

Interdisziplinäre Untersuchungen zum Ferrum Noricum am Hüttenberger Erzberg – ein Vorbericht

Brigitte Cech, Wien; Hubert Preßlinger, Trieben, und Georg Karl Walach, Leoben

Trimalchio sagte: „So will ich zunehmen, an Vermögen, nicht an Bauchumfang, so wahr mein Koch dies alles aus Schweinefleisch gemacht hat. Keiner ist so wertvoll wie er. Wenn du willst, macht er dir aus der Gebärmutter eines Schweins Fisch, aus Schmalz eine Taube, aus Schinken eine Turteltaube, aus einer Schweinshaxe ein Huhn. Dafür habe ich mir für ihn auch einen sehr schönen Namen ausgedacht, denn er heißt Daedalus. Und weil er so begabt ist, habe ich ihm aus Rom Messer aus **Norischem Eisen** mitgebracht. Diese ließ er auch sofort hereinbringen, betrachtete sie mit Bewunderung und erlaubte uns dann, an unseren Backen auszuprobieren, wie scharf sie waren.“ (Petronius, Cena Trimalchionis, 70)

Diese Stelle aus einer gesellschaftskritischen Satire der Zeit des Kaisers Nero ist eines von vielen Beispielen für die Verwendung des Begriffes „Ferrum Noricum“ in der antiken Literatur als Synonym für höchste Qualität und Härte. Wie schon der Name sagt, handelt es sich dabei um Stahl aus der Provinz Noricum. Die archäologischen Untersuchungen auf dem Magdalensberg haben gezeigt, dass hier der Hauptumschlagplatz für dieses wertvolle und begehrte Produkt war (1). Zahlreiche im Raum Hüttenberg vorhandene Schlackenplätze und Funde bei Bauarbeiten im Görtschitztal legen nahe, dass hier der Ort der Urproduktion des Norischen Eisens war (2). Systematische archäologische und archäometrische Untersuchungen fehlten bislang.

Im Jahr 2003 begann ein vom Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung finanziertes dreijähriges Projektpaket zur Erforschung der vorrömischen und römischen Eisenproduktion am Hüttenberger Erzberg. Die Einzelprojekte umfassen archäologische Untersuchungen (Brigitte Cech, Wien), Geowissenschaften (Walter Prochaska, Leoben) und Prospektion (Georg Walach, Leoben) sowie Metallurgie (Hubert Preßlinger, Leoben). An weiteren Wissenschaften sind vertreten: Paläomagnetik und Gesteinsmagnetik, Holzartenbestimmung, C-14 Datierung und Dendrochronologie, Tierknochenbestimmung und Geodäsie. In interdisziplinärer Zusammenarbeit der verschiedenen Wissenschaften sollen im Wesentlichen die räumliche Ausdehnung der Verhüttungsplätze und ihre innere Struktur, die Chronologie der Eisengewinnung und die Schmelztechnologie untersucht werden. Ausgewählte Fundplätze werden archäologisch untersucht.

Topographie

Die Marktgemeinde Hüttenberg (VB St. Veit an der Glan, BL Kärnten) liegt im oberen Görtschitztal (**Abb. 1**). Landschaftlich gehört die Region Hüttenberg zum Bereich Nördliche Saualpe – Seetalen Alpen – Görtschitztal. Die alte Nord-Süd-Verbindungsstraße durch das Görtschitztal kreuzt bei Mösel die westlich nach Treibach/Althofen (Matucaium) führende Römerstraße.

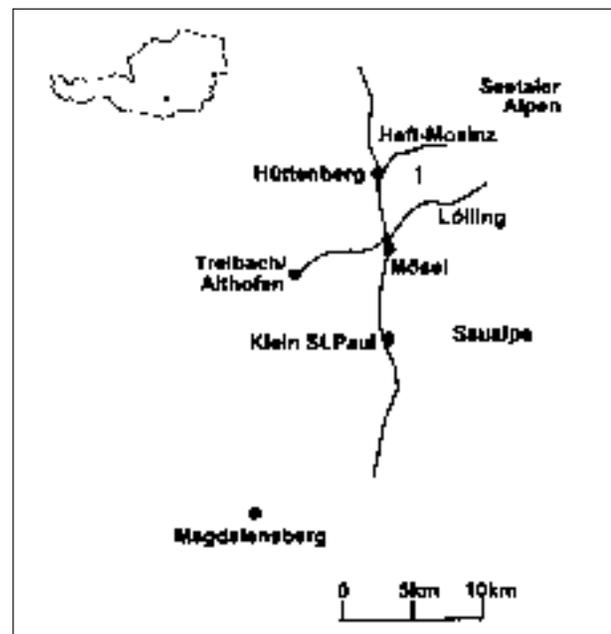


Abb. 1: Das Görtschitztal und der Magdalensberg. 1 – Hüttenberger Erzberg

Der Hüttenberger Erzberg, im Osten von Hüttenberg gelegen, ist ein westlicher Ausläufer der Saualpe, der steil in das Nord-Süd verlaufende Görtschitztal abfällt und im Norden durch das Heft-Mosinzer Tal und im Süden durch das Löllinger Tal begrenzt wird. Die Eisenspatlagerstätte besteht aus einer Vielzahl kleiner und mittlerer Sideriterzkörper, die ausschließlich im Untertagebau abgebaut wurden. Im Dach der Lagerstätte, dem „Eisernen Hut“ wurden die leicht verhüttbaren Blau- und Braunerze der Oxidationszone auch im Tagebau gewonnen.

