16); LIA (MA-174559)

Fundstelle

Gruba IV (3681)

Literatur

Dietrich, 1972, S. 26-28; Theobald 1862, S. 27.

Gruba 2 (31)

Surses, Marmorera

2769075/1153210, 1849 m ü. M.

Karte A.1

Konkordanz

Schaer, 2003: V

Alternative Bezeichnung: Ried südlich Gruba II (Schaer, 2003); Gruba Pingen (Turck, et al., 2017c)

Erzminerale

Chalkopyrit, Magnetit

Qualität

anstehend

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

Analysierte Proben

3178-G2 (FO 18203.1121.1): XRD, ICP-MS (3178/19)

4241-G2 (FO 56371.88.1): XRD, ICP-MS (4241/19)

Fundstelle

Gruba II (1854)

Leg Curegia (21)

Surses, Bivio

2767540/1143575, 2595 m ü. M.

Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 21; Schaer, 2003: P

Alternative Bezeichnung: Leg Curegia (E Forcellina) (Schaer, 2003); Östlich Forcellina-Pass (Dietrich, 1972)

Erzminerale

Magnetit, Chalkopyrit

Qualität

unklar (nicht überprüft)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Forcellina-Schuppe, Cuolmens Serie

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 45.

Lunghinpass (22)

Surses, Bivio

2770920/1142560, 2623 m ü. M.

Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 22; Schaer, 2003: S

Erzminerale

Magnetit, Chalkopyrit, Bornit, Chalkosin

Qualität

unklar (nicht überprüft)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S 45-46.

Martegnas (28)

Surses, Riom-Parsonz

2760815/1160250, 2419 m ü. M.

Karte A.1

Konkordanz

Schaer, 2003: d

Alternative Bezeichnung: Crap Farreras (Schaer, 2003); Piz Martegnas

Erzminerale

Nickelhydrokarbonat-Imprägnation mit stark untergeordnetem Kupfergehalt (genaue mineralogische Zusammensetzung unbekannt)

Qualität

anstehend (Imprägnation)

Nebengestein

Dolomit/Kalkschiefer

Tektonische Einheit

Martegnas-Serie

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

Analysierte Probe

3853-MA (FO 18203.1146.1): XRD, ICP-MS (3853/17);
LIA (MA-176938)

Fundstelle

Keine

Literatur

Fehlmann, 1919, S. 288-289; Tarnuzzer, 1919.

Mottas (37)

Surses, Mulegns

2768595/1153401, 1759 m ü. M.

Karte A.1

Erzminerale

Diese Vererzung wurde neu entdeckt und mineralogisch
noch nicht genauer charakterisiert.

Qualität

anstehend

Nebengestein

unbekannt

Tektonische Einheit

Platta-Decke

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Mottas (69020)

Muttans (11)

Surses, Mulegns

2765925/1152755, 2345 m ü. M.

Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 11

Alternative Bezeichnungen: Fuorcletta; Furschela Val
Faller; Val da Faller

Erzminerale

Pyrrhotin, Chalkopyrit, Magnetit, Millerit, Pentlandit,
Chromspinell und weitere Erzminerale (s. Dietrich, 1972,
S. 34-38)

Qualität

anstehend

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke, Mazzaspitz-Marmorera-Serie

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

Analysierte Probe

3175-MU (FO 18203.1125.2): XRD, ICP-MS (3175/19)

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 34-38.

Oberhalb Marmorera (13)

Surses, Marmorera

2769260/1152110, 1809 m ü. M.

Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 13; Schaer, 2003: I

Erzminerale

Pyrrhotin, Magnetit

Anmerkung: Dieses Vorkommen wurde bislang weder
geochemisch noch mineralogisch genauer untersucht,
weshalb auch noch keine sicheren Nachweise für kupfer-
haltige Erzminerale vorliegen. Diese können jedoch – in
Anlehnung an benachbarte Vorkommen (vgl. Ostufer
Marmorera-see (12) und Pardeala (15)) – auch hier ver-
mutet werden.

Qualität

unklar (nicht überprüft)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke, Mazzaspitz-Marmorera-Serie

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 39.

Ostufer Marmorera-see (12)

Surses, Marmorera

2769021/1152177, 1678 m ü. M.

Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 12; Schaer, 2003: L

Alternative Bezeichnungen: Stollen am Ostufer des Mar-
morera-see (Schaer, 2003)

Erzminerale

Magnetit, Pyrrhotin, Chalkopyrit

Qualität

anstehend (massiv)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke, Mazzaspitz-Marmorera-Serie

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

Analysierte Probe

4434-OM (FO 18203.1087.1): PAS (OHS 16 = Schliff Nr. 10); XRD, ICP-MS (4434/16)

Fundstelle

Ostufer Marmorera-see (56326)

Literatur

Dietrich, 1972, S. 38-39.

Pardeala (15)

Surses, Marmorera

2769580/1151700, 1822 m ü. M.

Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 15; Schaer, 2003: M

Erzminerale

Pyrrhotin, Chalkopyrit, Magnetit, Goethit

Qualität

unklar (nicht überprüft)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke, Mazzaspitz-Marmorera-Serie

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 39.

Sur al Cant (20)

Surses, Bivio

2767120/1144000, 2775 m ü. M.

Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 20; Schaer, 2003: I

Alternative Bezeichnung: Nördlich Forcellina-Pass (Dietrich, 1972)

Erzminerale

Magnetit, Ilvait

Anmerkung: Kupferführende Erzminerale (Chalkopyrit, Bornit) konnte Dietrich an dieser Lokalität zusammen mit einer Reihe weiterer Erzminerale nur in Spuren nachweisen (Dietrich, 1972, S. 45).

Qualität

unklar (nicht überprüft)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 44-45.

Sur al Cant-Fuorcla (17)

Surses, Bivio

2768570/1144700, 2560 m ü. M.

Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 17; Schaer, 2003: k

Erzminerale

Magnetit, Chalkopyrit

Qualität

unklar (nicht überprüft)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 41-42.

Tgant Ladrung (1)

Albula, Tiefencastel

2764600/1168270, 1243 m ü. M.

Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 1; Schaer, 2003: B

Alternative Bezeichnungen: Plang Pegn; Tgant Ladrung

Erzminerale

Chalkopyrit, Pyrit, Pyrrhotin, Magnetit

Qualität

Halde (massiv)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

Analysierte Probe

4431-TL (FO 18203.1029.1): PAS (OHS 13 = Schliff Nr. 7); XRD, ICP-MS (4431/16)

Fundstellen

Plang Pegn IV (3872)

Literatur

Dietrich, 1972, S. 21-22; Escher und Studer, 1839, S. 150; Ott, 1925, S. 20.

Val Nandro (32)

Surses, Riom-Parsonz
Keine Koordinatenangabe
[nicht kartiert]

Konkordanz

Schaer, 2003: c
Alternative Bezeichnung: Val Nandro da Fora (Schaer, 2003); Andro de fora (Brügger, 1866)

Erzminerale

unbekannt
Anmerkung: Den aufgeführten Quellen zufolge ist unklar, ob die Vererzung neben Pyrit und Magnetit auch Chalkopyrit oder ein anderes kupferhaltiges Erzmineral führt(e).

Qualität

unbekannt (historisch belegtes Vorkommen)

Nebengestein

unbekannt

Tektonische Einheit

unbekannt

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Escher und Studer, 1839, S. 104; Brügger, 1866.

Val Natons (14)

Surses, Marmorera
2771525/1152810, 2477 m ü. M.
Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 14; Schaer, 2003: N
Alternative Bezeichnungen: Val da Natons (Schaer, 2003); Alp Sess (Dietrich, 1972)

Erzminerale

Chalkopyrit, Pyrit

Qualität

anstehend

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke (oberste Schuppe), Faller-Furka-Serie

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

Analysierte Probe

Probe 4435-VN (FO 18203.1090.1): PAS (OHS 17 = kein Schliff); XRD, ICP-MS (4435/16)

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 39; Theobald, 1865.

Val Savriez (33)

Surses, Sur
2771646/1153746, 2365 m ü. M.
Karte A.1

Erzminerale

Nicht näher bestimmte Kupfer-Eisen-Sulfide chalkopyritischer bis bornitischer Zusammensetzung

Qualität

Halde

Nebengestein

Metabasalt, (Ophidolomit/Ophikalzit)

Tektonische Einheit

Platta-Decke

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

Analysierte Probe

3176-VS (FO 18203.1138.2): XRD, ICP-MS (3176/19)

Fundstelle

Keine

Val Starschagns (8)

Surses, Marmorera
2767527/1152075, 2144 m ü. M.
Karte A.1

Konkordanz

Dietrich, 1972: 8; Schaer, 2003: J

Erzminerale

Magnetit, Chalkopyrit, Goethit, Pyrrhotin, Markasit, Sphalerit

Qualität

unklar (nicht überprüft)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke, Mazzaspitz-Marmorera-Serie

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 29.

Vals (30)

Surses, Marmorera
2767626/1153209, 1972 m ü. M.
Karte A.1

Konkordanz

Schaer, 2003: U
Alternative Bezeichnung: Pro Sot/«Valsstollen» (Schaer, 2003)

Erzminerale

Chalkopyrit, Pyrit

Qualität

anstehend (massiv)

Nebengestein

Metavulkanite

Tektonische Einheit

Platta-Decke, untere Schuppe

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

*Analysierte Proben*4422-V (FO 18203.1084.1): PAS (OHS 1); XRD, ICP-MS
(4422/16); LIA (MA-174557)4423-V (FO 18203.1084.2): PAS (OHS 3); XRD, ICP-MS
(4423/16); LIA (MA-174558)*Fundstelle*

Vals (1885)

Ziteil (29)

Surses, Salouf

2759030/1164990, 2367 m ü. M.

Karte A.1

Konkordanz

Schaer, 2003: T

Alternative Bezeichnung: Furcletta (Schaer, 2003)

Erzminerale

Chalkopyrit, Magnetit, Pyrit

Qualität

anstehend (massiv)

Nebengestein

Serpentinit

Tektonische Einheit

Platta-Decke

Untersuchungen

Survey; Mineralogie; Geochemie

*Analysierte Probe*4436-Z (FO 18203.1095.1): PAS (OHS 18); XRD, ICP-MS
(4436/16); MA-174564*Fundstelle*

Ziteil (2849)

Literatur

Schopfer, 1835.

A.2 Andere Vererzungen

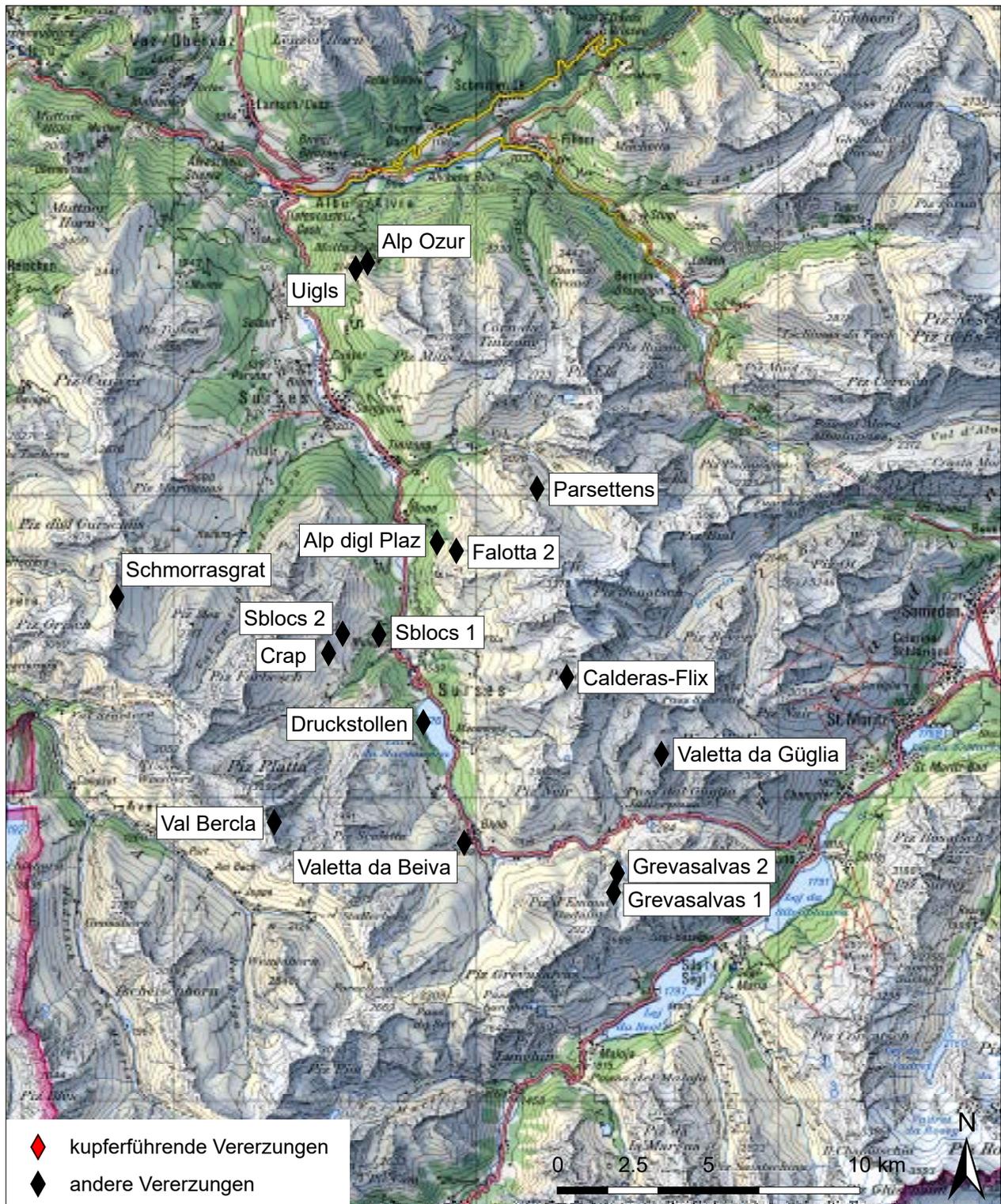


Abb. A.2: Kartierung der im Verzeichnis aufgeführten anderen, nicht-kupferführenden Vererzungen. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 200.000).

Alp digl Plaz (103)

Surses, Tinizong-Rona
2768700/1158450, 1800 m ü. M.
Karte A.2

Konkordanz

Schaer, 2003: q

Kurzbeschreibung

Manganvererzung in Radiolarit (Felssturzmasse, Platta-Decke).

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Alp digl Plaz (69477)

Literatur

Jakob, 1933; Geiger, 1948, S. 26-27.

Alp Ozur (100)

Albula, Tiefencastel
2766400/1167700, 2034 m ü. M.
Karte A.2

Konkordanz

Schaer, 2003: n

Alternative Bezeichnungen: Alp Tiefencastel (Schaer, 2003); Motta Palousa

Kurzbeschreibung

Manganvererzung in Radiolarit (Platta Decke).

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Geiger, 1948, S. 28.

Calderas-Flix (114)

Surses, Sur
2773000/1154000, 2779 m ü. M.
Karte A.2

Konkordanz

Schaer, 2003: m

Alternative Bezeichnung: Grat zwischen Piz Calderas und Tschimas da Flix

Kurzbeschreibung

Durch «verschiedene rotbraune Anwitterungsfarben» angezeigte Vererzung (nicht bestätigt/überprüft).

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Crap (112)

Surses, Mulegns
2765100/1154790, 2376 m ü. M.
Karte A.2

Konkordanz

Dietrich, 1972: D 639; Schaer, 2003: g

Alternative Bezeichnung: Crap (da Val Faller) (Dietrich, 1972)

Kurzbeschreibung

Nickelimpregnation in Dolomitlinse (Platta-Decke).

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 47.

Druckstollen (109)

Surses, Marmorera
2768245/1152500, 1600 m ü. M.
Karte A.2

Konkordanz

Dietrich, 1972: Z 9207

Alternative Bezeichnung: Ausgang Marmorera-see bei Meter 9207 (Dietrich, 1972)

Kurzbeschreibung

Magnetit-Pentlandit-Vorkommen in Serpentin (Platta-Decke).

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 47.

Falotta 2 (104)

Surses, Tinizong-Rona
2769339/1158166, 2140 m ü. M.
Karte A.2

Konkordanz

Schaer, 2003: r

Kurzbeschreibung

Massives Manganzvorkommen in Radiolarit (Platta-Decke).

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Falotta II (68555)

Literatur

Jakob, 1933; Glauser, 1945; Geiger, 1948, S. 17-26; Suana, 1984.

Grevasalvas 1 (106)

Surses, Bivio
2774550/1146880, 2498 m ü. M.
Karte A.2

Konkordanz

Schaer, 2003: W
Alternative Bezeichnungen: Leg Grevasalvas (Schaer, 2003); Julierpass

Kurzbeschreibung

Blei-Zink-Vererzungen in Quarzphyllit (Err-Decke).

Untersuchungen

Survey

Fundstelle

Grevasalvas (18261)

Literatur

Schopfer, 1835; Escher und Studer, 1839, S. 75; Saager, 1962.

Alternative Bezeichnung: Alp d'Err; Val d'Err

Anmerkung: Bei Schaer (2003) werden unter der Bezeichnung «Val d'Err (div. mögliche Fundorte)» weitere mögliche Erzvorkommen (Eisen?) in der Val d'Err aufgeführt, die im vorliegenden Inventar mangels konkreter Hinweise nicht als separate Vererzung(en) geführt wird/werden.

Kurzbeschreibung

Massives Manganerzvorkommen in Radiolarit (Platta-Decke).

Untersuchungen

Survey

Fundstelle

Parsettens (68557)

Literatur

Jakob, 1933; Geiger, 1948, S. 1-16; Glauser, 1946; Suana, 1984.

Grevasalvas 2 (107)

Surses, Bivio
2774679/1147518, 2415 m ü. M.
Karte A.2

Kurzbeschreibung

Bleiglanz-Pyrit-Vererzung in nicht näher bestimmtem Nebengestein (Unterostalpin).

Untersuchungen

Survey

Fundstelle

Keine

Sblocs 1 (110)

Surses, Mulegns
2766770/1155400, 1888 m ü. M.
Karte A.2

Konkordanz

Dietrich, 1972: D 1192; Schaer, 2003: G
Alternative Bezeichnung: Sblocs, Val da Faller (Dietrich, 1972; Schaer, 2003)

Kurzbeschreibung

Pyritvorkommen in Serpentin (Platta-Decke).

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 47.

Murter (113)

Surses, Mulegns
Keine Koordinatenangabe
[nicht kartiert]

Konkordanz

Dietrich, 1972: [ohne Nummer]; Schaer, 2003: h

Kurzbeschreibung

Nickelvorkommen in Dolomitboudin (Platta-Decke).

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 47.

Sblocs 2 (111)

Surses, Mulegns
2765570/1155430, 2355 m ü. M.
Karte A.2

Konkordanz

Dietrich, 1972: D 1023; Schaer, 2003: F
Alternative Bezeichnungen: bei Punkt 2337, Sblocs nördlich Val da Faller (Dietrich, 1972); Plang Grond, Pt. 2337 (Schaer, 2003)

Kurzbeschreibung

Pyrit-Chromspinell-Vorkommen in Dolomitlinse (Platta-Decke).

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 47.

Parsettens (102)

Surses, Tinizong-Rona
2772015/1160225, 2322 m ü. M.
Karte A.2

Konkordanz

Schaer, 2003: p

Schmorrasgrat (105)

Surses, Riom-Parsonz
2758082/1156650, 2615 m ü. M.
Karte A.2

Konkordanz

Schaer, 2003: a

Kurzbeschreibung

Massive Hämatitvererzung in Dolomit (Gelbhorn-Decke).

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Schmorrasgrat I (2541)

Literatur

Stäbler, 1978.

Karte A.2

Konkordanz

Dietrich, 1972: D 1425; Schaer, 2003: j
Alternative Bezeichnung: Bivio-Schlucht Valetta da Beiva
(Dietrich, 1972)

Kurzbeschreibung

Pentlanditvorkommen in Serpentin (Platta-Decke).

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Dietrich, 1972, S. 46.

Uigls (101)

Surses, Cunter
2766000/1167500, 2163 m ü. M.
Karte A.2

Konkordanz

Schaer, 2003: o

Alternative Bezeichnung: Motta Palousa

Kurzbeschreibung

Manganvererzung in Radiolarit (Platta-Decke).

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Geiger, 1948, S. 27.

Valetta dal Gügli (115)

Silvaplana
2776140/1151460, 2747 m ü. M.
Karte A.2

Konkordanz

Schaer, 2003: t

Alternative Bezeichnungen: Valetta da Gügli (Schaer, 2003); Valetta del Julier; Spelm Ravulaunas

Kurzbeschreibung

Manganerzvorkommen in Radiolarit/Tonschiefer (Zone von Samedan).

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Geiger, 1948, S. 30-31.

Val Bercla (116)

Surses, Mulegns
2763300/1149200, 2789 m ü. M.
Karte A.2

Konkordanz

Schaer, 2003: s

Alternative Bezeichnung: Fuorcla Bercla

Kurzbeschreibung

Manganvererzung in Radiolarit (Platta-Decke).

Untersuchungen

Keine

Fundstelle

Keine

Literatur

Geiger, 1948, S. 28.

Valetta da Beiva (108)

Surses, Bivio
2769600/1148520, 1800 m ü. M.

B Verzeichnis der archäologischen Fundstellen

Im Fundstellenverzeichnis werden alle archäologischen Fundstellen aufgeführt, die direkt oder indirekt mit der urgeschichtlichen Kupfergewinnung im Oberhalbstein und angrenzenden Gebieten in Verbindung gebracht werden können. Das Verzeichnis ist in sechs Kategorien unterteilt:

Abbau

Diese Kategorie umfasst sämtliche urgeschichtlichen, undatierten, aber auch jüngeren Abbau-Fundstellen im Bereich von kupferführenden Vererzungen. Eine urgeschichtliche (Vor-)Nutzung kann zwar nicht an allen Fundstellen nachgewiesen werden, ist aber an den meisten Stellen denkbar oder sogar wahrscheinlich.

Schmelzen

Der größte Teil der Fundstellen entfällt auf die Kategorie der Schlackenfundstellen und Schmelzplätze, die durch (vermutlich) urgeschichtliche Schlackenfunde angezeigt werden (zur Differenzierung von Schlackenfundstellen und Schmelzplätzen s. Kapitel 2.3, S. 48). Eine einzige Fundstelle, Gruba III (massive Holzkohleschicht), wurde aufgrund ihrer räumlichen und zeitlichen Nähe zu Gruba I und II trotz fehlender Schlackenfunde ebenfalls dieser Kategorie zugerechnet.

Siedlung

Unter diesem Oberbegriff werden die in der unteren Talstufe gelegenen, hauptsächlich bronzezeitlichen Siedlungsnachweise bzw. -hinweise im weitesten Sinne zusammengefasst. Für die obere Talstufe liegen bisher keine metallzeitlichen Siedlungsbefunde vor. Aus unmittelbarer Nähe zu montanarchäologischen Fundstellen sind in der oberen Talstufe dafür einige archäologisch vielversprechende Abriss bekannt, die allerdings bisher nicht systematisch untersucht oder absolut datiert wurden (z.B. Las Mottas, Valstälchen, Val Faller Platz) und

daher im vorliegenden Verzeichnis keine Berücksichtigung finden.

Bestattung

Bislang ist aus dem Oberhalbstein lediglich eine einzige urgeschichtliche Bestattungsfundstelle aus dem näheren Umfeld der bronzezeitlichen Siedlungen in der unteren Talstufe bekannt.

Verdachtsflächen

Neben den gesicherten archäologischen Fundstellen umfasst das Verzeichnis auch eine Reihe von bislang nicht abschließend überprüften bzw. nicht genauer überprüf- bzw. lokalisierbaren Hinweisen auf bergbauliche Aktivitäten, beispielsweise aus historischen Quellen.

Kontext

In dieser Kategorie sind der Vollständigkeit halber alle weiteren, (möglicherweise) mit Bergbau- und Verhüttungsaktivitäten in Zusammenhang stehenden Fundstellen jüngerer Zeitstellung zusammengefasst.

Die Fundstellen sind je Kategorie in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt und zusätzlich mit einer eindeutigen Identifikationsnummer versehen. Diese Nummer entspricht der Inventarnummer des Archäologischen Dienstes Graubünden. Es handelt sich dabei um eine verbindliche, zufällig generierte drei- bis fünfstellige Ziffernfolge.

Die Beschreibung der Fundstellen erfolgt nach einem standardisierten Schema:

Neben dem Namen und der Identifikationsnummer einer jeden Fundstelle beinhaltet der erste Absatz auch Angaben zu deren Lokalisierung. Neben der Gemeinde umfassen diese Angaben den Ort (Gemeindenname vor den grossflächigen Gemeindefusionen ab 2000) sowie die

Lagekoordinaten der Fundstelle. Letztere werden im nationalen Koordinaten-Bezugssystem «Landesvermessung 1995 des Schweizerischen Bundesamtes für Landestopografie und Landesvermessung» (im Folgenden abgekürzt durch «LV95») angegeben. Die Lagekoordinaten wurden in den meisten Fällen bei Geländebegehungen oder mithilfe von Fernerkundungsdaten, seltener aus der Literatur, ermittelt und auf ganze Meter gerundet angegeben. Alle lokalisierbaren archäologischen Fundstellen sind auf den kategorienübergreifenden Übersichtskarten B.2 bis B.17 abgebildet.

Um künftig Verwechslungen, Verdopplungen und mühseligen Abgleichen vorzubeugen, werden in einem zweiten Absatz – sofern vorhanden – die jeweiligen Konkordanzangaben zu den wichtigsten beiden Referenzwerken (Fundstellenverzeichnisse Brun ([o.J.]); Schaer (2003)) sowie allfällige alternative Fundstellen-Bezeichnungen und deren Quelle aufgeführt.

Es folgt eine ausformulierte Beschreibung der Fundstelle, der durchgeführten Untersuchungen sowie der freigelegten Strukturen, die je nach Wissensstand sehr knapp bis ausführlich ausfällt.

Die bisher im Gelände durchgeführten Untersuchungen werden schließlich stichwortartig aufgeführt und – sofern sie nicht im Rahmen des Bergbauprojektes der Universität Zürich erfolgten – mit einer Jahresangabe und dem Namen des Verantwortlichen bzw. dem Kürzel der durchführenden Institution versehen (ADG: Archäologischer Dienst Graubünden; DBM: Deutsches Bergbaumuseum Bochum).

Im darauffolgenden Absatz wird die Datierung der Fundstelle unter Angabe der Datierungsmethode – ^{14}C , Dendrochronologie und Typologie (Schlacken) – und unter Aufführung der relevanten Proben und Datierungsergebnisse thematisiert. Sofern es sich nicht um eine größere Serie von dendrochronologisch datierten Proben handelt, werden in den Kategorien *Abbau* und *Schmelzen* jeweils alle vorliegenden absoluten Datierungen aufgeführt.

Bei größeren Serien werden die Datierungen summarisch beschrieben und nur die Datierungen mit Waldkante aufgeführt (vgl. dazu Oberhänsli, et al., 2019). Für weiterführende Informationen zur relativen und absoluten Datierung der Siedlungsfundstellen wird auf die entsprechende Literatur verwiesen. Die Kalibration der ^{14}C -Daten erfolgte im September 2019 mit OxCal v4.2. Es wird ausschließlich der 2- σ -Wert (95% Wahrscheinlichkeit) angegeben. Bei den B- und HD-Labornummern handelt es sich um Altdaten nach Schaer (2003). Sämtliche ETH-Daten wurden im Rahmen des DACH-Projektes zwischen 2013 und 2019 neu erhoben. Ein zusammenfassender Beitrag zu den ^{14}C -Datierungen der Jahre 2013–2019 befindet sich durch Turck, et al. in Vorbereitung. Methodische Angaben zum Datierungsverfahren sowie eine vollständige Auflistung und Diskussion sämtlicher dendrochronologisch datierter Proben aus dem Oberhalbstein ist in Oberhänsli, et al. (2019) zu finden.

Bei einer Reihe von Schmelzplätzen folgt schließlich eine Auflistung der archäometallurgisch untersuchten Proben unter Angabe der Labornummer(n) und Untersuchungsmethoden (PDS: Dünnschliff; XRD: Röntgendiffraktometrie; ICP-MS: Laserablations-Spektroskopie; LIA: Bleiisotopen-Analyse). Bei den Abbaufundstellen wird zudem auf die betreffende Mineralisation im Verzeichnis der Vererzungen (Anhang A) verwiesen.

Abgerundet werden die Einträge zu den einzelnen Fundstellen durch eine stichwortartige Auflistung der bislang geborgenen Fundkategorien sowie durch eine Anführung von Referenzliteratur. Wo keine Literaturangaben aufgeführt sind, basiert die Fundstellenbeschreibung entweder ausschließlich auf eigenen Beobachtungen und Geländebegehungen oder (auch) auf unpublizierten Unterlagen aus dem Fundstellenarchiv des Archäologischen Dienstes Graubünden. In den meisten Fällen handelt es sich dabei jedoch um neu entdeckte, zuvor unbekannte Fundstellen.

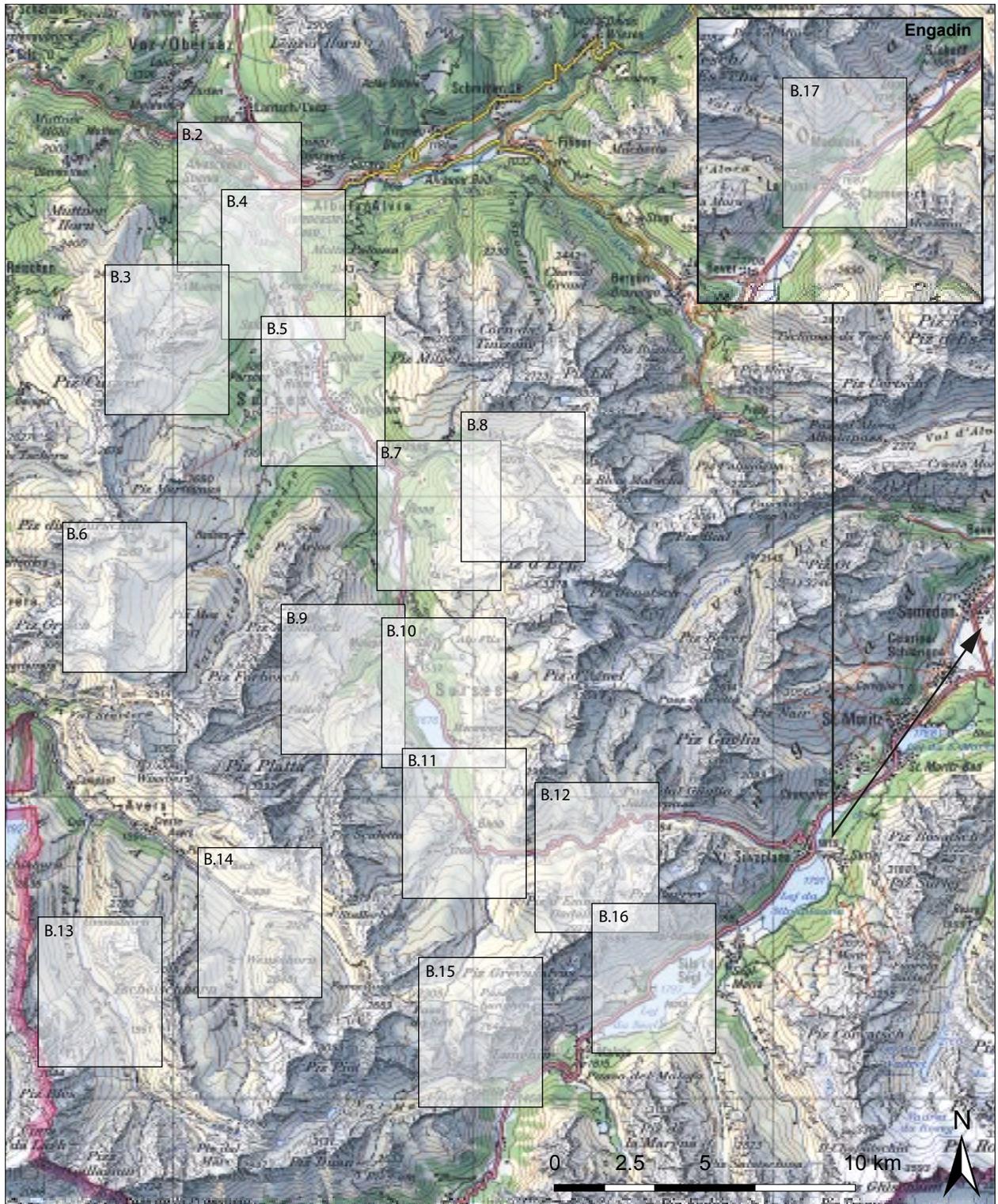


Abb. B.1: Übersicht der Detailkartierungen Abb. B.2 bis B.17. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 200.000).



Abb. B.2: Albulatal. Kartierung der im Verzeichnis aufgeführten Fundstellen in Stierva und Mon, die geographisch zum Albulatal bzw. zur Gemeinde Albulas zählen. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 25.000).

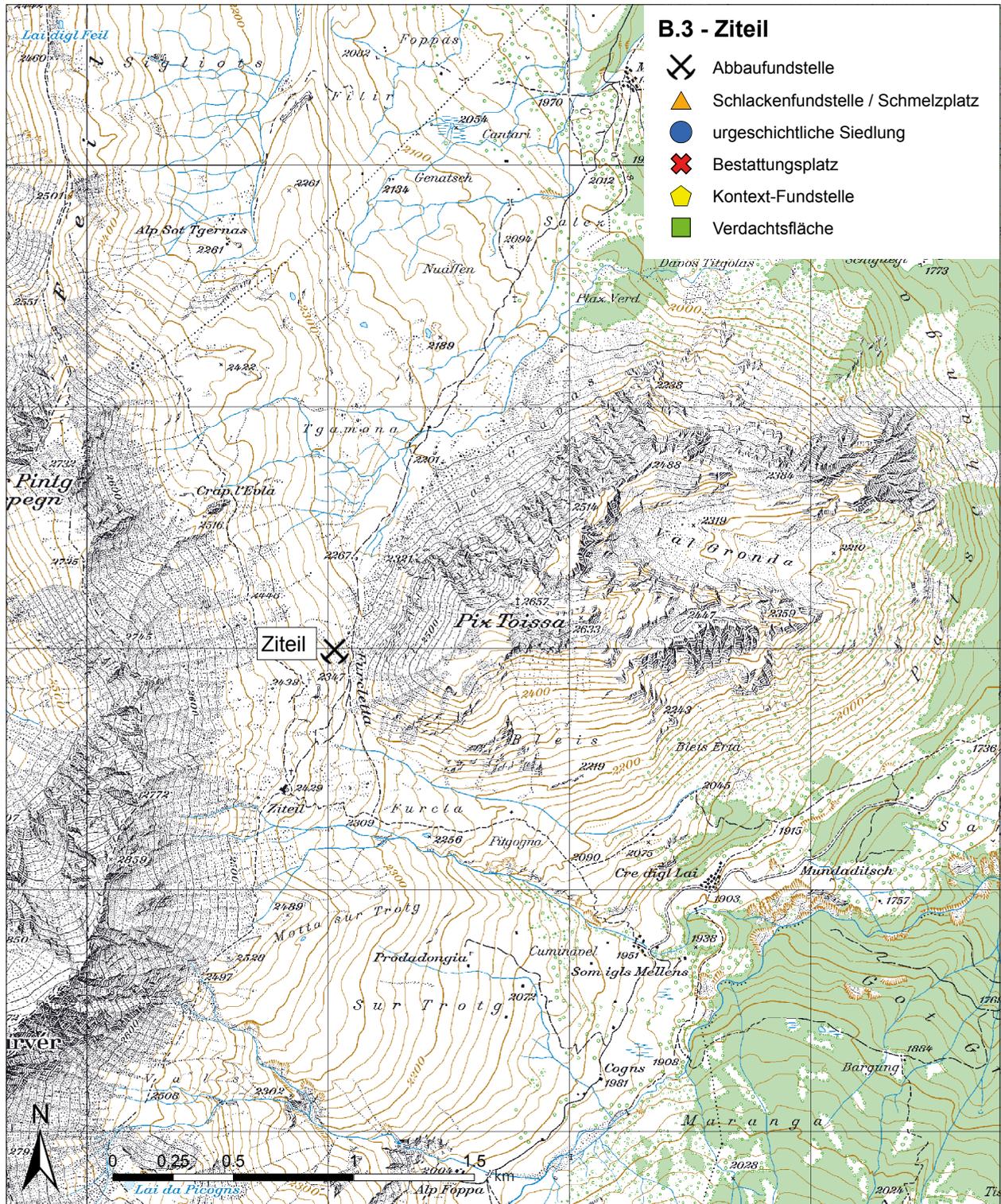


Abb. B.3: Oberhalbstein, untere Talstufe (westliche Talseite). Kartierung es bislang undatierten Kupfererzabbaus in Ziteil. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 25.000).

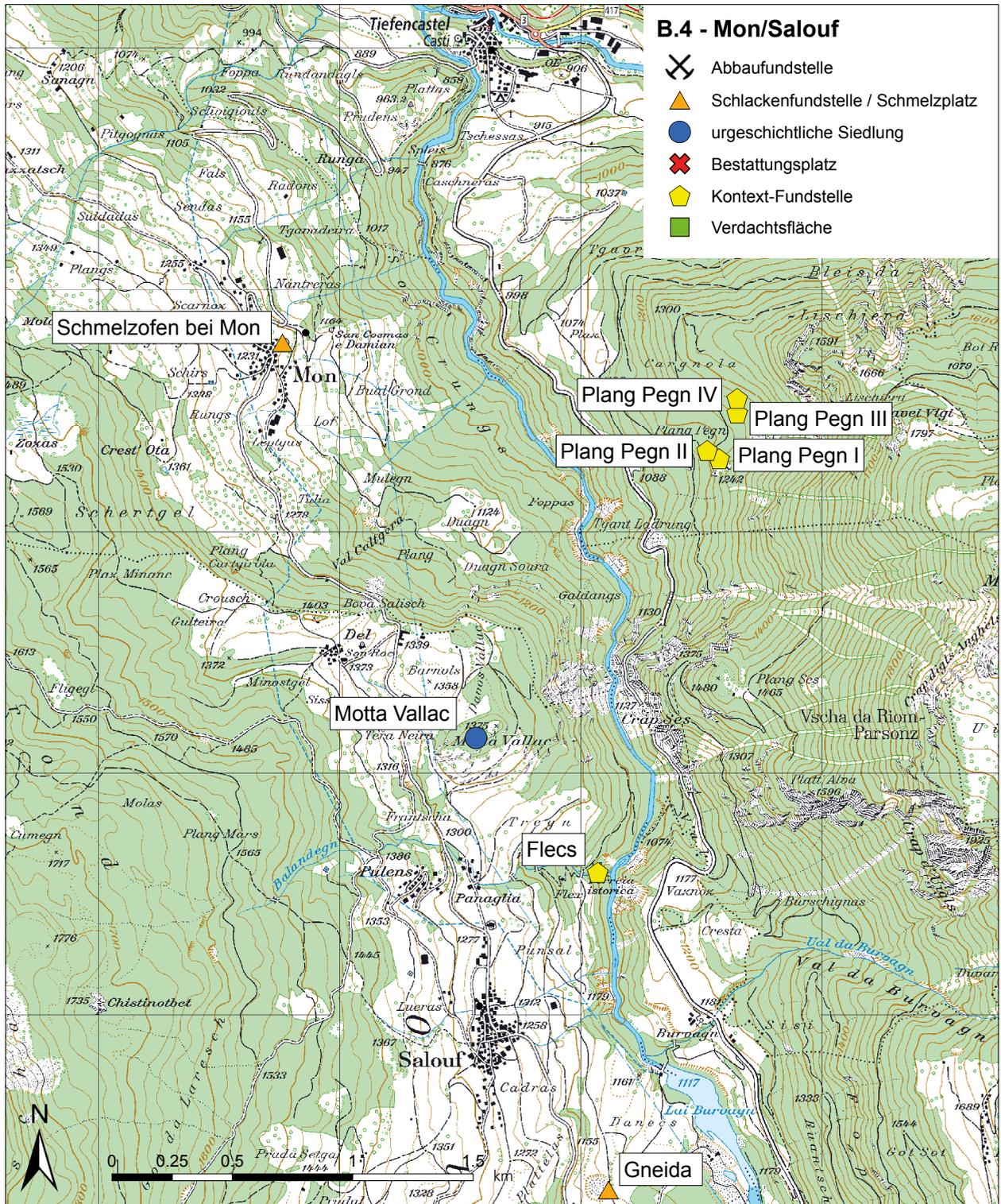


Abb. B.4: Albulatal und Oberhalbstein, untere Talstufe. Kartierung der im Verzeichnis aufgeführten Fundstellen unmittelbar nördlich (Albulatal) und südlich (Oberhalbstein) der Engstelle bei Crap Ses. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 25.000).

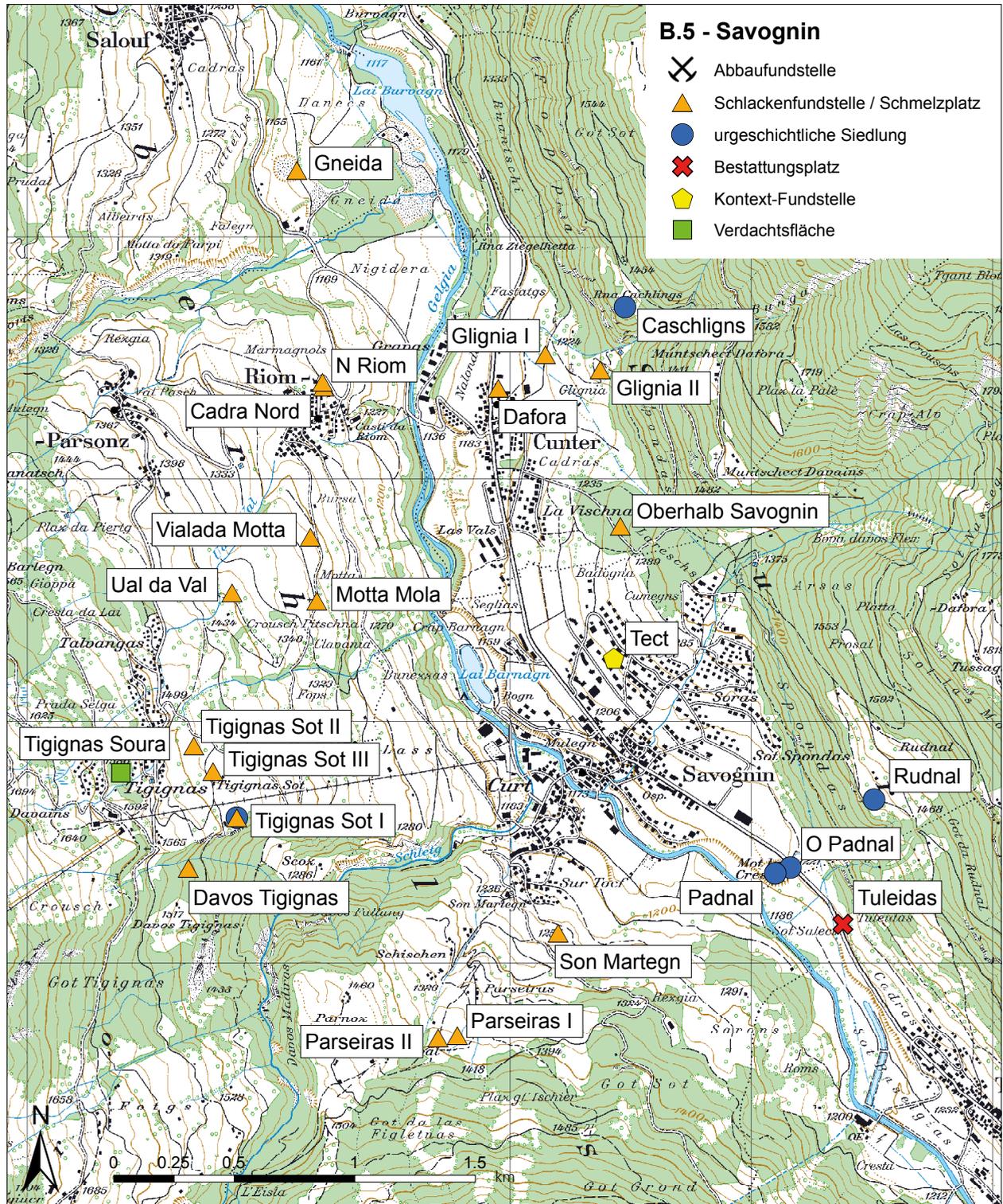


Abb. B.5: Oberhalbstein, untere Talstufe. Kartierung aller im Verzeichnis aufgeführten Fundstellen im Bereich des Talbodens zwischen Salouf und Tinizong (u.r.). Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 25.000).

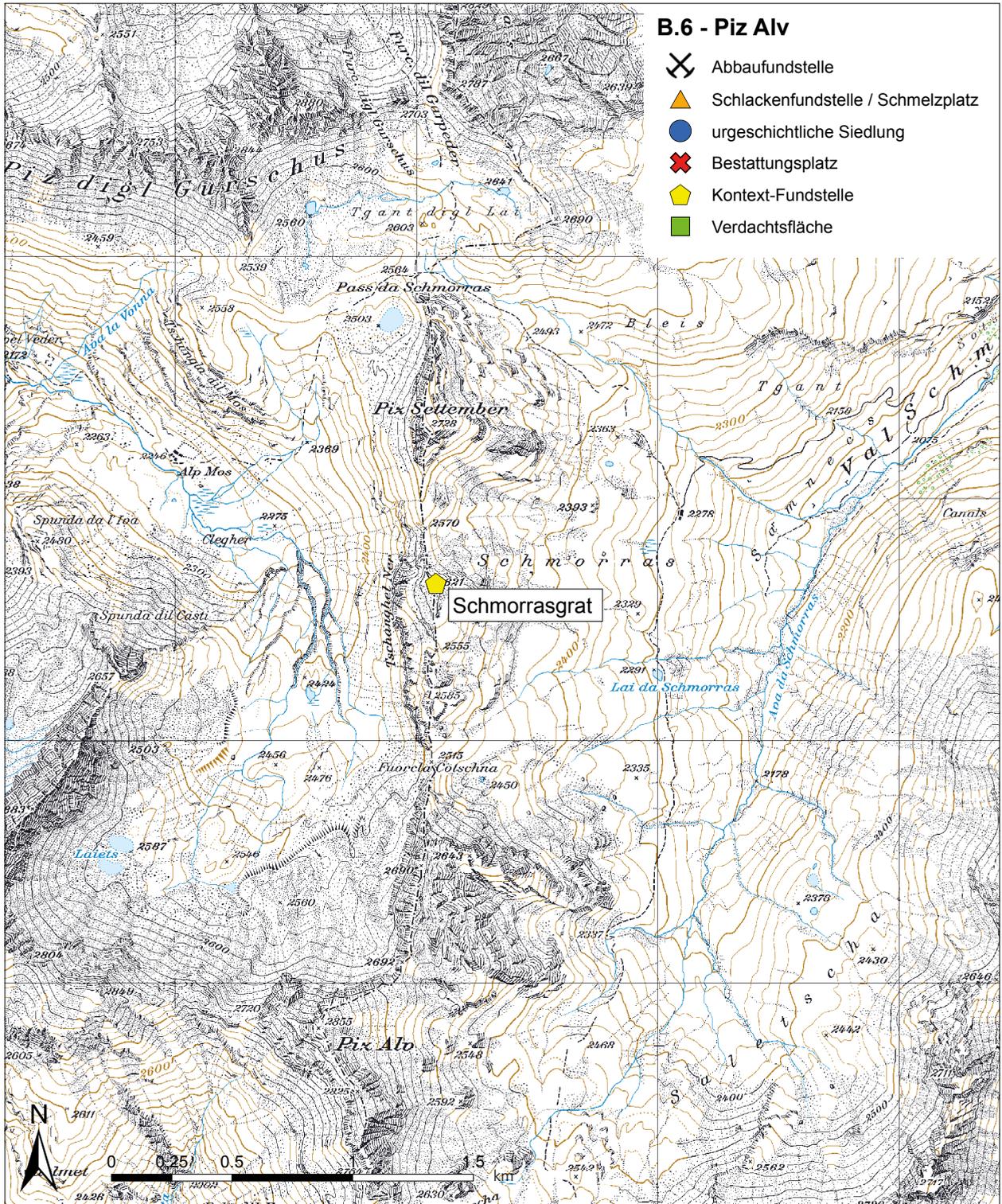


Abb. B.6: Ferrera und Oberhalbstein. Kartierung der Kontextfundstelle Schmorrasgrat (neuzeitlicher Hämatitabbau) im Bereich des Schmorrasgrats zwischen der Val Ferrera im Westen und dem Oberhalbstein im Osten. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 25.000).

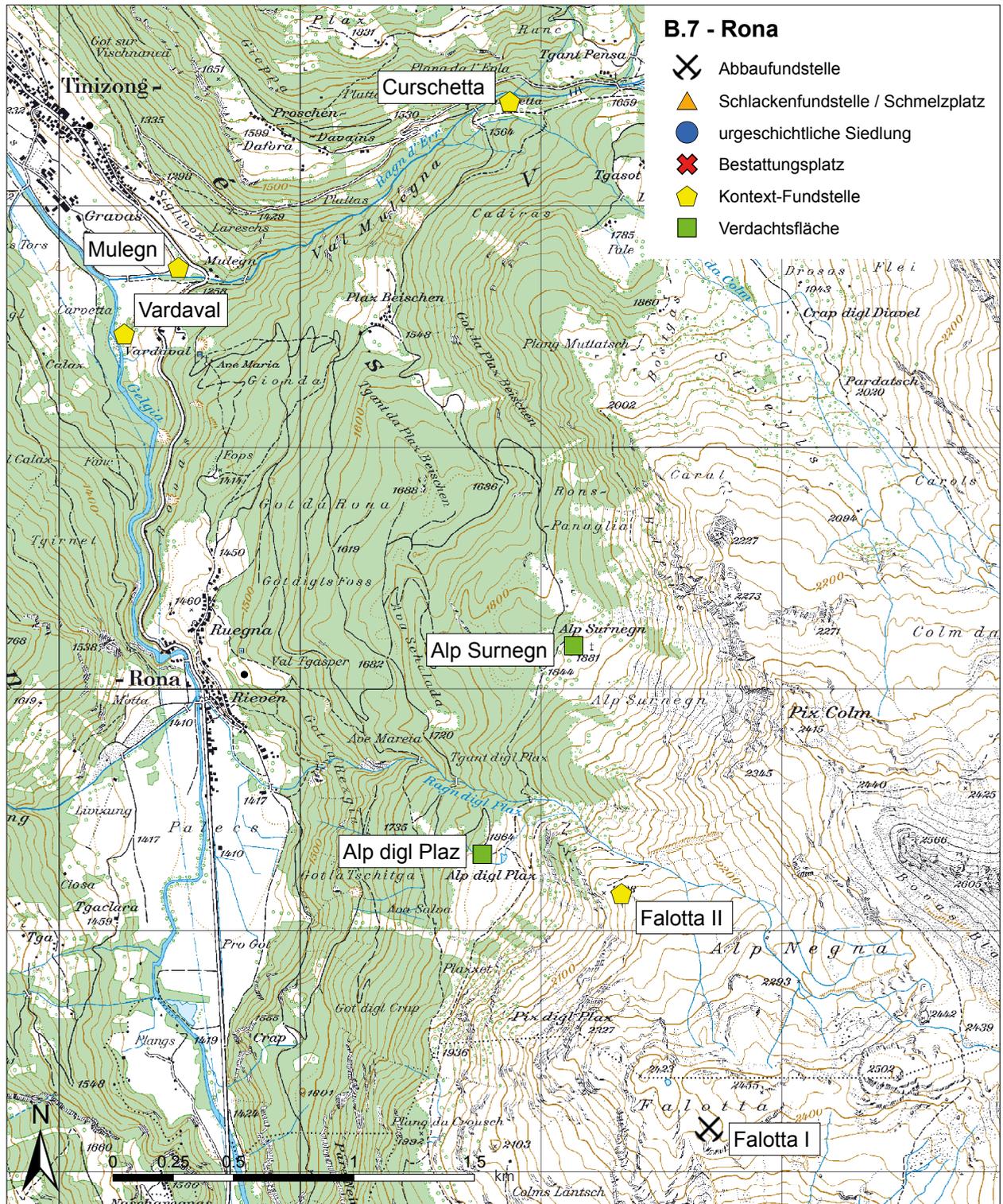


Abb. B.7: Oberhalbstein, untere Talstufe. Kartierung der im Verzeichnis aufgeführten Fundstellen zwischen Tinizong im Norden und Mulegns im Süden (nicht mehr abgebildet). Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 25.000).

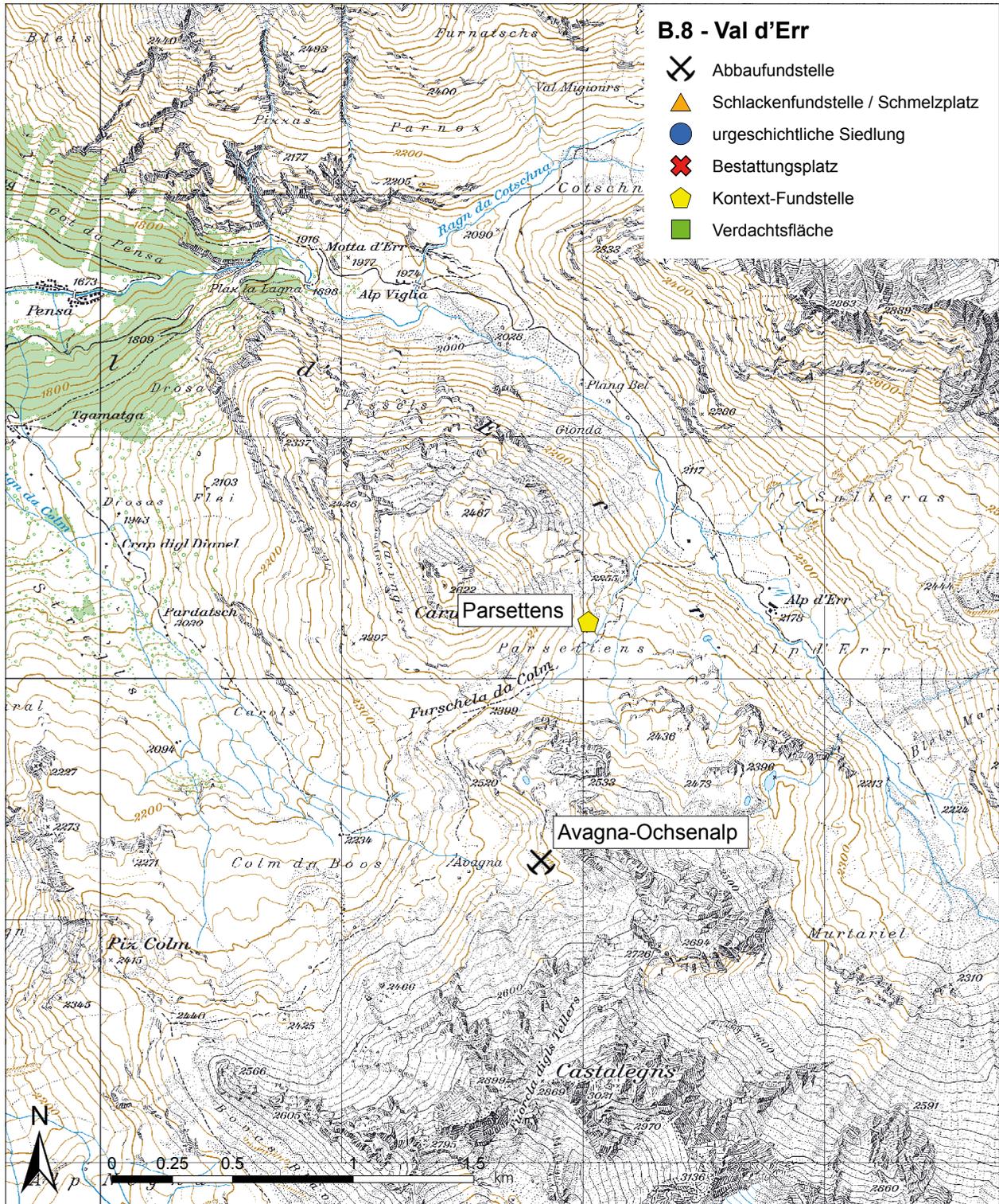


Abb. B.8: Oberhalbstein, untere Talstufe (östliche Talseite). Kartierung der spätbronzezeitlichen bis neuzeitlichen Abbaufundstelle Avagna am Südostrand der Ochsenalp und der Kontextfundstelle (neuzeitlicher Manganzabbau) Parsettens in der Val d'Err. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 25.000).

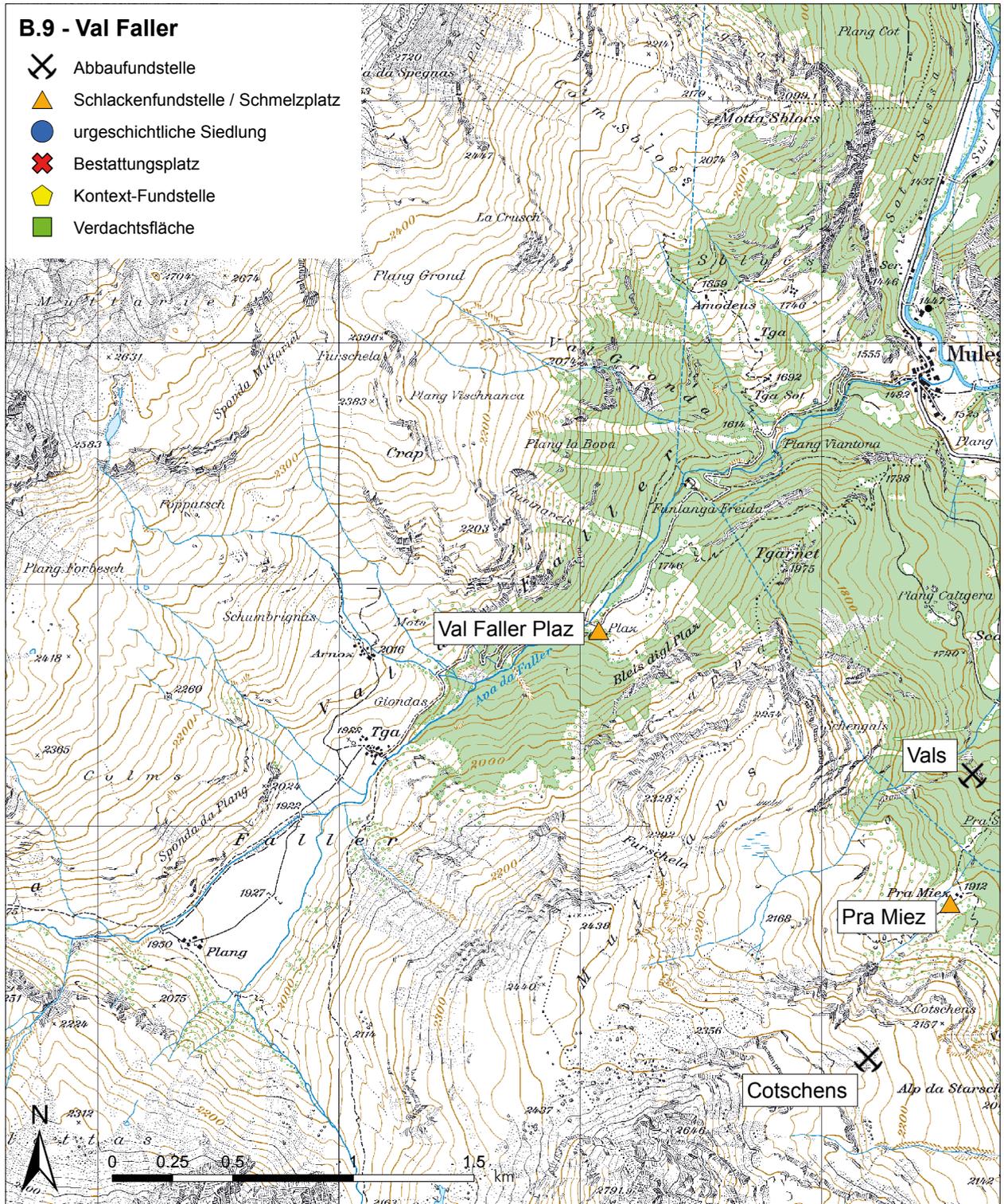


Abb. B.9: Oberhalbstein, obere Talstufe. Kartierung des bislang einzigen Schmelzplatzes in der Val Faller, südwestlich von Mulegns mit östlich angrenzenden Fundstellen im Einzugsgebiet des Marmorerasees (vgl. Abb. B.10). Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 25.000).

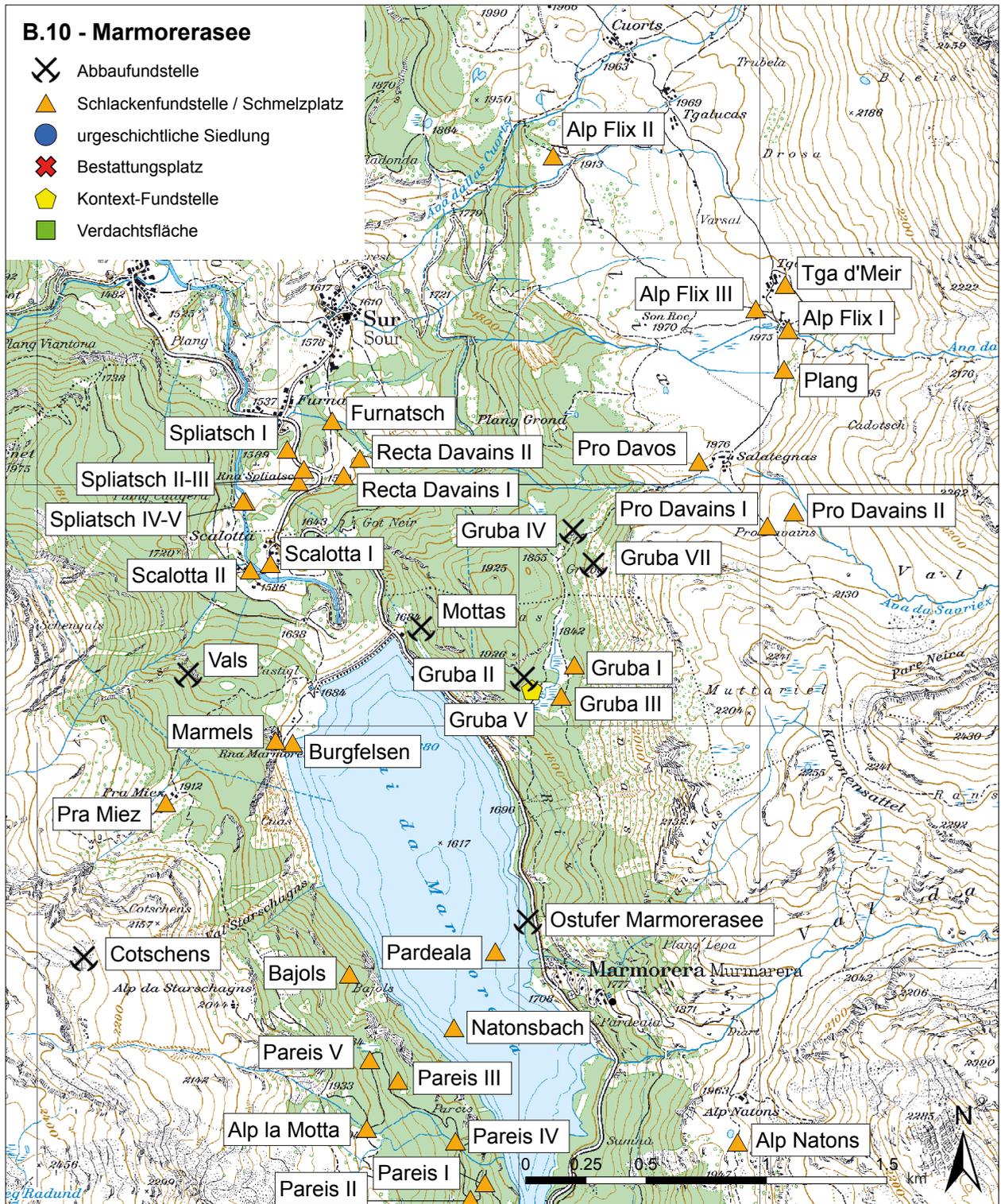


Abb. B.10: Oberhalbstein, obere Talstufe. Kartierung der im Verzeichnis aufgeführten Fundstellen im Einzugsgebiet des heutigen Marmoreraastausees (ehem. Siedlungsebene) mit besonders dicht belegten Abbaufundstellen. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 25.000).

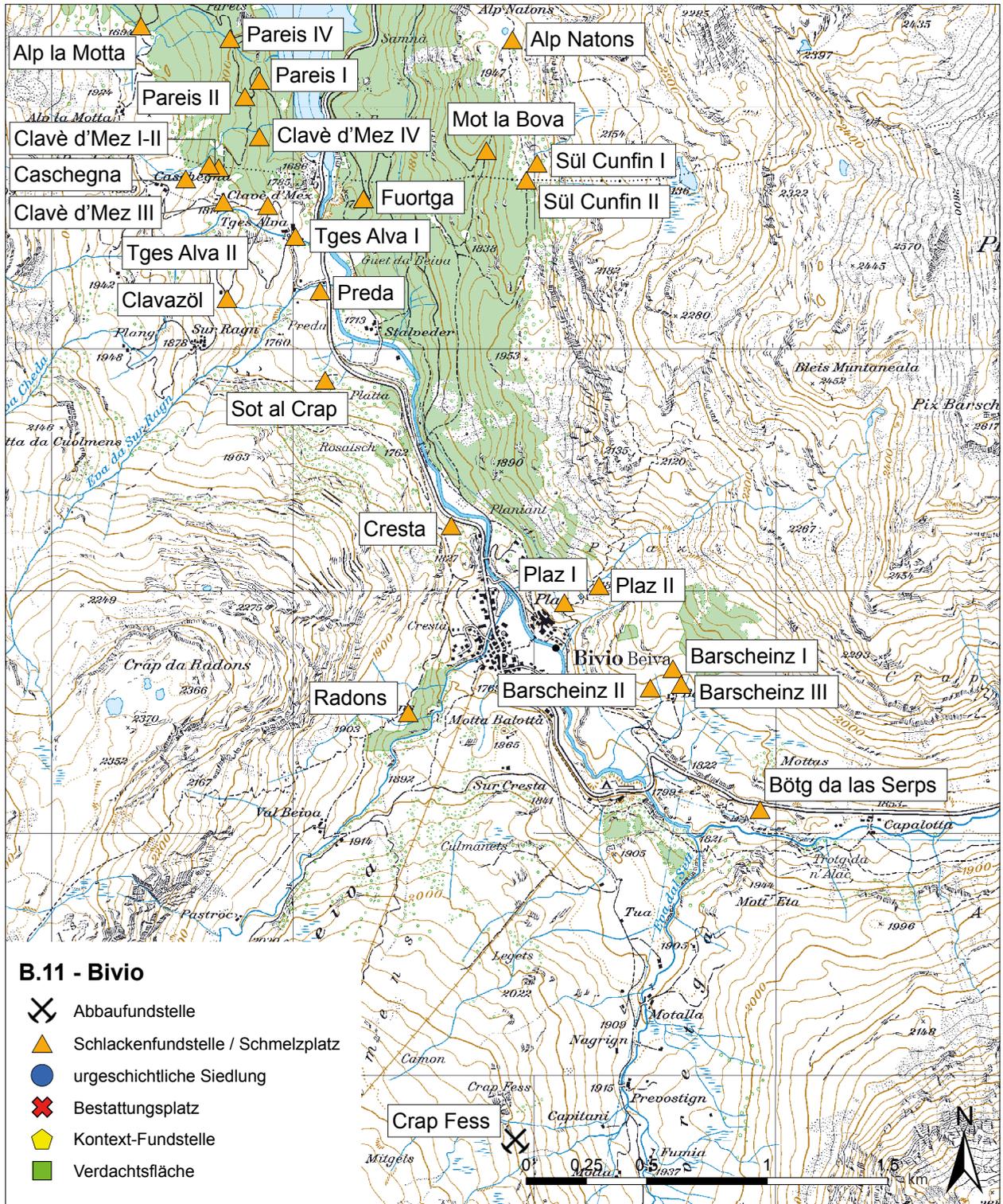


Abb. B.11: Oberhalbstein, obere Talstufe. Kartierung der im Verzeichnis aufgeführten Fundstellen zwischen dem Marmoreraasee (o.) und der Ortschaft Bivio mit besonders dicht belegten Schmelzplätzen im Bereich der Seemündung. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 25.000).

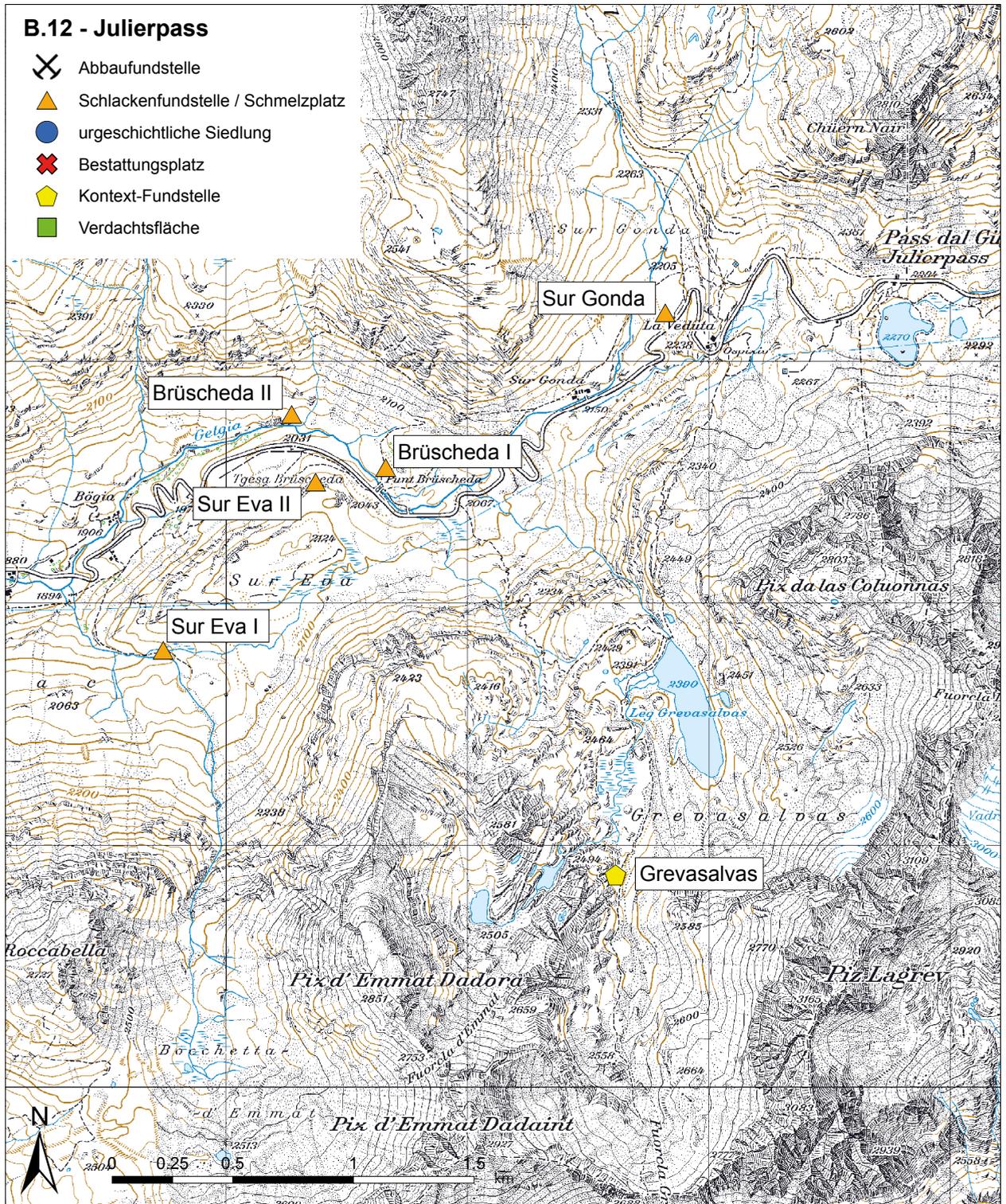


Abb. B.12: Engadin und Oberhalbstein, obere Talstufe. Kartierung der im Verzeichnis aufgeführten Fundstellen im Bereich des Julierpasses zwischen dem Oberhalbstein im Westen und dem Engadin im Osten bzw. Süden. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 25.000).

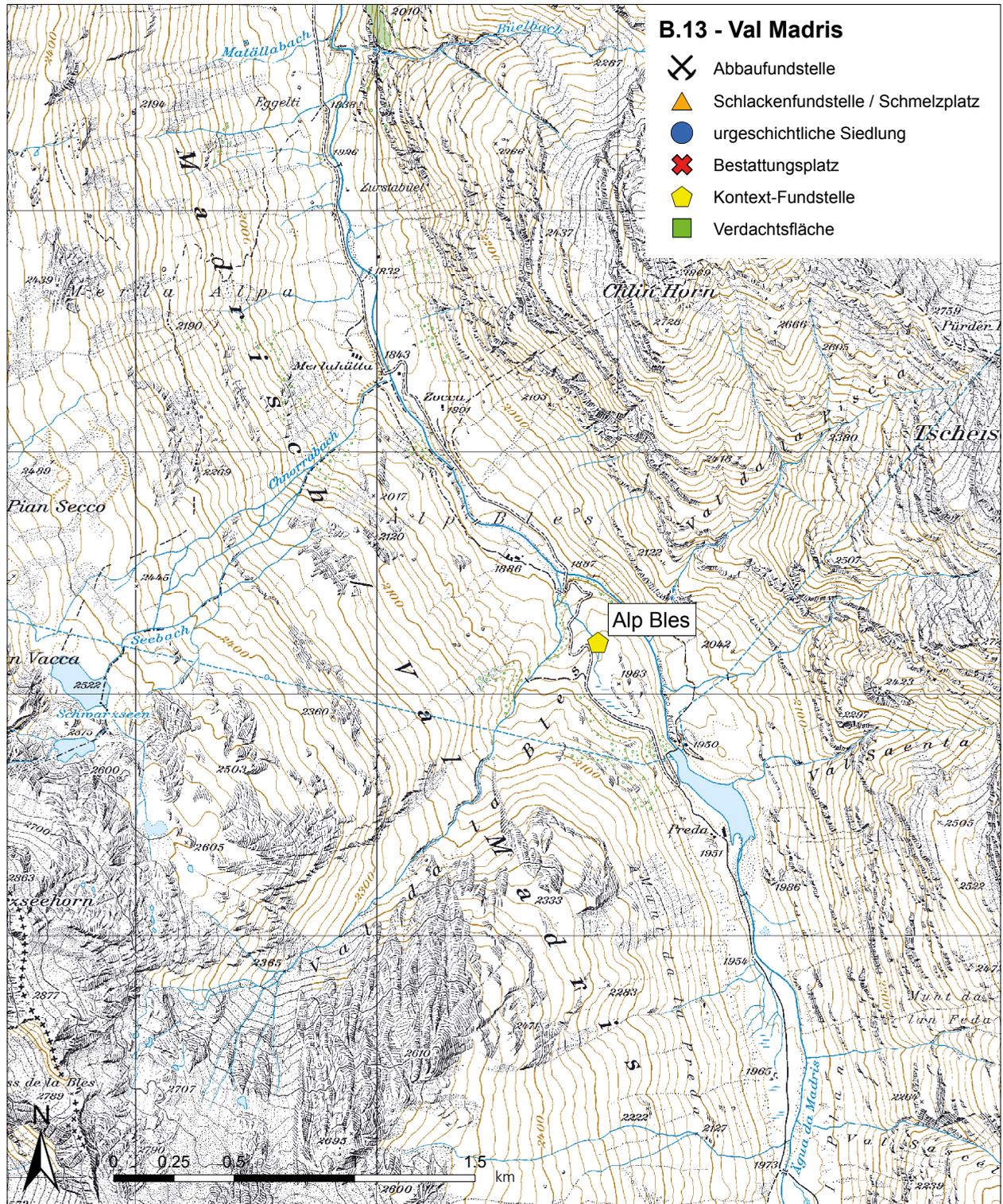


Abb. B.13: Avers, Val Madris. Kartierung der Kontextfundstelle Alp Bles (Schlackenfunde unbekannter Zeitstellung) im Val Madris, einem nach Süden abzweigenden Seitental des Avers. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 25.000).

