

6. ZU DEN SCHLACKEN AUS FELDKIRCHEN

6.1 Vorbemerkung

Das „FERRUM NORICUM“¹⁴⁶ hat in letzter Zeit wieder zunehmendes Interesse gefunden.¹⁴⁷ Den Erwähnungen in antiken Schriftquellen folgte in der Renaissance eine weitere Huldigung¹⁴⁸, und erst durch die Pionierarbeiten von Mitsche (1961), Straube – Tarmann – Plöckinger (1964), Schaaber (1963) und Horstmann auf naturwissenschaftlichem Gebiet, durch H. Vettters (1966) seitens der Geisteswissenschaft (Klassische Archäologie und Alte Geschichte) seit den 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts erhellte sich langsam, vor dem Hintergrund der Grabungen auf dem Kärntner Magdalensberg, das Geheimnis des antiken Eisens der Alpen im Allgemeinen, das des Stahles aus dem keltischen Noricum im Besonderen. Auch über die Eisenerzeugung der Etrusker um die erzeiche Insel Elba und das Hüttenzentrum Populonia am Festland begann, nach den Auswertungen der Grabungen A. Mintos, sich seit etwa 1975 Neues zu bewegen.¹⁴⁹ Die Schlackenfunde von Feldkirchen (vgl. Kap. 4.3.2), die eindeutig auf eine Eisenerzeugung auf der Basis lokaler Erze zurückzuführen sind, bringen eine neue Facette in die Diskussion um den Qualitätsstahl aus dem keltisch-römischen Noricum um Christi Geburt.

6.2 Fundsituation

Zu der von A. Galik und Ch. Gugl vorgestellten Fundsituation (vgl. Kap. 4.3.2) ist nur hinzu-zufügen, dass der Bestand an Schlacken in der Art und Verteilung der Schlackentypen¹⁵⁰ durchaus dem für urzeitliche und römische Schmelzplätze folgte: Neben der Hauptmenge an Fließschlacken fanden sich deutlich Ofenschlacken und Schlackenansätze, die auch durch ihre Lage (unter den Hypokausten) zeitlich eindeutig zuweisbar sind und damit der besonders interessierenden Periode um Christi Geburt angehören (vgl. Kap. 4.3.2.4). Leider waren Hinweise auf die Ofenkonstruktion

¹⁴⁶ In diesem Artikel wird der allgemeine Begriff des Eisens aus Noricum – „ferrum noricum“ – mit Kleinbuchstaben, der Qualitätsstahl mit „FERRUM NORICUM“ (abgekürzt FN) geschrieben.

Zu den Materialbezeichnungen ist zu bemerken, dass traditionell unter „Eisen“ der schmiedbare Werkstoff verstanden wird, während mit „Stahl“ die härtbare Eisen-Kohlenstoff-Legierung bezeichnet wird. Nach der nun gültigen Werkstoffnorm ist alles industrielle Eisen, so auch die kohlenstoffarmen Eisenwerkstoffe für Bleche, mit „Stahl“ bezeichnet, während „Eisen“ dem Element Fe (ferrum) vorbehalten ist. Beim hochgekohten Eisen (3–5% C) sind für diese Betrachtungsweise Roheisen (für die Stahlherstellung) und Gusseisen (für Gießereizwecke) gleichwertig. Unter Graglach (von slav. grodeli) wird im Alpenraum das im Stuckofen unbeabsichtigt mitanfallende Roheisen verstanden, das als „Provianteisen“ in der niederösterreichischen Eisenwurzten im Zerrnfeuer zu schmiedbarem Stahl verarbeitet wurde.

¹⁴⁷ Über den Stand der Erforschung des „FERRUM NORICUM“ vgl. SPERL 2002.

¹⁴⁸ Wolfgang Lazius (1515 bis 1565), Arzt, Humanist, Historiograph am Hofe Kaiser Ferdinands I. in Wien, schreibt das norische Eisen dem steirischen Erzberg zu; ihm folgen auch andere Schriftsteller und Dichter dieser Zeit. Im „Eisenerzer und Vordernberger Bergreim“ von 1588 wird dies allerdings nicht erwähnt: F. KIRNBAUER, Der Eisenerzer Bergreim, Leobner Grüne Hefte 133, 1988.

¹⁴⁹ G. SPERL, Untersuchungen zur Metallurgie der Etrusker, in: L' Etruria Mineraria, Istituto di Studi Etruschi ed Italici (Florenz 1981) 29 ff.

¹⁵⁰ SPERL 1980.

und die gesamte Ausdehnung der Schlackenfunde nicht feststellbar, doch haben Ortskundige glaubhaft versichert, dass um diesen Fundort schon früher an mehreren Stellen Schlacken festgestellt worden sind, es sich demnach doch um ein Eisenhüttenzentrum handeln dürfte (vgl. Kap. 5.2).

6.3 Die montanistische Umgebung

Von den Spuren römischer Besiedlung ist in der Umgebung vor allem die Inschrift am Stiegenaufgang im Schloss Lang bei Feldkirchen von Bedeutung,¹⁵¹ wo ein Marcus Trebius Alfius, u. a. *praefectus iure dicundo* in Aquileia, sich als Pächter der norischen Eisengruben (..CFN..: *conductor ferrariorum Noricarum*) bezeichnet (Abb. 19). Wahrscheinlich bedeutet *ferraria* aber das gesamte Eisenwesen, vom Bergbau bis zur Eisenerzeugung im Rennofen, wohl dann auch die Herstellung der Handelsformen in der Schmiede. Ein solcher Unternehmer, wie Alfius, der auch das Amt eines *praefectus iure dicundo* im Handelszentrum Aquileia bekleidete, scheint in Feldkirchen als Pächter der norischen Eisensteuer tätig gewesen zu sein; die Erzbasis für die Verhüttung muss in der Umgebung gesucht werden, ist aber bisher unbekannt. Die Analyse der Schlacken kann den verwendeten Erztyp charakterisieren, aber meist die genaue Grube nicht sicher bestimmen.¹⁵²



Abb. 19:
Der römische Altarstein am Stiegenaufgang des Schlosses Lang bei Feldkirchen, der mit M. Trebius Alfius einen *conductor ferrariorum Noricarum* als Stifter ausweist.