Geophysikalische Prospektion

Die geophysikalische Prospektion im Raum Hüttenberg basiert auf einem Prospektionsmodell, das bereits in mehreren Studien über andere alpine Montanlandschaften (z. B. urzeitliche Kupfergewinnung in der Grau-

wackenzone, das Berg- und Hüttenwesen des spätmittelalterlich/frühneuzeitlichen Tauerngoldes) zur Anwendung gekommen ist. Es beruht auf einem integrativen Zusammenwirken montanistischer Kerndisziplinen (Geophysik, Geochemie, Geologie, Bergbau- und Hüttenkunde, Metallurgie, Aufbereitungstechnik) mit Fächern der Archäologie und wird auch als „feldorientierte Montanarchäologie“ bezeichnet.

Das Ziel der feldarchäometrischen Forschung in diesem Projekt besteht in der Lokalisierung und nicht invasiven Erschließung von bisher unbekanntem Fundstätten der vorrömischen und römischen Eisengewinnung. Wegen der Großräumigkeit des Untersuchungsgebietes kommen dabei hauptsächlich Methoden der terrestrischen Geophysik (Geomagnetik, Geoelektrik, Elektromagnetik) aber auch der Petrophysik und Geochemie zur Anwendung. Die Untersuchungen gehen dabei vom Großen ins Kleine (von der Vermessung von Übersichtsprofilen bis zur Detailvermessung im Raster 0,5 x 0,5 m), wodurch eine Verdichtung der Information entsteht. Diese Information ergibt eine hochwertige Datenbasis über das Bodendenkmalinventar des untersuchten Areal, und dient als Planungs- und Auswertgrundlage für die Archäologie sowie der Erstellung von Verbreitungskarten von Bodendenkmalen.

Die einzelnen Untersuchungsgebiete im Prospektionsgebiet Hüttenberg sind in **Abb. 2** dargestellt. Sie erstrecken sich vom Hüttenberger Erzberg im Norden, über das Gebiet Sendlach-Eisner, bis in den Raum Möselhof/Raffelsdorf im Görtschitztal. Auf diesen Flächen kamen unterschiedliche geophysikalische Messverfahren zur Anwendung, wobei als Hauptmethode die geomagnetische Kartierung (sowohl Profil- als auch Rastervermessung) zu nennen ist. In den Schwerpunktsgebieten der archäologischen Untersuchungen (Kreuztratte und Sendlach-Eisner) wurden auch Messungen des Bodenwiderstandes (geoelektrische Multielektrodenmessung, elektromagnetische Kartierung) sowie petrophysikalische Untersuchungen durchgeführt. Im Folgenden wird nun die Prospektion auf der weitläufigen Fläche Sendlach-Eisner an Hand des Beispiels Schnitt 3 dargestellt.

Die Untersuchungsfläche Sendlach-Eisner, die sich in die Kernfläche (**Abb. 2/2**) und die Nebenflächen Sendlach-Freidhöfl (**Abb. 2/3**), Sendlach-Kirchbichl (**Abb. 2/4**), Sendlach-Jakamkogel (**Abb. 2/5**) und Sendlach-Hohlweg (**Abb. 2/7**) gliedert, wurde auf Grund ihrer Größe mit einer mehrphasigen geophysikalischen Prospektion untersucht. In einem ersten Schritt wurden orientierende Suchprofile im Abstand von 25 und 50 m mit einem Messpunktabstand von 2,5 m vermessen. Danach erfolgte eine Übersichtskartierung im Raster 2,5 x 2,5 m die etwa 30.000 m² des Gebietes erfasste. Auf Basis dieser Daten erfolgte eine Detailvermessung im Raster 1 x 1 m (Fläche etwa 6.000 m²), die als Planungsgrundlage für die Festlegung der Grabungsschnitte diente.

Die festgelegten Grabungsschnitte wurden in einer weiteren Phase durch eine geomagnetische und elektromagnetische Mikrokartierung im Raster von 1 x 1 m und 0,5 x 0,5 m weiter untersucht. In **Abb. 3** ist ein Ergebnis dieser hochauflösenden Untersuchungen für den Grabungsschnitt 3 dargestellt.