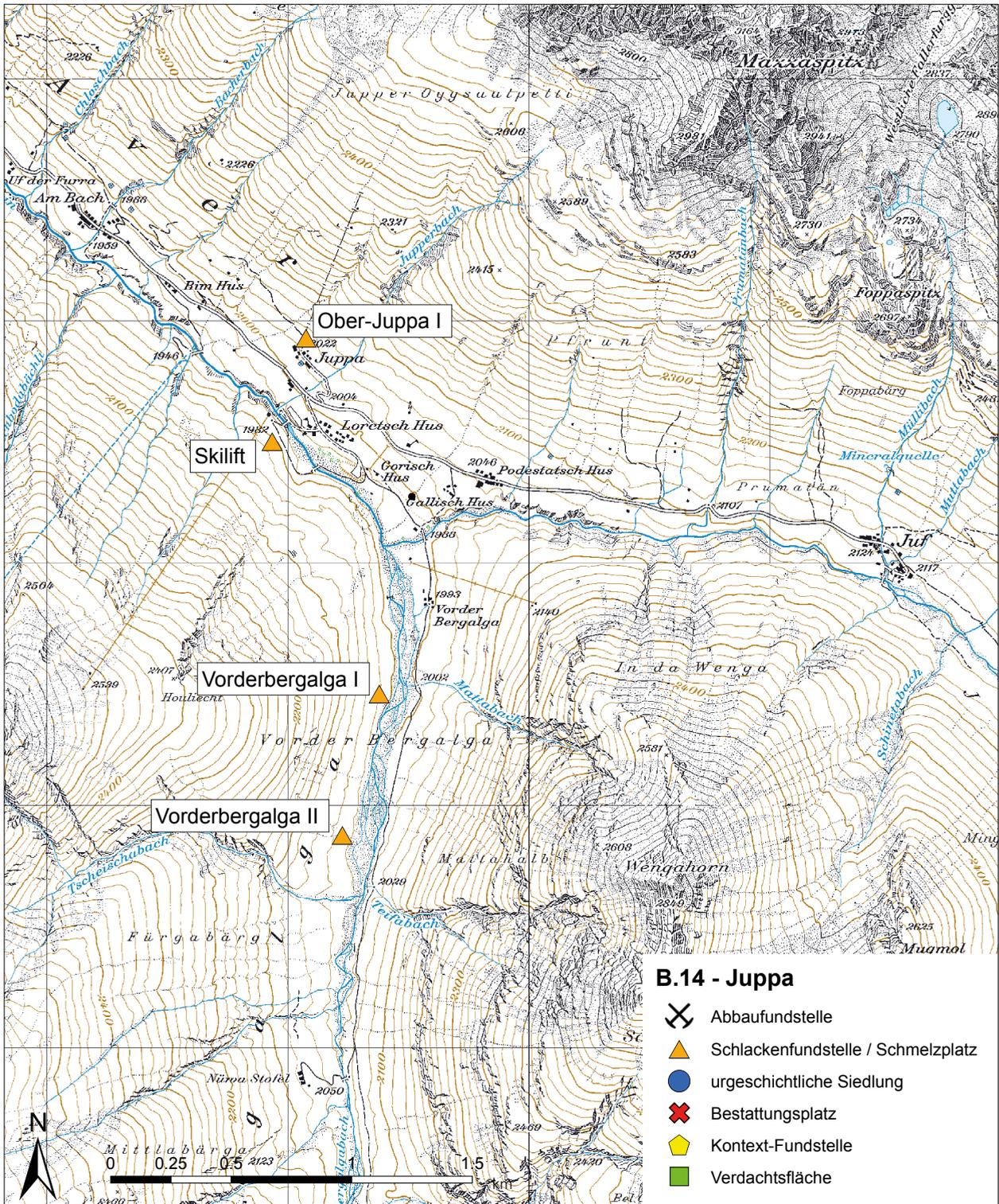


Abb. B.14: Avers. Kartierung der im Verzeichnis aufgeführten Schmelzplätze im Averser Haupttal bei Juppa sowie in der südlich abzweigenden Val Bergalga. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 25.000).

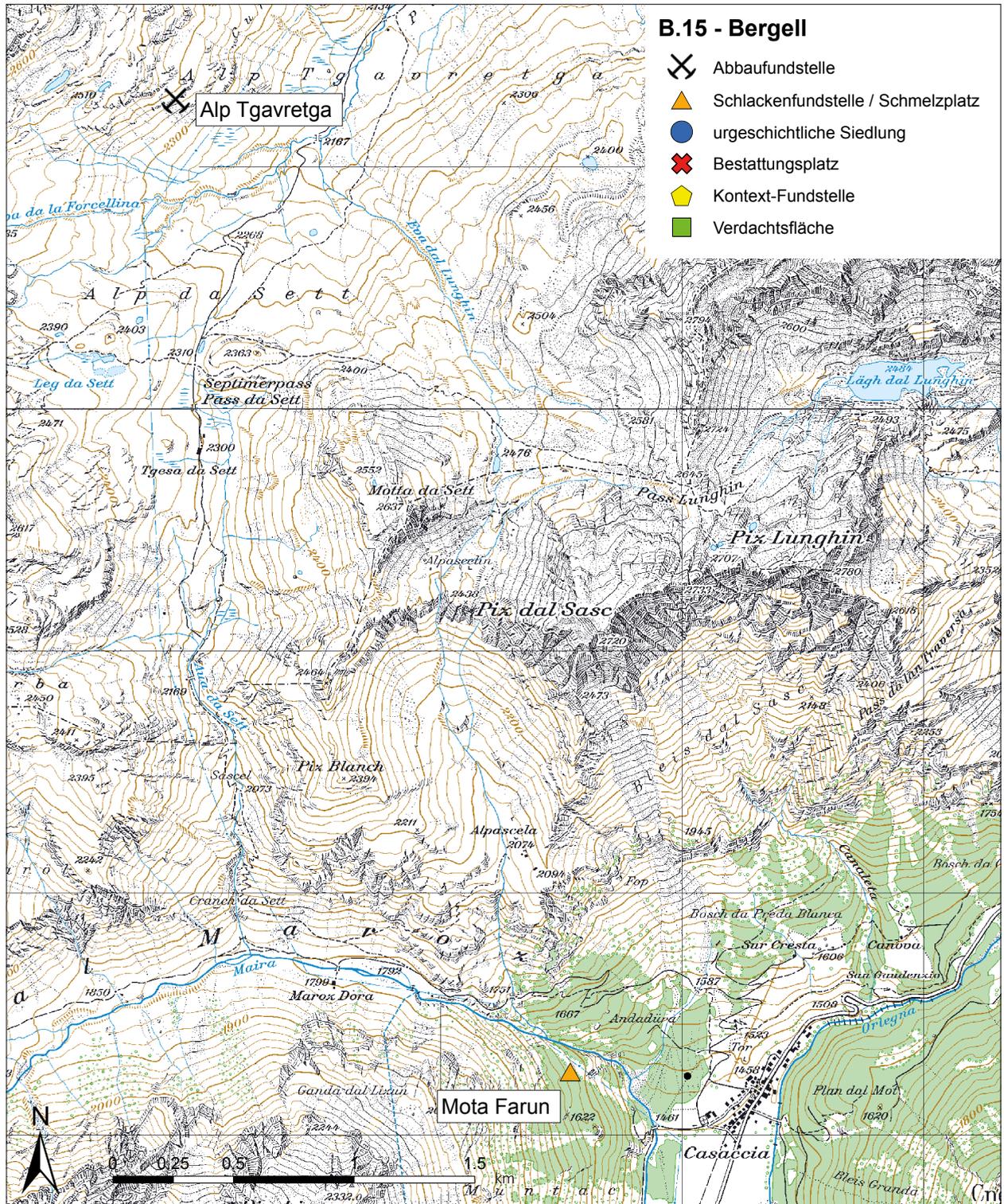


Abb. B.15: Bergell und Oberhalbstein, obere Talstufe. Kartierung der beiden im Verzeichnis aufgeführten montanarchäologischen Fundstellen unmittelbar südlich (Bergell) bzw. nördlich (Oberhalbstein) des Septimerpasses. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 25.000).

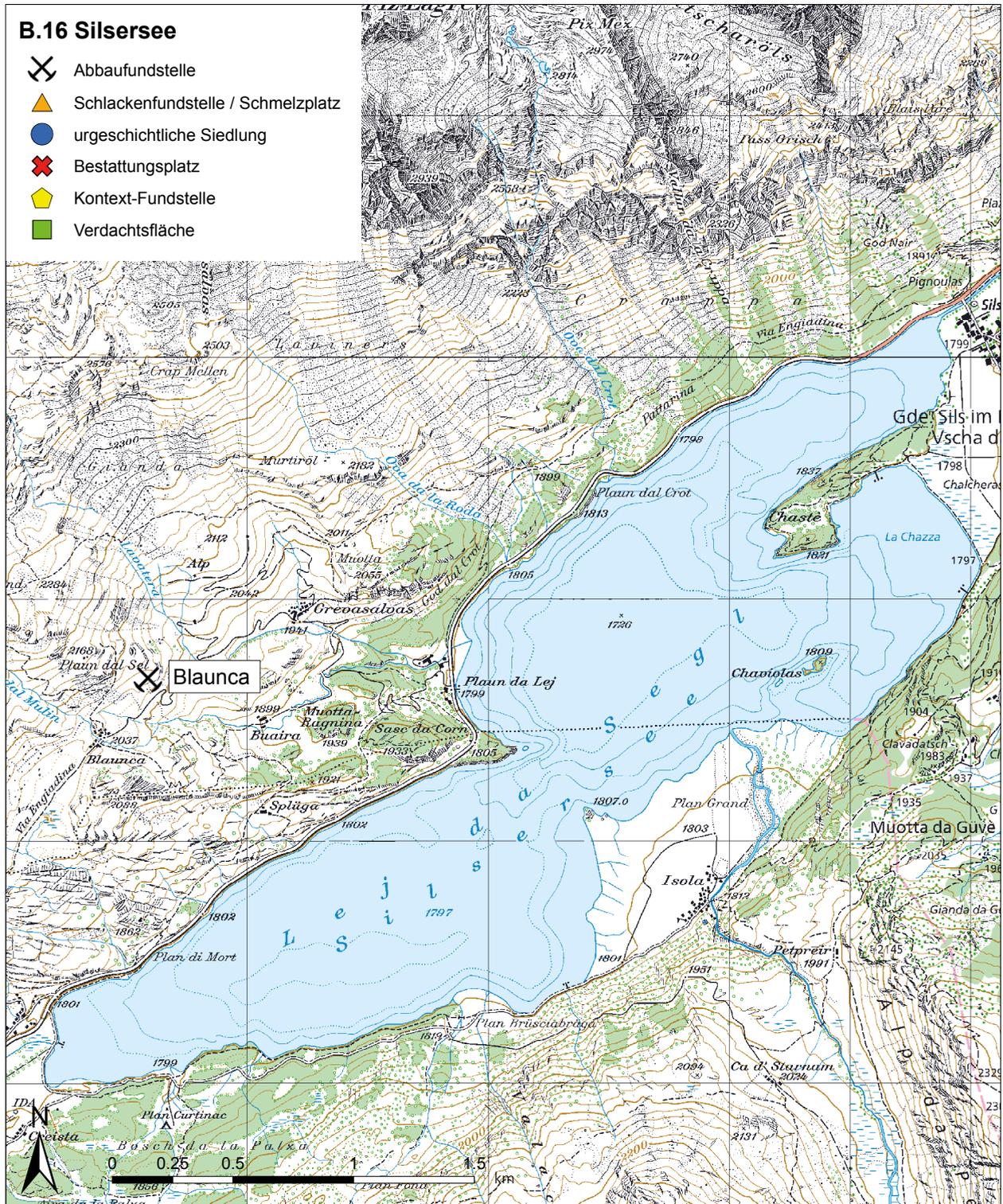


Abb. B. 16: Engadin. Kartierung des bislang undatierten Kupfererzabbaus Blaunca nordwestlich oberhalb des Silsersees. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 25.000).

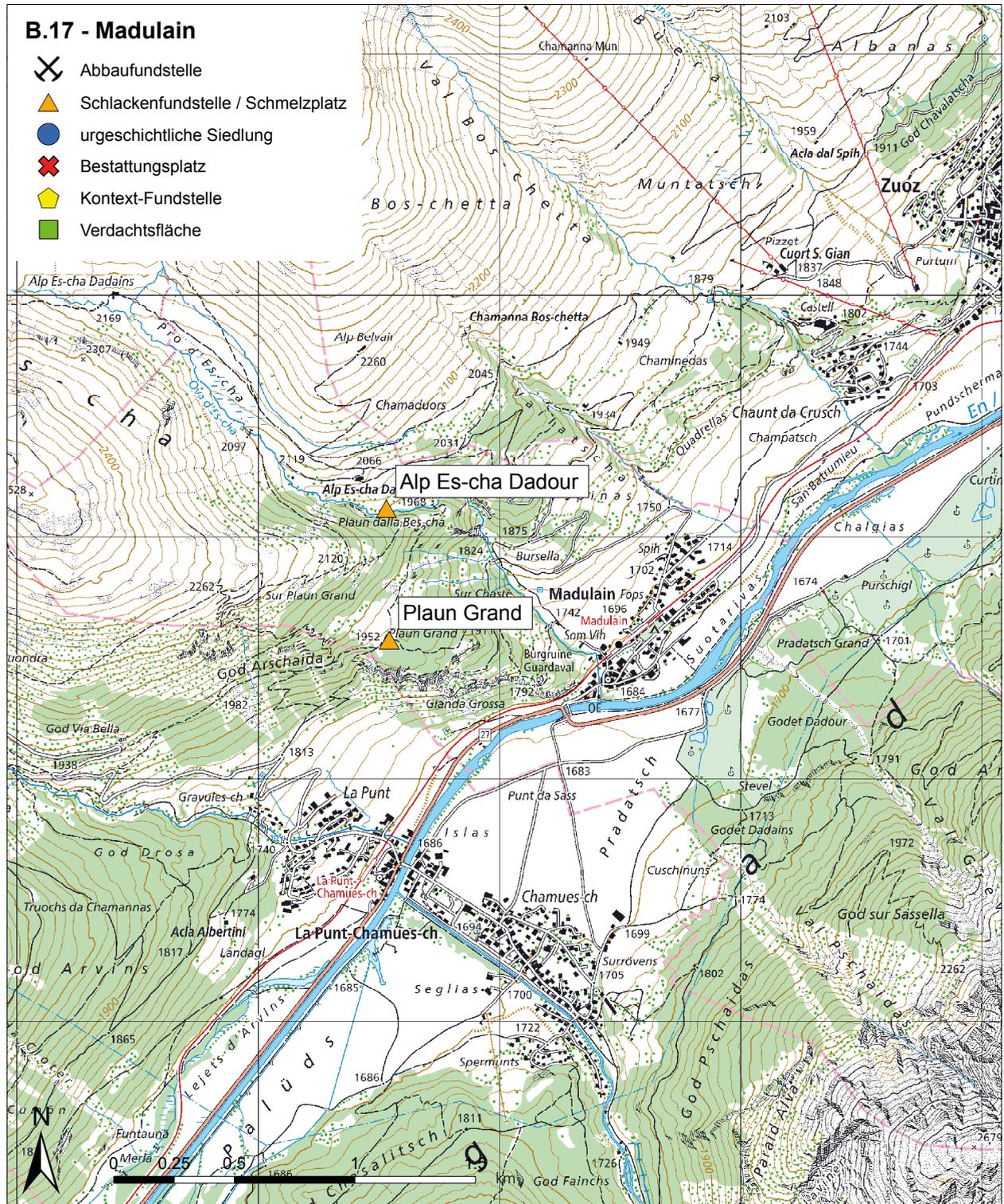


Abb. B.17: Engadin. Kartierung der beiden isoliert liegenden urgeschichtlichen Schmelzplätze bei Madulain im Oberengadin. Karte: L. Reitmaier-Naef, UZH. Geodaten: swisstopo (LK 1 : 25.000).

B.1 Abbau

Alp Tgavretga (61085)

Surses, Bivio
2768900/1144270, 2368 m ü. M.
Karte B.15

Konkordanz

Schaer, 2003: R
Alternative Bezeichnungen: Alp Tgavretga (Sur al Cant)
(Schaer, 2003)

Beschreibung

In der hinteren Val Tgavretga, im Bereich des gleichnamigen Alpgebietes, finden sich an einem Südhang mehrere steil abfallende Bergehalden. Sie zeigen Abbauaktivitäten bisher unbekannter Zeitstellung an. Gemäß V. Dietrich sind hier noch zwei Schürfstollen von ca. 3 m × 1 m × 3 m erhalten. Dass es sich hierbei um die bei Salis-Marschlins 1806 erwähnte ehemalige Grube des Commissari Brügger handelt (s. Kapitel 2.2.2), ist denkbar, kann jedoch nicht sicher belegt werden (vgl. auch Crap Fess (18256)). Für eine bessere Beurteilung oder eine Datierung der Abbauspuren müsste eine archäologische Neudokumentation der Befunde im relativ schwierig zugänglichen Gelände vorgenommen werden.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Funde

Keine

Vererzung

Alp Tgavretga (19)

Literatur

Brun, 1987; Schaer, 2003.

Avagna-Ochsenalp (3911)

Surses, Tinizong-Rona
2771826/1159240, 2480 m ü. M. (Haldenareal)
2771791/1159267, 2471 m ü. M. (neuzeitliche Halde)
2771662/1159359, 2411 m ü. M. (unteres Werkareal: Ofenstruktur)
Karte B.8

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 33; Schaer, 2003: E
Alternative Bezeichnungen: Tinzer Ochsenalp, Colm da Bovs (Schaer, 2003); Lavagna (Brun, [o.J.]); Emede
Weitere Fundstellennummern (ADG): 69575, 69576, 69577

Beschreibung

Im hintersten, südöstlichen Randbereich des Geländekessels Colm da Bovs (rätoromanisch: Ochsenalp) liegt eine weithin sichtbare, markante Bergehalden aus gelb bis rostrot gefärbtem Verwitterungsschutt. Das verschüttete

Bergwerk wird in verschiedenen historischen Quellen erwähnt und soll in unterschiedlichen Zeiten alternierend als Kupfer-, Eisen- oder Vitriol-Grube bis weit ins 19. Jahrhundert in Betrieb gestanden haben. Auch der bislang älteste schriftliche Nachweis für Bergbauaktivitäten im Oberhalbstein aus dem Jahr 1338 dürfte sich mit großer Wahrscheinlichkeit auf «den isenberg, der ze Tingzen gelegen ist, der da haisset Emede» (BUB V, Nr. 2615; vgl. auch Kapitel 2.2.2) beziehen.

Dass hier einst Untertagebau betrieben wurde, lässt sich topografisch zwar eindeutig nachvollziehen, sämtliche Gruben sind heute jedoch verschüttet. Dennoch lassen sich an dieser Fundstelle archäologisch bisher mindestens zwei Betriebsphasen – eine spätbronzezeitliche und eine neuzeitliche – fassen. Eine dritte, mittelalterliche ist aufgrund historischer Quellen zu vermuten.

Neuzeitliche Abbauaktivitäten lassen sich im unteren Bereich des Haldenareals nachweisen: Die Abraumblocke auf der kleinen, stratigraphisch jüngsten, deutlich dunkler gefärbten Halde weisen verschiedentlich Negative von Bohrlöchern auf und belegen somit neuzeitlichen Abbau durch Sprengung. In dieselbe Betriebsphase datiert möglicherweise auch der trockengemauerte Gebäudgrundriss (ca. 8 m × 5,5 m) am Südrand der Halde. Ebenfalls in die resp. eine neuzeitliche Betriebsperiode dürfte ein Fahrweg gehören, der von der Gebäuderuine nach Westen führt und wohl zum Abtransport des abgebauten Erzes diente. Circa 150 m nordwestlich unterhalb der Bergehalden sind verschiedene Trockenmauerkonstruktionen (Öfen?) zu beobachten, die mit einiger Wahrscheinlichkeit ebenfalls in historische Zeit datieren.

Schließlich konnte in Avagna-Ochsenalp vor allem aber auch urgeschichtlicher Bergbau zweifelsfrei nachgewiesen werden: In weiten Teilen des Haldenareals steht teilweise flächig durch Eisenoxidationsprozesse zementiertes Haldenmaterial an, das zahlreiche Holz(kohle)stücke enthält. Anhand von dendrochronologischen und ¹⁴C-Datierungen konnte dieses Haldenmaterial in die Spätbronzezeit (11. Jh. v.Chr.) datiert werden. Es handelt sich somit um den bisher ältesten direkten Beleg für Kupferbergbau im Oberhalbstein (vgl. auch Ostufer Marmoreraasee (56326)).

In welcher Betriebsphase die verschiedenen, oberflächlich angedeuteten Mundlöcher sowie ein nach Nordosten verlaufender Pingenzug entstanden sind, konnte bisher nicht zweifelsfrei geklärt werden.

Eine – vermutlich urgeschichtliche – mechanische Aufbereitung des gewonnenen Erzes vor Ort könnte der Oberflächenfund eines Klopffsteins anzeigen.

Untersuchungen

Begehungen; Geländemodell; Sondage

Datierung

Spätbronzezeit; Mittelalter; Neuzeit

¹⁴C-Datierungen

B-4188: 2990 ± 90 BP; 1433 – 976 cal. BC (2-σ)
(nach Wyss (1993, S. 202): Holzkohle, zementierte Halde)

Anmerkung zu B-4188: Ein Brocken zementierten Halddenmaterials wurde bei Begehungen der Fundstelle im Jahr 1982 fälschlicherweise als blasige Schlacke angesprochen. Die ¹⁴C-Probe soll «aus einer etwas tieferen Lage» zum Vorschein gekommen sein. Eine exakte Rekonstruktion der Probenherkunft innerhalb des Haldenareals ist heute nicht mehr möglich.

ETH-86921: 2973 ± 21 BP; 1261–1123 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1049.1: Holzkohle, Sondage Haldenkuppe = ADG-87897, Jahrringe 57-68)

ETH-63990: 3088 ± 16 BP; 1414–1296 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1068.1: Holzkohle, Sondage Halde)

ETH-63993: 3015 ± 16 BP; 1375–1209 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1067.1: Holzkohle, Sondage Halde)

Dendrochronologische Datierungen

Von 72 untersuchten Holzkohleproben konnten 26 dendrochronologisch datiert werden. Ihre Endjahre streuen zwischen -1112 und -1043, darunter eine Datierung mit Waldkante:

ADG-88653: -1061 (a-Datierung, Waldkante sicher (Herbst/Winter))

Funde

Leuchtpäne; Klopstein (vgl. Reitmaier-Naef, et al., 2020)

Vererzung

Avagna-Ochsenalp (4)

Literatur

BUB V, Nr. 2615; Brun, 1987; Oberhänsli, et al., 2019; Reitmaier-Naef, et al., 2020; 2015; Schaer, 2003; Wyss, 1993.

Blaunca (3331)

Sils im Engadin

2774585/1143664, 2048 m ü. M. (Grube)

2774558/1143677, 2057 m ü. M. (Halde)

Karte B.16

Beschreibung

In einem Weidegebiet ungefähr 300 m nordöstlich der Häusergruppe Blaunca beißt lokal begrenzt eine kupfer- und eisenführende Vererzung aus. Das Vorkommen wird durch eine kleine Halde aus Verwitterungsschutt angezeigt. Dieser Befund könnte möglicherweise sogar natürlich entstanden sein. Circa 25 m südöstlich unterhalb dieser kleinen Halde findet sich aber ein zweifelsfrei anthropogener Abbau. Das Mundloch ist ca. 2–3 m breit, die dahinterliegende Grube scheint mit ungefähr 20° nach Osten einzufallen, kann aber heute nicht mehr befahren werden, da sie im 20. Jahrhundert als Abfalldeponie diente und folglich weitgehend mit Plastikabfall und Metallschrott verfüllt ist. Angaben zur Größe, Abbautechnik oder zur Datierung dieser Grube sind ohne größeren Aufwand nicht zu erlangen. Grundsätzlich ist eine prähistorische bis neuzeitliche Datierung denkbar. Historische Quellen sprechen punktuell von neuzeitlichem Erzabbau in Sils, womit aber auch andere Bergwerke gemeint sein könnten (z.B. die historischen Bleiglanz- und Zinkblende-

Gruben nördlich oberhalb des Silsersees). Eine prähistorische Datierung der Grube in Blaunca scheint hingegen aufgrund zahlreicher Parallelen zu entsprechenden Befunden im benachbarten Oberhalbstein durchaus wahrscheinlich (vergleichbare Geologie) – allerdings sind aus Sils bisher keine entsprechend zu erwartenden Schmelzplätze bekannt.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Funde

Keine

Vererzung

Blaunca (26)

Literatur

Gröbner, 2017; Philipp, 1983.

Cotschens (1890)

Surses, Marmorera

2767507/1152079, 2156 m ü. M. (Val Starschagns)

2767427/1151976, 2178 m ü. M. (Areal S)

2766813/1152243, 2286 m ü. M. (Areal NW)

2767194/1152036, 2250 m ü. M. (Hauptthalde)

2767145/1152014, 2278 m ü. M. (Grube 1)

Karte B.9, B.10

Konkordanz

Schaer, 2003: K

Alternative Bezeichnung: Alp da Starschagns (ADG)

Weitere Fundstellennummern (ADG): 69446, 69447

Beschreibung

Der markante Ausbiss Cotschens (cotschen, rätoromanisch: rot) liegt westlich oberhalb des Marmorerasees auf knapp 2300 m, über der Waldgrenze. Er ist primär anhand der ca. 100 m × 100 m großen, rostbraunen Bergehalde («Hauptthalde») bereits aus der Ferne gut erkennbar und daher auch schon lange als Erzausbiss bzw. Abbaugiebel bekannt. Auf einer Fläche von ca. 1,5 ha sind zahlreiche Bergbauspuren zu beobachten: dispers verteilte Schurfe, Halden, Pinggen und in der Regel verschüttete oder verbrochene Mundlöcher, die aufgrund fehlender diagnostischer Abbauspuren oder Funde schwierig zu beurteilen und chronologisch nicht genauer einzugrenzen sind. Sie lassen sich grob in vier Areale gliedern: Das Areal «Val Starschagns» an der oberen Abbruchkante der gleichnamigen Runse; das «Areal S» am südlichen Rand der Abbauzone; das «Areal NW» an deren nordwestlichem Rand und die «Zentrale Ausbisszone» mit der mächtigen Hauptthalde im Zentrum des Abbaugiebels.

Zugänglichen Untertagebau gibt es heute im gesamten Areal nur noch an zwei Stellen, eine davon – die «Grube 1» – befindet sich im Zentrum der Ausbisszone, südwestlich oberhalb der Hauptthalde. Die Grube besteht aus einem langgestreckten Tagebau von ca. 20 m Länge und einem daran anschließenden untertägigen Bereich.

Der Bau fällt mit etwa 20° nach West-Südwesten ein und setzt sich aus mehreren, hintereinander angeordneten Abbauräumen zusammen. Deren charakteristische Kuppelform weist auf einen Vortrieb mittels Feuersetztechnik hin. Die Bauhöhe beträgt etwa 8 m, die maximale Ausdehnung in Streichrichtung 12 m.

Da die Grube hier normalerweise unter Wasser steht, haben sich zahlreiche Hölzer erhalten, darunter bergbauspezifische Funde wie Leuchtspäne und Teile von zwei Erztrögen.

Ein Holzfund sowie eine im untertägigen Bereich von Grube 1 freigelegte Stratigraphie konnten anhand von ¹⁴C-Datierungen in die ältere Eisenzeit datiert werden. Weitere Abbautätigkeiten sind außerdem für die Spätbronzezeit (Halde) sowie das 1. Jahrhundert v. Chr. (Tröge; Schaufel) anzunehmen. Holzfundstücke aus verschiedenen jüngeren Epochen belegen eine weiterführende Nutzung des nur partiell abgesoffenen Hohlraums – jedoch bislang ohne explizite Hinweise auf bergbauliche Aktivitäten.

Dass das Erz in Cotschens nicht nur abgebaut, sondern – zumindest teilweise – auch direkt vor Ort aufbereitet wurde, belegt das für das Oberhalbstein bislang singuläre Ensemble an Steingeräten aus dem südlichen Bereich der Haupthalde. Hier wurden mehrere Klopffesteine und Pochplatten sowie ein hälftig erhaltener Läufer gefunden.

Untersuchungen

Begehung; Geländemodell; Sondage

Datierung

Spätbronzezeit; Ältere Eisenzeit; Jüngere Eisenzeit (die ¹⁴C-Datierungen aus jüngeren Epochen können nicht direkt mit Abbautätigkeiten in Verbindung gebracht werden)

¹⁴C-Datierungen

- ETH-74333: 178 ± 21 BP; 1663–... cal. AD (2-σ)
(FK 18203.47.1: Leuchtspan, Lesefund Haupthalde)
ETH-84249: 2540 ± 17 BP; 796–567 cal. BC (2-σ)
(FK 67457.120.1: Holzkohle, Sondage Grube 1)
ETH-84250: 2076 ± 17 BP; 165–45 cal. BC (2-σ)
(FK 67457.22.1: Trog, Grube 1 = ADG-88581, Jahrringe 82–84)
ETH-84251: 3073 ± 17 BP; 1406–1282 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1109.6: Holzkohle, Sondage Haupthalde = ADG-88596, Jahrringe 33–43 (wiggle-matching, vgl. auch ETH-86920))
ETH-84252: 2563 ± 17 BP; 801–761 cal. BC (2-σ)
(FK 67457.38.1: Spatel, Grube 1 = ADG-88583, Jahrringe 43–45)
ETH-84253: 2504 ± 17 BP; 774–544 cal. BC (2-σ)
(FK 67457.36: Knochen, Sondage Grube 1)
ETH-86914: 316 ± 20 BP; 1493–1644 cal. AD (2-σ)
(FK 67457.30.1: Tessel, Grube 1)
ETH-86915: 2059 ± 21 BP; 163–1 cal. BC (2-σ)
(FK 67457.9.1: schaufelförmiges Objekt, Grube 1)
ETH-86916: 98 ± 20 BP; 1691–1925 cal. AD (2-σ)
(FK 67457.25.1: Holm, Grube 1)
ETH-86917: 2087 ± 21 BP; 172–47 cal. BC (2-σ)

(FK 67457.28.1: Trogfragment, Grube 1 = ADG-88582, Jahrringe 37–38)

ETH-86918: 179 ± 20 BP; 1664–... cal. BC (2-σ)

(FK 67457.35.2: Leuchtspan, Grube 1)

ETH-86919: 1721 ± 21 BP; 252–387 cal. AD (2-σ)

(FK 67457.18.1: verwachsenes Holz, Grube 1)

ETH-86920: 3054 ± 22 BP; 1400–1233 cal. BC (2-σ)

(FK 18203.1109.3: Holzkohle, Sondage Haupthalde = ADG-88593, Jahrringe 6–20 (wiggle-matching; vgl. auch ETH-84251))

Dendrochronologische Datierungen

Von 19 untersuchten Holz(kohle)proben konnten drei dendrochronologisch datiert werden:

ADG-88593: -1137 (b-Datierung, ohne Waldkante); vgl. wiggle-matching ETH-86920

ADG-88596: -1131 (b-Datierung, ohne Waldkante); vgl. wiggle-matching ETH-84251

ADG-88581: -67 (b-Datierung, ohne Waldkante); vgl. ETH-84250

Funde

Zahlreiche Holzfundstücke unterschiedlicher Funktion und Zeitstellung (vgl. Reitmaier-Naef, et al., 2020); Steingeräte (Klopffesteine; Läufer; Pochplatten); Knochen

Vererzungen

Cotschens 1 (10); Cotschens 2 (23); Cotschens 3 (24); Cotschens 4 (25); Cotschens 5 (9)

Literatur

Brun, 1987; Oberhäsli, et al., 2019; Reitmaier-Naef, et al., 2015; 2018; 2020; Schaer, 2003.

Crap Fess (18256)

Surses, Bivio

2769921/1146725, 2100 m ü. M.

Karte B.11

Konkordanz

Schaer, 2003: O

Beschreibung

Circa 375 m westlich des Hofes Capitani in der Val Tgavretga beißt die Vererzung Crap Fess in einem steil nach Osten abfallenden Wiesengelände aus. Auf der gesamten Fläche dieses Aufschlusses von ca. 30 m × 20 m lässt sich nur eine einzige Abbauspur dokumentieren: ein einzelnes Bohrloch – Zeugnis neuzeitlicher Abbau- oder Prospektionsaktivitäten. Dass es sich dabei um die durch von Salis-Marschlins (1806) und Escher/Studer (1839) erwähnte ehemalige Grube des Commissari Brügger handelt, ist denkbar, kann jedoch nicht eindeutig belegt werden (vgl. auch Alp Tgavretga (61085)). Eine urgeschichtliche Ausbeutung des Vorkommens ist denkbar, Hinweise auf prähistorische Abbauaktivitäten konnten an dieser Fundstelle jedoch bisher nicht dokumentiert werden. Entsprechende (Be-)Funde sind aufgrund der Witterungsexposition der Vererzungszone auch nicht unbedingt zu erwarten.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Neuzeit

Typologische Datierung

Ein einzelnes Bohrloch datiert die jüngsten Abbauprodukte am Crap Fess in die Neuzeit.

Funde

Keine

Vererzung

Crap Fess (16)

Literatur

Brun, 1987; Schaer, 2003.

Es ist nicht auszuschließen, dass im näheren Umfeld der Fundstelle noch weitere Abbaustrukturen vorliegen (vgl. z.B. Senke bei Koordinaten 2769719/1157202, 2393 m ü. M.).

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Funde

Keine

Vererzung

Falotta 1 (34)

Literatur

Brun, 1987; Turck, et al., 2019c.

Falotta I (69019)

Surses, Sur

2769698/1157177, 2387 m ü. M. (Gruben)

2769684/1157169, 2383 m ü. M. (Halde)

Karte B.7

Beschreibung

Nordöstlich oberhalb des Alp Flix-Plateaus, ca. 250 m südwestlich des Gipfels Falotta, findet sich im nach Südwesten abfallenden Wiesengelände eine Bergehalde von ca. 27 m × 40 m Ausdehnung.

Nordöstlich oberhalb dieser Halde befinden sich im Abstand von 1,5 m zwei kuppelförmige Vortriebe bzw. Mundlöcher.

Das nördliche, kleinere der beiden Mundlöcher weist einen gewölbten, fast dreieckigen Querschnitt auf mit einer maximalen Breite von 2 m an der Sohle und einer maximalen Höhe von 1,3 m. Der Vortrieb fällt nach Ost-Nordosten ein.

Das zweite, südöstlich angrenzende Mundloch weist ebenfalls einen gewölbten Querschnitt auf und misst bis zu 4,7 m Breite und 2 m Höhe. Allerdings scheint der südöstliche Bereich des Mundlochs entweder nachträglich verbrochen oder bereits vor den Abbauprodukten als eine Art Felsdach bzw. Abri bestanden zu haben. Dieser Vortrieb fällt nach Nordosten ein. Im hinteren Bereich des bis zu 4,5 m tiefen Hohlraums sind an der Firse und am nördlichen Stoß oberflächliche Kupfersekundärminerale sichtbar.

Beide Abbaustrukturen sind bis fast auf ebenerdiges Niveau mit Schutt bzw. Abraum verfüllt und zusätzlich abgesoffen. Eine einfache Gewinnung von datierbarem Material mittels Bohrung oder Sondage sowie die Einschätzung der Gesamtgröße der Grube(n) ist somit nicht bzw. nur mit größerem Aufwand möglich. Eine Annäherung an das Grubenvolumen könnte allenfalls anhand des Haldenvolumens formuliert werden.

Das Haldenmaterial besteht – ebenso wie der anstehende Fels im Bereich der beiden Mundlöcher – aus tektonisierten, mit Kupfererz führenden Quarzadern durchzogenen Ophiolithen der Platta-Decke.

Gruba II (1854)

Surses, Marmorera

2769095/1153221, 1843 m ü. M. (Pingenzug, Ostende)

2768950/1153165, 1856 m ü. M. (Pingenzug, Westende)

Karte B.10

Konkordanz

Schaer, 2003: V

Alternative Bezeichnungen: Ried südlich Gruba II (ADG; Schaer, 2003)

Beschreibung

Östlich der heutigen Marmorera-Staumauer erhebt sich der gut 200 m hohe Hügellücken Mottas. Zwischen diesem und der eigentlichen östlichen Talflanke des Oberhalbsteins erstreckt sich eine ca. 500 m lange und bis 100 m breite, moorige Ebene. An deren südwestlichem Rand befindet sich der von Westen nach Osten perlschnurartig angeordnete Pingenzug Gruba II. Das Areal wird aufgrund der markanten Topografie bereits seit längerem als potentielle urgeschichtliche Abbaustelle gehandelt – insbesondere auch wegen seiner räumlichen Nähe zum Schmelzplatz Gruba I (1852), der nur gerade 200 m nordöstlich entfernt liegt. Der Pingenzug erstreckt sich über eine Länge von ca. 150 m, eine Breite von 30–40 m und besteht aus mindestens elf mulden- bis trichterförmigen Geländesenken. Er fällt von Osten nach Westen ab, wobei der Durchmesser der einzelnen Pingens in derselben Richtung deutlich zunimmt.

Die Fundstelle wurde 2016 und 2017 mittels Geoelektrik und Georadar untersucht, wobei Festgestein- und Haldenbereiche voneinander unterschieden wie auch ein parallel zur Pinge verlaufender Hohlraum nachgewiesen werden konnten. Einzelne Pingens wurden außerdem ausgegraben, wobei neben Haldenaufschüttungen auch ein bisher nicht abschließend interpretierter Befund aus einer Lehmschicht und verbrannten Spalthölzern freigelegt wurde.

Die Datierung des Pingenzuges gestaltet sich komplex: Neben zahlreichen frühneuzeitlichen und mittelalterlichen Datierungen sind auch urgeschichtliche Aktivitäten belegt. Schriftliche oder archäologische Hinweise auf

historischen Bergbau (z.B. Bohrlöcher) liegen jedoch nicht vor. Ebenso fehlt bislang typologisch datierbares Fundmaterial aus Gruba II. Die Auswertung dieser vielphasigen Fundstelle befindet sich zum Publikationszeitpunkt noch in Arbeit.

Untersuchungen

Begehung; Ausgrabung; Geoelektrik; Georadar

Datierung

Prähistorisch; Römische Epoche; Frühmittelalter; Neuzeit (Die vorliegenden ¹⁴C-Datierungen aus jüngeren Epochen können nicht direkt mit Abbautätigkeiten in Verbindung gebracht werden.)

¹⁴C-Datierungen

ETH-84244: 2680 ± 17 BP; 895–802 cal. BC (2-σ)
(FK 56371.18: Holzkohle, Grabung Ping 1 = ADG-88599, Jahrringe 57–67)

ETH-84245: 940 ± 16 BP; 1031–1155 cal. AD (2-σ)
(FK 56371.51: Holzkohle, Grabung Ping 1 = ADG-88606, Jahrringe 34–44)

ETH-84247: 759 ± 16 BP; 1226–1281 cal. AD (2-σ)
(FK 56371.304.1: Holzkohle, Grabung Ping 3 = ADG-88616, Jahrringe 63–76)

ETH-84248: 866 ± 16 BP; 1155–1220 cal. AD (2-σ)
(FK 56371.314.1: Holzkohle, Grabung Ping 1 = ADG-88620, Jahrringe 18–31)

ETH-86925: 2502 ± 21 BP; 776–542 cal. BC (2-σ)
(FK 56371.17: Holzkohle, Grabung Ping 1)

ETH-86926: 4080 ± 25 BP; 2852–2497 cal. BC (2-σ)
(FK 56371.6: Holzkohle, Grabung Ping 1)

ETH-86927: 2970 ± 23 BP; 1263–1118 cal. BC (2-σ)
(FK 56371.61: Holzkohle, Grabung Ping 1)

ETH-86928: 2481 ± 23 BP; 769–517 cal. BC (2-σ)
(FK 56371.74: Holzkohle, Grabung Ping 1)

ETH-93936: 1291 ± 22 BP; 666–769 cal. AD (2-σ)
(FK 56371.83: Holzkohle, Grabung Ping 1)

ETH-93937: 1693 ± 22 BP; 258–407 cal. AD (2-σ)
(FK 56371.84: Holzkohle, Grabung Ping 1)

Dendrochronologische Datierungen

Von 28 untersuchten Holz(kohle)proben konnten zwei dendrochronologisch datiert werden (beide Ping 3):

ADG-88613: 1489 (a-Datierung, ohne Waldkante)

ADG-88615: 1494 (a-Datierung, ohne Waldkante)

Funde

Steingeräte, Keramik (unpubliziert)

Vererzung

Gruba 2 (31)

Literatur

Oberhänsli, et al., 2019; Schaer, 2003; Turck, et al., 2017c; 2018c; Ullrich, et al., 2019.

Gruba IV (3681)

Surses, Sur

2769226/1153804, 1879 m ü. M. (Gruben)

2769199/1153803, 1860 m ü. M. (Halde)

2769169/1153717, 1856 m ü. M. (Aufbereitungsareal?)

Karte B.10

Konkordanz

Schaer, 2003: H

Alternative Bezeichnungen: Gruoba (historische Quellen und Karten)

Beschreibung

Die namengebenden Gruben von Gruba liegen in einem nach Nordwesten ausgerichteten, steil abfallenden Gelände, ca. 1,2 km südöstlich oberhalb von Sur. Neben mehreren, ausgedehnten Bergehalden sind hier auch noch zahlreiche Stollen, Mundlöcher und Schürfstellen erhalten, die aus einer Phase intensiver Bergbautätigkeit im frühen 19. Jahrhundert stammen. Am südwestlichen Ausläufer des Abbauareals findet sich neben einer auf ca. 20 m befahrbaren Grube auch eine Halde aus sehr feinteiligem Material (Aufbereitungshalde?), eine Pochplatte sowie Reste eines trockengemauerten Gebäudegrundrisses (Pochhütte?). Von hier aus führt ein relativ steiler, stark eingetiefter Fußweg in nordwestlicher Richtung nach Furnatsch (vgl. Fundstelle Furnatsch (3682)) nahe der Talsohle. Es dürfte sich dabei um den alten Erztransportweg handeln. Spuren urgeschichtlichen Bergbaus konnten in Gruba IV bisher nicht dokumentiert werden, sind aber aufgrund mehrerer naheliegender prähistorischer Schmelzplätze zwar zu vermuten, dürften durch die extensiven neuzeitlichen Aktivitäten aber weitgehend überprägt worden sein.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Neuzeit

Schriftquellen

Typologische Datierung

Die in verschiedenen Gruben dokumentierten Bohrlöcher zeugen von neuzeitlichen Abbauaktivitäten mittels Sprengung.

Funde

Pochplatte

Vererzung

Gruba 1 (5)

Literatur

Brun, 1987; Reitmaier-Naef, et al., 2015.

Gruba VII (70095)

Surses, Sur

2769310/1153865, 1923 m ü. M.

Karte B.10

Beschreibung

Bei Geländebegehungen im Sommer 2019 konnte im Gebiet Gruba, ca. 140 m südöstlich des neuzeitlichen Haldenareals (vgl. Fundstelle Gruba IV (3681)), ein weiterer, zuvor unbekannter Abbaubereich lokalisiert werden. Die Strukturen umfassen eine verstürzte Mundloch-situation sowie verschiedene oberflächlich erkennbare

Geländedepressionen in deren Verlängerung. Weiterführende Untersuchung sowie absolute Datierungen liegen für diese Fundstelle bislang nicht vor. Eine prähistorische Datierung bzw. ein Zusammenhang mit dem nahegelegenen Schmelzplatz Gruba I (1852) ist aber u.a. auch aufgrund des Fehlens neuzeitlicher Abbauspuren denkbar. Die Koordinatenangabe ist ungenau.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Funde

Keine

Vererzung

Gruba 1 (5)

Mottas (69020)

Surses, Marmorera

2768595/1153401, 1759 m ü. M.

Karte B.10

Beschreibung

Im Rahmen einer Geländeinspektion im Juli 2018 entdeckte das Prospektionsteam der Universität Zürich ca. 120 m östlich der Marmorera-Staumauer einen zuvor unbekanntes Abbau von ca. 8,3 m Länge. Die Sohle der Grube ist zwar abgesoffen, jedoch nicht versetzt und somit befahrbar. Kupfer- und Eisensekundärmineralbildungen an der Firste bezeugen das Vorhandensein einer für das Oberhalbstein typischen Eisen-Kupfer-Mineralisation, die sich an der Grenze zweier unterschiedlicher, noch nicht genauer bestimmter Gesteinsarten befindet.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Funde

Keine

Vererzung

Mottas (37)

Literatur

Turck, et al., 2019c.

Ostufer Marmorera (56326)

Surses, Marmorera

2769038/1152188, 1682 m ü. M.

Karte B.10

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 8; Schaer, 2003: 38

Alternative Bezeichnungen: Marmorera (Brun, [o.J.]); Am Ostufer des Sees (Schaer, 2003)

Beschreibung

Unmittelbar unterhalb der heutigen Julierpassstraße befindet sich auf Stauniveau des Marmorera-Sees ein Abbau

bislang unbekannter Zeitstellung. Die Grube wird durch ein verbrochenes Mundloch am Seeufer sowie mindestens zwei dahinterliegende, nach Nordosten bergauf ansteigende Pingen angezeigt. Die u.a. aufgrund fehlender historischer Quellen sowie der räumlichen Nähe zu mehreren Schmelzplätzen (z.B. Fundstelle Pardeala (1846)) potentiell urgeschichtliche Datierung des Abbaus konnte durch ein erstes spätbronzezeitliches ¹⁴C-Datum bestätigt werden.

Gemäß A. Schaer wurde im Umfeld dieser Fundstelle ein einzelnes Schlackenfragment gefunden, bei dem es sich allerdings um einen verlagerten oder angeschwemmten Fund handeln dürfte.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Spätbronzezeit

¹⁴C-Datierung

ETH-93935: 2910 ± 40 BP; 1224–980 cal. BC (2-σ)

(FK 68456.1.1: Holzkohle, zementiertes Haldenmaterial)

Funde

Keine

Vererzung

Ostufer Marmorera (12)

Literatur

Brun, 1987; Schaer, 2003; Turck, et al., 2019b.

Vals (1885)

Surses, Marmorera

2767626/1153209, 1972 m ü. M.

Karte B.9, B.10

Konkordanz

Schaer, 2003: U

Alternative Bezeichnungen: Pro Sot (ADG; Schaer, 2003); Valsstollen (Schaer, 2003)

Beschreibung

Der Abbau Vals liegt in steil nach Osten abfallendem Waldgelände, ca. 450 m nordwestlich der Burgruine Marmels. Der obere von zwei Stollen fällt nahezu waagrecht nach Südwesten ein und misst heute 31 m in der Länge. Der vorderste, nicht mehr überwölbte Bereich scheint jedoch nicht mehr der ursprünglichen Mundlochsituation zu entsprechen und ist vermutlich auf einer Länge von wenigen Metern eingestürzt. Die Grube misst bis zu 3,5 m in der Breite und 7,25 m in der Höhe, wobei sich die Firste bis zum Stollort auf ca. 3 m absenkt. An dieser Stelle lässt sich die der Firste entlang verlaufende, gemäß Sekundärmineralbildung stark kupferführende Vererzung deutlich erkennen. Der kuppelförmige, stellenweise verbrochene Hohlraum sowie die sehr zahlreichen, den gesamten Boden bedeckenden Scherben zeugen deutlich von einem Vortrieb mittels Feuersetzen.

Aus der mächtigen Stratigraphie aus Feuersetzschutt wurden zahlreiche, teilweise dendrochronologisch datierbare Holzkohlen für eine absolute Datierung der

Grube geborgen. Der Abbau dürfte demnach im letzten Drittel des 7. Jahrhunderts v. Chr. entstanden sein (Datierung ohne Waldkante: *terminus post quem*). Unmittelbar unterhalb dieses Abbauhohlraums wurde ein zweiter, deutlich kleinerer Hohlraum von gerade einmal 10 m Länge – wohl ebenfalls mittels Feuerstanztechnik – in den Fels getrieben, allerdings ohne auf die Erzader zu stoßen.

Untersuchungen

Begehung; Sondage

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierungen

ETH-58638: 2660 ± 27 BP; 895–795 cal. BC (2-σ)
(FK 18208.30.1: Holzkohle, Sondage = ADG-87335, Jahrringe 1–10 (wiggle-matching, vgl. ETH-58639))
ETH-58639: 2481 ± 26 BP; 772–509 cal. BC (2-σ)
(FK 18208.30.1: Holzkohle, Sondage = ADG-87335, Jahrringe 81–90 (wiggle-matching, vgl. ETH-58638))

Dendrochronologische Datierungen

Von acht untersuchten Holzkohleproben konnten zwei dendrochronologisch datiert werden:

ADG-87335: -745 (a-Datierung, ohne Waldkante); vgl. wiggle-matching ETH-58638, ETH-58639
ADG-89861: -620 (a-Datierung, ohne Waldkante)

Funde

Keine

Vererzung

Vals (30)

Literatur

Brun, 1987; Oberhänsli, et al., 2019; Reitmaier-Naef, et al., 2015; Schaer, 2003; Turck, et al., 2015b.

Ziteil (2849)

Surses, Salouf
2759026/1164985, 2371 m ü. M. (Halde)
2759045/1164787, 2368 m ü. M. (Aufschluss)
Karte B.3

Konkordanz

Schaer, 2003: T
Alternative Bezeichnungen: Furcletta (ADG; Schaer, 2003)

Beschreibung

Die Fundstelle befindet sich unmittelbar an der Furcletta zwischen Stierva/Mon und Riom-Parsonz, gut 550 m nordöstlich der kleinen Wallfahrtskapelle Ziteil. Es handelt sich um eine sehr markante Halde aus kleinteiligem, mit Kupfer- und Eisen-Sekundärmineralen überzogenem Verwitterungsschutt sowie um einen weiteren, etwas kleineren Aufschluss südlich des Übergangs. Die äußere Erscheinung der großen, steilen Halde von ca. 85 m × 85 m Fläche und einer Höhe von ungefähr 20 m erinnert sehr stark an eine anthropogene Bergehalde. Der offensichtliche Erzgehalt des Materials stützt diese Interpretation. Dennoch konnten trotz intensiver Begehung des

umliegenden Geländes und kleinerer Sondagen im Haldenbereich keine Abbauspuren oder entsprechendes Fundmaterial geborgen werden. Die freistehende Form der Halde ist vergleichsweise ungewöhnlich und könnte allenfalls sogar natürlich entstanden sein. Dennoch scheint eine Ansprache der topografischen Anomalie als Abbau unbekannter Zeitstellung wahrscheinlicher.

Es könnte sich allenfalls um eine der beiden historisch überlieferten, bisher aber nicht lokalisierten Gruben bei Salouf handeln (Brügger, 1866, S. 62). Im Bereich des weiter südlich gelegenen, kleineren Erzaufschlusses deutet neben kleineren Mengen verrollten Haldenmaterials bzw. gewöhnlichen Verwitterungsschutts nichts auf Bergbauaktivitäten hin.

Untersuchungen

Begehung; Kellensondage

Datierung

Unbestimmt

Funde

Keine

Vererzung

Ziteil (29)

B.2 Schmelzen

Alp Es-cha Dadour (1673)

Madulain
2790530/1163120, 2004 m ü. M.
Karte B.17
Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: [o.Nr.]
Weitere Fundstellennummer (ADG): 68169

Beschreibung

Beim Aushub eines Druckstollengrabens wurde 1979 gut 1,2 km nordwestlich von Madulain ein urgeschichtlicher Schmelzplatz entdeckt – damals der erste seiner Art im Engadin. Die Fundstelle liegt wenig südlich der Alp Es-cha Dadour in einem kleinen Tälchen, unmittelbar neben dem gleichnamigen Bach.

Im Grabenprofil wurden zwei Schlackenhalde dokumentiert: Das «Schlackenfeld 1» war 10 m lang, bis zu 90 cm mächtig und lag auf einer ca. 2 cm dicken Brandschicht auf. Die zweite Halde fand sich 70 m weiter westlich und war 22 m lang, dafür aber weniger mächtig als die erste. Westlich davon wurde außerdem eine 5 m × 6 m messende Mauerstruktur unbekannter Ausprägung dokumentiert, die möglicherweise mit dem Haldenbefund in Zusammenhang steht. Gemäß der zeichnerischen Dokumentation dieser Fundstelle lassen sich in beiden Halden stark holzkohlehaltige Straten mit «groben Schlacken» von Konzentrationen «feiner Schlackenplättchen» unterscheiden. An einer nicht genauer bezeichneten Stelle in-

nerhalb der Fundstelle wurde das Fragment einer Tondüse gefunden – mit der gerade abgestrichenen Randlippe und dem vertikalen Besenstrich ist sie gut mit entsprechenden Funden aus dem Oberhalbstein vergleichbar. Hinweise auf verhüttungstechnische Strukturen wurden im Grabenprofil nicht dokumentiert.

Bei Begehungen im Sommer 2016 konnten im betreffenden Gebiet – mit Ausnahme zweier Schlacken-Streufunde – keine oberflächlich sichtbaren Hinweise auf diese Fundstelle mehr identifiziert werden.

Untersuchungen

Begehung; Baubegleitung (Planta, 1979)

Datierung

Spätbronzezeit/(Ältere Eisenzeit)

¹⁴C-Datierung

B-4191: 2770 ± 40 BP; 1009–828 cal. BC (2-σ)
(nach Wyss (1993, S. 202): [Holzkohle])

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen); Tondüsenfragment

Literatur

Rageth, 1980b; Schaer, 2003; Schweizer, 1982a; 1982b; Wyss, 1993; Zürcher, 1982.

Alp Flix I (3683)

Surses, Sur

2770145/1154664, 1985 m ü. M. (Fundmeldung/Archiv)

2770120/1154640, 1977 m ü. M. (Schlackenhalde)

Karte B.10

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 9; Schaer, 2003: 29

Alternative Bezeichnung: Alp Flix-Tigias (Schaer, 2003)

Beschreibung

In einem Schreiben von 1979 berichtet H. Andrist von Sur, dass er «auf 2000 m ü. M. und nur 100 m von unserem Haus einen runden erhöhten Hügel» ausgegraben habe. Dabei stieß er unter 20 cm Humus auf «einen großen Eisenschlackenhügel». Nach dem zugehörigen Ofen suchte er vergeblich. Dafür stieß er neben dem Schlackenhügel auch auf 60 cm «Kohlenstaub von Holzkohle». Die im Archiv des Archäologischen Dienstes Graubünden dokumentierten Koordinaten basieren vermutlich auf einer aktenkundigen Fundstellenbesichtigung durch E. Brun und bezeichnen einen Punkt am östlichen Rand der Hochebene Alp Flix beim Weiler Tigias. Weiterführende Untersuchungen fanden hier trotz Drängen des H. Andrist (offiziell) nicht statt.

Bei einer neuerlichen Geländebegehung konnten unmittelbar östlich des südlichsten Gebäudes dieser Häusergruppe eine oberflächlich wenig offenliegende

Schlackenkonzentration festgestellt werden, die aufgrund der hohen Funddichte eine in situ befindliche Schlackenhalde anzeigen dürfte. Ob es sich dabei allerdings um den beschriebenen «Eisenschlackenhügel» handelt, ist unklar.

Im östlich angrenzenden Gelände konnten vereinzelt Oberflächenfunde von Schlacken dokumentiert werden. Hinweise auf verhüttungstechnische Strukturen, weitere Fundstellen(areale) o.ä. wurden jedoch nicht festgestellt. Das Gelände wurde allerdings aufgrund des hohen Wiesenstandes nicht extensiv begangen; weitere Begehungen oder geophysikalische Prospektionen wären hier möglicherweise lohnend.

Untersuchungen

Begehung; «Sondage» (Andrist, 1979)

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Schaer, 2003.

Alp Flix II (3684)

Surses, Sur

2769143/1155359, 1913 m ü. M. (Schlackenhalde I)

2769142/1155376, 1914 m ü. M. (Schlackenhalde II)

Karte B.10

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 5; Schaer, 2003: 28

Alternative Bezeichnung: Weggabelung Tigias-Tgalucas (Schaer, 2003)

Beschreibung

In der Flur Spartaveisas, am Westrand der Alp Flix, befindet sich die durch E. Brun entdeckte Fundstelle Alp Flix II. Bis vor wenigen Jahren lag sie direkt an der Hauptzufahrtsstraße des Hochplateaus. Diese Straße wurde 2013 allerdings um rund 350 m nach Süden versetzt, die alte Straße vollständig zurückgebaut und das gesamte Areal in eine Wildruheschutzzone ohne Wanderwege umgewandelt. Anhand älterer Lagebeschreibungen ist die Fundstelle daher nicht mehr lokalisierbar.

Der Schmelzplatz besteht – soweit oberflächlich sichtbar – im Wesentlichen aus zwei Schlackenhalden: Die südliche der beiden Halden (Schlackenhalde I) wird primär durch eine große Grube angezeigt, die durch maschinellen Materialabtrag (Straßenschotterung?) entstanden sein dürfte. Am südwestlichen Rand der Grube ist eine kleinere Anhäufung der ursprünglich wohl ziemlich ausgedehnten Halde erhalten geblieben. Nördlich dieser Senke lässt sich in leicht ansteigendem Gelände eine

weitere, nur partiell mit Vegetation bedeckte Halde (Schlackenhalde II) beobachten, die von den rezenten Bodeneingriffen verschont blieb. Sie muss früher unmittelbar im Verlauf des Wanderwegs gelegen haben. Oberflächliche Hinweise auf verhüttungstechnische Befunde sind im gesamten Fundstellenbereich nicht gegeben. Am ehesten wären sie im nordöstlich ansteigenden Gelände (oder im Bereich der bereits zerstörten Fläche) zu vermuten.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-93945: 2498 ± 22 BP; 775–540 cal. BC (2-σ)
(FK 68457.9: Holzkohle, Bohrprofil Schlackenhalde I)

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken der Subtypen A und B)

Literatur

Schaer, 2003.

Alp Flix III (18252)

Surses, Sur

2769985/1154726, 1975 m ü. M.

Karte B.10

Schlackenfundstelle

Beschreibung

Anlässlich einer Begehung der Fundstelle Alp Flix I (3682) wurden in einem niedrigen Böschungsprofil der Zufahrtsstraße zum Weiler Tigias mehrere Schlackenfragmente und kleinere Schlackenkonzentrationen in einer humosen Schicht dokumentiert. Es dürfte sich hierbei um verrollte Stücke aus einer bisher unbekanntem, weiter nordöstlich oberhalb zu vermutenden, nicht genauer lokalisierten Fundstelle handeln. Möglicherweise stehen diese Schlackenfundstücke mit der erst einige Jahre später entdeckten Fundstelle Tga d'Meir (69047) in Zusammenhang.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering. Eine prähistorische Datierung der Funde ist aber wahrscheinlich.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken des Subtyps A)

Alp la Motta (1858)

Surses, Marmorera

2768368/1151335, 1896 m ü. M. (Schlackenhalde I)

2768340/1151337, 1897 m ü. M. (Schlackenhalde II)

Karte B.10, B.11

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 2; Schaer, 2003: 41

Beschreibung

Die Fundstelle Alp la Motta befindet sich westlich oberhalb des Marmorerasees, am Rande des Waldgebietes Pareis im Bereich einer Straßengabelung (Alp la Motta – Alp Starschagns). Der Schmelzplatz wurde durch den Straßenbau sowie die seither anhaltende Befahrung fast vollständig zerstört. Im Bereich des Autoabstellplatzes und der spitzen Kurve oberhalb der Weggabelung sind zahlreiche kleinstückige Schlacken im Wegbett zu sehen. Stellenweise sind in den niedrigen Straßenrandprofilen noch Reste von in situ befindlichem Haldenmaterial zu beobachten. Bei einer Begehung durch J. Rageth in den frühen 1990er Jahren scheint sich die Situation noch etwas weniger überprägt präsentiert zu haben: Er konnte im südlichen Straßenprofil noch die Reste einer 6–8 m breiten und 0,5–1 m mächtigen Schlackenhalde (Schlackenhalde I) dokumentieren. Von einer Erhaltung verhüttungstechnischer Strukturen ist in diesem Fundstellenbereich allerdings eher nicht mehr auszugehen, maximal noch im Waldgelände nördlich oberhalb der Straße. Circa 100 m westlich der bisher bekannten Befunde konnte 2014 im Wiesengelände mindestens eine weitere Schlackenhalde (Schlackenhalde II) lokalisiert werden: Zwischen zwei kleinen Bachläufen sind mehrere kleine Hügelstrukturen sichtbar, wovon eine aus teilweise oberflächlich offenliegendem Haldenmaterial besteht. Hier scheint das Gelände im Gegensatz zum ersten Fundstellenbereich nur wenig überprägt, was eine Erhaltung verhüttungstechnischer Strukturen vermuten lässt.

Ohne weiterführende Untersuchungen kann nicht abschließend geklärt werden, ob die beiden Schlackenhalden zu zwei verschiedenen, sehr nahe beieinanderliegenden Schmelzplätzen oder zu zwei Phasen bzw. Arealen desselben Platzes gehören.

Untersuchungen

Begehung; Kellensondage

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

B-4490: 2550 ± 70 BP; 825–430 cal. BC (2-σ)
(nach Wyss (1993, S. 202): [Holzkohle])

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Schaer, 2003.

Alp Natons (1870)

Surses, Marmorera
2769909/1151278, 1947 m ü. M.
Karte B.10
Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 3; Schaer, 2003: 51; 52
Alternative Bezeichnung: Alp Natons I, Alp Natons II
(Schaer, 2003)

Beschreibung

Das ausgedehnte Fundstellenareal liegt nur wenig südlich der gleichnamigen Alp in einer kleinen Geländesenke unmittelbar am Verlauf des Wanderwegs von der Alp Natons nach Bivio Stalveder. Die Fundstelle umfasst mehrere Befunde: Zwei Halden, wovon die größere, südlich gelegene Schlackenhalde I durch den Wanderwegverlauf großflächig aufgeschlossen und stark überprägt wurde. Ihre ursprüngliche Ausdehnung und Mächtigkeit sind nicht mehr sicher rekonstruierbar; heute streuen die Schlacken auf einer Fläche von mindestens 15 m × 15 m. Die nördliche Schlackenhalde II liegt ebenfalls am Wegverlauf, wurde durch diesen aber bisher nur geringfügig gestört. Allgemein weist die oberflächlich nur partiell sichtbare Halde II eine sehr viel geringere Mächtigkeit und einen kleineren Durchmesser von wenigen Metern auf, wie geomagnetische Messungen im Jahr 2015 gezeigt haben.

Im Areal zwischen diesen beiden Halden war durch den Wanderweg im Sommer 2014 eine aus Steinen gesetzte, stark brandgerötete Struktur aufgeschlossen. Die ursprünglich als potentieller Verhüttungssofen angesprochene Steinkonstruktion wurde in den Sommern 2016 und 2018 ausgegraben. Es handelt sich demzufolge um ein lang-rechteckiges, mehrteiliges Röstbett aus großen, senkrecht gesetzten, stark brandgeröteten Steinplatten von 0,8 m Breite und 5,2 m bzw. 2 m Länge. Eine mehrphasige Nutzung des Röstbetts ist durch übereinanderliegende Lehmschichten im Innern der Struktur bezeugt. An der Sohle des Röstbetts sind zudem sekundär verbrannte, brandgerötete Schlackenfragmente beobachtet worden – wohl Reste einer für Röstbette im Ostalpenraum bereits mehrfach nachgewiesenen «Schlackenpflasterung» (s. z.B. Goldenberg 2014, S. 434). Es handelt sich bei diesem Befund um das bisher erste und einzige sicher belegte urgeschichtliche Röstbett in der gesamten Montanregion Oberhalbstein und somit um einen zentralen Baustein zur Rekonstruktion der lokalen Prozesskette.

Untersuchungen

Ausgrabung; Begehung; Bohrungen; Sondierung; Geomagnetik

Datierung

(Spätbronzezeit)/Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierungen

ETH-64004: 2841 ± 16 BP; 1050–930 cal. BC (2-σ)
(FK 33818.33: Holzkohle, Ausgrabung Röstbett)
ETH-64005: 2584 ± 16 BP; 802–775 cal. BC (2-σ)
(FK 33818.14: Holzkohle, Ausgrabung Röstbett)

Dendrochronologische Datierungen

Von fünf untersuchten Holzkohleproben konnten zwei dendrochronologisch datiert werden:

ADG-87920: -615 (a-Datierung, ohne Waldkante)
ADG-87921: -685 (a-Datierung, ohne Waldkante)

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen); Tondüsen

Literatur

Oberhänsli, et al., 2019; Schaer, 2003; Turck, 2019; Turck, et al., 2016b; 2019a.

Bajols (68885)

Surses, Marmorera
2768297/1151973, 1802 m ü. M.
Karte B.10
Schlackenfundstelle

Beschreibung

Auf einem markanten Geländesporn im ansonsten steil nach Osten abfallenden Waldgelände über dem Westufer des Marmorerasees konnte M. Seifert im November 2014 eine Konzentration von Verhüttungsschlacken feststellen und beproben. Es handelt sich dabei mit einiger Wahrscheinlichkeit um einen neuen, zuvor unbekanntem Schmelzplatz.

Weiterführende Untersuchungen wurden an diesem Fundplatz noch nicht vorgenommen; eine genauere Dokumentation sowie Hinweise auf verhüttungstechnische Strukturen liegen daher nicht vor.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering. Eine prähistorische Datierung der Funde ist aber wahrscheinlich.

Funde

Schlacken (massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Barscheinz I (42631)

Surses, Bivio
2770575/1148679, 1910 m ü. M.
Karte B.11
Schmelzplatz

Beschreibung

Der nach Süden geöffnete, ca. 200 m breite Geländekessel Barscheinz und die gleichnamige Häusergruppe liegen ca. 500 m östlich oberhalb von Bivio. Auf dem gesamten Areal wurden bei Geländebegehungen verschiedentlich oberflächliche Schlackenkonzentrationen dokumentiert. Da es sich um ein relativ weitläufiges Fundgebiet handelt und der Bezug der einzelnen (Be-)Funde untereinander mittels Geländebegehungen nicht eindeutig geklärt werden konnte, werden die verschiedenen Areale als einzelne Fundstellen ausgewiesen: Barscheinz I (42631), Barscheinz II (42632) und Barscheinz III (42633). Die Fundstelle Barscheinz I liegt am mittleren nördlichen Rand der Wiesenfläche und wird durch oberflächliche Schlackenkonzentrationen im Bereich einer markanten Haldenstruktur angezeigt. Dass es sich bei der besagten topografischen Auffälligkeit tatsächlich um eine Schlackenhalde handeln dürfte, konnte 2015 mittels geomagnetischer Prospektion nachgewiesen werden. Weitere auffällige Anomalien, die z.B. auf verhüttungstechnische Strukturen hinweisen, wurden hier nicht festgestellt.

Die Fundstelle wurde durch A. Fasciati aus Bivio entdeckt und gemeldet.

Untersuchungen

Begehung; Geomagnetik

Datierung

Unbestimmt

Funde

Keine Funde geborgen

Literatur

Sikorski, 2015.

Barscheinz II (42632)

Surses, Bivio

2770481/1148599, 1896 m ü. M. (Schlackenkonzentration I)

2770524/1148533, 1873 m ü. M. (Schlackenkonzentration II)

Karte B.11

Schmelzplatz

Beschreibung

Der nach Süden geöffnete, ca. 200 m breite Geländekessel Barscheinz und die gleichnamige Häusergruppe liegen ca. 500 m östlich oberhalb von Bivio. Auf dem gesamten Areal wurden bei Geländebegehungen verschiedentlich oberflächliche Schlackenkonzentrationen dokumentiert. Da es sich um ein relativ weitläufiges Fundgebiet handelt und der Bezug der einzelnen (Be-)Funde untereinander mittels Geländebegehungen nicht eindeutig geklärt werden konnte, werden die einzelnen Areale als einzelne Fundstellen ausgewiesen: Barscheinz I (42631), Barscheinz II (42632) und Barscheinz III (42633). Die Fundstelle Barscheinz II umfasst den südwestlichen Bereich der Flur. Hier sind insbesondere auf einer hügelartigen Anhöhe sowie dem daran angrenzenden, südöst-

lich abfallenden Gelände zahlreiche Streufunde sowie zwei Konzentrationen von Schlacken zu beobachten. Die Fragmente streuen über ein weites Areal, ohne dass sich ein Kerngebiet feststellen ließe. Die geomagnetische Prospektion zeigt für diesen Geländeausschnitt eine ganze Reihe deutlicher Anomalien: Auf der kleinen Anhöhe dürfte sich demnach eine Schlackenkonzentration (Schlackenkonzentration I) von relativ geringer Mächtigkeit befinden; möglicherweise wurde das hier deponierte Material durch landwirtschaftliche Aktivitäten im Verlauf der Zeit in einem größeren Radius verteilt. Zwischen der Anhöhe und der Häusergruppe Barscheinz scheint sich eine weitere, relativ kompakte, kleine Konzentration von Verhüttungsschlacken (Schlackenkonzentration II) von ca. 10 m × 15 m zu befinden. Im nördlich angrenzenden Gebiet sind außerdem eine Reihe weiterer Anomalien sichtbar, die möglicherweise mit pyrotechnischen Installationen wie Öfen oder Röstbetten in Zusammenhang stehen.

Die Fundstelle wurde durch A. Fasciati aus Bivio entdeckt und gemeldet.

Untersuchungen

Begehung; Geomagnetik

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (massive Schlacken; Plattenschlacken des Subtyps A)

Literatur

Sikorski, 2015.

Barscheinz III (42633)

Surses, Bivio

2770609/1148614, 1890 m ü. M.

Karte B.11

Schmelzplatz

Beschreibung

Der nach Süden geöffnete, ca. 200 m breite Geländekessel Barscheinz und die gleichnamige Häusergruppe liegen ca. 500 m östlich oberhalb von Bivio. Auf dem gesamten Areal wurden bei Geländebegehungen verschiedentlich oberflächliche Schlackenkonzentrationen dokumentiert. Da es sich um ein relativ weitläufiges Fundgebiet handelt und der Bezug der einzelnen (Be-)Funde untereinander mittels Geländebegehungen nicht eindeutig geklärt werden konnte, werden die einzelnen Areale als einzelne Fundstellen ausgewiesen: Barscheinz I (42631), Barscheinz II (42632) und Barscheinz III (42633). Die Fundstelle Barscheinz III liegt im Osten der Flur und umfasst eine kleinere Anzahl oberflächlicher Schlackenkonzentrationen, die hier eine Schlackenhalde vermuten lassen. Diese Vermutung wurde durch geomagnetische Messun-

gen im Jahre 2015 bestätigt: Im Magnetogramm zeigt sich hier eine Anomalie von ca. 20 m × 12 m. Hinweise auf weitere Befunde im näheren Umfeld dieser Halde sind weder im Gelände noch im Geomagnetik-Messbild gegeben.

Die Fundstelle wurde durch A. Fasciati aus Bivio entdeckt und gemeldet.

Untersuchungen

Begehung; Geomagnetik

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken der Subtypen A und B)

Literatur

Sikorski, 2015.

Böttg da las Serps (18265)

Surses, Bivio

2770959/1148015, 1836 m ü. M. (Streufunde)

2770937/1148097, 1835 m ü. M. (Schlackenkonzentration)

Karte B.11

Schlackenfundstelle

Beschreibung

Das Fundstellenareal befindet sich unmittelbar südlich der Julierpassstraße, knapp 500 m westlich der Häusergruppe Capalotta. Sowohl auf dem kleinen Felsrücken Böttg da las Serps als auch im nördlich angrenzenden Wiesengelände sind vereinzelt Oberflächenfunde von Verhüttungsschlacken zu beobachten. Auf dem Felsrücken handelt es sich lediglich um eine kleinere Anzahl an Streufunden im Bereich der südlichen Geländekante. Im angrenzenden Wiesengelände lässt sich allerdings ein Bereich mit einer etwas höheren Fundkonzentration identifizieren, der möglicherweise die Lage einer Schlackenhalde anzeigt. Aufgrund der vergleichsweise hohen Bodenüberdeckung (Straßenbau) kann diese Vermutung ohne größeren Bodeneingriff nicht überprüft werden. Es ist – neben der Überdeckung – auch mit einer eigentlichen Überprägung bzw. Störung der Fundstelle durch den Bau der nur gerade 20 m nördlich verlaufenden Julierpassstraße zu rechnen. Hinweise auf in situ befindliche verhüttungstechnische Strukturen sind nicht gegeben.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken der Subtypen A und B)

Brüscheda I (18634)

Surses, Bivio

2773661/1148560, 2050 m ü. M.

Karte B.12

Schmelzplatz

Konkordanz

Schaer, 2003: 58

Alternative Bezeichnungen: Julierpass östl. Brüscheda (ADG); Punt Brüscheda (ADG); Tgesa Brüscheda (Schaer, 2003)

Beschreibung

1999 entdeckten J. Rageth und R. Huber bei einer Begehung der Fundstelle Brüscheda II (256) im Auswurfhaufen eines Murmeltierbaus zwischen der Brücke bei Punt Brüscheda an der Julierpassstraße und einem kleinen Nadelwäldchen einige Schlackenfragmente. Entsprechende Oberflächenfunde lassen sich in diesem Bereich auch heute noch beobachten. Sie streuen auf einer Fläche von ca. 6 m Durchmesser südlich eines größeren, flachen Steinblocks (ca. 4 m × 2,2 m). Gemäß einer kleinen Sondage handelt es sich hier weniger um eine eigentliche Schlackenhalde als vielmehr um eine stark mit humosem Material durchsetzte Schlackenkonzentration von geringer Mächtigkeit (ca. 0,25 m). Wie die Dokumentation eines dünnen Holzkohlebandes an der Unterkante dieser Schlackenschicht zeigt, handelt es sich dabei aber durchaus um einen in situ befindlichen Befund und nicht um verlagertes Material. Dieser Befund lässt hier demzufolge Verhüttungsaktivitäten von vergleichsweise geringem Umfang vermuten. Oberflächliche Hinweise auf verhüttungstechnische Strukturen – die in dieser Höhenlage nur wenig unterhalb der Grasnarbe anzunehmen sind – konnten nicht identifiziert werden.

Untersuchungen

Begehung; Kellensondage

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-75696: 2553 ± 21 BP; 801–571 cal. BC (2-σ)

(FK 18203.1011.1: Holzkohle, Sondage (Schlackenhalde) = ADG-87893, Jahrringe 5–15)

Dendrochronologische Datierungen

Die eine untersuchte Holzkohleprobe konnte nicht dendrochronologisch datiert werden:

ADG-87893: negativ; vgl. ETH-75696

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Schaer, 2003.

Brüscheda II (256)

Surses, Bivio

2773271/1148780, 2030 m ü. M. (Lokalisierung Rageth 1994)

2773300/1148750, 2020 m ü. M. (alternative Lokalisierung)

2773450/1148750, 2035 m ü. M. (alternative Lokalisierung)

Karte B.12

Schlackenfundstelle

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 43; Schaer, 2003: 58

Alternative Bezeichnungen: Gegenüber Bual (ADG); Tgesa Brüscheda (Schaer, 2003); Bivio-Brüscheda (Brun, [o.J.]

Beschreibung

Die Fundstelle liegt am Südfuß des Piz Bardella, im Bereich einer leichten Geländeverebnung unmittelbar oberhalb des Flusslaufs der Julia. Gemäß einer Fundmeldung aus dem Jahr 1932 wurden hier «... bei Erstellung einer Leitung bei einem Murmeltierloch Eisengusskuchen und Schmelzstücke gefunden, die dort offenbar zentnerweise im Boden liegen». Bereits damals vermutete W. Burkart, dass diese Funde möglicherweise in die Urgeschichte datieren. Bei einer Geländebegehung im Jahr 1994 fand J. Rageth in diesem Gebiet lediglich zwei vereinzelte Plattenschlacken in der Nähe eines Murmeltierbaus. Mehrere Versuche, diese Fundstelle für eine Neudokumentation zu lokalisieren verliefen in den Sommermonaten 2014 und 2015 ergebnislos. Der Hinweis, dass die Fundstelle damals durch den Bau eines Grabens oder den Auswurf eines Murmeltierbaus entdeckt bzw. wiedergefunden wurde, lässt vermuten, dass die entsprechende Schlackenkonzentration erst in einiger Tiefe ansteht und oberflächlich nicht zwingend sichtbar ist. Es ist nicht auszuschließen, dass mithilfe von neuen Viehritten und Murmeltierbauten in Zukunft eine Wiederentdeckung und Neudokumentation der Fundstelle möglichen wird.

