

EISENVERARBEITUNG IN DER SPÄTKELTISCHEN SIEDLUNG REGENSBURG-HARTING, OBERPFALZ

Im jüngeren Abschnitt der Eisenzeit (Latènezeit) gehörte die Oberpfalz zum keltischen Kerngebiet. Als sensationell kann die Entdeckung der spätkeltischen Siedlung von Berching-Pollanten aus dem 2.-1. Jahrhundert v. Chr. im oberpfälzischen Jura gelten. Die Größe der Ansiedlung, die zahlreichen Werkstätten, die großen Mengen an Abfällen der Eisenmetallurgie, die Werkzeuge, Halbfabrikate und Fertigprodukte lassen vermuten, daß hier nicht nur für den Eigenbedarf gearbeitet wurde, sondern für den Handel. Berching-Pollanten war möglicherweise der Zulieferer für das rund 40 km südlich gelegene Oppidum von Manching bei Ingolstadt, das stadtartige Stammeszentrum der Kelten im bayerischen Alpenvorland. Diese Thesen müssen anhand archäometallurgischer Untersuchungen im Rahmen eines gezielten Forschungsprojektes zur spätkeltischen Eisengewinnung noch bestätigt werden.

Einen zweiten Nachweis spätkeltischer Eisentechnologie auf dem Boden der Oberpfalz bietet die sehr viel kleinere, aber archäologisch nicht weniger interessante Siedlung von Regensburg-Harting südlich der Donau. Der Fundplatz liegt am Rand der Niederterrasse auf Schotter mit Lößlehmüberdeckung. Beim Kiesabbau 1985, der durch die Errichtung eines BMW-Zweigwerkes ausgelöst wurde, ist ein Siedlungsausschnitt mit drei Gruben erfaßt worden. Sie enthielten neben Keramik und Metallobjekten keltischer bzw. germanischer Provenienz auch Abfall der Eisenverarbeitung: Schlackenstücke, Ofenmantelreste und Konstruktionsteile von Öfen.

Im Gegensatz zu Berching-Pollanten handelte es sich bei der Eisenmetallurgie in Regensburg-Harting um die Selbstversorgung eines Dorfes, das in der 2. Hälfte des 1. Jahrhunderts v. Chr. von einer keltisch-germanischen Mischbevölkerung bewohnt wurde. Damit ist erstmals in Süddeutschland ein derartiger Befund aus der Zeitspanne zwischen keltischer und römischer Herrschaft bekannt. Die Funde werden im Museum Regensburg aufbewahrt; ihre Veröffentlichung durch die Mitverfasserin ist in Vorbereitung (vgl. Rieckhoff-Pauli 1987).

Das pyrometallurgische Fundmaterial, das hier untersucht wird, umfaßt zwei Stoffgruppen: angeschmolzene technische Keramik und Schlacken im eigentlichen Sinne. Beide stehen in Fundzusammenhang und bedingen sich prozeßtechnisch.

Beschreibung der Schlacken und Ofenkeramik

HN 4796-4, Präparat Nr. 411

Es handelt sich um sandig-toniges Material (Industrie-Grobkeramik) im Übergang von braunrot gefritteten zu stärker aufgeschmolzenen, dunkleren Bereichen. Es ist eine beginnende Aufschmelzung unter oxidierenden Bedingungen (Paragenese Magnetit + Hämatit) und Infiltration durch SiO₂-reiche Schmelze zu beobachten, die zu einem braunen Glas erstarrt.

HN 4796-12

Dieses Fundstück stellt ein sehr heterogenes silikatisches Schmelzprodukt mit zahlreichen Resten von nicht völlig aufgeschmolzenem Material unterschiedlicher Konsistenz dar. Das Schmelzprodukt ist an der Oberfläche teilweise glasig überschmolzen und besonders in den grobblasigen Bereichen auch im Bruch glasartig. Die typischen Formen, Zusammensetzungen oder andere Eigenschaften, die auf metallurgische Schlacken schließen ließen, sind makroskopisch nicht zu erkennen. Es scheint sich vielmehr um Reste teilweise aufgeschmolzenen «keramischen» Materials im Sinne von Grobkeramik oder technischer Keramik zu handeln, vermutlich Ofenwand oder Herdauskleidung mit hohem Anteil an groben Magerungsbestandteilen.