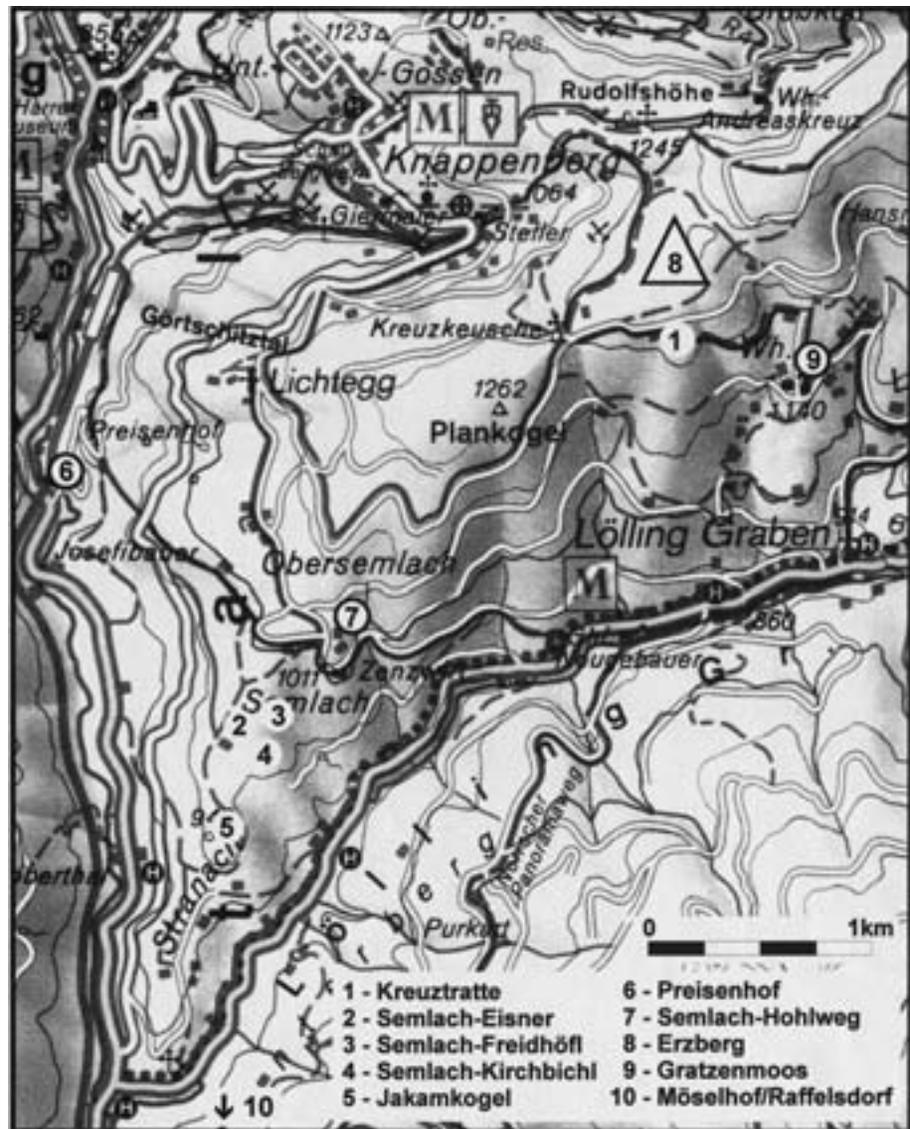


Abb. 2: Lage der Untersuchungsgebiete im Raum Hüttenberg.

Bei der Durchführung der geomagnetischen Messungen werden zwei Parameter bestimmt. Einerseits die Totalintensität des Magnetfeldes in Nanotesla (nT) und andererseits der Vertikalgradient (die vertikale Änderung des Feldes zwischen zwei Messniveaus 0,5 und 2 m) in Nanotesla/m (nT/m). Dieser zweite Parameter ist in **Abb. 3** dargestellt.

Es zeigt sich eine deutliche Abgrenzung von zwei Bereichen. Die Schlackenhalde im nordwestlichen Teil des Schnittes als mächtige Anomalie von ± 5000 nT/m und der Schmelzofen im Südostteil, der zwar eine geringere Anomalie aufweist, jedoch durch seine runde Form als Einzelobjekt klar abgezeichnet ist. Zwischen den beiden Objekten befindet sich ein Bereich, in dem nahezu keine Magnetfeldstörungen (Anomalien) erkennbar sind. Dieses Ergebnis wurde durch die Ausgrabung voll bestätigt. Westlich der Mauer, die zwischen den beiden Anomalien liegt, wurden eine mächtige Schlackenhalde und östlich davon ein gut erhaltener Schmelzofen freigelegt.

Die ersten Ergebnisse der geophysikalischen Prospektion zeigen, dass das oben genannte Prospektionsmodell, sofern es für die jeweilige Geländesituation adaptiert wird, eine erfolgreiche Ortung von unbekanntem Fundstätten der vorrömischen und der römischen Eisenerzeugung ermöglicht. Eine umfassende Erfassung des Gesamtensembles wird jedoch erst nach einer gesamtheitlichen, interdisziplinären Auswertung aller Untersuchungsergebnisse möglich sein.

Die Fundstelle Kreuztratte

Auf dieser Fundstelle wurde bereits im Jahr 1929 ein Rennofen freigelegt, den der Ausgräber W. Schuster als antik anspricht (3). Leider wurde der Schmelzofen beim Wegebau zerstört, so dass eine direkte Überprüfung der Angaben von Schuster nicht mehr möglich ist. Bei den archäologischen Untersuchungen konnte leider kein Schmelzofen gefunden werden. Keramische Funde aus der Schlackenhalde ergaben jedoch eine eindeutige Datierung der Fundstelle in das 13./14. Jh. n. Chr., also in das Hochmittelalter (4).

Metallurgische Ergebnisse der Untersuchung von Schlacken und Metallprodukten

Bei der archäologischen Grabung auf der Kreuztratte wurde ein Suchschnitt über die Schlackenhalde gelegt. Aus dem Suchschnitt wurden Schlacken- und Metallproben entnommen. Nach der Aufbereitung der Proben

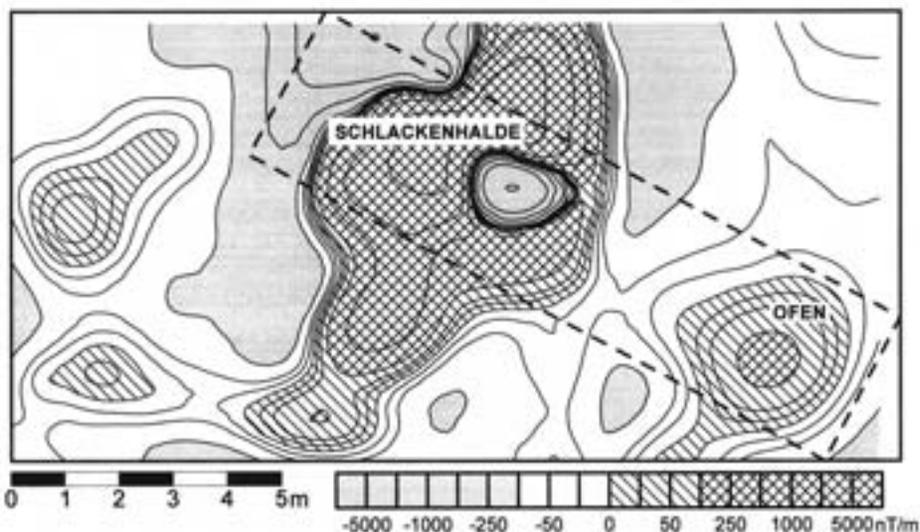


Abb. 3: Fundstelle Semlach/Eisner – Schnitt 3: Geomagnetik-Vertikalgradient: Isanomalienplan mit Interpretation, Messpunktabstand 1 x 1 m.

wurden diese den Fachinstituten für chemische und mikroanalytische Untersuchungen übergeben.

Die Laufschlacken vom Verhüttungsplatz „Kreuztratte“ bestehen aus den Hauptkomponenten Wüstitmischkristall, Olivinmischkristall und der eutektisch erstarrten Restschmelze. Sie sind Eisensilikatschlacken mit einem FeO_n -Gehalt von 61 Masse-%, einem SiO_2 -Gehalt von 20 Masse-% und einem MnO_n -Gehalt von 11 Masse-%.

Die ermittelte Fließtemperatur der Laufschlacken liegt bei 1550 °C. Die Konzentrationen von CaO , MgO , Al_2O_3 , P_2O_5 , TiO_2 und K_2O sind in den Laufschlacken zu gering, als dass sie einen nennenswerten Einfluss auf das Fließverhalten ausüben könnten. Dagegen darf man die Konzentrationen von MnO_n auf das Fließverhalten nicht vernachlässigen.

Um einen möglichst störungsfreien Schmelzbetrieb über längere Zeit aufrecht zu erhalten, wurden wegen der hohen Fließtemperatur der Laufschlacken im Schachtofen auf der Kreuztratte im Bereich des Unterofens (= Reduktionszone) Temperaturen um 1570 °C und darüber eingestellt. Bei diesen hohen Temperaturen im Schachtofen war auch der Stahl auf der Ofensohle flüssig.

Ein weiteres Indiz, dass die Stahlluppe aus der Halde auf der Kreuztratte flüssig war, ist deren Tertiärgefüge aus Ferrit und Perlit in Widmannstättenanordnung (**Abb. 4**). Das Widmannstättengefüge ist erkennbar an den Ferritbändern an den ehemaligen Austenitkorngrenzen und den sich unter bestimmten Winkeln schneidenden, groben Ferritnadeln, die in eine perlitische Grundmatrix eingebettet sind. Ein Widmannstättengefüge (= Gussgefüge) entsteht in einem Stahlwerkstoff immer dann, wenn das Produkt (hier ist es die Luppe) aus einer Schmelze mit einer sehr geringen Geschwindigkeit abgekühlt wird (5).

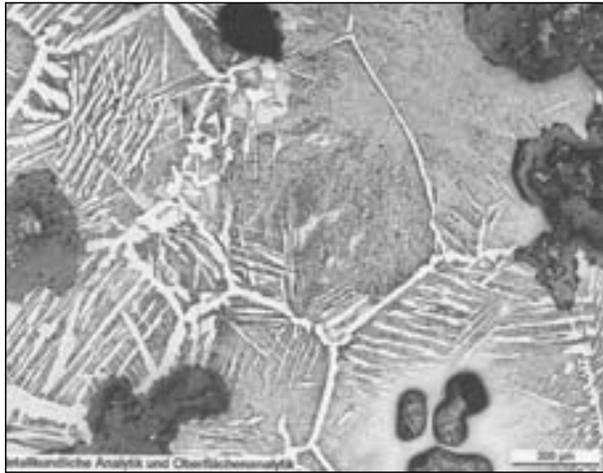


Abb. 4: Gefüge der untersuchten Stahlluppe vom Verhüttungsplatz: Perlit, Korngrenzenferrit, Widmannstättenstruktur.

Neben der Korngröße des Austenits ist auch der Kohlenstoffgehalt im erstarrten Stahlprodukt für die Ausbildung des Widmannstättengefüges mit verantwortlich. Im Allgemeinen bildet sich im Stahlgussprodukt ein Widmannstättengefüge bei Kohlenstoffgehalten kleiner 0,4 Masse-% (6). Wegen der inhomogenen Verteilung des Kohlenstoffs wird dieser Gehalt auch in vielen Bereichen in der Luppe erreicht. Dieser unterschiedliche, zonar verteilte Kohlenstoffgehalt in der Luppe ist auf die diskontinuierliche Beschickung von Holzkohle und Möller (Erz und Schlackenbildnern) während des Schachtofenprozesses zurückzuführen.