Die Koordinatenangabe ist ungenau.

Untersuchungen

Begehungen

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering. Eine prähistorische Datierung der Funde ist aber wahrscheinlich.

Funde

Schlacken (Plattenschlacken des Subtyps C)

Literatur

[ohne Autor], 1932; Brun, 1989; Schaer, 2003; Wyss, 1993; Zürcher, 1982.

Burgfelsen (1845)

Surses, Marmorera

2768061/1152930, 1676 m ü. M.

Karte B.10

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 21; Schaer, 2003: 35

Alternative Bezeichnungen: Unterh. Burgruine Marmels (ADG); Unterhalb Burgfelsen (Schaer, 2003)

Beschreibung

Anlässlich des Baus des Marmorera-Stausee-Damms und der bevorstehenden Flutung des gleichnamigen Siedlungsplateaus wurden 1952 die beiden Schmelzplätze Pardeala (1846) und Natonsbach (1848) ausgegraben. In diesem Zusammenhang entdeckte B. Plaz auch am Fuß des Burghügels von Marmels eine «Eisenschlackenhalde» von ca. 8 m × 10 m. Die Fundstelle war gemäß B. Plaz durch eine Wegrampe bereits teilweise zerstört. Dennoch ließ sich deutlich eine Holzkohleschicht beobachten. An der betreffenden Fundstelle barg er außerdem einige Tondüsenfragmente sowie eine «Topfscherbe», die sich jedoch nicht eindeutig datieren ließ. Eine fotografische oder zeichnerische Dokumentation der Befunde liegt nicht vor.

Der Äußerung R. Plaz', dass diese Fundstelle zusammen mit den beiden anderen künftig im See verschwinden würde, ist zu entnehmen, dass der Schmelzplatz unter dem künftigen Stauniveau lag. Jüngeren Fundmeldungen zufolge dürfte die Fundstelle allerdings zumindest saisonal auch heute noch zugänglich sein. Eine Relokalisierung und Neudokumentation der Schlackenhalde gelang in den Jahren 2014–2017 jedoch trotz wiederholter Begehungen nicht.

Untersuchungen

Begehungen

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen); Tondüsenfragment; «Topfscherbe» (verschollen)

Literatur

Frei, 1953; Schaer, 2003.

Cadra Nord (2531)

Surses, Riom-Parsonz

2764226/1164380, 1240 m ü. M.

Karte B.5

Schmelzplatz

Vgl. N Riom (2504).

Caschegna (281)

Surses, Bivio
2768554/1150703, 1855 m ü. M.
Karte B.11
Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 18; Schaer, 2003: 54
Alternative Bezeichnungen: Clavè d'Mez II (Brun, [o.J.]:
falsche Bezeichnung!)

Beschreibung

Ungefähr 110–150 m nordöstlich unterhalb der Alpgebäude von Caschegna liegt im offenen Wiesengelände eine gut erkennbare Schlackenhalde. Ihre Haldenform hebt sich topografisch leicht vom umgebenden Gelände ab. Sie ist stellenweise nur mit wenig Humus überdeckt, sodass oberflächennah und in den zahlreichen Viehtritten sowie kleineren Aufschlüssen immer wieder Schlackenkonzentrationen zu beobachten sind. Die Fundstelle wurde 2014 geomagnetisch prospektiert. Im Magnetogramm ist deutlich eine runde Anomalie von gut 10 m Durchmesser erkennbar – die Schlackenhalde. Sondierbohrungen zufolge beträgt die Mächtigkeit dieser Schlackenhalde bis zu 90 cm. Punktuelle, kleinere Anomalien im umliegenden Gelände zeigen gemäß den Bohrprofilen verhüttungstechnische Strukturen an (verbrannter Lehm; brandgerötetes Sediment; Holzkohle) (ausführliche Diskussion des Magnetogramms und der Sondierbohrungen vgl. Kapitel 2.3.3, S. 75-77).

Diesen nicht- bzw. minimalinvasiven Untersuchungen zufolge ist in Caschegna von einem vergleichsweise gut erhaltenen, mehrteiligen Schmelzplatz-Ensemble auszugehen.

Untersuchungen

Begehung; Geomagnetik; Bohrungen

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Schaer, 2003; Sikorski, 2015.

Clavazöl (18257)

Surses, Bivio
2768725/1150208, 1815 m ü. M.
Karte B.11
Schlackenfundstelle

Beschreibung

In einer frisch abgeböschten Wegkurve der nicht asphaltierten Fahrstraße zwischen Tges Alva und Sur Ragn ließen sich im Sommer 2014 auf einer Strecke von ca. 40 m immer wieder einzelne Schlackenstücke sowie das

Fragment einer Tondüse beobachten. Unmittelbar unterhalb des kleinen Stallgebäudes bei Clavazöl sind punktuell auch kleinere Schlackenkonzentrationen mit Holzkohle auszumachen. Der eigentliche Fundstellenbereich lässt sich im Straßenprofil nicht lokalisieren, ist aber am ehesten im Bereich des Stallgebäudes resp. dessen südlichem Vorplatz zu vermuten. Eine Begehung dieser Verdachtsfläche sowie eine Reihe von Sondierbohrungen erbrachten kein Ergebnis – möglicherweise aufgrund der vergleichsweise massiven Bodenüberdeckung. Denkbar wäre aber auch, dass die eigentliche Fundstelle noch weiter westlich, hangaufwärts liegt und das dokumentierte Fundmaterial stark nach unten verrollt ist.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken der Subtypen A und B); Tondüsenfragment

Clavè d'Mez I (1862)

Surses, Bivio
2768691/1150750, 1817 m ü. M.
Karte B.11
Schlackenfundstelle

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 42; Schaer, 2003: 50
Alternative Bezeichnungen: Felsblock (Schaer, 2003);
Clavè d'Mez III (Brun, [o.J.]: falsche Bezeichnung!)

Beschreibung

Die Fundstelle liegt im Waldgebiet nördlich der Gebäudegruppe Clavè d'Mez. Es handelt sich um einen für das Oberhalbstein bisher singulären Befund: Unter einem kleinen Serpentin-Felsdach hatte E. Brun 1995 eine Grube von ca. 40 cm × 55 cm Durchmesser und 60 cm Tiefe freigelegt, die mit hitzegeeröteten Steinen und verschiedenen Schlacken verfüllt war. Die Grube wird seitlich von größeren Steinplatten flankiert und ist an der Sohle mit einer unverziegelten Lehmschicht versehen. Da sie keinerlei Spuren von Hitzeeinwirkung aufweist, handelt es sich nicht zwingend um eine (benutzte) pyrotechnische Installation. Welche Funktion diese Grubenkonstruktion erfüllte und in welcher Beziehung sie zum Verfüllungsmaterial resp. zur Kupferverhüttung im Allgemeinen steht, kann anhand der äußerst knappen Dokumentation des Bodeneingriffs, der ungenauen Referenzierung der geborgenen Funde sowie der aktuellen Befundsituation im Gelände nicht mehr schlüssig rekonstruiert werden. Ein Zusammenhang mit der nur gerade 80 m nördlich gelegenen Fundstelle Clavè d'Mez II (1864) scheint jedoch sehr naheliegend.

Die Koordinatenangabe ist ungenau.

Untersuchungen

Begehung; Sondage (Brun, 1995)

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering. Eine prähistorische Datierung der Funde ist aber wahrscheinlich.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken des Subtyps A)

Literatur

Schaer, 2003.

Clavè d'Mez II (1864)

Surses, Marmorera

2768651/1150760, 1830 m ü. M. (Schlackenhalde I)

2768658/1150769, 1829 m ü. M. (Schlackenhalde II)

Karte B.11

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 1; Schaer, 2003: 48; 49

Alternative Bezeichnung: Clavè d'Mez I (Brun, [o.J.]: falsche Bezeichnung!)

Beschreibung

Der durch E. Brun entdeckte Schmelzplatz liegt in der Südwestecke des Waldgebiets westlich oberhalb des Marmoreraausees, ca. 150 m nördlich der kleinen Gebäudegruppe Clavè d'Mez. Er wird durch zwei massive, weitgehend offenliegende Schlackenhalden angezeigt. Sie liegen am Südrand einer kleinen Verebnung, unmittelbar südlich eines kleinen Bachlaufs, der in der Flur Caschegna entspringt. Die 2015 durchgeführten geomagnetischen Messungen bestätigten die oberflächlich identifizierten beiden Schlackenhalden, die ca. 10 m × 10 m (Schlackenhalde I (West)) bzw. 20 m × 10 m (Schlackenhalde II (Ost)) messen. Westlich der Halden deutet eine nur randlich erfasste Anomalie möglicherweise auf Reste von verhüttungstechnischen Befunden hin.

Mit Ausnahme des etwas ungewöhnlichen Grubenbefundes im Bereich der ca. 80 m südlich gelegenen Fundstelle Clavè d'Mez I (1862) wurden im näheren Umfeld der Schlackenhalden keine weiteren Hinweise auf pyrotechnische Installationen identifiziert.

Ein Feld aus sehr grosteinigen Felssturzböcken, die verschiedentlich kleinere Schutzdachsituationen bilden (archäologische Verdachtsflächen), schließt unmittelbar östlich an das Fundstellenareal an.

Untersuchungen

Begehung; Geomagnetik; Bohrungen

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierungen

ETH-64003: 3791 ± 17 BP; 2287–2146 cal. BC (2-σ)

(FK 18203.1038: Holzkohle, Sondage (Schlackenhalde II))

Anmerkung: zur Einordnung dieser neolithischen Datierung vgl. Kapitel 2.3.4, S. 88.

ETH-93940: 2547 ± 23 BP; 800–556 cal. BC (2-σ)

(FK 68455.16: Holzkohle, Sondage (Schlackenhalde I))

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Schaer, 2003; Sikorski, 2015.

Clavè d'Mez III (287)

Surses, Bivio

2768710/1150607, 1812 m ü. M.

Karte B.11

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 49; Schaer, 2003: 55

Alternative Bezeichnungen: Clavè d'Mez, im Wegbett nach Tges Alva (Schaer, 2003); Stalveder (Brun, [o.J.])

Beschreibung

An der Südostecke des mittleren, größten Gebäudes in der Flur Clavè d'Mez entdeckte J. Rageth 1997 bei einer Geländebegehung einen neuen Schmelzplatz. Auf einer Fläche von ca. 8 m × 10 m ist deutlich eine größere, jedoch mit humosem Material durchsetzte Schlackenkonzentration sichtbar. Es dürfte sich dabei um eine in situ befindliche Schlackenhalde handeln. Der Befund scheint durch den Bau des nahegelegenen Stallgebäudes nicht oder nur partiell tangiert worden zu sein. Die korrespondierenden verhüttungstechnischen Befunde wären gemäß Topografie allerdings am ehesten im Bereich dieses Gebäudes zu vermuten und dürften daher weitgehend zerstört worden sein.

Im südlich und östlich angrenzenden, abfallenden Wiesengelände sind immer wieder verrollte Schlackenfragmente zu beobachten. Oberflächlich lassen sich hier zwar keine weiteren Befunde identifizieren, geomagnetische Messungen haben aber zwei zusätzliche Anomalien von rund 10–15 m Durchmesser im westlich angrenzenden Gelände offenbart, bei welchen es sich um weitere Schlackenhalden handeln könnte.

Sollte sich dieser Verdacht bestätigen, ist möglicherweise von mehreren Einzelfundstellen auszugehen.

Untersuchungen

Begehung; Geomagnetik

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken der Subtypen A und B)

Literatur

Schaer, 2003; Sikorski, 2015.

Clavè d'Mez IV (1868)

Surses, Marmorera

2768859/1150877, 1759 m ü. M. (Schlackenhalde I)

2768863/1150871, 2270 m ü. M. (Schlackenhalde II)

2768858/1150872, 1759 m ü. M. (brandgerötete Struktur)

Karte B.11

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 32, 38; Schaer, 2003: 46, 47

Alternative Bezeichnungen: NE Clavè d'Mez I, NE Clavè d'Mez II (Schaer, 2003); NO Clavè d'Mez I, NO Clavè d'Mez II (ADG); Waldweg n Clavè d'Mez, Im Weg von No. 15 nach Clavè d'Mez, alte Wegspur von No. 15 nach Clavè d'Mez (Brun, [o.J.])

Beschreibung

Von der Fundstelle Pareis II (1844) im gleichnamigen Waldgebiet, westlich oberhalb des Marmorera-sees, führt ein alter, heute kaum begangener Fußweg nach Clavè d'Mez am südlichen Waldrand. In der Wegspur dieses Pfades finden sich immer wieder einzelne Schlacken. Eine Konzentration von Oberflächenfunden ist im Zentrum einer lichten, kleinen Verebnung in ansonsten mehr oder weniger steil nach Osten abfallendem Gelände festzustellen. Trotz geringer Mächtigkeit der Schlackenkonzentration handelt es sich einer kleinen Sondage zufolge zweifelsfrei um eine Schlackenhalde (Schlackenhalde I). Das Gelände wurde 2014 geomagnetisch prospektiert, wobei neben dieser ersten, im Gelände bereits festgestellten Halde (ca. 4 m Dm.) im Südosten der Fundstellen der Randbereich einer weiteren, sehr deutlichen Anomalie angezeigt wurde. Gemäß einer im Herbst 2016 geöffneten Sondage (1 m × 0,5 m) handelt es sich hierbei ebenfalls um eine Schlackenhalde (Schlackenhalde II), die jedoch deutlich mächtiger ist als die erste. Ihre Gesamtausdehnung konnte zwar nicht ermittelt werden, dürfte aber aus topografischen Gründen diejenige der ersten Halde kaum überschreiten. Die Sondage im Bereich von Schlackenhalde II wurde nicht nur zur Überprüfung der geomagnetischen Anomalie angelegt, sondern auch, um möglichst große HK für eine dendrochronologische Datierung bergen zu können. Eine ¹⁴C-Datierung (ETH-63988) aus einer ersten Feldbegehung (Schlackenhalde I) lieferte ein spätbronzezeitliches Datum, was für das Gebiet Pareis/Clavè d'Mez ein Novum darstellte und daher überprüft werden sollte. Das geborgene Probenmaterial war für eine dendrochronologische Datierung zwar leider nicht geeignet, eine neuerliche ¹⁴C-Datierung (ETH-63985) an einem Astfragment brachte aber dennoch Gewissheit: Clavè d'Mez IV datiert diesem zufolge – im Gegensatz zu allen

umliegenden, absolut datierten Fundstellen – tatsächlich in die Spätbronzezeit.

Eine weitere, kleinere Anomalie (Geomagnetik) südwestlich der ersten Halde dürfte gemäß oberflächlicher Beobachtungen von senkrecht gesetzten, verbrannten Steinen eine verhüttungstechnische Struktur anzeigen. Möglicherweise handelt es sich dabei um die Reste eines Röstbetts.

Sowohl im Archiv des ADG, bei Schaer (2003) als auch bei Brun ([o.J.]) wurden die Schlackenstreufofunde (Wegbett) im Umfeld der beschriebenen Fundstelle als eigene Fundstelle geführt (ADG: 1866; Schaer, 2003: 45; Brun, 1987: 32). Im vorliegenden Inventar werden diese Einträge der Fundstelle zu einer einzigen Fundstelle zusammengefasst, da die beobachteten Streufofunde gemäß eigenen Beobachtungen im Gelände mit allergrößter Wahrscheinlichkeit aus ebendieser Fundstelle verlagert wurden.

Untersuchungen

Begehung; Geomagnetik; Sondage

Datierung

Spätbronzezeit

¹⁴C-Datierungen

ETH-63985: 2865 ± 27 BP; 1120–934 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1003.1: Holzkohle, Sondage (Schlackenhalde I))

ETH-63988: 3003 ± 19 BP; 1372–1132 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1013.1: Holzkohle, Sondage (Schlackenhalde II))

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken der Subtypen A und B)

Literatur

Schaer, 2003; Sikorski, 2015.

Cresta (61082)

Surses, Bivio

2769656/1149270, 1775 m ü. M.

Karte B.11

Schlackenfundstelle

Beschreibung

Am nördlichen Fuß der Motta la Cresta – unmittelbar am Dorfeingang von Bivio – finden sich im offenen Wiesengelände einzelne Oberflächenfunde von Verhüttungsschlacken. In dem durch Viehtritte stark überprägten Wiesengelände konnten jedoch weder größere Konzentrationen noch eine eigentliche Schlackenhalde identifiziert werden. Die Schlacken sind vermutlich durch einen Murneltierbau aus tiefer liegenden Schichten an die Oberfläche befördert worden.

Unmittelbar südlich des Fundpunktes befindet sich eine in Südwest-Nordost-Richtung verlaufende, ca. 30 m

lange und bis zu 2 m tiefe und ungefähr ebenso breite, vollständig bewachsene Rinne unbekannter Entstehung bzw. Funktion. Ein Zusammenhang mit Abbauaktivitäten ist denkbar, lässt sich jedoch ohne weiterführende Untersuchungen nicht schlüssig nachweisen.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering. Eine prähistorische Datierung der Funde ist aber wahrscheinlich.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; Plattenschlacken der Subtypen A und B)

Dafora (723)

Surses, Cunter

2764951/1164375, 1184 m ü. M.

Karte B.5

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 28; Schaer, 2003: 8

Alternative Bezeichnung: Rest. Dafora (Brun, [o.J.])

Beschreibung

Die Fundstelle Dafora wurde 1974 beim Bau des gleichnamigen Restaurantgebäudes am nördlichen Dorfausgang von Cunter entdeckt und dem Archäologischen Dienst Graubünden gemeldet. Die sehr zahlreich gefundenen Verhüttungsschlacken konnten nicht mehr in situ, sondern lediglich aus dem Aushub der Baugrube geborgen werden. In den Profilen der Baugrube konnten dafür verschiedentlich Befunde mit Spuren starker Hitzeeinwirkung dokumentiert werden, darunter auch eine ausgedehnte, stark brandgerötete, knapp 3,5 m breite und ca. 1,4 m tiefe Grube (s. Kapitel 2.3.3, S. 58). Dieser Befund lag nur knapp unter der Humusdecke; an anderer Stelle waren entsprechende Kulturschichten aber von 2–3 m Schutt überdeckt. Dies dürfte mit dem Eintrag von Rufenmaterial aus der östlich oberhalb angrenzenden Val Bunga zusammenhängen, der zur Bildung eines massiven Schuttkegels bei resp. oberhalb von Dafora geführt hatte, der auch einen Teil der archäologischen Befunde überdeckte. Eine Neudokumentation dieser Fundstelle im Gelände war wegen dieser massiven Überdeckung sowie der flächigen Überbauung im Fundstellenareal nicht möglich.

Untersuchungen

Begehung; Baubegleitung (ADG, 1974)

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierungen

ETH-75699: 2508 ± 21 BP; 784–543 cal. BC (2-σ)

(FK 724.2.3: Holzkohle, Baubegleitung = ADG-87929, Jahrringe 60–70)

Dendrochronologische Datierungen

Die neun untersuchten Holzkohleproben konnten nicht dendrochronologisch datiert werden.

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Rageth, 1976b; 1992a; Schaer, 2003.

Davos Tignas (2544)

Surses, Riom-Parsonz

2763665/1162391, 1511 m ü. M.

Karte B.5

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 44; Schaer, 2003: 16, 17

Alternative Bezeichnungen: Davos Tignas I, Davos Tignas II (ADG); Davos Tignas N I, Davos Tignas N II (Schaer, 2003)

Beschreibung

Der Schmelzplatz befindet sich ungefähr 350 m südöstlich der Bergstation Tignas im Waldgebiet Davos Tignas. Entdeckt wurde die Fundstelle 1995 durch J. Krättli, der seinen Fund dem Archäologischen Dienst Graubünden meldete. Bei einer anschließenden Begehung dokumentierte J. Rageth in einem Wegböschungprofil «mehrere Schlackendeponien mit Holzkohle, Plattenschlacken und anderen Schlacken und vereinzelt Erzproben».

Bei einer neuerlichen Begehung der Fundstelle im Sommer 2015 konnte dieser Befund bestätigt werden: Auf einer Fläche von ungefähr 50 m × 50 m ließen sich zahlreiche Schlackenoberflächenfunde beobachten. An zwei Stellen sind in den Böschungsbereichen der Forststraßen außerdem zwei Stratigraphien aufgeschlossen: Im nördlichen Fundstellenbereich ließ sich im Nordprofil einer spitzen Wegkurve in 25–40 cm Tiefe eine humose Schlackenschicht über einem Holzkohlehorizont dokumentieren. In einem weiteren Aufschluss im Westen der Fundstelle wurde eine komplexe, mehrlagige, vermutlich zumind. teilweise ver-/überlagerte Stratigraphie aus Holzkohle- und Schlackenschichten dokumentieren, die auf einem Band aus gebranntem Lehm auflagen. Die beiden Profile liegen in einer Entfernung von ca. 30 m zueinander und dürften zu derselben Fundstelle gehören. Eine eigentliche Schlackenhalde konnte aber auch mittels Sondierbohrungen nicht lokalisiert werden; möglicherweise ist sie größtenteils den Straßenbauarbeiten zum Opfer gefallen. Verhüttungstechnische Strukturen wären am ehesten rund um die dokumentierte Lehm-schicht (ggf. im heutigen Straßenbereich) oder im westlichen Fundstellenareal im Bereich einer Verebnung zu erwarten.

Im Archiv des Archäologischen Dienstes Graubünden, sowie im Fundstelleninventar von A. Schaer wurden die verschiedenen, bereits früher dokumentierten Teilbereiche der Fundstelle jeweils als sep. Fundstelle geführt (Schaer, 2003: 16, 17; ADG: 2544, 2546). Diese Unterteilung ist gemäß der Situation im Gelände wenig sinnvoll. Die beiden Aufschlüsse werden hier daher in einer Fundstelle (2544) zusammengefasst, die Fundstelle 2546 wurde aufgelöst.

Untersuchungen

Begehungen; Bohrungen; Kellensondagen

Datierung

Spätbronzezeit

¹⁴C-Datierungen

B-6523: 2970 ± 40 BP; 1371–1051 cal. BC (2-σ)
(nach Rageth (1996a, S. 237): Holzkohle, Begehung 1995)

ETH-75700: 2925 ± 21 BP; 1211–1046 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1040.1: Holzkohle, Sondage)

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Analysierte Proben

4967-DT (FO 18203.96.1; verschlackte Ofenwand): PDS (21); XRD, ICP-MS (4967/15)

4968-DT (FO 18203.98.2; PS-A): PDS (22); XRD, ICP-MS (4968/15); LIA (MA-174543)

4969-DT (FO 18203.98.5; SK): PDS (23); XRD, ICP-MS (4969/15); LIA (MA-174544)

4970-DT (FO 18203.99.2; PS-A): PDS (24); XRD, ICP-MS (4970/15); LIA (MA-174545)

4971-DT (FO 18203.99.3; PS-B): PDS (25); XRD, ICP-MS (4971/15)

4972-DT (FO 18203.99.4; MS): PDS (26); XRD, ICP-MS (4972/15)

4973-DT (FO 18203.99.5; SK(MS)): PDS (27); XRD, ICP-MS (4973/15)

4974-DT (FO 18203.101.1; MS): PDS (28); XRD, ICP-MS (4974/15)

Literatur

Fasnacht, 1999; Rageth, 1995c; 1996a; Schaer, 2003.

Fuortga (283)

Surses, Bivio

2769291/1150620, 1730 m ü. M.

Karte B.11

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 51; Schaer, 2003: 57

Alternative Bezeichnungen: Nördl. Guet da Beiva (ADG); N Guet da Beiva (Schaer, 2003); Stalveder (Schaer, 2003; Brun, [o.J.]

Beschreibung

Die Fundstelle befindet sich ungefähr 250 m südöstlich des Marmorera-See-Zulaufs hinter dem kleinen Hügelrücken Fuortga in einer länglichen Rinne/Senke in bewaldetem Gelände. Sie wurde 1997 beim Bau eines Elektrokabel-Trassegrabens entdeckt. Die im Profil dokumentierten Befunde umfassten einen brandgeröteten, ca. 1,3–1,4 m langen und 40 cm tiefen, mit massiven Schlacken verfüllten Befund, bei dem es sich sowohl um die Reste eines Verhüttungsofens oder eines Röstbetts als auch um einen der mehrfach belegten, funktional aber nicht abschließend eingeordneten Grubenbefunde handeln könnte, und eine 10–15 cm mächtige Holzkohleschicht mit zahlreichen dünnen Plattenschlacken (s. Kapitel 2.3.3, S. 66-67).

Bei einer Geländebegehung im Sommer 2014 konnten an der betreffenden Stelle noch verschiedentlich Schlackenstreufunde und holzkohlehaltige Sedimente dokumentiert werden, die jedoch einen stark gestörten bzw. umgelagerten Eindruck machten. Die Befunde dieser Fundstelle dürften demnach durch die Bauarbeiten weitgehend zerstört worden sein.

Untersuchungen

Begehung; Baubegleitung (ADG, 1997)

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

B-7016: 2590 ± 30 BP; 820–595 cal. BC (2-σ)

(nach Rageth (1997b, S. 50): Holzkohle, Baubegleitung)

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen); Ofenkeramik

Literatur

Rageth, 1997b; 1998a; Schaer, 2003.

Furnatsch (3682)

Surses, Sur

2768218/1154303, 1567 m ü. M. (nördlicher Fundstellenbereich)

2768225/1154263, 1565 m ü. M. (mittlerer Fundstellenbereich)

2768216/1154209, 1570 m ü. M. (südlicher Fundstellenbereich)

Karte B.10

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 36; Schaer, 2003: 27

Beschreibung

Ungefähr 350 m südlich des Ortskerns von Sur befindet sich eine ausgedehnte, mehrteilige Fundstelle, die 1987 durch E. Brun entdeckt und 1992 durch J. Rageth anlässlich eines Telefonkabelgrabenbaus genauer dokumen-

tiert wurde. Zum Zeitpunkt der damaligen Begehung waren zwei räumlich ca. 90 m auseinanderliegende Fundstellenbereiche nördlich bzw. südlich des die Fundstelle unterteilenden Bachlaufs aufgeschlossen. Im Süden, unmittelbar an einer heute noch sichtbaren, steinernen Weidemauer, war das Grabenprofil stark brandgerötet und enthielt zahlreiche Schlacken sowie einige Düsenfragmente. Südlich davon dehnte sich eine brand-schwarze Kulturschicht aus, die auch Reste halb verkohlten Holzes enthalten haben soll (sumpfig-mooriges Gelände). Im nördlichen Fundstellenareal wurden in ca. 20 cm Tiefe zwei Schlackenkonzentrationen beobachtet, die je einige Meter lang und 20–50 cm mächtig waren. Das Fundmaterial in diesen «Schlackengruben» bestand primär aus Plattenschlacken.

Heute sind in diesem Fundstellenareal flächig Schlackenstrefunde zu beobachten, die größtenteils durch den Bodeneingriff im Jahr 1992 verlagert worden sein dürften. Das nördliche Fundstellenareal ist allgemein stark überprägt durch einen landwirtschaftlichen Fahrweg, einen Maschinenabstellplatz sowie einen früheren Schießstand im östlich angrenzenden Gelände. Weniger gestörte oder sogar noch in situ befindliche Befunde wären am ehesten im südwestlich unterhalb des Maschinenabstellplatzes gelegenen Gelände zu erwarten. Hier konnten mehrere Schlackenkonzentrationen mit Zeigerpflanzenbewuchs dokumentiert werden, die entweder auf eine Schlackenhalde hinweisen oder im Zuge der Bauarbeiten hier deponiert wurden.

Im südlichen Fundstellenareal wurden in jüngster Zeit keine auffälligen Beobachtungen gemacht, das Gelände ist durch die Befahrung mit schweren Landwirtschaftsmaschinen aber auch hier relativ stark überprägt. In Anlehnung an die Schilderungen aus den frühen 1990er Jahren sind seitlich des Weges bzw. des Kabelgrabens jedoch durchaus potentiell interessante (Be-)Funde zu vermuten.

Zwischen den beiden bisher bekannten Fundstellenbereichen konnten unmittelbar südlich des Bachlaufs beiderseits des landwirtschaftlichen Fahrwegs Reste von Kulturschichten (humose Schlackenschicht, Holzkohleschicht) dokumentiert werden. Im Wegbett des hier nach Osten abzweigenden Wanderwegs waren außerdem randlich Reste einer brandgeröteten Steinstruktur aufgeschlossen. Auch dieses dritte Fundstellenareal ist durch die beiden Wegspuren, einen einbetonierten Wanderwegweiser sowie eine fest installierte Sitzbank stark überprägt.

Es ist auf der vorhandenen Datengrundlage nicht zweifelsfrei nachzuweisen, aber dennoch sehr wahrscheinlich, dass die verschiedenen Fundstellenareale zu einem einzigen Schmelzplatz gehören.

Ob der lokale Flurname Furnatsch (rätoromanisch: Ofen) Bezug nimmt auf die hier dokumentierten Befunde aus prähistorischer Zeit oder mit einer anderen, jüngeren Ofenkonstruktion in Verbindung zu bringen ist, bleibt offen.

Untersuchungen

Begehung; Kellensondagen; Baubegleitung (ADG, 1992)

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-63981: 2528 ± 27 BP; 795–546 cal. BC (2-σ)

(FK 18209.2: Holzkohle, Sondage (mittlerer Fundstellenbereich))

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen); Tondüsenfragmente

Literatur

Schaer, 2003.

Glignia I (728)

Surses, Cunter

2765146/1164514, 1220 m ü. M.

Karte B.5

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 7; Schaer, 2003: 7

Alternative Bezeichnungen: Guignia, Cuigna (ADG)

Beschreibung

Der Schmelzplatz Glignia I wurde 1946 bei Straßenschotterungsarbeiten nordöstlich von Cunter entdeckt und W. Burkart gemeldet, der im Bereich der nahegelegenen bronzezeitlichen Anlage auf Caschligns (717) gerade archäologische Ausgrabungen durchführte. W. Burkart untersuchte und dokumentierte daraufhin die angeschnittenen Befunde: In 1,6 m Tiefe stieß er auf eine 20–30 cm mächtige, stark holzkohlehaltige Schlackenschicht, die später von mehreren Rufen überdeckt worden war. Hier fand sich auch ein «Topfstück», das Burkart in vorrömische Zeit datiert (Fragment einer Tondüse?) sowie Brocken gebrannten Lehms, die er als Überreste eines «Eisenschmelzofens» deutete. Dass es sich hierbei allerdings um keine Eisenschmelze, sondern einen prähistorischen Kupferverhüttungsplatz handelte, lässt die Beschreibung des Schlackenmaterials vermuten, die «mit Kupferoxydationsprodukten durchsetzt» gewesen seien. So oder so handelt es sich bei Glignia I um den ersten archäologisch untersuchten Schmelzplatz im Oberhalbstein.

Die Fundstelle liegt gemäß Burkart 400 m nordöstlich der Kirche von Cunter, was heute ziemlich genau der Lage einer kleinen Wegkapelle entspricht. Auf der vorhandenen Datengrundlage ist jedoch nicht abschließend zu beurteilen, ob diese Fundstelle mit der später durch E. Brun verzeichneten, ca. 230 m östlich liegenden Fundstelle Glignia II (61086) identisch ist oder ob es sich um zwei verschiedene Plätze handelt.

Trotz intensiver Geländebegehungen im Sommer 2015 konnte im gesamten Gebiet keinerlei Schlackenfunde oder andere Hinweise auf die beschriebenen Befunde ausgemacht werden. Das auf dem Wiesengelände verstreut liegende Steingeröll verdeutlichte allerdings die Ausmaße der anhaltenden geomorphologischen Prozesse in diesem Areal. Eine Lokalisierung oder genauere Untersuchung der hier wohl sprichwörtlich metertief begrabenen (und damit bestens geschützten) Befunde dürfte nur mit Hilfe von massiven Bodeneingriffen zu realisieren sein.

Untersuchungen

Begehungen; Baubegleitung (Burkart, 1946)

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Keller-Tarnuzzer, 1946; Burkart, 1949; Zürcher, 1982; Brun, 1987; Wyss, 1993; Fasnacht, 1991; Rageth, 1992a; Schaer, 2003.

Glignia II (61086)

Surses, Cunter

2765374/1164451, 1230 m ü. M.

Karte B.5

Schlackenfundstelle

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 16; Schaer, 2003: 7

Beschreibung

E. Brun führt in seinem unpublizierten Verzeichnis «Inventory von Schlackendepots im Oberhalbstein, Graubünden» (Brun, o.J.) eine Fundstelle in Glignia auf: Im Bereich einer Wasserfassung wurden Schlacken im Bauaushub dokumentiert. Hinweise auf in situ befindliche Befunde oder verhüttungstechnische Strukturen fehlen in dieser kurzen Fundstellennotiz. Brun merkt jedoch an, dass diese Fundstelle vermutlich nicht mit der von W. Burkart 1946 untersuchten, ca. 120 m weiter westlich liegenden Fundstelle Glignia I (728) übereinstimmt, was auf der gegebenen Datengrundlage nicht abschließend beurteilt werden kann.

Trotz intensiver Geländebegehungen im Sommer 2015 konnte im gesamten Gebiet keinerlei Schlackenfunde oder andere Hinweise auf die beschriebenen Befunde ausgemacht werden. Das auf dem Wiesengelände verstreut liegende Steingeröll verdeutlichte allerdings die Ausmaße der anhaltenden geomorphologischen Prozesse in diesem Areal. Eine Lokalisierung oder genauere Untersuchung der hier wohl sprichwörtlich metertief begrabenen (und damit bestens geschützten) Befunde

dürfte nur mit Hilfe von massiven Bodeneingriffen zu realisieren sein.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Funde

Keine Funde überliefert

Gneida (2845)

Surses, Salouf

2764115/1165275, 1153 m ü. M. (Ostprofil: Befunde Ostprofil)

2764100/1165339, 1159 m ü. M. (Nordprofil: fundleere Holzkohleschicht)

Karte B.4, B.5

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 47; Schaer, 2003: 5

Alternative Bezeichnungen: Kiesgrube Demarmels (ADG); SE Salouf, Gneida (Kiesgrube Demarmels) (Schaer, 2003), Kiesgrube Gneida, Salouf (Brun, [o.J.])

Beschreibung

Im Bereich der Kiesgrube Demarmels, ca. 650 m südöstlich von Salouf, wurden in den 1990er Jahren verschiedene Befunde aufgeschlossen, die nur partiell archäologisch dokumentiert werden konnten: Im südlichen Bereich des Ostprofils der Kiesgrube stand eine rund 8 m lange und 5–15 cm dicke kohlig-brandige Schicht an, die neben viel Holzkohle auch relativ viel Schlackematerial enthielt (Plattenschlacken und «massive» Schlacken). In der Nordhälfte desselben Profils konnte in einem Grubenbefund eine weitere stark holzkohlehaltige, kohlig-brandige Schicht dokumentiert werden. Das darunter anstehende kiesige Material zeigte eine starke Rotfärbung durch Hitzeeinwirkung. Der Befund enthielt auch einige Plattenschlacken. Es dürfte sich hierbei um eine verhüttungstechnische Struktur im weitesten Sinne handeln (Röstbett?).

Im Nordprofil der Kiesgrube zeigte sich eine weitere, allerdings weniger mächtige, fundleere Holzkohleschicht, die gemäß J. Rageth möglicherweise «natürlichen» Ursprungs sei. Die Schichten und Befunde konnten aufgrund der massiven Überdeckung mit teilweise mehrere Meter mächtigen Kieshorizonten nicht flächig ausgegraben werden.

Eine neuerliche Begehung der Fundstelle 2015 zeigte, dass die Kiesgrube inzwischen größtenteils wieder verfüllt wurde. Im einzigen noch leer stehenden Bereich im Nordosten der Grube konnte lediglich ein dünnes Holzkohleband im Nordprofil festgestellt werden, das mit der Beschreibung J. Rageths übereinstimmt. Das archäologisch interessantere Ostprofil war nicht mehr zugänglich. Im Bereich der Materialaufschüttungen konnten außerdem einzelne Schlackenstriefunde geborgen werden.

Untersuchungen

Begehungen; Baubegleitung (ADG, 1995)

Datierung

Prähistorisch

¹⁴C-Datierung

ETH-75701: 3586 ± 25 BP; 2021–1885 cal. BC (2-σ)(
(FK 47226.3: Holzkohle, Baubegleitung (Holzkohlegrube))

Anmerkung: zur Einordnung dieser frühbronzezeitlichen Datierung vgl. Kapitel 2.3.4, S. 88.

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Rageth, 1995c; 1996b; Schaer, 2003.

Gruba I (1852)

Surses, Marmorera

2769231/1153253, 1849 m ü. M. (östliches Areal)

2769218/1153259, 1849 m ü. M. (westliches Areal)

Karte B.10

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 4; Schaer, 2003: 37

Alternative Bezeichnungen: Ried südlich Gruba I (ADG; Schaer, 2003); Gruba–Tivas (Brun, [o.J.]

Beschreibung

Östlich der heutigen Marmorera-See-Staumauer erhebt sich der gut 200 m hohe Hügelzug Mottas. Zwischen dieser Motta und der eigentlichen östlichen Talflanke erstreckt sich eine ca. 500 m lange und bis zu 100 m breite, moorige Ebene. An deren östlichem Rand befindet sich der Schmelzplatz Gruba I. Die Fundstelle ist aufgrund einer großen, weitgehend offenliegenden Schlackenhalde und ihrer Nähe zu den neuzeitlichen Gruben (Gruba IV (3681)) sowie dem Pingenzug (Gruba II (1854)) bereits seit Langem bekannt. Ein aus dem Boden ragender, partiell rot gefärbter Stein wurde seit den 1980er Jahren mehrfach als potentieller Verhüttungs-ofen genannt. Dieser Verdacht konnte bereits im ersten Jahr der Ausgrabungen auf Gruba – 2013 – bestätigt werden. Die Fundstelle wurde bis 2017 flächig untersucht, wobei zahlreiche interessante Befunde dokumentiert werden konnten. Der erste Verhüttungs-ofen (Ofen 1) besteht aus einer senkrecht gesetzten, noch bis zu 70 cm aus dem Boden ragenden Steinplatte sowie zwei Wangen aus faserigen, stark hitzeversehrten, länglichen Steinen. Die Sohle des Ofens ist mit kleinen Steinen ausgekleidet. Diese Ofenkonstruktion unterscheidet sich deutlich von den für die prähistorische Kupferproduktion im Ost- und Südalpenraum charakteristischen Schachtofen. Eine dem Ofen 1 vergleichbare Konstruktion konnte auch in Val Faller Platz (2120) dokumentiert werden. Knapp 2 m

südwestlich von Ofen 1 befindet sich die partiell offenliegende Schlackenhalde I mit einer Mächtigkeit von bis zu mind. 40 cm und einem Durchmesser von ca. 10 m. Das Haldenmaterial besteht fast ausschließlich aus Schlackenfragmenten unterschiedlichen Typs; an der Haldensohle lässt sich ein mehrere Zentimeter dicker Holzkohlehorizont beobachten. Wenige Meter nördlich des Ofens wurde eine mehrere Meter große Holzkohlegrube unbekannter Funktion dokumentiert. Eine Reihe teils brandgeröteter Steine entlang der Nordwestkante dieser Grube gehört möglicherweise zu einem abgegangenen Röstbett.

Westlich dieses ersten Fundstellenbereichs wurde ein zweites, stratigraphisch älteres Werkareal freigelegt, das wiederum eine mind. 40 cm mächtige Schlackenhalde (Schlackenhalde II) sowie Reste zweier Verhüttungs-ofen umfasst (Ofen 2 und 3). Davon weist zumindest der südliche Ofen 2 eine mit Ofen 1 vergleichbare Ofengrube mit Steinpflasterung und Resten verbrannten Lehms auf. Für Ofen 3 wird eine mit Ofen 1 aus Val Faller Platz vergleichbare Schachtofen-Konstruktion vermutet. Zwischen den beiden Ofennegativen sowie im Südbereich dieses Areals konnten zudem flächig Spuren verbrannten Holzes dokumentiert werden, die auf ein einzelnes Brandereignis (Überdachung?) zurückzuführen sind. Gruba I ist – zusammen mit Val Faller Platz (2120) – der bisher am besten und flächigsten untersuchte Schmelzplatz im Oberhalbstein.

Ein Zusammenhang zwischen den Fundstellen Gruba I und dem nahegelegenen Pingenzug Gruba II (1854) ist denkbar, konnte bisher aber archäologisch noch nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden.

Untersuchungen

Ausgrabung; Bohrungen; Geomagnetik

Datierung

Ältere Eisenzeit (mehrphasig)

¹⁴C-Datierungen

ETH-54984: 2796 ± 31 BP; 1018–846 cal. BC (2-σ)
(FK 46680.612: Holzkohle, Grabung)

ETH-54985: 2711 ± 30 BP; 910–808 cal. BC (2-σ)
(FK 46680.634: Holzkohle, Grabung)

ETH-64006: 2823 ± 23 BP; 1042–914 cal. BC (2-σ)
(FK 46680.1141: Holzkohle, Grabung)

ETH-64007: 2666 ± 16 BP; 838–800 cal. BC (2-σ)
(FK 46680.1141: Holzkohle, Grabung)

ETH-66231: 3427 ± 17 BP; 1862–1682 cal. BC (2-σ)
(FK 46680.1085: Holzkohle, Grabung)

ETH-69841: 2907 ± 13 BP; 1190–1020 cal. BC (2-σ)
(FK 46680.1096: Holzkohle, Grabung = ADG-87857)

ETH-69842: 2799 ± 15 BP; 1000–909 cal. BC (2-σ)
(FK 46680.1089: Holzkohle, Grabung = ADG-87856)

Dendrochronologische Datierungen

Von 203 untersuchten Holzkohleproben konnten 62 dendrochronologisch datiert werden. Ihre Endjahre streuen zwischen -855 und -607, darunter drei Datierungen mit (unsicherer) Waldkante:

ADG-88780: -607 (a-Datierung, Waldkante unsicher)

ADG-87836: -614 (a-Datierung, Waldkante unsicher)
 ADG-87845: -634 (a-Datierung, Waldkante sicher (Herbst/
 Winter))

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit. Die Gebrauchskeramik dieser Fundstelle (sog. Taminser Ware) datiert typologisch in die ältere Eisenzeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Platenschlacken aller Subtypen); Tondüsenfragmente; Gebrauchskeramikfragmente.

Analysierte Proben

4379-G (FO 46680.508.1; MS): PDS (1; 2); XRD, ICP-MS (4379/15)
 4380-G (FO 46680.508.2; MS): PDS (3); XRD, ICP-MS (4380/15)
 4381-G (FO 46680.532.2; PS-C): PDS (4); XRD, ICP-MS (4381/15)
 4382-G (FO 46680.535.1; MS): PDS (5); XRD, ICP-MS (4382/15)
 4383-G (FO 46680.535.3; MS): PDS (6); XRD, ICP-MS (4383/15)
 4384-G (FO 46680.571.2; PS-C): PDS (7.1); XRD, ICP-MS (4384/15)
 4385-G (FO 46680.571.3; PS-C): PDS (7.2); ICP-MS (4385/15)
 4386-G (FO 46680.573.22; PS-C): PDS (8); ICP-MS (4386/15)
 4387-G (FO 46680.573.23; PS-C): PDS (9); ICP-MS (4387/15)
 4957-G (FO 46680.509.5; SK): PDS (12); XRD, ICP-MS (4957/15); LIA (MA-174537)
 4958-G (FO 46680.502.9; SK): PDS (10); XRD, ICP-MS (4958/15); LIA (MA-174538)
 4959-G (FO 46680.509.3; SK): PDS (11); XRD, ICP-MS (4959/15); LIA (MA-174539)

Literatur

Della Casa, Turck und Reitmaier, 2014b; Fasnacht, 2004; Oberhänsli, et al., 2019; Schaer, 2003; Turck, 2019; Turck, et al., 2015a; 2016a; 2018a.

Gruba III (56328)

Surses, Marmorera
 2769177/1153123, 1845 m ü. M.
 Karte B.10

Unbestimmt (Holzkohleschicht; Schmelzplatz?)

Konkordanz

Alternative Bezeichnung: Baumwurzelgrube (ADG)

Beschreibung

2015 entdeckte M. Seifert eine durch einen umgestürzten Baum freigelegte massive Holzkohleschicht, die eine Mächtigkeit von ca. 25 cm aufweist und auf einer Fläche von mind. 7,5 m Dm. fassbar ist. Der aufgeschlossene Horizont hat bisher mit Ausnahme von brandgerötetem

Gestein keinerlei archäologisches Fundmaterial geliefert, konnte dendrochronologisch aber in dieselbe Zeit datiert werden wie der gerade einmal 130 m nordöstlich gelegene Schmelzplatz Gruba I (1852). Ein Zusammenhang des Befundes mit der prähistorischen Kupfergewinnung im Allgemeinen sowie den beiden nahegelegenen Fundstellen Gruba I (1852) und Gruba II (1854) im Speziellen ist auf dieser Datengrundlage sehr wahrscheinlich. Ohne weiterführende Untersuchungen lässt sich die Fundstelle jedoch funktional nicht präziser ansprechen.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen; Sondage

Datierung

Ältere Eisenzeit

ETH-69844: 2499 ± 15 BP; 771–544 cal. BC (2-σ)

(FK 57525.2: Holzkohle, Sondage = ADG-87936)

Dendrochronologische Datierungen

Von neun untersuchten Holzkohleproben konnten zwei dendrochronologisch datiert werden:

ADG-87936: -613 (a-Datierung, Waldkante unsicher); vgl. ETH-69844

ADG-87654: -775 (a-Datierung, ohne Waldkante)

Funde

Keine

Literatur

Oberhänsli, et al., 2019.

Marmels (1839)

Surses, Marmorera

2767990/1152940, 1770 m ü. M.

Karte B.10

Schlackenfundstelle

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 37; Schaer, 2003: 34

Alternative Bezeichnungen: Burgruine Marmels (Schaer, 2003); Burg Marmorera

Beschreibung

Hoch über dem Westufer des heutigen Marmorera-sees thront die markante Burganlage von Marmels. Sie wurde in der ersten Hälfte des 12. Jahrhunderts durch die Herren von Marmels erbaut – ein Ministerialen-Geschlecht, das den Passverkehr über den Julier- und Septimerpass kontrollierte. Die Anlage besteht aus einer Umfassungsmauer, einem Wohntrakt mit mehreren Gebäuden sowie einer Kapelle. Herausragend sind an dieser Fundstelle aber vor allem die hervorragend erhaltenen Funde aus Holz, Leder, Pergament, Textilien etc., die viele Jahrhunderte im rückwärtigen Bereich der Anlage in einem trockenen Felsschlund gut geschützt vor der Witterung überdauert haben.

In Gebäude 3, das eine Art Torgebäude dargestellt haben dürfte, lassen sich auch metallurgische Aktivitäten belegen, wie eine aus Steinplatten gesetzte Herdstelle mit einem angrenzenden Schlackendepot verdeutlicht. Der Befund wird als Esse angesprochen. Tatsächlich fin-

den sich in und um diesen Befund über 14 kg Kalottenschlacken, ein typisches Abfallprodukt mittelalterlicher Eisenverarbeitung. Zusätzlich findet sich hier aber auch ein vergleichbares Volumen an Kupferverhüttungsschlacken. Wie bereits L. Eschenlohr bei der Bearbeitung dieses Schlackenmaterials festgestellt hatte, ist eine eigentliche Verhüttungsaktivität in Gebäude 3 aus verschiedenen Gründen auszuschließen (Herdkonstruktion, Fundvolumen etc.). Wahrscheinlicher scheint, dass die Schlacken hier eine sekundäre Verwendung im Schmiedekontext fanden. Dass es sich bei den von Eschenlohr als «Kupfererschlacken» oder «Fließschlacken» angesprochenen Funden um urgeschichtliche Verhüttungsschlacken handelt, steht nach einer eingehenden makroskopischen Begutachtung des Fundmaterials im Rahmen der vorliegenden Arbeit außer Zweifel. Es wäre denkbar, dass die Schlacken – z.B. von dem sehr nahe gelegenen Schmelzplatz «Burgfelsen» – für eine Weiterverarbeitung unbekanntem Charakters auf die Burganlage transportiert wurden. Zu dieser Interpretation passen auch die am betreffenden Material häufig beobachteten Spuren sekundärer Hitzeinwirkung (markante Rotfärbung).

Untersuchungen

Ausgrabung (ADG, 1987–1988)

Datierung

Mittelalter

Typologische Datierung

Ein Teil der Schlacken aus dieser Fundstelle datiert typologisch in prähistorische Zeit (sekundäre Verlagerung). Die restlichen Schlacken sind der mittelalterlichen Eisenverarbeitung zuzuordnen (vgl. Eschenlohr 2012).

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen); Kalottenschlacken; für weitere Funde vgl. Jecklin-Tischhauser, et al. (2012).

Literatur

Eschenlohr, 2012; Jecklin-Tischhauser, et al., 2012.

Mot la Bova (1897)

Surses, Marmorera

2769801/1150820, 1885 m ü. M.

Karte B.11

Schmelzplatz

Konkordanz

Schaer, 2003: 53

Alternative Bezeichnungen: Weg Guet da Beiva – Alp Natons (ADG, Schaer, 2003)

Beschreibung

In der Spur eines Wanderwegs von Stalveder zur Alp Natons ist am Fuße eines nach Westen abfallenden Geländeabschnitts eine massive, schlackenhaltige Holzkohleschicht von ca. 15 cm Mächtigkeit aufgeschlossen. Es dürfte sich dabei um den Randbereich eines Verhüttungsplatzes handeln, dessen Kernbereich auch mithilfe von Bohrsondierungen nicht ermittelt werden konnte. In ei-

nem Umkreis von mehreren Dutzend Metern sind immer wieder oberflächliche Schlackenfundstücke zu beobachten, jedoch ohne je eine größere Konzentration oder sogar eine Schlackenhalde anzuzeigen. A. Schaer beobachtete bei der Entdeckung dieser Fundstelle im Jahr 1999 östlich oberhalb des dokumentierten Wanderwegaufschlusses einige brandgerötete Steine, die auf eine verhüttungstechnische Struktur hinweisen könnten. Die besagten Steine konnten bei neuerlichen Begehungen jedoch nicht mehr lokalisiert werden.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen; Kellensondage

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-63979: 2565 ± 27 BP; 806–566 cal. BC (2-σ)

(FK 18205.2: Holzkohle, Sondage)

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Schaer, 2003.

Mota Farun (68476)

Bregaglia, Casaccia

2770537/1140259, 1632 m ü. M. (Schlackenhalde I)

2770526/1140285, 1632 m ü. M. (Schlackenhalde II)

Karte B.15

Schmelzplatz

Beschreibung

Im untersten Bereich der Val Maroz, knapp 800 m westlich der Ortschaft Casaccia, befindet sich der bislang einzige urgeschichtliche Schmelzplatz des Bergells. Die Fundstelle Mota Farun liegt im Bereich einer leichten Verebnung in einem ansonsten mehrheitlich steil nach Osten abfallenden Waldgebiet auf etwas mehr als 1600 m Höhe. Sie wird durch zwei oberflächlich aufgeschlossene Schlackenkonzentrationen (Schlackenhalde I und II) sowie durch zahlreiche Schlacken- und Holzkohlefunde in den Wurzelstöcken zweier umgekippter Bäume angezeigt.

Im näheren Umfeld dieser Fundkonzentrationen konnten mittels Handbohrungen und Kellensondagen verschiedentlich Holzkohleschichten sowie punktuell verbranntes Sediment dokumentiert werden. Konkrete Hinweise auf verhüttungstechnische Strukturen konnten zum Begehungszeitpunkt aufgrund des hohen Vegetationsstandes jedoch nicht ermittelt werden.

Die Fundstelle präsentiert sich im regionalen Kontext bislang scheinbar isoliert, liegt jedoch strategisch günstig am Fuße des Septimerpasswegs, der Casaccia mit Bivio bzw. das Bergell mit dem Oberhalbstein verbind-

det. Neben der Datierung der Fundstelle sprechen auch die Typologie, das Gefüge sowie die Zusammensetzung der hier vorliegenden Schlacken für eine direkte Verbindung mit den Kupfergewinnungsaktivitäten im Oberhalbstein (zur Geochemie und Mineralogie der Schlacken von Mota Farun vgl. Wenk, et al., 2019).

Untersuchungen

Begehung; Kellensondagen

Datierung

Prähistorisch; Neuzeit

¹⁴C-Datierung

Beta-535428: 110 ± 30 BP; 1681–1938 cal. BC (2-σ) (FK 18203.1149: Holzkohle (Ast, (äußerste 15 Jahrringe)), Kellensondage)

Anmerkung: zur Einordnung dieser neuzeitlichen Datierung vgl. Kapitel 2.3.4, S. 94.

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (nicht abschliessend bearbeitet)

Literatur

Krähenbühl, 1980; Wenk, et al., 2019.

Motta Mola (2522)

Surses, Riom-Parsonz

2764198/1163495, 1338 m ü. M.

Karte B.5

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 41; Schaer, 2003: 14

Beschreibung

Beidseits der asphaltierten Straße von Riom nach Tigignas Sot finden sich im Wiesengelände zahlreiche oberflächliche Schlackenfunde. Sie streuen auf einer Fläche von mind. 65 m × 50 m zwischen einer Ackerfläche im Westen und einer Baum-/Strauchreihe im Osten. Besonders zahlreich finden sie sich in der Mitte dieses Areals im Bereich eines einzelnen Baums und eines Bildstocks südwestlich einer Weggabelung. J. Rageth und J. Krättli vermuten hier aufgrund verschiedener Begehungen nicht nur eine, sondern gleich drei Fundstellen. Im westlich oberhalb des Schlackenfund-Perimeters gelegenen Acker legte J. Krättli 1991 eine kleine Sondage an, in der er sowohl eine in situ befindliche Schlackenschicht sowie «rotgebranntes Erdmaterial» dokumentierte.

Die Fundstelle wurde 2015 geomagnetisch prospektiert, wobei verschiedene kleinere Hochtemperaturbereiche im westlichen Teil der Fundstelle dokumentiert wurden. Die eigentliche Schlackenhalde konnte auf diesem Weg aber zweifelsfrei im vermuteten Bereich südwestlich oberhalb des Bildstocks lokalisiert werden. Weitere Halde sind im untersuchten Perimeter nicht ersichtlich. Es dürfte sich hier also um eine einzige, vergleichsweise weitläufige Fundstelle handeln, die vermutlich durch die

intensiven landwirtschaftlichen Aktivitäten und Terrassierungsarbeiten im Verlauf der letzten drei Jahrtausende stark überprägt wurde.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen; Geomagnetik

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Schaer, 2003; Sikorski, 2015.

N Riom (2504)

Surses, Riom-Parsonz

2764221/1164400, 1240 m ü. M. (N Riom)

2764226/1164380, 1240 m ü. M. (Cadra Nord)

Karte B.5

Schmelzplatz

Konkordanz

Schaer, 2003: 9

Alternative Bezeichnung: Nördlich Riom/Cadra Nord (Schaer, 2003); N Riom (ADG)

Beschreibung

Am nördlichen Dorfrand von Riom entdeckt J. Krättli 1974 in einem offenen Kanalisationsgraben eine Schlackenkonzentration, die durch den Archäologischen Dienst Graubünden baubegleitend dokumentiert wurde. Circa 40–50 cm unterhalb der Grasnarbe fand sich in einer Grube eine Ansammlung von «Eisenschlackenbrocken (porös), Eisenschlackenplättchen, die z.T. extrem starke Kupferoxydationen aufweisen» (handschriftliche Notiz von J. Rageth im Fundstellendossier 2504, Archiv ADG). In geringer Entfernung zu diesem Befund wurde bei dieser Gelegenheit außerdem eine halbkreisförmige Steinstruktur dokumentiert, die aus mehreren, großen, gesetzten und deutlich brandgeröteten Steinen bestand. Zwischen den Steinen wurden verbrannter Lehm, verbrannte Erde sowie Keramikfragmente (Düsenfragmente?) und «Schlackenplättchen» dokumentiert. Es dürfte sich dabei, wie J. Rageth vermutete, um eine Verhüttungsanlage (Röstbett?) gehandelt haben.

Anlässlich eines Stallneubaus wurde 1989 nur ca. 20 m südlich davon eine weitere Untersuchung durchgeführt, bei der eine Schlackenhalde von ca. 20 m² Fläche und 15–20 cm Mächtigkeit dokumentiert wurde. J. Rageth beobachtete in dieser Halde wiederum verschiedene Schlackentypen ein Tondüsenfragment, «Hüttenlehm» (Ofenlehm) sowie einige Knochen. Circa 10 m südöstlich der Schlackenhalde wurde außerdem eine mehrere Quadratmeter große, 75–80 cm tiefe Grube dokumentiert, die mit verschiedenen Sedimenten und Holzkohle verfüllt war.

Anlässlich der Ausgrabung im Jahr 1989 wurde im Archiv des Archäologischen Dienstes zusätzlich zu der bereits bestehenden Fundstelle N Riom (2504) eine weitere Fundstelle, Cadra Nord (2531), eröffnet. Da es sich aufgrund der geringen Distanz zwischen den dokumentierten Befunden mit größter Wahrscheinlichkeit aber nicht um zwei verschiedene Fundstellen, sondern vielmehr um zwei Teilbereiche desselben Schmelzplatzes handeln dürfte, werden die beiden Plätze hier gemeinsam besprochen.

Auch im restlichen Ortsgebiet von Riom sind bei Ausgrabungen im Bereich der römischen Mutatio Cadra (vgl. Rageth, 1992b; Casaulta 2019) immer wieder kleinere Konzentrationen oder vereinzelt Funde von Verhüttungsschlacken dokumentiert worden (vgl. Schaer, 2003, Nr. 10 und 11). Da diese Funde in der Regel aber aus archäologisch relativ komplexen, nur partiell aufgearbeiteten Befundkontexten stammen und in den meisten Fällen sekundär verlagert worden sein dürften, wurden sie im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht bearbeitet. Bei A. Schaer (2003) sind sie unter der Nummer 10 als «Riom-Prasonz, Div. Fundstellen im Dorf Riom (inkl. Haus Volg)» aufgeführt.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

B-5324: 2440 ± 40 BP; 756–407 cal. BC (2-σ)
(nach Wyss (1993, S. 202): [Holzkohle])

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen; aufgrund der riesigen Fundmenge wurden von dieser Fundstelle ausnahmsweise nicht alle Schlacken bearbeitet); Tondüsenfragmente; Ofenlehm; Knochen

Literatur

Rageth, 1977b; 1979b; 1990; 1992a; Schaer, 2003.

Natonsbach (1848)

Surses, Marmorera

2768731/1151752, 1620 m ü. M.

Karte B.10

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 20[b]; Schaer, 2003: 39

Alternative Bezeichnungen: Gegenüber Natonsbach (Schaer, 2003); Juliawerk (ADG)

Beschreibung

Anlässlich des Stauseebaus wurde im Juli 1952 unter der Leitung von B. Frei auf der Ebene von Marmorera zwei

Schmelzplätze ausgegraben. Eine der beiden Fundstellen, Natonsbach, lag gemäß schriftlicher Schilderung westlich oberhalb der Julia, gegenüber der Mündung des Natonsbachs. Die Fundstelle erstreckte sich über zwei Terrassen eines kleinen Geländevorsprungs. Auf der oberen dieser beiden Terrassen wurden verschiedene verhüttungstechnische Befunde und Funde freigelegt (vgl. auch Kapitel 2.3.3, S. 64–65):

Im Norden der Fläche wurden zwischen großen, flachen Steinplatten zwei mit Schlacken verfüllte, über 1 m lange Gruben dokumentiert. Die erste, östliche Grube war ca. 90 cm breit und 60 cm tief, die zweite, westliche ca. 80 cm breit und 20 cm tief. Letztere war nach Norden mit einer senkrecht gesetzten Steinplatte begrenzt und teilweise mit kleineren Steinplatten ausgekleidet. An der Sohle der Verfüllung (Schlacken) stellte B. Frei eine Holzkohlekonzentration fest. Leider liegen keinerlei Hinweise zu allfälligen Brandrötungen an den Befunden und Sedimenten vor, was eine nachträgliche Interpretation der Strukturen stark erschwert. Dennoch kann für die beiden Befunde eine Funktion als Schmelzöfen bzw. -gruben vermutet werden. Dafür sprechen auch die sehr zahlreichen, insbesondere aus dem Umfeld der Gruben geborgenen Tondüsenfragmente. Nördlich der beiden Gruben konnte jeweils ein Pfostenloch dokumentiert werden, was auf eine Überdachung der Anlage hinweisen könnten.

Eine knapp 2 m lange Steinsetzung verbindet die beiden Gruben mit einer weiteren, südlich davon gelegenen, auf drei Seiten mit Steinplatten eingefassten, rechteckigen Grube von ca. 1 m × 1, 2 m. Dieser Befund wurde vom Bearbeiter aus nicht weiter erläuterten Gründen als «Vorratsraum» (wofür?) angesprochen. Bisher liegen aus dem Untersuchungsgebiet keine vergleichbaren Befunde vor.

Nördlich davon wurde eine weitere, kleinere Grube dokumentiert (ca. 50 cm Dm., 20 cm tief). Auf der Steinsetzung zwischen den beiden Befunden lag ein «halb-rundgehöhlter Holztrug» (ca. 100 cm × 36 cm × 14,5 cm), der nur noch wenige mm dick erhalten war und von B. Frei aufgrund seiner Rotfärbung als Lärchentrog angesprochen wurde. Diese Bestimmung bzw. Methode ist als sehr fraglich einzustufen. Das Fundobjekt selbst ist leider nicht überliefert.

In weiteren Grabungsschnitten östlich und südlich dieser oberen Terrasse wurden an zwei Stellen ausgedehnte Schlackenhalde von 30 bzw. 40 m Länge und bis zu 40 bzw. 50 cm Mächtigkeit dokumentiert, teilweise mit der charakteristischen Holzkohleschicht an der Sohle der Halde. Es dürfte sich hierbei um einen vergleichsweise großen Schmelzplatz gehandelt haben.

Die Fundstelle liegt heute im Marmorera-Stausee und ist für eine Neudokumentation nicht mehr zugänglich.

Untersuchungen

Ausgrabung (Frei, 1952)

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Tondüsenfragmente dieser Fundstelle datieren in prähistorische Zeit.

Funde

Tondüsenfragmente; Schlacken sowie der Holztrog wurden nicht geborgen bzw. überliefert.

Literatur

Erb, 1953; Frei, 1953; Schaer, 2003.

Ober-Juppa I (18269)

Avers, Juppa

2762075/1146930, 2029 m ü. M.

Karte B.14

Schlackenfundstelle

Beschreibung

Am Fuße des Juppahorns konnten in der östlichen Böschung einer 2012 neu gebauten Meliorationsstraße oberflächliche Schlackenstreufrunde sowie kleinere Schlackenkonzentrationen in humosem Sediment dokumentiert werden. Mittels Sondierbohrungen wurde in ca. 15 cm Tiefe außerdem eine HK-Schicht gefasst, die möglicherweise auf eine In-Situ-Situation hinweist. Oberflächliche, vermutlich verrollte Schlackenfrunde sind auch im westlich unterhalb der Straße angrenzenden Wiesengebiet zu finden. Der Umfang des Schlackenvolumens und die exakte Ausdehnung der Fundstelle konnte nicht ermittelt werden, da das umliegende Gelände zum Begehungszeitpunkt vollständig mit Mähwiesenvegetation überdeckt war. Vermutlich handelt es sich beim dokumentierten Aufschluss um den Randbereich eines Schmelzplatzes, der möglicherweise beim Straßenbau beschädigt oder zerstört wurde.

Diese Fundstelle wurde durch D. Pedrett aus Andeer entdeckt und gemeldet.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-63995: 2576 ± 23 BP; 806–674 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1064: Holzkohle, Bohrprofil)

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Turck, et al., 2017b.

Oberhalb Savognin (56327)

Surses, Savognin

2765457/1163805, 1272 m ü. M. (unsichere Lokalisierung)

Karte B.5

Schlackenfundstelle

Beschreibung

Aus dem Nachlass eines Herrn R. Schällibaum gelangten 2006 über die Kantonsarchäologie St. Gallen Schlackenfrunde zum Archäologischen Dienst Graubünden. Die Funde sind lediglich mit dem Hinweis «oberhalb Savognin, unterhalb Caschligns» bezeichnet. Genauere Angaben zur Fundstelle liegen nicht vor. Die einzigen Fundstellen, die ungefähr im beschriebenen Gebiet liegen, sind Cunter Glignia I (FS 728) und Glignia II (FS 61086), die jedoch beide unter meterhohen Rüfeschuttsschichten begraben liegen. Es könnte sich also ebenso gut um eine weitere, bisher nicht bekannte Fundstelle zwischen Caschligns und Savognin handeln.

Die Koordinaten dieser Fundstelle wurden provisorisch auf halber Strecke zwischen der Kirche Savognin und der Fundstelle Caschligns (717) in Cunter gesetzt.

Untersuchungen

Keine

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Pardeala (1846)

Surses, Marmorera

2768903/1152067, 1635 m ü. M.

Karte B.10

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 20[a]; Schaer, 2003: 40

Alternative Bezeichnungen: Bardèla (ADG); Bardeala (ADG)

Beschreibung

Nachdem 1952 anlässlich des Stauseebaus bereits der Schmelzplatz Natonsbach (1848) auf der ehemaligen Marmoreraseeebene archäologisch untersucht worden war, entdeckte B. Plaz aus Savognin in einer Bagger-schneise in der Flur Bardèala eine weitere Fundstelle. Diese wurde daraufhin auf einer Fläche von 20 m × 15 m «abgedeckt», wobei interessante Befunde zutage traten.

Die Beschreibung der Nord-Süd verlaufenden, 4,5 m langen Steinkonstruktion aus senkrecht gesetzten Steinplatten, die beidseitig durch weitere Steine gestützt werden, die wiederum eine Art Steinbett oder Steinboden bilden und mit «rotgebrannter Tonerde zugedeckt» waren, lässt sofort an einen Röstbett-Befund denken (vgl. auch Kapitel 2.3.3, S. 65-66). Sie wurde denn auch von den Ausgräbern, H. Conrad und B. Plaz als mögliche «Erzröstanlage» angesprochen. Die Struktur war auf

einer Breite von 1,5 m erhalten, der Rest wurde wohl bereits bei Baggerarbeiten abgetragen. Die ganze Geländeterrasse war mit einer dicken Schlackenschicht bedeckt, die stellenweise über einer 40–50 cm dicken Holzkohleschicht lag. Auch in 20 m Entfernung wurde noch eine schwarze Brandschicht beobachtet. Wie bereits in Natsbach wurden auch hier zahlreiche Fragmente von Tondüsen geborgen.

Die Fundstelle liegt heute im Marmorera-See und ist für eine Neudokumentation nicht mehr zugänglich. Ob die beschriebenen Befunde nach der archäologischen Dokumentation im Rahmen der laufenden Bauarbeiten abgerissen wurden oder heute noch am Grund des Stausees schlummern, ist aus den Archivunterlagen nicht ersichtlich.

Untersuchungen

Ausgrabung (Frei, 1952)

Datierung

Prähistorisch

Dendrochronologische Datierung

Die eine untersuchte Holzkohleprobe konnte nicht dendrochronologisch nicht datiert werden.

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (selektive Beprobung: (massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen); Tondüsenfragmente

Literatur

Erb, 1953; Frei, 1953; Schaer, 2003.

Pareis I (1860)

Surses, Marmorera

2768859/1151138, 1736 m ü. M. (Schlackengruben)

2768860/1151110, 1735 m ü. M. (Holzkohlehorizont)

2768875/1151118, 1733 m ü. M. (Röstbett?)

Karte B.10, B.11

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 6; Schaer, 2003: 42

Alternative Bezeichnungen: Pareis-Clavè d'Mez (ADG); «Autoausstellplatz/Traxstörung» (Schaer, 2003; Brun, [o.J.]

Beschreibung

Im Waldgebiet Pareis, etwa 100 m über der Stauhöhe des Marmorera-Sees, befindet sich der 1979 durch E. Brun entdeckte Schmelzplatz Pareis I. Im Aushub für einen Autoausstellplatz waren zahlreiche verlagerte Schlacken- und Holzkohlekonzentrationen sowie Tondüsenfragmente zu beobachten. Im südlichen Bereich konnten die Reste einer Schlackengrube mit viel Holzkohle von 30–40 cm Mächtigkeit dokumentiert werden.

Zu Beginn der 1990er Jahre wurde bei einer neuerlichen Begehung der Fundstelle 15–20 m südwestlich der beschriebenen Schlackengrube eine halbkreisförmige

Steinkonzentration unbekannter Funktion entdeckt. Außerdem konnte ca. 15 m südlich des Ausstellplatzes im Rahmen einer kleinen Sondierung von ca. 4 m² Fläche eine weitere Schlackengrube nachgewiesen werden.

2013 präsentierte sich die Situation wiederum verändert: Circa 50 m südlich unterhalb des Ausstellplatzes war durch Straßenausbauarbeiten ein mehrere Meter breites Böschungsprofil neu aufgeschlossen worden, das einen sehr massiven Holzkohlehorizont sowie eine darüber liegende Schlackenhalde zeigte. Der Befund wird nach Norden durch einen kleinen Bachlauf begrenzt und dürfte durch die Straßenbauarbeiten bereits größtenteils zerstört worden sein. Dennoch wurde die Situation in den Folgejahren untersucht, wobei insbesondere die Mächtigkeit der Holzkohlegrube mit 0,8 m überraschende, für das Oberhalbstein bisher singuläre Dimensionen annahm. Dieser Befund bestand praktisch ausschließlich aus feuchter, kleinteiliger Holzkohle, in der sich auch verschiedentlich Rindenfragmente und andere Holzreste (Bearbeitungsabfall?) erhalten hatten.

Dass es sich bei Pareis I um eine sehr ausgedehnte, mehrteilige Fundstelle handelt, zeigen neben den mind. drei Schlackenhalden bzw. -gruben auch die zahlreichen Schlackenstreuungsfunde im östlich unterhalb angrenzenden Gelände sowie Reste einer brandgeröteten Steinstruktur (Röstbett?) und einer stark holzkohlehaltigen Kulturschicht im kürzlich verbreiterten weiteren Verlauf des kleinen Bächleins nach Osten.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen; Sondage

Datierung

Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

B-4498: 2120 ± 50 BP; 358–2 cal. BC (2-σ)

(nach Wyss (1993, S. 202): Holzkohle, genaue Herkunft unbestimmt)

Dendrochronologische Datierungen

Von 52 untersuchten Holz(kohle)proben konnten sieben dendrochronologisch datiert werden. Ihre Endjahre streuen zwischen -733 und -614 (ohne Waldkanten).

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen); Tondüsenfragmente

Literatur

Oberhänsli, et al., 2019; Rageth, 1980a; Schaer, 2003; Turck, et al., 2018b.

Pareis II (1844)

Surses, Marmorera

2768799/1151043, 1760 m ü. M.

Karte B.10, B.11

Schlackenfundstelle

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 15; Schaer, 2003: 44

Alternative Bezeichnungen: O Alp la Motta (ADG; Schaer, 2003); Weg nach Alp la Motta (Schaer, 2003); «Hüttenplatz» (Brun, [o.J.])

Beschreibung

Im Waldgebiet Pareis, westlich des Marmorera-sees, ca. 75 m südwestlich oberhalb der Fundstelle Pareis I, sollen sich in einer Geländesenke die Überreste mehrerer Ofenanlagen befinden, die durch den Forststraßenbau allerdings stark gestört wurden. Im gesamten Bereich finden sich gemäß E. Brun und A. Schaer außerdem oberflächliche Schlackenfunde.

Bei einer Begehung des beschriebenen Areal konnten die Kalkbrennöfen lokalisiert werden, Schlackenfunde wurden jedoch nur im südlich angrenzenden Gelände auf einer kleinen Hügelkuppe dokumentiert. Hinweise auf eine Schlackenkonzentration, Kulturschichten oder verhüttungstechnische Strukturen wurden im gesamten Fundstellenareal nicht festgestellt. Ob es sich bei den vereinzelt Schlackenfragmenten also um Indizien für einen naheliegenden Schmelzplatz oder verlagerte Stücke aus einem der zahlreichen umliegenden Schmelzplätze handelt, konnte nicht geklärt werden.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering. Eine prähistorische Datierung der Funde ist aber wahrscheinlich. (Eigentlich liegen aus dem Fundstellenareal von Pareis II mehr als die Mindestanzahl von 20 Schlackenfragmenten für eine typologische Datierung vor. Da die Mehrheit allerdings alte Lesefunde aus verschiedenen Fundstellenbereichen umfasst, ist die notwendige Datenqualität für eine typologische Datierung hier ausnahmsweise trotzdem nicht gegeben.)

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken der Subtypen B und C)

Literatur

Schaer, 2003.

Pareis III (18250)

Surses, Marmorera

2768499/1151534, 1835 m ü. M.

Karte B.10

Schmelzplatz

Beschreibung

Circa 15 m östlich unterhalb des Forstwegs vom Steinbruch am Stauseezufluss zur Alp Starschagns sind auf einer Fläche von ca. 8 m × 10 m verschiedentlich kleinere oberflächliche Schlackenkonzentration auszumachen.

Eine eigentliche Schlackenhalde konnte in diesem Bereich nicht identifiziert werden. Mithilfe von Sondierbohrungen im Bereich der Schlackenstreuungen konnte aber deutlich eine Schicht verbrannten Lehms (verhüttungstechnische Struktur) sowie eine Holzkohleschicht in 37–50 cm Tiefe nachgewiesen werden, was die Fundstelle als Schmelzplatz ausweist.

Weiterführende Untersuchungen wurden an diesem Fundplatz nicht vorgenommen.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen; Kellensondage

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-64001: 2546 ± 23 BP; 800–556 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1022.1: Holzkohle, Bohrprofil)

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken der Subtypen A und B)

Pareis IV (68883)

Surses, Marmorera

2768737/1151283, 1800 m ü. M.

Karte B.10, B.11

Schlackenfundstelle

Beschreibung

Westlich des Forstwegs vom Steinbruch am Stauseezufluss zur Alp Starschagns konnte M. Seifert im November 2014 ziemlich genau auf der Kote 1800 m größere Konzentrationen von Verhüttungsschlacken feststellen und beproben. Es handelt sich dabei um eine neue, zuvor unbekannte Schlackenfundstelle, die wohl einen prähistorischen Schmelzplatz anzeigen.

Weiterführende Untersuchungen wurden an diesem Fundplatz noch nicht vorgenommen; eine genauere Dokumentation sowie Hinweise auf verhüttungstechnische Strukturen liegen daher nicht vor.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Pareis V (68884)

Surses, Marmorera

2768382/1151619, 1861 m ü. M.

Karte B.10
Schmelzplatz

Beschreibung

In einer großen Kurve des Forstwegs vom Steinbruch am Stauseezufluss zur Alp Starschagns, unmittelbar südlich eines kleinen Moorgeländes in Pareis, konnte M. Seifert im November 2014 eine Konzentration von Verhüttungsschlacken feststellen und beproben. Wie neuerliche Begehungen im Frühjahr 2020 zeigten, handelt sich dabei um die Ausläufer einer Schlackenhalde, die durch die Alpstraße angeschnitten wurde. Östlich davon lassen sich oberflächlich weitere Schlackenfundstücke auf einer Fläche von mindestens 50 m² feststellen. Die Menge und Ausdehnung der Streufunde lässt hier einen neuen, zuvor unbekanntem Schmelzplatz vermuten.

Weiterführende Untersuchungen wurden an diesem Fundplatz noch nicht vorgenommen; eine genauere Dokumentation sowie Hinweise auf verhüttungstechnische Strukturen liegen daher nicht vor.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl der vorliegenden Schlackenfragmente zu gering. Eine prähistorische Datierung der Funde ist aber wahrscheinlich.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken des Subtyps B)

Parseiras I (2945)

Surses, Savognin
2764781/1161700, 1375 m ü. M.
Karte B.5
Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 50; Schaer, 2003: 20

Alternative Bezeichnungen: Parseiras/Prodval (ADG); Parseiras/Prodval, Fundstellen 1 und 2 (Schaer, 2003); Parseira (Brun, [o.J.]