HN 4796-24, Präparat Nr. 412

Glasig zusammen- und überschmolzener Wulst aus ursprünglich grobkeramischem Material mit Relikten größerer

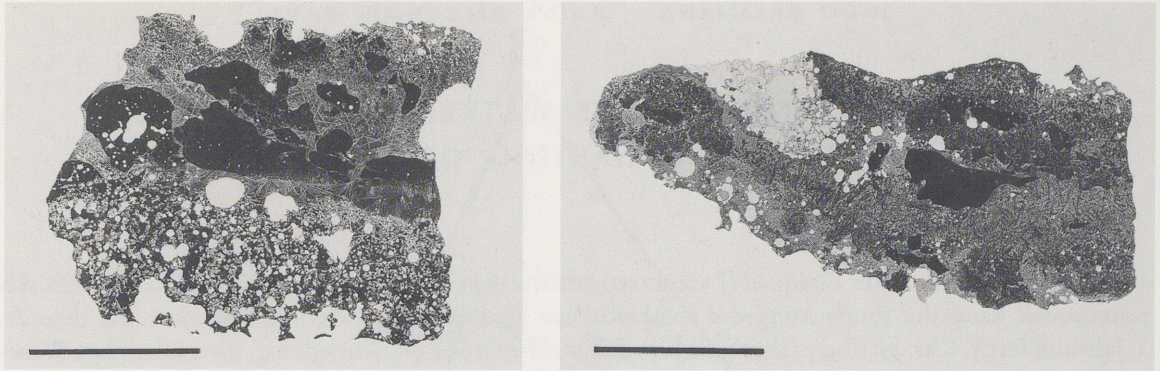


Abb. 1-2 1 Probe Nr. HN 4796-28, Präparat Nr. 413. Sehr heterogene und geschichtete Schlacke. Gleichmäßige Verteilung von Eisenoxiden und Olivin im unteren, blasenreicheren Teil, darüber große Wüstitkumulate (dunkel) in silikatischer Matrix mit stengelig entwickeltem Olivin (Spinifexstruktur). – 2 Probe Nr. HN 4796-38, Präparat Nr. 410. Hälfte einer Schlackenkalotte im Schnitt senkrecht zur Oberfläche. Heterogen mit Zwischenlage von angeschmolzenem Sand (hell), metallischem Eisen in Olivinmatrix und ausgelängter, großer Oxideinlagerung (schwarz).

Bestandteile auf rotbraun gefritteter (abgewitterter) Unterlage. Stark glasinfiltriert mit beginnender Magnetit-Ausscheidung. Es ist thermisch unter reduzierenden Bedingungen beansprucht, enthält jedoch keine unmittelbaren Hinweise auf die Herkunft aus einem metallurgischen Prozeß.

HN 4796-28, Präparat Nr. 413.

Hier handelt es sich um dichte und relativ schwere Schlacke mit eingebackenen Geröll-Resten. Sie ist eine extrem stark lagig entwickelte Olivinschlacke mit Eisenoxid-(Wüstit)-Kumulaten (Abb. 1). Als Einlagerung in den Wüstitkumulaten finden sich kleinste Eisen- und Eisensulfidtröpfchen. Die Schlacke enthält hohe Anteile an kaliumreicheren Restschmelzen. Die Olivine zeigen Tendenz zu starker Zonierung und belegen den relativ hohen Calciumgehalt der Schlacke. Die optischen Eigenschaften dieser Phase deuten zugleich auf vergleichsweise hohe Magnesiumgehalte in der ursprünglichen Schmelze.