Der zonare Aufbau der Stahlluppe zeigt, dass die Temperaturführung bzw. das Halten der Temperatur im Schachtofen auf einem bestimmten Niveau, und dies auf längere Zeit, recht schwierig gewesen sein dürfte.

Die Fundstelle Sendlach/Eisner

Den Schwerpunkt der archäologischen Untersuchungen bilden die Grabungen auf der Fundstelle Sendlach/Eisner (Abb. 5). Die Ergebnisse der geophysikalischen Prospektion zeigen, dass es sich hier um ein antikes Industriezentrum handelt, dessen Kerngebiet eine Fläche von rund 10.000 m² umfasst. Die archäologischen Untersuchungen ergaben, dass hier nicht nur Eisenerz verhüttet wurde, sondern dass es hier auch Wohn- und Verwaltungsbereiche gab.

Die Schnitte 1 (Abb. 6) und 2 zeigen, dass das Verhüttungsareal im



Abb. 6: Sendlach/Eisner – Schnitt 1: Die kaiserzeitliche Begrenzungsmauer im Westen der Fundstelle – Blick nach Osten.

Westen von einer 80 bis 100 m langen und bis zu 6 m mächtigen Schlackenhalde begrenzt wird, die durch eine in die römische Kaiserzeit zu datierende Mauer vom eigentlichen Arbeitsareal getrennt wird.

An weiteren kaiserzeitlichen Befunden konnten eine weitere, Ost-West orientierte Mauer, zwei Kalkgruben und Pfostenlöcher dokumentiert werden. In den anstehenden Boden eingetieft parallele Sohlgräben sind wahrscheinlich in die Bronzezeit zu datieren. Ihre Funk-

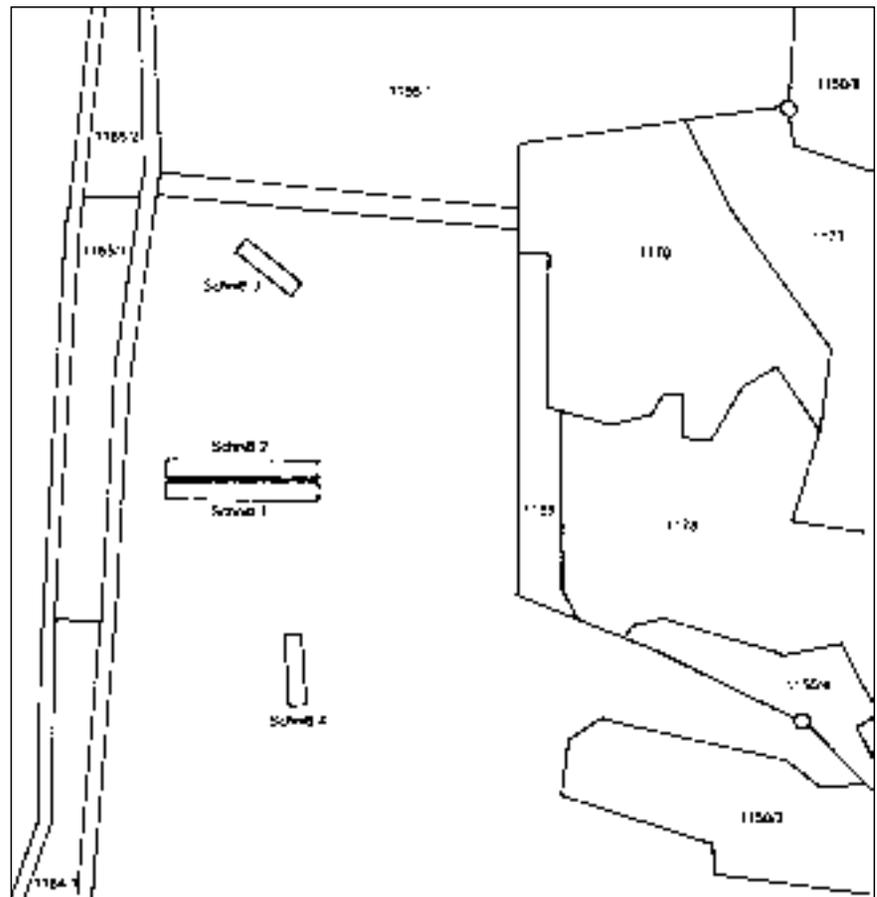


Abb. 5: Katasterplan der Fundstelle Sendlach/Eisner mit den Grabungsschnitten (2003 und 2004).

tion ist noch ungeklärt, eine Verteidigungsfunktion ist allerdings mit ziemlicher Sicherheit auszuschließen. Die in diesem Bereich der Fundstelle ergrabene Fläche ist noch zu klein, um die Befunde in ihrem Zusammenhang eindeutig interpretieren zu können.

Schnitt 4 liegt im Süden der Fundstelle. In der geophysikalischen Prospektion zeigt sich hier eine rund 30 m lange von Südost nach Nordwest verlaufende anomalierefreie Zone. Die archäologischen Untersuchungen haben ergeben, dass es sich dabei um eine künstliche Terrassierung handelt.