Beschreibung

Der Weiler Parseiras liegt auf knapp 1350 m ü. M. südwestlich oberhalb von Savognin. Ungefähr 180 m südlich der kleinen Häusergruppe wurde 1997 im Profil eines neu angelegten Wassergrabens ein Schmelzplatz entdeckt. Im Westprofil des betreffenden Grabens waren auf einer Länge von gut 4 m archäologische Befunde aufgeschlossen: Im südlichen, oberen Teil des Profils zeigte sich ca. 50 cm unter der Oberfläche eine stark holzkohlehaltige, kohlig-brandige, rötlich-brandige Schicht von 10–20 cm Mächtigkeit und 2–2,5 m Länge. Im nördlich anschließenden, unteren Teil des Profils wurde eine 1–1,3 m lange, mind. 20 cm tiefe Grube voller Platten-

schlacken und massiver Schlacken dokumentiert (keine Schlackenkuchen!).

Bei einer neuerlichen Begehung der Fundstelle im Sommer 2015 konnten abgesehen von einem einzelnen Plattenschlackenfragment im angegebenen Fundstellenbereich auch mithilfe von Handbohrern keinerlei Befunde oder Funde lokalisiert oder dokumentiert werden. Dies dürfte an der starken Überdeckung der Befunde von mindestens einem halben Meter liegen und lässt gleichzeitig eine vergleichsweise gute Erhaltung der Funde und Befunde vermuten – vorbehaltlich der lokal begrenzten Störung durch die Bauarbeiten von 1997.

Aufgrund ihrer räumlichen Nähe zueinander und der überlappenden ¹⁴C-Datierungen ist nicht auszuschließen, dass die beiden Fundstellen Parseiras I und Parseiras II (2966) eine einzige, zusammengehörige Fundstelle darstellen.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

B-7015: 2520 ± 70 BP; 802–430 cal. BC (2-σ)
(nach Schaer (2003, S. 37): Holzkohle)

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Rageth, 1998b; Schaer, 2003.

Parseiras II (2966)

Surses, Savognin
2764701/1161690, 1385 m ü. M.
Karte B.5
Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 11, [12]; Schaer, 2003: 19

Alternative Bezeichnungen: Oberhalb Parseiras (ADG; Schaer, 2003); Parseiras-Prodval, Parseiras (Brun, [o.J.]

Beschreibung

Der Weiler Parseiras liegt auf knapp 1350 m ü. M. südwestlich oberhalb von Savognin. Ungefähr 200 m südlich der kleinen Häusergruppe, unmittelbar südlich eines kleinen, alleinstehenden Stallgebäudes liegt auf einer schmalen Geländerippe die Fundstelle Parseiras II. In der Spur eines entlang dieser Krete verlaufenden, tief eingeschnittenen Wanderwegs sind sehr zahlreiche Schlackenstreufunde unterschiedlicher Größe und unterschiedlichen Typs zu beobachten. Einzelne Schlacken streuen bis zu 150 m weit über das umliegende Wiesengelände hangabwärts. Die Fundstelle ist durch die Weg-

spur zwar bereits relativ stark überprägt, im Bereich des Hügelhöhepunkts ließ sich aber dennoch ein in situ befindlicher Überrest der bzw. einer zugehörigen Schlackenhalde dokumentieren.

In einer Kellensondage konnte unter einer humosen Schlackenschicht in 26–40 cm Tiefe eine massive schlackehaltige Holzkohleschicht gefasst werden, die direkt auf dem gelb-lehmigen bzw. gelb-sandigen, natürlich gewachsenen Boden auflag. Die ursprüngliche Ausdehnung der Halde konnte jedoch aufgrund der starken Überprägung des Geländes nicht rekonstruiert werden. Hinweise auf verhüttungstechnische Strukturen sind ebenfalls nicht vorhanden.

Aufgrund ihrer räumlichen Nähe zueinander und der überlappenden ¹⁴C-Datierungen ist nicht auszuschließen, dass die beiden Fundstellen Parseiras I (2945) und Parseiras II eine einzige, zusammengehörige Fundstelle darstellen.

Gemäß Brun ([o.J.]) wittern auch bei den Alphütten von Parseiras und ca. 50–70 m westlich davon (auf dem Weg nach Son Martegn) Schlackenfunde aus, die möglicherweise aus Parseiras II verrollt sind und bei ihm als Nr. 12 geführt werden.

Untersuchungen

Begehung; Kellensondage

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-75697: 2525 ± 21 BP; 791–550 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1043.1: Holzkohle, Sondage = ADG-87898, Jahrringe 25–30)

Dendrochronologische Datierungen

Die eine untersuchte Holzkohleprobe konnte nicht dendrochronologisch datiert werden:

ADG-87898: negativ; vgl. ETH-75697

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Analysierte Proben

4982-P (FO 18203.107.1; PS-B): PDS (36); XRD, ICP-MS (4982/15)

4983-P (FO 18203.107.2; PS-C): PDS (37); XRD, ICP-MS (4983/15); LIA (MA-174549)

4984-P (FO 18203.107.6; PS-B): PDS (38); XRD, ICP-MS (4984/15); LIA (MA-174550)

4985-P (FO 18203.107.8; SK): PDS (39); XRD, ICP-MS (4985/15); LIA (MA-174551)

4986-P (FO 18203.107.9; SK): PDS (40); XRD, ICP-MS (4986/15)

4987-P (FO 18203.107.12; SK): PDS (41); XRD, ICP-MS (4987/15)

4988-P (FO 18203.108.1; MS): PDS (42); XRD, ICP-MS (4988/15)

4989-P (FO 18203.108.2; MS): PDS (43); XRD, ICP-MS (4989/15)

Literatur

Rageth, 1992a; 1998b; Schaer, 2003.

Plang (69052)

Surses, Sur

2770102/1154476, 1985 m ü. M.

Karte B.10

Schlackenfundstelle

Beschreibung

Östlich der Fahrstraße zwischen den Weilern Tigias und Salategnas auf der Alp Flix fanden sich im Sommer 2018 auf einer kleinen Hügelterrasse Streufunde von Verhüttungsschlacken. Das betreffende Gelände ist mit Gras- und Strauchvegetation bedeckt und durch Viehtritte stark erodiert. Eine eigentliche Konzentration oder Quelle der Schlackenfunde (Fundstellenkernbereich) lässt sich aber trotz zahlreicher Bodenaufschlüsse nicht identifizieren.

Dennoch dürften die Schlackenstreufunde mit größter Wahrscheinlichkeit einen Schmelzplatz im nahen Umfeld des Fundpunktes anzeigen.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering.

Funde

Schlacken (nicht bearbeitet)

Literatur

Turck, et al., 2019c.

Plaun Grand (18132)

Madulain

2790542/1162576, 1954 m ü. M. (Schlackenhalde I)

2790561/1162590, 1954 m ü. M. (Schlackenhalde II)

Karte B.17

Schmelzplatz

Beschreibung

Im Jahr 2004 entdeckte J. Rageth in der Flur Plaun Grand, ca. 600 m nordwestlich der Burgruine Guardaval in Madulain den bisher zweiten urgeschichtlichen Schmelzplatz im Oberengadin.

Am Übergang von einem lichten Lärchenwald in hügeligem Gelände zu einem offenen Weidegebiet finden sich zahlreiche Schlackenstreufunde. Eine der beiden Schlackenhalden (Schlackenhalde I) ist in einer leichten Senke im Waldrandbereich durch einen bewuchsfreien Bereich in der Wegspur des Wanderweges sowie ihre haldenförmige Topografie gut zu erkennen. Sie misst ca. 5 m × 10 m und ist im Kernbereich gemäß einer Kellensondage mindestens 0,5 m mächtig (die Sohle wurde nicht erreicht).

Circa 15 m nordwestlich davon wird durch eine Konzentration von oberflächlichen Schlackenfundern eine weitere Halde (Schlackenhalde II) angezeigt, die mit 10 m × 15 m zwar eine größere Ausdehnung, gleichzeitig aber auch eine deutlich geringere Mächtigkeit sowie einen geringeren Schlackenanteil im Haldensediment aufweist. Sowohl westlich als auch südlich der zweiten Halde sind verschiedene Trockensteinstrukturen unbekannter Funktion und Zeitstellung sichtbar.

Das gesamte Fundstellenareal wurde 2015 durch B. Sikorski (Ruhr Universität Bochum/Deutsches Bergbau-Museum Bochum) geomagnetisch prospektiert. Die beiden vorgängig identifizierten Schlackenhalden zeichnen sich im betreffenden Magnetogramm sehr deutlich ab. Kleinere Anomalien im Bereich der Trockensteinstrukturen westlich oberhalb der zweiten Halde resp. nördlich der ersten Halde dürften zum Teil verhüttungstechnische Befunde anzeigen – bei Sondierbohrungen konnten hier verschiedentlich Reste verbrannten Lehms nachgewiesen werden.

Eine weitere, Nord-Süd verlaufende, ausgedehnte Anomalie im Süden der Fundstelle steht gemäß Bohrsondierungen nicht zwingend mit metallurgischen Aktivitäten in Zusammenhang.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen; Kellensondagen; Geomagnetik

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierungen

ETH-63997: 2485 ± 13 BP; 764–541 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1033: Holzkohle, Sondage (Schlackenhalde I))
ETH-63998: 2533 ± 23 BP; 795–550 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1034: Holzkohle, Sondage (Schlackenhalde II))

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Sikorski, 2015.

Plaz I (18260)

Surses, Bivio

2770141/1148942, 1837 m ü. M. (Schlackenhalde I)
2770125/1148952, 1837 m ü. M. (Schlackenhalde II)
2770132/1148983, 1836 m ü. M. (Schlackenkonzentr.)
2770181/1149007, 1855 m ü. M. (brandgeröteter Stein)
Karte B.11
Schmelzplatz

Beschreibung

Die Fundstelle Plaz I liegt auf einer Verebnung ca. 150 m nordöstlich oberhalb der gleichnamigen Feriensiedlung in Bivio. Das Gelände rund um den hier zentral angelegten Brunnen ist stellenweise feucht bis sumpfig. Außerhalb

dieser Zone sind im Bereich von Murmeltierbauten und Viehtritten verschiedentlich oberflächliche Schlackenkonzentrationen zu erkennen, die teils durch einen Bewuchs mit Zeigerpflanzen (Silenen) angezeigt werden. Sie konzentrieren sich hauptsächlich auf zwei Bereiche mit haldenförmiger Topografie (Schlackenhalde I und II), einige wenige Streufunde sowie ein Tondüsenfragment sind darüber hinaus in einer nördlich angrenzenden, leicht abfallenden Geländerinne (Schlackenkonzentration) festgestellt worden.

Circa 70 m nordöstlich oberhalb des zentralen Fundstellenareals wurde in einer leichten Senke unmittelbar vor einem großen, wenig überhängenden Felsblock ein größerer Stein mit deutlicher Brandrötung freigelegt, der möglicherweise Teil einer verhüttungstechnischen Struktur war. Rund um diese Senke sind sowohl im Gelände als auch im Luftbild Reste einer halbkreisförmigen Steinsetzung zu erkennen, die mit Wasserhaltung in Verbindung stehen könnte (Viehtränke/Wasserbecken?). Auch auf dem südlich angrenzenden, schmalen Geländestreifen bis zum heutigen Reservoirgebäude sind vereinzelt Schlackenfragmente zu finden. Diese könnten aber auch aus der weiter oben gelegenen Fundstelle Plaz II (18262) hierher verrollt sein.

Das gesamte Fundstellengelände wurde 2015 durch B. Sikorski (Ruhr Universität Bochum/Deutsches Bergbau-Museum Bochum) geomagnetisch prospektiert. Dabei konnten auf der unteren Geländestufe drei mit den oberflächlichen Beobachtungen korrelierende Schlackenhalden bzw. -konzentrationen sowie einige Hochtemperaturbereiche lokalisiert werden. Eine systematische Überprüfung des Magnetogramms mittels Sondierbohrungen zeigte, dass die Schlackenhalden hier eine sehr geringe Mächtigkeit von max. 20 cm aufweisen. In den nordöstlich von Schlackenhalde II lokalisierten Hochtemperaturbereichen wurden in den Bohrprofilen vermehrt verbrannter Lehm dokumentiert, der auf verhüttungstechnische Strukturen hinweist.

Im höher gelegenen Areal rund um den Felsblock wurden keine auffälligen geomagnetischen Anomalien aufgezeichnet, die mit metallurgischen Aktivitäten in Zusammenhang stehen könnten. Es ist daher fraglich, ob dieser Geländeabschnitt überhaupt zum Fundstellenareal zu zählen ist.

Die Fundstelle wurde durch A. Fasciati aus Bivio entdeckt und gemeldet.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen; Geomagnetik

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen); Tondüsenfragment

Literatur

Sikorski, 2015.

Plaz II (18262)

Surses, Bivio
2770269/1149022, 1890 m ü. M.
Karte B.11
Schmelzplatz

Beschreibung

Die Fundstelle Plaz II liegt ungefähr 150 m nordöstlich oberhalb des Schmelzplatzes Plaz I (18260), am westlichen Rand einer Verebnung. Hier ist deutlich eine haldenförmige, kompakte, nur partiell mit Vegetation bedeckte Schlackendeponie zu erkennen. Die nicht überdeckten Bereiche der Halde sind stellenweise mit Pionier- resp. Zeigerpflanzen bewachsen und im zentralen Haldenbereich haben Murmeltiere einen Bau angelegt, der den Blick in die mächtige Schlackenhalde öffnet. Weitere Schlackenkonzentrationen oder Hinweise auf verhüttungstechnische Strukturen konnten im kaum überprägten Wiesengelände nicht detektiert werden.

Der Haldenbereich sowie das nordöstlich angrenzenden Gelände wurden 2015 durch B. Sikorski (Ruhr Universität Bochum/Deutsches Bergbau-Museum Bochum) geomagnetisch prospektiert. Im Magnetogramm sind neben der sehr gut sichtbaren, markanten Haldenstruktur von ca. 10 m Durchmesser auch noch eine ganze Reihe kleinerer, halbkreisförmig angeordneter Anomalien östlich oberhalb der Halde zu erkennen. Die Lage, Größe, Form und Anordnung der Anomalien lässt mit einiger Wahrscheinlichkeit auf verhüttungstechnische Strukturen wie Öfen und/oder Röstbette schließen. Diese Vermutung konnte 2016 mithilfe systematischer Bohrsondagen überprüft und bestätigt werden. In mehreren dieser Anomalien wurden Schichten verbrannten Lehms dokumentiert. Außerdem konnte die maximale Mächtigkeit der Schlackenhalde von mindestens 70 cm ermittelt werden (für Angaben zur Haldentonnage und daraus abgeleitete Rückschlüsse auf das Produktionsvolumen vgl. Kapitel 2.3.3, S. 76-78).

Den bisherigen Untersuchungen zufolge scheint es sich bei dieser Fundstelle um eine kaum gestörte, archäologisch äußerst vielversprechende Fundstelle zu handeln.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen; Kellensondage; Geomagnetik

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierungen

ETH-63986: 2615 ± 19 BP; 815–787 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1012.1: Holzkohle, Kellensondage (Schlackenhalde))
ETH-63987: 2600 ± 27 BP; 815–769 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1012.2: Holzkohle, Kellensondage (Schlackenhalde))

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Sikorski, 2015.

Pra Miez (18254)

Surses, Marmorera
2767534/1152682, 1915 m ü. M.
Karte B.9, B.10
Schmelzplatz

Beschreibung

Die Fundstelle Pra Miez liegt in der gleichnamigen Alp westlich oberhalb der Marmorera-See-Staumauer auf über 1900 m ü. M. Ungefähr 10 bzw. 50 m südwestlich des Alpgebäudes sind unmittelbar am Wanderwegverlauf zwei durch einen Murmeltierbau aufgeschlossene Schlackenkonzentrationen zu beobachten. Wenig südwestlich davon bildet ein großer Felsblock ein Felsdach von ca. 2 m × 6 m Fläche. Unter diesem Abri wurden ebenfalls einige wenige Schlackenfragmente geborgen, die möglicherweise hierher verlagert wurden. Der Kernbereich der Fundstelle dürfte sich irgendwo im Umfeld der beiden Schlackenkonzentrationen finden, konnte aber trotz ausgedehnter Sondierbohrungen nicht ermittelt werden. Die Fundstelle ist aufgrund ihrer räumlichen Nähe zum prähistorischen Abbaugelände Cotschens (1890), das unmittelbar südlich oberhalb dieses Alpkesels liegt, von besonderem Interesse.

Es ist nicht auszuschließen, dass sich in diesem Alpgebiet auch noch Reste weiterer Schmelzplätze finden.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-63994: 2565 ± 16 BP; 800–768 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1021.1: Holzkohle, Lesefund Schlackenhalde)

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Preda (18259)

Surses, Bivio
2769111/1150240, 1712 m ü. M.
Karte B.11
Schmelzplatz

Beschreibung

Die Fundstelle Preda liegt im Bereich einer Autogarage im Gebiet Stalveder zwischen dem Marmorera-see und dem Ortskern von Bivio, wenige Meter südlich des Bachbettes der Eva da sur Ragn. Im Randbereich einer großen, asphaltierten Parkplatzfläche ist eine kompakte Schlackenhalde partiell aufgeschlossen. Sie wurde wohl beim Bau des Parkplatzes angeschnitten und teilweise abgetragen.

Das Fundstellenareal wurde im Sommer 2014 durch M. Staudt (Universität Innsbruck) geomagnetisch prospektiert. Das Magnetogramm bestätigte den oberflächlichen Befund: Ein Großteil der Halde, die ursprünglich wohl einen Durchmesser von ca. 10 m aufgewiesen hatte, liegt bzw. lag im Bereich des asphaltierten Stellplatzes und dürfte größtenteils bereits zerstört worden sein.

Weitere, wenig südwestlich der Halde im Wiesenge-lände lokalisierte Anomalien stehen vermutlich eher mit modernen Störungen (Zaun, Garten) als mit verhüttungs-technischen Strukturen in Zusammenhang.

Untersuchungen

Begehung; Geomagnetik

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-63984: 2567 ± 27 BP; 806–570 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1006.1: Holzkohle, Sondage)

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken der Subtypen A und B)

Pro Davains I (69049)

Surses, Sur
2770033/1153828, 2036 m ü. M.
Karte B.10
Schmelzplatz

Beschreibung

In der Wegspur des Fußweges vom Weiler Salategnas auf der Alp Flix zum Kanonensattel ist, ca. 300 m südöstlich von Salategnas, eine Schlackenhalde aufgeschlossen. Diese Fundstelle wurde bei Gelände-prospektionen im Sommer 2018 entdeckt und gleichen Jahres im Rahmen einer Sondiergrabung (1,5 m × 1,5 m) untersucht. Die Halde setzt sich hauptsächlich aus großen Fragmenten massiver Schlacken sowie einigen Plattenschlacken zusammen. Die bei vergleichbaren Haldenbefunden andernorts nahezu regelhaft beobachtete massive Holzkohleschicht an der Haldensole konnte hier allerdings nicht nachgewiesen werden. Eine im Haldenbereich freigelegte Steinstruktur stellt möglicherweise Reste einer verhüttungstechnischen Installation dar (Röstbett oder Schmelzofen).

Diese Fundstelle wurde – zusammen mit der 120 m nordöstlich davon liegenden Fundstelle Pro Davains II (69050) – bei Geländebegehungen im Juli 2018 entdeckt.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen; Sondage

Datierung

Spätbronzezeit/(Ältere Eisenzeit)

¹⁴C-Datierungen

ETH-93946: 2753 ± 32 BP; 978–824 cal. BC (2-σ)
(FK 68455.47: Holzkohle, Bohrprofil)

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (nicht bearbeitet)

Literatur

Turck, et al., 2019c.

Pro Davains II (69050)

Surses, Sur
2770143/1153886, 2057 m ü. M.
Karte B.10
Schmelzplatz

Beschreibung

Im Süden der Alp Flix, ungefähr 50 m westlich der Ava da Savriez (auch Ava dallas Tigias) lässt sich im sanft nach Nordosten abfallenden Gelände oberflächlich eine Schlackenhalde mit einer Ausdehnung von ca. 8 m × 9 m feststellen. Ungefähr 15 m nordöstlich davon konnten auf einem Areal von ca. 10 m × 20 m weitere Schlacken-konzentrationen mit einem auffallend hohen Anteil an dünnen Plattenschlacken dokumentiert werden. Es dürfte sich hierbei also um einen weiteren Schmelzplatz handeln, wie er auch in ca. 120 m südwestlicher Entfernung bekannt ist (Pro Davains I, 69049). Diese Fundstelle wurde bei Geländebegehungen im Juli 2018 entdeckt.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-93947: 2516 ± 22 BP; 789–546 cal. BC (2-σ)
(FK 68457.4: Holzkohle, Bohrprofil)

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (nicht bearbeitet)

Literatur

Turck, et al., 2019c.

Pro Davos (69051)

Surses, Sur
2769748/1154094, 1980 m ü. M.
Karte B.10
Schlackenfundstelle

Beschreibung

In einer landwirtschaftlichen Fahrspur vom Weiler Salategnas auf das Wiesengelände Pro Davos auf der Alp Flix wurden bei Prospektionsarbeiten 2018 einige Schlackenstreu funde sowie Zeigerpflanzenbewuchs dokumentiert. Eine eigentliche Fundkonzentration, eine zugehörige Kulturschicht oder Hinweise auf verhüttungstechnische Befunde konnten auch mithilfe einer Bohrsondierung im näheren Umfeld des Fundpunktes nicht festgestellt werden.

Dennoch dürften die Schlackenstreu funde mit größter Wahrscheinlichkeit einen Schmelzplatz im nahen Umfeld des Fundpunktes anzeigen.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl an Schlackenfragmenten zu gering.

Funde

Schlacken (nicht bearbeitet)

Literatur

Turck, et al., 2019c.

Purgira (68466)

Albula, Stierva
2760976/1170127, 1359 m ü. M.
Karte B.2
Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 48; Schaer, 2003: 1
Alternative Bezeichnungen: Schulhaus/Turnhalle (ADG);
Schulanlage Purgira (Schaer, 2003)

Beschreibung

1997 wurde im Dorfkern von Stierva das Schulsportgelände um einen Geräteraum erweitert. In dessen Baugrube kamen zwei Skelette zum Vorschein, die durch den Archäologischen Dienst Graubünden dokumentiert und geborgen wurden.

In derselben Baugrube zeichnete sich in über 2 m Tiefe insbesondere im Westprofil eine dünne, rötlich-brandige Lehmschicht mit Holzkohlen und Schlacken ab, die stratigraphisch älter datiert als die beiden Bestattungen. Einzelne, durch den Grabaushub und anderweitige Bodeneingriffe verlagerte Schlackenfragmente wurden auch in verschiedenen darüber liegenden Schichten dokumentiert.

Hier dürfte – sowohl im Rahmen der späteren Bestattungen als auch der rezenten Bauarbeiten – der

Randbereich eines Schmelzplatzes (Kupferverhüttung) tangiert worden sein. Das eigentliche Fundstellenareal wäre am ehesten im westlich oberhalb angrenzenden Gelände zu erwarten. Auf der betreffenden Verdachtsfläche befindet sich heute ein Spielplatz sowie das eigentliche Schulgebäude.

Bei einer neuerlichen Begehung im Sommer 2015 konnte hier nur noch ein einzelner Schlackenstreu fund dokumentiert werden.

Untersuchungen

Begehung; Baubegleitung (ADG, 1997)

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering.

Funde

Schlacke (Plattenschlacke des Subtyps B); bei der baubegleitenden Erstdokumentation der Fundstelle wurden keine Schlackenfund e geborgen.

Literatur

Seifert, 1997; Schaer, 2003.

Radons (18255)

Surses, Bivio
2769477/1148497, 1865 m ü. M.
Karte B.11
Schmelzplatz

Beschreibung

Die Fundstelle Radons liegt auf der gleichnamigen Ver ebnung nordwestlich oberhalb der Eva della Valletta, ungefähr 450 m südwestlich des Ortskerns von Bivio.

In offenem Weidegelände wird durch oberflächlich aufgeschlossene Schlackenkonzentrationen der Kernbereich einer Schlackenhalde von mindestens 4 m Durchmesser angezeigt. Gemäß Bohrsondierungen im Haldenbereich handelt es sich dabei um einen in situ erhaltenen, jedoch oberflächlich überprägten Haldenbefund. Einzelne, vermutlich verrollte Schlackenfund e streuen in einem Radius von über 20 m rund um diesen Fundpunkt. Hinweise auf verhüttungstechnische Strukturen oder weitere Befunde sind nicht gegeben.

Es handelt sich um den bisher ersten und einzigen bekannten Schmelzplatz in der Valetta da Beiva, die Bivio über die Fuorcla da la Valetta (2585 m ü. M.) mit dem westlich angrenzenden Avers verbindet.

Diese Fundstelle wurde durch D. Pedrett aus Andeer entdeckt und gemeldet.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Platenschlacken der Subtypen A und B)

Recta Davains I (68867)

Surses, Sur

2768254/1154051, 1588 m ü. M. (Schlackenkonzentr. I)

2768273/1154037, 1591 m ü. M. (Schlackenkonzentr. II)

2768273/1154006, 1595 m ü. M. (verhüttungstechnische Struktur)

Karte B.10

Schmelzplatz

Beschreibung

Die Flur Recta Davains liegt ungefähr 600 m südlich des Ortskerns von Sur, unmittelbar östlich der Julierpassstraße. Am südlichen Rand des offenen, nach Westen abfallenden Wiesengeländes sind an mindestens zwei Stellen durch Viehtritte oberflächlich aufgeschlossene Schlackenkonzentrationen mit einer maximalen Ausdehnung von bis zu 20 m zu beobachten. Es scheint sich dabei entweder um die Überreste mindestens zwei kleinerer, sehr nahe beieinander liegender oder eines etwas größeren, mehrteiligen Schmelzplatzes zu handeln. An der höchsten Stelle, nur wenige Meter nördlich des Waldrandes, fanden sich bei Geländebegehungen im Sommer 2018 außerdem oberflächlich partiell sichtbare, brandgerötete Steine, die zu einem Röstbett oder einem Schmelzofen gehören dürften. Weiterführende Untersuchungen haben an dieser Fundstelle noch nicht stattgefunden.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierungen

ETH-93941: 2470 ± 22 BP; 766–486 cal. BC (2-σ)

(FK 68455.21: Holzkohle, Bohrprofil)

ETH-93942: 2549 ± 23 BP; 801–556 cal. BC (2-σ)

(FK 68455.25: Holzkohle, Bohrprofil)

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering.

Funde

Schlacken (nicht bearbeitet)

Literatur

Turck, et al., 2019c.

Recta Davains II (68868)

Surses, Sur

2768340/1154107, 1613 m ü. M.

Karte B.10

Schmelzplatz

Beschreibung

Die Flur Recta Davains liegt ungefähr 600 m südlich des Ortskerns von Sur, unmittelbar östlich der Julierpassstraße. Am nordöstlichen Rand dieses offenen, nach Westen abfallenden Wiesengeländes sind partiell offen liegende Funde und Befunde eines Schmelzplatzes zu erkennen.

Das Fundstellenareal lässt sich Geländebegehungen vom Sommer 2018 zufolge in mindestens zwei Bereiche unterteilen, wovon der erste vorwiegend Erzfund und der zweite Schlacken, eine Holzkohleschicht sowie Teile einer brandgeröteten Steinsetzung – Reste einer verhüttungstechnischen Struktur – aufweist. In letzterem Bereich wurde außerdem ein Tondüsenfragment mit Kammstrichverzierung geborgen.

Weiterführende Untersuchungen haben an dieser Fundstelle noch nicht stattgefunden.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen

Datierung

Jüngere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-93943: 2091 ± 22 BP; 176–48 cal. BC (2-σ)

(FK 68455.33: Holzkohle, Bohrprofil)

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering.

Funde

Schlacken (nicht bearbeitet); Tondüsenfragment

Literatur

Turck, et al., 2019c.

Scalotta I (1842)

Surses, Marmorera

2767968/1153672, 1590 m ü. M.

Karte B.10

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 22; Schaer, 2003: 30, 32

Alternative Bezeichnungen: N Staudamm (ADG); Neue Häuser unterhalb Staudamm (ADG); Fora Vea (ADG); Scalotta (ADG, Grabung 1974); N Staudamm/Scalotta (Grabung 1974); Fora Vea 1996/1998 (Schaer, 2003); Scalottas (Brun, [o.J.]); 1893 (ADG)

Beschreibung

Beim Bau eines Kanalisationsgrabens in der Flur Scalotta, nördlich unterhalb der Staumauer des Marmorerasees, wurde 1974 ein Schmelzplatz entdeckt. Nur knapp unter der Grasnarbe dokumentierte J. Rageth vom Archäologischen Dienst Graubünden im Südprofil des Grabens eine ca. 50–70 cm tiefe, 2–3 m breite Grube, die zwei dunkle, kohlige, vollständig mit «massiven, schweren Eisenschlackenplättchen» angefüllte Schichten sowie einige Tondüsenfragmente enthielt. Eine weitere, westlich da-

von liegende Grube wurde durch die Bauarbeiten nur partiell tangiert und nicht detaillierter dokumentiert. In der Baugrube eines neuen Wohnhauses wurden 1997 unmittelbar südöstlich an diese Befunde anschließend wiederum ein Ausschnitt dieses Verhüttungsplatzes dokumentiert. Die angeschnittene Schlackenhalde setzte sich aus einer max. 12 cm mächtigen Holzkohleschicht an der Sohle und einer darüber liegenden, ca. 20 cm mächtigen Schlackenschicht zusammen.

Dieselbe Fundstelle wurde im Rahmen neuerlicher Bauarbeiten 2014 noch einmal untersucht, diesmal nördlich resp. nordöstlich an die bisherigen Untersuchungsflächen angrenzend. Dabei wurde eine ca. 60 cm tiefe, stark holzkohlehaltige Grube dokumentiert, die auch Linsen gebrannten Lehms (Ofenlehm?) enthielt und vermutlich der 1974 beschriebenen Grube entspricht. Im östlichen Bereich der untersuchten Fläche konnte schließlich eine massive, 60 cm mächtige und mindestens 15,6 m breite Schlackenhalde freigelegt werden, die auf einer maximal 12 cm dicken Holzkohleschicht auflag. Es dürfte sich dabei um den Kernbereich der 1997 wohl nur randlich erfassten Schlackenhalde handeln. Im Rahmen dieser einwöchigen Untersuchung wurden auch eine Unterlagsplatte und einige Tondüsenfragmente geborgen. Weitere Befunde oder Hinweise auf verhüttungstechnische Strukturen wurden nicht festgestellt.

Im Herbst 2015 wurde das Gelände östlich und westlich der bisherigen Fundfläche durch B. Sikorski (Ruhr Universität Bochum/Deutsches Bergbau-Museum Bochum) im Straßenbereich geomagnetisch prospektiert. Während das ebene Wiesengelände im Osten außer rezenten Störungen (Leitungen) keinerlei Auffälligkeiten zeigte, sind im ansteigenden, leicht hügelartigen Areal westlich des Gruben-/Haldenbefundes punktuell Anomalien vorhanden, die mit Verhüttungsaktivitäten in Verbindung stehen könnten.

Aufgrund ihrer räumlichen Nähe zueinander ist nicht auszuschließen, dass die Fundstelle Scalotta I mit der westlich der Julia gelegenen Fundstelle Scalotta II (1872) in Zusammenhang steht.

Als gesichert kann hingegen gelten, dass die bei unterschiedlichen Gelegenheiten dokumentierten Befunde östlich der Julia – die im Archiv des Archäologischen Dienstes Graubünden sowie bei Schaer (2003) zwei verschiedenen Fundstellen zugeordnet wurden – zu ein und demselben Schmelzplatz gehören. Im vorliegenden Inventar wurden diese beiden Einträge daher auf der Grundlage der neuesten Untersuchungsergebnisse zu einer einzigen Fundstelle zusammengeführt.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen; Geomagnetik; Baubegleitung (ADG, 1974/1997/2014)

Datierung

Ältere Eisenzeit; Römerzeit

¹⁴C-Datierungen

ETH-75698: 1780 ± 22 BP; 141–333 cal. AD (2-σ)

(FK 18191.25.1: Holzkohle, Baubegleitung = ADG-87903, Jahrringe 70–80 (wiggle-matching, vgl. ETH-85520))

ETH-85520: 1775 ± 24 BP; 143–336 cal. AD (2-σ)

(FK 18191.251: Holzkohle, Baubegleitung = ADG-87903, Jahrringe 1–10 (wiggle-matching, vgl. ETH-75698))

Anmerkung: zur Einordnung der beiden römerzeitlichen Datierungen vgl. Kapitel 2.3.4, S. 93.

ETH-85521: 2543 ± 24 BP; 799–553 cal. BC (2-σ)

(FK 18191.7.100: Holzkohle (an Schlacke anhaftend), Baubegleitung)

Dendrochronologische Datierungen

Von 17 untersuchten Holzkohleproben konnten zwei dendrochronologisch datiert werden:

ADG-87903: 393 (a-Datierung, ohne Waldkante); vgl. wiggle-matching ETH-75698

Anmerkung: Diese a-Datierung wurde durch K. Nicolussi (Universität Innsbruck) auf der Grundlage seiner Standardkurve «Eastern Alpine Conifer Chronology» bestätigt. Die Abweichung der beiden ¹⁴C-Datierungen (wiggle-matching) konnten bisher nicht abschließend geklärt werden (vgl. dazu Oberhänsli, et al., 2019, S. 259, Note 2).

ADG-87912: 392 (a-Datierung, ohne Waldkante); vgl. wiggle-matching ETH-86920

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen); Tondüsenfragmente; Unterlagsplatte

Analysierte Proben

4960-S (FO 18191.5.2; PS-A): PDS (13); XRD, ICP-MS (4960/15)

4961-S (FO 18191.10.2; MS): PDS (14); XRD, ICP-MS (4961/15)

4962-S (FO 18191.13.1; MS): PDS (15); XRD, ICP-MS (4962/15)

4963-S (FO 18191.16.5; SK): PDS (16); XRD, ICP-MS (4963/15)

4964-S (FO 18191.17.2; PS-A): PDS (17); XRD, ICP-MS (4964/15); LIA (MA-174540)

4965-S (FO 18191.17.5; MS): PDS (18, 19); XRD, ICP-MS (4965/15); LIA (MA-174541)

4966-S (FO 18191.19.1; PS-C): PDS (20); XRD, ICP-MS (4966/15); LIA (MA-174542)

Literatur

Oberhänsli, et al., 2019; Rageth, 1976a; 1997a; Schaer, 2003; Sikorski, 2015; Walser, et al., 2015.

Scalotta II (1872)

Surses, Marmorera

2767885/1153645, 1587 m ü. M.

Karte B.10

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 39; Schaer, 2003: 31, 33

Alternative Bezeichnungen: Scalotta, Grabung 1987 (ADG, Schaer, 2003); (Schaer, 2003); Scalotta/ARA 1997/98 (Schaer, 2003); Scalottas (Brun, [o.J.]

Beschreibung

Bei Grabenbauarbeiten im Umfeld der ARA (Abwasserreinigungsanlage) in der Flur Scalotta, nördlich unterhalb der Staumauer des Marmorerasees, wurde 1987 ein zweiter Schmelzplatz (vgl. auch Scalotta I, 1842) entdeckt.

Unmittelbar westlich der Julia zeigte sich im Nordprofil eines Grabens in ca. 1,4 m Tiefe eine bis zu 30 cm mächtige schwarz-kohlige Brandschicht, die partiell auch rötlich verbrannte Schichtpartien sowie einzelne Schlackenfragmente enthielt. In einem weiteren Profil (Westprofil) wurde eine Schlackenhalde von maximal 40 cm Mächtigkeit beobachtet, die über einer stark holzkohlehaltigen Brandschicht lag.

Bei neuerlichen Bauarbeiten in diesem Bereich wurde 1997 wiederum in einem Westprofil ein vergleichbarer Befund dokumentiert, bei dem es sich um dieselbe Schlackenhalde handeln dürfte.

Abgesehen von vereinzelt Schlackenstrefunden ist die Fundstelle heute im Gelände nicht mehr erkennbar; sie dürfte durch die zahlreichen Straßen-, Graben- und Gebäudebauarbeiten rund um die ARA sowie durch Uferübertretungen der Julia relativ stark überprägt sein. Ausgedehnte in situ erhaltene Befunde sind eher nicht zu erwarten.

Aufgrund ihrer räumlichen Nähe zueinander ist nicht auszuschließen, dass die Fundstelle Scalotta II mit der östlich der Julia gelegenen Fundstelle Scalotta I (1842) in Zusammenhang steht.

Untersuchungen

Begehung; Baubegleitung

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Rageth, 1988; Schaer, 2003.

Schmelzofen bei Mon (2104)

Albula, Mon

2762761/1168780, 1222 m ü. M. (provisorische Lokalisierung: Kirche Mon)

2764071/1166588, 1099 m ü. M. (alternative Lokalisierung: Flecs, 2833)

2762263/1168411, 1367 m ü. M. (alternative Lokalisierung: Flur Crest'Ota)

Karte B.2, B.4

Schlackenfundstelle

Konkordanz

Schaer, 2003: 3

Beschreibung

Im frühen 20. Jahrhundert wurde im Bereich des «ehemaligen Schmelzofen bei Mon» ein einzelnes Fragment einer Plattenschlacke gefunden. Aus der Privatsammlung B. Mezger ist dieses Stück via H. Krähenbühl und E. Brun zum Archäologischen Dienst Graubünden gelangt. Genauere Angaben zur Herkunft des Fundes und zum Ofenbefund sind nicht überliefert. H. Krähenbühl vermutete den Fundort im Bereich der neuzeitlichen Schmelze Flecs (2833), E. Brun in der Flur Mont-Crest'Ota, Rageth hält beide Lokalisierungsvorschläge für unwahrscheinlich.

Auf der gegebenen Datengrundlage ist diese Frage nicht abschließend zu klären. Es kann auf jeden Fall nicht ausgeschlossen werden, dass es sich hierbei um einen Hinweis auf eine weitere, bisher unbekannt Fundstelle (Verhüttungsplatz?) handelt.

Als provisorische Lokalisierung der Fundstelle wurden die Koordinaten der Kirche von Mon gewählt.

Untersuchungen

Keine

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering.

Funde

Schlacke (Plattenschlacke des Subtyps B)

Skilift (18270)

Avers, Juppa

2761935/1146503, 2007 m ü. M. (Schlackenhalde I)

2761936/1146550, 1994 m ü. M. (Schlackenhalde II)

Karte B.14

Schmelzplatz

Beschreibung

Die Fundstelle befindet sich am nordöstlichen Fuße des Tscheischorns, im untersten Bereich einer Skipiste. Sie setzt sich aus mindestens zwei Befundarealen zusammen: Circa 50 m südlich der Talstation des Skilifts ist auf einer Fläche von ca. 3 m × 3 m deutlich eine Schlackenhalde (Schlackenhalde II) zu erkennen, die nur mit wenig Pioniervegetation (Moose, Silenen, Flechten) bewachsen ist. Die Halde besteht gemäß oberflächlicher Beurteilung praktisch ausschließlich aus dünnen Plattenschlacken. Es scheint sich hier um einen in situ Befund zu handeln. Die zugehörigen verhüttungstechnischen Strukturen sind aus topografischen Gründen am ehesten südwestlich dieser kleinen Verebnung zu vermuten.

Eine weitere Schlackenkonzentration resp. Schlackenhalde (Schlackenhalde I) findet sich ungefähr 40 m südlich oberhalb dieser Stelle: Durch ein kleines Rinnsal ist hier eine bis zu 50 cm mächtige Schlackenschicht aufgeschlossen. Die Schlacken weisen im Gegensatz zu denjenigen aus der unteren Halde sehr zahlreiche Kup-

fersekundärminerale auf. Im Bereich dieses Aufschlusses konnte außerdem ein Stein mit Hitzespuren sowie ein Fragment technischer Keramik identifiziert werden. Diese scheinen im instabilen Gelände zusammen mit dem Schlackenmaterial abgerutscht zu sein (Skipiste, Viehtritte, Feuchtigkeit). Auf der Vererbung oberhalb dieser Stellen finden sich keine weiteren Funde oder Hinweise auf verhüttungstechnische Befunde. Einzelne, verrollte Schlackenfragmente sind jedoch im ganzen darunterliegenden Wiesengelände bis hin zur Talstation zu beobachten.

Diese Fundstelle wurde durch D. Pedrett aus Andeer entdeckt und gemeldet.

Untersuchungen

Begehung; Kellensondage

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-63991: 2579 ± 16 BP; 802–772 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1063.1: Holzkohle, Sondage (Schlackenhalde I))

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen); Tondüsenfragment

Literatur

Turck, et al., 2017b.

Son Martegn (2943)

Surses, Savognin

2765199/1162123, 1248 m ü. M.

Karte B.5

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 13; Schaer, 2003: 22

Alternative Bezeichnung: 250m südlich Son Martegn (Schaer, 2003, Brun, [o.J.])

Beschreibung

Gut 250 m südöstlich der Kirche Son Martegn in Savognin wurde 1980 beim Bau einer Pipeline eine massive Schlackenhalde entdeckt. Die Schlackenhalde wurde auf einer Länge von 4–5 m geschnitten und erstreckte sich über die gesamte Tiefe des Grabens von 1 m. Mit über einem Meter weist dieser Befund eine vergleichsweise große Mächtigkeit auf.

Die Fundstelle wurde 2015 erneut begangen: Im Gelände nordöstlich unterhalb des Fundpunktes konnten in einem Radius von ca. 15–20 m zahlreiche Schlackenstreufrunde entdeckt werden, die die Lage der Halde durch ihre halbkreisförmige Verteilung klar anzeigen. Im Bereich der eigentlichen Schlackenhalde waren etwas zahlreichere Schlackenfrunde zu beobachten, eigentlich offenliegende Partien wurden jedoch nicht festgestellt.

Eine Kellensondage im Kernbereich der Halde bestätigte den Befund von 1980. In 0–30 cm und in 60–72 cm Tiefe wurde eine humose Schlackenschicht dokumentiert, dazwischen (30–60 cm) massives Haldenmaterial mit Holzkohleflittern. Ab 72 cm Tiefe bestand das Material aus dem anstehenden C-Horizont.

Mittels geomagnetischer Messungen durch B. Sikorski (Ruhr Universität Bochum/Deutsches Bergbau-Museum Bochum) konnte außerdem die Ausdehnung der Halde von ca. 14 m × 7 m ermittelt werden. Da nur wenige Meter südwestlich oberhalb der Halde eine oberirdische Telefonleitung verläuft, ist das Magnetogramm in diesem, für die Lokalisierung von verhüttungstechnischen Strukturen besonders vielversprechenden Geländeausschnitt stark gestört. Ein klar erkennbarer Hochtemperaturbereich zeichnet sich lediglich in ca. 40 m Entfernung zur Halde ab.

Untersuchungen

Begehung; Kellensondage; Geomagnetik; Baubegleitung (ADG, 1980)

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

B-4012: 2480 ± 90 BP; 795–406 cal. BC (2-σ)
(nach Wyss (1993, S. 202): [Holzkohle])

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen); Tondüsenfragment

Analysierte Proben

4975-SM (FO 18203.104.3; PS-B); PDS (29); XRD, ICP-MS (4975/15); LIA (MA-174546)

4976-SM (FO 18203.105.3; SK); PDS (30); XRD, ICP-MS (4976/15); LIA (MA-174547)

4977-SM (FO 18203.105.6; PS-C); PDS (31); XRD, ICP-MS (4977/15); LIA (MA-174548)

4978-SM (FO 18203.105.11; PS-B); PDS (32); XRD, ICP-MS (4978/15)

4979-SM (FO 18203.105.16; SK); PDS (33); XRD, ICP-MS (4979/15)

4980-SM (FO 18203.105.17; SK(MS)); PDS (34); XRD, ICP-MS (4980/15)

4981-SM (FO 18203.105.19; SK); PDS (35); XRD, ICP-MS (4981/15)

Literatur

Geiger, 1984; Fasnacht, 1991; Rageth, 1992a; Schaer, 2003; Sikorski, 2015; Wyss, 1993.

Sot al Crap (18273)

Surses, Bivio

2769132/1149871, 1765 m ü. M.

Karte B.11

Schmelzplatz

Beschreibung

Am nördlichen Fuße des Crap da Radons liegt im Bereich einer kleinen Strauch- und Baumgruppe die Fundstelle Sot al Crap. Sie besteht im Wesentlichen aus einer ausgedehnten Schlackenhalde, die durch Viehtritte auf einer Fläche von ca. 18 m × 25 m an mehreren Stellen aufgeschlossen und teilweise auch stark verlagert wurde. Die Halde setzt sich fast ausschließlich aus Schlackenfragmenten zusammen – enthält also kaum humoses Sediment – und weist selbst im Randbereich noch eine Mächtigkeit von 10 cm auf. Hinweise auf verhüttungstechnische Befunde konnten im gesamten Fundstellenareal nicht identifiziert werden, am ehesten wären sie jedoch im Bereich einer kleinen Verebnung südwestlich oberhalb der Schlackenhalde zu erwarten.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-63989: 2513 ± 27 BP; 791–541 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1015: Holzkohle, Sondage (Schlackenhalde))

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen); Tondüsenfragment

Spliatsch I (68859)

Surses, Sur

2768038/1154145, 1558 m ü. M.

Karte B.10

Schlackenfundstelle

Beschreibung

Die Flur Spliatsch rund um die gleichnamige Burgruine liegt südwestlich des Ortes Sur, unmittelbar westlich der Julierpassstraße. Nordöstlich der Burgruine, am Ausläufer des Nordost-Südwest verlaufenden Burghügels finden sich verschiedentlich oberflächliche Schlackenfundde sowie mindestens eine Schlackenhalde anzeigende, oberflächliche Fundkonzentrationen. Eine Bohrsondierung erbrachte hier außerdem Holzkohleflitter in 35–48 cm Tiefe sowie gebrannte Steinchen in 28–30 cm Tiefe, die auf verhüttungstechnische Strukturen hinweisen dürften. Teile der Fundstelle scheinen im leicht bis stark nach Süden abfallenden Gelände sekundär verlagert worden zu sein.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen

Datierung

Unbestimmt/Neuzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-93938: 258 ± 22 BP; 1526–1799 cal. AD (2-σ)
(FK 68455.20: Holzkohle, Bohrprofil)

Anmerkung: Diese neuzeitliche Datierung dürfte mit einiger Wahrscheinlichkeit weniger die Schlackenfundstelle selbst als vielmehr eine spätere Aktivität bzw. Nutzung im Bereich der Burg(ruine) anzeigen, zumal kein stratigraphischer Zusammenhang zwischen der Holzkohle und den Schlackenfunden belegt ist.

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering.

Funde

Schlacken (nicht bearbeitet)

Literatur

Turck, et al., 2019c.

Spliatsch II (68863)

Surses, Sur

2768085/1154011, 1560 m ü. M.

Karte B.10

Schlackenfundstelle

Beschreibung

Die Flur Spliatsch rund um die gleichnamige Burgruine liegt südwestlich des Ortes Sur, unmittelbar westlich der Julierpassstraße. In einer leichten Geländesenke zwischen dem Burghügel und der Straße wurde bei Geländebegehungen im Sommer 2018 eine kleine, ca. 3 m × 3 m messende, hügelartige Erhebung entdeckt. Die in diesem Bereich oberflächlich dokumentierten Schlackenkonzentrationen lassen hier eine Schlackenhalde bzw. einen Schmelzplatz vermuten.

Weiterführende Untersuchungen haben an dieser Fundstelle noch nicht stattgefunden.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering.

Funde

Schlacken (nicht bearbeitet)

Literatur

Turck, et al., 2019c.

Spliatsch III (68864)

Surses, Sur

2768107/1154063, 1564 m ü. M.

Karte B.10

Schlackenfundstelle

Beschreibung

Die Flur Spliatsch rund um die gleichnamige Burgruine liegt südwestlich des Ortes Sur, unmittelbar westlich der Julierpassstraße. Entlang der westlichen Straßenböschung finden sich hier immer wieder einzelne Schla-

ckenfragmente, die von einem nahegelegenen Schmelzplatz verlagert wurden. Ob es sich dabei um einen der bekannten Plätze in Spliatsch (Spliatsch I (68859), II (68863), IV (68865) und V (68866)) oder Recta Davains (Recta Davains I (68867) und II (68868)) handelt oder um eine weitere, bisher nicht lokalisierte Fundstelle (z.B. im heutigen Straßenbereich) konnte noch nicht abschließend geklärt werden.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering.

Funde

Schlacken (nicht bearbeitet)

Literatur

Turck, et al., 2019c.

Spliatsch IV (68865)

Surses, Sur

2767865/1153930, 1556 m ü. M.

Karte B.10

Schlackenfundstelle

Beschreibung

Die Flur Spliatsch rund um die gleichnamige Burgruine liegt südwestlich des Ortes Sur, unmittelbar westlich der Julierpassstraße. Ungefähr 150 m südwestlich unterhalb der Burgruine, unmittelbar östlich des Laufs der Julia, sind auf einer Fläche von ca. 6 m × 20 m an mehreren Stellen oberflächliche Schlackenkonzentrationen sichtbar. Hinweise auf verhüttungstechnische Strukturen liegen aus diesem Areal bislang nicht vor, dennoch lassen die Schlackenfunde hier oder im näheren Umfeld einen weiteren Schmelzplatz vermuten.

Weiterführende Untersuchungen haben an dieser Fundstelle noch nicht stattgefunden.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering.

Funde

Schlacken (nicht bearbeitet)

Literatur

Turck, et al., 2019c.

Spliatsch V (68866)

Surses, Sur

2767855/1153930, 1563 m ü. M.

Karte B.10

Schlackenfundstelle

Beschreibung

Die Flur Spliatsch rund um die gleichnamige Burgruine liegt südwestlich des Ortes Sur, unmittelbar westlich der Julierpassstraße. Nicht einmal 40 m östlich unterhalb der Burgruine finden sich vereinzelt oberflächliche Schlackenfunde. Ob diese Schlackenfunde aus einem der nahe gelegenen Schmelzplätze (z.B. Spliatsch I (68859)) verlagert wurden oder auf die Existenz eines weiteren Verhüttungsplatzes in diesem Bereich hinweisen, ist unklar. In jedem Fall ist lokal mit einer massiven Überprägung durch historische Bau- und Siedlungsaktivitäten zu rechnen – wie auch das neuzeitliche ¹⁴C-Datum aus einem Bohrprofil zeigt (ETH 93939). Da die datierte Probe in keinem stratigraphischen Zusammenhang mit den Schlackenfunden steht, kann bzw. muss dieses Datum im vorliegenden Kontext ignoriert werden.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt/Neuzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-93939: 160 ± 21 BP; 1666–... cal. AD (2-σ)
(FK 68455.12: Holzkohle, Bohrprofil)

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering.

Funde

Schlacken (nicht bearbeitet)

Literatur

Turck, et al., 2019c.

Sül Cunfin I (18247)

Surses, Marmorera

2769967/1150698, 1951 m ü. M.

Karte B.11

Schmelzplatz

Beschreibung

Auf einer Geländestufe zwischen Stalveder (Bivio) und der Alp Natons (Marmorera) liegen in nur gut 100 m Distanz zueinander zwei Verhüttungsplätze – Sül Cunfin I und II (18248). Auch zwischen diesen beiden Schmelzplätzen sind immer wieder oberflächliche Schlackenstreuungen festzustellen, die auf weitere, noch nicht bekannte Fundstellen in diesem Gebiet hindeuten könnten.

Die Fundstelle Sül Cunfin I liegt unmittelbar am Wanderweg, der die beiden Fundstellen miteinander verbindet und ist primär durch eine partiell bewuchsfreie Schlackenhalde von ca. 8 m × 20 m Fläche gekennzeichnet, die in leicht nach Süden abfallendem Gelände liegt. Gemäß einer kleinen Kellensondage im zentralen Bereich der Halde ist diese mindestens 30 cm mächtig. Verhüttungstechnische Strukturen sind am ehesten im flachen Be-

reich nördlich oberhalb der Schlackenhalde zu vermuten, was Anlass für weiterführende Untersuchungen war.

Im Sommer 2014 wurde das Fundstellenareal durch M. Staudt (Universität Innsbruck) geomagnetisch prospektiert. Im Magnetogramm ist die Schlackenhalde deutlich zu erkennen, weitere deutliche Anomalien, wie sie bei pyrotechnischen Installationen zu erwarten wären, konnten im näheren Umfeld der Halde jedoch nicht festgestellt werden, womit – analog zu Sül Cunfin II – Hinweise auf die Erhaltung bzw. Lage der zugehörigen Verhüttungsöfen und Röstbette bisher vollständig fehlen.

Untersuchungen

Begehung; Kellensondage; Geomagnetik

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-63980: 2560 ± 27 BP; 805–557 cal. BC (2-σ)
(FK 18206.3: Holzkohle, Sondage (Schlackenhalde))

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Sül Cunfin II (18248)

Surses, Marmorera

2770011/1150768, 1956 m ü. M.

Karte B.11

Schmelzplatz

Beschreibung

Auf einer Geländestufe zwischen Stalveder (Bivio) und der Alp Natons (Marmorera) liegen in nur gut 100 m Distanz zueinander zwei Verhüttungsplätze – Sül Cunfin I (18247) und II. Auch zwischen diesen beiden Schmelzplätzen sind immer wieder oberflächliche Schlackenstreuungsfunde festzustellen, die auf weitere, noch nicht bekannte Fundstellen in diesem Gebiet hindeuten könnten.

Die Fundstelle Sül Cunfin II ist durch eine markante, weitgehend freiliegende Schlackenhalde gekennzeichnet, in deren Mitte Mureltiere einen Bau angelegt haben. Dieser Befund liegt im Zentrum des Fundstellenareals, das eine Reihe weiterer, kleinerer Schlackenkonzentrationen aufweist, die gemäß ersten Abklärungen (Kellensondagen) jedoch keine eigentlichen Halden anzeigen. Die zentrale Schlackenhalde zeigt eine markante Haldenform und fällt – analog zum Gelände – nach Westen leicht ab. Östlich oberhalb der Halde befindet sich eine kleine Verebnung, die als Verdachtsfläche für verhüttungstechnische Befunde gelten muss.

Dieser Verdacht wurde im Sommer 2014 mithilfe geomagnetischer Messungen durch M. Staudt (Universität Innsbruck) überprüft. Im Magnetogramm zeichnen sich sowohl die Schlackenhalde als auch weitere Schlackenkonzentrationen südwestlich und nordwestlich der

Halde deutlich ab. Im Bereich der Verdachtsfläche können jedoch keine auffälligen Anomalien ausgemacht werden, womit – analog zu Sül Cunfin I – Hinweise auf die Erhaltung bzw. Lage der zugehörigen Verhüttungsöfen und Röstbette bisher vollständig fehlen.

Untersuchungen

Begehung; Kellensondage; Geomagnetik

Datierung

(Spätbronzezeit)/Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierungen

ETH-63992: 2868 ± 16 BP; 1112–980 cal. BC (2-σ)

(FK 18203.1036.1: Holzkohle, Lesefund Schlackenhalde)

ETH-93944: 2455 ± 22 BP; 753–415 cal. BC (2-σ)

(FK 68455.42: Holzkohle, Bohrprofil)

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen); Tondüsenfragment

Sur Eva I (18263)

Surses, Bivio

2772738/1147805, 2014 m ü. M.

Karte B.12

Schmelzplatz

Beschreibung

Zwischen den beiden Höfen Mot und der Alp Suracqua südlich der Julierpassstraße zweigt ein kleines Bachtal nach Süden ab. Die Fundstelle Sur Eva I befindet sich ungefähr in der Mitte dieses Geländeeinschnittes, nördlich des Zusammenflusses zweier kleiner Bacharme – unmittelbar am Alpweg. Im Bereich eines Weidezaun-Durchgangs ist der Boden durch Viehtritte und einen Mureltierbau bis in eine Tiefe von ca. 60 cm aufgeschlossen. In diesem Profil lassen sich die für Schlackenhalden charakteristischen Schichten erkennen: humoses Haldenmaterial über einer massiven Holzkohleschicht sowie einzelne Linsen verbrannten Lehms. Die Schlackenhalde misst mindestens 6–8 m im Durchmesser. Verhüttungstechnische Strukturen sind in Sur Eva I am ehesten im nordöstlich oberhalb des Aufschlusses gelegenen Areal zu vermuten. Ob in diesem durch die Beweidung sowie Rutschungen stark überprägten Wiesengelände allerdings noch Befunde in situ erhalten sind, ist fraglich.

Untersuchungen

Begehung; Kellensondage

Datierung

Spätbronzezeit(?)

¹⁴C-Datierung

ETH-63983: 2803 ± 19 BP; 1006–906 cal. BC (2-σ)

(FK 18203.1016.1: Holzkohle, Sondage (Aufschluss))

Anmerkung: Ob es sich bei Sur Eva I tatsächlich um eine spätbronzezeitliche Fundstelle handelt, ist fraglich. Beim Probenmaterial handelt es sich um ein kleines, holzatomisch nicht näher bestimmtes Holzkohlefragment (Altholzeffekt?) (vgl. Kapitel 2.3.4).

Dendrochronologische Datierungen

Die zwei untersuchten Holzkohleproben konnten nicht dendrochronologisch datiert werden.

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Sur Eva II (18267)

Surses, Bivio

2773370/1148500, 2070 m ü. M.

Karte B.12

Schlackenfundstelle

Beschreibung

Die Schlackenfundstelle befindet sich auf dem nordöstlichen Ausläufer der markanten Felsrippe südlich oberhalb der Julierpassstraße bei Tgesa Brüscheda. Im August 2012 fand K. von Salis aus Silvaplana hier einzelne oberflächliche Schlackenstrefunde.

Trotz mehrfacher, systematischer Prospektion des Geländes auf und südöstlich unterhalb dieser Gelände-rippe konnten keine weiteren Funde oder korrespondierende Befunde dokumentiert werden. Ob es sich bei dem 2012 geborgenen Fund um ein verlagertes Einzel-fragment aus einer der benachbarten Fundstellen (z.B. Sur Eva I (18263) oder Brüscheda I (18634)) handelt oder hier tatsächlich ein weiterer, bisher nicht lokalisierter Schmelzplatz liegt, bleibt vorerst unbeantwortet. Gemäß Foto der Fundsituation ist von mindestens einem weiteren (Platten-)Schlackenfragment auszugehen, das jedoch nicht geborgen bzw. nicht an den Archäologischen Dienst Graubünden weitergeleitet wurde.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering.

Funde

Schlacke (Plattenschlacke des Subtyps C)

Sur Gonda (273)

Surses, Bivio

2774820/1149200, 2190 m ü. M. (mögl. Lokalisierung 1)

2774540/1149200, 2208 m ü. M. (mögl. Lokalisierung 2)

2774820/1149520, 2209 m ü. M. (mögl. Lokalisierung 3)
Karte B.12

Schlackenfundstelle

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 31; Schaer, 2003: 59

Alternative Bezeichnungen: Julierpass, Sur Gonda (ADG); Alp Sur Gonda (Schaer, 2003)

Beschreibung

Bei einer Begehung des Alpweidegebietes Sur Gonda an der Mündung der Val d'Agnel, wenig unterhalb des Julierpasses, wurden 1981 im Auswurfhaufen eines Murmeltierbaus einige Schlackenfragmente gefunden.

Für diese Fundstelle liegen verschiedene Koordinatenangaben vor, die im Rahmen von Geländeprospektionen überprüft wurden. Verschiedene Versuche, die Fundstelle zu relokalisieren und neu zu dokumentieren verliefen jedoch sowohl im Sommer 2014 als auch 2015 ergebnislos. Eine genauere Beschreibung der Fundstelle oder potentiell erhaltener Befunde kann daher derzeit nicht formuliert werden.

Unabhängig von ihrer exakten Lokalisierung innerhalb der Flur Sur Gonda handelt es sich bei dieser Schlackenfundstelle um die bisher höchstgelegene im gesamten Untersuchungsgebiet.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering. Eine prähistorische Datierung der Funde ist aber wahrscheinlich.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen, massive Schlacken, Plattenschlacken der Subtypen A und B)

Literatur

Schaer, 2003.

Tga d'Meir (69047)

Surses, Sur

2770107/1154827, 2001 m ü. M.

Karte B.10

Schlackenfundstelle

Beschreibung

Nur ca. 30 m östlich der Häusergruppe Tga d'Meir auf der Alp Flix wurden bei Geländebegehungen im Sommer 2018 im offenen Wiesengelände an mehreren Stellen oberflächlich sichtbare Schlackenkonzentrationen entdeckt. Ob diese Konzentrationen einen einzelnen oder gleich mehrere Verhüttungsplätze anzeigen und ob hier auch Hinweise auf verhüttungstechnische Befunde vorliegen, ist unklar.

Denkbar wäre allenfalls, dass diese Funde mit den ca. 150 m südwestlich davon beobachteten Schlackenstreuungsfunden entlang der Fahrstraße nach Tigias in Zusammenhang stehen (vgl. Alp Flix III, 18252).

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering.

Funde

Schlacken (nicht bearbeitet)

Literatur

Turck et al., 2019c.

Tges Alva I (285)

Surses, Bivio

2769009/1150465, 1743 m ü. M.

Karte B.11

Schlackenfundstelle

Konkordanz

Schaer, 2003: 56

Beschreibung

Diese Fundstelle liegt im Bereich des Hofes Tges Alva im Norden Bivios, unmittelbar südlich des großen Stallgebäudes. 1997 wurden hier im Aushub für den Bau eines Hochspannungsmasts einzelne Schlackenfragmente dokumentiert. Da die Funde erst nachträglich – im Rahmen einer nahegelegenen Baubegleitung – geborgen wurden, konnten die Baugrube und allfällige Befunde nicht dokumentiert werden. Dem Fundumfang im Aushub zufolge scheint der Bodeneingriff jedoch lediglich den Randbereich eines Schmelzplatzes tangiert zu haben. Der 1997 erbaute Hochspannungsmast wurde in der Zwischenzeit bereits wieder zurückgebaut (erneut ohne archäologische Überwachung); an der betreffenden Stelle sind heute oberflächlich keine Hinweise auf die Fundstelle mehr ersichtlich.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering. Eine prähistorische Datierung der Funde ist aber wahrscheinlich.

Funde

Schlacken (massive Schlacken, Plattenschlacken des Subtyps A)

Literatur

Schaer, 2003.

Tges Alva II (18251)

Surses, Bivio

2768894/1150593, 1779 m ü. M.

Karte B.11

Schmelzplatz

Beschreibung

Die Fundstelle Tges Alva II befindet sich im Bereich einer Verebnung im offenen Wiesengelände zwischen dem Hof Tges Alva und der Häusergruppe Clavè d'Mez in Bivio.

Knapp unterhalb der Verebnung konnte im Sommer 2014 unter ca. 10–20 cm Humus eine Schlackenhalde von ca. 10 cm Mächtigkeit sowie eine massive Holzkohleschicht nachgewiesen werden. Auch wenn keinerlei oberflächlich sichtbare Hinweise vorliegen, sind im darüberliegenden, ebenen Geländeabschnitt möglicherweise Reste verhüttungstechnischer Installationen zu erwarten.

Bei geomagnetischen Prospektionsarbeiten durch B. Sikorski (Ruhr Universität Bochum/Deutsches Bergbau-Museum Bochum) im Herbst 2015 konnten hier sowie im westlich oberhalb anschließenden Wiesengelände (vgl. auch Clavè d'Mez III (287)) denn auch verschiedene Anomalien (Schlackenhalden und/oder Hochtemperaturbereiche) festgestellt werden.

Wie sich im Zuge dieser Untersuchungen herausstellte, war die Fundstelle durch den Grundbesitzer bei der Anlage eines Grabens zwischen Tges Alva und Clavè d'Mez bereits vor Jahren entdeckt, dem Archäologischen Dienst Graubünden jedoch nicht gemeldet worden. Von dieser Störung dürfte allerdings nur ein Teilbereich der Fundstelle betroffen gewesen sein.

Untersuchungen

Begehung; Kellensondage; Geomagnetik

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-63982: 2593 ± 19 BP; 806–774 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1014.1: Holzkohle, Sondage)

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken des Subtyps A)

Literatur

Sikorski, 2015.

Tigignas Sot I (2533)

Surses, Riom-Parsonz

2763866/1162600, 1480 m ü. M.

Karte B.5

Schlackenfundstelle

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 35; Schaer, 2003: 15

Beschreibung

Beim Bau eines Telefonkabelgrabens entdeckte J. Krättli 1984 in der Flur Tigignas Sot verschiedene archäologische Funde. Die Grabenprofile wurden daraufhin durch den Archäologischen Dienst Graubünden dokumentiert. Auf einer Strecke von ca. 100 m waren verschiedentlich kleinere, 25–30 cm mächtige Kulturschichtpakete von 2–14 m Länge zu beobachten. Neben prähistorischer und römischer Keramik enthielten die Befunde teilweise auch größere Mengen an Verhüttungsschlacken (ausschließlich Plattenschlacken!).

Bei Bauarbeiten für eine Beschneiungsanlage wurden 2005 im selben Bereich wiederum Kulturschichten (u.a. Brandschichten, Feuerstelle) sowie einzelne Schlackenfunde dokumentiert.

In Anbetracht der hohen Dichte an Schlackenfundstellen in diesem Gebiet (vgl. Davos Tigignas (2544), Tigignas Sot II (56325) und III (64189)) sowie der nur ausschnittsweise bekannten Befunde bleibt vorerst unklar, ob die Verhüttungsschlacken hier tatsächlich im Kontext eisenzeitlicher bzw. römischer Siedlungsaktivitäten (vgl. Tigignas Sot I (69449) in der Kategorie «Siedlung») deponiert wurden oder ob es sich um eine zufällige räumliche Koinzidenz zweier zeitlich und funktional getrennter Nutzungen desselben Areals handelt.

Mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann jedoch, dass die Schlackenfunde eine eisenzeitliche Eisenverhüttung bezeugen, wie J. Rageth (1985; 1992a; 2006) verschiedentlich vermutet hatte.

Eine neuerliche Begehung der Fundstelle im Sommer 2015 lieferte außer einigen wenigen Oberflächenfunden von Plattenschlacken keine neuen Erkenntnisse.

Untersuchungen

Begehung; Baubegleitung

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Plattenschlacken der Subtypen A und B)

Literatur

Rageth, 1985; 1992a; 2006.

Tigignas Sot II (56325)

Surses, Riom-Parsonz
2763687/1162897, 1491 m ü. M.
Karte B.5
Schlackenfundstelle

Beschreibung

Bei einer Geländebegehung im offenen Wiesengelände der Flur Tigignas Sot stellte J. Krättli aus Riom im Bereich einer Terrassenkante eine Schlackenkonzentration fest. Er öffnete daraufhin eine kleine Kellensondage, die den oberflächlich festgestellten Befund bestätigte. Aus dieser

Sondage liegen Schlackenfunde sowie große Holzkohlen vor – leider jedoch ohne weiterführende Dokumentation zum Bodeneingriff.

Ein Zusammenhang mit den ca. 130 m weiter nordöstlich bzw. gut 200 m weiter südlich gelegenen Fundstellen Tigignas Sot III (64189) und I (2533) kann nicht ausgeschlossen werden.

Untersuchungen

Begehung; Kellensondage (Krättli, 2006)

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-33113: 2510 ± 60 BP; 798–543 cal. BC (2-σ)
([FK 9974.1]: Holzkohle, Sondage = ADB_9974/3-1)

Anmerkung zu ETH-33113: Die Zuweisung dieser bislang unpublizierten ¹⁴C-Datierung aus dem ADG-Archiv zu FK 9974.1 ist wahrscheinlich, lässt sich aber aus den vorliegenden Unterlagen nicht zweifelsfrei belegen. Denkbar wäre auch eine Zuweisung zu FK 9974.2 (vgl. Tigignas Sot III 64189).

ETH-86922: 2528 ± 22 BP; 793–550 cal. BC (2-σ)
(FK 9974.1.35: Holzkohle, Sondage = ADG-88843, Jahrringe 31–43)

Dendrochronologische Datierungen

Von zwei untersuchten Holzkohleproben konnte eine dendrochronologisch datiert werden:

ADG-88843: -636 (b-Datierung, ohne Waldkante); vgl. ETH-86922

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Oberhänsli, et al., 2019.

Tigignas Sot III (64189)

Surses, Riom-Parsonz
2763767/1162791, 1476 m ü. M.
Karte B.5
Schlackenfundstelle

Beschreibung

Bei einer Geländebegehung im offenen Wiesengelände der Flur Tigignas Sot stellte J. Krättli aus Riom eine Schlackenkonzentration fest. Er öffnete daraufhin eine kleine Kellensondage, die den oberflächlich festgestellten Befund bestätigte. Aus dieser Sondage liegen Schlackenfunde sowie große Holzkohlen vor – leider jedoch ohne weiterführende Dokumentation zum Bodeneingriff.

Ein Zusammenhang mit den ca. 130 m bzw. 350 m weiter südlich gelegenen Fundstellen Tigignas Sot II (56325) und I (2533) kann nicht ausgeschlossen werden.

Untersuchungen

Begehung; Kellensondage (Krättli, 2006)

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-33112: 2535 ± 60 BP; 796–549 cal. BC (2-σ)
([FK 9974.2]: Holzkohle, Kellensondage = ADB_9974/2-3)
Anmerkung zu ETH-33112: Die Zuweisung dieser bislang unpublizierten ¹⁴C-Datierung aus dem ADG-Archiv zu FK 9974.1 ist wahrscheinlich, lässt sich aber aus den vorliegenden Unterlagen nicht zweifelsfrei belegen. Denkbar wäre auch eine Zuweisung zu FK 9974.1 (vgl. Tignas Sot II (56325)).

ETH-86923: 2477 ± 21 BP; 766–516 cal. BC (2-σ)
(FK 9974.2.30: Holzkohle, Kellensondage = ADG-88840, Jahrringe 21-30)

Dendrochronologische Datierungen

Von vier untersuchten Holzkohleproben konnten zwei dendrochronologisch datiert werden:

ADG-88838: -636 (b-Datierung, Waldkante unsicher)
ADG-88840: -637 (b-Datierung, ohne Waldkante); vgl. ETH-86923

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Oberhänsli, et al., 2019.

Tiragn (3604)

Albula, Stierva
2760291/1169535, 1615 m ü. M.
Karte B.2
Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 19; Schaer, 2003: 2

Beschreibung

Bei Drainierungsarbeiten entdeckte der Grundbesitzer G. P. Thöni in den 1980er Jahren eine massive Schlackenhalde im Bereich des Maiensäßes Tiragn, knapp 1 km südwestlich oberhalb von Stierva. Die Fundstelle wurde wenig später durch das Deutsche Bergbau-Museum Bochum in Zusammenarbeit mit dem Schweizerischen Landesmuseum im Rahmen einer dreiwöchigen Kampagne geomagnetisch prospektiert und teilweise ausgegraben. Dabei wurde insbesondere die markante, im Magnetogramm gut erkennbare Schlackenhalde untersucht. Die Halde maß ca. 11–13 m im Durchmesser, war bis zu 1 m mächtig und zeigte eine vielschichtige Stratigraphie aus verschiedenen Schlacken- und Holzkohleschichten. Abgesehen von einzelnen Linsen verbrannten Lehms

wurden keine Hinweise auf verhüttungstechnische Befunde entdeckt.

Eine Neudokumentation der Fundstelle mittels geomagnetischer Prospektion und Bohrsondierungen wurde 2008–2010 im Rahmen der Aufarbeitung der Grabungsdokumentation aus dem Jahr 1984 vorgenommen. Dabei konnten die Grabungsergebnisse weitgehend bestätigt werden.

Untersuchungen

Begehung; Ausgrabung (DBM, 1984); Bohrungen; Geomagnetik

Datierung

Spätbronzezeit

¹⁴C-Datierungen

B-4198: 2810 ± 40 BP; 1073–843 cal. BC (2-σ)
(nach Wyss (1993, S. 202): [Holzkohle])
HD-9175-9319: 2770 ± 40 BP; 1009–828 cal. BC (2-σ)
(nach Schaer (2003, S. 37): Holzkohle, Schlackenhalde)
HD-9176-9361: 2840 ± 40 BP; 1121–903 cal. BC (2-σ)
(nach Schaer (2003, S. 37): Holzkohle, Schlackenhalde)

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; Plattenschlacken aller Subtypen)

Analysierte Proben

4418-T (FO 32662.19.1; SK): PDS (53); XRD, ICP-MS (4418/16); LIA (MA-174555)
4419-T (FO 32662.19.3; PS-A): PDS (54); XRD, ICP-MS (4419/16); LIA (MA-174556)
4420-T (FO 32662.19.4; PS-B): PDS (55); XRD, ICP-MS (4420/16)
4421-T (FO 32662.19.7; PS-C): PDS (56); XRD, ICP-MS (4421/16)

Literatur

Roden, 1984; Brun, 1987; Wyss, 1993, Schaer, 2003; Sikorski, 2009; Naef, 2013; Naef, 2014.

Ual da Val (2535)

Surses, Riom-Parsonz
2763846/1163530, 1394 m ü. M. (Schlackenkonzentr.)
2763950/1163575, 1370 m ü. M. (Streufunde 1976)
Karte B.5
Schlackenfundstelle

Konkordanz

Schaer, 2003: 13

Beschreibung

J. Krättli aus Riom meldete dem Archäologischen Dienst Graubünden 1976 oberflächliche Schlackenfunde im Bereich eines Ackers östlich von Parsonz, ungefähr 250 m westlich der Fundstelle Motta Mola (2522). Bei einer Begehung schätzte J. Rageth den Fundperimeter auf ca. 1 ha. Neben Schlacken kamen bei dieser Ge-

legenheit auch einige wenige Fragmente von «Hüttenlehm» und Keramik (Ofenlehm und Tondüsenfragmente) zum Vorschein.

Im Rahmen einer Neudokumentation der Fundstelle konnte im Sommer 2015 die Quelle dieser sehr weit streuenden Oberflächenfunde lokalisiert werden: In der oberen, südwestlichen Ecke des von Rageth beschriebenen Perimeters wurde im Randbereich einer dichten Hecke, unmittelbar südwestlich eines markanten Lesesteinhauens eine größere Schlackenkonzentration festgestellt. Auch mithilfe von zwei Kellensondagen im Randbereich dieser Situation konnte jedoch die Frage, ob es sich hierbei um eine In-Situ-Situation handelt, nicht abschließend geklärt werden: Bis in mindestens 30 cm Tiefe lassen sich im humosen Sediment zwar immer wieder teilweise größere Schlackenfragmente nachweisen, eine eigentliche Schlacke- oder Holzkohleschicht konnte aber ebenso wenig gefasst werden wie andere eindeutige Horizonte oder Befunde.

Dies dürfte wohl mit an der starken Überprägung des Geländes durch die (prä)historische Landwirtschaft – insbesondere in Form von Terrassierungen – und/oder an der vergleichsweise großen Überdeckung potentieller Befunde in diesem Teil des Oberhalbsteins liegen.

Untersuchungen

Begehung; Kellensondage

Datierung

Jüngere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

ETH-86924: 2204 ± 21 BP; 361–201 cal. BC (2-σ)
(FK 18203.1044.1: Holzkohle, Sondage (Schlackenkonzentration))

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Schaer, 2003.

Val Faller Plaz (2120)

Surses, Mulegns

2766076/1153810, 1770 m ü. M.

Karte B.9

Schmelzplatz

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 10; Schaer, 2003: 26

Beschreibung

Der Schmelzplatz Val Faller Plaz liegt direkt an der Fahrstraße von Mulegns durch die Val da Faller nach Plang. Ungefähr 40 m vor der Brücke über den Faller-Bach ist an der südlichen Straßenböschung eine ausgedehnte, stark holzkohlehaltige Schlackenkonzentration aufgeschlos-

sen. Der Haldenbefund wurde im Zuge des Straßen(aus)baus angegraben und wohl zu einem guten Teil abgetragen. Das Material wurde vermutlich an der nördlichen Straßenseite aufgeschüttet.

Der südlich oberhalb angrenzende Bereich der Fundstelle war, wie geomagnetische Messungen und flächige archäologische Ausgrabungen durch die Universität Zürich in den Sommern 2013 und 2016 gezeigt haben, von dieser Störung nicht tangiert. Im Gegenteil – die Befunde des ausgedehnten, mehrteiligen Schmelzplatzes waren hier sogar besonders gut erhalten, was vermutlich der schnellen und massiven Überdeckung des Schmelzplatzes durch Rüfeschutt zu verdanken ist.

Erstmals konnten hier in einem Verbund aus Trockenmauerwerk (Hangstützmauer) zwei unterschiedliche, jedoch zweifelsfrei gleichzeitige Ofenkonstruktionen freigelegt werden: ein mit ostalpinen Befunden vergleichbarer, hufeisenförmiger Schachtofen (Ofen 1) und eine mit dem in Gruba I (1852) dokumentierten Befund vergleichbare Ofenkonstruktion (Ofen 2).

Des Weiteren konnte in Val Faller Plaz eine partiell mit Lehm und Steinen ausgekleidete und mit Holzkohle verfüllte Grube unbekannter Funktion sowie eine gestörte Steinkonstruktion (Reste eines Röstbetts?) freigelegt werden.

Im westlichen Fundstellenbereich, unmittelbar angrenzend an Ofen 2, wurde schließlich eine sehr kompakte Schlackenhalde mit ca. 5 m Durchmesser und einer Mächtigkeit von etwas mehr als einem Meter freigelegt und angeschnitten. Im Gegensatz zu den meisten anderen Haldenbefunden im Oberhalbstein bestand das Haldenmaterial hier fast ausschließlich aus Schlackenfragmenten und enthielt kaum andere Sedimentbestandteile.

Die hervorragende Erhaltung, die Vielzahl verhüttungstechnischer Befunde sowie deren flächige Untersuchung machen die Fundstelle Val Faller Plaz zu einem Schlüsselement in der Rekonstruktion der prähistorischen Kupfergewinnung im Oberhalbstein.

Untersuchungen

Begehung; Ausgrabung; Bohrungen; Geomagnetik

Datierung

Ältere Eisenzeit

¹⁴C-Datierung

B-4199: 2488 ± 70 BP; 789–416 cal. BC (2-σ)

(nach Wyss (1993, S. 202): [Holzkohle])

Anmerkung zu B-4199: bei Schaer (2003) fälschlicherweise als Probe B-4990 bezeichnet.

Dendrochronologische Datierungen

Von 96 untersuchten Holzkohleproben konnten 13 dendrochronologisch datiert werden. Ihre Endjahre streuen zwischen -749 und -621, darunter zwei Datierungen mit (unsicherer) Waldkante:

ADG-88166: -621 (a-Datierung, Waldkante unsicher)

ADG-88216: -642 (a-Datierung, Waldkante sicher (Herbst/Winter))

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit. Die Gebrauchskeramik dieser Fundstelle (sog. Taminser Ware) datiert typologisch in die ältere Eisenzeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen); Tondüsenfragmente; Gebrauchskeramik; Steingeräte

Analysierte Proben

4409-VF (FO 46679.16.2; SK); PDS (44); XRD, ICP-MS (4409/16); LIA (MA-174552)

4410-VF (FO 46679.16.3; SK); PDS (45); XRD, ICP-MS (4410/16); LIA (MA-174553)

4411-VF (FO 46679.16.5; MS); PDS (46); XRD, ICP-MS (4411/16)

4412-VF (FO 46679.16.6; MS); PDS (47); XRD, ICP-MS (4412/16)

4413-VF (FO 46679.16.8; MS); PDS (48); XRD, ICP-MS (4413/16)

4414-VF (FO 46679.16.9; PS-B); PDS (49); XRD, ICP-MS (4414/16); LIA (MA-174554)

4415-VF (FO 46679.16.11; PS-A); PDS (50); XRD, ICP-MS (4415/16)

4416-VF (FO 46679.16.13; PS-C); PDS (51); XRD, ICP-MS (4416/16)

4417-VF (FO 46679.16.14; PS-C); PDS (52); XRD, ICP-MS (4417/16)

Literatur

Brun, 1987; Della Casa, Turck und Reitmaier, 2014a; Fasnacht, 1991; Oberhänsli, et al., 2019; Rageth, 1992a; Schaer, 2003; Turck, 2019; Turck, et al., 2017a; Wyss, 1993.

Vialada Motta (2520)

Surses, Riom-Parsonz

2764171/1163760, 1319 m ü. M.

Karte B.5

Schlackenfundstelle

Konkordanz

Schaer, 2003: 12

Beschreibung

1975 entdeckte J. Krättli aus Riom auf einer rezenten Baumaterialdeponie ca. 350 m südlich von Riom verschiedene Verhüttungsschlacken und Fragmente technischer Keramik. Es handelt sich dabei um sekundär verlagertes Fundmaterial, vermutlich aus einer der zahlreichen nahegelegenen Fundstellen in Riom-Parsonz. Auf derselben Deponie entdeckte römische Fundobjekte lassen vermuten, dass das Material aus dem Bereich der römischen Mutatio Riom Cadra stammt. Im Vorjahr – 1974 – hatten sowohl im Bereich der römischen Fundstelle als auch des urgeschichtlichen Schmelzplatzes N Riom (2504) Straßenerweiterungs- und Kanalisationsbauarbeiten stattgefunden.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Rezent

Typologische Datierung

Von einer typologischen Auswertung wurde aufgrund der rezenten Umlagerung und unbekannter Herkunft des Fundmaterials abgesehen.

Funde

Verschiedene urgeschichtliche und römische Funde.

Literatur

Rageth, 1977a; 1979b; 1992a; Schaer, 2003; Zürcher, 1982.

Vorderbergalga I (18271)

Avers, Juppa

2762379/1145460, 2029 m ü. M.

Karte B.14

Schlackenfundstelle

Beschreibung

Im vorderen Bergalgatal, am östlichen Fuße des Tscheischorns, liegen in einem nach Südosten abfallenden Wiesengelände zwei im Sommer 2014 neu dokumentierte Schlackenfundstellen. Die erste Fundstelle, Vorderbergalga I, ist im Bereich eines Fußweges ca. 15 m unterhalb einer Stromleitung aufgeschlossen. Es dürfte sich dabei um eine Schlackenhalde handeln. Da die Situation im Gelände aber noch nicht detailliert dokumentiert wurde, liegen bisher noch keine sicheren Belege für eine In-Situ-Situation vor.

Das Gefüge der Schlacken dieser Fundstelle unterscheidet sich (im Gegensatz zu deren Morphologie) teilweise deutlich von demjenigen der Schlacken aus dem Oberhalbstein. Insbesondere die massiven Schlacken zeigen ein sehr glasiges, mit vielen kleinteiligen Restiten durchsetztes Gefüge. Das Gefüge der Plattenschlacken ist hingegen mit jenem der Schlacken aus dem Oberhalbstein vergleichbar.

Die Fundstelle wurde durch D. Pedrett aus Andeer entdeckt und gemeldet.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering. Eine prähistorische Datierung der Funde ist aber wahrscheinlich.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Turck, et al., 2017b.

Vorderbergalga II (18272)

Avers, Juppa
2762226/1144876, 2027 m ü. M.
Karte B.14
Schlackenfundstelle

Beschreibung

Im vorderen Bergalgatal, am östlichen Fuße des Tscheischorns, liegen in einem nach Südosten abfallenden Wiesengelände zwei im Sommer 2014 neu dokumentierte Schlackenfundstellen. Die zweite Fundstelle, Vorderbergalga II, befindet sich unmittelbar bei einem Strommast mit der Bezeichnung «V35». Es dürfte sich dabei um eine Schlackenhalde handeln. Da die Situation im Gelände aber noch nicht detailliert dokumentiert wurde, liegen bisher noch keine sicheren Belege für eine In-Situ-Situation vor.

Die Fundstelle wurde durch D. Pedrett aus Andeer entdeckt und gemeldet.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Prähistorisch

Typologische Datierung

Die Schlacken dieser Fundstelle datieren typologisch in prähistorische Zeit.

Funde

Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen)

Literatur

Turck, et al., 2017b.

B.3 Siedlung**Caschligns (717)**

Surses, Cunter
2765476/1164710, 1437 m ü. M.
Karte B.5

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 40; Schaer, 2003: 6

Alternative Bezeichnung: Caschlins (ADG)

Weitere Fundstellennummern (ADG): 25059, 25060

Beschreibung

Auf einem Geländesporn ca. 250 m östlich oberhalb von Cunter befinden sich die Überreste der bronzezeitlichen Anlage Caschligns. Sie wurde zwischen 1944 und 1946 durch den Bündner Förster und Archäologie-Pionier W. Burkart ausgegraben.

Seinen Untersuchungen zufolge stand an dieser Fundstelle in einer ersten Phase ein Pfostenbau, der anhand des spärlichen Fundmaterials in die späte Frühbronzezeit bis beginnende Mittelbronzezeit datiert wird. Nachdem dieser Holzbau einem Brand zum Opfer gefallen war, wurde an derselben Stelle ein massiver, unge-

wöhnlicher Steinbau errichtet. Die Konstruktion besteht aus drei teilweise sehr massiven Mauern, die einen halbmondförmigen und einen langrechteckigen Innenraum beschließen. In letzterem wurde eine bisher singuläre, große, aus mehreren Gesteinslagen bestehende Herdstelle dokumentiert. In ca. 70 cm Entfernung dazu fanden sich auf fünf aufeinandergeschichteten Steinplatten zwei Lappenbeile sowie eine Lappenbeilgussform aus Bronze. Das keramische Fundmaterial aus dieser zweiten Phase datiert hauptsächlich in die Mittelbronzezeit, einige Stücke weisen aber auch in die Spätbronzezeit. In Caschligns wurden außerdem einige Plattenschlacken sowie ein Rillenschlägel gefunden, die einen Bezug der Fundstelle zur prähistorischen Kupfergewinnung belegen.

Sowohl die Funde als auch die Befunde dieser außergewöhnlichen Fundstelle harren seit ihrer Entdeckung einer systematischen Aufarbeitung und Auswertung.

Die teilweise noch mehr als meterhoch erhaltenen mittelbronzezeitlichen Mauern der Anlage sind im Gelände auch heute noch sehr gut erkennbar, wenngleich sie an vielen Stellen mit Vegetation überwachsen sind oder langsam erodieren.

Untersuchungen

Begehung; Ausgrabung (Burkart, 1944–1946)

Datierung

Bronzezeit

Typologische Datierung

Die Metallobjekte und Keramikfunde dieser Fundstelle datieren in die Bronzezeit.

Funde

Keramik; Metallobjekte. Die schriftlich belegten Schlackenfunde sind nicht überliefert bzw. nicht mehr auffindbar.

Literatur

Nauli, 1977; Schaer, 2003; Wyss, 1993; Zürcher, 1982.

Motta Vallac (2831)

Surses, Salouf
2763565/1167145, 1365 m ü. M.
Karte B.4

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 30; Schaer, 2003: 4

Weitere Fundstellennummern (ADG): 70064, 70066, 70067, 70068, 70069

Beschreibung

Die Motta Vallac ist ein markanter, Ost-West verlaufender Hügel- bzw. Felsrücken am unteren Ende des Oberhalbsteins, der das Tal nach Norden abriegelt. Von hier aus kann der Zugang zu den Julier- und Septimerpassrouten gut kontrolliert werden, was die Motta zu einem optimalen Siedlungshügel macht. Auf dem gut 1 ha großen Plateau wurden 1945/46 durch W. Burkart und in den 1970er Jahren durch R. Wyss vom Schweizerischen Landesmuseum Ausgrabungen durchgeführt. Diese Un-

tersuchungen haben eine vielphasige Besiedlungsgeschichte ab dem frühen zweiten Jahrtausend v. Chr. ans Licht gebracht.

Im nördlichen Spornbereich konnten Spuren mehrerer aufeinanderfolgender Holzgebäude aus der frühen bis späten Bronzezeit freigelegt werden. Gemäß W. Burkart ist von einer Siedlungskontinuität bis in die ältere Eisenzeit auszugehen. Aus dieser Epoche soll auch eine nicht näher spezifizierte Deponierung von «Eisenerzklumpen» stammen.

Im südlichen Spornbereich wurden sehr zahlreiche, zwischen 0,5 und 3 m große und 10–50 cm tiefe Gruben in einer spätbronzezeitlichen Holzkohleschicht dokumentiert. Die Gruben weisen Spuren starker Hitzeeinwirkung auf und könnten sowohl mit der Kupferproduktion als auch mit anderen Tätigkeiten – z.B. der Keramikherstellung oder Lebensmittelzubereitung – in Zusammenhang stehen (vgl. dazu Bradler 2018, S. 42).

Auf der Motta wurden auch einzelne Schlackenfragmente gefunden, jedoch nie in größerer Konzentration oder in einem direkten Bezug zu pyrotechnischen Installationen (soweit überliefert).

Die ausgedehnten Grabungen der 1940er und 1970er Jahre wurden kürzlich im Rahmen mehrerer studentischer Arbeiten (Bradler, 2018, Jäger, 2019, Roffler, 2018) auszugswise aufgearbeitet (Befunde, Keramik, Steingeräte).

Gemäß R. Wyss weist das keramische Fundmaterial unzweifelhaft auf kulturelle Verbindungen nach Norden, Osten und Süden hin, wie es für eine Siedlung an einer wichtigen transalpinen Verkehrsachse nicht anders zu erwarten ist.

Spätestens in der späten Eisenzeit scheint die Siedlungsaktivität auf der Motta Vallac abzubrechen.

Der Hügel wird dem heutigen Forschungsstand zufolge erst in der Spätantike wieder bebaut – mit einem mehrstöckigen Turmbau und einer Befestigungsanlage. Heute sind im Gelände noch die Reste dieser Turmanlage sowie die Umrisse der früheren Grabungsschnitte sichtbar.

Untersuchungen

Ausgrabungen (Burkart, 1940er Jahre; Wyss/SLM, 1970er Jahre)

Datierung

Bronzezeit; Eisenzeit; Römische Epoche; Mittelalter

¹⁴C-Datierungen

Für diese Fundstelle liegen über 26 bislang grösstenteils unpublizierte ¹⁴C-Datierungen vor (vgl. Bradler, 2018). Sie belegen – ebenso wie das vielfältige Fundmaterial –, dass die Motta Vallac im zweiten und ersten Jahrtausend v. Chr. immer (wieder) besiedelt war. Auch aus römischer und mittelalterlicher Zeit liegen verschiedene Funde und Befunde vor.

Typologische Datierung

Zur Einordnung der prähistorischen Keramik und der Metallfunde von der Motta Vallac vgl. Roffler (2018) und Jäger (2019).

Funde

Keramik (vgl. Roffler, 2018); Steingeräte (vgl. Jäger, 2019); Metallobjekte (vgl. Jäger, 2019); Schlacken (Schlackenkuchen; Plattenschlacken der Subtypen B und C).

Analysierte Proben

3800-MV (FO 2832.773.1; PS); ICP-MS (3800/17)

3801-MV (FO 2832.774.1; PS); ICP-MS (3801/17)

Literatur

[ohne Autor], 1941; 1945; Bradler, 2018; Jäger, 2019; Roffler, 2018; Schaer, 2003; Wyss, 1973; 1974; 1976; 1977; 1982b; 1993; Zürcher, 1982.

O Padnal (2957)

Surses, Savognin

2766163/1162394, 1221 m ü. M.

Karte B.5

Konkordanz

Weitere Fundstellennummern (ADG):: 2949, 69983, 69984

Beschreibung

Bei Straßenbauarbeiten unmittelbar östlich des bronzezeitlichen Siedlungshügels Padnal (2916) wurden 1999 verschiedene Kulturschichten dokumentiert, darunter auch eine prähistorische: Auf einer Breite von knapp 20 m zeichnete sich in 1,6–2,2 m Tiefe eine ca. 35 cm dicke, humose Kulturschicht mit Holzkohle und Hüttenlehm sowie prähistorischer Keramik ab. Bei der Keramik handelt es sich gemäß J. Rageth um sog. Taminser-Ware, die ins 6./5. Jahrhundert v. Chr. oder wenig älter datiert.

Dieser interessante Fund ist einerseits ein Hinweis darauf, dass die nahegelegene Siedlung auf dem Padnal gegen Ende der Bronzezeit nicht zwingend vollständig aufgelassen, sondern möglicherweise lediglich verlagert wurde. Gleichzeitig handelt es sich hierbei um einen ersten Nachweis von Besiedlungsspuren aus der Blütezeit der Kupferproduktion im Oberhalbstein.

Unter dem Fundmaterial befinden sich auch zahlreiche kleinteilige, leichte, poröse Schlacken, die sich allerdings stark von den prähistorischen Verhüttungsschlacken unterscheiden (vgl. auch Tect (2927)).

Weiterführende Angaben liegen zu diesem Besiedlungshorizont nicht vor, da er bisher nicht flächig untersucht werden konnte.

Untersuchungen

Baubegleitung

Datierung

Ältere Eisenzeit

Typologische Datierung

Keramik des Typs Taminser Ware nach Rageth (2002).

Funde

Schlacke (keine Verhüttungsschlacke); die restlichen Funde dieser Fundstelle wurden noch nicht bearbeitet.

Literatur

Rageth, 2002.

Padnal (2916)

Surses, Savognin
2766100/1162370, 1225 m ü. M.
Karte B.5

Konkordanz

Schaer, 2003: 23
Alternative Bezeichnung: Mot la Cresta; La Cresta
Weitere Fundstellennummern (ADG): 3900, 69973, 69982, 68773, 2918

Beschreibung

Der Moränenhügel Padnal – im Südostbereich auch als Mot la Cresta bezeichnet – liegt wenige hundert Meter südöstlich des heutigen Savognin, unmittelbar westlich der Hauptstraße nach Tinizong. Die Flanken des ca. 100 m × 40 m großen Hügelplateaus fallen zur Julia hin steil ab. Im Rahmen rezenter Kiesabbaus wurden am Padnal in den 1940er und 1970er Jahren wiederholt prä-historische Siedlungsreste dokumentiert.

Zwischen 1971 und 1985 fanden hier dann jährlich Ausgrabungen unter der Leitung von J. Rageth vom Archäologischen Dienst Graubünden statt.

Diesen Untersuchungen zufolge setzte die Besiedlung auf dem Padnal zu Beginn des zweiten Jahrtausends vor Chr. ein – sie zählt damit zu den frühesten Nachweisen einer permanenten menschlichen Präsenz im Oberhalbstein. Die Siedlung besteht bis in die ausgehende Bronzezeit fort, wobei sich mehrere Siedlungsphasen mit unterschiedlicher Bebauung unterscheiden lassen. Dem archäologischen Fundmaterial zufolge betrieb die hier ansässige Bevölkerung die übliche, primär aus Ackerbau und Viehwirtschaft bestehende Wirtschaftsweise. Das keramische Material entspricht weitgehend dem gängigen zentralalpiner Spektrum, daneben sind aber auch immer wieder Fremdformen aus Norden, Süden und Osten vertreten. Diese sowie z.B. Bernsteinfunde legen nahe, dass die hier wohnhafte Bevölkerung wohl auch maßgeblich am transalpinen Verkehr und damit einhergehenden Handelsaktivitäten beteiligt war.

Neben mehreren Gussform-Fragmenten und Guss-tropfen zeugen auch einige Dutzend Schlacken sowie Erzfundstücke von metallurgischen Aktivitäten innerhalb der resp. in Verbindung zur Siedlung Savognin Padnal. Die Schlackenfundstücke beschränkten sich fast vollständig auf die spätbronzezeitlichen Besiedlungshorizonte. Bereits in den 1970er Jahren wurden einzelne dieser Stücke durch V. Dietrich und das Deutsche Bergbau-Museum Bochum untersucht und zweifelsfrei als Überreste einer lokalen Kupfergewinnung identifiziert.

Das Ende der Besiedlung datiert laut heutigem Forschungsstand in die ausgehende Bronzezeit, Ha B. Eine später unmittelbar östlich des Hügels dokumentierte früh-eisenzeitliche Kulturschicht (O Padnal (2957)) lässt für diese Zeit jedoch auch eine einfache Verlagerung anstelle einer eigentlichen Auffassung der Siedlung plausibel erscheinen.

Untersuchungen

Ausgrabungen (1940er und 1970–80er Jahre)

Datierung

Bronzezeit

¹⁴C-Datierungen

Vgl. Rageth, 1986a, S. 95-96; Fasnacht, 1999.

Typologische Datierung

Vgl. Rageth, 1986a, 75ff.

Funde

Keramik; Metallobjekte; Steingeräte; Tierknochen; Zisterne; Schlacken (Schlackenkuchen; massive Schlacken; Plattenschlacken aller Subtypen); Erze.

Analysierte Proben

3802-SP (FO 2917.1971007.6; PS): ICP-MS (3802/17)
3803-SP (FO 2917.19770032.1; MS): ICP-MS (3803/17)
3804-SP (FO 2917.19800017.1; PS): ICP-MS (3804/17)

Literatur

Fasnacht, 1991; 1999; Rageth, 1986a; Schaer, 2003; Wyss, 1993.

Rudnal (2919)

Surses, Savognin
2766510/1162675, 1459 m ü. M.
Karte B.5

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 17; Schaer, 2003: 24
Alternative Bezeichnung: Runnad (ADG)
Weitere Fundstellennummern (ADG): 69994, 69995, 69996

Beschreibung

Circa 500 m nordöstlich bzw. ca. 230 Höhenmeter oberhalb der bronzezeitlichen Siedlung auf dem Padnal liegt die Fundstelle Rudnal. Der künstliche kleine Hügel wurde 1957 bei Wegbauarbeiten entdeckt und erstmals untersucht, wobei neben Mauerresten auch ein abenteuerlich anmutendes Fundmaterialspektrum aus verschiedenen Epochen dokumentiert wurde – von der römischen Münze, über ein Lavezgefäß, eine Lanzenspitze und eine Bernsteinperle bis hin zu bronzezeitlicher Keramik sowie «große[n] Schlackenklumpen und zahlreiche Knochen, letztere aus der sehr fetten untersten Kulturschicht».

Diese unterste, vermutlich bronzezeitliche Kulturschicht enthielt außerdem Hinweise auf einen Vorgängerbau aus Holz sowie eine «Feuerstelle von 1,5–1,8 m Durchmesser ... Die Bodenplatten waren von einigen stehenden Steinen umrandet.» (Wyss, 1983).

Bei Ausgrabungen des Schweizerischen Landesmuseums in den frühen 1980er Jahren wurde schließlich ein Großteil des Hügels untersucht, dabei wurde der rechteckige Grundriss eines trockengemauerten Gebäudes (ca. 18 m × 8 m) freigelegt. In einer mächtigen Brandschicht im Gebäudebereich fanden sich neben mittelalterlicher Keramik auch Fragmente von mittelbronzezeitlichen und Laugen-Melaun-Gefäßen aus der Spätbronzezeit. Zudem werden immer wieder stark brandgerötete und verschlackte Steine erwähnt, die nach einer Neubeurteilung im Fundarchiv eher als Überreste eines Brandereignisses

nisses denn als Reste von Verhüttungsanlagen o.ä. anzusprechen sind.

Plattenschlackenfragmente sowie ein Schwarzkupfergusskuchen belegen allerdings eine klare, nicht genauer charakterisierbare Verbindung dieser Fundstelle mit der lokalen Kupfergewinnung.

Generell bleiben aufgrund der unklaren Stratigraphie, der ausstehenden Aufarbeitung der Grabungsdokumentation und des Fundmaterials (soweit überhaupt noch vorhanden) vorerst viele Fragen zu dieser Fundstelle offen. Falls sich die durch einige ¹⁴C-Datierungen angedeutete (mittel)bronzezeitliche Datierung des Steinbaus allerdings erhärten sollte, lassen sich Parallelen zur ca. 1,2 km entfernten, auch topografisch ähnlich gelegenen bronzezeitlichen Anlage Caschigns nicht von der Hand weisen.

Untersuchungen

Ausgrabungen (1970er Jahre)

Datierung

Bronzezeit bis Mittelalter

¹⁴C-Datierungen

Für diese Fundstelle liegen einzelne unpublizierte Altdatierungen vor (vgl. Archiv ADG, Fundstellendossier 2919).

Typologische Datierung

Vgl. Wyss (1983).

Funde

Keramik; Metallobjekte; Steingeräte; Tierknochen.

Literatur

Wyss, 1979; 1982a; 1983; 1993; Zürcher, 1982.

Tignas Sot I (69449)

Surses, Riom-Parsonz
2763866/1162600, 1480 m ü. M.

Karte B.5

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 35; Schaer, 2003: 15

Weitere Fundstellenummer (ADG): 70017

Beschreibung

Beim Bau eines Telefonkabelgrabens entdeckte J. Krättli 1984 in der Flur Tignas Sot verschiedene archäologische Funde. Die Grabenprofile wurden daraufhin durch den Archäologischen Dienst Graubünden dokumentiert. Auf einer Strecke von ca. 100 m waren verschiedentlich kleinere, 25–30 cm mächtige Kulturschichtpakete von 2–14 m Länge zu beobachten. Neben prähistorischer und römischer Keramik enthielten die Befunde teilweise auch größere Mengen an Verhüttungsschlacken (ausschließlich Plattenschlacken!) (vgl. Tignas Sot I (2533) in der Kategorie «Schmelzen»).

Bei Bauarbeiten für eine Beschneiungsanlage wurden 2005 im selben Bereich wiederum Kulturschichten (u.a. Brandschichten, Feuerstelle) sowie einzelne Schlackenfundstücke dokumentiert.

J. Rageth vermutet hier auf dieser Grundlage eine eisen- resp. römerzeitliche Siedlung. In diesem Zusammenhang ist eine wenige Meter weiter südlich gelegene,

sehr markante Hügelstruktur von ca. 40 m Durchmesser und 4–5 m Höhe von Interesse, die gegen Norden durch eine deutlich sichtbare Wall-Graben-Anlage befestigt wurde. Gegen Süden wird der Hügel durch eine steil zum Schletg-Bach-Tobel abfallende Felswand geschützt.

Untersuchungen

Begehung; Baubegleitung

Datierung

Prähistorisch; Römerzeit

Typologische Datierung

Das Fundmaterial datiert in prähistorische und römische Zeit.

Anmerkung: Rageth (1985; 1992a; 2006) spricht von allgemein prähistorischer Keramik sowie explizit von eisenzeitlicher bzw. jüngereisenzeitlicher Keramik (graphitierte Ware, Keramik mit Punktreihenverzierung). Da das Fundmaterial jedoch bisher noch nicht systematisch aufgearbeitet wurde, werden die vorrömischen Funde hier zusammenfassend als «prähistorisch» angesprochen.

Funde

Schlacken (Plattenschlacken der Subtypen A und B)

Literatur

Rageth, 1985; 1992a; 2006.

B.4 Bestattung

Tuleidas (3907)

Surses, Tinizong-Rona
2766380/1162160, 1226 m ü. M.

Karte B.5

Beschreibung

Bei Bauarbeiten wurden im Juni 1993 wenig östlich der Hauptstraße zwischen Savognin und Tinizong auf einer Länge von ca. 6–7 m eine 20–60 cm mächtige kohligbrandige Kulturschicht aufgeschlossen, die verschiedene archäologische Fundobjekte sowie kalzinierte Knochen enthielt. Einer anthropologischen Begutachtung des Knochenmaterials zufolge handelt es sich ausschließlich um menschliche Knochen. Es dürfte sich bei dieser Fundstelle folglich um ein Brandgräberfeld handeln, das sehr wahrscheinlich in direktem Bezug zur nahegelegenen Siedlung Padnal (2916) stand.

Das geborgene Fundmaterial – Keramik- und Bronze-fragmente, darunter eine Rollenkopfnadel – datiert diese Fundstelle bzw. den angeschnittenen Fundstellenbereich J. Rageth zufolge in die Früh- bis Mittelbronzezeit.

Untersuchungen

Baubegleitung (ADG, 1993)

Datierung

Frühbronzezeit/Mittelbronzezeit

Typologische Datierung

Vgl. Rageth (1993b; 1994c). Das Fundmaterial wurde bisher nicht weiterführend bearbeitet.

Funde

Keramik; Knochen; Bronzefunde

Literatur

Rageth, 1994c.

B.5 Verdachtsflächen**Alp digl Plaz (69477)**

Surses, Tinizong-Rona
2768770/1158325, 1855 m ü. M. (provisorische Lokalisierung: Alp digl Plaz)
Karte B.7

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 26

Alternative Bezeichnung: Alp Platz (Theobald 1866)

Beschreibung

In seinem Beitrag zur Geologischen Karte der Schweiz über die südöstlichen Gebirge von Graubünden bemerkt G. Theobald (1866, S. 76) in der Rubrik «Oryctognostische Vorkommnisse und nutzbare Mineralien» Folgendes: «Man findet auch auf den [...] Alpen Sumegn und Platz große Schlackenhaufwerke aus uralter Zeit, deren Ursprung unbekannt ist.»

Diese Schilderung könnte durchaus auf weitere, bisher unbekannte urgeschichtliche Schmelzplätze hinweisen. Dies wäre umso bedeutender, als in diesem Abschnitt des Tals – rund um die Ortschaft Rona – bisher noch keine Schmelzplätze bekannt sind.

Eine eintägige Begehung der beiden genannten Alpgelände (vgl. auch Alp Surnegn (69478)) östlich oberhalb von Rona auf der Suche nach den besagten «Schlackenhaufwerken» verliefen 2015 jedoch ergebnislos.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Funde

Keine

Literatur

Theobald, 1866.

Alp Surnegn (69478)

Surses, Tinizong-Rona
2769135/1159154, 1880 m ü. M. (provisorische Lokalisierung: Alp Surnegn)
Karte B.7

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 25

Alternative Bezeichnung: Alp Sumegn (Theobald 1866);
Alp Sumneng (Dufourkarte/Siegfriedkarte)

Beschreibung

Vgl. Alp digl Plaz (69477).

Untersuchungen

Begehung

Datierung

Unbestimmt

Funde

Keine

Literatur

Theobald, 1866.

Fuchshütte (3912)

Surses, Tinizong-Rona
Keine Koordinatenangabe
[nicht kartiert]

Beschreibung

Laut einer Tourismusbrochure aus dem Jahr 1905 sollen sich im Wald unterhalb von Tinizong unter der Bezeichnung «Fuchshütten» Ruinen alter Eisenwerke finden. Genauere Angaben zu dieser Fundstelle liegen nicht vor. Möglicherweise handelt es sich um eine Fehlbezeichnung der Gebäudereste von Vardaval (3910), die in einiger Entfernung südlich unterhalb des Ortes Tinizong lagen und deren Ruinen im frühen 20. Jahrhundert noch gut sichtbar waren. Denkbar wäre auch ein Zusammenhang mit den Eisenverhüttungsbefunden von Mulegn (3913), etwas näher bei Tinzen. Weitere Hinweise liegen aus diesem Gebiet nicht vor und im Waldgebiet unterhalb von Tinizong ist in Kartenwerken der Jahrhundertwende (19./20. Jh.) auch keine entsprechende Struktur/Signatur eingetragen.

Untersuchungen

Keine

Datierung

Unbestimmt

Gruoben zu Salux (69479)

Surses, Salouf
Keine Koordinatenangabe
[nicht kartiert]

Beschreibung

Der 1866 veröffentlichte «Bericht des Davoser Bergrichters Chr. Gadmer über die Erzgruben und Bergwerke seines Verwaltungsgebietes 1588» (Brügger, 1866) umfasst auch einen das Oberhalbstein betreffenden Anhang, in dem unter anderem zwei «Gruoben» in Salouf erwähnt werden:

«2. Salux, soll 1 Gruoben sein, der Herr Landtvogt Gaudenz und der Schmid wüssends beyde oder doch eina, bitt sy in meinem nammen, dass sy dir dazu anleytung gebend, nimb ein prob darvon cr. 3 ½ und thun sy im sakli, das 2 strich druff hat.

3. Zu Salux soll noch ein andere Gruoben sein, die weiss der Herr Landtvogt Johannes, gang zu ime und bitt, dass er dich wolle dazu verholffen sein und so sy dirs zeygendt, nimb auch ein prob und stäls im sakh mit den 3

strichen, wo du aber nit darzu kommen khontest, so trag disen sakh widerumb zuruckh.» (Brügger, 1866, S. 62). Diese beiden «Gruben» konnten archäologisch bisher nicht sicher identifiziert werden. Es scheint jedoch denkbar, dass es sich bei einem der beiden Bergwerke um Ziteil (2849) handelte. Grundsätzlich lässt die obige Schilderung nicht an große, in Betrieb stehende Bergwerke, sondern eher an kleinere, aufgelassene Gruben denken, die nur noch ortskundigen Personen bekannt waren. Es wäre möglich, dass es sich dabei (auch) um bislang unbekannte, möglicherweise sogar urgeschichtliche Abbaue handelte.

Da genauere Angaben zur Lage der beiden Gruben fehlen, wurden keine Geländeinspektionen durchgeführt.

Untersuchungen

Keine

Datierung

Unbestimmt

Funde

Keine

Literatur

Brügger, 1866.

Igl Furn (2124)

Surses, Mulegn
2766675/154650, 1630 m ü. M. (unsichere Lokalisierung)
[nicht kartiert]

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 24

Beschreibung

Im unteren Bereich der Val Faller soll laut mündlicher Mitteilung des C. Brenn aus Mulegn bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts eine nicht genauer beschriebene «alte Ofenanlage» mit Schlacken sichtbar gewesen sein. Die Fundstelle sei möglicherweise durch eine große Lawine im Jahr 1951 zerstört worden. Bereits mehrere frühere Begehungen, u.a. durch J. Rageth und E. Brun im Sommer 1992, verliefen ergebnislos, weshalb auf eine neuerliche Nachsuche verzichtet wurde.

Untersuchungen

Keine

Datierung

Unbestimmt

Funde

Keine

Julierstraße (18638)

Surses/Silvaplana
Keine Koordinatenangabe
[nicht kartiert]

Beschreibung

In einem Schreiben vom 5. August 1937 teilte M. Stecher-Arquint aus Tarasp dem Förster und Bündner Archäologie-Pionier W. Burkart Folgendes mit: «Durch Zufall fand ich bei Arbeit an der Julierstraße Rückstände eines Erzfens.» (Archiv ADG, Fundstellendossier 18638). Angaben zur Ausgestaltung dieses Ofens oder zu seiner genauen Lage sind in diesem Schreiben nicht enthalten. Stecher-Arquint berichtet lediglich, dass er sich im Nachgang seiner Entdeckung auf die Suche nach dem entsprechenden Erz gemacht und solches auch gefunden habe – jedoch wiederum ohne weiterführende Angaben zur Lage der Vererzung.

Die Verdachtsfläche lässt sich leider auch mit Hilfe von alten Kartenwerken oder Luftbildern nicht sicher eingrenzen. Grundsätzlich muss daher die gesamte Länge der Julierpassstraße – inklusive Engadiner Seite – als Verdachtsfläche gelten. Besonders plausibel erscheint aufgrund der fehlenden Ortsbezeichnung eine Lokalisierung im eigentlichen Passbereich, also zwischen Bivio und Silvaplana.

Untersuchungen

Keine

Datierung

Unbestimmt

Funde

Keine

Plaz Fravesch (69476)

Surses, Riom-Parsonz
2762359/1162601, 1849 m ü. M.
[nicht kartiert]

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 34

Beschreibung

E. Brun zufolge hat R. Sablonier aus Zürich nach einem Gewitter in einem erodierenden Bach in der Flur Plaz Fravesch ausgeschwemmte Schlacken beobachtet. Eine Geländeinspektion E. Bruns verlief jedoch negativ – möglicherweise liege hier eine Verwechslung mit braunen Schieferplättchen vor.

Die Koordinaten bezeichnen die Lage der Flur Plaz Fravesch.

Untersuchungen

Keine

Datierung

Unbestimmt

Funde

Keine

Tignas Soura (69480)

Surses, Riom-Parsonz
2763392/1162780, 1570 m ü. M.
Karte B.5

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 27

Beschreibung

Gemäß den Aufzeichnungen von E. Brun wurden «Auf markantem Hügel [...] von J. Krättli Schlacken gefunden.» (Brun [o.J.], Eintrag 27). Funde, Lagekoordinaten oder weiterführende Angaben zu dieser Fundstelle liegen nicht vor. Es ist daher unklar, auf welchem «markanten Hügel» J. Krättli in Tigignas Schlacken fand. Es dürfte sich entweder um eine weitere Schlackenfundstelle oder aber um eine unpräzise Flurbezeichnung für die Fundstelle Tigignas Sot I (2533) handeln, die im Fundstelleninventar E. Bruns ebenfalls als «markanter Hügel» bezeichnet wird und nur wenige Hundert Meter von der Flur Tigignas Soura entfernt liegt.

Untersuchungen

Keine

Datierung

Unbestimmt

Funde

Keine

nachbarten Talschaften vergleichbar sind. Eine weiterführende Ansprache oder Datierung der Funde ohne Befundkontext oder naturwissenschaftliche Analysen ist derzeit nicht möglich.

Trotz mehrfacher Geländebegehungen ist es 2014 und 2015 jedoch nicht gelungen, weitere solcher Funde zu bergen oder das Fundstellenareal genauer einzugrenzen. Möglicherweise ist die Fundstelle durch Meliorationsarbeiten weitgehend zerstört bzw. abgetragen oder überprägt worden.

Untersuchungen

Begehung; Bohrungen

Datierung

Unbestimmt

Anmerkung: H. Stäbler (1978, S. 37) schlägt eine Datierung der Schlackenfunde ins frühe 18. Jahrhundert vor.

Typologische Datierung

Für eine sichere typologische Ansprache ist die Anzahl vorliegender Schlackenfragmente zu gering.

Funde

Vier Schlackenfragmente (unbestimmten Typs)

Literatur

Annaheim, 1930; Stäbler, 1978; Stoffel, 2003.

B.6 Kontext**Alp Bles (186)**

Bregaglia, Soglio

2757917/1143214, 1955 m ü. M.

Karte B.13

Konkordanz

Alternative Bezeichnungen: Blaisermunda; Madristal; Palü I

Beschreibung

H. Annaheim berichtet im Bündner Monatsblatt von 1930, dass er «im Sommer 1928 im Madris [...] Schlackenreste, die auf stattgehabte Eisenerzgewinnung schliessen lassen» gefunden habe. Die besagte Fundstelle befindet sich Annaheim zufolge auf dem sog. Preda-Riegel, einem Geländerrücken zwischen der Alp Bles und der Alp Preda. An dessen Nordabfall sollen in kleinen Bachanrissen einzelne und «zu Nestern zusammengeschwemmte Eisenerzschlacken» von bis zu Faustgröße zu finden sein. Die Schlacken beschreibt Annaheim als dunkel mit viel roten Eisenoxiden und hin und wieder «blau angelaufene Stellen (Kupfer?)». Die eigentliche Schlackenhalde vermutete er im Bereich der Hügelkuppe oder im näheren Umfeld des Fundpunktes unter der Humusdecke. Hinweise auf verhüttungstechnische Strukturen lagen nicht vor. In jüngerer Vergangenheit hat auch D. Pedrett (Andeer) in diesem Gebiet vier Schlackenfragmente gefunden, die einer ersten makroskopischen Begutachtung zufolge zwar möglicherweise auch mit Kupfergewinnung in Zusammenhang stehen könnten, jedoch nur bedingt mit den urgeschichtlichen Verhüttungsschlacken aus den be-

Cruschetta (3909)

Surses, Tinizong-Rona

2768900/1161420, 1608 m ü. M.

Karte B.7

Konkordanz

Alternative Bezeichnungen: Plaztegn; La Gruba (ADG)

Beschreibung

Oberhalb des Zusammenflusses des Err- und Colm-Baches, im oberen, östlichen Bereich der Val Mulegna befinden sich die Überreste eines ehemaligen Vitriolwerks. Mindestens von 1818 bis 1827 wurden hier aus den Erzen der Tinzer Ochsenalp (Avagna-Ochsenalp (3911)) kristallwasserhaltige Sulfate (Vitriol) gewonnen. Von einer kurzen aber intensiven Produktionsphase zeugen sowohl ausgedehnte, tiefrot gefärbte Halden aus Vitriolrückständen als auch verschiedene bauliche Reste (Terrassierungen, Mauern). Die Anlage wurde bisher nicht systematisch untersucht oder dokumentiert und kann daher nicht genauer rekonstruiert werden. Ob aus den abgebauten Erzen auch Metalle extrahiert wurden, ist unklar. Eine Ofenstruktur von ca. 4 m Durchmesser lässt dies zwar vermuten, Schlackenfunde oder andere Belege fehlen jedoch bisher.

Untersuchungen

Keine

Datierung

19. Jahrhundert

Literatur

Brun, 1987; Krähenbühl und Brun, 1987.

Falotta II (68555)

Surses, Tinizong-Rona
2769335/1158154, 2141 m ü. M.
Karte B.7

Beschreibung

Die Manganerzlagerstätten von Falotta liegen knapp 3 km östlich des Piz d'Err, westlich oberhalb der Alp Sur-negn und der Alp digl Plaz. Sie wurden erst gegen Ende des zweiten Weltkrieges Gegenstand systematischen Abbaus. Das Erz wurde an mehreren Stellen mit Press-lufthämmern im Tagebau gewonnen und schließlich mit einer Seilbahn über die Alp digl Plaz nach Rona an der Julierstraße transportiert. Die Weiterverarbeitung der Erze erfolgte dann in Wimmis am Niesen.

Die Spuren dieses kurzzeitigen Tagebaus sind im Gelände noch deutlich sichtbar, wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung jedoch nicht dokumentiert oder untersucht.

Untersuchungen

Keine

Datierung

1940er Jahre

Literatur

Brun, 1987; Glauser, 1945.

Flecs (2833)

Surses, Salouf
2764071/1166589, 1099 m ü. M.
Karte B.4

Konkordanz

Alternative Bezeichnungen: Flex; Eisenwerk am Stein

Beschreibung

Das «Eisenwerk am Stein» wird 1828 durch M. Vasell ca. 650 m nordöstlich unterhalb von Salouf, an der Mündung des Balandegn Baches in die Julia errichtet. Es bestand aus einem Floß-/Hochofen, einer Hammerschmiede mit Kohlemagazin und einer Hammerschmiede mit Frischofen und Wasserrad. Zum Industriekomplex gehörten daneben ein Wohnhaus und ein Stall. In Flecs wurden Erze aus verschiedenen Bergwerken des Oberhalbsteins geschmolzen, z.B. vom Schmorrasgrat oder aus Gruba. Bereits um die Mitte desselben Jahrhunderts war aber die Blütezeit des Werks verstrichen, trotzdem wurde es vermutlich noch bis ins beginnende 20. Jahrhundert weiterbetrieben.

Ein Großteil der teilweise noch erhaltenen Gebäude und Anlagen fiel 1945 dem Bau eines Kraftwerkstollens zum Opfer.

Die noch vorhandenen Ruinen nahe der Julia und des Balandegn Baches wurden 1979–1984 durch die Freunde des Bergbaus Graubünden dokumentiert, saniert und für Besichtigungen gesichert.

Untersuchungen

Keine

Datierung

18.–19. Jahrhundert

Funde

Schlacken (neuzeitlich, nicht untersucht); Erze

Literatur

Brun, 1987.

Grevasalvas (18261)

Surses, Bivio
2774620/1146976, 2249 m ü. M. (Tagebau mit Halde)
1146857/2774602, 2477 m ü. M. (verbrochener Untertagebau)
2774625/1146829, 2470 m ü. M. (Tagebaurinne)
Karte B.12

Konkordanz

Schaer, 2003: W

Alternative Bezeichnung: Leg Grevasalvas

Beschreibung

Das Gebiet Grevasalvas bezeichnet einen Geländekessel südwestlich oberhalb des Julierpasses auf ungefähr 2500 m ü. M. Im Bereich der hier anstehenden Vererzungen sind verschiedentlich Abbauspuren sichtbar.

Von Norden kommend, ist als erstes ein Tagebau von mindestens 5 m × 10 m Fläche mit zugehöriger Halde zu erwähnen, der am Süden der Moorebene im Zentrum des Geländekessels, ca. 50 m westlich des Wanderwegs über die Fuorcla Grevasalvas liegt. Etwa 110 m südlich davon findet sich ein mehrheitlich verbrochener, oberflächennaher Untertagebau von ca. 8 m Länge. Die hier abgebaute, massive Bleiglanz-Pyrit-Vererzung steht am Stollort noch gut erkennbar an. Nur gerade 30 m südöstlich dieses Abbaus ist eine mindestens 20 m lange, Nordost-Südwest orientierte Tagebaurinne erkennbar. Im umliegenden Gelände sind weitere vergleichbare Abbaustrukturen zu erwarten.

Das weitläufige Gebiet wurde jedoch nicht umfassend prospektiert und dokumentiert, da die hier anstehenden Bleiglanz-Pyrit-Vorkommen mit großer Wahrscheinlichkeit nicht in der Urgeschichte, sondern erst in historischer Zeit abgebaut wurden. Genauere Hinweise zur Datierung der verschiedenen Abbaustellen (z.B. durch Bohrlöcher, Werkzeugfunde o.ä.) sind bisher nicht gegeben.

Untersuchungen

Begehungen

Datierung

Unbestimmt

Funde

Keine

Literatur

Brun, 1987; Saager, 1962.

Gruba V (1856)

Surses, Marmorera
2769055/1153150, 1843 m ü. M.
Karte B.10

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 14; Schaer, 2003: 36
Alternative Bezeichnung: Mottas (Brun, [o.J.]; Schaer, 2003);

Beschreibung

Östlich der heutigen Marmorera-See-Staumauer erhebt sich ein gut 200 m hoher Hügelzug. Zwischen dieser Motta und der eigentlichen östlichen Talflanke erstreckt sich eine ca. 500 m lange und bis zu 100 m breite Moorebene. An deren südwestlichem Rand befindet sich – unmittelbar südlich unterhalb des Pingenzuges Gruba II (1854) – eine Ofenanlage unbekannter Funktion und Zeitstellung.

Der Ofen misst ca. 4,5 m × 4 m im Durchmesser und wird anhand von typologischen Argumenten gemeinhin als Kalkbrennofen angesprochen. Da sich hier jedoch nur vereinzelt kleine Kalkklümpchen finden und im näheren Umfeld kein nutzbares Kalksteinvorkommen bekannt ist, könnte es sich allenfalls auch um eine verhüttungstechnische Struktur handeln – möglicherweise aus dem Kontext mittelalterlicher oder frühneuzeitlicher Erzverhüttung.

Im Umfeld dieser Struktur wurden gemäß A. Schaer und E. Brun auch einzelne Schlackenfragmente gefunden. Für eine sichere Ansprache der Schlacken als (prä-historische) Kupferverhüttungsschlacken ist die Probenmenge von weniger als zehn Stück jedoch nicht ausreichend. Da bei wiederholten Begehungen keine neuen Schlackenfunde dokumentiert werden konnten, müssen die entsprechenden Altfunde vorläufig als Streufunde klassifiziert werden.

Eine vergleichbare, wohl ebenfalls als Kalkbrennofen anzusprechende Struktur ist aus dem nördlichen Bereich des Moorgebiets bei Gruba bekannt (vgl. Archiv ADG, Fundstellendossier 1850).

Untersuchungen

Begehungen

Datierung

Unbestimmt

Funde

Schlacken; wenig Quarz- und Kalkklümpchen

Literatur

Schaer, 2003.

Mulegn (3913)

Surses, Tinizong-Rona
2767495/1160745, 1245 m ü. M.
Karte B.7

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 46
Alternative Bezeichnung: Alte Mühle Tinizong (Brun, [o.J.]

Beschreibung

Bei der alten Mühle, ca. 400 m südöstlich von Tinizong, entdeckte J. Krättli aus Riom 1995 eine kohlig-brandige Schicht in einem Straßenböschungprofil. Bei einer Untersuchung der Situation durch den Archäologischen Dienst Graubünden konnte unmittelbar nördlich der Mühle eine ca. 3 m lange, 10–12 cm dicke, kohlig-brandige, rötlich-brandige Schicht dokumentiert werden. Wenig entfernt davon wurden einige Schlackenbrocken beobachtet, die J. Rageth mit neuzeitlichem Eisenerz- oder Manganbergbau in Verbindung brachte.

2015 wurden dann im südwestlich angrenzenden Wiesengelände bei Grabenbauarbeiten für ein neues Kraftwerk ca. 40 m westlich dieses Fundpunktes vergleichbare Befunde dokumentiert. Dem geborgenen Schlackenmaterial sowie einer ¹⁴C-Datierung zufolge handelt es sich hierbei um die Überreste einer spätmittelalterlichen Eisenschmelze.

Untersuchungen

Begehung; Baubegleitung

Datierung

Spätmittelalter

¹⁴C-Datierung

ETH-63978: 501 ± BP; 1408–1442 cal. AD (2-σ)
(FK 33757.2: Holzkohle, Grabenprofil)

Dendrochronologische Datierung

Die eine untersuchte Holzkohleprobe konnte nicht dendrochronologisch datiert werden.

Funde

Schlacken (Eisenverhüttung)

Literatur

Rageth, 1995b.

Parsettens (68557)

Surses, Tinizong-Rona
2772022/1160236, 2319 m ü. M. (Tagebau I)
2772184/1160448, 2250 m ü. M. (Tagebau II)
Karte B.8

Beschreibung

Die Manganerzlagerstätten von Parsettens liegen auf der Südwestseite der Val d'Err, am Weg über die Furschela da Colm zur Ochsenalp. Das Vorkommen wurde während des ersten und zweiten Weltkrieges im Bereich zweier unterschiedlicher Abbaustellen im Tagebau intensiv ausgebeutet. Insgesamt sollen hier fast 20 000 t Erz abgebaut worden sein. Ausgedehnte Radiolarit-Halden zeugen heute noch von diesem intensiven, kurzzeitigen Abbau. Das Erz wurde über eine Standseilbahn, deren 200 m langer Bremsberg heute im Gelände stellenweise noch sichtbar ist, in die Val d'Err transportiert und hier auf Fuhrwerke umgeladen. Die Weiterverarbeitung der Erze erfolgte dann in Wimmis am Niesen.

Untersuchungen

Begehung

Datierung

20. Jahrhundert

Funde

Keine

Literatur

Brun, 1987; Glauser, 1946.

Plang Pegn I–IV (3866; 3868; 3870; 3872)

Albula, Tiefencastel

2764575/1168300, 1220 m ü. M. (Plang Pegn I: Rampe)

2764525/1168335, 1195 m ü. M. (Plang Pegn II: Schmiede?)

2764650/1168490, 1245 m ü. M. (Plang Pegn III: Knappenhau?)

2764650/1168550, 1230 m ü. M. (Plang Pegn IV: Grube/Halde)

Karte B.4

Konkordanz

Schaer, 2003: B

Alternative Bezeichnung: Tgant Ladrung (Schaer, 2003)

Beschreibung

Von der historisch bezeugten, im Wesentlichen durch die Bergbaugesellschaft Tiefencastel im frühen 19. Jahrhundert betriebenen Grube «zu Tiefencastel» sind heute im Gelände noch verschiedene Strukturen erhalten – allem voran eine mächtige, ca. 70 m × 40 m große Bergehalde (Plang Pegn IV (3872)). An der Oberkante der Halde ist bzw. war E. Brun zufolge noch eine auf 30 m befahrbare Grube (Verbruch) vorhanden. Direkte Hinweise auf ältere Abbauaktivitäten sind hier bislang nicht gegeben.

Am Fuße dieser Halde ist heute noch deutlich eine teilweise durch Trockenmauerwerk gestützte Verladerrampe (Plang Pegn I (3866)) von ca. 2–4 m Breite erhalten. Sie nimmt am südlichen Ende des Haldenfußes ein abruptes Ende und dürfte zum Abtransport des gehauenen Erzes gedient haben.

Das Bergwerksareal umfasst außerdem die Überreste zweier Gebäude:

Unmittelbar nördlich der Verladerrampe sind die Überreste mindestens eines Steingebäudes (ca. 8 m × 10 m) sowie einer weiteren Trockensteinkonstruktion (ca. 9 m × 4,7 m) erkennbar. Gemäß Oberflächenfunden aus den 1980er Jahren könnte es sich hierbei um die ehemalige Bergschmiede handeln.

Ein einzelnes, ca. 5 m × 5 m großes Blockhaus in einer Abhang-Situation war J. Rageth zufolge bei einer Begehung 1993 bereits stark zerfallen. Bei diesem Blockbau könnte es sich um eine ehemalige Knappenunterkunft aus dem frühen 19. Jahrhundert handeln, die noch bis weit ins 20. Jahrhundert als Jagdhütte Verwendung fand.

Untersuchungen

Keine

Datierung

19. Jahrhundert

Literatur

Brun, 1987.

Schmorrasgrat (2541)

Surses, Riom-Parsonz/Ferrera

2758079/1156649, 2616 m ü. M. (Abbau)

2758099/1156510, 2590 m ü. M. (Knappenhau?)

2758477/1156687, 2422 m ü. M. (Knappenhau?)

Karte B.6

Beschreibung

Auf dem Schmorrasgrat – auf gut 2600 m Höhe – wurden im 18. und 19. Jahrhundert verschiedentlich Hämatiterze abgebaut, wovon ausgedehnte Bergehalden, Gruben und andere Spuren (z.B. haufenweise aufbereitetes, aber nicht mehr abtransportiertes Erz) heute noch zeugen. Der Abbau ist teilweise durch Schriftquellen belegt, insbesondere für die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts. Die Fundstelle liegt mehrheitlich auf dem Gemeindegebiet von Ferrera.

Unmittelbar östlich des neuzeitlichen Tagebaus am Schmorrasgrat findet sich die Ruine eines Knappenhauses. Die Überreste einer weiteren Knappenunterkunft sollen sich ca. 650 m südwestlich oberhalb der Schmorrasalp auf 2140 m ü. M. finden.

Untersuchungen

Keine

Datierung

18.–19. Jahrhundert

Funde

Keine

Literatur

Stähler, 1978; 1981; Krähenbühl, 1991; Brun, 1987; Stähler, 2015.

Tect (2927)

Surses, Savognin

2765430/1163260, 1250 m ü. M.

Karte B.5

Konkordanz

Brun, [o.J.]: 29; Schaer, 2003: 18

Beschreibung

Bei Bauarbeiten in einem Wohnquartier im Zentrum von Savognin dokumentierte J. Rageth 1975 in einem Kanalisationsgraben sowie in der Baugrube des künftigen Hotels Alpina verschiedene Befunde. Neben einem dunklen Profilsack mit viel Knochenmaterial stellte er in der Baugrube eine rötliche Brandschicht fest. In einem angrenzenden Kanalisationsgraben war eine dicke Kohleschicht aufgeschlossen und im Aushub des Grabens fanden sich diverse Schlacken. Gemäß einer makroskopischen Beurteilung des Fundmaterials handelt es sich dabei jedoch nicht um prähistorische Verhüttungsschlacken (vgl. auch O Padnal (2957)).

Untersuchungen

Keine

Datierung

unbestimmt

Funde

Schlacken; Knochen

Literatur

Schaer, 2003.

Vardaval (3910)

Surses, Tinizong-Rona

2767270/1160470, 1238 m ü. M.

Karte B.7

Konkordanz

Alternative Bezeichnungen: Windegg; Fanc; Schmelze von Tinzen; Am Fanch (ADG)

Beschreibung

Bei Vardaval südlich von Tinizong handelte es sich um die größte Schmelze, die im Oberhalbstein je errichtet wurde. Sie war zwischen 1826 und 1830 durch eine französische Gesellschaft errichtet worden, hat jedoch wegen Fehlplanungen und politischen wie finanziellen Problemen niemals ihren Betrieb aufgenommen.

Die Schmelze umfasste vier Gebäude von 16 m × 13 m Fläche und 3–4 m Höhe, eines davon war die eigentliche Schmelzhütte. Noch weit bis ins 20. Jahrhundert waren die Ruinen dieser Anlage auf der Flur Fancy zu sehen, bevor sie um 1970 schließlich abgerissen wurden, um das Gelände landwirtschaftlich besser nutzen zu können. Eine einzelne Mauer sowie saisonal aufscheinende Bewuchsmerkmale zeigen aber noch heute die ursprüngliche Lage der Gebäude an.

Untersuchungen

Keine

Datierung

19. Jahrhundert

Funde

Keine

Literatur

Brun, 1987.

C Datentabellen Fundaufnahme

Im Folgenden werden die vollständigen Datensätze der Fundaufnahme zur typologischen und morphologischen Untersuchung der Verhüttungsschlacken (s. Kapitel 3) aufgeführt. Sämtliche Daten sind auch in der Funddatenbank des Archäologischen Dienstes Graubünden (IM-DAS) verzeichnet und die Funde werden im entsprechenden Materialdepot gelagert.

C.1 Datentabelle Haldenproben

Schlackentyp

SK: Schlackenkuchen

MS: Massive Schlacken

PS-A: Plattenschlacken Subtyp A (1,0–1,45 cm Dicke)

PS-B: Plattenschlacken Subtyp B (0,5–0,95 cm Dicke)

PS-C: Plattenschlacken Subtyp C (bis 0,45 cm Dicke)

Fundstelle	Schlackentyp	Anzahl Fragmente	Gewicht (g)	Volumen (cm ³)	Dichte (g/cm ³)
Clavè d'Mez IV	SK	165	1352	540	2,50
	MS	172	2513	850	2,96
	PS-A	321	2299	750	3,07
	PS-B	156	852	290	2,94
	PS-C	0	0	0	0,00
	unbest.	1000	562	220	2,55
Val Faller Plaz	SK	134	2671	860	3,11
	MS	203	10322	3080	3,35
	PS-A	198	3073	900	3,41
	PS-B	144	1812	490	3,70
	PS-C	54	645	160	4,03
	unbest.	191	459	145	3,17
Gruba I	SK	161	787	290	2,71
	MS	267	4156	1350	3,08
	PS-A	226	2277	730	3,12
	PS-B	109	432	150	2,88
	PS-C	0	0	0	0,00
	unbest.	201	185	85	2,18
Scalotta I	SK	389	880	300	2,93
	MS	296	5207	1605	3,24
	PS-A	472	3077	935	3,29
	PS-B	194	699	215	3,25
	PS-C	0	0	0	0,00
	unbest.	1052	1394	440	3,17

C.2 Datentabelle Fundkomplexe

Die Fundkomplexe werden nach Fundstellen gruppiert aufgeführt (alphabetisch). Innerhalb derselben Fundstelle sind die Einträge nach Fundkomplexnummern sortiert.

Fundstelle

Fundort des Fundkomplexes; unsichere Fundstellenzuweisungen werden in [] gesetzt.

Fundkomplex

Fundkomplexnummer in der Datenbank des Archäologischen Dienstes Graubünden (IMDAS).

Einzelobjekte

- 0: keine Einzelobjekte aus diesem Fundkomplex detailliert erfasst
- 1: Einzelobjekt(e) aus diesem Fundkomplex detailliert erfasst (vgl. Anhang C.3)

Erhaltung

- 0: unbestimmt
- 1: schlecht
- 2: schlecht-mittel
- 3: mittel
- 4: mittel-gut
- 5: gut

Abkürzungen

- SK: Schlackenkuchen
- MS: Massive Schlacken
- PS-A: Plattenschlacken Subtyp A (1,0–1,45 cm Dicke)
- PS-B: Plattenschlacken Subtyp B (0,5–0,95 cm Dicke)
- PS-C: Plattenschlacken Subtyp C (bis 0,45 cm Dicke)
- L: Länge
- B: Breite
- D: Dicke
- Cu-Sek.-Min.: Kupfersekundärmineralbildung
- Fe-Sek.-Min.: Eisensekundärmineralbildung

Magnetismus

- 0: kein
- 1: wenig
- 2: wenig-mittel
- 3: mittel
- 4: mittel-stark
- 5: stark
- 6: stark-sehr stark
- 7: sehr stark

Brandspuren / Sekundärminerale

- 0: keine
- 1: vorhanden

Bemerkung

- B: blasige Fragmente
- G: Fragmente mit glasiger Matrix
- U: Zuweisung unsicher oder untypische Fragmente (SK), (MS), (PS-A), (PS-B), (PS-C): Abgrenzung zu diesem Schlackentyp unsicher

C.3 Datentabelle Fundobjekte

Die Fundobjekte werden nach Fundstellen gruppiert aufgeführt (alphabetisch). Innerhalb derselben Fundstelle sind die Einträge nach Schlackentypen (typologisch) sortiert.

Fundstelle

Fundort des Fundobjekts; unsichere Fundstellenzuweisungen werden in [] gesetzt.

Fundobjekt

Fundobjektnummer in der Datenbank des Archäologischen Dienstes Graubünden (IMDAS).

Schlackentyp

SK: Schlackenkuchen
 SK*: Schlackenkuchen am Übergang zu massiver Schlacke
 MS: Massive Schlacke
 MS*: Massive Schlacke am Übergang zu Schlackenkuchen
 PS-A: Plattenschlacke Subtyp A (1,0–1,45 cm Dicke)
 PS-B: Plattenschlacke Subtyp B (0,5–0,95 cm Dicke)
 PS-C: Plattenschlacke Subtyp C (bis 0,45 cm Dicke)
 TK: Typenkombination
 VO: Verschlackte Ofenkeramik
 VS: Verschlackter Stein
 Z/T: Zapfen/Tropfen

Randstück – Werkzeugnegativ – sonstige Besonderheiten

0: nein
 1: ja
 1*: ja, aber nicht detailliert dokumentiert (z.B. wegen schlechter Erhaltung)
 2: unsicher

Randform

1a: mehrlagiger, wulstiger Rand, frei auslaufend
 1b: mehrlagiger, wulstiger Rand mit Kante
 2a: abgeschrägter Rand
 2b: abgeschrägter Rand mit Randwulst (Unterseite)
 3a: neutrale, abgerundete Randform
 3b: Rand mit schwacher Randlippe (Unterseite)
 3c: Rand mit deutlicher Randlippe (Unterseite)
 3x: nicht genauer bestimmbarer Rand der Form 3

Radius

An größeren Randstücken mittels Schablone ermittelter Näherungswert zur Rekonstruktion des Objektradius.

-: keine Angabe

Randwinkel

Neigungswinkel des Schlackenrandes (Oberseite-Randfläche)

Matrix

nb: nicht bestimmbar
 he heterogen
 g-he: glasig-heterogen
 m: mittel
 g-m: glasig-mittel
 ho: homogen
 g-ho: glasig-homogen

Blasengröße

++: groß
 +: mittel
 -: klein
 --: sehr klein

Anzahl Blasen

++: viele
 +: mittel
 -: wenige
 --: keine

Oberseite

allgemeine Beschaffenheit der Schlackenoberfläche
 b: blasig/unruhig
 f: flach
 w: wulstig

Merkmale Oberseite

B: Bruch
 B+: Blasen positiv
 BG: Blasen geplatzt
 BT: Blasenteppich (oberflächlich)
 NH: Negativabdrücke von Holz(kohle)
 P: mit kleinen Pocken überzogen (oberflächlich)
 S: Spritzer
 T: Tropfen
 W: Wellen/Runzeln

Unterseite

allgemeine Beschaffenheit der Schlackenoberfläche
 f: flach
 gu: gewellt, uneben
 ks: kleinteilig strukturiert (Abdrücke), eben
 wks: wulstig, kleinteilig strukturiert (Abdrücke), uneben
 wt: wulstig, stark texturiert

Merkmale Unterseite

B: Bruch
B-: Blasen negativ
BG: Blasen geplatzt
BT: Blasenteppich (oberflächlich)
NH: Negativabdrücke von Holz(kohle)
T: Tropfen
W: Wellen/Runzeln
Z: Zapfen
WN-T: Werkzeug-Negativ-Tropfen

Werkzeugnegativ Form

p: parallel
z: zulaufend
nb: nicht bestimmbar

Werkzeugnegativ Querschnitt

e: eckig
hr: halbrund/abgerundet
r: rund
nb: nicht bestimmbar

Werkzeugnegativ Ende

e: eckig
r: rund
s: spitz
nb: nicht bestimmbar

Werkzeugnegativ Textur

k: keine
h: Holz
nb: nicht bestimmbar

Werkzeugnegativ Anzahl

e: einzeln
w: wiederholt, «gestochert»
m: mehrere
nb: nicht bestimmbar

Sekundärminerale

Cu: Kupfersekundärmineralbildung
Fe: Eisensekundärmineralbildung
S: Schwefelsekundärmineralbildung

Maßangaben

k.A.: keine Angabe (bereits pulverisiertes Fragment)

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ	anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Blasengröße	Anzahl Blasen	Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik	
Alp Es-cha Dadour	1674.1.1	SK	1	0	1	1b	-	40	he	++	++	w	B+	wks	NH;T							Fe;S	18,5	11,7	5,40	1095		
Alp Es-cha Dadour	1674.1.2	PS-A	1	0	0	3a	-	-	he	++	+	b	B+	gu	BG;B;T								Fe;S	11,1	7,1	1,40	129	
Alp Es-cha Dadour	1674.1.3	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	B+	f									Cu	4,3	3,2	0,60	30	
Alp Es-cha Dadour	1674.1.4	PS-C	0	0	1				ho	-	-	f	W	f	W								Cu;Fe;S	8,4	6,0	0,35	34	
Alp Flix I	32662.9.4	SK	1	0	0	1a	-	-	he	+	++	w		wks	NH;T								Fe	5,0	4,1	2,50	55	
Alp Flix I	32662.9.5	MS	1	0	1*	3a	-	-	m	-	-	f	B;BG	gu	B-								Cu;Fe	5,0	3,9	2,00	61	
Alp Flix I	32662.9.6	MS	0	1	0				m	-	-	f		wt		nb	e	nb	k		1,0	e	Fe	3,4	2,6	1,80	20	
Alp Flix I	32662.9.7	MS	0	1	0				nb	-	-	f	P;W	wt	BG;B;T	nb	nb	nb	k		0,8	e	Fe	8,6	5,1	1,80	158	
Alp Flix I	32662.9.8	MS	0	2	0				m	++	+	f		wt	T								Fe;S	5,6	4,6	4,20	155	
Alp Flix I	32662.9.10	PS-A	0	1	0				he	-	-	f	BT	gu	BT	nb	r	nb	k		2,4	e	Fe	4,2	3,1	1,40	28	
Alp Flix I	32662.9.11	PS-A	0	1	0				ho	-	-	f	BT	gu	BT	nb	hr	nb	k		1,2	e	Fe	4,5	2,1	1,20	13	
Alp Flix I	32662.9.3	PS-A	0	1	1				he	-	-	f	B;BT	wt	T	p	hr	r	k		1,2	e	Fe	6,0	5,0	1,20	50	
Alp Flix I	32662.9.9	PS-A	1*	0	0				m	-	-	f	BT	gu									Fe	2,5	2,1	1,30	15	
Alp Flix I	32662.9.1	PS-B	1	2	0	3b	13	-	m	-	-	f	BT	f	BT								Fe;S	8,0	6,5	0,60	44	
Alp Flix I	32662.9.12	PS-B	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f	BG	f									Fe	3,5	1,9	0,80	9	
Alp Flix I	32662.9.13	PS-B	1	0	0	3b	-	-	m	-	-	f	B+;W	f									Fe	4,2	3,0	0,70	15	
Alp Flix I	32662.9.14	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f		gu									Fe	2,6	1,6	0,75	7	
Alp Flix I	32662.9.2	PS-B	0	1	1				m	-	-	f	BT	gu	B;-BT	p	hr	nb	nb		1,0	m	Fe	6,0	4,5	0,90	52	
Alp Flix II	32662.5.4	SK	1	0	1	1a	-	-	he	+	++	w	S;W	f									Fe	5,7	4,5	5,20	90	
Alp Flix II	32662.5.5	SK	0	2	1*				he	+	++	w		wt									Fe	5,8	4,2	5,20	86	
Alp Flix II	61379.1.1	SK	1	0	0	1a	-	-	he	++	++	w	S	wks	NH;T								Fe	7,4	5,6	3,60	110	
Alp Flix II	61379.1.2	SK	1	0	0	1a	-	-	m	+	++	w	BT	wks	BG								Fe	3,7	3,5	1,70	21	
Alp Flix II	18203.39.2	MS	1	0	0	2a	-	35	he	-	-	f	BT	f									Fe	3,4	2,9	1,80	30	
Alp Flix II	18203.39.5	MS	0	1	0				nb	-	-	f	BG;B+	wt	BG;B	p	hr	nb	k		1,3	e	Fe	4,9	4,2	2,60	87	
Alp Flix II	18203.40.1	MS	1*	1	0				m	-	-	f	BT	wt	Z	p	r	nb	k		0,9	e	Fe	3,1	3,0	1,50	23	
Alp Flix II	18203.40.3	MS	0	1	0				he	-	-	f	BT	gu	B	p	r	nb	nb		1,2	e	Fe	3,0	2,5	1,60	21	
Alp Flix II	32662.5.2	MS	1	0	0	2b	-	-	m	-	-	f		gu									Cu;Fe;S	2,5	2,0	1,50	21	
Alp Flix II	32662.5.6	MS	1	0	0	2a	-	30	nb	-	-	f	BG;BT	f									Fe	5,0	4,0	1,90	54	
Alp Flix II	32662.5.7	MS	1*	0	0				ho	-	-	f	BT	f									Fe	3,4	3,2	1,80	31	
Alp Flix II	32662.5.8	MS	0	1	1				m	+	-	f	BG	wt	BG;B;-B;T;W;WN-T	z	e	e	k		2,6	m	Cu;Fe;S	13,3	11,6	2,40	597	
Alp Flix II	32662.5.9	MS	0	1	0				m	-	-	f	BG;P	wt	WN-T	nb	nb	nb	nb		1,4	w	Fe	3,5	2,8	1,70	21	
Alp Flix II	32662.5.10	PS-A	0	2	1*				m	+	-	f	W	wt	B;-T								Fe	4,9	4,4	1,00	51	
Alp Flix II	61379.1.3	PS-A	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f	P	gu	B-								Fe	2,7	1,9	1,20	3	
Alp Flix II	18203.39.7	PS-B	1	0	0	3a	-	-	nb	-	-	f	BT	f	B-								Fe	3,9	3,1	0,80	22	
Alp Flix II	32662.5.11	PS-B	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f	BT	f									Fe	3,2	1,9	0,80	8	
Alp Flix II	32662.5.3	PS-B	0	1	0				ho	-	-	f	BT	f	WN-T	p	e	nb	nb		1,3	m	Fe	4,5	3,0	0,70	23	
Alp Flix III	18203.43.1	MS	1	0	0	2a	-	40	nb	-	-	f	B+;P	wks	B;-T								Fe	7,4	6,2	2,00	179	
Alp Ia Motta	18203.46.1	MS	0	1	0				he	-	-	f	BT	wt	B;-B	p	hr	nb	k		1,0	e	Fe	5,7	5,4	1,70	91	
Alp Ia Motta	1859.1.1	MS	1	1	0	2a	-	40	m	++	-	f	BT;P	wt	B;BT;WN-T	p	e	e	nb	2,3	m	Fe	6,7	6,4	3,30	152		
Alp Ia Motta	1859.1.2	MS	1	1	0	2b	-	45	ho	+	-	f		wt	B;T	nb	r	nb	k		0,8	e	Fe	4,8	3,0	2,00	44	
Alp Ia Motta	1859.1.3	MS	0	1	0				nb	-	-	f	BT	wt	B;WN-T	nb	r	nb	H		1,5	e	Fe	4,9	4,8	2,00	51	
Alp Ia Motta	1859.1.4	MS	0	1*	0				ho	-	-	f	BT	wt	BT								Fe	4,3	3,0	2,00	45	
Alp Ia Motta	1859.1.5	MS	0	1*	0				he	+	+	f	BT	wt	BT								Fe	3,5	3,5	1,60	22	
Alp Ia Motta	1859.1.6	MS	0	2	0				m	-	+	b	BT	wt	BT								Fe	4,4	4,2	1,60	39	
Alp Ia Motta	32662.2.1	MS	0	1	0				m	-	+	f	P;S;W	wt	BG;BT;NH	p	r	nb	H		1,7	m	Cu;Fe	7,0	5,0	3,00	158	
Alp Ia Motta	32662.2.2	MS	0	0	2				m	-	++	f	BT	wt									Fe	4,5	2,5	3,00	37	
Alp Ia Motta	32662.2.3	MS	1	0	0	2a	-	35	m	+	-	f	BT										Fe	4,2	4,2	2,10	74	
Alp Ia Motta	32662.2.4	MS	2	0	0				he	-	+	f	BG	gu	BT								Fe	3,5	2,6	1,75	31	
Alp Ia Motta	18203.45.1	PS-A	1	1	0	3b	-	-	ho	-	-	f	BT	f		p	e	nb	k		0,8	e	Fe	4,1	3,2	1,00	21	
Alp Ia Motta	1859.1.7	PS-A	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f	BT;S	wt	B;-T								Fe	7,7	6,1	1,40	69	
Alp Ia Motta	1859.1.8	PS-A	0	1	0				m	-	-	f	BG;B+BT			p	e	nb	k		1,4	e	Fe	3,8	3,4	1,40	32	
Alp Ia Motta	32662.2.5	PS-A	0	1*	0				m	-	-	f	BT	gu	B;B;T;Z								Fe	3,9	2,9	1,20	29	
Alp Ia Motta	32662.2.6	PS-A	1	0	0	3a	-	-	ho	-	+	f	BT	ks									Fe	3,1	2,7	1,20	13	
Alp Natons	18203.32.2	MS	0	1	0				m	+	-	f	BG;S	wt	B;T	p	hr	nb	k		1,0	e	Fe	6,2	5,5	2,50	147	
Alp Natons	18203.33.1	MS	1	0	0	2a	-	40	m	++	-	f	B	f	B-								Fe	4,8	3,1	1,60	37	
Alp Natons	18203.33.2	MS	0	1	0				m	-	-	f	B	f	B-	p	nb	nb	k		0,8	e	Fe	5,7	3,4	1,80	66	
Alp Natons	18203.35.3	MS	0	1	0				m	-	-	f	BG;B+	wt	B	p	hr	nb	k		1,5	e	Fe	4,5	4,2	2,40	85	
Alp Natons	18203.49.1	MS	1	1	0	2a	16	40	he	++	-	f	B+;BT;P	wt	B;-B;T;WN-T	p	e	nb	k		1,2	e	Fe	15,0	12,0	3,00	774	
Alp Natons	18203.33.4	PS-A	0	1	0				ho	-	-	f		wks	B	p	hr	nb	k		1,6	e	Fe	5,3	2,0	1,00	24	
Alp Natons	18203.35.5	PS-A	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f		f									Fe	2,8	2,3	1,10	13	
Alp Natons	18203.33.5	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	W	f									Fe	5,0	5,0	0,55	42	
Alp Natons	18203.33.6	PS-B	0	1	0				ho	-	-	f	W	f	B-	z	e	nb	k		1,7	e	Fe	3,2	3,0	0,70	19	
Alp Natons	32662.3.1	PS-B	0	1*	0				ho	-	-	f		f	BG								Fe	4,0	3,5	0,80	26	
Alp Natons	18203.33.7	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	B+;P	f										2,7	2,6	0,45	6	
Alp Natons	18203.33.8	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f		f										2,3	1,7	0,35	3	
Alp Natons	18203.33.9	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f		f									Fe	2,0	1,6	0,30	3	
Alp Natons	18203.35.6	PS-C	1	0																								

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Blasengröße	Anzahl Blasen Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik			
Brüscheda I	18631.1.19	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f								Fe	4,4	4,3	0,60	28				
Brüscheda I	18631.1.20	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f								Fe	4,0	1,6	0,85	10				
Brüscheda I	18631.1.21	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f								Fe	3,7	2,4	0,50	12				
Brüscheda I	18631.1.22	PS-B	0	1*	0				ho	-	-	f	BG							Cu;Fe	3,8	3,4	0,55	21				
Brüscheda I	18203.36.3	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f													2,7	2,5	0,20	4
Brüscheda I	18203.52.4	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f								Fe	3,8	2,5	0,35	8				
Brüscheda I	18203.52.5	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f								Fe	2,0	2,0	0,35	5				
Brüscheda I	18203.52.6	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f								Fe	2,7	2,1	0,40	7				
Brüscheda I	18203.52.7	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f								Fe	2,5	2,4	0,40	7				
Brüscheda I	18631.1.1	PS-C	0	1	0				ho	-	-	f								Fe	4,0	4,0	0,40	14				
Brüscheda I	18631.1.23	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		B		nb	nb	nb	H	1,0	e			Fe	5,0	3,0	0,40	16
Brüscheda I	18631.1.24	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	W							Fe	2,2	1,9	0,30	2				
Brüscheda I	18631.1.25	PS-C	0	2	0				ho	-	-	f								Fe	5,7	4,8	0,40	31				
Burgfelsen	18203.75.1	MS	1	2	0	2a	11	45	nb	-	-	f	BT	wt	B;T					Fe	7,1	6,2	1,80	1460				
Burgfelsen	18203.75.10	MS	1	0	0	2a	-	-	m	-	-	f	W	f	B;BT;W;Z					Fe	5,7	5,6	2,10	121				
Burgfelsen	18203.75.11	MS	1	0	0	2a	12	45	nb	++	-	f	BG;W	wt	B;BT					Fe	5,1	3,7	1,80	53				
Burgfelsen	18203.75.12	MS	1	0	0	3a	-	-	nb	-	-	f	BT	wt	B;BT					Fe	3,8	2,3	2,10	36				
Burgfelsen	18203.75.14	MS	1	0	0	3a	-	-	nb	-	-	f	BT	wt	B;G;T					Fe	4,3	3,3	1,70	36				
Burgfelsen	18203.75.16	MS	0	1	0				nb	+	-	f	BT;W	wt	B;BT;WN-T	p	hr	nb	k	1,1	e			Fe;S	10,2	6,2	2,60	3
Burgfelsen	18203.75.17	MS	0	1	0				ho	-	-	f	BT;W	wt	B;-BT;WN-T	p	e	e	k	0,9	e			Cu;Fe	7,0	6,5	2,10	128
Burgfelsen	18203.75.18	MS	0	1	0				nb	-	-	f	BG;BT;W	wt	B;G;-	p	hr	nb	k	1,2	e			Cu;Fe	6,9	6,8	2,30	129
Burgfelsen	18203.75.19	MS	0	1	0				m	+	-	f	BT	wt	B;-BT;T	p	hr	nb	k	1,5	e			Cu;Fe	6,9	6,4	2,40	122
Burgfelsen	18203.75.2	MS	1	2	0	2b	9	65	m	-	-	f	BT;W	wt	B;-BT;T;Z					Fe	6,6	6,2	2,50	194				
Burgfelsen	18203.75.20	MS	0	1	0				m	-	-	f	W	gu	B	p	e	s	k	1,2	e			Fe	5,2	4,4	1,70	54
Burgfelsen	18203.75.21	MS	0	1	0				m	-	-	f	BT	gu	B;G;WN-T	p	hr	nb	k	1,2	w			Fe	5,3	4,1	1,70	61
Burgfelsen	18203.75.22	MS	0	1	0				g-m	-	+	f	B+;S;W	gu	B;G;T;WN-T	z	hr	s	k	1,4	e			Fe	5,8	3,9	2,00	72
Burgfelsen	18203.75.23	MS	0	1	0				m	-	-	f	BT;S;W	wt	B;T;T	p	hr	nb	k	1,1	e			Fe	5,5	3,1	1,80	50
Burgfelsen	18203.75.25	MS	0	1	0				m	-	-	f	BT	gu		p	e	nb	k	1,5	e			Fe	3,6	3,1	1,80	36
Burgfelsen	18203.75.26	MS	0	1	0				ho	-	-	f	BT	gu		p	e	nb	k	1,5	e			Fe	3,3	3,2	1,50	29
Burgfelsen	18203.75.27	MS	0	1	0				m	-	-	f	BT;W	wt	B;T;W;WN-T	p	hr	nb	k	1,0	w			Fe	4,1	4,0	2,00	36
Burgfelsen	18203.75.3	MS	1	0	0	3a	20	-	nb	-	-	f	B;G;P	wt	B;-B;T					Fe	10,9	10,2	2,20	358				
Burgfelsen	18203.75.4	MS	1	2	0	2b	-	50	m	+	-	f	B+;BT	wt	B;T;T					Fe	6,3	6,2	2,80	149				
Burgfelsen	18203.75.5	MS	1	0	0	2a	-	35	m	+	-	f		wt	BT					Fe	6,9	4,4	3,10	143				
Burgfelsen	18203.75.8	MS	1	0	0	3a	-	-	m	+	+	f		wt						Fe	9,8	6,8	2,80	170				
Burgfelsen	18203.75.9	MS	1	0	0	2a	4	50	m	-	-	f	BT	wt	B;G;B					Fe	5,1	2,7	5,60	109				
Burgfelsen	18203.75.30	PS-A	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	B;BT	f	B;BT					Fe;S	6,2	5,0	1,40	70				
Burgfelsen	18203.75.31	PS-A	1	0	0	2a	-	45	m	-	-	f	BT;W	gu	B;T;T					Cu;Fe;S	3,5	2,8	1,30	25				
Burgfelsen	18203.75.32	PS-A	0	1	0				ho	-	-	f	BT	wks	B;-B;BT	p	r	nb	k	1,0	e			Fe	4,7	4,1	1,40	76
Burgfelsen	18203.75.34	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	P;W	f	B-					Fe	5,4	4,4	0,60	39				
Burgfelsen	18203.75.35	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	+	-	f	P;W	f	B-					Fe	5,5	5,4	0,75	50				
Burgfelsen	18203.75.36	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	P;W	f						Fe	3,0	2,5	0,55	9				
Burgfelsen	18203.75.37	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f						Fe	3,2	2,7	0,55	10				
Burgfelsen	18203.75.38	PS-B	0	1	0				ho	-	-	f	W	f	B-	z	e	s	k	0,5	e			Fe	5,9	3,8	0,70	31
Burgfelsen	18203.75.39	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	W	f											6,5	3,8	0,40	27
Burgfelsen	18203.75.40	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	W	f											3,4	3,3	0,40	12
Burgfelsen	18203.75.41	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	P	f											2,4	2,2	0,45	9
Caschegna	18203.13.1	MS	1	0	0	2b	14	40	he	-	-	f	B+	wt	B;T					Fe	5,2	4,1	2,20	43				
Caschegna	282.1.1	MS	1	0	1	2b	17	40	m	+	+	b	B+;W	wt	B;-T;W					Fe	16,0	15,3	3,00	823				
Caschegna	282.1.2	MS	0	0	0				m	-	-	f		wt						Cu;Fe	3,3	2,5	3,20	22				
Caschegna	18203.13.2	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f	W					Fe	3,4	3,1	0,50	15				
Caschegna	18203.13.6	PS-B	1	0	0	3b	-	-	m	-	-	f	B+	f	W					Fe	3,8	3,2	0,50	14				
Caschegna	18203.13.7	PS-B	1	0	0	3x	-	-	ho	-	-	f	B+;W	f	T;W					Fe	2,5	1,5	0,60	4				
Caschegna	32662.18.1	PS-B	1	0	1	3c	4	-	ho	-	-	f		f						Fe	3,0	2,0	0,80	16				
Caschegna	18203.13.8	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	S	f	W									2,1	2,0	0,30	3	
Caschegna	18203.13.9	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f		f	B-									2,3	1,9	0,30	4	
Clavé d'Mez I	1863.7.1	SK	0	0	1				he	+	+	w		ks	NH					Fe;S	12,9	10,7	7,00	968				
[Clavé d'Mez I, II oder III]	1863.3.1	SK	0	0	2				he	-	+									Fe	5,0	3,0	2,50	41				
[Clavé d'Mez I, II oder III]	32662.1.1	SK	0	1	0				he	++	++	w	W	ks	NH	p	r	s	k	1,0	e			Cu;Fe	6,5	6,0	4,00	160
[Clavé d'Mez I, II oder III]	32662.1.10	SK	1*	0	0				he	+	++	w	B+;S	wks	B;G;T					Fe	4,2	4,1	2,50	30				
[Clavé d'Mez I, II oder III]	32662.1.11	SK	1	0	0	1a	-	-	m	+	++	w	B;G	ks	B-					Fe	4,2	4,0	2,00	28				
[Clavé d'Mez I, II oder III]	32662.1.12	SK	0	0	1				he	++	++	w		ks						Fe	6,5	4,5	4,30	100				
[Clavé d'Mez I, II oder III]	32662.1.13	SK	0	0	1*				m	+	++	w		ks						Fe	5,6	4,0	4,30	63				
[Clavé d'Mez I, II oder III]	32662.1.8	SK	0	0	2				m	-	++									Cu;Fe	3,5	3,0	1,50	11				
[Clavé d'Mez I, II oder III]	32662.1.14	MS	1*	1	0				ho	-	-	f	B;G	gu		p	e	nb	k	2,3	e			Fe	4,0	3,2	1,70	37
[Clavé d'Mez I, II oder III]	32662.1.15	MS	1	0	0	3a	-	-	m	+	-	f	B;G;P;W	wt	B;T					Fe	4,8	3,1	1,50	45				
[Clavé d'Mez I, II oder III]	32662.1.16	MS	1*	0	0				m	-	-	f		wt						Fe	2,5	2,4	2,20	19				
[Clavé d'Mez I, II oder III]	32662.1.9	MS	0	2	2				he	-	-	f		wt						Cu;Fe	1,5	1,0	2,50	12				
[Clavé d'Mez I, II oder III]	32662.1.17	PS-A	1	1*	0	3a	-	-	m	-	-	f	P	gu	B-					Fe;S	3,9	3,3	1,30	27				
[Clavé d'Mez I, II oder III]	32662.1.18	PS-A	2	0	0				ho	-	-	f		gu						Fe	3,6	2,9	1,30	24				
[Clavé d'Mez I, II oder III]	32662.1.19	PS-A	0	1	0				ho	-	-	f																

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Blasengröße	Anzahl Blasen	Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik	
Clavè d'Mez II	288.2.5	PS-A	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	BT,W	gu	B-T						Fe	4.5	2.6	1.30	25		
Clavè d'Mez II	288.2.6	PS-A	0	2	0				m	-	-	f	W	ks	BT						Fe	3.2	2.6	1.40	20		
Clavè d'Mez II	288.2.7	PS-A	1	1*	0	3a	-	-	m	-	-	f	BT								Fe	2.7	2.5	1.30	13		
Clavè d'Mez II	18203.12.5	PS-B	1	0	0	3b	-	-	g-ho	-	-	f	BT	f	T						Fe	2.5	1.0	0.85	9		
Clavè d'Mez II	1865.1.2	PS-B	2	0	1*				g-ho	+	+	f									Fe	5.6	4.2	0.85	52		
Clavè d'Mez II	1865.1.3	PS-B	0	2	2				g-ho	-	-	f	S	gu							Fe	4.0	3.8	0.95	18		
Clavè d'Mez II	1865.1.4	PS-B	0	1	0				ho	-	+	f		f	B-B	nb	hr	r	k	0.9	m	Fe	4.8	3.5	0.80	28	
Clavè d'Mez II	288.2.8	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	W	f							Fe	3.8	4.2	0.40	12		
[Clavè d'Mez II]	1863.4.2	SK	0	2	1				he	+	+	w		ks	NH;T						Fe	5.0	4.5	3.10	60		
[Clavè d'Mez II]	1863.4.3	SK	1	0	1	1a	-	-	he	+	++	w		f	NH;T						Fe	4.7	4.4	3.40	58		
[Clavè d'Mez II]	1863.4.4	SK	2	0	2				m	+	++	w									Cu;Fe	3.2	3.0	2.00	24		
[Clavè d'Mez II]	1863.4.1	MS	0	0	2				nb	-	++	f	B+	wt							Fe	4.5	2.5	1.50	14		
[Clavè d'Mez II]	1863.4.5	MS*	0	0	1				g-m	+	+										Cu;Fe	3.7	3.4	1.80	23		
[Clavè d'Mez II]	1863.4.6	MS*	0	0	1*				g-ho	-	+	b	W	wt	B-						Fe	4.4	2.3	1.90	25		
[Clavè d'Mez II]	1863.4.7	PS-A	0	2	0				ho	-	-	b		f								3.8	2.3	1.10	19		
[Clavè d'Mez II]	1863.5.1	PS-B	0	1	1				nb	-	-	f	B	f	B	z	e	nb	k	0.4	e		3.0	2.5	0.70	12	
[Clavè d'Mez II]	1863.5.2	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f							Fe	4.8	3.4	0.80	26		
[Clavè d'Mez II]	1863.5.3	PS-B	1*	0	0				ho	-	-	f		f							Fe	3.9	3.0	0.50	14		
[Clavè d'Mez II]	1863.5.4	PS-B	1	1*	0	3x	-	-	ho	-	-	f	S	f								3.3	3.2	0.70	14		
[Clavè d'Mez II]	1863.5.5	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f								2.9	2.6	0.70	12		
[Clavè d'Mez II]	1863.5.6	PS-B	1	0	0	3x	-	-	ho	-	-	f									Fe	2.7	1.4	0.80	4		
Clavè d'Mez IV	18203.63.1	SK	1	0	0	1a	-	-	g-m	++	++	w		wks								9.2	8.7	5.40	255		
Clavè d'Mez IV	18203.63.2	SK	1	1	0	1a	-	-	g-m	++	++	w	NH	wks	NH;T	nb	r	nb	k	0.9	e	Fe	8.5	5.8	3.10	128	
Clavè d'Mez IV	32662.38.2	SK	2	0	1*				m	+	++	w	B;B+	ks	NH;T						Fe	7.5	6.1	2.60	132		
Clavè d'Mez IV	60934.5.1	SK	2	2	1				he	++	++	w	B;S	ks	NH;T						Fe	13.5	13.3	4.30	719		
Clavè d'Mez IV	60934.5.4	SK	0	0	1				he	++	++	w	S;W	ks	NH;T						Fe	9.5	7.2	4.60	266		
Clavè d'Mez IV	60934.8.1	SK	0	1	0				g-he	++	++	w		wt	NH;T	nb	r	nb	k	1.7	e	Fe	7.4	6.1	4.20	138	
Clavè d'Mez IV	60934.9.2	SK	0	2	1				he	++	++	w	S;W	ks	NH;T						Fe	12.0	8.2	4.70	356		
Clavè d'Mez IV	60934.5.2	SK*	0	1	1				he	++	++	w	BG;S;W	ks	BG;NH;T	p	hr	s	k	1.0	m	Fe	13.5	12.5	3.80	566	
Clavè d'Mez IV	60934.5.3	SK*	1	1	1	1a	-	-	m	++	++	w	BG;NH;S;W	ks	B-NH;T	z	r	s	k	1.1	e	Fe	9.2	8.2	4.40	327	
Clavè d'Mez IV	60934.9.1	SK*	1	1	1	1a	-	-	m	++	++	w	S;W	ks	BG;NH;T;W; WN-T	z	hr	s	k	1.3	m	Fe	16.0	15.5	3.70	886	
Clavè d'Mez IV	1869.1.1	MS	1	0	1	2b	-	40	m	-	-	f	BT,W	gu	BT						Fe	7.8	6.5	1.70	159		
Clavè d'Mez IV	1869.1.2	MS	0	1	0				m	-	-	f		wt	B;WN-T	nb	nb	nb	k	1.3	e	Fe	4.4	4.4	1.60	54	
Clavè d'Mez IV	32662.38.1	MS	0	1	0				m	-	-	f	W	wt	BG;BT;WN-T	z	hr	s	nb	1.1	e		6.5	5.0	2.00	120	
Clavè d'Mez IV	32662.38.3	MS	0	2	0				m	+	-	f	BG;B+BT	wt	BG;B;T;W						Fe	6.8	4.6	2.00	90		
Clavè d'Mez IV	32662.38.4	MS	0	2	0				m	-	-	f	BT	wt							Fe	3.6	2.2	1.80	17		
Clavè d'Mez IV	32662.38.5	MS	0	0	0				m	-	-	w	BT,W	wt	BT;T;W						Fe	6.0	3.6	3.60	108		
Clavè d'Mez IV	32662.38.6	MS	1*	2	0				m	-	-	f	W	wt	B;BT;T;Z						Fe	5.8	4.2	2.10	74		
Clavè d'Mez IV	32662.38.7	MS	0	0	1*				he	-	-	f	BT,W	wt	BT						Fe	4.8	3.7	2.80	87		
Clavè d'Mez IV	60934.5.5	MS	1	0	1	2a	-	55	m	++	-	b	BT;S;W	wt	BT;T;W						Fe;S	14.5	11.5	3.00	530		
Clavè d'Mez IV	60934.5.6	MS	1	0	1*	2a	-	-	m	-	-	f	BT								Fe	6.7	2.7	2.20	60		
Clavè d'Mez IV	60934.5.7	MS	0	1	0				m	+	-	f	BT	wt	BG;BT;W	p	r	nb	k	1.0	e	Fe	6.3	4.8	3.60	159	
Clavè d'Mez IV	60934.8.2	MS	1	0	0	2b	16	45	m	+	-	b	B+;BT;W	wt	B;BT;T						Fe	9.4	8.5	2.50	274		
Clavè d'Mez IV	18203.63.3	PS-A	1	0	0	2b	-	35	m	-	-	f		f	BT						Fe	3.0	2.6	1.20	16		
Clavè d'Mez IV	18203.63.4	PS-A	0	1	0				m	-	-	f	BT	f		p	e	nb	k	2.0	m	Fe	5.0	3.7	1.00	25	
Clavè d'Mez IV	32662.32.1	PS-A	0	1*	0				m	-	-	f	W	gu							Fe	3.5	3.0	1.00	18		
Clavè d'Mez IV	60934.8.3	PS-A	1	2	0	2b	14	55	ho	-	-	f	B+;BT	gu							Fe	9.0	8.2	1.45	187		
Clavè d'Mez IV	60934.8.4	PS-A	0	1	0				g-he	+	+	f	B;B+	wt	T;WN-T;Z	nb	r	nb	k	1.3	m	Fe	13.8	11.4	1.45	353	
Clavè d'Mez IV	18203.5.1	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	BT	f	W						Fe	3.0	2.8	0.65	12		
Clavè d'Mez IV	18203.63.5	PS-B	1	1	0	3a	-	-	ho	-	-	f	P	f	B-T	p	hr	nb	k	0.8	e	Fe	6.1	5.7	0.75	57	
Dafora	724.1.10	SK	0	0	0				he	+	++	w		wks							Fe	6.3	6.3	6.10	154		
Dafora	724.1.30	SK	2	1	0				nb	+	++	w	W	wks		p	hr	r	k	1.3	e	Fe	5.6	4.3	3.10	59	
Dafora	724.1.44	SK	1	0	0	1a	-	-	he	++	++	w	S;W	wks	NH;T						Fe	8.3	6.8	3.90	200		
Dafora	724.1.45	SK	1	0	0	1a	-	-	he	++	++	w	W	wks	NH						Fe	6.8	5.8	5.00	116		
Dafora	724.1.49	SK	1	0	0	1a	-	-	nb	+	++	w	NH	ks	NH						Cu;Fe	8.5	8.3	5.00	271		
Dafora	724.1.64	SK	0	0	0				he	++	++	w	BG;B+	wks	NH;T						Fe	9.8	7.2	5.10	242		
Dafora	724.1.65	SK	0	0	1				m	++	++	w	B+	ks							Fe	5.8	5.7	4.20	119		
Dafora	724.1.17	SK	1	0	0	1a	-	-	nb	++	++	w		wks	NH;T						Cu;Fe	8.2	6.5	4.60	173		
Dafora	724.1.8	SK	1*	0	0				nb	+	++	w		ks	NH						Fe	7.7	7.6	4.50	175		
Dafora	724.1.9	SK	0	0	0				m	+	++	w		wks	T						Fe	7.4	6.0	5.50	227		
Dafora	724.1.66	MS	2	0	2				he	++	++	w		gu	W						Cu;Fe	6.4	4.3	2.50	51		
Dafora	724.1.11	PS-A	1	2	0	3a	-	-	nb	++	+	b	B+	gu							Fe	4.2	2.3	1.35	21		
Dafora	724.1.12	PS-A	1	0	0	3a	-	-	nb	-	+	f		gu							Fe	2.1	1.6	1.30	6		
Dafora	724.1.50	PS-A	1	2	0	3b	-	-	nb	-	-	f	W	gu	W						Fe	4.7	4.3	1.05	34		
Dafora	724.1.100	PS-B	0	0	1*				ho	-	-	f	W	f	W						Fe	9.3	5.6	6.00	56		
Dafora	724.1.101	PS-B	1	0	1*	3b	-	-	nb	+	-	f	B+;W	f	W						Fe	4.4	3.3	0.70	17		
Dafora	724.1.102	PS-B	0	0	1*				ho	-	-	b	B+;W	f							Fe	5.0	4.8	0.60	25		
Dafora	724.1.13	PS-B	1	2	0	3a	-	-	ho	+	-	f	S	f							Fe	3.9	3.3	0.50	9		
Dafora	724.1.14	PS-B	1	2	0	3a	-	-	ho	-	-	f		wt							Fe	3.5	2.5	0.70	10		
Dafora	724.1.15																										

C Datentabellen Fundaufnahme

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackenotyp	Randstück	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Biasgröße	Anzahl Blasen Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik	
Dafora	724.1.4	PS-B	1	0	1	3b	g	-	nb	-	f W	f	W,Z							Fe	5,1	3,9	0,70	21		
Dafora	724.1.46	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	f W	gu	W							Fe	4,1	2,4	0,80	14		
Dafora	724.1.47	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	f W	f	W								2,6	2,3	0,65	8		
Dafora	724.1.51	PS-B	1	0	1	3c	-	-	ho	-	f W	f	W							Fe	7,8	3,7	0,50	34		
Dafora	724.1.52	PS-B	1	2	0	3b	-	-	nb	-	f W	gu	W								4,6	3,8	0,95	26		
Dafora	724.1.53	PS-B	1	0	0	3c	-	-	m	-	f W	f	W							Fe	4,7	2,9	0,75	22		
Dafora	724.1.54	PS-B	1	0	0	3x	-	-	ho	-	f W	f	W							Cu;Fe	4,0	2,2	0,95	13		
Dafora	724.1.55	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	f W	f	W							Fe	3,1	2,5	0,55	8		
Dafora	724.1.56	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	f W	f	W							Fe	2,5	2,5	0,60	12		
Dafora	724.1.57	PS-B	1	0	0	3x	-	-	ho	-	f W	gu	W							Fe,S	2,5	1,5	0,95	6		
Dafora	724.1.58	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	+	++ f W	gu	B-								2,6	1,5	0,75	4		
Dafora	724.1.59	PS-B	1	0	0	3b	-	-	nb	-	f W	f	W							Fe	2,2	1,7	0,60	4		
Dafora	724.1.6	PS-B	0	0	1				ho	-	f W	f	W							Cu;Fe	9,4	6,4	0,55	54		
Dafora	724.1.60	PS-B	0	1*	0				nb	-	f W	f	W								3,4	2,2	0,75	8		
Dafora	724.1.61	PS-B	0	1*	0				nb	++	f W	f	W							Fe	4,6	3,7	0,80	13		
Dafora	724.1.62	PS-B	0	0	1				nb	++	f S,W	f	W							Fe	10,4	4,0	0,90	55		
Dafora	724.1.67	PS-B	0	1	1				ho	-	f W	f	W		nb	nb	nb	nb	-	nb	Fe	4,4	3,1	0,80	21	
Dafora	724.1.73	PS-B	1	1	1	3c	-	-	ho	-	f S,W	f	W,WN-T	nb	e	nb	k	-	e	Fe	10,5	5,3	0,80	77		
Dafora	724.1.74	PS-B	1	1	1	3c	-	-	ho	-	f W	gu	W,WN-T	z	nb	r	k	0,8	e	Cu;Fe	7,0	6,1	0,50	44		
Dafora	724.1.75	PS-B	1	0	1*	3x	-	-	nb	+	f W	gu	B;T,W							Cu;Fe	5,9	5,8	0,70	48		
Dafora	724.1.77	PS-B	1	2	1	3b	-	-	ho	-	f W	f	W							Fe	5,4	4,7	0,70	30		
Dafora	724.1.78	PS-B	1	0	1	3c	-	-	ho	-	f W	f	W							Fe	4,3	4,2	0,70	22		
Dafora	724.1.79	PS-B	1	0	1	3b	-	-	nb	-	f W	f	W							Fe	5,1	3,8	0,70	23		
Dafora	724.1.80	PS-B	1	2	0	3a	-	-	ho	-	f W	f	W								3,8	3,6	0,75	14		
Dafora	724.1.81	PS-B	1	0	1	3c	-	-	ho	-	f W	f	W							Fe	5,6	4,0	0,50	14		
Dafora	724.1.82	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	f W	f	W							Fe	5,1	4,5	0,50	22		
Dafora	724.1.83	PS-B	0	1	0				ho	-	f B+S,W	f	W	nb	nb	nb	nb	-	e		5,5	4,9	0,80	42		
Dafora	724.1.84	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	f W	f	W							Cu;Fe	2,5	2,2	0,70	9		
Dafora	724.1.87	PS-B	0	0	1*				ho	-	f W	f	W								7,1	4,0	0,65	33		
Dafora	724.1.88	PS-B	0	1	1*				ho	-	f W	gu	T,W	z	e	r	k	2,0	e	Fe	8,7	7,3	0,95	84		
Dafora	724.1.89	PS-B	0	1*	1*				ho	-	f S;T,W	f	W								9,2	5,4	0,70	24		
Dafora	724.1.90	PS-B	0	1*	0				ho	-	f S,W	f	W							Fe	4,6	4,0	0,50	16		
Dafora	724.1.91	PS-B	0	1*	1*				ho	-	f W	f	W							Fe	6,4	3,5	0,55	16		
Dafora	724.1.92	PS-B	0	1*	1*				ho	-	f W	f	W							Fe	5,4	3,0	0,70	17		
Dafora	724.1.93	PS-B	0	1*	0				ho	-	f W	f	W,WN-T								3,8	3,2	0,60	18		
Dafora	724.1.94	PS-B	0	1*	0				ho	-	f W	f	W								3,3	2,5	0,50	8		
Dafora	724.1.95	PS-B	2	2	0				ho	-	f BG;W	gu	W							Fe	4,2	3,7	0,90	26		
Dafora	724.1.96	PS-B	0	1*	1*				ho	-	f W	f	W								4,5	2,1	0,50	10		
Dafora	724.1.97	PS-B	0	1*	0				ho	+	f W	gu	B-W;WN-T								4,6	4,3	0,95	28		
Dafora	724.1.98	PS-B	0	0	2				ho	-	f W	f	W							Fe	8,0	4,0	0,55	28		
Dafora	724.1.99	PS-B	0	0	2				ho	-	f W	gu	W							Fe	5,3	4,4	0,65	24		
Dafora	724.1.1	PS-C	0	2	0				ho	-	f W	f	B-							Cu;Fe	7,7	4,8	0,40	37		
Dafora	724.1.25	PS-C	1	0	1	3c	-	-	ho	-	f W	f	W							Fe	4,2	4,2	0,40	12		
Dafora	724.1.26	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	f W	f	W							Fe	4,6	3,0	0,45	12		
Dafora	724.1.27	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	f W	f	W								2,6	2,4	0,45	6		
Dafora	724.1.28	PS-C	0	2	0				nb	-	f W	f	W								4,2	2,4	0,35	6		
Dafora	724.1.29	PS-C	0	1*	0				ho	-	f W	f	WN-T								3,6	3,1	0,45	10		
Dafora	724.1.39	PS-C	0	1*	0				ho	-	f W	f	W							Cu	4,3	3,4	0,45	13		
Dafora	724.1.40	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	f W	f	W							Fe	4,4	2,7	0,45	13		
Dafora	724.1.41	PS-C	1	0	1	3c	-	-	ho	-	f BG	f	B-							Fe	3,6	3,5	0,40	15		
Dafora	724.1.42	PS-C	0	1*	0				nb	-	f W	f	W								4,4	2,8	0,35	9		
Dafora	724.1.43	PS-C	0	1*	0				ho	-	f BG	f	W								2,9	1,9	0,35	3		
Dafora	724.1.63	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	f W	f	W								3,7	2,4	0,35	7		
Dafora	724.1.68	PS-C	0	2	1				ho	-	f W	f	T,W							Fe	9,3	8,4	0,45	59		
Dafora	724.1.69	PS-C	1	0	0	3x	-	-	ho	-	f S,W	f	W							Fe	4,6	4,2	0,40	18		
Dafora	724.1.70	PS-C	0	0	1*				nb	-	f W	f	W							Fe	4,2	4,1	0,40	21		
Dafora	724.1.71	PS-C	2	0	0				ho	-	f T,W	f	W							Fe	4,1	3,7	0,40	9		
Dafora	724.1.72	PS-C	0	0	1*				g-ho	+	++ f W	f	B-								2,5	2,0	0,30	4		
Dafora	724.1.76	PS-C	1	0	1	3b	-	-	ho	-	f W	f	W								7,9	6,0	0,40	38		
Dafora	724.1.48	TK	0	0	1*				nb	+	++ f W	f	B-							Cu;Fe	6,7	4,5	0,95	74		
Davos Tignas	2545.1.1	SK	0	0	1				m	++	++ w	ks	T								5,6	4,6	2,70	67		
Davos Tignas	18203.100.1	SK	1	0	2	1a	-	-	he	++	++ w	B+W	wks							Cu;Fe,S	5,3	4,1	2,60	45		
Davos Tignas	18203.102.1	SK	1	0	1	1a	-	-	m	++	++ w	B+NH	wks	NH;T						Cu;Fe	11,3	10,4	7,00	774		
Davos Tignas	18203.98.4	SK	0	0	0				he	+	++ w	B+	wks	T						Cu;Fe,S	4,9	4,3	3,50	73		
Davos Tignas	18203.98.5	SK	0	0	0				he	++	++									Cu;Fe	8,9	6,2	3,90	179	x	
Davos Tignas	18203.98.6	SK	1	0	0	1a	-	-	he	+	++ w	B+P;S	wks	NH;T						Fe,S	7,2	6,4	3,10	112		
Davos Tignas	18203.98.8	SK	1	0	0	1a	-	-	m	++	++ w	B+NH;S	ks	NH						Cu;Fe	9,7	8,9	7,10	620		
Davos Tignas	18203.99.6	SK	1	0	0	1b	-	-	he	+	++		ks							Cu;Fe,S	8,4	5,8	5,00	172		
Davos Tignas	18203.99.7	SK	1	0	2	1a	-	-	he	++	++ w	B+	ks	NH;T						Cu;Fe,S	12,3	12,0	5,40	545		
Davos Tignas	54771.1.1	SK	2	2	0				m	+	++ w	wks	NH;T							Cu;Fe	12,9	8,5	6,00	546		
Davos Tignas	54771.1.2	SK	0	0	0				m	+	++ w	B+	ks	NH;T						Fe	8,9	6,1	4,80	235		
Davos Tignas	18203.101.1	MS	0	0	0				m	+	+									Fe	8,7	6,1	3,20	217	x	
Davos Tignas	18203.99.8	MS	0	0	1				m	++	++ b W	ks	T							Cu;Fe	5,8	5,4	2,10	77		
Davos Tignas	18203.101.2	MS*	0	0	0				m	+	++									Fe	6,0	4,7	3,70	78		
Davos Tignas	18203.98.7	MS*	1	2	0																					

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ	anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Blasengröße	Anzahl Blasen	Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik
Fuortga	18203.15.1	MS	0	1*	0				ho	-	-	f	W														
Fuortga	284.3.1	MS	1	1	1	2a	-	40	m	+	-	b	BT,S;W	wt	B;-T	z	r	s	k		0,7	e	Fe	2,7	1,8	1,50	15
Fuortga	284.3.2	MS	1*	0	1*				m	+	-	b		wt													
Fuortga	284.3.3	MS	0	0	1*				m	+	-	f	BT	gu	B-												
Fuortga	18203.15.2	PS-B	1	0	0	3b	-	-	nb	-	-	f		f													
Fuortga	284.3.16	PS-B	0	1	0				ho	-	-	f		f		p	e	nb	k		0,9	e	Fe	4,9	4,3	0,50	30
Fuortga	284.3.20	PS-B	0	0	1*				ho	-	-	f		f	B-												
Fuortga	284.3.4	PS-B	0	0	1*				ho	-	-	f	BG	f	B-												
Fuortga	284.3.10	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f		f													
Fuortga	284.3.11	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f		f													
Fuortga	284.3.12	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f		f													
Fuortga	284.3.13	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f													
Fuortga	284.3.14	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f													
Fuortga	284.3.15	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f													
Fuortga	284.3.17	PS-C	0	1*	0				ho	-	-	f	BG	f	WN-T												
Fuortga	284.3.18	PS-C	0	1	0				ho	-	-	f		f		p	nb	nb	k		1,0	e	Fe	3,6	2,8	0,45	10
Fuortga	284.3.19	PS-C	0	1*	0				ho	-	-	f		f													
Fuortga	284.3.5	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f													
Fuortga	284.3.6	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f		f													
Fuortga	284.3.7	PS-C	1	0	0	3c	14	-	ho	-	-	f		f													
Fuortga	284.3.8	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f													
Fuortga	284.3.9	PS-C	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f		f													
Furnatsch	18209.11.1	SK	1	0	0	1a	-	-	m	+	++	w		wks	NH												
Furnatsch	59085.1.1	SK	0	0	0				g-he	+	++			wks													
Furnatsch	66759.2.1	SK	1	1	1	1b	-	-	he	++	++	w		ks	T	p	r	r	k		1,1	e	Fe	10,8	6,9	3,40	164
Furnatsch	66759.3.1	SK	1	0	1*	1a	-	-	m	+	+	w		wks	NH												
Furnatsch	66759.4.1	SK	1	0	0	1a	-	-	he	+	++	w	B+	ks	NH												
Furnatsch	32662.36.1	MS	1*	0	0				m	-	-	f															
Furnatsch	59085.1.2	MS	1	1	0	2a	-	-	m	+	+	f	BT	wt		nb	hr	nb	k		2,8	e	Fe	7,4	6,6	2,40	143
Furnatsch	59085.1.3	MS	1	2	0	2b	-	35	ho	+	-	f	BT	wt	BG;B												
Furnatsch	66759.2.10	MS	1*	0	0				m	-	-																
Furnatsch	66759.2.11	MS	0	1	0				m	-	-	f	B;BG;P;S	gu	BT;W;WN-T	p	e	nb	k		1,5	m	Fe	7,7	6,7	1,60	127
Furnatsch	66759.2.2	MS	1	1	0	2b	-	30	nb	-	-	b	B+;BT	wt	BG;B;-B;T	nb	hr	nb	k		-	e	Fe	8,5	8,0	2,10	214
Furnatsch	66759.2.3	MS	1	1	0	2b	-	40	he	-	-	b	B;W	wt	BG	nb	r	nb	k		-	nb	Fe	7,0	6,2	2,00	154
Furnatsch	66759.2.4	MS	1	2	0	1b	-	40	m	+	+	f	W	wt	B;-T												
Furnatsch	66759.2.5	MS	1	2	0	2a	-	35	nb	-	-	f	W	wt	BT												
Furnatsch	66759.2.6	MS	1	1	1	2a	-	45	m	-	-	f	B;W	wt	B;W;WN-T	nb	r	nb	nb		1,5	e	Fe	5,7	5,0	2,90	82
Furnatsch	66759.2.7	MS	1	0	0	2a	-	-	he	-	+	b	BG														
Furnatsch	66759.2.8	MS	1	0	0	2a	-	-	m	-	+	f	W														
Furnatsch	66759.2.9	MS	1	0	0	2a	-	-	m	-	-	f	BT;W	wt	T												
Furnatsch	66759.3.10	MS	1	0	0	2b	-	-	nb	-	-	b	BG;BT	wt	T												
Furnatsch	66759.3.11	MS	1	0	0	2a	-	45	ho	-	-	f		gu	BG;T												
Furnatsch	66759.3.12	MS	2	0	0				m	-	-	b	B;BT	ks	B-												
Furnatsch	66759.3.13	MS	1*	0	0				m	-	-	f	BG														
Furnatsch	66759.3.14	MS	1	0	0	2b	-	35	m	-	-	f	W	wks													
Furnatsch	66759.3.15	MS	1	0	0	2b	-	55	m	-	-	f	W	gu													
Furnatsch	66759.3.16	MS	0	1	1				m	-	-	f	BG;P	gu	BG;B;-B;T	z	hr	s	nb		2,0	e	Fe	9,4	7,0	1,80	197
Furnatsch	66759.3.17	MS	0	2	0				g-m	+	+	b	B+;BT;W	wt	B;-B;T												
Furnatsch	66759.3.18	MS	0	1	0				nb	+	-	f	B;BG;P	gu	B;-B;BT	p	hr	nb	k		1,3	e	Cu;Fe	6,7	5,0	2,40	128
Furnatsch	66759.3.19	MS	0	1	0				m	-	-	f	BT	wt	WN-T	nb	r	nb	k		2,2	e	Fe	4,9	4,5	1,70	103
Furnatsch	66759.3.2	MS	1	1	0	2a	-	40	m	+	-	f	B+;W	wt	T;WN-T	p	hr	r	k		2,3	w	Cu;Fe	10,0	9,9	1,70	253
Furnatsch	66759.3.20	MS	0	1	0				m	-	-	f	P	gu		nb	hr	nb	k		1,1	e	Cu;Fe	3,8	3,2	2,10	46
Furnatsch	66759.3.21	MS	0	1	0				m	+	-	f	BG;BT;P	gu	BG;WN-T	p	hr	nb	k		1,2	w	Fe	6,1	4,4	1,80	75
Furnatsch	66759.3.22	MS	0	1	0				ho	-	-	f	BT	wt		p	hr	nb	k		1,1	e	Fe	4,4	3,9	1,80	56
Furnatsch	66759.3.3	MS	1	1	0	2b	-	45	m	-	-	f	BT	wt	B;T	p	e	e	k		1,9	e	Cu;Fe	8,0	5,5	2,20	178
Furnatsch	66759.3.4	MS	1	2	0	2b	-	-	m	+	-	f	BT	wt	B;BT												
Furnatsch	66759.3.5	MS	1	1	0	2b	-	45	ho	-	-	f	BT	wt	B;BT	nb	nb	nb	k		0,8	e	Cu;Fe	6,5	5,5	1,60	87
Furnatsch	66759.3.6	MS	1	0	1	2a	-	40	m	++	-	b	B;BT;W	gu	B;-B												
Furnatsch	66759.3.7	MS	1	0	0	2b	-	40	m	++	-	f	BT	gu	BG;BT												
Furnatsch	66759.3.8	MS	1	0	0	2a	-	-	ho	-	-	f	BT	wt	B;-B												
Furnatsch	66759.3.9	MS	1	2	1	2b	-	35	ho	-	-	f	BT	wt	B;-B												
Furnatsch	66759.4.10	MS	0	1	0				m	++	-	f	B+;P	wt	B;T;WN-T	p	hr	nb	k		1,6	e	Cu;Fe	7,5	6,0	3,00	231
Furnatsch	66759.4.11	MS	1	1	0	2a	-	-	m	+	-	f		gu	BG;B;-WN-T	nb	r	nb	H		1,8	w	Cu;Fe	6,8	5,0	2,30	129
Furnatsch	66759.4.12	MS	0	1	0				m	+	-	f	S	wt	B;-B;WN-T	z	hr	nb	k		1,3	e	Fe	6,1	5,2	1,60	89
Furnatsch	66759.4.13	MS	0	1	1				m	-	-	f	BT	gu	BG;B-	z	r	s	k		1,1	e	Cu;Fe	5,3	5,2	2,20	96
Furnatsch	66759.4.14	MS	0	1*	0				m	-	-	f		wt	B;T												
Furnatsch	66759.4.15	MS	0	1	0				m	-	-	f		gu		nb	r	nb	k		0,6	e	Cu;Fe	3,0	1,6	1,70	17
Furnatsch	66759.4.16	MS	0	0	1				ho	-	-	f		gu	BG;B;-BT												
Furnatsch	66759.4.17	MS	1*	1*	0				ho	-	-	f		wt													
Furnatsch	66759.4.18	MS	1*	0	0				m	-	-	f															
Furnatsch	66759.4.2	MS	1	1	1	3a	-	-	m	+	-	b	BG;B+;BT	gu	BG;B;-T;WN-T	p	hr	nb	k		1,2	e	Cu;Fe	9,7	8,7	2,30	323
Furnatsch	66759.4.3	MS	1	2	0	2a	-	45	m	-	-	f		wt													
Furnatsch	66759.4.4	MS	1	0	0	2a	-	50	m	+	-	b	B;BT;W	wt	BG;BT												
Furnatsch	66759.4.6	MS	0	1	0				m	-	-	f	BG	gu	WN-T	p	hr	nb	k		1,2	e					

C Datentabellen Fundaufnahme

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Biasengröße	Anzahl Blasen Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik	
Furnatsch	66759.3.28	PS-A	0	1	0			ho	-	-	f	BG	wt	T	p	e	nb	k		Fe	6,4	5,5	1,40	93		
Furnatsch	66759.3.29	PS-A	0	1	0			m	-	-	f	P	gu	B;WN-T	nb	hr	nb	k	1,0	m	Fe	4,7	2,6	1,00	33	
Furnatsch	66759.3.30	PS-A	0	1*	0			ho	-	-	f	P	gu	WN-T						Fe	3,2	3,0	1,05	16		
Furnatsch	66759.4.19	PS-A	1*	0	0			ho	-	-	f									Fe	1,8	1,3	1,35	5		
Furnatsch	66759.4.20	PS-A	1	0	0	2b	-	ho	-	-	f		gu							Fe	4,3	3,7	1,40	49		
Furnatsch	66759.4.21	PS-A	1	0	0	2b	-	35	ho	-	-	f	BG;BT	ks	B					Fe	3,6	3,2	1,30	23		
Furnatsch	66759.4.22	PS-A	1*	1	0			m	-	-	f	BT			nb	hr	nb	k	1,4	e	Fe	3,6	2,4	1,30	20	
Furnatsch	66759.4.23	PS-A	1	0	0	3a	-	ho	-	-	f	P	gu	B-						Fe	3,0	1,8	1,30	14		
Furnatsch	66759.4.24	PS-A	1*	1*	0			m	-	-	f	B;BG								Fe	4,0	2,6	1,40	20		
Furnatsch	66759.4.25	PS-A	1*	0	0			ho	-	-	f	P								Fe	2,2	1,9	1,30	7		
Furnatsch	66759.4.26	PS-A	1	0	0	3a	-	nb	-	-	f	BG	gu	B-						Fe	1,9	1,4	1,35	8		
Furnatsch	66759.4.27	PS-A	1*	0	0			m	-	-	f									Cu;Fe	3,2	1,2	1,10	7		
Furnatsch	66759.4.28	PS-A	1	0	0	3a	-	ho	-	-	f	BT	wt	BT						Fe	5,1	4,7	1,20	50		
Furnatsch	66759.4.30	PS-A	0	1*	0			ho	-	-	f	B;P	gu	BT						Fe	3,0	2,2	1,30	14		
Furnatsch	66759.4.31	PS-A	2	0	0			ho	-	-	f	P	gu	B						Fe	3,4	3,0	1,10	25		
Furnatsch	66759.4.5	PS-A	1	0	0	2b	-	30	m	-	+	f	B;BG;B+	gu	B					Cu;Fe	5,7	4,5	1,45	101		
Furnatsch	18203.37.3	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f	BT	f		z	hr	s	k	0,7	e	Fe	3,7	2,8	0,60	13	
Furnatsch	66759.2.14	PS-B	1	2	1*	3a	-	m	-	-	f	BT	gu	B;T						Fe	8,3	6,7	0,90	84		
Furnatsch	66759.2.15	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	BT	gu	B-						Fe	4,6	2,8	0,95	22		
Furnatsch	66759.2.16	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f		f							Fe	4,8	2,6	0,90	25		
Furnatsch	66759.2.17	PS-B	0	1*	1*			ho	-	-	f	B	gu	T						Fe	6,0	4,3	0,80	30		
Furnatsch	66759.2.18	PS-B	0	0	1			g-ho	-	-	f	B;W	f	W						Fe	5,2	3,7	0,65	21		
Furnatsch	66759.4.29	PS-B	0	1*	0			ho	-	-	f		f							Fe	3,5	2,5	0,85	12		
Furnatsch	66759.4.32	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	BT	f	B-						Fe	6,9	5,9	0,95	79		
Furnatsch	66759.4.33	PS-B	2	0	0			m	+	-	f	P	f	B						Fe	3,7	3,8	0,90	34		
Furnatsch	66759.2.19	PS-C	1	1*	0	3b	7	-	ho	-	-	f	f							Fe	7,5	6,0	0,40	42		
Furnatsch	66759.2.20	PS-C	1	0	0	3b	6	-	ho	-	-	f	f							Fe	4,5	4,3	0,45	17		
Glignia II	32662.7.7	SK	1	0	0	1a	-	he	+	++	w	S	ks	NH;T						Fe	6,9	5,9	3,90	108		
Glignia II	32662.7.8	SK	1	0	0	1a	-	he	++	++	w	BG;BT	ks	NH;T						Fe	5,6	4,1	3,30	61		
Glignia II	32662.7.10	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	W	gu	W						Fe;S	6,3	4,5	0,50	25		
Glignia II	32662.7.11	PS-B	1	0	0	3a	-	ho	-	-	f		f	W						Fe;S	4,7	4,5	0,60	19		
Glignia II	32662.7.12	PS-B	1*	0	0			m	-	-	f	W	f							Fe	4,2	2,6	0,60	15		
Glignia II	32662.7.13	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f		f							Fe	2,9	2,2	0,60	9		
Glignia II	32662.7.14	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f	W	gu	BG	z	e	r	k	0,7	m	Fe	4,9	3,0	0,55	17	
Glignia II	32662.7.15	PS-B	2	0	2			ho	-	-	f	W	gu	B;T						Fe	4,3	3,2	0,80	16		
Glignia II	32662.7.2	PS-B	1	0	0	3b	-	nb	-	-	f		f	B						Cu;Fe	5,0	4,0	0,50	18		
Glignia II	32662.7.3	PS-B	0	0	1			nb	-	-	f	W	f	T;W;Z						Fe;S	5,5	5,5	0,70	43		
Glignia II	32662.7.4	PS-B	0	0	1*			ho	-	-	f	S;T;W	f							Fe	4,0	3,0	0,70	13		
Glignia II	32662.7.6	PS-B	0	0	1*			ho	+	-	f	B;W	f	W						Fe	7,0	5,0	0,50	24		
Glignia II	32662.7.9	PS-B	2	0	0			m	-	-	f		f							Fe	4,0	2,0	0,80	11		
Glignia II	32662.7.16	PS-C	1	0	0	3c	-	ho	-	-	f	W	f							Fe	4,0	3,7	0,45	19		
Glignia II	32662.7.17	PS-C	1	0	0	3c	21	-	ho	-	-	f	W	f						Fe	5,5	2,3	0,25	10		
Glignia II	32662.7.18	PS-C	1	0	0	3c	-	m	-	-	f	W	f	W						Fe	3,7	3,6	0,40	11		
Glignia II	32662.7.19	PS-C	1	0	0	3c	-	ho	-	-	f	W	f	B-						Fe	3,2	2,2	0,35	5		
Glignia II	32662.7.20	PS-C	1	0	0	3c	-	m	-	-	f		f	W						Fe	3,1	2,9	0,40	8		
Gneida	2846.1.1	SK	2	0	0			he	+	++	w		ks							Cu;Fe;S	4,1	3,1	2,90	28		
Gneida	2846.1.3	SK	1	0	0	1a	-	nb	-	++	w		wt							Fe	2,9	2,2	1,90	18		
Gneida	18203.117.1	SK	1	0	0	1a	-	m	+	+	w	B+	wt	T						Fe	4,7	3,3	2,80	41		
Gneida	18203.117.2	MS	0	1	0			m	+	+	b	B+W	wt	BG;T;W	nb	hr	nb	k	1,3	m	Fe	7,1	6,6	2,70	1140	
Gneida	2846.1.2	PS-B	1	0	0	1*	3a	-	ho	+	++	b	ks	B;-T						Cu;Fe	4,0	2,7	0,70	11		
Gneida	18203.117.11	PS-B	0	0	1			ho	-	-	f		f							Fe	1,0	1,0	0,65	1		
Gneida	18203.117.3	PS-B	1	0	0	3c	-	ho	-	-	f	W	f							Fe	2,6	2,4	0,50	7		
Gneida	18203.117.4	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f	P;T	gu	B;-T	p	hr	nb	nb	1,4	nb	Fe	4,5	4,2	0,80	16	
Gneida	18203.117.5	PS-B	0	1*	0			m	-	-	f	W	gu	BG						Fe	3,9	3,1	0,95	15		
Gneida	18203.117.6	PS-B	2	0	0			ho	-	-	f	BG;W	gu	B-						S	3,8	2,6	0,70	8		
Gneida	18203.117.9	PS-B	0	1*	0			ho	-	-	f		f	B-						Fe	4,1	3,1	0,55	12		
Gneida	47226.1.1	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	W	f							Fe	3,4	2,6	0,50	12		
Gneida	47226.1.3	PS-B	1	0	0	3c	-	ho	-	-	f	W	f							Fe	2,3	1,9	0,55	8		
Gneida	47226.1.4	PS-B	1	0	0	3a	-	nb	-	-	f		f							Fe	1,9	1,9	0,80	7		
Gneida	47226.1.5	PS-B	0	1*	0			nb	+	-	f	T	f							Fe	2,3	1,7	0,90	6		
Gneida	47226.1.6	PS-B	0	1*	0			ho	+	-	f	W	f	WN-T						Fe	2,2	1,9	0,80	5		
Gneida	47226.1.9	PS-B	0	1	0			nb	-	-	f		f	B-	p	e	nb	nb	1,2	e	Cu;Fe	4,8	3,5	0,80	36	
Gneida	47226.2.1	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	W	f	B;-W						Fe	3,4	3,2	0,50	16		
Gneida	47226.2.2	PS-B	1	0	0	3x	-	ho	-	-	f		f							Cu;Fe	2,8	2,6	0,70	16		
Gneida	47226.2.3	PS-B	0	1*	0			ho	-	-	f	W	f							Fe	2,3	1,5	0,70	4		
Gneida	18203.117.10	PS-C	0	1*	0			ho	-	-	f	W	f	WN-T						Fe	2,6	2,3	0,45	6		
Gneida	18203.117.7	PS-C	1	0	0	3c	-	ho	-	-	f	W	f	W						Fe	2,5	1,8	0,40	6		
Gneida	18203.117.8	PS-C	0	1*	0			ho	-	-	f	W	gu							Fe	3,3	2,6	0,40	9		
Gneida	47226.1.2	PS-C	1	0	0	3c	-	ho	-	-	f		f							Fe	2,0	1,7	0,40	3		
Gneida	47226.1.8	PS-C	1*	0	0			ho	-	-	f		f	B-						Fe	2,5	2,2	0,45	5		
Gruba I	46680.502.10	SK	0	0	0			he	+	++	b		wks							Fe	4,0	4,0	3,10	38		
Gruba I	46680.502.11	SK	0	0	0			he	-	++	w		wks							Fe	4,3	3,0	2,60	33		
Gruba I	46680.502.16	SK	1	0	0	1a	-	he	+	++	w	B+;BT	wks	NH;T						Fe	7,6	7,2	6,00	277		
Gruba I	46680.502.2	SK	1	0	0	1a	-	m	++	++	w		ks</													

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ	Werkzeugnegativ	anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Blasengröße	Anzahl Blasen	Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik	
Gruba I	46680.564.1	SK	1	1	0	1a	-	-	he	+	++	w	B+;BT;S	wt	B;NH;T	p	r	nb	k		1,2	e	Fe	11,0	9,3	4,30	331		
Gruba I	46680.564.2	SK	1	1	0	1a	-	-	he	+	++	w	B+	wks	B;-NH;T	p	hr	nb	k		1,7	e	Fe	11,6	8,0	3,90	288		
Gruba I	46680.564.3	SK	1	0	0	1a	-	-	he	+	++	w	B+;S	wks	NH								Fe	7,3	6,4	2,90	79		
Gruba I	46680.568.3	SK	0	0	0		-	-	he	+	++	w	B+	wks	B;-NH;T								Fe	8,0	5,2	5,50	117		
Gruba I	46680.568.4	SK	0	0	0		-	-	he	+	++	w		wks	NH								Fe	5,7	4,5	3,40	57		
Gruba I	46680.573.24	SK	1	2	0	1a	-	-	m	+	++	w	NH;S	ks	NH;T								Fe	10,5	8,7	3,20	305		
Gruba I	46680.573.7	SK	0	0	0		-	-	m	+	++	w	B;B+	ks	B;-NH								Fe	10,0	8,5	3,00	312		
Gruba I	46680.573.8	SK	0	0	0		-	-	m	+	++	w		ks	B-								Fe	9,0	5,5	2,30	112		
Gruba I	46680.587.1	SK	1	0	0	1b	-	-	he	++	++	w	B+;S	wks	NH;T								Fe	15,5	14,0	5,50	1145		
Gruba I	54756.1.1	SK	2	0	0		-	-	g-he	+	++	w		wks									Fe	3,0	2,6	1,60	10		
Gruba I	46680.502.18	SK*	0	0	0		-	-	m	+	++	w	B;B+	ks	B;-NH								Fe	9,7	6,8	2,60	154		
Gruba I	46680.509.9	SK*	0	1	0		-	-	g-he	+	++	w		wt	NH;T		z	nb	nb	k		1,3	e	Fe	6,0	5,8	2,60	67	
Gruba I	1853.1.1	MS	0	1	0		-	-	m	+	-	f	BT	gu	WN-T		p	r	r	k		1,1	e		7,8	6,6	1,90	180	
Gruba I	1853.1.2	MS	0	1	0		-	-	m	+	-	f	BT	gu	BG;B;WN-T		p	hr	nb	k		1,3	w	Fe	4,8	4,4	1,70	55	
Gruba I	32662.4.1	MS	0	1	0		-	-	m	+	+	f	BG;B+;BT	wt	BG;B;WN-T		p	hr	nb	H		1,8	nb	Fe	6,0	5,5	3,00	150	
Gruba I	32662.4.2	MS	0	2	0		-	-	he	-	+	f	W	wt	B;-T;W								Fe	8,5	8,0	1,50	223		
Gruba I	32662.4.4	MS	1*	0	0		-	-	m	-	-	f	B+	wt	BG;B								Fe	5,5	5,1	3,00	107		
Gruba I	32662.4.5	MS	1	0	0	2a	-	40	ho	-	-	b	BT	f	B-								Fe	3,8	3,5	2,10	45		
Gruba I	32662.4.6	MS	1*	0	0		-	-	m	+	-	f											Fe	3,5	2,4	2,10	25		
Gruba I	32662.4.7	MS	0	1*	1*		-	-	m	-	-	f	BT	gu	B;-BT								Fe	8,5	6,0	2,00	120		
Gruba I	46680.502.12	MS	0	0	0		-	-	m	+	-	f	B+	gu	B;-BT;T								Fe	9,0	8,5	1,50	212		
Gruba I	46680.502.13	MS	1	1*	0	1a	-	-	m	-	-	f	B+;BT	gu	B-								Fe	7,5	7,0	1,90	232		
Gruba I	46680.502.15	MS	1	0	0	2b	-	-	m	-	-	f	P	wt	B;T								Fe	9,5	5,0	1,80	198		
Gruba I	46680.502.19	MS	1	0	0	2a	-	30	m	-	-	f	BT;W	wt	B;-B;T								Fe	9,1	6,1	2,60	252		
Gruba I	46680.502.20	MS	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f	BT	gu	BT								Fe	2,3	2,3	1,50	22		
Gruba I	46680.502.21	MS	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f	BT;W	gu	BT								Fe	3,3	3,2	1,80	29		
Gruba I	46680.502.22	MS	1	0	0	2a	-	45	m	+	+	f	BT;W	gu									Fe	4,8	3,6	2,20	69		
Gruba I	46680.502.23	MS	0	1	0		-	-	m	+	+	b	B+;BT	wt	B;-BT		nb	hr	nb	k		1,4	m	Fe	8,0	6,1	1,70	141	
Gruba I	46680.502.24	MS	0	1	0		-	-	nb	-	-	b	BT	wt		nb	hr	nb	k		1,8	e	Fe	4,4	2,7	2,10	39		
Gruba I	46680.502.25	MS	0	1	0		-	-	m	-	-	f	BT	wt	B;T		nb	hr	nb	k		1,6	e	Fe	4,6	4,1	2,00	68	
Gruba I	46680.502.26	MS	0	1	0		-	-	ho	-	-	f	BT	wt	B;BT;T		z	hr	s	k		0,8	e	Fe	4,9	4,3	1,50	54	
Gruba I	46680.502.27	MS	0	1	0		-	-	m	+	-	b	BT;S	gu	BG;B-		z	r	s	k		0,7	e	Fe	4,2	2,6	2,00	35	
Gruba I	46680.502.28	MS	0	1	0		-	-	m	++	-	b	BT	wt	B;WN-T		p	r	nb	k		0,7	e	Fe	3,6	2,9	1,90	31	
Gruba I	46680.502.3	MS	0	1	1		-	-	m	-	-	f	B;B+;BT	gu	BG;B;-B;WN-T		nb	nb	nb	k		1,8	nb	Fe	6,5	5,0	1,50	107	
Gruba I	46680.502.8	MS	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f	BT	gu	B;-NH								Fe	5,5	5,5	1,90	95		
Gruba I	46680.503.1	MS	0	1	0		-	-	m	-	++	b	BT	wt	BT;WN-T		nb	hr	nb	k		1,5	e	Fe	6,7	3,1	2,30	83	
Gruba I	46680.504.2	MS	1	0	0	2a	-	40	m	-	-	f	BT;S	wt	BT								Fe	6,2	4,5	2,40	117		
Gruba I	46680.504.3	MS	0	1	0		-	-	m	+	+	b	P	wt	B;WN-T		p	r	nb	k		1,3	w	Fe	9,4	7,5	1,90	194	
Gruba I	46680.508.1	MS	1	0	0	2b	-	-	m	-	+	f	B+;BT	gu	B;-T								Fe	10,5	7,0	1,50	253	x	
Gruba I	46680.508.2	MS	1	0	0	2a	-	40	m	-	-	f	BT;S	gu	B-								Fe	9,0	6,5	2,20	219	x	
Gruba I	46680.508.3	MS	1	0	0	2a	-	45	m	-	+	f	BG;B+;BT	gu	BG;B								Fe	8,0	6,0	1,70	135		
Gruba I	46680.508.4	MS	0	1	0		-	-	m	-	-	b	B;P	wt	B;WN-T		p	r	nb	k		1,1	w	Fe	7,0	5,4	2,10	127	
Gruba I	46680.509.11	MS	0	1	0		-	-	m	+	+	b	B+;BT	wt	B;BT;T;Z		p	hr	nb	k		2,4	w	Fe	10,1	8,1	2,90	364	
Gruba I	46680.516.2	MS	0	0	0		-	-	m	-	-	f	BT	wt	B;T;T								Fe	11,0	9,0	1,70	386		
Gruba I	46680.516.3	MS	1	1*	0	2a	-	-	m	-	+	b	BT;S	wt	B;BT;T								Fe	11,5	11,0	1,60	563		
Gruba I	46680.517.3	MS	1	2	0	2b	-	-	m	-	-	f	BT	wt	B								Fe	4,6	3,9	2,60	50		
Gruba I	46680.521.1	MS	1	2	0	3a	-	-	m	++	-	b	BT;W	gu									Fe	7,2	4,2	2,20	72		
Gruba I	46680.521.2	MS	1	0	0	2a	-	-	nb	-	-	f	BT	gu	B-								Fe	3,9	3,4	1,70	45		
Gruba I	46680.521.3	MS	1	0	0	2a	-	-	m	-	-	f	BT	gu	B-								Fe	2,3	2,0	1,50	16		
Gruba I	46680.522.1	MS	1	2	0	2a	-	-	50	m	+	f	BT;W	wt	B;BT;T								Fe	17,5	16,0	2,20	1088		
Gruba I	46680.522.2	MS	1	2	0	2a	-	-	nb	-	-	f	BT;W	wt	B;T								Fe	8,4	7,8	2,60	326		
Gruba I	46680.522.3	MS	0	1	0		-	-	m	-	-	f	BT;W	wt	B;BT		z	hr	r	k		1,1	m	Fe	9,4	7,5	2,10	199	
Gruba I	46680.523.2	MS	0	1	0		-	-	m	++	+	b	B+;BT	gu	BG;B;-B;BT;T		p	r	nb	k		1,6	e	Fe	13,5	8,0	2,80	475	
Gruba I	46680.524.1	MS	1	1	1	2a	13	45	m	-	-	f	B+	f	BG;B-		p	hr	nb	k		1,0	m	Fe	10,0	8,5	2,00	292	
Gruba I	46680.527.1	MS	0	1	0		-	-	m	-	-	f	BT	gu	BG;B;-B;BT;WN-T		nb	hr	nb	k		1,7	e	Fe;S	13,5	11,9	2,00	579	
Gruba I	46680.535.1	MS	1</																										

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Blasengröße	Anzahl Blasen Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik			
Gruba I	46680.502.29	PS-A	1	0	0	3b	-	-	m	-	-	f	BT	f	BG;B-					Fe	2,7	2,4	1,05	13				
Gruba I	46680.502.30	PS-A	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f	BT	gu	BT					Fe	2,5	2,3	1,35	13				
Gruba I	46680.502.31	PS-A	1	0	0	3x	-	-	ho	-	-	f		f						Fe	3,2	2,5	1,00	22				
Gruba I	46680.502.32	PS-A	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f		f	BT					Fe	2,0	1,5	1,10	5				
Gruba I	46680.502.33	PS-A	0	1	0				ho	-	-	f	BT	gu	B	nb	e	nb	k	2,4	e	Fe	5,0	1,8	1,00	11		
Gruba I	46680.502.34	PS-A	0	1	0				ho	-	-	f		f		z	hr	nb	k	1,3	e	Fe	3,8	3,7	1,00	20		
Gruba I	46680.502.35	PS-A	0	1	0				m	-	+	f	S;W	gu	BG;B	p	hr	nb	H	1,5	e	Fe	7,2	4,5	1,30	52		
Gruba I	46680.508.5	PS-A	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f	BT	f	BT						Fe	3,9	3,4	1,00	32			
Gruba I	46680.508.6	PS-A	0	1	0				ho	-	-	f	B	gu	B;WN-T	z	r	r	k	1,2	m	Fe	7,1	5,6	1,10	81		
Gruba I	46680.508.7	PS-A	0	1	0				m	-	+	f	BT	gu	B-	z	hr	r	k	1,2	e	Fe	5,0	3,8	1,30	31		
Gruba I	46680.521.4	PS-A	0	1	0				m	-	-	f	BT	gu	BT	nb	e	nb	k			Fe	3,9	3,0	1,30	27		
Gruba I	46680.521.5	PS-A	1	2	0	3a	-	-	m	-	-	w	BT	gu								Fe	4,6	3,8	1,20	33		
Gruba I	46680.521.6	PS-A	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f	BT	f	BT							Fe	2,2	1,9	1,20	3		
Gruba I	46680.528.1	PS-A	1	0	0	2b	-	30	ho	-	-	f	B	gu								Fe	7,5	6,0	1,00	97		
Gruba I	46680.564.10	PS-A	1	1	0	3a	-	-	m	-	-	f	BT	wt	BG;B;BT;T	p	hr	nb	k	0,7	e	Fe	7,3	7,2	1,10	103		
Gruba I	46680.564.11	PS-A	1	1	0	3a	-	-	m	-	-	f	BT	wt	BG;B-	nb	r	nb	k	0,9	w	Fe	6,3	5,0	1,20	59		
Gruba I	46680.564.12	PS-A	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f	BT	gu	BG;B-							Fe	4,2	4,1	1,05	38		
Gruba I	46680.564.14	PS-A	1	0	0	3b	-	-	m	-	-	f	B	gu	BT;Z							Fe	5,3	4,8	1,15	48		
Gruba I	46680.564.15	PS-A	0	1	0				m	-	-	f	B	gu	BG;B;-B;WN-T	nb	e	nb	k	1,2	e	Fe	6,4	5,6	1,10	89		
Gruba I	46680.564.4	PS-A	1	0	0	3x	-	-	m	-	-	f	BT	gu								Fe	5,0	3,3	1,30	40		
Gruba I	46680.570.11	PS-A	1	0	0	3a	-	-	nb	-	-	f	BT	gu								Fe						
Gruba I	46680.573.1	PS-A	1	1	0	3a	-	-	m	-	+	b	B+;BTS	wt	B;BT;T	z	r	s	nb	1,0	m	Fe	12,5	12,5	1,20	399		
Gruba I	46680.573.16	PS-A	1	0	0	2a	-	50	ho	-	-	f	B+S	f	B-							Fe	6,5	4,5	1,00	80		
Gruba I	46680.573.25	PS-A	1	0	0	2b	-	40	m	-	+	-	f	BT	ks	BT;T						Fe	7,6	6,8	1,45	161		
Gruba I	46680.573.26	PS-A	1	0	0	2b	-	40	m	-	-	f	BT	gu								Fe	6,1	5,9	1,40	75		
Gruba I	46680.573.27	PS-A	0	1	0				m	-	+	-	f	BTS	gu							Fe	5,3	3,5	1,10	33		
Gruba I	46680.573.6	PS-A	0	1	0				ho	-	-	f		gu	BG;T;WN-T	p	e	nb	k	1,8	e	Fe	7,0	6,5	1,30	117		
Gruba I	46680.585.10	PS-A	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f	BT	f								Cu;Fe;S	4,3	4,0	1,20	27		
Gruba I	46680.585.11	PS-A	1	0	0	3x	-	-	he	-	-	f	BT	gu	BG;B;-B;TW							Fe	11,5	10,4	1,20	285		
Gruba I	46680.585.9	PS-A	1	1	0	3x	-	-	m	-	-	f	BT	gu	B;T;WN-T	p	r	nb	k	1,4	w	Cu;Fe;S	13,5	6,1	1,15	186		
Gruba I	32662.4.3	PS-B	0	2	0				m	-	-	f	BT	gu	WN-T							Fe	4,0	3,0	0,80	20		
Gruba I	32662.4.9	PS-B	0	1	1				m	-	-	f	BT	f	WN-T	nb	nb	nb	k	-	nb	Fe	3,7	3,3	0,70	26		
Gruba I	46680.502.36	PS-B	0	1	0				ho	-	-	f	W	gu	WN-T	z	nb	s	k	0,9	e	Fe	7,5	5,2	0,90	65		
Gruba I	46680.502.37	PS-B	0	1	0				ho	-	+	-	f	BT	gu	B;-B;WN-T	nb	hr	nb	k	1,3	e	Fe;S	4,8	3,9	0,75	36	
Gruba I	46680.502.5	PS-B	0	1	0				m	-	-	f	BT	gu	B;-BT;WN-T	nb	nb	nb	nb	1,1	e	Fe	9,0	5,5	0,90	93		
Gruba I	46680.502.6	PS-B	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f		gu	BG;BT							Fe						
Gruba I	46680.503.2	PS-B	0	1	0				ho	-	-	f	BT	f	B	z	hr	r	k	1,1	e	Fe	6,7	6,2	0,75	48		
Gruba I	46680.517.1	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f	BG	f								Fe	3,3	3,2	0,55	14		
Gruba I	46680.517.2	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f		f								Fe	2,9	2,6	0,65	11		
Gruba I	46680.532.1	PS-B	1	2	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f	B							Fe	9,0	8,5	0,60	119		
Gruba I	46680.532.4	PS-B	1	0	0	3x	-	-	ho	-	-	f		f								Fe	6,5	5,0	0,60	39		
Gruba I	46680.532.5	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f								Fe	6,5	4,0	0,50	31		
Gruba I	46680.532.6	PS-B	1	0	0	3b	-	-	nb	-	-	f		f								Fe	4,6	3,6	0,50	20		
Gruba I	46680.532.7	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f								Fe	3,8	2,0	0,55	10		
Gruba I	46680.532.8	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f		f								Fe	2,9	2,8	0,60	11		
Gruba I	46680.535.7	PS-B	2	0	0				ho	-	-	f		f	B-							Fe	11,0	6,5	0,50	77		
Gruba I	46680.564.13	PS-B	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f	BT	f								Fe	4,0	3,2	0,90	17		
Gruba I	46680.564.16	PS-B	1	1	0	3b	-	-	m	-	-	f	BT	gu	BG;B;-B	nb	hr	nb	k	1,0	e	Fe	6,8	5,6	0,70	48		
Gruba I	46680.564.7	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f								Fe	3,0	2,9	0,50	7		
Gruba I	46680.564.8	PS-B	0	1	0				m	-	-	f	BT	gu		p	hr	nb	k	1,2	e	Fe	5,1	4,3	0,90	24		
Gruba I	46680.564.9	PS-B	0	1	0				nb	-	-	f	BT	f	B;-WN-T	nb	e	nb	H	1,6	e	Fe	4,8	2,4	0,80	20		
Gruba I	46680.570.1	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f	BT							Fe	6,7	3,0	0,70	32		
Gruba I	46680.570.2	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f		f								Fe	4,2	3,2	0,55	20		
Gruba I	46680.571.1	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f								Fe	9,0	8,0	0,60	104		
Gruba I	46680.571.4	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f	B-							Fe	7,5	6,6	0,65	83		
Gruba I	46680.571.5	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f		f								Fe	6,0	4,2	0,55	43		
Gruba I	46680.573.11	PS-B	0	0	1				ho	-	-	f	BG	f	B-							Fe	11,0	7,0	0,60	121		
Gruba I	46680.573.12	PS-B	0	1	0				ho	-	-	f	B+	f	B-	nb	nb	nb	nb	1,2	m	Fe	10,0	8,0	0,50	104		
Gruba I	46680.573.13	PS-B	2	1	0				m	-	-	f	BG;BT	gu	BG;B;-B;T	nb	hr	nb	k	1,4	m	Fe	10,0	8,0	0,50	104		
Gruba I	46680.573.14	PS-B	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f	BG	gu	B-							Fe;S	8,5	8,0	0,60	103		
Gruba I	46680.573.20	PS-B	0	1*	0				ho	-	-	f	BT	gu	BT;WN-T							Fe	6,0	5,5	0,80	53		
Gruba I	46680.573.21	PS-B	0	1*	0				ho	-	+	f	P	gu	B;-B							Fe	5,5	5,5	0,60	45		
Gruba I	46680.573.9	PS-B	0	2	0				ho	-	+	f	P	f								Fe	10,5	8,5	0,70	188		
Gruba I	46680.585.12	PS-B	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f	BG;BT	f	BG;B-							Fe	7,8	7,0	0,65	50		
Gruba I	46680.585.13	PS-B	1	0	0	3x	-	-	ho	-	-	f		gu	BT;T;W							Fe	6,6	4,9	0,80	49		
Gruba I	46680.585.14	PS-B	1	2	0	3a	-	-	ho	-	-	f	BT	gu	B-							Fe	7,3	6,4	0,65	63		
Gruba I	46680.585.15	PS-B	1	1*	0	3b	-	-	ho	-	-	f		gu	T;W							Fe	6,8	5,7	0,70	52		
Gruba I	46680.585.16	PS-B	1	1	0	3c	-	-	m	-	-	f	S;T	f	B-	z	hr	r	k	1,3	e	Fe	5,7	5,4	0,65			

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Blasengröße	Anzahl Blasen	Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik
Gruba I	46680.571.14	PS-C	0	1	0			ho	-	-	f		f													
Gruba I	46680.571.2	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f		f												x
Gruba I	46680.571.3	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f		f												x
Gruba I	46680.571.6	PS-C	1	2	0	3x	-	-	nb	-	-	f		f	B-											
Gruba I	46680.571.7	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f		f												
Gruba I	46680.571.8	PS-C	1	0	0	3b	-	-	g-ho	-	-	f		f												
Gruba I	46680.571.9	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f												
Gruba I	46680.573.10	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	BG;P	f												
Gruba I	46680.573.15	PS-C	0	1	0			ho	-	-	f	BG;B+	f	B-		nb	nb	nb	k	0,6	e	Fe	7,0	6,0	0,40	40
Gruba I	46680.573.17	PS-C	0	0	0			ho	-	-	f		f	B-												
Gruba I	46680.573.18	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f		f	B-											
Gruba I	46680.573.19	PS-C	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f		f	B-											
Gruba I	46680.573.22	PS-C	0	0	0			ho	-	-	f	BG	f	B-												x
Gruba I	46680.573.23	PS-C	0	0	0			ho	-	-	f		f													x
Gruba V	32662.14.1	MS	0	1	0			m	+	-	f	BT	wt	B;-BT;WN-T	p	e	nb	k	1,5	e	Fe	5,5	5,0	1,70	91	
Gruba V	32662.14.2	MS	0	1	0			m	-	-	f	BT	wt	BT;WN-T	z	hr	nb	H	1,3	e	Fe	7,0	4,0	1,60	116	
Gruba V	32662.14.3	MS	0	1	1			nb	+	-	f	BT	gu	B;-;WN-T	p	e	nb	H	1,1	e	Fe	6,0	5,5	1,80	133	
Mot la Bova	18203.57.2	PS-A	1	0	0	3b	-	-	m	-	-	f	W	gu												
Mot la Bova	18203.57.4	PS-B	1	0	0	3b	-	-	m	-	-	f	BG	gu												
Motta Moia	2523.1.1	SK	2	0	2			he	-	++	w		wks													
Motta Moia	2523.1.2	SK	2	0	2			he	-	++	w		wks													
Motta Moia	18203.112.1	SK	1	0	0	1a	-	-	he	++	w	B+;S;W	gu	W												
Motta Moia	2523.1.4	SK*	0	0	0			m	-	++	b		wks													
Motta Moia	2523.1.3	MS	0	0	1			m	+																	
Motta Moia	18203.123.1	MS	0	1	0			m	+	+	f	W	wt	WN-T	z	hr	nb	k	1,0	nb	Fe	4,1	3,4	2,20	28	
Motta Moia	18203.123.2	MS	0	1	0			m	+	+	f	W	gu	B;-T	p	hr	nb	k	1,0	nb	Fe	4,3	3,9	1,80	29	
Motta Moia	18203.112.2	PS-A	0	1	0			ho	-	-	f	B+;W	f	WN-T												
Motta Moia	18203.112.3	PS-A	0	1	0			ho	-	++	f	W	gu	WN-T												
Motta Moia	18203.112.4	PS-A	0	1	0			ho	-	-	f	W	gu	WN-T	nb	e	nb	k	1,3	e	Fe	3,9	2,1	1,40	16	
Motta Moia	18203.123.3	PS-A	0	1	0			ho	-	-	f	W	gu	T												
Motta Moia	2523.1.5	PS-B	0	0	2			nb	+	++	b		wks													
Motta Moia	2523.1.6	PS-B	0	0	2			m	-	++	w		ks													
Motta Moia	18203.112.10	PS-B	1	0	0	3x	-	-	ho	-	-	f	W	f												
Motta Moia	18203.112.11	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	P	f												
Motta Moia	18203.112.12	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	+	f	S;W	f	W											
Motta Moia	18203.112.13	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	S	f	W											
Motta Moia	18203.112.14	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	W	f	W											
Motta Moia	18203.112.15	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f												
Motta Moia	18203.112.16	PS-B	1	0	0	3x	-	-	ho	-	-	f		gu	B;W											
Motta Moia	18203.112.17	PS-B	2	1	0			ho	-	-	f	W	f	B;W												
Motta Moia	18203.112.18	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f	S;W	f	W;WN-T												
Motta Moia	18203.112.19	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f		f													
Motta Moia	18203.112.20	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f	W	f	B;T												
Motta Moia	18203.112.21	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f	W	f													
Motta Moia	18203.112.22	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f	W	f	WN-T												
Motta Moia	18203.112.23	PS-B	0	0	1			ho	-	-	f	S	f	W												
Motta Moia	18203.112.5	PS-B	1	0	2	3c	-	-	m	+	-	f	W	f	W											
Motta Moia	18203.112.6	PS-B	1	1	0	3a	-	-	ho	-	-	f		f	B;-B;WN-T											
Motta Moia	18203.112.7	PS-B	1	0	0	2b	-	-	ho	-	-	f	W	f												
Motta Moia	18203.112.8	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f		f	W											
Motta Moia	18203.112.9	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f	W	f	NH;T											
Motta Moia	18203.123.10	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	W	f	B;W											
Motta Moia	18203.123.11	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	W	f	W											
Motta Moia	18203.123.12	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	+	-	f	W	f	T;W;Z											
Motta Moia	18203.123.13	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	W	gu	T;W											
Motta Moia	18203.123.14	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	W	f	T;W											
Motta Moia	18203.123.15	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	W	f	W											
Motta Moia	18203.123.16	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f	BT	f	B-											
Motta Moia	18203.123.17	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f	W	f	WN-T	nb	e	r	nb	0,9	m						
Motta Moia	18203.123.18	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f	W	f													
Motta Moia	18203.123.19	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f	W	f	B;T												
Motta Moia	18203.123.20	PS-B	0	1	0			ho	+	-	f	S;W	f	W	z	hr	r	k	0,6	nb						
Motta Moia	18203.123.21	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f	W	f	T												
Motta Moia	18203.123.22	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f	W	f	B;Z	p	e	nb	k	1,0	e	Fe	4,4	3,5	0,55	14	
Motta Moia	18203.123.23	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f	W	f	W;WN-T	nb	hr	nb	k	1,7	e	Fe	4,3	3,0	0,50	10	
Motta Moia	18203.123.24	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f		f													
Motta Moia	18203.123.25	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f															
Motta Moia	18203.123.26	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f		f	W												
Motta Moia	18203.123.27	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f	W	f	W;WN-T	z	r	r	k	0,7	e	Fe	2,9	3,2	0,50	11	
Motta Moia	18203.123.28	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f	W	f	B												
Motta Moia	18203.123.29	PS-B	1	1	0	3a	-	-	ho	-	-	f		f		p	e	nb	k	0,7	e	Fe	2,7	1,7	0,80	5
Motta Moia	18203.123.4	PS-B	2	1	0			ho	-	-	f	W	f			nb	e	r	k	0,9	nb	Fe	4,1	2,9	0,70	17
Motta Moia	18203.123.5	PS-B	1	0	0	3x	-	-	ho	-	-	f	W	f	B;W											
Motta Moia	18203.123.6	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	B+;W	f	W											
Motta Moia	18203.123.7	PS-B	1	0	1	3b	-	-	ho	-	-	f	W	f	B;-W											
Motta Moia	18203.123.8	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	W	f	W											
Motta Moia	18203.123.9	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	W	f	W											
Motta Moia	69196.1.1	PS-B	1	0	0	2b	-	-	40	ho	-	-	f		f	B;T			</							

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Biasengröße	Anzahl Blasen Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik			
Motta Mola	18203.123.33	PS-C	1	0	0	3c	-	ho	-	f		f	W							Fe	3,5	2,1	0,45	8				
Motta Mola	18203.123.34	PS-C	0	1	0			ho	-	f	B+;W	f	B	nb	e	r	k		0,8	m	Fe	5,7	5,5	0,45	29			
Motta Mola	18203.123.35	PS-C	0	1*	0			ho	-	f	S;W	f	W								Fe	3,2	2,5	0,30	4			
Motta Mola	18203.123.36	PS-C	0	1*	0			ho	-	f	W	f	W									3,3	3,3	0,45	9			
Motta Mola	2523.1.7	VS	0	0	1			m	-	++	w											7,0	6,4	2,80	81			
Motta Vallac	2832.159.1	PS-B	0	1*	0			ho	-	f	S	f										4,2	3,5	0,70	16			
Motta Vallac	2832.161.1	PS-B	0	2	0			ho	-	f	W	f										4,2	2,5	0,55	10			
Motta Vallac	2832.162.1	PS-B	0	2	0			ho	-	f	W	f	B									8,0	6,7	0,60	48			
Motta Vallac	2832.163.1	PS-C	0	0	0			ho	-	f	W	f	B-									3,0	2,5	0,45	8			
N Riom	18203.118.1	PS-A	0	0	1			ho	-	f	W	gu									Fe	4,5	9,3	1,45	102			
N Riom	18203.118.2	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	f	W	f									Fe	4,0	3,2	0,55	15			
N Riom	18203.118.3	PS-B	0	0	1			ho	-	f	W	f	W									5,1	4,3	0,50	25			
Ober-Juppa I	18203.130.1	MS	1	0	0	2a	13	40	he	+	f	B+;BT	gu	B-							Fe	8,0	3,8	2,10	62			
Ober-Juppa I	18203.130.2	MS	0	1	0			g-he	+	++	f	B+;BT	wt	BG;T;W	z	hr	nb	k		1,0	e	Fe	9,8	6,8	2,80	183		
Ober-Juppa I	18203.130.3	MS	0	1	0			g-m	-	f	BG;W	gu	B;W	nb	e	nb	k					Fe	10,8	7,2	1,80	179		
Ober-Juppa I	18203.130.4	MS	0	1	0			g-m	-	f	BT	gu	B;T;W	z	e	s	k		1,2	e	Fe	5,8	5,6	1,70	76			
Ober-Juppa I	18203.130.5	MS	0	1	0			nb	-	f	BG;P	gu	T	p	r	nb	k		0,7	e	Fe	6,4	4,6	1,90	68			
Ober-Juppa I	18203.130.6	MS	0	1	0			g-m	+	-	f	wt	BG	z	nb	s	k		0,4	e	Fe	3,6	3,3	1,70	24			
Ober-Juppa I	18203.130.7	MS	0	0	1			g-he	-	f	BG;W	gu	BG;T								Fe	7,7	7,4	1,80	128			
Ober-Juppa I	18203.130.11	MS	1	1	0	2b	-	35	m	-	f	BT;W	gu	BG;W	nb	r	nb	k		1,0	e	Fe	5,0	4,2	2,00	55		
Ober-Juppa I	18203.130.11	PS-A	1	0	0	3a	-	-	nb	-	f	S	gu								Fe	2,1	1,3	1,05	6			
Ober-Juppa I	18203.130.12	PS-A	1	0	0	3b	-	-	ho	-	f	f	BG								Fe	2,9	2,8	1,00	14			
Ober-Juppa I	18203.130.8	PS-A	1	0	1	3x	-	-	g-m	-	f	f									Fe	3,5	2,9	1,00	15			
Ober-Juppa I	18203.130.9	PS-A	1	0	0	3a	-	-	g-m	-	f	gu									Fe	3,5	2,5	1,20	13			
Ober-Juppa I	18203.130.13	PS-B	1	0	0	3b	-	-	nb	-	f	W	f	BG							Fe	2,3	2,1	0,55	8			
Ober-Juppa I	18203.130.14	PS-B	1	0	0	3a	-	-	nb	-	f	f									Fe	1,9	1,9	0,90	5			
Ober-Juppa I	18203.130.16	PS-B	1	0	0	3a	-	-	g-m	-	f	f									Fe	2,2	1,5	0,95	3			
Ober-Juppa I	18203.130.19	PS-B	0	1	0			ho	-	f	BT	f		nb	hr	nb	k				1,2	e	Fe	3,2	2,6	0,95	8	
Ober-Juppa I	18203.130.20	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	f	W	f								Fe	4,5	4,1	0,25	12			
Ober-Juppa I	18203.130.21	PS-C	1	0	0	3c	10	-	ho	-	f	BG;P	f								Fe	3,2	2,9	0,30	6			
Ober-Juppa I	18203.130.22	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	f	BG;W	f								Fe	3,1	2,5	0,35	7			
Ober-Juppa I	18203.130.23	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	f	W	f								Fe	4,2	3,2	0,30	11			
Ober-Juppa I	18203.130.24	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	f	W	f								Fe	2,3	2,0	0,35	3			
Ostufur Marmorerassee	32682.8.1	PS-B	0	0	1*			nb	-	+	f	f	B-								Fe	5,0	4,0	0,90	48			
Pardeala	1847.2.1	MS	1	1	1	2b	19	45	m	+	f	BT	gu	BG;B;-T;WN-T	p	hr	nb	k		1,8	e	Cu;Fe;S	28,0	17,0	3,00	2422		
Pardeala	1847.2.10	MS	0	2	1*			m	+	+	b	BG;B+;BT	wt	BG;B;-T							Fe	12,5	9,6	3,00	567			
Pardeala	1847.2.2	MS	1	1	1	1b	15	50	m	+	+	f	B+;BT	gu	B;-WN-T	p	e	nb	H		1,4	m	Fe;S	23,0	17,0	2,70	2051	
Pardeala	1847.2.3	MS	1	1	1	2a	19	35	m	-	f	BG;B+;BT	wt	BG;B;-T	p	e	nb	k		1,2	m	Fe	19,0	14,0	2,60	1221		
Pardeala	1847.2.4	MS	1	2	1	2b	18	45	m	+	-	b	BG;B+;BT	gu	B;-B;-T;WN-T							Fe	16,5	11,5	2,50	776		
Pardeala	1847.2.5	MS	1	1	1	2a	-	50	m	+	+	b	B+;BT	gu	BG;B;-B;-WN-T	z	e	r	k		1,9	e	S	12,5	10,0	3,90	975	
Pardeala	1847.2.6	MS	1	0	1	2b	20	55	m	++	-	f	BG;BT	gu	B;-T							Fe	14,5	9,6	3,10	692		
Pardeala	1847.2.7	MS	1	1	1	3a	15	-	m	++	-	b	BT;S;W	gu	B;-T	nb	hr	nb	k		1,0	e	Cu;Fe	17,5	12,0	2,70	867	
Pardeala	1847.2.8	MS	1	0	1	3a	-	-	m	+	+	f	BG;BT	gu	B;-T							Fe	15,0	10,5	1,50	350		
Pardeala	1847.2.9	MS	0	1	0			he	-	-	f	P;S	wt	B;-B;-WN-T	p	r	r	k		1,1	e	Fe	8,5	7,3	2,50	213		
Pardeala	1847.3.1	MS	1	1*	1	2a	-	45	m	+	+	f	B+;P;W	wt	B;BT;T							Cu;Fe;S	26,0	14,0	1,90	1671		
Pardeala	1847.3.2	MS	1	1	0	2a	-	55	m	++	+	f	BT	gu	B;-T;WN-T	z	hr	nb	k		1,7	e	Fe	22,0	14,5	2,20	1499	
Pardeala	1847.3.3	MS	1	1	0	2a	-	40	nb	+	-	f	BT	wt	B;BT;NH;T	z	hr	s	k		1,5	e	Cu;Fe	12,0	9,3	2,10	514	
Pardeala	1847.2.11	PS-A	0	1	1			m	-	-	f	BG;BT	wt	B;BT;T	p	e	s	k		0,9	m	Fe	10,8	8,5	1,40	261		
Pardeala	1847.2.12	PS-A	1	0	0	2b	-	45	m	-	-	f	BT	gu	BG							Fe	5,7	3,8	1,25	49		
Pardeala	1847.2.13	PS-B	1	1	1*	3b	-	-	g-ho	-	f	BT	wt	BT;WN-T	z	hr	nb	k		1,3	e	Fe	7,3	4,3	0,90	44		
Pardeala	1847.2.14	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	f	W								Fe	5,4	3,8	0,50	33		
Pardeala	1847.2.15	PS-B	0	1*	0			ho	-	-	f	f	BG;WN-T								S	5,1	4,1	0,90	29			
Pardeala	1847.2.16	PS-C	1	0	1	3b	12	-	ho	-	-	f	W	f	W							Fe	11,0	5,3	0,40	47		
Pardeala	1847.2.17	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	P	f								Fe	4,5	4,0	0,30	19		
Pareis I	1861.1.15	SK	1	0	1	1a	-	-	he	+	+	w	wks	T								Fe	7,1	6,4	2,20	95		
Pareis I	54560.1.1	SK	1	2	0	1a	-	-	he	++	+	w	S	wt	Z							Fe	6,6	5,1	3,00	65		
Pareis I	1861.1.1	MS	1	2	0	2a	-	-	m	+	+	f	B;BT;W	wt	B;-T							Fe	13,0	12,5	3,00	819		
Pareis I	1861.1.16	MS	1	1	2	2b	-	35	m	+	-	b	B+;P;S	wt	T;WN-T	nb	hr	nb	H		1,7	e	Cu;Fe	11,3	9,0	2,70	380	
Pareis I	1861.1.18	MS	0	0	1*			m	+	+	b	BT;W	gu	BT;W								Fe	8,3	4,9	2,00	103		
Pareis I	1861.1.19	MS	2	0	1*			m	+	+	b	B+;S;W	wt	B;-BT;T								Fe	8,2	4,6	2,60	78		
Pareis I	1861.1.2	MS	0	1	0			nb	-	-	f	B+;W	gu	T;WN-T	z	r	s	k		1,3	e	Fe	5,5	5,5	1,50	86		
Pareis I	1861.1.20	MS	2	0	0			m	+	-	f	BT	wt	NH;T								Fe	6,8	4,6	2,30	119		
Pareis I	1861.1.21	MS	1	0	0	3x	-	-	ho	++	-	f	BT;S	wt	B;-B							Fe	5,8	3,8	1,70	53		
Pareis I	1861.1.22	MS	1	0	0	2a	-	40	nb	-	-	f	BT	gu	BT;T							Fe	5,0	4,8	1,50	62		
Pareis I	1861.1.23	MS	1	0	1	2b	-	50	m	-	-	f	B+;BT;W	f	B-							Fe	4,5	4,1	1,70	55		
Pareis I	1861.1.24	MS	1	0	1	3a	-	-	nb	-	-	f	S	wt	T;Z							Fe	5,4	3,5	2,40	53		
Pareis I	1861.1.26	MS	1*	0	0			ho	+	+	f	P	wt	B-								Fe	5,1	4,5	2,20	55		
Pareis I	1861.1.27	MS	1	0	0	2b	-	50	m	-	-	f	BT	gu	B;BT;T							Fe	4,4	3,7	1,60	48		
Pareis I	1861.1.29	MS																										

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Blasengröße	Anzahl Blasen	Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik	
Pareis I	1861.1.5	MS	0	1	1			m	-	+	f	W	wt	B;-T;WN-T	p	hr	nb	k	1,5	e	Fe	6,5	6,5	1,70	134		
Pareis I	1861.1.6	MS	0	1	1			m	-	-	f	P;W	gu	BG;B;-WN-T	nb	hr	nb	k	1,6	e	Cu;Fe	11,0	6,0	2,00	293		
Pareis I	1861.1.7	MS	1	0	0	2b	-	50	m	-	-	f	gu	B							Fe	5,0	4,0	1,70	79		
Pareis I	32662.6.2	MS	0	1	0			m	-	+	f	B	wt		z	r	nb	k	1,3	e	Cu;Fe	4,3	4,2	2,30	81		
Pareis I	32662.6.3	MS	1	0	0	2a	-	nb	+	-	f	BG	wt								Fe	3,9	2,7	2,10	23		
Pareis I	32662.6.4	MS	1*	0	0			m	-	-	f	P									Fe	3,5	2,1	2,00	20		
Pareis I	32662.6.5	MS	1	0	0	2a	-	45	m	-	-	f	P	f	B-						Fe	3,0	2,2	1,55	22		
Pareis I	32662.6.6	MS	1*	0	0			ho	-	-	f	BG									Fe	3,0	2,9	1,90	26		
Pareis I	32662.6.7	MS	1	0	0	3a	-	m	-	-	f										Fe	2,4	2,0	1,50	13		
Pareis I	54560.1.2	MS	2	0	1*			m	-	-	b	S;T									Fe	4,6	3,7	2,80	50		
Pareis I	54560.1.3	MS	1	1	0	2a	-	nb	-	-	b	BG;BT	gu	B;NH	nb	hr	nb	nb	1,3	e	Fe	8,5	6,4	1,50	181		
Pareis I	54560.2.1	MS	0	1	0			m	-	-	b		wt	B	nb	e	nb	k	1,4	e	Fe	5,0	4,4	2,30	71		
Pareis I	54560.2.2	MS	0	1	0			m	-	+	f	P	wt	B;-B;T	p	r	nb	k	1,4	e	Fe	6,3	5,3	1,60	88		
Pareis I	54560.2.3	MS	0	1	0			m	-	-	f	W	gu	B;T;WN-T	p	hr	nb	k	1,8	e	Fe	7,8	5,0	1,70	132		
Pareis I	54560.2.4	MS	1	0	0	2b	-	40	m	-	-	b	P	wt							Fe	4,7	4,4	2,00	74		
Pareis I	54560.3.1	MS	1	2	1	2a	-	40	m	+	-	b	B+;BT;S	wt	B;-B;T						Cu;Fe;S	13,0	8,4	2,30	405		
Pareis I	54560.3.2	MS	0	1	1			m	+	-	f	BT;S	wt	BT;T;WN-T	nb	e	nb	H	1,9	e	Fe;S	11,4	7,4	2,60	316		
Pareis I	54560.3.3	MS	1	1	1	2b	13	40	m	-	-	f	BG;B+	wt	BT;T;W;WN-T	nb	hr	nb	k	1,2	e	Fe	7,5	7,1	2,30	176	
Pareis I	54560.3.4	MS	1	0	0	2b	-	40	m	+	-	f	B;S	gu	B;BT;T						Fe	6,6	5,0	1,90	129		
Pareis I	54560.3.5	MS	1	0	2	2a	-	50	m	-	-	f	S	ks							Cu;Fe	5,3	3,7	1,55	55		
Pareis I	54560.3.7	MS	0	1	1			nb	-	-	f	BT	wt	BG;B;T;WN-T	p	e	nb	k	1,3	m	Fe;S	8,3	7,1	1,50	159		
Pareis I	54560.4.1	MS	1	1*	0	2a	-	40	he	-	-	b	B+;T	gu	B;T						Fe	11,6	5,6	1,90	195		
Pareis I	54560.4.2	MS	0	1	0			m	-	+	f	B+;BT	wt	B;T	nb	hr	nb	k	1,4	nb	Fe;S	9,5	7,0	2,80	246		
Pareis I	54560.4.3	MS	1	1*	0	2b	-	35	ho	-	-	f	BT	gu	BT						Fe	7,6	6,4	1,70	133		
Pareis I	54560.4.4	MS	0	1*	0			m	+	+	b	B+;W	gu	B;T							Fe	5,7	5,7	2,60	111		
Pareis I	54560.4.5	MS	0	1	0			m	-	-	f		wt	B;-B;WN-T	nb	e	nb	k	1,5	e	Cu;Fe;S	5,4	5,0	2,60	79		
Pareis I	54560.4.6	MS	0	1*	0			m	-	-	f	W	gu								Fe;S	3,9	3,7	1,90	44		
Pareis I	54560.4.7	MS	1	1	0	2a	-	50	m	++	-	f	BG	wt		nb	hr	nb	k	1,0	m	Fe;S	5,3	3,9	2,50	65	
Pareis I	1861.1.17	MS*	1	0	0	2a	-	50	m	+	+	b	BT;W	wt	BT;T						Fe	6,3	5,9	2,30	114		
Pareis I	1861.1.11	PS-A	0	0	1*			nb	-	-	f	W	wt	B;-B;T							Fe	6,5	4,0	1,00	73		
Pareis I	1861.1.12	PS-A	0	1	0			ho	-	-	-	W	gu		p	r	nb	k	0,8	e		3,5	3,5	1,00	27		
Pareis I	1861.1.25	PS-A	1	0	0	3a	-	m	-	-	b	BG	wt	B							Fe	4,9	4,4	1,40	47		
Pareis I	1861.1.28	PS-A	1	0	0	2a	-	ho	+	-	f	B;P	f	BT							Fe	2,3	2,2	1,30	11		
Pareis I	1861.1.3	PS-A	0	1	0			m	-	-	f		wt	B;T;WN-T	nb	e	nb	k	1,9	e	Fe	6,0	4,5	1,30	84		
Pareis I	1861.1.55	PS-A	1	1*	0	3a	-	ho	-	-	f	P;W	f								Fe	5,4	3,7	1,00	35		
Pareis I	1861.1.56	PS-A	1	2	1	2a	-	35	ho	-	-	f	BT;W	f	T						Fe	6,3	6,2	1,40	93		
Pareis I	1861.1.57	PS-A	1	0	0	3a	-	ho	-	-	f	BG	gu	B-							Fe	3,2	2,2	1,00	16		
Pareis I	1861.1.58	PS-A	1	0	0	3a	-	nb	-	-	f		gu								Fe	2,5	1,6	1,15	9		
Pareis I	1861.1.59	PS-A	0	1*	0			ho	-	-	f	BT;W	gu	NH;W;WN-T							Fe	4,4	3,1	1,05	30		
Pareis I	1861.1.8	PS-A	1	0	1*	3x	-	nb	+	-	f	W	gu	B-							Fe	7,0	6,0	1,30	125		
Pareis I	32662.6.10	PS-A	0	0	1*			nb	-	-	f	S	gu	BG							Fe	4,2	3,4	1,00	25		
Pareis I	32662.6.8	PS-A	1	0	0	3a	-	ho	-	-	f	T	f	B							Fe	5,5	3,8	1,10	33		
Pareis I	32662.6.9	PS-A	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f		f	T							Fe	4,4	2,5	1,10	24		
Pareis I	54560.1.4	PS-A	0	1	0			m	-	-	f	S	wt		z	hr	r	k	1,2	nb	Fe	3,8	3,2	1,10	24		
Pareis I	54560.1.5	PS-A	0	1	0			ho	-	-	f		gu	T	p	hr	nb	k	1,3	e	Fe	3,2	2,8	1,10	16		
Pareis I	54560.2.5	PS-A	1	1	0	2b	13	40	m	-	-	f	B;P	gu	WN-T	nb	e	r	k	1,5	e	Fe	8,0	6,1	1,30	145	
Pareis I	54560.2.6	PS-A	0	1	1			m	-	-	f	BT;W	wt		p	hr	nb	k	1,0	w		4,6	2,9	1,30	20		
Pareis I	54560.2.7	PS-A	0	1	0			ho	-	-	f	P	wt		p	r	nb	k	0,8	m	Fe	3,7	2,6	1,30	22		
Pareis I	54560.3.6	PS-A	0	1	0			ho	-	-	f	W	gu		p	e	nb	k	1,6	e	Fe	4,9	4,9	1,30	39		
Pareis I	54560.3.8	PS-A	0	1	1			ho	-	-	f	W	gu		p	e	nb	k	1,2	e	Fe	4,9	4,1	1,20	41		
Pareis I	54560.3.9	PS-A	1	0	0	2b	-	40	ho	-	-	f	BT	gu	BT;W						Fe	7,4	5,3	1,30	95		
Pareis I	54560.4.8	PS-A	0	0	1*			ho	-	-	f	W	gu	B							Fe	6,0	3,9	1,30	48		
Pareis I	54560.4.9	PS-A	1	2	0	3a	-	ho	-	-	f	P	f	Z							Fe;S	6,4	5,1	1,00	122		
Pareis I	1861.1.10	PS-B	0	1	1			ho	-	-	f	S	wt	T;WN-T	z	e	r	k	1,4	m	Fe	6,0	4,0	0,80	43		
Pareis I	1861.1.13	PS-B	1	0	1	3b	-	ho	-	-	f	P	f	T							Cu;Fe;S	3,5	3,5	0,70	31		
Pareis I	1861.1.14	PS-B	0	0	1*			ho	-	-	f	W	gu	BG;B							Fe	6,0	5,5	0,80	96		
Pareis I	1861.1.50	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	B+;BT	gu	B;-B							Fe	7,7	5,5	0,90	85		
Pareis I	1861.1.51	PS-B	1	0	0	3a	-	nb	-	-	f	BG	wt	BG;B							Fe	4,6	3,5	0,70	28		
Pareis I	1861.1.52	PS-B	1	0	0	3a	-	ho	-	-	f		f	T							Fe	3,8	3,5	0,55	15		
Pareis I	1861.1.53	PS-B	1	1*	0	3x	-	ho	-	-	f		ks	B							Fe	3,8	3,6	0,65	15		
Pareis I	1861.1.54	PS-B	0	0	1*			ho	-	-	f	BT;W	gu	B;-T;W							Fe	6,0	5,5	0,95	51		
Pareis I	1861.1.9	PS-B	0	1	0			ho	-	+	f	BT	f		z	e	s	H	0,7	w	Fe	4,0	3,5	0,50	23		
Pareis I	32662.6.1	PS-B	0	0	2			ho	-	-	f		f	T;Z							Fe	2,0	1,0	0,70	5		
Pareis I	54560.1.6	PS-B	0	1	0			nb	-	-	f	W	gu	Z	p	hr	nb	k	1,2	e	Fe	8,5	4,3	0,95	78		
Pareis I	54560.2.10	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f		f	WN-T	p	hr	nb	nb	1,0	w	Fe	4,9	3,1	0,80	22		
Pareis I	54560.2.8	PS-B	1	2	2	3x	-	ho	-	-	f	W	f	B;NH							Fe	10,9	4,9	0,70	72		
Pareis I	54560.2.9	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f	P;W	gu		p	hr	nb	k	1,0	e	Fe	3,2	2,8	0,95	15		
Pareis I	54560.3.10	PS-B	0	2	1*			ho	-	+	f	B;P	gu	Z							Fe	5,0	4,2	0,95	38		
Pareis I	54560.3.11	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f		f	WN-T	p	e	nb	k	1,7	e	Fe	4,8	3,4	0,70	21		
Pareis I	54560.3.12	PS-B	0	1	0			m	-	-	f		gu		p	e	nb	k	1,0	e	Fe	2,9	2,				

C Datentabellen Fundaufnahme

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Blasengröße	Anzahl Blasen Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik
Parseiras I	2946.2.7	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	f W	f								Cu;Fe	4,7	4,1	0,80	29	
Parseiras I	2946.2.8	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	f W	f	T							Fe;S	6,9	3,9	0,60	25	
Parseiras I	2946.2.9	PS-B	1	0	2	3a	-	-	ho	-	+ f	f									2,8	1,9	0,70	5	
Parseiras I	2946.2.10	PS-B	0	0	1*				ho	-	f B;W	f	B;W							Fe	9,6	9,0	0,90	126	
Parseiras I	2946.2.11	PS-B	0	1*	1*				ho	-	f W	f	W;WN-T							Fe	7,5	4,6	0,50	28	
Parseiras I	2946.1.10	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-- f	f	B-							Fe	6,3	4,4	0,30	10	
Parseiras I	2946.2.12	PS-C	1	0	0	3b	11	-	ho	-	-- f W	f								Fe	7,3	5,0	0,25	29	
Parseiras I	2946.2.13	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-- f	f								Fe	5,8	5,0	0,30	26	
Parseiras I	2946.2.14	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-- f	f								Fe	6,5	5,8	0,30	21	
Parseiras I	2946.2.15	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-- f	f								Fe	4,7	4,7	0,30	18	
Parseiras I	2946.2.16	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-- f	f								Fe	5,2	4,6	0,30	19	
Parseiras I	2946.2.17	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-- f W	f	T							Fe	3,4	3,2	0,45	12	
Parseiras I	2946.2.18	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-- f	f									3,1	2,5	0,40	11	
Parseiras I	2946.2.19	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-- f	f								Fe	2,4	2,4	0,30	5	
Parseiras I	2946.2.20	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-- f	f								Fe	2,4	1,8	0,40	3	
Parseiras I	2946.2.21	PS-C	0	0	1*				ho	-	- f T;W	gu	W							Fe	6,4	4,7	0,45	28	
Parseiras II	2967.1.1	SK	0	0	1*				m	+	++	wks	NH;T							Fe	6,8	5,2	5,10	162	
Parseiras II	2967.1.2	SK	0	1	0				he	++	++	w	W							Fe	6,0	4,8	4,10	94	
Parseiras II	18203.107.10	SK	0	0	0				he	++	++	w	B+;W							Fe	9,0	7,4	4,40	210	
Parseiras II	18203.107.11	SK	0	0	0				m	-	+	w	B+;W							Fe	5,6	5,0	4,10	95	
Parseiras II	18203.107.12	SK	0	0	0				m	-	+	wks	NH;T							Fe	7,6	7,1	4,00	163	x
Parseiras II	18203.107.13	SK	0	0	0				m	+	+	w								Fe	6,0	4,7	3,10	61	
Parseiras II	18203.107.14	SK	1	0	1	1b	-	-	he	+++	++	w	B+;S;W							Fe;S	17,0	16,5	9,80	2212	
Parseiras II	18203.107.15	SK	1	0	1	1a	-	-	he	+++	++	w	B+;S;W							Fe	14,0	7,3	18,50	1636	
Parseiras II	18203.107.16	SK	1	0	1	1a	-	-	m	+	+	w	B+;S;W							Cu;Fe	20,0	14,5	6,80	2512	
Parseiras II	18203.107.17	SK	1	1	1	1b	-	-	m	+++	++	w	B+;S;W							Fe	18,0	16,5	5,80	1966	
Parseiras II	18203.107.18	SK	1	2	0	1b	-	-	he	+++	++	w	B+							Fe	11,1	8,7	6,10	384	
Parseiras II	18203.107.19	SK	1	0	0	1b	-	-	he	+++	++	w	B+;S;W							Fe	8,4	8,3	5,70	282	
Parseiras II	18203.107.21	SK	1	0	0	1b	-	-	m	+	++	w	B+;S;W							Fe	20,0	16,5	9,10	204	
Parseiras II	18203.107.7	SK	1	0	0	1a	-	-	he	+	+	w	B+							wks					
Parseiras II	18203.107.8	SK	0	0	0				he	-	++									Fe	7,2	6,0	4,80	156	
Parseiras II	18203.107.9	SK	1	0	0	1a	-	-	m	+	++	w	B+							Fe	6,3	5,0	5,80	149	x
Parseiras II	18203.107.9	SK	1	0	0	1a	-	-	m	+	++	w	B+							Fe	9,5	7,2	4,70	224	x
Parseiras II	18203.108.6	SK	1	0	0	1a	-	-	m	+++	++									Fe	16,0	11,4	7,80	1425	
Parseiras II	32662.11.2	SK	1	0	0	1a	-	-	m	+	++	w	B+							Fe	10,0	8,5	6,00	639	
Parseiras II	32662.11.3	SK	1	0	0	1a	-	-	m	+	++	w	B+;S;W							Fe	12,0	8,5	7,00	574	
Parseiras II	18203.108.1	MS	0	0	0				m	+	-	f	gu							Fe	5,9	2,9	2,10	43	x
Parseiras II	18203.108.2	MS	0	0	0				m	+	-	f	W							Fe	5,2	4,3	1,60	65	x
Parseiras II	2967.1.3	PS-A	1*	0	0				ho	-	-	f	W							Fe	2,6	1,6	1,20	7	
Parseiras II	18203.107.20	PS-A	0	0	1				m	++	-	f	S;W							Fe	9,1	9,1	1,40	204	
Parseiras II	2967.1.4	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	W							Fe	2,7	2,5	0,50	7	
Parseiras II	2967.1.5	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f	W								2,2	1,9	0,50	5	
Parseiras II	2967.1.6	PS-B	0	1*	0				ho	-	--	f	W							Fe	3,3	2,3	0,60	9	
Parseiras II	18203.107.1	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	W							Fe;S	8,0	5,8	0,50	61	x
Parseiras II	18203.107.3	PS-B	0	0	0				ho	-	--	f									5,1	3,4	0,70	17	
Parseiras II	18203.107.4	PS-B	0	0	0				ho	-	--	f									4,0	3,3	0,70	14	
Parseiras II	18203.107.5	PS-B	1	0	0	3x	-	-	ho	-	-	f									4,9	4,1	0,50	29	
Parseiras II	18203.107.6	PS-B	0	0	0				ho	-	--	f									5,0	4,5	0,60	18	x
Parseiras II	18203.108.7	PS-B	0	1	0				ho	-	-	f	T;W							Fe	2,7	2,5	0,70	9	
Parseiras II	32662.11.4	PS-B	0	1	0				m	-	+	f	B							Fe	3,9	2,8	0,90	15	
Parseiras II	18203.107.2	PS-C	0	0	0				ho	+	-	f									6,9	4,5	0,40	21	x
Parseiras II	18203.108.3	PS-C	0	1*	0				ho	-	--	f									2,0	1,2	0,40	3	
Parseiras II	18203.108.4	PS-C	0	1*	0				ho	-	--	f								Fe	3,8	2,1	0,45	8	
Parseiras II	18203.108.5	PS-C	0	1*	0				ho	-	--	f								Fe	2,6	1,9	0,45	5	
Parseiras II	32662.11.1	PS-C	0	0	1				ho	-	--	f	W								2,0	2,0	0,40	2	
Plaun Grand	18203.90.1	SK	1	0	0	1a	-	-	he	+++	++	w	B+;P;W							Fe	9,7	7,5	3,10	144	
Plaun Grand	18203.90.2	SK	1	0	0	1a	-	-	m	+++	++	w	P;S;W							Fe	7,6	6,4	3,70	107	
Plaun Grand	18203.90.3	SK	1	0	0	1a	-	-	he	+++	++	w	B;S;W							Fe	8,2	6,8	3,40	153	
Plaun Grand	18203.90.4	SK	1	0	0	1a	-	-	he	+	++	w	P;S;W							Fe	9,7	7,5	2,90	233	
Plaun Grand	18203.90.10	MS	1	0	0	3a	-	-	g-he	-	++	b	B;B+;P							Cu;Fe;S	5,9	6,8	2,50	128	
Plaun Grand	18203.90.11	MS	1	0	0	3a	-	-	g-he	-	++	b	B;B;P							Fe	6,7	4,4	1,80	54	
Plaun Grand	18203.90.5	MS	1	0	0	3a	-	-	he	+	++	b	B;BT;P;S;W							Fe	17,0	9,5	2,00	338	
Plaun Grand	18203.90.6	MS	1	0	0	3a	-	-	he	+	++	b	B;BT;S;W							Fe;S	14,0	11,0	2,40	326	
Plaun Grand	18203.90.7	MS	1	0	0	3a	-	-	g-he	+	++	b	P;S;W							Fe;S	11,2	10,0	1,80	254	
Plaun Grand	18203.90.8	MS	1	0	0	3a	-	-	he	+	++	b	B;B;B+;P;S							Fe	13,5	11,5	3,00	487	
Plaun Grand	18203.90.9	MS	1	0	0	2b	-	40	g-he	-	++	f	B;B+;P;S							Fe	12,2	8,6	2,20	271	
Plaun Grand	18203.91.1	MS	1	0	0	2a	-	30	g-he	-	++	f	B;G;W							Fe	17,5	11,2	2,80	680	
Plaun Grand	18128.1.2	PS-A	1	0	0	3a	-	-	he	-	-	f	W							Fe	5,7	5,6	1,45	61	
Plaun Grand	18128.2.2	PS-A	1	0	0	3a	-	-	g-he	-	++	b	B+;T							Fe	5,1	3,7	1,30	33	
Plaun Grand	18203.90.12	PS-A	1	0	0	3a	-	-	g-he	-	++	b	B+;P;S							Fe	17,5	12,0	1,40	443	
Plaun Grand	18203.90.13	PS-A	1	2	0	3a	-	-	nb	-	+	f	B;B;G;B+;P;W							Fe	11,0	9,1	1,20	213	
Plaun Grand	18203.90.14	PS-A	1	0	0	3a	-	-	he	-	+	f	B;B;G;B;T;P							Fe	10,8	8,0	1,40	217	
Plaun Grand	18203.90.15	PS-A	1	0	0	3a	-	-	g-m	-	-	f	B;T;W							Fe	11,5	10,2	1,20	206	
Plaun Grand	18203.90.16	PS-A	1	0	0	3a	-	-	m	-															

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Blasengröße	Anzahl Blasen	Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik	
Plaun Grand	18203.91.2	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	f								Fe	7,7	5,6	0,40	44		
Plaun Grand	18203.91.3	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	BG	f								Fe	6,3	5,4	0,45	44	
Plaun Grand	18203.91.4	PS-C	0	0	1				g-ho	-	-	f	W	f	B;T;W								6,4	5,1	0,45	27	
Plaz I	18203.1.1	SK	1	0	0	1a	-	-	he	+	+			wks								Cu;Fe	10,1	7,3	4,00	407	
Plaz I	18203.53.5	PS-A	0	1	0				m	-	-	f	BG	gu		p	e	nb	k	1,1	e	Fe	3,3	2,7	1,25	14	
Plaz I	18203.21.1	PS-B	1	0	0	3b	-	-	m	-	-	f		f								Fe	2,7	2,2	0,95	8	
Plaz I	18203.54.3	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f	W							Fe	3,9	1,8	0,55	9	
Plaz I	18203.54.4	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f								Fe	3,7	3,2	0,70	19	
Plaz I	18203.54.5	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f		f								Fe	3,5	1,6	0,95	10	
Plaz I	18203.54.8	PS-B	0	1	0				he	-	-	f		f								Fe	4,0	2,1	0,80	9	
Plaz I	18203.7.1	PS-B	0	1	0				m	-	-	f	BT	wt	B	nb	r	nb	k	1,0	e	Fe	3,4	3,2	0,95	16	
Plaz I	18203.7.2	PS-B	0	1	0				ho	-	-	f	BT	gu								Fe	2,7	2,6	0,60	6	
Plaz II	18203.55.1	MS	0	1	0				m	+	+	f		wt	B;T	nb	hr	nb	nb	1,3	e	Fe	4,8	3,3	2,40	47	
Plaz II	18203.55.3	PS-C	1	0	0	3c	-	-	he	-	-	f		f								Fe	3,4	1,3	0,20	2	
Pra Miez	18203.82.2	SK	1	0	1	1a	-	-	g-he	-	+	w	B+;W	wks	NH							Fe	4,7	3,0	2,20	36	
Pra Miez	18203.81.1	MS	0	1	0				ho	+	-	f	BG;BT	wt	BG;B;BT							Fe	6,7	5,4	1,80	86	
Pra Miez	18203.81.2	MS	0	1	0				ho	+	-	f	BT;W	wt	BT							Fe	4,4	3,1	2,60	46	
Pra Miez	18203.82.3	PS-A	0	1	0				ho	-	-	f		gu	B;WN-T	nb	hr	nb	k	0,9	nb	Fe	7,7	4,0	1,10	62	
Pra Miez	18203.82.4	PS-A	0	1	0				ho	-	-	f	BG	gu	B;-B;T	nb	hr	nb	k	1,3	e	Fe	4,4	3,5	1,15	37	
Pra Miez	18203.81.3	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f	BT	ks								Fe	2,4	1,5	0,60	5	
Pra Miez	18203.82.1	PS-B	1	2	0	3a	-	-	ho	-	-	f		f	B;-B							Fe	4,5	4,4	0,65	28	
Radons	18203.41.2	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	BT	f								Fe	4,2	4,1	0,70	21	
Radons	18203.41.3	PS-B	1	0	0	3a	-	-	nb	-	-	w	BT	f	B-							Fe	4,1	2,9	0,80	12	
Riom Dorf (Einzelfunde)	18203.119.1	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f		f									2,1	1,5	0,50	5	
Scalotta I	18191.13.3	SK	0	0	0				m	++	++											Fe	3,9	3,5	2,50	20	
Scalotta I	18191.13.4	SK	0	0	0				nb	+	++			ks	NH;T							Fe	2,7	2,7	2,00	11	
Scalotta I	18191.13.5	SK	0	0	0				nb	++	++											Fe	2,3	2,2	2,10	13	
Scalotta I	18191.14.3	SK	2	0	0				nb	+	++			ks	NH							Fe	3,4	2,5	1,80	2	
Scalotta I	18191.15.1	SK	0	0	0				m	++	++	w	BG	ks	NH;T							Fe	4,0	3,6	2,30	33	
Scalotta I	18191.15.3	SK	1	0	0				m	+	++	w	BG	ks	NH;T							Fe	3,1	2,4	2,90	17	
Scalotta I	18191.16.1	SK	0	0	0				m	++	++			ks								Fe	3,5	2,7	2,00	18	
Scalotta I	18191.16.4	SK	0	0	0				nb	++	++			wks	NH;T							Fe	2,7	2,5	3,20	17	
Scalotta I	18191.16.5	SK	0	0	0				m	++	++	w		ks	NH;T							Fe	7,6	6,0	4,70	157	x
Scalotta I	1894.3.1	SK	2	2	2				he	++	++	w		wt	T							Fe	12,5	8,5	3,50	356	
Scalotta I	1894.3.11	SK	1	2	1	1a	-	-	he	++	++	w		ks								Fe	6,8	5,4	4,10	135	
Scalotta I	18191.10.1	MS	1	1	1	2a	-	45	m	-	-	f	B;BG;B+;BT	wt	BG;B;-B;T; W;WN-T	z	e	s	nb	2,0	w	Fe;S	22,5	16,0	2,70	1554	
Scalotta I	18191.10.2	MS	0	2	0				ho	-	-	w	W	wks	B;T;W;BT							Cu;Fe	9,5	6,4	3,10	219	x
Scalotta I	18191.10.3	MS	0	2	0				m	-	+	f	BT	wt	BG;B							Cu;Fe	5,3	3,6	2,60	57	
Scalotta I	18191.10.4	MS	1	0	0	2b	-	-	m	-	-	f	BT	gu	BG;BT							Cu;Fe	6,8	4,5	2,50	112	
Scalotta I	18191.10.5	MS	1	0	0	3a	-	-	m	+	-	f	BG;BT	wt	B;T							Cu;Fe	7,1	4,6	3,30	120	
Scalotta I	18191.11.1	MS	1	0	0	2b	15	40	m	+	-	b	B+;BT;W	wt	B;-BT;T							Fe;S	21,0	15,5	3,40	1241	
Scalotta I	18191.11.3	MS	0	1	1				ho	+	-	f	BG;B+	wt	BG;B;-T;WN-T	z	e	nb	H	1,3	e	Cu;Fe	13,0	12,5	3,00	525	
Scalotta I	18191.11.4	MS	0	1	0				m	-	-	f	BT	gu	BT;T;WN-T;Z	p	nb	nb	k	1,8	nb	Cu;Fe;S	11,9	9,5	1,60	329	
Scalotta I	18191.13.1	MS	0	0	0				he	-	-			ks								Fe	4,2	3,8	2,60	59	x
Scalotta I	18191.15.2	MS	0	0	0				m	-	-	f	W										3,8	2,6	2,90	64	
Scalotta I	18191.15.4	MS	1	0	0	2b	-	-	m	-	+	f	BT	wt	B							Fe	3,0	2,7	2,50	23	
Scalotta I	18191.17.1	MS	0	0	0				m	-	-	b	BT;W	wt	B;BT;T							Fe	5,5	4,6	2,60	96	
Scalotta I	18191.17.5	MS	0	0	0				m	-	+	f		wt	B							Fe	5,2	4,8	2,90	84	x
Scalotta I	18191.18.1	MS	0	0	0				he	-	+	f	BT	wt	BG;T							Fe	3,0	2,5	2,80	28	
Scalotta I	18191.18.2	MS	0	0	0				m	-	-	f	BT	wt	B							Fe	3,3	3,1	2,90	60	
Scalotta I	18191.18.3	MS	0	2	0				m	-	-	f	BT;P	wt								Fe	5,3	5,3	3,90	123	
Scalotta I	18191.18.4	MS	1	0	0	2a	-	-	ho	-	-	f	P	f	B-							Fe	4,4	3,9	2,20	65	
Scalotta I	18191.18.5	MS	2	0	0				ho	-	-	f	BT	wt								Fe	3,7	3,0	2,30	35	
Scalotta I	18191.3.1	MS	1	1	0	2a	-	55	m	+	-	f	BG;B+;BT	gu	BG;B;-WN-T	p	r	s	k	1,2	m	Fe;S	20,0	16,5	2,30	1198	
Scalotta I	18191.5.1	MS	1	1	1	2a	18	40	m	+	-	f	B+;BT;W	wt	BG;B;-B;BT;T; W;WN-T;Z	p	r	nb	nb	1,3	w	Fe	20,0	17,5	2,50	1233	
Scalotta I	18191.5.10	MS	0	0	0				ho	-	+	f		wt								Cu;Fe	3,1	2,9	1,60	24	
Scalotta I	18191.5.11	MS	1	0	0	2a	-	-	ho	-	-	f		gu								Cu;Fe	3,4	3,0	1,50	30	
Scalotta I	18191.5.3	MS	0	0	0				ho	-	-	f		f								Cu;Fe	3,7	2,9	1,80	27	
Scalotta I	18191.5.4	MS	1	0	0	2a	-	-	ho	-	-	f		gu								Cu;Fe	2,4	1,7	1,70	8	
Scalotta I	18191.5.5	MS	0	0	0				ho	-	-											Cu	2,8	1,8	1,70	12	
Scalotta I	18191.5.7	MS	1	0	0	2a	-	-	ho	-	-	f		f								Cu;Fe	3,5	3,4	2,00	23	
Scalotta I	18191.5.8	MS	0	0	0				ho	-	-	f	W									Cu	4,6	1,9	1,60	17	
Scalotta I	18191.5.9	MS	0	0	0				ho	+	+											Cu;Fe	2,4	1,8	2,40	10	
Scalotta I	18191.6.1	MS	1	1	1	2a	15	45	m	+	-	b	BG;B+;BT	gu	BG;B;-T	p	hr	s	k	1,1	m	Fe;S	23,0	22,5	2,70	2416	
Scalotta I	18191.7.1	MS	1	0	0	2b	-	-	m	-	-	f	BT									Cu;Fe	5,3	3,4	2,60	52	
Scalotta I	18191.9.1	MS	1	1	0	2a	15	50	m	-	-	b	BT	wt	BT;WN-T	nb	e	r	k	1,2	m	Fe;S	14,5	11,0	2,50	593	
Scalotta I	18191.9.2	MS	1	1	0	2a	15	40	m	-	-	f	B+;BT;W	wt	BT;T	nb	e	nb	H	1,4	e	Fe	11,5	9,8	2,30	286	
Scalotta I	18191.9.3	MS	1	1	0	2a	-	-	nb	-	-	b	B;BG;B+;BT; P;W	wt	BG;B;-B;BT;T; W;WN-T;Z	nb	r	r	nb	1,5	w	Fe;S	14,0	13,0	3,10	779	
Scalotta I	18191.9.4	MS	0	1	1				m	+																	

Fundstelle	Fundobjekt	Schackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Biasengröße	Anzahl Blasen Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik		
Scalotta I	1843.2.8	MS	1*	0	0				nb	-	-	b	BT								Fe	3,5	2,8	2,00	22		
Scalotta I	1843.2.9	MS	1*	0	0				m	-	-	f	BT								Fe	2,5	1,9	1,50	13		
Scalotta I	1894.3.10	MS	0	0	0				m	-	-	f	BT	gu	BG;B-							Fe	4,5	3,7	2,40	78	
Scalotta I	1894.3.2	MS	1*	0	0				nb	+	-	f	BT								Fe	4,5	2,1	2,30	27		
Scalotta I	1894.3.3	MS	1*	0	0				m	+	-	f	BT								Fe	2,6	2,5	2,30	22		
Scalotta I	1894.3.4	MS	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f		gu							Fe	3,1	2,7	1,50	21		
Scalotta I	1894.3.5	MS	1*	0	0				nb	-	-	f									Fe	2,1	2,1	2,00	17		
Scalotta I	1894.3.6	MS	1*	0	0				m	-	-	f									Fe	2,8	1,1	1,60	7		
Scalotta I	1894.3.7	MS	0	1*	0				m	-	-	f	BT	wt	B;NH;T						Fe	5,3	3,9	2,40	73		
Scalotta I	1894.3.8	MS	1*	0	0				m	-	-	f	BT	wt							Fe	4,0	3,3	2,20	48		
Scalotta I	1894.3.9	MS	0	0	1*				m	-	-	f	P	gu	BG;B;-T						Fe	3,8	2,3	2,30	48		
Scalotta I	1894.7.1	MS	1	1	0	2a	-	40	nb	++	-	b	BT	wt		p	r	nb	k		Fe;S	8,5	6,0	2,50	175		
Scalotta I	1894.7.2	MS	0	1*	0				m	+	+	b		wt	B;-T						Fe	7,3	6,4	4,00	238		
Scalotta I	1894.7.3	MS	1*	0	0				ho	++	-	f									Fe	3,2	2,9	2,50	22		
Scalotta I	1894.7.4	MS	1*	0	0				m	--	f	BT									Fe	2,5	1,8	1,50	10		
Scalotta I	1894.8.1	MS	0	1	1				nb	-	-	f	BG;BT	wt	WN-T	p	e	nb	H		Fe	6,0	3,0	2,00	69		
Scalotta I	31933.1.1	MS	0	2	1*				he	-	+	b	B;P	ks	B;-T						Fe	6,5	4,5	2,00	78		
Scalotta I	31933.1.17	MS	1	0	0	2b	-	35	nb	-	-	b	BT	gu	BG						Fe	4,2	3,8	2,50	53		
Scalotta I	31933.1.18	MS	1	0	0	2b	-	50	ho	++	-	b	BT	wt	BT						Fe	3,2	3,2	1,50	25		
Scalotta I	31933.1.19	MS	1*	0	0				nb	-	-	f									Fe	3,5	3,2	2,30	37		
Scalotta I	31933.1.20	MS	1	0	0	2a	-	35	m	--	f			gu							Fe	3,1	2,5	1,60	23		
Scalotta I	31933.1.21	MS	1	0	0	2a	-	40	m	-	-	b	BG;BT	gu	B						Fe	3,5	3,2	3,20	36		
Scalotta I	31933.1.22	MS	1	1	0	2a	-	45	nb	-	-	b		gu		p	hr	nb	k		Fe	2,9	2,3	1,50	18		
Scalotta I	31933.1.23	MS	1*	0	0				m	--	f										Fe	2,9	2,0	1,60	17		
Scalotta I	31933.1.24	MS	1*	0	0				nb	-	-	f									Fe	2,0	1,8	1,60	11		
Scalotta I	31933.1.25	MS	1*	0	0				nb	-	-	f									Fe	2,6	1,7	1,60	9		
Scalotta I	31933.1.27	MS	1*	0	0				ho	--	f										Fe	2,5	1,3	1,50	7		
Scalotta I	31933.1.28	MS	1*	0	0				m	--	f										Fe	2,0	1,2	1,50	5		
Scalotta I	31933.1.29	MS	1*	0	0				ho	--	f										Fe	2,2	1,5	2,80	9		
Scalotta I	31933.1.31	MS	1*	0	0				nb	-	-	f									Fe	1,6	1,3	1,50	2		
Scalotta I	31933.1.32	MS	1*	0	0				nb	+	+										Fe	2,5	1,7	1,70	8		
Scalotta I	31933.1.33	MS	0	1*	0				m	-	-	f	BG;BT	gu	B						Fe	8,0	7,1	3,10	234		
Scalotta I	31933.1.34	MS	0	1	0				m	--	f	BT	wt	BT;T;WN-T	nb	r	nb	k			Fe	8,7	7,2	2,20	205		
Scalotta I	31933.1.35	MS	0	1	0				m	-	-	w	BG;BT	wt	B;-B;WN-T	nb	e	nb	k		Fe	5,8	5,0	2,70	129		
Scalotta I	31933.1.36	MS	0	1*	0				m	--	f	BT,W	wt	BT							Fe	4,5	3,2	2,30	43		
Scalotta I	31933.1.37	MS	0	1	0				m	-	-	f		gu	B	p	r	nb	k		Fe	3,2	3,0	2,00	42		
Scalotta I	31933.1.38	MS	0	1	0				nb	-	-	f		wt		p	hr	nb	k		Fe	4,8	4,4	2,30	70		
Scalotta I	31933.1.39	MS	0	1*	0				m	-	-	b	BG;BT	wt	B						Fe	3,6	3,2	2,10	51		
Scalotta I	31933.1.40	MS	0	1	0				ho	-	-	f	BT	gu		p	hr	nb	nb		Fe	2,7	2,0	1,70	22		
Scalotta I	31933.1.41	MS	0	1	0				m	--	f	BT	gu	W	nb	nb	nb	nb			Fe	3,4	1,8	1,60	17		
Scalotta I	31933.1.42	MS	0	1*	0				m	-	-	b	BT	gu	B-						Fe	5,0	2,8	2,00	48		
Scalotta I	31933.1.43	MS	0	1*	0				m	-	-	b	S	gu	B;-WN-T						Fe	4,6	3,3	2,20	64		
Scalotta I	31933.1.44	MS	0	1	0				m	--	f	BT	gu	BT		z	hr	r	k		Fe	3,0	2,4	1,60	17		
Scalotta I	31933.1.45	MS	0	1*	0				nb	-	-	f	BT	gu	WN-T						Fe	2,6	2,0	2,50	29		
Scalotta I	31933.1.46	MS	0	1	0				he	+	-	f	BG;W	wt	WN-T	p	r	nb	H		Fe	4,5	4,0	3,30	83		
Scalotta I	31933.1.47	MS	0	1	0				m	-	-	f	BT	gu	BT	nb	r	nb	k		Fe	3,3	1,9	1,60	12		
Scalotta I	31933.1.48	MS	0	0	0				m	-	+	f	P	gu	BG;B-						Fe	4,3	3,5	3,20	88		
Scalotta I	31933.2.2	MS	2	0	0				m	-	+	f									Fe	3,3	3,0	2,20	31		
Scalotta I	31933.2.3	MS	1	0	0	2a	-	45	nb	--	f	BT									Fe	3,2	2,8	1,90	38		
Scalotta I	31933.2.4	MS	1*	0	0				m	--	f										Fe	2,7	1,9	1,50	11		
Scalotta I	31933.2.6	MS	0	1*	0				m	-	-	f	P	wt	WN-T						Fe	4,4	4,1	3,10	67		
Scalotta I	18191.11.2	PS-A	2	1	0				m	--	-	f	BT	gu	BG;B;-BT;T; WN-T	z	e	s	k		Fe	10,2	9,0	1,45	216		
Scalotta I	18191.16.2	PS-A	0	0	0				ho	--	-	f		gu							Fe	4,0	2,1	1,00	15		
Scalotta I	18191.17.2	PS-A	0	0	0				m	-	-	f		f	B-						Fe	5,3	3,6	1,20	31	x	
Scalotta I	18191.17.3	PS-A	1	0	0	3a	-	-	m	--	-	f	W	gu							Fe	2,7	2,2	1,10	13		
Scalotta I	18191.17.4	PS-A	0	2	0				m	--	-	f	P	ks	B						Fe	2,8	2,0	1,10	12		
Scalotta I	18191.18.7	PS-A	0	0	0				m	-	-	f		f							Fe	2,6	2,1	1,20	13		
Scalotta I	18191.5.12	PS-A	0	1*	0				m	-	-	f		gu	B;T;Z						Fe	10,4	9,1	1,40	202		
Scalotta I	18191.5.2	PS-A	0	0	0				ho	-	-	f		wks							Cu;Fe	7,4	5,8	1,40	72	x	
Scalotta I	18191.5.6	PS-A	0	0	0				ho	-	-	f	BT								Cu	4,1	1,6	1,40	9		
Scalotta I	18191.7.2	PS-A	1	0	0	3c	-	-	ho	+	-	f	W	gu							Fe	8,9	7,2	1,15	86		
Scalotta I	18191.7.3	PS-A	1	2	1	2a	13	45	m	-	-	f	BG;BT	f	B;-T						Fe;S	15,5	11,0	1,45	415		
Scalotta I	1843.2.21	PS-A	1	0	1	3a	-	-	m	-	-	f	B+	gu	B;-T						Fe	4,7	4,6	1,30	57		
Scalotta I	1843.2.22	PS-A	1*	0	0				m	-	-	f									Fe	2,4	1,8	1,40	12		
Scalotta I	1843.2.23	PS-A	2	1*	0				nb	-	-	f	BT	gu	BG;B-						Fe	3,4	2,9	1,45	26		
Scalotta I	1894.3.12	PS-A	0	1*	0				nb	-	-	f		gu	T;WN-T						Fe	4,4	3,0	1,40	26		
Scalotta I	1894.3.13	PS-A	2	0	0				m	-	-	f									Fe	3,3	3,1	1,10	16		
Scalotta I	1894.7.5	PS-A	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f		gu	B;-BT						Fe	4,1	3,5	1,10	15		
Scalotta I	1894.8.3	PS-A	1*	0	0				nb	--	f	P									Fe	1,9	1,5	1,40	6		
Scalotta I	1894.8.4	PS-A	1*	0	0				nb	-	-	f									Fe	3,1	1,6	1,10	5		
Scalotta I	1894.8.5	PS-A	0	1*	0				m	--	-	f	B	gu	BG;B-						Fe	2,6	2,6	1,20	13		
Scalotta I	1894.8.6	PS-A	0	2	0				ho	--	-	f	B;BT	f	B						Fe	3,4	1,7	1,40	15		
Scalotta I	1894.8.7	PS-A	1	0	0	3a	-	-	nb	--	-	f	BG	gu	BG;B-												

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstüct	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Blasengröße	Anzahl Blasen	Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik						
Scalotta I	18191.18.6	PS-B	0	0	0			g-ho	-	-	f	P	gu								Fe	2,8	1,9	0,95	7							
Scalotta I	1894.8.2	PS-B	0	1	1			ho	-	-	f		f							z	e	r	k	0,9	e	S	3,5	3,5	0,50	13		
Scalotta I	1894.8.8	PS-B	1	0	1	3b	-	-	ho	-	-	f		f	B-													4,9	3,6	0,55	27	
Scalotta I	31933.1.10	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f		f								Fe	4,0	3,5	0,65	25						
Scalotta I	31933.1.11	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	BT	f								Fe	3,6	3,3	0,50	14						
Scalotta I	31933.1.12	PS-B	0	1*	0			m	-	-	f		f									Fe	3,7	2,7	0,60	13						
Scalotta I	31933.1.13	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f		gu	T:WN-T	nb	r	nb	nb				0,7	e	Fe;S	4,1	2,7	0,95	11				
Scalotta I	31933.1.14	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	BT	f								Fe	2,9	1,5	0,65	7						
Scalotta I	31933.1.15	PS-B	1	0	0	3a	-	-	nb	-	-	b		gu													2,7	1,7	0,50	4		
Scalotta I	31933.1.16	PS-B	1	2	0	3a	-	-	m	-	-	f		gu	B							Fe	2,6	2,0	0,80	8						
Scalotta I	31933.1.9	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f		gu								Fe	5,7	4,7	0,70	59						
Scalotta I	31933.2.10	PS-B	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f										Fe	2,2	1,4	0,95	5						
Scalotta I	31933.2.11	PS-B	0	1*	0			ho	-	-	f		f	WN-T								Fe;S	4,4	3,0	0,70	20						
Scalotta I	31933.2.8	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	B;B+	f	W							Fe	4,5	2,2	0,80	18						
Scalotta I	31933.2.9	PS-B	1	0	0	3a	-	-	m	-	-	f	BG	gu	B-							Fe	2,8	2,4	0,95	16						
Scalotta I	18191.19.1	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f		f													4,4	3,3	0,40	16	x	
Scalotta I	1894.8.9	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f										Fe	4,5	3,9	0,25	10						
Scalotta II	1873.1.9	SK	0	0	1			g-he	++	++	w		ks	NH;T								Cu;Fe	10,5	8,0	5,50	409						
Scalotta II	31929.1.4	SK	0	2	0			he	+	++	w		wks	B;-NH								Fe	6,0	5,6	4,20	96						
Scalotta II	31938.2.1	SK	1	1*	1	1b	-	40	nb	++	++	w	BT	ks	NH;T							Fe	9,0	5,5	3,00	182						
Scalotta II	1873.1.1	MS	1	1	1	2b	-	40	m	++	+	b	B+;BT;S;W	wt	BG;-B;T; WN-T	nb	r	s	k		0,8	nb	Fe;S	16,0	14,0	2,50	930					
Scalotta II	1873.1.2	MS	0	1	1			m	+	+	f	BT;P	gu	BG;-B;W;N-T	z	hr	nb	k			2,2	w	Fe	13,0	11,0	2,50	747					
Scalotta II	1873.1.3	MS	1	0	0	2a	15	35	m	-	-	f	BG;BT;P	gu	B;-BT											Fe;S	9,0	8,0	2,70	244		
Scalotta II	1873.1.5	MS	0	0	1*			m	++	+	b	B+;BT	wt	BG;-B;T;Z								Fe;S	10,5	8,5	3,00	518						
Scalotta II	1873.1.6	MS	0	1	0			m	+	+	f	BT	wt	BG;BT;WN-T	z	hr	r	k			1,3	e	Fe	7,0	5,5	2,20	126					
Scalotta II	1873.1.7	MS	0	0	1*			m	+	+	f	BT	wt	B;T								Fe	8,5	7,5	3,50	295						
Scalotta II	1873.1.8	MS	0	2	1*			m	-	++	f	BG;BT	wt	B;-NH;T								Fe	8,0	7,5	3,00	313						
Scalotta II	1873.2.1	MS	1	1	0	2b	-	40	m	-	-	f	BG;B+	wt	BG;BT;WN-T	nb	hr	s	k		0,9	e	Fe	8,0	5,5	2,00	182					
Scalotta II	1873.2.2	MS	0	1	0			he	+	++	b	BT	wt	B;T								1,6	e	Fe	6,5	4,5	2,50	89				
Scalotta II	31929.1.10	MS	0	1*	0			m	+	-	b	BT	wt	BT								Fe	3,7	3,4	1,80	26						
Scalotta II	31929.1.2	MS	0	1*	1*			nb	++	+	b	BT	wt	BG;T;WN-T								Fe	6,5	5,0	2,50	108						
Scalotta II	31929.1.3	MS	0	0	1			he	+	+	f	B+;BT	wt	B;T								Fe	5,0	4,0	7,00	180						
Scalotta II	31929.1.5	MS	1	0	1	3a	-	-	m	-	-	b	BT	wt	BT;T							Fe	6,4	6,2	2,40	123						
Scalotta II	31929.1.6	MS	1	0	0	2b	-	40	nb	+	-	f	BT;P	wt	BT;T							Fe	6,0	4,7	2,40	94						
Scalotta II	31929.1.7	MS	1*	0	0			m	-	-	f	BT	wt	BT								Fe	4,2	2,8	2,40	45						
Scalotta II	31929.1.8	MS	1*	0	0			m	+	+	b	BT	wt	BT								Fe	3,2	3,0	2,30	20						
Scalotta II	31929.1.9	MS	0	1	0			m	+	-	b	BT	wt	BG;WN-T	z	hr	nb	H			1,6	e	Fe	6,2	5,6	3,60	169					
Scalotta II	1873.1.4	PS-A	0	1	1			ho	-	-	f	B+	wt	T	p	hr	s	k			0,6	e	Fe	12,0	8,5	1,30	222					
Scalotta II	31929.1.11	PS-A	0	0	1*			ho	-	-	f	BT	gu	BT;T								Fe	3,5	2,8	1,30	25						
Scalotta II	31929.1.1	PS-B	0	1	1			m	-	-	f	BT	f	B-	z	nb	s	nb				0,6	e	Fe	6,5	6,0	0,80	60				
Scalotta II	31929.1.12	PS-C	0	1*	0			ho	-	-	f		f									Fe	4,0	3,0	0,25	10						
Skilift	18203.128.1	SK	1	0	1	1b	-	-	he	++	++	w	B+;BT;S	wks	NH;T							Fe	16,0	12,3	6,40	1085						
Skilift	18203.128.2	SK	1	0	1	1b	-	-	g-he	++	++	b		wks	NH;T							Fe	10,9	9,8	4,80	435						
Skilift	18203.124.1	MS	0	1	0			g-he	--	-	f	B;BG	f	BG;T;WN-T	p	hr	nb	k			0,9	e	Fe	5,7	4,9	1,60	75					
Skilift	18203.124.2	MS	0	1	0			m	+	-	b	BG;B+	wt	BG;-B;T;Z	p	nb	nb	k			1,1	e	Cu;Fe	7,7	7,4	2,50	129					
Skilift	18203.125.1	MS	0	1	0			g-he	--	+	f	BG;B+	wt	T	nb	r	r	k			1,0	e	Fe	5,8	3,8	1,60	45					
Skilift	18203.126.1	MS	1	0	1	2a	15	m	+	+	f	BG;B+;BT;P	wt	BG;T;Z								Cu;Fe;S	16,0	8,0	2,40	308						
Skilift	18203.128.3	MS	1	0	0	2a	-	-	g-he	--	-	f	B+	f								Fe	4,9	4,3	1,70	46						
Skilift	18203.128.5	MS	0	1	0			g-he	+	-	f	B+;P;W	wt	BT;WN-T	nb	r	nb	H			1,0	e	Fe	7,2	8,7	2,30	192					
Skilift	18203.71.1	MS	1	0	0	3a	8	-	g-he	-	+	f	BG;P	wt	BG;T							Cu;Fe	9,2	6,6	2,50	141						
Skilift	18203.72.1	MS	1	0	0	2a	19	40	he	+	+	b	B+;P	wt	BG;-B;-T							Fe	14,0	11,0	4,50	570						
Skilift	18203.124.3	PS-A	0	1	0			g-m	-	-	f	BG	f	BG	p	e	nb	k			0,6	w	Fe	4,9	4,3	1,40	34					
Skilift	18203.126.2	PS-A	1	0	0	3c	-	-	he	-	+	f	BG;B+;P;W	gu	BT;T;W							Cu;Fe;S	9,5	7,5	1,45	138						
Skilift	18203.126.3	PS-A	1	0	1	3x	-	-	nb	--	--											Cu;Fe;S	5,8	3,4	1,00	23						
Skilift	18203.126.4	PS-B	1	1*	0	3x	-	-	nb	--	-	f	P	gu	B;-B							Cu;Fe;S	5,1	4,9	0,65	29						
Skilift	18203.128.11	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f		f		p	e	nb	H			0,8	e	Fe	3,9	2,1	0,85	17					
Skilift	18203.128.7	PS-B	1	2	0	3a	-	-	ho	--	-	f	BG;W	gu	B							Fe	4,7	2,6	0,70	19						
Skilift	18203.128.8	PS-B	1	0	0	3b	13	-	nb	--	-	f	BG	gu								Fe	6,5	5,0	0,90	41						
Skilift	18203.128.9	PS-B	0	1	0			ho	-	-	f		f		z	e	s	k			1,4	e	Fe	4,4	2,8	0,70	21					
Skilift	18203.70.1	PS-B	1	1	0	3b	-	-	ho	--	-	f	W	f	W							0,8	e	Fe	4,6	3,2	0,50	13				
Skilift	18203.124.10	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	--	-	f		f								Cu;Fe;S	3,3	1,8	0,25	6						
Skilift	18203.124.11	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	--	-	f	B+;W	f	W							Cu	2,8	2,2	0,20	4						
Skilift	18203.124.12	PS-C	0	1	0			ho	--	-	f	P;W	f	B-	p	e	nb	H			1,0	e	Cu;Fe	6,4	5,5	0,25	24					
Skilift	18203.124.13	PS-C	0	2	0			ho	--	--	--											Cu;Fe	3,5	3,1	0,30	4						
Skilift	18203.124.4	PS-C	1	0	1	3c	-	-	ho	--	-	f	B+;W	f								Cu;Fe	6,6	6,4	0,35	38						
Skilift	18203.124.5	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	--	-	f	B;B+;W	f								Cu;Fe	5,3	3,8	0,20	14						
Skilift	18203.124.6	PS-C	1	0	0	3c	13	-	ho	--	-	f	B+	f								Cu;Fe;S										

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Blasengröße	Anzahl Blasen	Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik	
Son Martegn	18203.105.19	SK	0	0	0			he	+	+											Fe	5,5	5,3	4,70	85	x	
Son Martegn	18203.105.2	SK	0	0	0			he	+	++												Fe	5,2	4,2	3,90	60	
Son Martegn	18203.105.20	SK	0	0	0			m	+	++												Fe	5,6	4,4	2,70	53	
Son Martegn	18203.105.21	SK	1	0	0	1a	-	he	+	++	w		wks									Fe	11,0	9,2	4,60	445	
Son Martegn	18203.105.3	SK	0	0	0			he	+	+												Fe	4,8	2,8	3,40	46	x
Son Martegn	18203.105.4	SK	2	0	0			he	++	+												Fe	6,0	4,7	4,10	90	
Son Martegn	18203.105.54	SK	1	0	1	1b	-	he	+	++	w	B+	wks	NH;T								Fe;S	17,0	11,5	7,50	800	
Son Martegn	32662.13.3	SK	1	0	0	1a	-	he	++	+	w	B+	ks	NH;T								Fe	8,3	8,1	5,00	189	
Son Martegn	18203.105.17	MS	0	0	0			he	+	++	f	W	wt	T								Fe	9,7	6,7	3,30	163	x
Son Martegn	18203.105.18	MS	0	0	0			m	+	+												Fe	6,0	5,6	3,00	85	
Son Martegn	18203.105.22	MS	1	0	0	3b	-	nb	+	-	b	P	wt	T								Fe	4,7	3,6	1,60	36	
Son Martegn	32662.13.2	MS	0	1*	1*			he	+	+	b		wt									Fe;S	6,5	3,5	1,50	55	
Son Martegn	32662.13.6	MS	0	2	0			m	+	++	b	B+;W	wt	B;-T								Fe	6,4	4,8	1,50	46	
Son Martegn	32662.13.4	MS*	0	2	1*			he	-	++	b	B+;P;S	wt	NH;T;W								Fe	12,1	9,5	2,20	260	
Son Martegn	32662.13.5	MS*	0	2	1*			he	+	+	b	P;S;W	wt	NH;T								Fe	9,1	8,8	1,60	167	
Son Martegn	18203.104.1	PS-B	0	1*	0			ho	-	-	f		f									Fe	3,9	3,8	0,60	18	
Son Martegn	18203.104.10	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	W	f	B;-W								Fe	3,2	2,6	0,50	9	
Son Martegn	18203.104.11	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f		f									Fe	1,8	1,4	0,55	4	
Son Martegn	18203.104.12	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	W	f	W								Fe	2,0	1,5	0,50	3	
Son Martegn	18203.104.13	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	W	f	W								Fe	1,9	1,1	0,55	3	
Son Martegn	18203.104.2	PS-B	0	0	0			ho	-	-	f	W	f	T;W								Fe	5,3	3,5	0,90	22	
Son Martegn	18203.104.20	PS-B	1	0	0	3x	-	ho	-	-	f	T	f	W								Fe	3,4	1,5	0,50	7	
Son Martegn	18203.104.3	PS-B	0	0	0			ho	-	-	f	W	f	B;-								Fe	4,6	3,4	0,50	18	x
Son Martegn	18203.104.4	PS-B	1	0	0	3x	-	ho	-	-	f	W	f									Fe	3,4	2,1	0,50	7	
Son Martegn	18203.104.5	PS-B	2	0	2			ho	-	-	f	B;W	f	T									3,8	1,9	0,50	6	
Son Martegn	18203.104.6	PS-B	1	0	0	3c	-	ho	-	-	f	S;W	f									Fe	2,1	1,9	0,50	7	
Son Martegn	18203.104.7	PS-B	1	0	0	3a	-	ho	-	-	f	W	f									Fe;S	2,8	2,2	0,50	7	
Son Martegn	18203.104.8	PS-B	1	2	0	3b	-	ho	-	-	f	W	f	T								Fe	4,1	1,7	0,75	8	
Son Martegn	18203.104.9	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	W	f	B;-								Fe	2,9	2,1	0,50	8	
Son Martegn	18203.105.1	PS-B	1	0	0	3c	-	ho	-	-	f	W	f	T;W								Fe	8,0	6,3	0,50	58	
Son Martegn	18203.105.10	PS-B	1	0	0	3c	-	ho	-	-	f	W	f	W								Fe	6,4	6,0	0,50	43	
Son Martegn	18203.105.11	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f		f									Fe	6,0	3,2	0,50	25	x
Son Martegn	18203.105.12	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	W	f	B;B;-W								Fe	7,2	4,8	0,50	36	
Son Martegn	18203.105.13	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	B;G;W	f									Fe	7,3	4,5	0,50	40	
Son Martegn	18203.105.23	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f		f	W								Fe	2,6	2,4	0,60	11	
Son Martegn	18203.105.24	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	W	f									Fe	4,6	3,2	0,65	23	
Son Martegn	18203.105.25	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	W	f	B;W								Fe	4,6	3,5	0,60	19	
Son Martegn	18203.105.26	PS-B	1	0	0	3c	-	ho	-	-	f	BT	f									Fe;S	3,9	3,8	0,60	17	
Son Martegn	18203.105.27	PS-B	1	2	0	3c	-	ho	-	-	f	B;G;W	f									Fe;S	4,7	3,9	0,55	19	
Son Martegn	18203.105.28	PS-B	1	1	0	3a	-	ho	-	-	f	W	f	B	z	r	r	k	0,5	e		Fe;S	4,6	3,6	0,60	24	
Son Martegn	18203.105.29	PS-B	1	1*	0	3a	-	ho	-	-	f	W	f	W								Fe	3,7	2,6	0,55	12	
Son Martegn	18203.105.31	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	P	f	W								Fe	2,0	1,8	0,55	3	
Son Martegn	18203.105.32	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f		f									Fe	2,3	1,5	0,60	3	
Son Martegn	18203.105.33	PS-B	0	1*	0			ho	-	-	f	W	f	B								Fe	5,4	3,3	0,80	21	
Son Martegn	18203.105.34	PS-B	0	1*	0			ho	-	-	f	W	f									Fe	4,3	3,4	0,55	17	
Son Martegn	18203.105.35	PS-B	0	1*	0			ho	-	-	f	W	f	W								Fe	3,6	3,5	0,65	20	
Son Martegn	18203.105.36	PS-B	1	2	0	3a	-	ho	-	-	f	W	f	W								Fe	4,4	4,1	0,70	22	
Son Martegn	18203.105.38	PS-B	0	0	1*			ho	-	-	f	T;W	f									Fe	3,9	3,6	0,65	14	
Son Martegn	18203.105.41	PS-B	1	0	1	3c	-	ho	-	-	f	T	f										5,3	3,7	0,60	19	
Son Martegn	18203.105.5	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	W	f	W								Fe	5,4	3,8	0,60	26	
Son Martegn	18203.105.55	PS-B	1	0	0	3c	-	ho	-	-	f	W	f	B;W								Fe	7,2	5,6	0,55	36	
Son Martegn	18203.105.56	PS-B	1	0	0	3c	-	ho	-	-	f	W	f	T;W								Fe	5,2	4,4	0,50	22	
Son Martegn	18203.105.7	PS-B	0	0	0			ho	-	-	f	W	f	W								Fe	9,6	3,6	0,70	36	
Son Martegn	18203.105.8	PS-B	1	0	0	3c	-	ho	-	-	f	W	f	W								Fe	4,6	4,6	0,60	25	
Son Martegn	18203.105.9	PS-B	0	0	0			ho	-	-	f	W	f	W								Fe	7,3	5,0	0,50	32	
Son Martegn	32662.13.1	PS-B	0	2	1*			m	-	-	f	W	f	Z								Fe	4,5	4,5	0,80	42	
Son Martegn	32662.13.10	PS-B	0	1	1			ho	-	-	f	W	gu	T	z	nb	r	k	0,8	e		Fe	8,0	6,7	0,90	85	
Son Martegn	32662.13.11	PS-B	1	0	1	3b	-	ho	-	-	f	S;T;W	gu									Fe;S	9,0	8,4	0,60	88	
Son Martegn	32662.13.12	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	W	f	W								Fe	6,5	5,9	0,50	40	
Son Martegn	32662.13.20	PS-B	1	0	0	3c	-	ho	-	-	f	W	f									Fe	4,1	2,7	0,50	15	
Son Martegn	32662.13.28	PS-B	0	1*	0			ho	-	-	f	W	f									Fe	5,6	4,4	0,60	28	
Son Martegn	32662.13.29	PS-B	0	1*	0			ho	-	-	f	W	gu	W								Fe	4,1	4,0	0,55	10	
Son Martegn	32662.13.33	PS-B	0	0	1*			ho	-	-	f	W	f	W								Fe	5,9	5,0	0,60	37	
Son Martegn	32662.13.7	PS-B	0	0	1*			ho	-	-	f	W	gu	B;W								Fe	7,5	5,0	0,60	48	
Son Martegn	32662.13.8	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	BT	f	B;G								Fe	3,8	3,3	0,65	18	
Son Martegn	32662.13.9	PS-B	1	0	0	3b	-	ho	-	-	f	W	gu	B;G;T								Cu;Fe	6,8	2,9	0,80	38	
Son Martegn	18203.104.21	PS-C	0	1	0			ho	-	-	f	W	f	W	p	e	nb	k	1,6	e		Fe	4,1	2,6	0,45	10	
Son Martegn	18203.104.22	PS-C	1	0	0	3c	-	ho	-	-	f	W	f									Fe	2,8	2,4	0,30	5	
Son Martegn	18203.104.23	PS-C	1	0	0	3c	-	ho	-	-	f	W	f	W									3,2	3,0	0,35	8	
Son Martegn	18203.104.24	PS-C	1	0	0	3c	-	ho	-	-	f	W	f														

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Blasengröße	Anzahl Blasen	Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik	
Son Martegn	32662.13.18	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f W	f	W								Fe	4,2	3,8	0,45	16	
Son Martegn	32662.13.19	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f W	f										Fe	5,7	3,1	0,40	13
Son Martegn	32662.13.21	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f W	f										Fe	4,2	3,3	0,30	15
Son Martegn	32662.13.22	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f W	f										Fe	4,3	3,5	0,45	17
Son Martegn	32662.13.23	PS-C	1	1*	0	3b	-	-	ho	-	-	f W	f										Fe	4,8	2,5	0,45	13
Son Martegn	32662.13.24	PS-C	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f W	f										Fe	4,8	2,2	0,30	10
Son Martegn	32662.13.25	PS-C	1*	0	0				ho	-	-	f W	f										Fe	2,7	1,6	0,45	5
Son Martegn	32662.13.26	PS-C	0	1*	1*				ho	-	-	f W	f	B;-W;WN-T									Fe	7,8	7,3	0,45	73
Son Martegn	32662.13.27	PS-C	0	1*	0				nb	-	-	f W	gu	B-									Fe	6,2	5,1	0,40	24
Son Martegn	32662.13.30	PS-C	0	0	1*				ho	-	-	f T;W	f										Fe	5,3	4,5	0,45	23
Son Martegn	32662.13.31	PS-C	0	0	1*				ho	-	-	f	f	W									Fe	5,0	3,5	0,45	20
Son Martegn	32662.13.32	PS-C	0	0	1*				ho	-	-	f T;W	f	B-									Fe	5,1	4,4	0,45	20
Son Martegn	32662.13.34	PS-C	0	0	1*				ho	-	-	f W	f	W;Z									Fe	4,8	4,1	0,45	12
Sot al Crap	18203.60.2	PS-A	1	1	0	2b	-	30	m	-	-	f	wt	BT,T	p	hr	e	k	0,9	e		Fe	7,7	6,2	1,30	89	
Sot al Crap	18203.60.3	PS-A	1	1	0	3a	-	-	ho	-	-	f BT	f		p	hr	nb	k	1,0	e		Fe	3,8	3,4	1,30	24	
Sot al Crap	18203.60.5	PS-A	1	1*	0	3a	-	-	ho	-	-	f BT	f	BT									Fe	3,4	2,6	1,00	12
Sot al Crap	18203.60.10	PS-B	0	1	0				ho	-	-	f W	f		nb	e	nb	k	1,2	e		Fe	3,0	2,4	0,90	11	
Sot al Crap	18203.60.8	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f S	f										Fe	2,5	1,8	0,95	9
Sot al Crap	18203.60.9	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f S	f	B;-W									Fe	4,3	3,8	0,60	21
Stalveder (Lesefunde)	18203.65.1	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	f										Fe	2,8	2,5	0,45	7
Sül Cunfin I	18203.18.1	SK	0	0	1				he	+	++	b	BG;W	wks	T								Fe	5,3	4,1	2,40	60
Sül Cunfin I	18206.4.1	SK	1	0	0	1a	-	-	g-m	++	+	w		wks									Fe	5,2	5,0	3,70	75
Sül Cunfin I	18203.18.2	MS	1	0	0	2a	-	40	m	-	-	f	gu	B;-T									Fe	5,3	3,9	1,55	55
Sül Cunfin I	18206.4.2	PS-A	0	1*	0				nb	-	-	f	f										Fe	4,2	3,0	1,15	10
Sül Cunfin I	18203.19.2	PS-B	0	1	0				he	-	-	f	f		z	e	r	k	0,9	e		Fe	3,0	2,6	0,65	15	
Sül Cunfin I	18206.4.3	PS-C	0	1	0				he	-	-	f W	f		z	e	r	k	0,9	e		Fe	4,5	4,2	0,40	12	
Sül Cunfin II	18203.23.1	MS	1	1*	0	2a	-	35	m	-	-	f BG;P;S	f	B-									Fe	4,4	3,1	1,60	49
Sül Cunfin II	18203.24.1	MS	1	0	0	2a	12	50	he	-	+	f BG;P	gu	BG;B;-T									Fe	13,4	12,7	2,70	730
Sül Cunfin II	18203.25.1	MS	1	0	0	2a	17	50	he	-	+	f BG;P	gu	BG;B;-T									Fe	7,4	4,6	2,40	104
Sül Cunfin II	18203.22.4	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f W	f	B-									Fe	2,2	1,7	0,65	4
Sül Cunfin II	18203.23.5	PS-B	0	1	0				nb	-	-	f	gu	W	p	nb	nb	k	1,2	e		Fe	4,2	4,1	0,90	22	
Sül Cunfin II	18207.2.1	PS-B	1	0	0	3b	12	-	ho	-	-	f W	f										Fe	8,7	7,9	0,70	117
Sül Cunfin II	18203.25.2	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	f										Fe	3,9	3,7	0,40	14
Sül Cunfin II	18203.25.3	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f	f										Fe	2,1	1,9	0,40	3
Sur Eva I	18203.86.1	SK	1	0	0	1b	-	70	he	++	++	w	BG;B+T	wks	NH;T								Fe	7,0	6,8	4,60	203
Sur Eva I	18203.86.2	SK	1	0	0	1a	-	-	g-he	++	+	w	W	wks	W								Fe	6,3	5,2	2,90	98
Sur Eva I	18203.86.3	SK	1	0	0	1a	-	-	g-he	++	+	w	B+;P;S	wks									Fe	6,2	4,7	2,40	59
Sur Eva I	18203.86.4	SK	1	0	0	1a	-	-	g-he	++	+	f BT	wks	NH;T									Fe	5,0	3,8	2,40	42
Sur Eva I	18203.86.5	SK	1	0	0	1a	-	-	g-he	++	+	w	BG;BT	wks	T								Fe	3,6	3,0	2,90	31
Sur Eva I	18203.86.6	MS	0	1	0				m	+	+	b	BG;B+BT;W	wt	BG;B;T	p	hr	r	k	1,2	m	Fe	11,0	7,6	2,10	280	
Sur Eva I	18203.61.3	PS-A	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f BT	f										Fe	5,0	3,9	1,00	33
Sur Eva I	18203.61.4	PS-A	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f BT	gu										Fe	4,0	3,6	1,05	16
Sur Eva I	18203.61.6	PS-A	0	1	0				ho	-	-	f BT	f		p	e	nb	k	1,1	e		Fe	2,2	1,9	1,20	9	
Sur Eva I	18203.61.7	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f BT	f	BT									Fe	4,5	3,0	0,60	19
Sur Eva I	18203.86.7	PS-B	1	0	0	3a	-	-	ho	-	-	f BG	f										Fe	3,1	2,0	0,50	3
Sur Gonda	274.1.1	PS-B	1	0	0	3a	-	-	g-ho	-	-	f BT	f	BG;WN-T									Fe	7,1	2,7	0,95	42
Tges Alva I	286.1.1	MS	0	1*	1*				m	+	+	f BT	gu	BG;B;-B									Fe	7,5	6,5	1,90	144
Tges Alva II	18203.62.1	MS	1	0	0	2b	5	45	m	-	-	f BT	wt	BT,T									Fe	6,0	5,7	2,20	158
Tges Alva II	18203.62.2	MS	1	1	0	3a	-	-	m	-	+	f BT	wt	B;BT	nb	e	s	k	1,0	e		Fe	4,5	1,7	4,80	73	
Tges Alva II	18203.62.4	PS-A	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f BT	gu	BG;BT									Fe	3,1	2,5	1,00	17
Tges Alva II	18203.62.8	PS-A	0	1	0				m	+	-	f BT	wt	B	p	r	nb	k	0,9	e		Fe	5,0	4,1	1,45	5	
Tignas Sot I	18203.120.1	PS-B	2	2	0				ho	-	-	f	gu										Fe	2,8	2,1	0,75	6
Tignas Sot II	9974.1.1	SK	1	0	0	1a	-	-	nb	+	++	w	NH;W	ks	NH;T								Fe	8,4	6,0	4,20	151
Tignas Sot II	9974.2.1	SK	1	0	1	1b	9	90	m	++	++	w	S;W	ks	NH;T								Cu;Fe	17,5	17,2	7,50	2037
Tignas Sot II	9974.2.2	SK	1	0	1	1b	-	50	he	++	+	w	S;W	ks	NH;T								Cu;Fe	13,3	11,4	7,20	745
Tignas Sot II	9974.1.2	MS	0	0	0				m	+	++	b	B+;W	wt	B;-T								Cu;Fe;S	11,7	9,6	2,70	260
Tignas Sot II	9974.1.3	MS	0	0	1				m	+	-	f W	wt	B;-T;W;Z									Fe;S	13,7	10,0	1,50	266
Tignas Sot II	9974.1.4	PS-A	0	2	1				m	+	-	f S;T;W	gu	T;W									Fe;S	6,3	6,2	1,30	83
Tignas Sot II	9974.2.3	PS-A	1	0	2	3x	-	-	g-ho	-	-	b	BT;W	gu	W								Cu;Fe;S	12,5	9,2	1,30	229
Tignas Sot II	9974.2.4	PS-A	1	0	2	2b	-	55	ho	-	-	f S;W	f	T									Cu;Fe	6,8	5,4	1,30	62
Tignas Sot II	9974.2.5	PS-A	1	2	0	3c	-	-	ho	-	-	f W	gu	B;-W									Cu;Fe	4,7	3,7	1,10	31
Tignas Sot II	9974.2.6	PS-A	1	0	0	3b	-	-	nb	-	-	f	f	T									Cu;Fe;S	4,5	2,7	1,10	20
Tignas Sot II	9974.1.5	PS-B	1	0	1	3a	-	-	ho	-	-	f	f										Cu;Fe	17,2	7,5	0,70	268
Tignas Sot II	9974.1.6	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f W	f	W									Cu;Fe;S	9,6	7,8	0,50	75
Tignas Sot II	9974.1.7	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	-	f W	gu	B;Z									Fe;S	8,7	6,3	0,90	103
Tignas Sot II	9974.1.8	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f W	f	B-									Cu;Fe;S	7,7	5,7	0,60	51
Tignas Sot II	9974.1.9	PS-B	1	0	0	3c	4	-	ho	-	-	f	f	W									Cu;Fe;S	5,6	4,4	0,60	26
Tignas Sot II	9974.1.10	PS-B	1	0	1	3b	-	-	ho	-	-	f B+;S	f	T									Cu;Fe;S	5,7	4,7	0,70	36
Tignas Sot II	9974.1.11	PS-B	1	0	0	3c	-	-	nb	-	-	f S;W	gu														

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Blasengröße	Anzahl Blasen Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik		
Tignas Sot II	9974.2.18	PS-B	1	0	1	3b	-	-	ho	-	f	W	f							Cu;Fe	4,5	1,9	0,70	16			
Tignas Sot II	9974.2.19	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	f	W	f	B-						Fe	5,0	2,5	0,80	15			
Tignas Sot II	9974.2.20	PS-B	0	1	1				nb	-	f	W	gu	W	z	hr	s	k	0,9	e	Cu;Fe;S	7,2	5,4	0,70	30		
Tignas Sot II	9974.2.21	PS-B	0	1*	0				ho	-	f	W	f	W						Cu;Fe;S	4,2	4,1	0,60	7			
Tignas Sot II	9974.2.22	PS-B	0	0	1				ho	-	f	W	f							Fe	3,6	3,4	0,90	17			
Tignas Sot II	9974.1.122	PS-C	1	0	1	2b	22	40	ho	-	f	NH;W	f	B;-W						Cu;Fe;S	6,6	6,2	0,40	50			
Tignas Sot II	9974.1.123	PS-C	1	0	0	3x	-	-	ho	-	f	W	f	W						Cu;Fe;S	6,3	3,8	0,30	21			
Tignas Sot II	9974.1.124	PS-C	1	2	0	3c	-	-	ho	-	f	W	f	W						Cu;Fe	4,8	4,1	0,40	20			
Tignas Sot II	9974.1.125	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	-	f	W	f							Cu;Fe;S	3,6	2,4	0,40	11			
Tignas Sot II	9974.1.126	PS-C	1	0	0	3x	-	-	ho	-	f	W	f							Fe	4,0	2,7	0,45	13			
Tignas Sot II	9974.1.127	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	f	W	f	W						Fe	4,0	3,2	0,45	13			
Tignas Sot II	9974.1.128	PS-C	1	0	1	3a	-	-	ho	-	f	W	f							Fe;S	5,9	5,8	0,40	28			
Tignas Sot II	9974.1.129	PS-C	1	1*	1	3b	-	-	ho	-	f	W	f	W						Fe;S	6,4	4,8	0,30	24			
Tignas Sot II	9974.1.130	PS-C	0	1	0				ho	-	f	W	f	B-	p	e	r	k	0,7	e	Fe	4,7	4,2	0,40	15		
Tignas Sot II	9974.2.7	PS-C	1	0	1	3b	-	-	ho	-	f	W	f	W						Cu;Fe	5,8	5,7	0,40	44			
Tignas Sot II	9974.2.23	PS-C	1	0	0	2b	-	35	ho	-	f	W	f							Cu;Fe	3,7	3,7	0,40	15			
Tignas Sot II	9974.2.24	PS-C	1	0	1	3x	-	-	ho	-	f	W	f							Cu;Fe	4,3	3,3	0,45	23			
Tignas Sot II	9974.2.25	PS-C	1	0	0	2b	32	-	ho	-	f	W	f							Cu;Fe	3,9	3,2	0,45	15			
Tignas Sot II	9974.2.26	PS-C	1	2	0	3b	-	-	m	+	f	W	f							Cu;Fe	4,4	3,7	0,40	18			
Tignas Sot II	9974.2.27	PS-C	0	0	1*				ho	-	f	W	f	W						Cu;Fe	5,0	4,0	0,45	13			
Tignas Sot II	9974.1.132	PS-C	0	1*	0				ho	-	f	W	f								5,4	4,3	0,40	13			
Tiragn	3605.2.1	SK	1	0	1	1a	-	-	he	+++	w		ks	NH;T						Cu;Fe;S	22,0	22,0	7,80	3040			
Tiragn	3605.4.1	SK	1	2	1	1a	-	-	he	+++	w		ks	NH;T						Fe;S	23,0	22,0	8,00	3740			
Tiragn	3605.5.1	SK	1	0	1	1a	-	-	he	+++	w		ks	NH;T						Fe;S	22,0	20,0	7,90	3255			
Tiragn	3605.8.1	SK	1	2	1	1a	-	-	he	+++	w		ks	NH;T						Fe;S	20,0	18,0	9,00	2900			
Tiragn	3605.10.1	SK	1	1	0	1a	-	-	he	+++	w		ks	NH;T	nb	nb	nb	k	1,8	e	Fe;S	21,0	17,0	7,50	2650		
Tiragn	3605.12.1	SK	1	0	1	1a	-	-	he	+++	w		ks	NH;T						Cu;Fe;S	23,0	20,5	8,00	4365			
Tiragn	32662.19.2	SK	0	0	1*				he	+	++									Cu;Fe	3,1	2,3	3,70	21			
Tiragn	3605.14.1	SK	1	2	1	1a	-	-	he	+++	w		ks	NH;T						Cu;Fe;S	22,0	19,5	7,00	3920			
Tiragn	3605.30.1	SK	1	0	1	1a	-	-	he	+++	w		ks	NH;T						Fe;S	20,5	17,5	8,00	2750			
Tiragn	3605.31.1	SK	1	2	1	1a	-	-	he	+++	w		ks	NH;T						Cu;Fe;S	22,0	15,0	8,50	2940			
Tiragn	3605.33.1	SK	1	0	1	1a	-	-	he	+++	w	B+	ks	NH;T						Fe;S	29,5	23,5	6,50	4250			
Tiragn	3605.33.2	SK	1	0	1	1a	-	-	he	+++	w		wks	NH;T						Fe;S	24,0	19,0	8,50	4105			
Tiragn	3605.36.1	SK	1	1	1	1b	-	-	he	+++	w		ks	NH;T	z	nb	r	nb	1,4	e	Fe;S	25,0	20,5	8,50	4200		
Tiragn	3605.37.1	SK	1	0	1	1a	-	-	he	+++	w		ks	NH;T						Fe;S	27,0	18,5	8,50	3580			
Tiragn	3605.39.1	SK	1	0	1	1a	-	-	he	+++	w		ks	NH						Fe;S	24,0	18,5	7,50	4455			
Tiragn	3605.40.1	SK	1	0	1	1a	-	-	he	+++	w		ks	NH;T						Fe;S	20,0	17,5	7,00	2555			
Tiragn	3605.42.1	SK	1	2	1	1a	-	-	he	+++	w		wks	NH;T						Cu;Fe;S	18,0	14,5	10,00	2600			
Tiragn	3605.42.2	SK	1	2	1	1a	-	-	g-m	+++	w		ks	NH;T						Fe;S	11,5	7,5	7,50	672			
Tiragn	3605.44.1	SK	1	2	1	1a	-	-	he	+++	w		ks	NH;T						Fe;S	28,0	18,5	8,50	3570			
Tiragn	32662.19.5	PS-B	0	0	1*				m	-	f	B	gu	T;W;Z							5,3	3,9	0,90	25			
Ual da Val	18203.110.1	SK	1	0	0	1a	-	-	m	+	++	w	ks	NH;T						Fe	7,6	7,5	4,70	178			
Ual da Val	18203.111.1	SK	1	0	1	1a	-	-	m	+++	w	B+S;W	wks	NH;T						Cu;Fe	17,0	16,0	5,30	1218			
Ual da Val	18203.111.2	SK	1	0	1	1b	-	-	m	+++	w	B+S;W	wks	NH;T;W						Cu;Fe	16,5	15,5	7,00	1370			
Ual da Val	18203.110.2	MS	0	0	2				m	+	b	BG;S	wt	T;W						Cu;Fe	9,1	8,0	2,70	225			
Ual da Val	18203.111.3	MS	1	0	0	3a	-	-	m	+	f	B+	gu	W						Fe	2,3	2,2	1,60	11			
Ual da Val	18203.110.3	PS-A	1	0	0	3a	-	-	ho	-	f	W	f								1,7	1,6	1,20	6			
Ual da Val	18203.110.4	PS-A	0	1	0				m	-	+	B	P	gu		nb	hr	nb	k	1,9	e	Fe	3,6	2,3	1,20	11	
Ual da Val	2536.1.1	PS-B	1	0	0	3b	-	-	nb	-	f	W	wt								2,5	2,5	0,80	10			
Ual da Val	2536.1.2	PS-B	1	0	0	3x	-	-	ho	-	f	W	gu	W							3,5	2,0	0,90	6			
Ual da Val	2536.1.3	PS-B	1	0	0	3a	-	-	m	-	f	W	wt	B						Fe	3,2	3,0	0,70	8			
Ual da Val	2536.1.4	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	f	W	f							Fe	2,6	2,0	0,50	7			
Ual da Val	2536.1.5	PS-B	1	0	0	3x	-	-	ho	-	f	W	gu	B;W							2,2	1,9	0,50	5			
Ual da Val	2536.1.6	PS-B	0	1	0				nb	-	f	W	gu	W	nb	e	nb	k	0,5	e		3,6	3,0	0,90	14		
Ual da Val	18203.110.10	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	f	W	f							Fe	3,0	2,8	0,50	8			
Ual da Val	18203.110.11	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	f	W	f	W							2,4	1,7	0,50	6			
Ual da Val	18203.110.12	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	f	W	f	W						Fe	2,6	1,6	0,50	6			
Ual da Val	18203.110.13	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	f	W	f	W						Fe	2,2	1,7	0,55	4			
Ual da Val	18203.110.14	PS-B	0	1	0				ho	-	f	W	f	WN-T	z	nb	nb	k	0,9	e	Fe	4,8	4,1	0,55	16		
Ual da Val	18203.110.15	PS-B	0	1*	0				ho	-	f	W	f								3,2	2,7	0,50	6			
Ual da Val	18203.110.16	PS-B	0	1*	0				ho	-	f	B+W	f	W;WN-T						Fe	3,2	2,5	0,80	9			
Ual da Val	18203.110.17	PS-B	0	1*	0				ho	-	f	W	f	WN-T						Fe	2,8	2,1	0,50	5			
Ual da Val	18203.110.18	PS-B	0	1*	0				ho	-	f	W	f	T;WN-T							3,3	2,1	0,70	7			
Ual da Val	18203.110.19	PS-B	0	1*	0				ho	-	f	W	f								2,8	2,3	0,50	4			
Ual da Val	18203.110.20	PS-B	0	0	2				ho	-	f	W	f	W							2,8	2,0	0,60	4			
Ual da Val	18203.110.5	PS-B	1	2	0	3c	-	-	ho	-	f	W	f	W							4,3	2,8	0,55	17			
Ual da Val	18203.110.6	PS-B	1	0	1	3x	-	-	ho	-	f	S;T	f	B-						Fe	4,6	3,6	0,70	18			
Ual da Val	18203.110.7	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	f	W	f	W							3,9	3,7	0,55	16			
Ual da Val	18203.110.8	PS-B	1	0	2	3b	-	-	ho	-	f	W	f	W							4,6	2,5	0,60	13			
Ual da Val	18203.110.9	PS-B	1	2	0	3c	-	-	ho	-	f	W	f	W						Fe	4,3	3,2	0,60	10			
Ual da Val	18203.111.4	PS-B	1	0	0	3c	-	-	ho	-	f	W	f								4,7	2,5	0,55	14			
Ual da Val	18203.111.5	PS-B	1	2	0	3c	-	-	ho	-	f	W	f	W	</												

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ	anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Blasengröße	Anzahl Blasen	Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik
Ual da Val	18203.111.8	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	W	f								Fe	2,6	2,2	0,45	8	
Ual da Val	18203.114.1	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	W	f								Fe	2,6	1,1	0,45	4	
Unbekannt (Leseefunde)	66734.1.1	PS-A	1	2	0	2b	-	45	ho	-	-	f	B+,BT	gu	BT,T							Fe	8,6	8,6	1,40	198	
Unbekannt (Leseefunde)	66734.1.2	PS-A	0	2	1*				ho	-	-	f	P	gu	B-,BT,T							Fe	6,0	5,8	1,30	86	
Val Faller Platz	32662.10.1	SK	0	0	1*				m	-	++	w		wks								Cu;Fe	3,0	2,0	3,00	21	
Val Faller Platz	32662.10.2	SK	0	0	1*				nb	-	++	w		wt								Cu;Fe	4,0	2,0	2,00	15	
Val Faller Platz	46679.278.2	SK	2	0	2				m	+	++	w		wks								Fe	5,8	5,4	4,00	227	
Val Faller Platz	46679.287.1	SK	1	0	1	1a	-	-	m	+	++	w	BT,S	ks	B-,NH							Cu;Fe;S	12,8	7,8	4,10	340	
Val Faller Platz	46679.287.17	SK	1	0	2	1a	-	-	nb	++	++	w										Cu;Fe	6,3	3,9	3,20	28	
Val Faller Platz	46679.287.21	SK	0	2	1				m	++	++	w	BT	ks	NH							Fe;S	9,7	7,2	3,70	323	
Val Faller Platz	46679.287.23	SK	0	0	1*				nb	+	++	b		wks	NH;T							Cu;Fe;S	6,9	4,4	3,40	122	
Val Faller Platz	46679.287.24	SK	0	0	1*				m	+	++	w		wks	NH;T							Cu;Fe;S	6,1	5,9	3,20	115	
Val Faller Platz	46679.287.25	SK	0	0	1				ho	++	++	w	BT	ks	NH							Fe	6,2	5,7	4,00	106	
Val Faller Platz	46679.287.27	SK	1	0	2	1a	-	-	nb	+	++	w	BT	ks	NH							Cu;Fe	5,9	3,5	3,10	59	
Val Faller Platz	46679.287.4	SK	1	2	0	1a	-	-	ho	++	++	w	BT	ks	NH;T							Cu;Fe	7,7	7,3	4,10	183	
Val Faller Platz	46679.278.1	SK*	1	2	1	1a	-	-	m	+	++	w	BT	ks	NH;T							Cu;Fe;S	8,7	6,7	2,50	165	
Val Faller Platz	46679.287.10	SK*	1	0	0	1a	-	-	nb	+	++	w	BT	ks	NH;T							Cu;Fe	5,4	5,3	2,40	72	
Val Faller Platz	46679.287.11	SK*	1	0	0	1a	-	-	nb	+	++	w	BT	wks								Cu;Fe;S	5,5	3,5	2,80	62	
Val Faller Platz	46679.287.12	SK*	1	0	1*	1a	-	-	m	+	++	w	BT	ks	NH;T							Cu;Fe;S	6,4	4,0	3,10	87	
Val Faller Platz	46679.287.14	SK*	1	0	0	1a	-	-	nb	+	++	w	BT	wks								Cu;Fe;S	4,2	4,0	1,90	36	
Val Faller Platz	46679.287.15	SK*	1	0	1	1a	-	-	nb	+	++	w	BT	wks	NH;T							Cu;Fe;S	4,6	4,5	2,80	46	
Val Faller Platz	46679.287.16	SK*	1	0	2	1a	-	-	ho	++	++	w	BT	ks	NH;T							Cu;Fe;S	5,0	4,7	2,60	49	
Val Faller Platz	46679.287.18	SK*	0	0	1				m	++	++	w	BT	ks	NH;T							Fe;S	8,8	8,0	3,10	304	
Val Faller Platz	46679.287.19	SK*	0	2	1				m	++	++	w	BT	ks	NH;T							Cu;Fe;S	8,4	8,4	2,40	188	
Val Faller Platz	46679.287.2	SK*	1*	2	1*				nb	-	++	w	B	wt	B-							Cu;Fe;S	6,4	6,3	3,00	95	
Val Faller Platz	46679.287.20	SK*	0	2	1				nb	++	++	w	BT	ks	NH;T							Cu;Fe	10,0	5,6	2,70	176	
Val Faller Platz	46679.287.22	SK*	0	2	1*				m	+	++	w	BT	wks	B;NH;T							Cu;Fe;S	10,5	8,6	3,60	323	
Val Faller Platz	46679.287.26	SK*	0	0	1*				m	+	++	b		ks								Cu;Fe;S	6,1	4,3	2,70	80	
Val Faller Platz	46679.287.28	SK*	0	0	1*				m	+	++	w	B;T;P;S	ks								Cu;Fe;S	5,6	3,9	2,40	61	
Val Faller Platz	46679.287.29	SK*	1	0	1	1a	-	-	ho	+	++	w	BT	ks	B-							Cu;Fe;S	9,4	4,3	1,80	58	
Val Faller Platz	46679.287.30	SK*	1*	0	1*				nb	-	+	b		wt								Cu;Fe;S	4,4	4,3	2,10	35	
Val Faller Platz	46679.287.31	SK*	1	0	0	1a	-	-	m	-	+	b		wt								Cu;Fe	4,1	1,0	2,00	31	
Val Faller Platz	46679.287.5	SK*	0	2	0				m	++	++	w	BT	ks	B-,NH							Cu;Fe;S	7,5	6,7	3,50	208	
Val Faller Platz	46679.287.6	SK*	0	0	1*				nb	+	++	w	BT	wks	NH;T							Cu;Fe;S	6,0	5,4	3,10	113	
Val Faller Platz	46679.287.7	SK*	1	0	0	1a	-	-	ho	++	++	w	BT	ks	NH							Cu;Fe	6,9	5,7	3,40	163	
Val Faller Platz	46679.287.8	SK*	2	0	2				m	++	++	w		wks								Cu;Fe;S	6,8	5,5	3,00	159	
Val Faller Platz	2125.1.1	MS	1	2	1	2b	-	45	ho	-	-	f	BT	gu	B-,BT,T							Cu;Fe;S	9,0	8,6	1,80	297	
Val Faller Platz	2125.1.2	MS	0	0	1*				ho	-	-	f	P	gu	B-,T							Fe	8,6	8,2	2,50	282	
Val Faller Platz	2125.1.3	MS	0	1	0				nb	-	-	f	BT	gu	B-,B	p	e	nb	k	1,9	e	Cu;Fe;S	9,0	7,0	2,20	216	
Val Faller Platz	2125.1.4	MS	1	1	0	2a	-	35	m	-	-	f	B+;BT	wt	BG;WN-T	nb	e	nb	k	1,4	e	Fe	7,9	7,1	2,70	301	
Val Faller Platz	2125.1.5	MS	1	1	0	2a	-	35	m	++	+	f		gu		nb	e	nb	k	1,4	e	Fe	7,3	5,2	1,80	107	
Val Faller Platz	2125.1.6	MS	0	1	0				ho	-	-	f	P	gu	T;WN-T	p	e	nb	k	1,7	e	Cu;Fe	6,3	4,9	1,90	109	
Val Faller Platz	32662.10.3	MS	0	0	1				nb	-	-											Cu;Fe;S	3,5	3,0	2,50	44	
Val Faller Platz	32662.10.4	MS	0	1	0				m	-	-	f	BT	wt	BT;WN-T;Z	p	hr	nb	k	2,0	e	Cu;Fe	5,5	3,5	1,80	65	
Val Faller Platz	32662.10.6	MS	0	0	1				ho	-	-	f	BT;P;W	f	B-,NH							Fe	7,0	5,5	1,50	126	
Val Faller Platz	46679.278.10	MS	1	0	0	2b	-	50	nb	++	-	b	BT;P;S	gu	B-,BT,T							Fe	8,0	6,9	2,10	175	
Val Faller Platz	46679.278.11	MS	1*	0	2				nb	++	-	b	BT	wt								Fe;S	7,7	5,6	2,10	120	
Val Faller Platz	46679.278.12	MS	2	2	0				nb	-	-	f	BT	wt								Fe;S	5,8	5,7	1,50	88	
Val Faller Platz	46679.278.13	MS	0	1	1				nb	-	-	f	P	gu	B-,B;Z	z	e	s	k	1,3	e	Fe;S	8,6	5,6	2,00	173	
Val Faller Platz	46679.278.14	MS	0	1*	1*				m	-	-	f	BT	gu	BT							Fe	5,1	4,2	1,70	49	
Val Faller Platz	46679.278.15	MS	0	1	0				nb	+	+	f	BT;W	wt	B,B;T;WN-T	p	r	nb	k	1,3	e	Fe;S	6,9	6,5	2,90	171	
Val Faller Platz	46679.278.16	MS	0	1	0				m	+	+	b	B;BT	wt	B-,BT	p	hr	nb	k	1,7	e	Fe;S	3,9	6,1	2,70	65	
Val Faller Platz	46679.278.17	MS	0	0	1*				nb	++	+	f	BT	wt	B;BT,T							Fe;S	8,1	5,7	1,70	154	
Val Faller Platz	46679.278.18	MS	0	0	1*				nb	-	-	f	BT	wt	T;Z							Fe;S	7,2	5,5	1,90	138	
Val Faller Platz	46679.278.19	MS	1*	0	0				nb	-	-	f	BT	wt	B;T;Z							Fe;S	6,9	5,1	1,60	108	
Val Faller Platz	46679.278.21	MS	0	0	2				nb	++	+	f	BT	wt								Cu;Fe;S	4,7	4,1	3,30	88	
Val Faller Platz	46679.278.22	MS	1*	0	1*				nb	-	-	f	B;BT	wt	B-,B;T							Fe;S	16,8	7,5	1,50	304	
Val Faller Platz	46679.278.4	MS	1	2	2	3a	-	-	m	+	-	b	BT;S	wt	B-							Cu;Fe	15,5	12,2	2,40	712	
Val Faller Platz	46679.278.5	MS	0	2	1*				m	-	+	f	P;S	gu	B-,T							Fe;S	21,0	14,8	2,30	1445	
Val Faller Platz	46679.278.6	MS	0	1*	1*				nb	++	-	f	P;S	gu	B-							Cu;Fe	16,6	11,6	2,90	897	
Val Faller Platz	46679.278.7	MS	1	1	1	2b	14	35	nb	-	-	f	BT	f	B-,B;BT	nb	e	nb	k	-	e	Cu;Fe;S	11,9	8,9	2,20	412	
Val Faller Platz	46679.278.8	MS	1	0	1	2a	17	45	nb	+	-	f	BG;BT;S	gu	B-							Cu;Fe;S	7,8	7,6	1,80	172	
Val Faller Platz	46679.278.9	MS	1	0	1	2a	-	55	nb	-	-	f	BT	f	B-							Fe	6,7	5,7	1,90	176	
Val Faller Platz	46679.287.100	MS	1*	0	1*				nb	++	+	b		wt								Cu;Fe	5,1	3,4	2,00	22	
Val Faller Platz	46679.287.101	MS	1*	0	0				m	++	-	f	P									Cu;Fe	2,4	2,2	2,00	20	
Val Faller Platz	46679.287.102	MS	1*	0	0				nb	-	-	f	P									Cu;Fe	3,3	1,9	1,80	19	
Val Faller Platz	46679.287.103	MS	1	0	1	3a	-	-	nb	-	-	f	BT;P	wt	BT,T							Cu;Fe;S	7,2	5,5	1,60	182	
Val Faller Platz	46679.287.104	MS	0	1	1				ho	-	-	f	B;BG;BT;S	gu	B-	nb	hr	nb	k	1,3	e	Cu;Fe	11,3	5,9	2,30	242	
Val Faller Platz	46679.287.106	MS	0	1	1				nb	+	-	f	BT	f	B-,WN-T	z	e										

C Datentabellen Fundaufnahme

Fundstelle	Fundobjekt	Schackenotyp	Randstück	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Blasengröße	Anzahl Blasen Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik				
Val Faller Plaz	46679.287.32	MS	1	2	1	2b	-	55	nb	++	f	BT	gu	B-						Cu;Fe;S	20,0	18,0	2,00	1191					
Val Faller Plaz	46679.287.33	MS	1	1	0	2b	-	35	nb	+	-	b	BG;B+;BT	gu	BG;B;-T;WN-T	p	hr	nb	k		1,3	m		Cu;Fe	19,7	13,8	1,90	1092	
Val Faller Plaz	46679.287.34	MS	1	1	0	2a	16	40	nb	-	-	b	BT;NH	gu	BG;B;-T;WN-T	p	hr	nb	k		1,4	w		Cu;Fe;S	20,3	19,2	2,10	1828	
Val Faller Plaz	46679.287.35	MS	2	1	1				m	-	-	f	B+;BT	wt	BG;BT;T;WN-T	p	hr	nb	k		1,4	e		Cu;Fe;S	15,7	15,2	3,50	991	
Val Faller Plaz	46679.287.36	MS	1	2	2	2a	-	45	ho	++	-	f	B+;BT	f	B;-T									Cu;Fe;S	13,6	11,2	1,80	649	
Val Faller Plaz	46679.287.37	MS	1	1	1	3a	11	-	ho	+	-	f	B+;BT	f	B;-B;T	z	hr	s	k		1,3	e		Cu;Fe;S	18,1	11,7	1,80	718	
Val Faller Plaz	46679.287.38	MS	1	0	2	2a	18	40	nb	++	+	b	B+;BT	gu	B;-T									Cu;Fe;S	15,0	10,5	2,60	756	
Val Faller Plaz	46679.287.39	MS	1	0	0	2a	-	35	m	-	-	f	B;BT	f	BG;B;-B;T									Cu;Fe;S	14,8	11,5	2,10	649	
Val Faller Plaz	46679.287.40	MS	1	1	0	2a	-	40	nb	-	-	b	P	wt	B;WN-T	p	r	nb	k		1,2	m		Cu;Fe;S	15,6	9,8	2,50	715	
Val Faller Plaz	46679.287.41	MS	1	0	0	2a	15	45	nb	-	-	b	BT	f	B;-T									Cu;Fe;S	10,7	8,9	1,70	266	
Val Faller Plaz	46679.287.42	MS	0	1	1				ho	-	-	f	B+;P	f	B	nb	hr	nb	k		1,3	m		Cu;Fe;S	17,0	11,3	2,00	668	
Val Faller Plaz	46679.287.43	MS	1	2	0	3a	16	-	nb	-	-	f	BT	f	BG;B-									Fe;S	11,2	11,0	1,60	331	
Val Faller Plaz	46679.287.44	MS	1	1	0	2b	-	35	m	+	-	b	B;T;P;W	gu	B;-B;BT;T;WN-T	nb	e	nb	k		-	w		Cu;Fe;S	13,4	10,1	2,10	580	
Val Faller Plaz	46679.287.45	MS	1	1	0	2a	14	45	nb	++	-	b	B+;B;T;S	wt	B;T;Z	p	r	nb	k		1,4	e		Cu;Fe;S	20,4	11,1	5,20	1069	
Val Faller Plaz	46679.287.46	MS	1	1	1	2b	-	45	m	-	-	f	B;B+;BT	wt	BG;B;-BT;T;WN-T	p	hr	nb	k		1,8	e		Cu;Fe;S	13,4	12,0	3,00	725	
Val Faller Plaz	46679.287.47	MS	1	0	1	1b	-	45	nb	-	-	f	BT	f	B;-T									Cu;Fe;S	8,9	8,4	1,70	257	
Val Faller Plaz	46679.287.48	MS	1	0	1	2b	-	50	nb	-	-	f	BT	gu	B;-T									Fe;S	8,0	7,5	1,60	250	
Val Faller Plaz	46679.287.49	MS	0	1	1				nb	-	-	f	BG;B+;BT;P	gu	B;-T;WN-T	p	hr	r	k		1,3	w		Cu;Fe;S	11,1	10,2	1,80	473	
Val Faller Plaz	46679.287.50	MS	1	1	1	2a	-	45	nb	--	+	b	B+;BT	wt	BT;T;WN-T;Z	z	hr	nb	k		1,2	e		Cu;Fe;S	12,6	11,5	2,90	682	
Val Faller Plaz	46679.287.51	MS	1	2	0	2a	-	40	m	-	-	b	B;BT	wt	B;-BT;T									Cu;Fe;S	10,0	7,5	2,00	373	
Val Faller Plaz	46679.287.52	MS	0	1	1				nb	+	+	f	BT	wt	B;BT;WN-T	nb	r	nb	k		2,1	m		Cu;Fe;S	13,5	13,1	2,60	775	
Val Faller Plaz	46679.287.53	MS	0	1	1				nb	+	-	f	BT	wt	B;BT;WN-T	p	hr	r	k		1,5	e		Cu;Fe;S	12,0	10,9	2,40	512	
Val Faller Plaz	46679.287.54	MS	1	1	1	2b	-	35	nb	++	+	w	B;T;P;S	gu	B;-WN-T	nb	e	nb	k		-	m		Fe	10,6	10,5	3,10	528	
Val Faller Plaz	46679.287.55	MS	1	1	0	2b	-	50	m	+	-	b	BT	wt	BG;B;-T	nb	hr	nb	k		-	e		Cu;Fe;S	10,6	7,5	3,00	505	
Val Faller Plaz	46679.287.56	MS	0	1	1				nb	-	-	f	W	gu	B;-T;WN-T									Fe;S	9,8	7,0	2,00	231	
Val Faller Plaz	46679.287.57	MS	1	1	0	2a	-	40	m	+	-	b	BG;BT	wt	B-	p	e	s	k		1,5	e		Fe;S	10,9	8,4	2,80	284	
Val Faller Plaz	46679.287.58	MS	1	0	1	2a	-	40	ho	-	-	f	BT;S	f	B;-T									Cu;Fe;S	9,1	8,1	1,70	321	
Val Faller Plaz	46679.287.59	MS	0	2	1				nb	-	-	f	BT	wt	B;-B;T									Cu;Fe;S	11,5	11,3	2,20	567	
Val Faller Plaz	46679.287.60	MS	0	1	1				nb	-	+	f	BG;BT	gu	B;-T;WN-T	p	e	nb	k		1,3	w		Cu;Fe;S	17,6	12,3	2,00	640	
Val Faller Plaz	46679.287.61	MS	1	0	1	2a	18	45	nb	+	-	b	B+;BT	f	B;-T;Z									Cu;Fe;S	11,7	11,4	2,10	586	
Val Faller Plaz	46679.287.62	MS	1	0	1	2a	-	50	m	++	+	b	BT;W	wt	BT;T									Cu;Fe;S	9,9	8,6	4,10	373	
Val Faller Plaz	46679.287.63	MS	0	1	0				nb	-	-	f	P	f	B;-Z	p	e	nb	k		1,3	e		Cu;Fe;S	9,1	5,5	1,60	192	
Val Faller Plaz	46679.287.64	MS	0	2	0				nb	-	+	b	B;T;P	gu	B-									Cu;Fe	13,2	7,7	2,30	370	
Val Faller Plaz	46679.287.65	MS	1	0	0	2a	-	30	nb	+	-	f	BT	gu	B;T									Cu;Fe;S	8,2	4,5	2,30	118	
Val Faller Plaz	46679.287.66	MS	1	1	1	2a	-	45	nb	+	-	b	BT	wt		p	hr	nb	k		1,5	m		Cu;Fe;S	8,3	6,3	2,50	166	
Val Faller Plaz	46679.287.67	MS	1	0	0	2a	-	40	nb	+	-	f	B+;BT	B-										Cu;Fe;S	7,2	5,6	3,70	144	
Val Faller Plaz	46679.287.68	MS	0	1	1				nb	-	-	f	BT	gu	B;-WN-T									Cu;Fe;S	11,5	9,3	1,90	325	
Val Faller Plaz	46679.287.69	MS	1	0	0	2a	19	40	nb	++	+	f	B+;BT	wt	B;-T									Cu;Fe;S	7,2	5,4	2,50	138	
Val Faller Plaz	46679.287.70	MS	1	0	1	2b	12	30	nb	++	+	f	B;T;S	gu	B;T									Cu;Fe;S	10,1	9,7	3,30	407	
Val Faller Plaz	46679.287.71	MS	1	1	1	2a	-	40	nb	++	+	b	B+;BT	wt	BG;T;WN-T;Z	p	hr	r	k		1,4	m		Cu;Fe;S	14,5	11,7	4,00	853	
Val Faller Plaz	46679.287.72	MS	1	1	0	2a	6	45	nb	++	+	b	B;T;P;S	wt	B;T	p	r	nb	nb		1,0	e		Cu;Fe;S	10,9	7,8	2,50	204	
Val Faller Plaz	46679.287.73	MS	1	1	1	2b	19	40	nb	--	-	f	BT	gu	B;-B	z	hr	s	k		0,8	e		Cu;Fe;S	10,2	8,5	1,90	286	
Val Faller Plaz	46679.287.74	MS	1	1	0	2b	-	45	m	+	+	w	B;T;S	gu	BG	z	hr	nb	k		1,5	e		Cu;Fe;S	9,4	8,6	2,70	318	
Val Faller Plaz	46679.287.75	MS	1	1	1	2a	-	40	ho	-	-	f	B+;BT	wt	BT;T;WN-T;Z	nb	hr	nb	k		1,1	e		Cu;Fe;S	9,2	8,5	1,60	248	
Val Faller Plaz	46679.287.76	MS	1	1	0				nb	-	-	f	B;T;P	wt	B	nb	hr	nb	k		1,5	m		Cu;Fe;S	6,4	6,8	2,00	104	
Val Faller Plaz	46679.287.77	MS	1	1	1	2a	17	40	nb	++	+	b	B;T;S	wt	BG;BT;WN-T	p	hr	nb	k		1,7	e		Cu;Fe;S	12,4	11,2	3,00	450	
Val Faller Plaz	46679.287.78	MS	1	0	1	2a	-	30	nb	-	-	f	P;S	wt	B;-BT;T									Cu;Fe;S	8,1	7,5	2,00	212	
Val Faller Plaz	46679.287.79	MS	1	2	1	2a	-	nb	--	-	f	P	gu	B-										Cu;Fe;S	12,7	8,5	1,70	381	
Val Faller Plaz	46679.287.80	MS	1	0	1	2b	16	50	nb	++	-	b	B+;BT	gu	B;-BT;T									Fe;S	11,9	7,0	2,50	343	
Val Faller Plaz	46679.287.81	MS	1	0	1	2a	-	ho	-	-	-	f	BT											Cu;Fe;S	9,4	5,7	4,20	290	
Val Faller Plaz	46679.287.82	MS	0	0	1				m	-	+	f	BT	wt	B;-T									Cu;Fe	6,6	6,3	2,70	194	
Val Faller Plaz	46679.287.83	MS	1	0	1	2a	19	35	nb	-	-	f	BT	wt	BT;T									Cu;Fe;S	4,9	4,3	1,80	64	
Val Faller Plaz	46679.287.84	MS	1	0	1	2a	22	-	m	-	-	f	BT	gu	B-									Cu;Fe;S	5,0	4,9	2,00	71	
Val Faller Plaz	46679.287.85	MS	1	0	1	2a	11	45	nb	-	+	f	BT	wt	B;-B;T									Cu;Fe;S	8,0	6,0	3,10	166	
Val Faller Plaz	46679.287.86	MS	1	2	1	2b	8	43	nb	-	-	f	BT	wt	B-									Cu;Fe;S	9,7	9,0	3,70	406	
Val Faller Plaz	46679.287.87	MS	1	0	1	2a	-	40	nb	--	-	f	BT	f	B									Fe	6,7	6,0	1,90	162	
Val Faller Plaz	46679.287.88	MS	1	1	1	2a	-	35	m	++	-	b	BG;B+	wt	BG;B;-WN-T	p	hr	nb	k		1,1	m		Fe;S	10,6	7,2	3,00	241	
Val Faller Plaz	46679.287.89	MS	1	0	1	2a	13	45	nb	-	-	f	BT	wt	BT;T									Fe;S	7,5	5,7	2,30	206	
Val Faller Plaz	46679.287.90	MS	1	0	0	2a	17	40	nb	-	-	f	B;T;P	gu	B-									Cu;Fe;S	8,8	5,2	2,10	190	
Val Faller Plaz	46679.287.91	MS	1	0	1	2b	-	35	nb	+	-	f	BT	gu	B-									Cu;Fe;S	7,8	4,5	2,60		

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Blasengröße	Anzahl Blasen	Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik		
Val Faller Plaz	46679.287.134	PS-A	1	0	1	2a	-	45	ho	-	-	f	BT	f	B-T						Cu,Fe,S	18,0	16,6	1,45	895			
Val Faller Plaz	46679.287.135	PS-A	1	0	1	3a	14	-	ho	-	-	b	BG,B+BT	gu	B-							Fe,S	11,0	10,8	1,10	192		
Val Faller Plaz	46679.287.136	PS-A	2	0	1*				nb	-	++	b	BG,S,W	gu	B-							Cu,Fe	9,1	6,8	1,05	60		
Val Faller Plaz	46679.287.137	PS-A	1	0	1	3a	17	-	ho	++	-	f	BT,W	f	B-T							Cu,Fe,S	13,5	11,5	1,30	427		
Val Faller Plaz	46679.287.138	PS-A	1	2	0	3a	-	-	ho	-	-	f	BT	f	B-T							Fe	11,3	8,6	1,10	233		
Val Faller Plaz	46679.287.139	PS-A	1	0	1	2a	14	35	nb	+	-	f	BT	gu	B-T							Cu,Fe,S	7,5	6,9	1,40	133		
Val Faller Plaz	46679.287.140	PS-A	1	0	0	3a	-	-	nb	-	-	f	P	gu								Cu,Fe,S	5,4	3,5	1,20	57		
Val Faller Plaz	46679.287.141	PS-A	1	0	0	2b	-	40	ho	-	-	f	B,BT,W	f	B-							Cu,Fe	4,2	3,6	1,20	25		
Val Faller Plaz	46679.287.142	PS-A	1*	0	0				nb	-	-	f		gu	B-WN-T							Cu,Fe,S	3,0	2,7	1,10	15		
Val Faller Plaz	46679.287.143	PS-A	1	0	0	3a	-	-	nb	-	-	f		gu								Fe	2,9	1,8	1,05	13		
Val Faller Plaz	46679.287.144	PS-A	1*	0	0				nb	-	-	f	BT	gu	B-							Cu,Fe	2,1	1,2	1,45	7		
Val Faller Plaz	46679.287.145	PS-A	1*	0	0				nb	-	-	f	BT									Cu,Fe,S	2,1	1,3	1,30	6		
Val Faller Plaz	46679.287.146	PS-A	1	1	1	2b	-	-	m	-	-	f	BT,W	wt	B,T	nb	e	nb	k	1,5	e	Fe	8,1	6,7	1,45	266		
Val Faller Plaz	46679.287.147	PS-A	1	0	1	3b	-	-	ho	-	-	f	B,BT,S									Fe	9,0	8,4	1,45	300		
Val Faller Plaz	46679.287.148	PS-A	2	0	2				nb	++	++	b	B,P	gu	B-							Fe	5,4	4,9	1,05	44		
Val Faller Plaz	46679.287.149	PS-A	0	0	1*				nb	+	-	b	P	f								Cu,Fe	4,1	3,8	1,20	42		
Val Faller Plaz	46679.287.150	PS-A	1	0	0	3a	-	-	nb	-	-	f		f								Cu,Fe,S	3,2	2,3	1,05	14		
Val Faller Plaz	46679.287.151	PS-A	0	1	0				nb	-	-	f	P	gu	B	nb	r	r	k	0,8	e	Cu,Fe	2,2	2,2	1,10	17		
Val Faller Plaz	46679.287.152	PS-A	0	1	0				nb	-	-	f	BT	gu		p	hr	nb	k	0,8	e	Cu,Fe	4,3	2,5	1,00	25		
Val Faller Plaz	46679.287.153	PS-A	0	2	1*				nb	-	-	f		f								Cu,Fe,S	2,8	2,2	1,30	12		
Val Faller Plaz	46679.287.154	PS-A	0	2	1*				nb	++	+	b	BT,P,S	gu	B-							Cu,Fe,S	11,7	10,2	1,45	258		
Val Faller Plaz	46679.287.155	PS-A	2	0	1				ho	+	-	f	BT	gu	B-							Cu,Fe,S	12,0	7,8	1,45	237		
Val Faller Plaz	46679.287.156	PS-A	0	0	1*				nb	++	-	f	BT,P	gu	B-							Fe	8,7	8,3	1,40	173		
Val Faller Plaz	46679.287.157	PS-A	0	0	1*				m	-	-	f	BT	gu								Fe	7,0	4,7	1,40	94		
Val Faller Plaz	46679.287.158	PS-A	1	0	1	2b	-	40	nb	-	-	f	BT	f	B-T							Fe	6,8	5,6	1,45	133		
Val Faller Plaz	32662.10.8	PS-B	0	1	0				ho	-	-	f	BG	f		nb	e	nb	k	1,5	w	Fe	4,0	3,5	0,50	18		
Val Faller Plaz	46679.278.31	PS-B	1	1	1	3b	15	-	ho	-	-	f	BG	f		z	e	s	k	1,6	m	Fe	15,3	12,0	0,50	236		
Val Faller Plaz	46679.278.32	PS-B	1	0	0	3b	16	-	ho	-	-	f	BG,B+	f	WN-T	nb	nb	nb	k	-	e	Fe,S	12,1	11,0	0,50	185		
Val Faller Plaz	46679.278.33	PS-B	1	0	1	3b	-	-	ho	-	-	f	BG,B	f	B-T							Cu,Fe	10,7	9,3	0,50	156		
Val Faller Plaz	46679.278.34	PS-B	1	0	1	3b	-	-	nb	-	-	f	BT	f	B-							Fe	10,3	7,3	0,90	132		
Val Faller Plaz	46679.278.35	PS-B	1	1	0	3b	-	-	ho	-	-	f	T	f		z	e	nb	nb	1,0	nb	Cu,Fe,S	7,1	6,2	0,50	57		
Val Faller Plaz	46679.278.36	PS-B	1	1	1	3b	-	-	ho	--	-	f	B+W	f	B-	nb	nb	nb	k	0,6	e	Fe,S	10,3	8,7	0,60	102		
Val Faller Plaz	46679.278.37	PS-B	1	0	0	3b	-	-	nb	-	-	f	P,W	f								Cu,Fe,S	6,7	6,1	0,60	59		
Val Faller Plaz	46679.278.38	PS-B	0	1	1				nb	--	-	f	W	wt	B,W,WN-T	z	nb	s	nb	1,7	m	Fe	8,7	8,2	0,80	95		
Val Faller Plaz	46679.278.39	PS-B	0	1	1				nb	-	-	f	BG	f	B-	nb	e	nb	k	1,2	e	Cu,Fe,S	11,3	10,1	0,50	119		
Val Faller Plaz	46679.278.40	PS-B	0	1*	1*				ho	-	-	f	BT	f	B-WN-T							Cu,Fe,S	8,7	8,1	0,50	89		
Val Faller Plaz	46679.278.41	PS-B	0	0	1*				ho	-	-	f	BT	f								Fe,S	7,0	6,6	0,70	64		
Val Faller Plaz	46679.278.42	PS-B	0	1	0				ho	-	-	f		f	WN-T	z	e	nb	k	1,3	m	Cu,Fe	7,4	7,2	0,50	75		
Val Faller Plaz	46679.278.43	PS-B	0	1	1*				ho	-	+	f	BG	f	B-	z	hr	nb	k	0,9	e	Fe,S	7,8	5,4	0,70	64		
Val Faller Plaz	46679.278.44	PS-B	0	1	1				nb	-	-	f		wt	T,WN-T	z	e	s	k	1,9	e	Fe	8,7	4,9	0,90	72		
Val Faller Plaz	46679.278.45	PS-B	0	1*	0				ho	-	-	f		f	B-WN-T							Fe,S	6,5	4,7	0,50	33		
Val Faller Plaz	46679.278.46	PS-B	0	1	1				ho	-	-	f	W	wt	T,W	z	e	r	k	1,0	e	Fe	6,2	4,7	0,50	23		
Val Faller Plaz	46679.278.47	PS-B	0	1	0				nb	-	-	f	T	f		nb	e	nb	k	0,8	e	Cu,Fe,S	3,9	2,6	0,60	9		
Val Faller Plaz	46679.287.159	PS-B	1	1	1	3a	12	-	ho	-	-	f	BT,P,W	f	B-NH	nb	e	nb	H	2,0	m	Cu,Fe,S	10,0	9,8	0,70	153		
Val Faller Plaz	46679.287.160	PS-B	1	1	0	3c	-	-	ho	-	-	f		f		nb	hr	nb	nb	0,7	w	Cu,Fe,S	10,2	6,0	0,50	95		
Val Faller Plaz	46679.287.161	PS-B	1	1	0	2b	-	-	ho	-	-	f	BG	f	WN-T	nb	e	nb	nb		-	e	Cu,Fe,S	9,2	4,0	0,50	50	
Val Faller Plaz	46679.287.162	PS-B	1	0	0	2b	-	-	ho	-	-	f	BG,W	f	B,W							Cu,Fe,S	10,5	9,8	0,50	121		
Val Faller Plaz	46679.287.163	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	W	f	B,W							Cu,Fe,S	9,3	8,9	0,70	149		
Val Faller Plaz	46679.287.164	PS-B	1	2	1	3b	-	-	ho	-	-	f	W	f								Cu,Fe	10,1	9,1	0,60	100		
Val Faller Plaz	46679.287.165	PS-B	1	0	1	3c	20	-	ho	--	+	f	W	f	B							Fe	8,0	8,0	0,55	85		
Val Faller Plaz	46679.287.166	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	B	f								Cu,Fe,S	7,6	5,2	0,55	58		
Val Faller Plaz	46679.287.167	PS-B	1	0	0	3b	-	-	nb	--	-	f	W	f								Cu,Fe	7,2	5,7	0,55	58		
Val Faller Plaz	46679.287.168	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	BG	f								Cu,Fe	7,8	5,6	0,50	65		
Val Faller Plaz	46679.287.169	PS-B	1	0	0	2b	-	30	ho	-	-	f	P	f								Cu,Fe,S	6,0	5,3	0,60	50		
Val Faller Plaz	46679.287.170	PS-B	1	0	1	3c	-	-	ho	--	-	f	P	f	B-							Fe	6,5	4,5	0,55	43		
Val Faller Plaz	46679.287.171	PS-B	1	0	0	3b	-	-	ho	-	-	f	BT	f	B							Cu,Fe	6,3	5,8	0,80	71		
Val Faller Plaz	46679.287.172	PS-B	1	0	0	3c	16	-	nb	-	-	f	BT	f	T							Cu,Fe,S	7,8	4,9	0,90	87		
Val Faller Plaz	46679.287.173	PS-B	1	0	0	3b	-	-	nb	-	-	f	B+	f	T							Cu,Fe,S	4,0	3,6	0,95	32		
Val Faller Plaz	46679.287.174	PS-B	1	0	0	3b	-	-	nb	-	-	f		f								Cu,Fe	3,5	3,4	0,50	14		
Val Faller Plaz	46679.287.175	PS-B	1	0	0	3a	-	-	nb	-	-	f	BT	gu	B-							Cu,Fe,S	2,7	2,2	0,90	12		
Val Faller Plaz	46679.287.176	PS-B	0	1	1				ho	-	-	f	P	f	B-	z	nb	s	k	1,0	e	Cu,Fe,S	13,2	8,5	0,70	211		
Val Faller Plaz	46679.287.177	PS-B	0	1	1*				ho	-	-	f		f	B-	nb	nb	nb	k	1,5	e	Fe	10,2	8,2	0,50	107		
Val Faller Plaz	46679.287.178	PS-B	0	1	1				ho	-	-	f	BG	f	B-T	z	hr	s	k	0,8	e	Cu,Fe,S	9,2	7,3	0,70	79		
Val Faller Plaz	46679.287.179	PS-B	0	2	1*				m	-	+	f	P	f	B-B							Fe	7,8	6,5	0,80	101		
Val Faller Plaz	46679.287.180	PS-B	0	1*	0				ho	-	-	f		f	WN-T							Cu,Fe,S	7,0	6,4	0,90	87		
Val Faller Plaz	46679.287.181	PS-B	0	1	1				ho	-	-	f	W	f	B-B,WN-T	nb	nb	nb	nb	-	m	Cu,Fe,S	9,3					

C Datentabellen Fundaufnahme

Fundstelle	Fundobjekt	Schlackentyp	Randstück	Werkzeugnegativ anderes	Randform	Radius (cm)	Randwinkel (°)	Matrix	Biasengröße	Anzahl Blasen Oberseite	Merkmale Oberseite	Unterseite	Merkmale Unterseite	Werkzeugnegativ Form	Werkzeugnegativ Querschnitt	Werkzeugnegativ Ende	Werkzeugnegativ Textur	Werkzeugnegativ Breite (cm)	Werkzeugnegativ Anzahl	Sekundärminerale	Länge max. (cm)	Breite max. (cm)	Dicke max. (cm)	Gewicht (g)	Analytik	
Val Faller Plaz	46679.287.200	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	--	f	f														
Val Faller Plaz	46679.287.201	PS-C	1	0	0	3c	9	-	ho	--	f	f									Cu;Fe	5,7	5,3	0,40	37	
Val Faller Plaz	46679.287.202	PS-C	1	0	1	3b	20	-	ho	-	f	P	B-								Cu;Fe;S	7,8	6,3	0,45	60	
Val Faller Plaz	46679.287.203	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	--	f	f									Cu;Fe	8,9	5,9	0,35	48	
Val Faller Plaz	46679.287.204	PS-C	1	0	0	3c	20	-	ho	--	f	f									Cu;Fe	8,2	6,6	0,30	45	
Val Faller Plaz	46679.287.205	PS-C	1	0	0	3b	18	-	ho	--	f	f									Cu;Fe	7,8	6,6	0,45	64	
Val Faller Plaz	46679.287.206	PS-C	1	0	0	3c	17	-	ho	--	f	f									Cu;Fe	6,4	6,0	0,45	51	
Val Faller Plaz	46679.287.207	PS-C	1	0	0	3c	22	-	ho	--	f	f									Cu;Fe	8,7	5,9	0,30	42	
Val Faller Plaz	46679.287.208	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	--	f	f									Cu;Fe	7,9	5,0	0,40	44	
Val Faller Plaz	46679.287.209	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	--	f	f									Cu;Fe	6,9	4,2	0,40	29	
Val Faller Plaz	46679.287.210	PS-C	1	2	0	3b	-	-	ho	--	f	f									Fe	7,3	4,5	0,40	40	
Val Faller Plaz	46679.287.211	PS-C	1	1*	0	3c	-	-	ho	--	f	f	B-								Cu;Fe	6,7	4,0	0,40	32	
Val Faller Plaz	46679.287.212	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	--	f	f										5,6	2,7	0,35	17	
Val Faller Plaz	46679.287.213	PS-C	1	0	0	3x	-	-	ho	--	f	f									Cu;Fe	3,6	2,9	0,45	12	
Val Faller Plaz	46679.287.214	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	--	f	f									Cu;Fe	3,2	3,0	0,40	15	
Val Faller Plaz	46679.287.215	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	--	f	f									Cu;Fe	2,4	2,3	0,40	5	
Val Faller Plaz	46679.287.216	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	--	f	f									Cu;Fe	4,2	2,6	0,40	10	
Val Faller Plaz	46679.287.217	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	--	f	f									Cu	4,2	2,2	0,30	10	
Val Faller Plaz	46679.287.218	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	--	f	f									Cu;Fe	4,0	2,6	0,35	14	
Val Faller Plaz	46679.287.219	PS-C	1	0	0	3b	-	-	nb	--	f	f									Cu;Fe	3,6	1,7	0,40	8	
Val Faller Plaz	46679.287.220	PS-C	1	0	0	3b	-	-	ho	--	f	f									Cu;Fe	2,4	2,2	0,40	5	
Val Faller Plaz	46679.287.221	PS-C	0	0	1				nb	--	f	B	f								Cu;Fe	4,9	4,8	0,35	88	
Val Faller Plaz	46679.287.222	PS-C	0	2	0				ho	--	f	f	B								Fe	10,2	5,6	0,40	59	
Val Faller Plaz	46679.287.223	PS-C	0	1*	0				ho	--	f	f	B									11,7	6,9	0,40	69	
Val Faller Plaz	46679.287.224	PS-C	1*	1*	0				ho	-	f	f	B-WN-T								Cu;Fe	11,6	7,4	0,45	113	
Val Faller Plaz	46679.287.225	PS-C	0	2	0				ho	--	f	f	B								Fe	11,0	8,6	0,45	100	
Val Faller Plaz	46679.287.226	PS-C	0	1*	1*				ho	--	f	f	B-WN-T								Cu;Fe	5,5	5,1	0,40	31	
Val Faller Plaz	46679.287.227	PS-C	0	1	1				ho	--	f	f	B-	z	e	r	k	1,1	e		Cu;Fe	6,9	6,8	0,40	46	
Val Faller Plaz	46679.287.228	PS-C	2	2	0				ho	--	f	f	B-								Cu;Fe;S	7,8	7,8	0,45	50	
Val Faller Plaz	46679.287.230	PS-C	2	1*	0				ho	--	f	f	B-B;WN-T								Cu	5,7	5,2	0,40	47	
Val Faller Plaz	46679.287.231	PS-C	0	1*	0				ho	--	f	f	WN-T								Cu;Fe	6,3	3,5	0,40	26	
Val Faller Plaz	46679.287.232	PS-C	0	1	0				ho	--	f	f		z	e	nb	H	0,9	e		Cu;Fe	4,9	3,1	0,40	11	
Val Faller Plaz	46679.287.233	PS-C	1	1*	0	3x	-	-	ho	--	f	f	WN-T								Fe;S	7,0	3,8	0,45	26	
Val Faller Plaz	46679.287.234	PS-C	0	1*	0				ho	--	f	f	WN-T								Cu;Fe	4,7	3,6	0,35	10	
Val Faller Plaz	46679.287.235	PS-C	0	1	0				ho	--	f	f		p	hr	nb	k	0,9	e		Cu;Fe	4,4	3,5	0,40	19	
Val Faller Plaz	46679.287.236	PS-C	0	1*	0				ho	--	f	f	WN-T								Cu;Fe	3,7	2,1	0,35	8	
Vorderbergalga I	18203.68.1	SK	1	0	0	1a	-	-	nb	+	++	w	wks								Fe	4,5	3,7	1,80	29	
Vorderbergalga I	18203.68.3	PS-C	1	0	0	3c	-	-	ho	--	f	f									Fe	2,6	1,7	0,25	3	
Vorderbergalga II	18203.69.1	PS-A	1	0	0	3a	-	-	g-ho	-	-	f	BT								Fe	3,7	2,2	1,45	20	

D Schlackenproben

Die für naturwissenschaftliche Analysen beprobten Schlackenfragmente wurden vor dem Zersägen beidseitig fotografisch dokumentiert. Da dies allerdings ganz zu Beginn des Forschungsprojektes – also noch vor Abschluss und Illustration der typologisch-morphologischen Bearbeitung der Schlackenfunde – geschah, wurden die Fotografien noch nicht nach einem einheitlichen Schema aufgenommen (z.B. Orientierung der Randpartie, keine Schnitte, z.T. keine Angabe zum PS-Subtyp).

Die Proben werden nach Talstufe und Fundstellenkategorie gruppiert abgebildet. Die Proben sind mit der auch im Text verwendeten Probennummer beschriftet, die sich aus der Labornummer des DBM (ohne Jahr) und einem Kürzel des Fundstellennamens zusammensetzt. Der jeweilige Schlackentyp ist in gekürzter Form in Klammern angegeben (SK: Schlackenkuchen; MS: massive Schlacke; PS-A: Plattenschlacke 1,0–1,45 cm; PS-B: Plattenschlacke 0,5–0,95 cm; PS-C < 0,5 cm; PS: Plattenschlacke ohne Angabe des Subtyps; mit * markierte Typenbestimmungen haben sich im Verlauf der Untersuchungen als unzutreffend oder unsicher erwiesen). Von Probe 3804-SP aus der Siedlungsfundstelle Padnal sind keine Abbildungen vorhanden, da es sich um ein altes Probenpulver aus den Beständen von W. Fasnacht handelt. Alle Fotos wurden von G. Perissinotto (ADG) und L. Reitmaier-Naef (UZH) aufgenommen.

D.1 Untere Talstufe

Stierva, Tiragn (3604)

4418-T (SK)



4419-T (PS-A)



4420-T (PS-B)

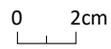


4421-T (PS-C)



Riom-Parsonz, Davos Tignas (2544)

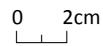
4967-DT (SK*)



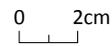
4968-DT (PS-A)



4969-DT (SK)



4970-DT (PS-A)



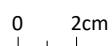
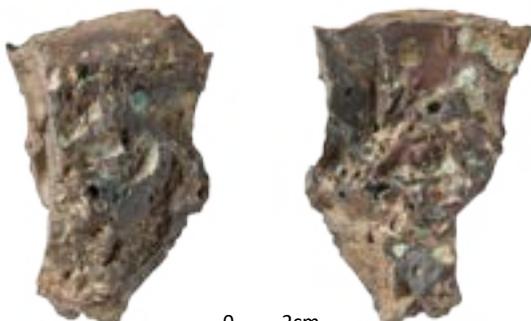
4971-DT (PS-B)



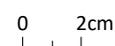
4972-DT (MS)



4973-DT (MS*)



4974-DT (MS)

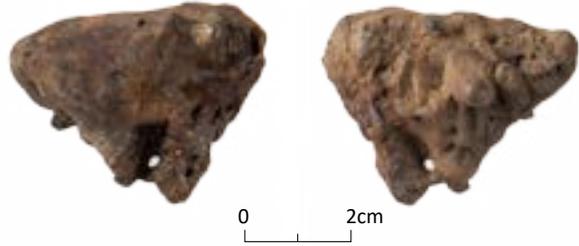


Savognin, Son Martegn (2943)

4975-SM (PS-B)



4976-SM (SK)



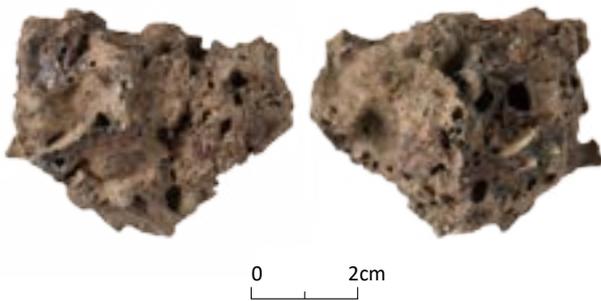
4977-SM (PS-C)



4978-SM (PS-B)



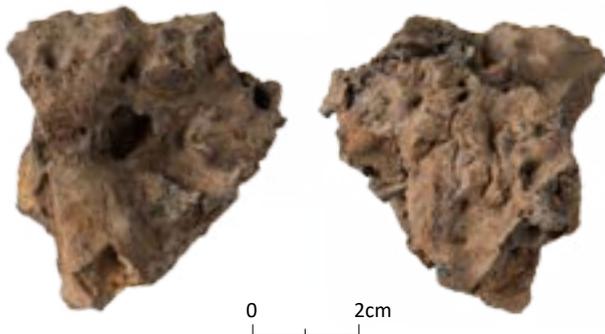
4979-SM (SK)



4980-SM (MS*)



4981-SM (SK)



Savognin, Parseiras II (2966)

4982-P (PS-B)



4983-P (PS-C)



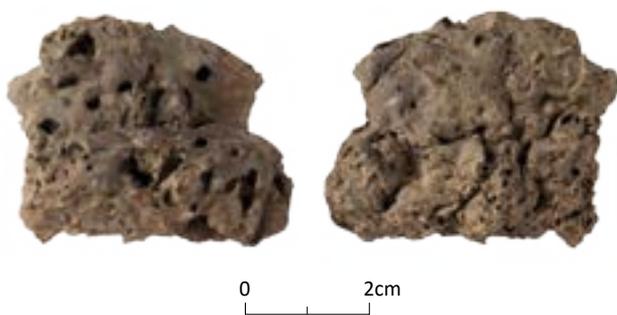
4984-P (PS-B)



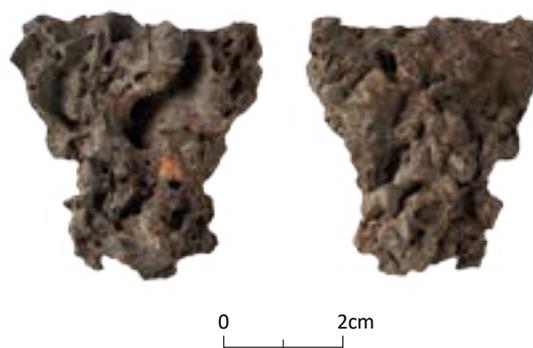
4985-P (SK)



4986-P (SK)



4987-P (SK)



4988-P (MS)



4989-P (MS)



Salouf, Motta Vallac (2831)

3800-MV (PS)



3801-MV (PS)



Savognin, Padnal (2916)

3803-SP (MS)



3804-SP (PS*)



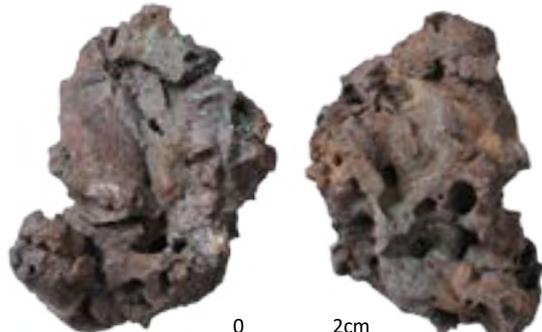
D.2 Obere Talstufe

Mulegns, Val Faller Plaz (2120)

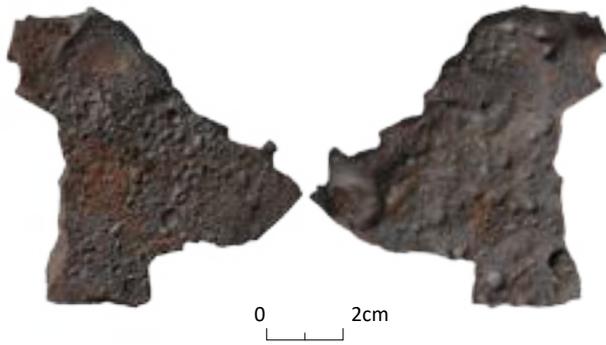
4409-VF (SK)



4410-VF (SK)



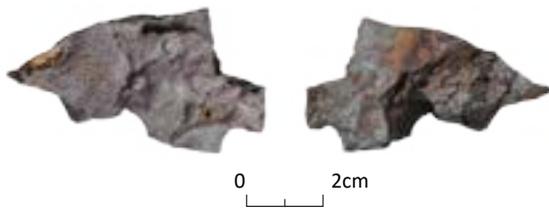
4411-VF (MS)



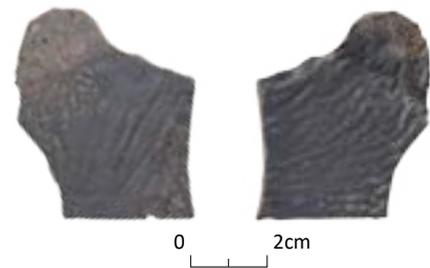
4412-VF (MS)



4413-VF (MS)



4414-VF (PS-B)



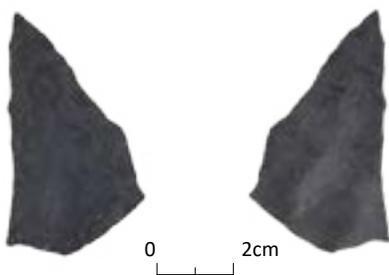
4415-VF (PS-A)



4416-VF (PS-C)

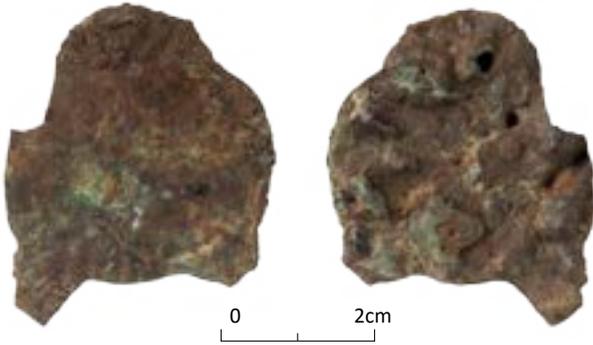


4417-VF (PS-C)

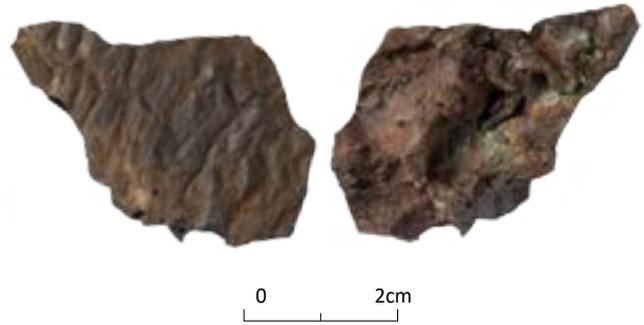


Marmorera, Scalotta I (1842)

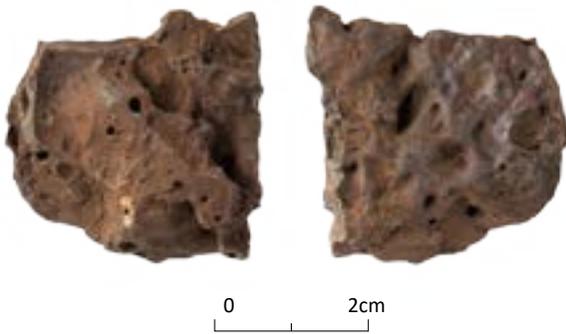
4960-S (PS-A)



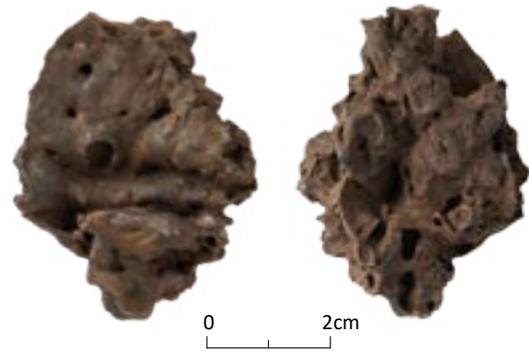
4961-S (MS)



4962-S (MS)



4963-S (SK)



4964-S (PS-A)



4965-S (MS)



4966-S (PS-C)



Marmorera, Gruba I (1852)

4379-G (MS)



4380-G (MS)



4381-G (PS)



4382-G (MS)



4383-G (MS)



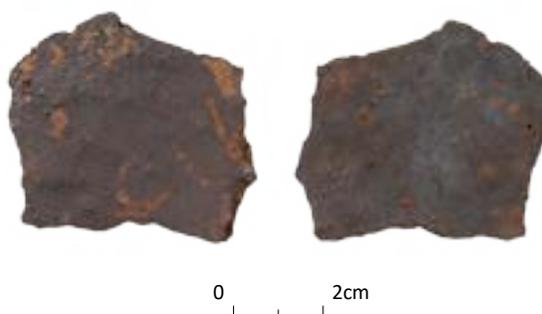
4384-G (PS)



4385-G (PS)



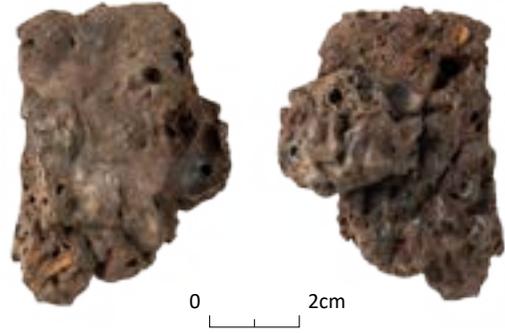
4386-G (PS)



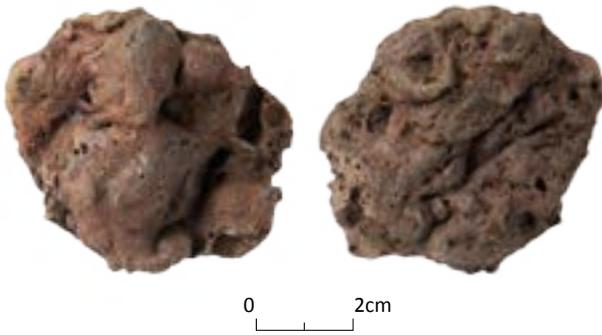
4387-G (PS)



4957-G (SK)



4958-G (SK)



4959-G (SK)