HN 4796-34

Diese Probe ist ein heterogenes silikatisches Schmelzprodukt mit Resten von nicht völlig aufgeschmolzenem Material unterschiedlicher Konsistenz. Das Schmelzprodukt ist an seiner Oberfläche glasartig erstarrt. Einzelne Bruchstücke erscheinen trotz ihres Blasenreichtums relativ schwer. Nach der aus den Bruchstücken noch zu erkennenden oder rekonstruierbaren Form, der Farbe und Dichte könnte es sich um Bruchstücke einer metallurgischen Schlacke handeln, die allerdings noch erhebliche Anteile an Zuschlägen und/oder Ofenwandmaterial enthält.

HN 4796-38, Präparat Nr. 410

Der Fund umfaßt sowohl Bröckchen schaumig aufgeblähter angeschmolzener Keramik als auch ein zusammenhängendes Stück dichter Olivinschlacke mit noch annähernd Kalottenform (Abb. 2). Die Olivinschlacke enthält eingebackene Reste von Quarzgeröllen. Mikroskopisch erscheinen daneben zusätzlich Sandeinlagerungen, die randlich eingeschmolzen sind. Der Olivin der Schlacke ist zwar ebenfalls zoniert und tendiert zu calciumreicheren Zusammensetzungen, er ist aber auch zugleich offenbar magnesiumärmer als in Probe Nr. 4796-28. Dafür enthält die Schlacke relativ viel braunes Glas. Im Reststück der Schliffherstellung ist bereits makroskopisch ein Einschluß von metallischem Eisen in der Schlacke sehr deutlich zu erkennen. Es handelt sich um ein Relikt von relativ kohlenstoffarmem Eisen, das unter Fayalitbildung in Auflösung begriffen ist. Der Lagenbau der Schlacke wird durch Anhäufung von Wüstit-Kumulaten im selben Niveau wie das Metallstück angedeutet.

HN 4796-13, Präparat Nr. 592

Hier liegt das Bruchstück einer etwa handteller großen Schlackenkalotte vor. Es handelt sich um eine sehr heterogen zusammengesetzte Schlacke. Die Heterogenität der Schlacke ist Folge der in einer Zone angehäuften Wüstitdendriten, die zu Skeletten zusammenwachsen und sich dabei zu rundlichen Kumulaten verdichten. Dennoch ist die Schlacke im wesentlichen fayalitisch, enthält zugleich aber auch größere Anteile an Leucit.

In der kristallisierten Schmelze ist ein größeres Stück Holzkohle eingeschlossen, um das herum eine Zone mit ursprünglich höherem Gehalt an metallischem Eisen liegt. Hier ist das Metall jedoch weitgehend in Rost umgewandelt.

HN 6063-26

Diese Probe ist teilweise gefrittetes, zumeist jedoch auch blasig aufgeschmolzenes und glasartig erstarrtes keramisches Material. Reste von sandigen oder kiesigen Beimengungen sind nicht zu erkennen.

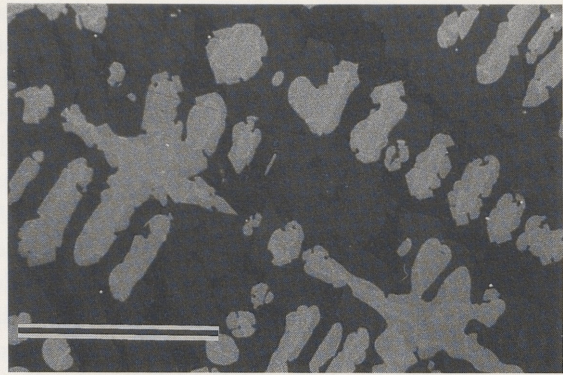
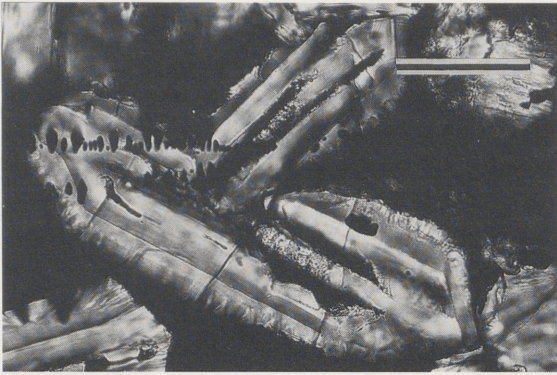