6.4 Ferrum Noricum, der Stahl aus dem antiken Kärnten

6.4.1 Zur Verhüttung des Erzes

Karbonatische Eisenerze (Siderite) und die daraus entstandenen Oxide und Hydroxide, am Erzberg mit Braun- und Blauerz bezeichnet, können ohne Röstung zu Eisen reduziert werden, wenn auch der Röstprozess (Temperaturen zwischen 500 und 1000 °C unter oxidierenden Bedingungen, meist in Haufen) eine nützliche Vorbereitung ist. Das Gemisch von Erz und Holzkohle liegt beim Rennofen für den direkten Prozess um 1:1 Gewichtsteilen (im Volumen etwa 1:10!). Wenn auch die Reduktion im CO-Strom schon um 600 °C beginnt, strebt man doch mittlere Temperaturen zwischen 1100 °C und 1300 °C an, um die Trennung der festen Luppe (*massa ferri*, im Alpenraum:

¹⁵¹ H. MALZACHER, Der Magdalensberg und seine Beziehung zum norischen Eisenwesen, Berg- u. hüttenmännische Monatsh. 108/3, 1963, 49 ff.; G. PICCOTTINI, Antike Zeugnisse für das „ferrum Noricum“, in: 2500 Jahre Eisen aus Hüttenberg – eine montanhistorische Monographie (Klagenfurt 1981) 70 ff.; PICCOTTINI 2000.

¹⁵² SPERL 1985, 410 ff.

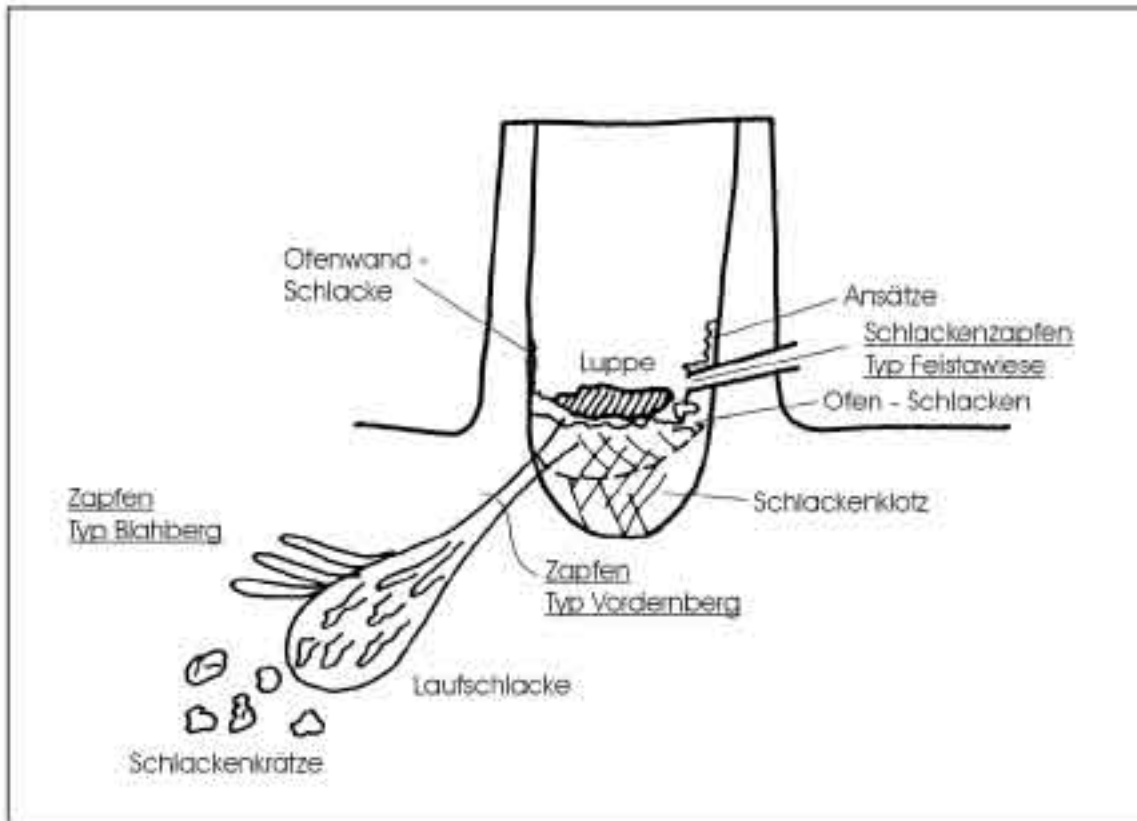


Abb. 20: Schlackentypen, die bei Ausgrabungen von Rennöfen im Alpenraum gefunden wurden.

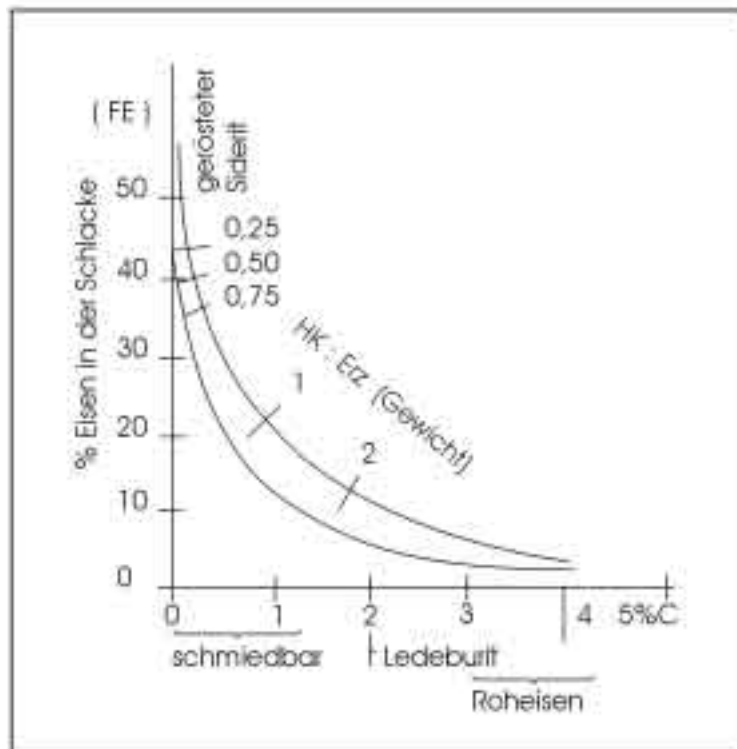


Abb. 21: In richtungweisenden Experimenten haben Tylecote und Mitarbeiter nachgewiesen, dass für das direkte Verfahren eine Gegenläufigkeit von Kohlenstoffgehalt im Eisen und Eisengehalt in der Schlacke besteht.

die „Maß“, Schmelzpunkt um 1500 °C) von der bei 1200 °C flüssigen Schlacke zu ermöglichen; örtlich, im Eintrittsbereich der Luft, können Temperaturen um 1500 °C erreicht werden,¹⁵³ die aber mengenmäßig ohne Bedeutung sind.

Für einen Eisengehalt des oxidischen Erzes von 40 bis 60% Fe haben schon Tylecote und Mitarbeiter¹⁵⁴ eine deutliche Gegenläufigkeit des Kohlenstoffgehaltes des erzeugten Eisens mit dem Resteisengehalt (über 40% Fe) in der Schlacke festgestellt (Abb. 21).

Die Theorie des „direkten“ Verfahrens, bei dem direkt aus dem Erz schmiedbares, festes Eisen erzeugt wird, hat E. Schürmann¹⁵⁵, Professor für Eisenhüttenkunde an der Bergakademie Clausthal-Zellerfeld, bereits 1958, nach ersten Untersuchungen an Schlackenfunden,¹⁵⁶ veröffentlicht. Bei den im Rennofen unter Verwendung von Blasebälgen und Holzkohle herrschenden Bedingungen kann auch hochgekohltes, daher um 1200 °C flüssiges Eisen (Roheisen, Gusseisen, Graglach) entstehen, das dann wie die Schlacke aus dem Ofen rinnt. Wie die theoretischen Betrachtungen, die eigenen Versuche und die Funde an Eisenschmelzplätzen zeigen, ist dieser Anteil minimal und betrug erst am Ende der Stuckofen-Ära um 1760 in Vordernberg maximal 30%, damals aber durchaus beabsichtigt (Abb. 21–22). Gusseisen wurde aber schon an Schmelzplätzen und Schmieden seit der Latènezeit immer wieder nachgewiesen. Wie und ab wann dieses unbeabsichtigte Nebenprodukt in der Antike verwendet wurde, ist bisher noch nicht geklärt.¹⁵⁷

Im historischen Eisenwesen lassen sich hinsichtlich der Ofenterminologie folgende Unterscheidungen treffen:¹⁵⁸

- a) Rennfeuer und Rennofen:
Mit Handblasebalg oder natürlichem Zug (Wind) betrieben, bis 50 kg/Tag: in Afrika bis ins 20. Jahrhundert im Gebrauch; Rennfeuer und -ofen unterscheiden sich durch den Aufbau: Grube oder Schacht (vgl. Abb. 22), 1 000 bis 10 000 kg Kohle/t Rauheisen.
- b) Stuckofen:
Antrieb der Blasebälge durch ein Wasserrad; bis 700 kg/Tag: erfordert Gebäude und damit Kapital, etwa ab dem 13. Jahrhundert im Alpenraum üblich, 2 000 bis 5 000 kg Kohle/t Rauheisen.
- c) Floßofen:
Zur Herstellung von flüssigem Roheisen umgebauter Stuckofen um 1800; engere Gestellweite bei gleichem Gebläse, bis 2 000 kg/Tag, 1 000 bis 1 500 kg Kohle/t Roheisen.
- d) Hochofen:
Speziell zur Roheisenerzeugung erbauter Ofen, mit spezifischem Ofenprofil; Tageserzeugung heute bis zu 10 000 t/Tag, unter 500 kg Koks/t Roheisen.

Seit den Ofenfunden von Möselhof und aus Kitschdorf im Görtschitztal¹⁵⁹ kann man auch die Effektivität der Eisenerzeugung abschätzen, die durchaus eine Parallele in der spätlatènezeitlichen Siedlung von Kelheim/Donau¹⁶⁰ hat: Entgegen der bisher allgemeinen Meinung, dass der Ofen für

¹⁵³ SPERL 2001.

¹⁵⁴ A. E. WRAITH – R. F. TYLECOTE, The Mechanism of the bloomery process in shaft furnaces, Journ. Iron and Steel Institute 1971, 341 ff.

¹⁵⁵ E. SCHÜRMAN, Die Reduktion des Eisens im Rennfeuer, Stahl und Eisen 78/19, 1956, 1297 ff.: Dieser Artikel wurde vertieft in einem Vortrag vor dem GA des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh) 1986: Beitrag zur Metallurgie des Rennfeuers (Manuskript, erh. v. Hr. Lehmann 19.3. 1987) in Clausthal-Zellerfeld, nach einem FN-Vortrag des Autors daselbst.

¹⁵⁶ OELSEN – SCHÜRMAN 1954.

¹⁵⁷ H. STRAUBE, Ferrum Noricum und die Stadt auf dem Magdalensberg (Wien – New York 1996); SPERL 2002, 63.

¹⁵⁸ G. SPERL, Aufgaben, Durchführung und Ergebnisse von Schmelzversuchen, Ferrum 57, 1986, 31 ff.

¹⁵⁹ F. GLASER, Norische Rennöfen im Görtschitztal, in: Grubenhunt und Ofensau. Vom Reichtum der Erde, Ausstellungskat. Hüttenberg/Heft, Bd. 2 (Klagenfurt 1995) 273 ff.

¹⁶⁰ H. GEISLER, Untersuchungen zur Eisenproduktion im Raum Kelheim (Niederbayern), in: Symposium Archäometallurgie (Mainz 1986) 30 f.

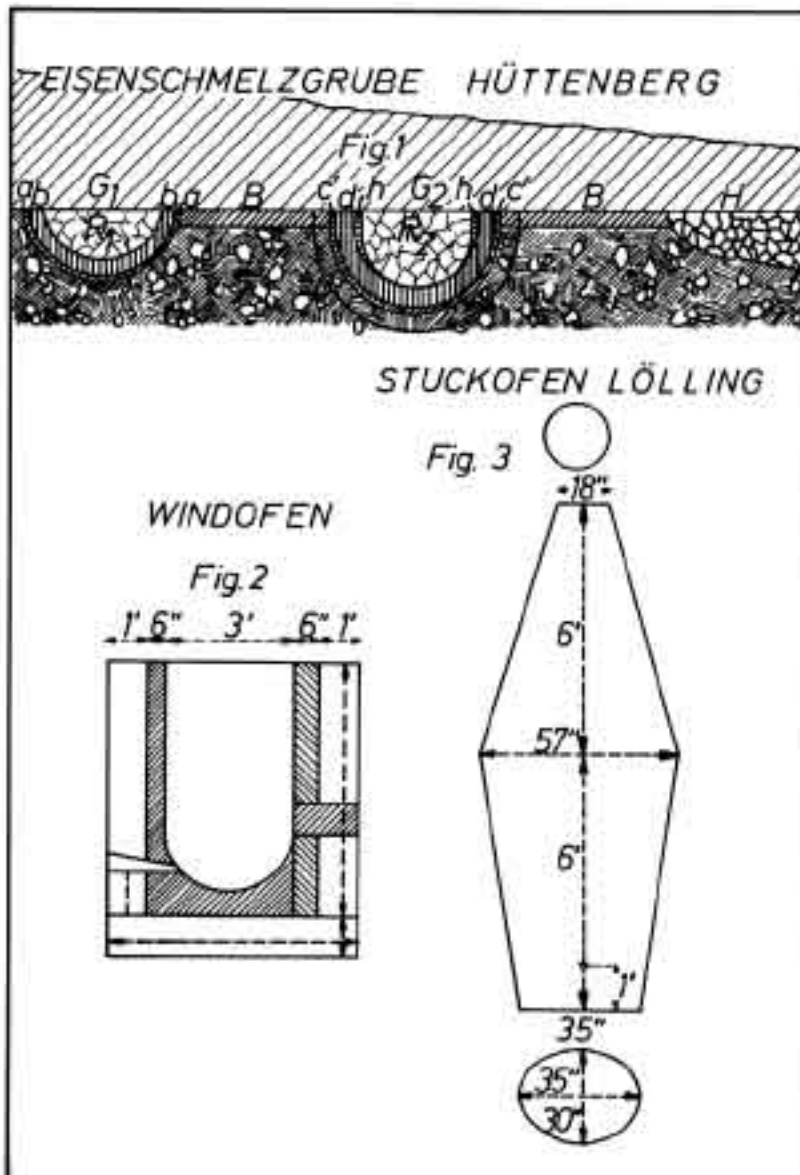


Abb. 22:
Bereits 1873 hat Münichsdorfer die Ofentypen des direkten Verfahrens zur Eisenerzeugung in Rennfeuer (Schmelzgruben) (Fig. 1), Rennöfen (Fig. 2) und Stucköfen (Fig. 3) unterteilt.

jede Luppe aufgebrochen, ja zerstört werden musste, lässt sich anhand der Schmelzspuren an der Ofenwand beweisen, dass hier (zwischen dem 1. Jahrhundert vor und dem 5. Jahrhundert n. Chr.) in Öfen mit mehr als 1 Meter Innenweite gleichzeitig mehrere Luppen, jeweils vor den Winddüsen, hergestellt wurden und diese zwischen 10 und 25 kg, im Mittel etwa 20 kg wogen. Bei jeweils 6 Stunden Durchsatzzeit konnten so täglich je Winddüse 60 kg Rauheisen, bei vier Düsen damit 240 kg Eisen täglich gewonnen werden,¹⁶¹ die etwa die gleiche Gewichtsmenge an Holzkohle, im Volumen sind dies 2 bis 3 Kubikmeter, benötigten. Der Vorteil dieses Verfahrens, das ohne Unterbrechung mehrere Wochen ausgeführt werden konnte und eine gute Arbeitsorganisation benötigte, wie eigene Versuche im Jahr 2000 zeigten,¹⁶² liegt in der gewaltigen Energieersparnis von über

¹⁶¹ G. SPERL, Der Eisenprozeß des Ferrum Noricum (1. Jh. v. Chr.) – Posterschau, in: G. SCHULZE (Hrsg.), Archäometrie und Denkmalpflege. Kurzberichte 1997, Jahrestagung der Arbeitskreise Archäometrie und Archäometrie und Denkmalpflege im Archäologiezentrum der Universität Wien 24.–26. März 1997 (Berlin 1997) 239 f.

¹⁶² Bericht G. SPERL, Norischer Stahl: Grundlegende Versuche in Kärnten mit Leobner Know-how, Obersteirische Zeitung vom 30.6. 2001 (mit Abbildung).

50% und der mit dem konstanten Ofenbetrieb gleichmäßigen Qualität. Die vor jeder Winddüse abgelagerten Luppen wurden entweder mit einer langen Zange aus der Gichtöffnung oder mit einer Eisenstange aus der Schlackenöffnung gezogen.¹⁶³ Der Ferrum-Noricum-Prozess ist damit als Meisterleistung der keltisch-römischen Hüttenleute und ihrer Verwaltung zu sehen.

6.4.2 Die Handelsform des *ferrum noricum*

Die von G. Piccottini¹⁶⁴ zusammengestellten Zeugnisse für das FERRUM NORICUM in der Literatur und in Kärntner römischer Inschriften zeigen die Bedeutung des norischen, ursprünglich wohl keltischen Eisenwesens und legen den Schluss nahe, dass es sich beim FERRUM NORICUM um eine Qualitätsmarke handelt, die für schneidende Werkzeuge, wie Messer und Sensen, eingesetzt wurde. Dies setzt voraus, dass hier ein definierter Kohlenstoffgehalt (optimal zwischen 0,5 und 0,8% C) und auch die Reinheit, damit die Verarbeitbarkeit in der Schmiede, garantiert wurde. Das Zentrum zur Qualitätsprüfung¹⁶⁵ ist in den Schmiedefeuern anzunehmen, die H. Vettters am Magdalensberg fand.¹⁶⁶ Für das Eisen Noricums¹⁶⁷ muss man mit zwei Definitionen rechnen:

1. Im weitesten Sinne: „*ferrum noricum*“ ist aller in der Provinz Noricum hergestellter Stahl, sei es weiches Schmiedeeisen (unter 0,1% C), sei es Stahl für Werkzeuge (als FN) oder Zwischenqualitäten, wie sie 1 500 Jahre später im Angebot der Kärntner Eisenhändler stehen.¹⁶⁸ Die Definition der Herkunft aus der Analyse der Schlackeneinschlüsse kann in breitem Bereich schwanken. So fanden jüngst H. Preßlinger und M. Mayr an den Werkzeugfunden vom Gründberg in Linz (Spätlatène-Zeit), dass die Schlackeneinschlüsse auf eine prinzipiell andere Erzlagstätte, vielleicht Kelheim in Bayern, hinweisen.¹⁶⁹
2. Das FERRUM NORICUM gilt als Qualitätsmarke, die einen Werkstoff mit eng garantierter Qualität bezüglich Härte (C-Gehalt) und Verarbeitbarkeit (geringe Einschlusszahlen und gleichmäßige Verteilung) erfordert. Nach der Analyse der Einschlüsse (in der Mikrosonde) soll er dem Typ des Hüttenberger Erzes zuzuordnen sein.

6.5 Schlacken-Untersuchungen

Die anlässlich der Begehung in Feldkirchen im August 2000 aufgesammelten Schlackenproben wurden gewaschen, fotografiert und dann wurde eine Auswahl je nach Schlackentyp¹⁷⁰ zerschnitten. Auf der Schnittfläche wurde in einem vom Kärntner Landesmuseum geförderten Projekt die Dokumentation, Probenahme und Schliffherstellung, schließlich auch die Verteilung der Magnetisierbarkeit¹⁷¹ festgestellt und als Vorschlag zur Probenahme für Anschliffe zur mikroskopischen Untersuchung verwendet. Die Proben wurden in grünes Epoxi-Gießharz (Scandiplast) eingebettet, um dann in der metallographischen Abteilung des Erich-Schmid-Institutes mit Schleifpapier und Diamantpaste die Anschliffe herzustellen.

Aus den Untersuchungen kann man, zuerst aus der Typologie, dann aus dem Gefüge, vor allem der Verteilung von metallischem Eisen, Wüstit, Fayalit und Glas, Rückschlüsse auf die metallurgische Verfahrensweise ziehen. Aus der chemischen Analyse und dem Vergleich mit Schlackeneinschlüssen in Fertigprodukten kann eine Zuordnung der Schlackenproben getroffen werden.

¹⁶³ SPERL 2002, 62.

¹⁶⁴ PICCOTTINI 2000.

¹⁶⁵ SPERL 2001.

¹⁶⁶ H. VETTERS, *Ferrum Noricum*, AnzWien 103, 1966, 167 ff.

¹⁶⁷ ALFÖLDY 1974, 113 f.

¹⁶⁸ H. WIEßNER, *Geschichte des Kärntner Bergbaues*. Kärntner Eisen, Archiv Vaterländ. Gesch. u. Topogr. 41/42 III (Klagenfurt 1953).

¹⁶⁹ H. PREßLINGER – M. MAYR, *Celtic Steel – an evaluation of depot finds*, *Steel Research* 72/8, 2001, 283 ff.

¹⁷⁰ SPERL 1980.

¹⁷¹ Das Verfahren wird kurz beschrieben in SPERL 1980, 160 (Schlacken Waschenberg/OÖ).

6.5.1 Zur Typologie

Bereits W. Oelsen und E. Schürmann haben die Typologie der Eisenhüttenschlacken zu deuten versucht:¹⁷² „Die verschiedenen Arten der Rennfeuerschlacken“ unterteilen sie in Laufschlacken und Ofenschlacken. Die moderne Typologie¹⁷³ unterscheidet für Feldkirchen: Laufschlacken oder Fließschlacken (FK2000/A-1, Abb. 23), Ofenschlacken (FK2000/B1, Abb. 24), Schlackenkrätze (FK2000/C-1, Abb. 25), Ofenwandschlacke (FK2000/E-3/4, Abb. 26) und einen Schlackenklotz (FK2000/D, Abb. 27). Am Fundort war der Typ der Laufschlacken (A) vorherrschend, der Schlackenklotz (D) ist deutlich anreduziert, wie die Verteilung der Ferritgleichwerte (FG) anzeigen, und hätte als reiches „Erz“ wieder eingesetzt werden können.

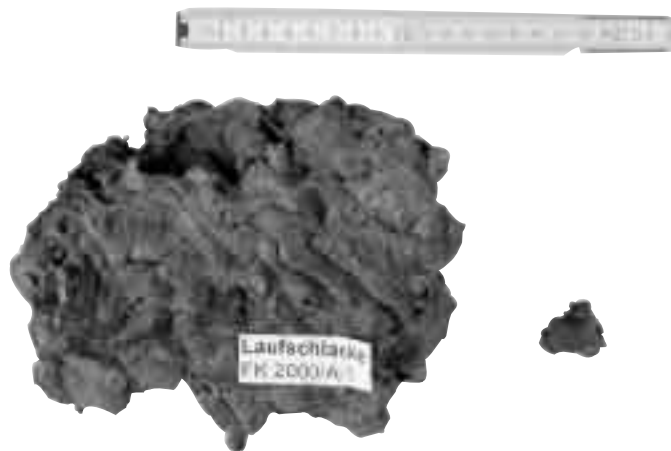


Abb. 23: Lauf- oder Fließschlacke (FK2000/A-1, 1800 g).



Abb. 24: Ofenschlacke (FK2000/B1, 1900 g).

¹⁷² OELSEN – SCHÜRMANN 1954.

¹⁷³ SPERL 1980.



Abb. 25: Schlackenkrätze (FK2000/C-1, 1800 g).



Abb. 26: Ofenwandschlacke (FK2000/E-3/4, 5 g/5 g).



Abb. 27: Schlackenklotz (FK2000/D, 13 kg).

6.5.2 Zur Metallurgie

Zwei Proben wurden dazu eingehender im Mikroskop untersucht:

- a) Der Schlackenklotz FK2000/D (Abb. 27 und 28c) zeigt recht unterschiedliche Eisenverteilung: Bereiche mit über 50% Fe (Abb. 29), daneben auch Flecken mit unter 40% Fe (Abb. 30); blütenförmige Eisenausscheidungen in einer Matrix mit etwa 45% Fe (Abb. 31), auch richtiger „Eisenschwamm“ (Abb. 32); die Gefüge entsprechen den oben festgestellten Magnetisierungswerten, ein mittlerer Eisengehalt von 55% Gesamteisen ist anzugeben, worin etwa 15% Fe metallisch vorliegen.

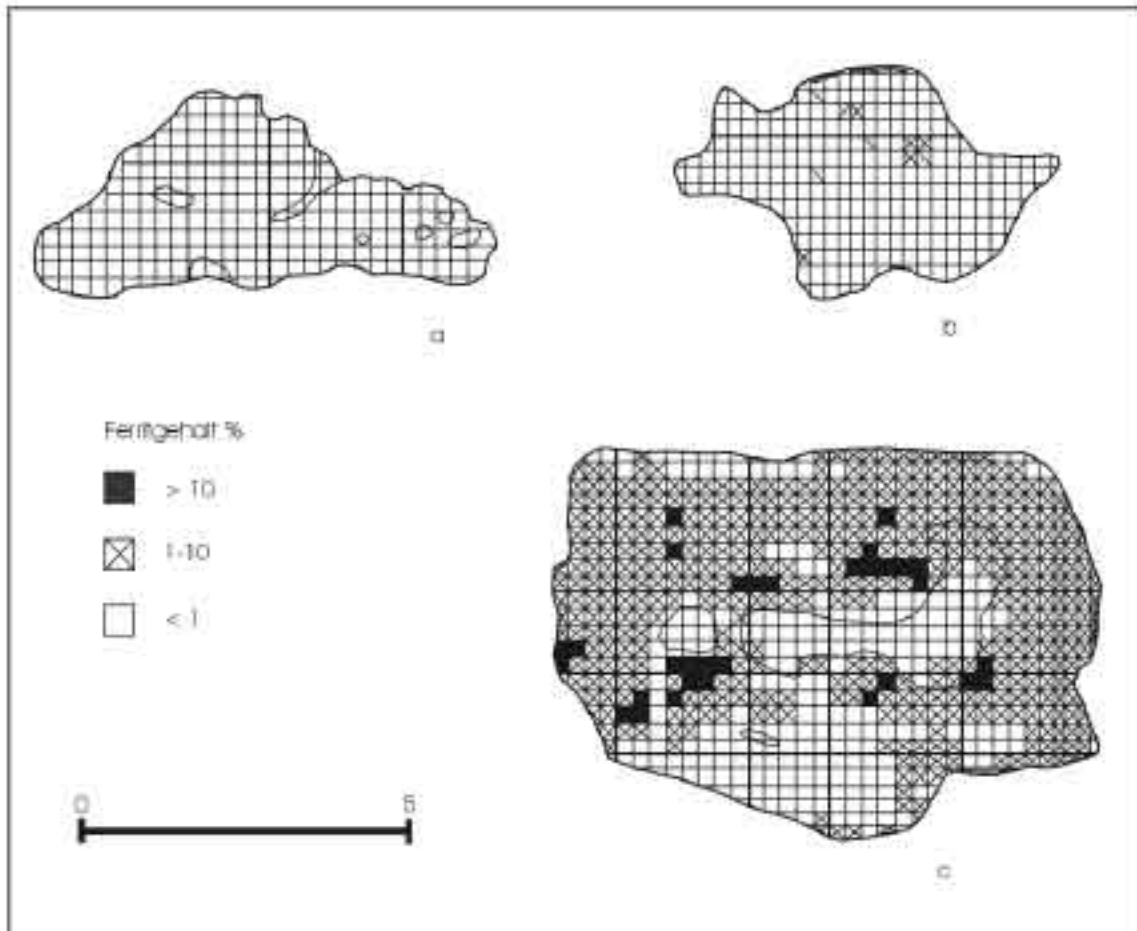


Abb. 28: Verteilung der Magnetisierbarkeit der Schlacken im Schnitt: % FG = Ferrit-Gleichwert (Ferritgehaltmesser Förster, Reutlingen, D); a – Laufschlacke (FK2000/A-1a), b – Ofenschlacke (FK2000/B-1b), c – großer Block (FK2000/D-1a).

- b) Das Gefüge des Laufschlackenstückes A-2 zeigt hingegen einen homogenen Eisengehalt mit etwa 40% Fe an, einem idealen Grenzwert für die Eisenerzeugung, da das damit im Gleichgewicht stehende Eisen C-Gehalte um 0,4–0,6% enthalten dürfte.

6.5.3 Zur Herkunft

Am Laufschlackenfragment FK2000/A-2 (Abb. 33–34) wurden am Institut für Metallkunde und Werkstoffprüfung der Montanuniversität Leoben Untersuchungen mit dem Raster-Elektronenmikroskop mit EDAX-Analytik ausgeführt. Diese zeigten (Abb. 35a–d), dass ein typischer Mangangehalt



Abb. 29: Schlackenklotz FK2000/D: Bereiche mit über 50% Fe: Wüstit (hell). V = 100 x [OB16-13].

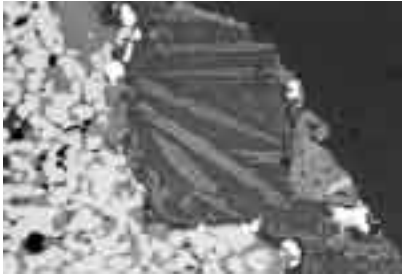


Abb. 30: Schlackenklotz FK2000/D: Flecken mit unter 40% Fe. V = 100 x [OB16-16].



Abb. 31: Schlackenklotz FK2000/D: blütenförmige Eisenausscheidungen in einer Matrix mit etwa 45% Fe. V = 100 x [OB16-11].



Abb. 32: Schlackenklotz FK2000/D: „Eisenschwamm“. V = 100 x [OB17-1].

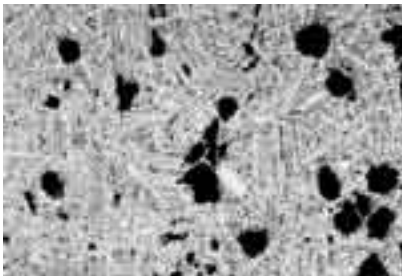


Abb. 33: Laufschlackenfragment FK2000/A-2: Blasige Mittelzone: Wüstit (hell), Fayalit (grau), Glas (dunkle Matrix). V = 100 x [OB17-11].

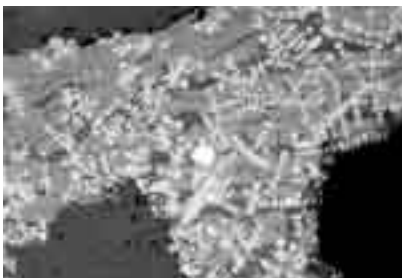
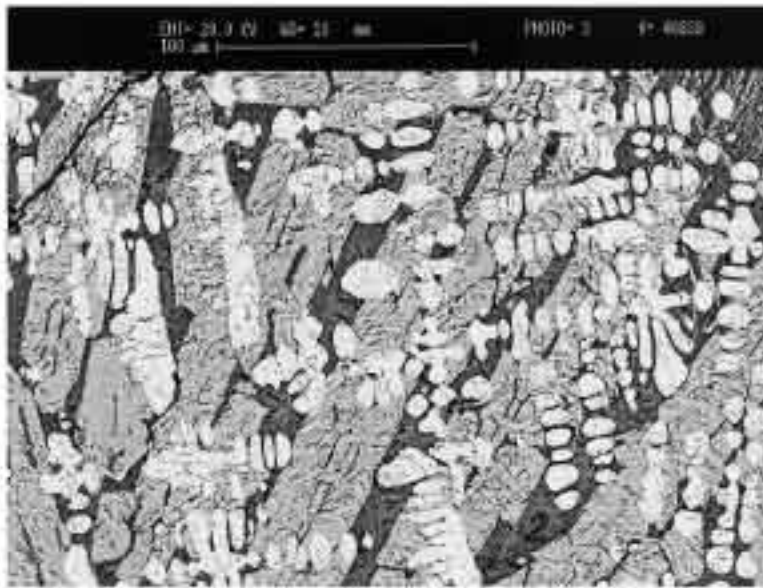
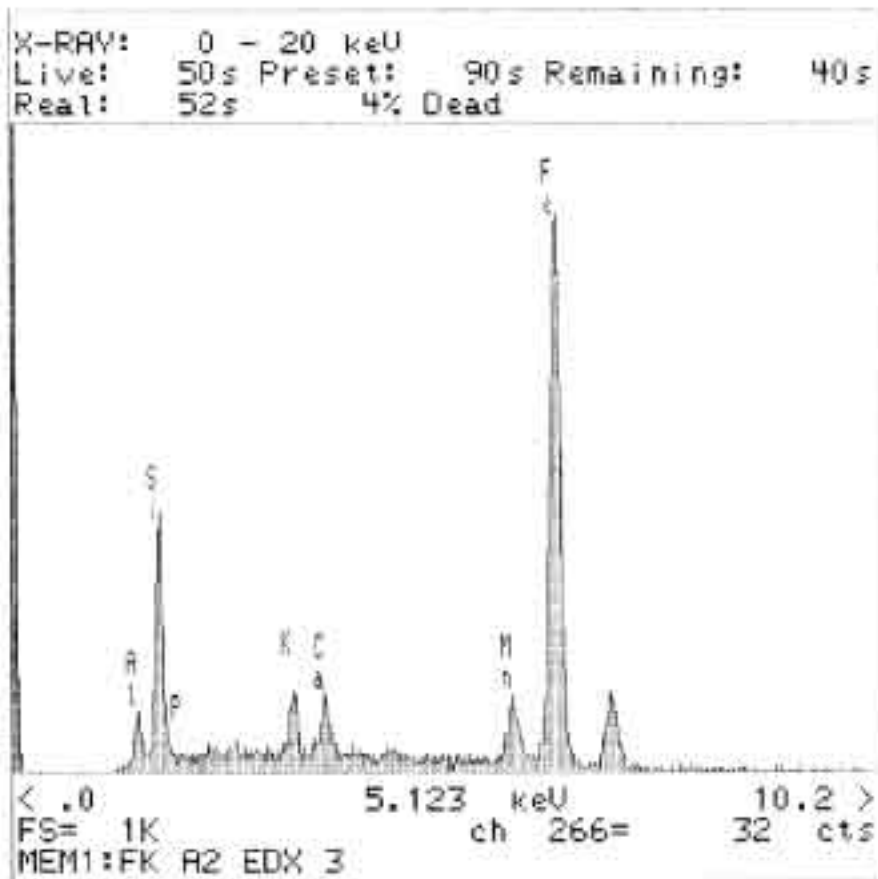


Abb. 34: Laufschlackenfragment FK2000/A-2: Randzone: Eisenkorn (weiß), Wüstit (hell), Fayalit (grau), Glas (dunkle Matrix). V = 200 x [OB17-14].

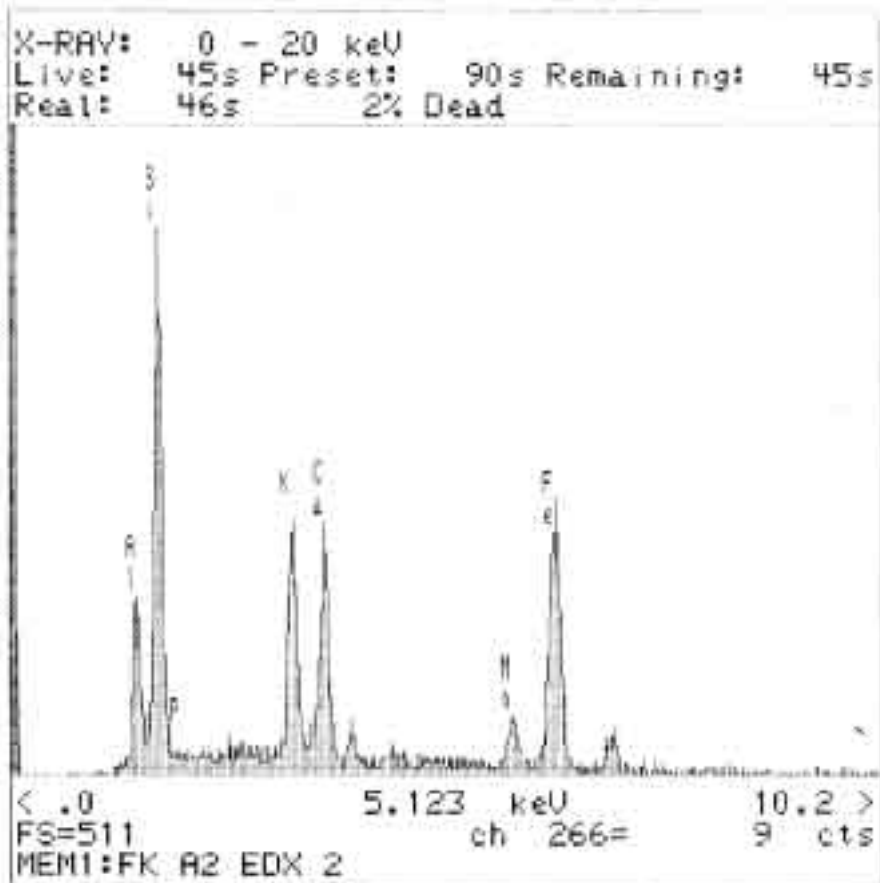


a

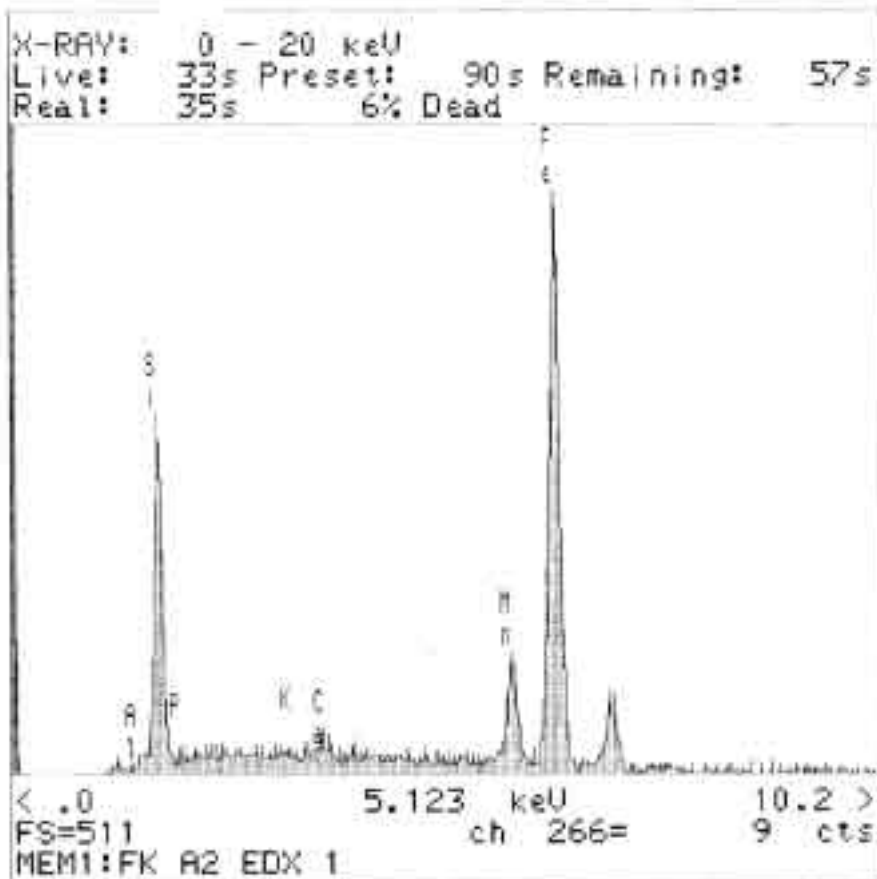


b

Abb. 35: Die Ergebnisse der Untersuchung mit dem Raster-Elektronenmikroskop des Institutes für Metallkunde und Werkstoffprüfung der MU Leoben; Probe A-2: a – Sekundär-Elektronenbild: Wüstit, Fayalit, Glas, $V = 300 \times$; b – Übersicht: Rasterbereich $200 \times 135 \mu\text{m}$, Analytik mit EDAX; c – Die glasige Phase (dunkel), leuzit-hältig (K,Al), Analytik mit EDAX; d – Die Fayalit-Stengel (grau): Fe/Mn-Silikat, Analytik mit EDAX.



c



d

vorliegt, während der Phosphorgehalt, auch in der Glasphase, nur geringfügig ist, beides Kennzeichen der Sideriterze in den Ostalpen, so auch in Kärnten um Hüttenberg.

6.6 Ergebnis

Die Schlacken zeigen in ihrer Typologieverteilung und im Schliffbild eindeutig, dass in Feldkirchen Eisen aus Erzen erschmolzen, d. h. als feste Luppe gewonnen wurde. Das verwendete Erz ist dem Typ „Hüttenberg“ auf Grund der Mangan- und Phosphorgehalte verwandt, es dürfte sich um verwitterten Eisenspat gehandelt haben, von dem, wie auch an anderen Lagerstätten noch in der frühen Neuzeit nachweisbar, der Großteil des Kalkes ausgewaschen wurde. Aus den Eisengehalten der Schlacken, die sich auch aus dem Schliffbild abschätzen lassen,¹⁷⁴ kann geschlossen werden, dass auch hier relativ gut gekohltes Eisen erzeugt wurde, das der Qualitätsmarke entsprechen könnte. Es wurde wohl, wahrscheinlich nach der Sortierung nach Qualität am Magdalensberg oder einem ähnlichen Betrieb mit Schmiedefeuern, nach Aquileia verhandelt. Der gefundene Schmelzplatz erweitert das Kärntner Eisenerzeugungsgebiet auf Basis der Siderite nach Westen. Das hier erzeugte Eisen kann demnach nur der engeren Definition des FERRUM NORICUM entsprechen haben.

(G. S.)

¹⁷⁴ SPERL 1980, 20 ff.; 43 ff.