Der im Norden der Fundstelle liegende Schnitt 3 (Abb. 7) wurde aufgrund der Ergebnisse der geophysikalischen Prospektion, die deutliche Hinweise auf einen Ofenstandort geben, angelegt. Auch hier trennt eine Mauer die im Westen liegende Schlackenhalde vom Arbeitsbereich. Im Osten der Mauer wurde ein sehr gut erhaltener Schmelzofen freigelegt.

Der zur Hälfte erhaltene Ofen (Abb. 8) ist 1 m in den anstehenden Boden eingetieft. Zwei Steinlagen der Ofenwand mit zwei Düsenöffnungen sind erhalten. Die Ofensohle ist mit Steinplatten ausgelegt. Der Ofensumpf ist mit kleinstückigen Schlacken und erdigem Material verfüllt. Der Schlackenabstich und die Entnahme der Luppe erfolgten von Nordwesten. An dieser Seite wird der Ofen von zwei aufrecht stehenden Steinen flankiert. Größe und Bauart des Ofens weisen auf eine hochstehende Schmelztechnologie hin. Dendrochronologische Untersuchungen an Holzkohle von der Ofensohle ergaben folgende Datierungen: 315, 319 und 329 n. Chr. (7). Diese überraschend späte Datierung ergibt für die Fundstelle Sendlach/Eisner eine Laufzeit von 400 Jahren – Mitte 1. Jh. v. Chr. bis Mitte 4. Jh. n. Chr.

Im Anschluss an die archäologischen Untersuchungen des Jahres 2004 wurde der Schmelzofen als Ganzes geborgen und – geschützt durch eine Holzkiste – vor dem Schaubergwerk in Knappenberg

aufgestellt. Seine Konservierung und Gestaltung als Ausstellungsobjekt ist für das Frühjahr 2005 geplant (8).

An Funden gibt es neben Keramik und wenigen Eisen- und Buntmetallobjekten einen Mahlstein einer Handmühle für Getreide und zahlreiche Tierknochen. Die Hack- und Schnittpuren an den Tierknochen (Schwein, Rind, vereinzelt Ziege und Schaf) zeigen die für den ur-

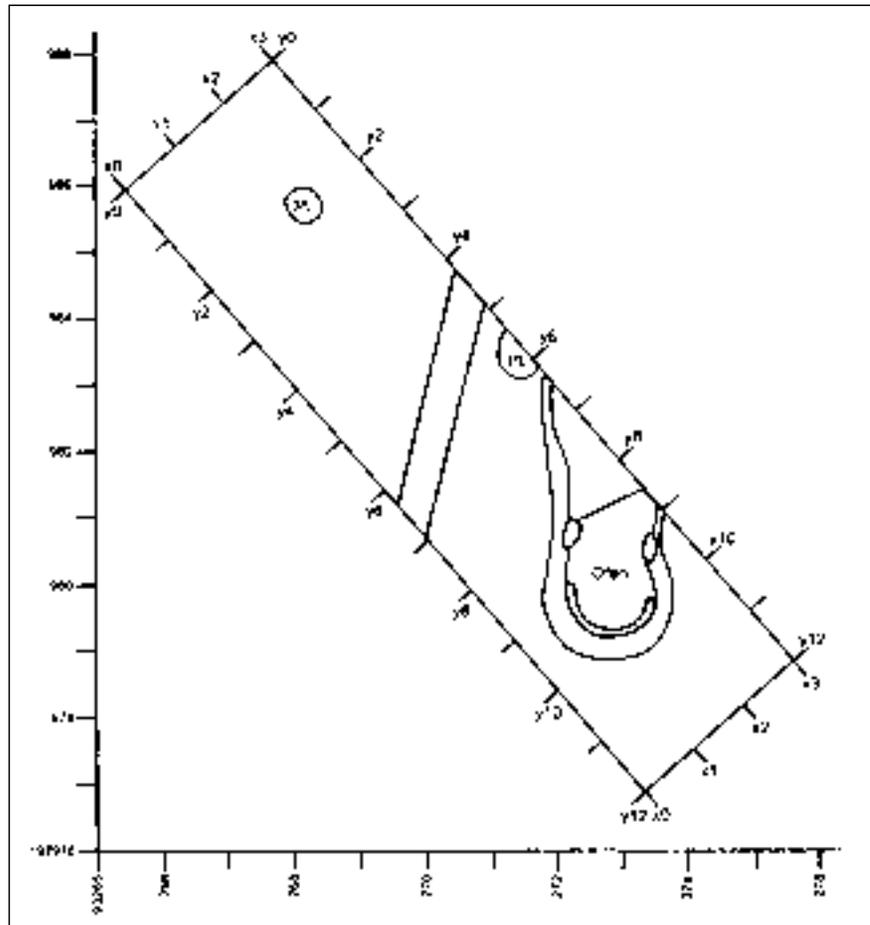


Abb. 7: Fundstelle Sendlach/Eisner – Plan von Schnitt 3 mit dem Schmelzofen.



Abb. 8: Fundstelle Sendlach/Eisner – Der Schmelzofen in Schnitt 3 – Blick nach Süden.