Abb. 3-4 3 Probe Nr. HN 4796-13, Präparat Nr. 592. Sehr stark zonierte Olivine mit fayalitischem, magnesiumreichem Kern und kirschsteinitischer Außenzone. Der Rand gegen die opake und teilweise isotrope Grundmasse ist parallel zur Wachstumsrichtung lamellar entwickelt. Durchlicht in Luft, 2 Polarisatoren. – M = 25 µm. – 4 Probe Nr. HN 4796-28, Präparat Nr. 413. Dendritisches Eisenoxid (hellgrau) in fayalitischer Matrix. Die Dendriten zeigen vom Kern zur idiomorphen Außenzone Umwandlungserscheinungen von Wüstit zu Magnetit. Auflicht in Luft, 1 Polarisator. – M = 25 µm.

Interpretation des Untersuchungsbefundes

Der pyrometallurgische Fundkomplex umfaßt gefrittetes oder angeschmolzenes keramisches Material und heterogene, relativ SiO_2 -reiche Schlacke in z. T. charakteristischer Kalottenform. Die Schlackenkalotten sind lagenartig aufgebaut. Ihre Heterogenität ist das Ergebnis ungleichmäßiger Verteilung der oxidischen und silikatischen Anteile. Zusätzlich sind größere Mengen unvollständig aufgeschmolzener Zuschläge in Form von Sand und kleinen Quarzgeröllen festzustellen. Karbonatische Anteile konnten im Zuschlag nicht nachgewiesen werden. Aus den optischen Eigenschaften der Schlackenolivine ergibt sich jedoch, daß die Schmelzanteile calciumreich und teilweise zusätzlich magnesiumreich waren. Der Olivin ist dementsprechend außerordentlich stark zonar entwickelt und bildet am Ende seiner Entwicklung den für besonders Kirschsteinit-reiche Zusammensetzungen charakteristischen »Bart« (Hauptmann et al. 1984); vgl. Abb. 3. Die Bildung derart calciumreicher Olivine erfordert nach unserer bisherigen Kenntnis ein so hohes Calciumangebot, wie es in Reduktionsschlacken aus dem Eisen-Metallgewinnungsprozeß nur in Ausnahmefällen vorzuliegen scheint. Für Eisenschlacken der Verarbeitungsstufe ist diese chemische Zusammensetzung dagegen charakteristisch. Die Schlacke enthält reichlich Leucit¹ und demzufolge auch größere Anteile an K_2O , vermutlich aus der Holzkohlenasche. Leucit erscheint gegen Ende der Kristallisation. Zunächst bildet er ein kotektisches Gemenge mit Fayalit, kristallisiert anschließend kotektisch mit Wüstit und bildet zuletzt selbständige Individuen in mikrolithischer Restschmelze. Diese beobachtete Kristallisationsabfolge entspricht einer Verfestigung bei abnehmender Temperatur. Exakte Angaben zur Arbeitstemperatur lassen sich daraus nach dem derzeitigen Stand der experimentellen Untersuchungen in Systemen, die auf Rennfeuerschlacken übertragen werden könnten, noch nicht ableiten.

Die Wüstite der Kumulate enthalten zahlreiche kleine Eisentröpfchen entweder als Einschlüsse oder damit verwachsen im Kornzwischenraum. In Bereichen, in denen eine Aufzehrung der Wüstitkumulate durch Fayalitbildung erfolgt, bleiben die Eisentröpfchen zunächst noch erhalten und finden sich dann an der Grenze zwischen Oxid und Silikatschlacke. Das Eisen in und um die Wüstite ist als reliktsch anzu-

¹ Unter Leucit sind in diesem Zusammenhang zunächst alle bisher in Eisenschlacken nachgewiesenen Kalium-Aluminium-Silikate zu verstehen. Ihre Zusammensetzung ist außerordentlich variabel und umfaßt den Bereich der Minerale Leucit und Kaliophylit/Kalsilit (vgl. Golschani