Tabelle 1: Zusammenstellung der chemischen Analysen; Angaben in Masse-%

Probe	FeO _n	SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	K ₂ O
H16	60,72	23,21	08,37	0,83	0,18	3,00	0,071	0,25	1,06
H18	60,20	23,35	08,46	0,84	0,20	2,99	0,078	0,24	1,09
H30	60,98	25,08	07,49	0,97	0,18	2,49	0,092	0,19	0,84
H39	61,26	22,90	08,39	1,33	0,34	2,72	0,090	0,23	1,06
H40	57,03	25,36	09,17	1,72	0,43	3,00	0,134	0,24	1,06
H50	58,14	26,04	07,44	1,54	0,35	3,53	0,098	0,25	1,13

banen römischen Bereich üblichen Muster einer „rationalisierten“ Zerlegungstechnik, das heißt, dass viele Menschen zentral mit Fleisch versorgt werden mussten (9). Dieser Befund weist ebenso wie das Spektrum der keramischen Funde (Terra Sigillata) auf eine Siedlung und einen Verwaltungssitz in unmittelbarer Nähe der Hüttenanlagen hin.

Wie es bei einer derart großen und komplexen Fundstelle zu erwarten ist, können vorerst nur vorläufige Aussagen getroffen werden, die durch die Untersuchungsergebnisse der kommenden Jahre vertieft werden müssen. Mit Sicherheit kann man jedoch sagen, dass es sich bei der Fundstelle Semlach/Eisner um ein bedeutendes Produktionszentrum des Ferrum Noricum handelt.

Metallurgische Ergebnisse

Die chemische Analyse der Hauptelemente wurde im Betriebslabor der voestalpine Stahl/Linz durchgeführt. Bei der Bestimmung mit dem RFA-Gerät werden die Elemente gemessen und dann auf Oxide umgerechnet.

Die Hauptkomponenten der Laufsclacken aus Hüttenberg sind FeO_n, MnO, SiO₂ und Al₂O₃. Der FeO_n-Gehalt bewegt sich zwischen 57 und 61 Masse-%, der MnO-Gehalt zwischen 7 und 9 Masse-% und der SiO₂-Gehalt zwischen 23 und 26 Masse-%. Der Al₂O₃-Gehalt wird mit einem Wert von 3 Masse-% ausgewiesen (Tabelle 1). Der Anteil an Fe³⁺ in den Laufsclacken liegt zwischen 9 und 13 Masse-%. Der Anteil an Fe³⁺ ist in den Laufsclacken vom SiO₂-Gehalt abhängig.

Die Rohstoffbasis für die Verhüttung im Schachtofen waren silikatische Eisenerze. Um die Schlacken über längere Zeit flüssig zu halten, musste ein bestimmtes Verhältnis (FeO_n + MnO)/SiO₂ im Schachtofen eingestellt werden, das nur über die Zugabe von SiO₂ bzw. von Eisenerzen geregelt werden konnte.

Die erstarrte Laufsclacke besteht zu ca. 45 Flächen-% aus Olivinmischkristallen und 16 Flächen-% aus Wüstitmischkristallen. Mn²⁺ ist zum überwiegenden Anteil im Mischkristall des Olivins eingebunden (Abb. 9).

Die Gehalte von Al₂O₃, CaO, K₂O, MgO, TiO₂ und P₂O₅ erreichen in Summe einen Wert von 6 Masse-% (Tabelle 1). Dieser Summenwert ist zu klein, um die physikalischen Eigenschaften der Laufsclacken stärker zu beeinflussen.

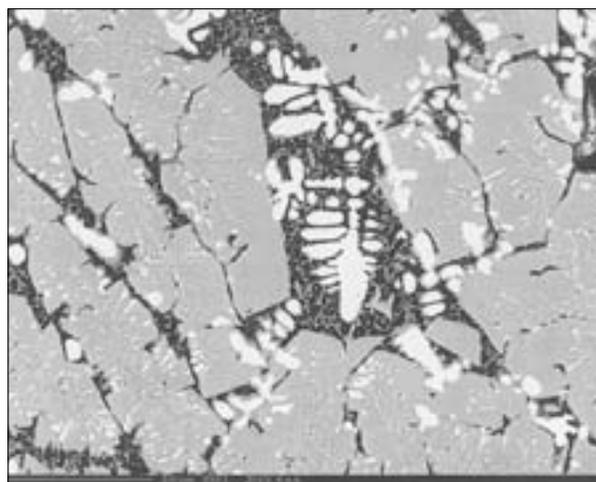


Abb. 9: Gefüge der untersuchten Laufsclacke vom Verhüttungsplatz Semlach/Eisner: Wüstit, Olivine, eutektisch erstarrte Restschmelze.

Der hohe Mangengehalt wirkt sich hingegen gravierend auf die Fließtemperatur der Laufsclacken aus. Die gemessenen Fließtemperaturen liegen zwischen 1480 und 1500 °C (Tabelle 2). Diese Fließtemperaturen liegen bis zu 500 °C höher als die vergleichbaren Angaben in der Literatur (10). Diese hohen Fließtemperaturen der Laufsclacken erfordern für die Schachtofen eine besondere Metallurgie. Mehr Wissen über die Schmelzmetallurgie ist erst nach dem Vorliegen der Untersuchungsergebnisse des Ofeninhaltes des freigelegten Schachtofens zu erwarten.

Aus metallurgischer Sicht von hohem Interesse dazu sind die metallographischen Befunde einzelner Metallproben, die an den Verhüttungsplätzen in Hüttenberg entnommen wurden. Sie bestätigen, dass in den Schachtofen Roheisen erschmolzen wurde. In Abb. 10 ist das

Tabelle 2: Messwerte des Aufschmelzverhalten

Probe	Erweichungs-Temperatur °C	Halbkugel-Temperatur °C	Fließ-Temperatur °C
H16	1290	1480	1500
H18	1260	1480	1500
H30	1260	1470	1480
H39	1260	1470	1490
H40	1260	1470	1480
H50	1260	1470	1480

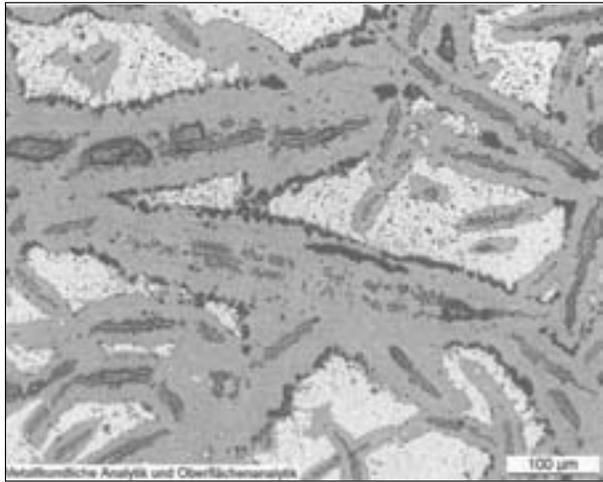


Abb. 10: Gefüge einer Roheisenprobe vom Nordbereich des Verhüttungsplatzes Senglach/Eisner: Graphitlamellen, Graphit-Eutektikum und Rost.

Gefüge einer Roheisenprobe mit primärausgeschiedenen Graphitlamellen, welche von einer starken Schicht aus Eisenoxid (Rost) umgeben sind, und dem Graphit-Eutektikum abgebildet. Diese Roheisenproben bestätigen die Ergebnisse, die Mitsche (11), Schaaber (12) und Straube (13) über den „Norischen Stahl“ veröffentlicht haben. Die Schmelzmetallurgen in der Provinz „Noricum“ kannten mehrere Verfahrenswege, um aus den vor Ort anstehenden Eisenerzen Stahl herzustellen – den direkten und den indirekten Verfahrensweg.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der ersten interdisziplinären Untersuchungen zur vorrömischen und römischen Eisengewinnung am Hüttenberger Erzberg zeigen, dass hier ein wichtiges und großes Zentrum der Ferrum-Noricum-Erzeugung war. Die archäologischen Befunde und das Fundmaterial der Fundstelle Senglach/Eisner haben ergeben, dass hier ein großes antikes Industriaeareal mit Hüttenanlagen und dazugehöriger Infrastruktur – Wohnbauten und Verwaltungssitz – war. Metallurgische Untersuchungen an Schlacken und Eisen von dieser Fundstelle belegen den hohen technischen Stand römischer Hüttentechnik.



Anmerkungen:

- (1) HEIMO DOLENZ, Eisenverarbeitung auf dem Magdalensberg. In: Harald Straube, Ferrum Noricum und die Stadt auf dem Magdalensberg. Mit Beiträgen von Heimo Dolenz und Gernot Piccottini. Wien 1996, S. 140-167.
- (2) FRANZ GLASER, Antike Eisengewinnung in Noricum. in: H. Friesinger, K. Pieta, J. Rajtár (ed.), Metallgewinnung und -verarbeitung in der Antike (Schwerpunkt Eisen). Archaeologica Slovaca Monographiae 3, 2000, S. 49-110.
- (3) W. SCHMID, Norisches Eisen. Beiträge zur Geschichte des österreichischen Eisenwesens. Abteilung 1, Heft 2, 1932, S. 177, 185f.
- (4) Die Gesamtpublikation der Ergebnisse der Forschungen auf der Kreuztratte ist in Vorbereitung (erscheint in Archaeologia Austriaca).
- (5) SCHUMANN, H., Metallographie. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie – Leipzig 1975; S. 375.
- (6) SCHUMANN, H., Metallographie. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie – Leipzig 1975; S. 375.
- (7) Dendrochronologie: MICHAEL GRABNER, Institut für Holzforschung, Universität für Bodenkultur Wien.
- (8) Ich danke meinen Grabungsmitarbeitern und besonders WILLI KLEER für den großen Einsatz bei der Bergung und dem Bürgermeister der Marktgemeinde Hüttenberg RUDOLF SCHRATTER für die Finanzierung.
- (9) Die Tierknochen wurden von HERBERT BÖHM, VIAS bestimmt.
- (10) OELSEN, WILLY; SCHÜRMAN, EBERHARD, Arch. Eisenhüttenwes. 25 (1954) Heft 11/12; S. 507-514.
- (11) MITSCHKE, ROLAND, BHM 106 (1961) Heft 11, S. 460 – 465.
- (12) SCHAABER, OTTO, Arch. Eisenhüttenwes. 35 (1964) Nr. 6, S. 502 – 506.
- (13) STRAUBE, HARALD, Ferrum Noricum und die Stadt auf dem Magdalensberg. Springer Verlag Wien/New York 1996.

* Bearbeitete Fassung des Vortrages „Arbeitsweise und Möglichkeiten der Montanarchäologie“ von B. Cech und G. Walach