1987). Grundsätzlich sind in dem insbesondere bezüglich des SiO_2 -Gehaltes stark heterogenen Untersuchungsmaterial beide Phasen zu erwarten. Die Unterscheidung ist uns bisher nur mikrochemisch möglich, wurde im vorliegenden Fall bisher jedoch noch nicht durchgeführt.

sehen, im Gegensatz zu dem Eisen am Rand des beobachteten Holzkohleeinschlusses. Zusätzlich zu den im Schnitt senkrecht zur Schlackenoberfläche rundlichen Wüstiten finden sich im oberen Teil der fayalitreichen Zone zahlreiche Schnitte durch dichte Oxidkrusten, die entweder in die Schmelze abgetauchte, oxidierte Oberflächen der Schlacke oder Hammerschlag sein könnten, der in den Schmelzkuchen eingebracht wurde. Die Krusten enthalten kein Metall. Sowohl rundliche Kumulate als auch Oxidkrusten belegen ein sehr starkes Gefälle des Redoxpotentials in den doch relativ kleinen Schlacken Kuchen: Der Wüstit der Kumulate ist bereits in unmittelbarer Umgebung des eingeschlossenen metallischen Eisens heterogen und entwickelt idiomorphe Spitzen der Dendritenäste. Nach unserer Interpretation zeigt diese Heterogenität des Wüstits eine beginnende Entmischung von Magnetit an. Die idiomorphen Anteile wären demnach bereits als Magnetit anzusprechen (Abb. 4). In der fayalitischen Umgebung der Kumulate schließlich kristallisieren einzelne idiomorphe Magnetitdendriten. Die idiomorphe Ausbildung der Einzelkristalle der dichten Krusten legt nahe, daß es sich dabei praktisch ausschließlich um Magnetit handelt.

Obgleich randlich um eingeschlossene Holzkohle ein Teil des Eisens der Schlacke bis zum Metall reduziert wird, unterliegt die Hauptmasse des Schlacken kuchens doch deutlich stärker oxidierenden Bedingungen. Metallisches Eisen wird in der Schlacke aufgezehrt und – von lokalen Bedingungen im System abgesehen – somit nicht in der Schlacke selbst erzeugt, sondern ist Fremdmetall.

Die hohen Anteile an eisenarmen Zuschlagstoffen, die teilweise auch noch unaufgeschmolzen vorliegen, sind ein wichtiger Hinweis darauf, daß hier nicht Erz zu Metall reduziert wurde. Ebenso charakteristisch ist der vergleichsweise hohe Anteil von Holzkohlenasche in der Schlacke, wie er aus dem Gehalt an Kalium-Aluminium-Silikaten abgeleitet werden kann. Auch das Mengenverhältnis Ofenkeramik/metallurgische Schlacke spricht nicht für ein Eisengewinnungsverfahren, das im Vergleich zu dem ausgebrachten Metall relativ viel Schlacke ergibt. Außerdem würde man im Reduktionsprozeß, der zur Ansammlung einer Eisenluppe führen muß, eine wesentlich homogenere Schlacke erwarten.

Form, Paragenese und Einzelminerale der untersuchten Schlacken sind typisch für Schmelzprodukte der Verarbeitungsstufe von Eisen. Es handelt sich bei den untersuchten Schlacken aus Regensburg-Harting um Produkte des als Reduktions-Schmiedeverfahren definierten Verarbeitungsprozesses von metallischem Eisen (Keesmann 1985).

Es wird noch zu klären sein, woher das in Regensburg-Harting verarbeitete Eisen stammte und welche Unterschiede oder Parallelen sich im technischen know-how zu Berching-Pollanten und zu Manching erkennen lassen.

HANS GEISLER

UNTERSUCHUNGEN ZUR LATÈNEZEITLICHEN UND
FRÜHMITTELALTERLICHEN EISENPRODUKTION IM RAUM KELHEIM
(NIEDERBAYERN)

Ausgedehnte Pingfelder und mächtige Schlackenhalde auf den Höhen der südlichen Fränkischen Alb waren bereits für Matthias von Flurl Zeugnisse des Abbaus und der Verhüttung von Eisenerz in alter Zeit: