

# Mikroskopische Untersuchung der Eisenschlacken aus Voitmannsdorf

von W. Scharff

[www.jungsteinSITE.de](http://www.jungsteinSITE.de)

14. Januar 2004

## Einführung

Im Sommer 2001 konnten in der Flur Strohholz bei Voitmannsdorf neben endneolithischen Funden auch zahlreiche Hinterlassenschaften der Späthallstatt- bis Frühlatènezeit geborgen werden, darunter einige als Eisenschlacken angesprochene Stücke. Die Frage war, ob es sich um gewöhnliche Schmiedeschlacken oder um Verhüttungsschlacken handelt. Auf Eisenverhüttung innerhalb einer frühkeltischen Siedlung wurde erstmals von Gassmann (1998) hingewiesen.

## Methodik

Zur lichtmikroskopischen Untersuchung wurden 42 Funde übergeben, die meisten Stücke sind mit etwa 2-5 cm Durchmesser relativ klein. Lediglich 2 Schlackebrocken sind knapp faustgroß.

Die Funde wurden zunächst unter dem Binokular bei 5 bis 20-facher Vergrößerung untersucht und klassifiziert. Demnach handelt es sich um limonitisches Eisenerz (20 Stücke), um Schlacke (13 Stücke), ferner um 3 Fragmente aus verschlacktem Lehm, um 3 Quarzit- bzw. Sandsteinbrocken, um 2 sehr kleine, schwach gebrannte Lehmbröckchen und um einen vollständig korrodierten Eisenfund (siehe Tab. 1). Mit einem starken Magneten wurden die magnetischen Eigenschaften der Schlacke- und Erzstücke beurteilt. (Die als stark magnetisch bezeichneten Stücke blieben an einem Industriemagneten hängen. Die übrigen Stücke wurden nacheinander auf eine Waage gelegt. Die eventuelle Gewichtsminde rung bei Annäherung des Magneten an die Probe war die Grundlage der Bewertung – magnetisch oder schwach bzw. nicht merklich magnetisch, s. Tab. 1). Anschließend wurden von 6 Proben Querschliffe bzw. Dünnschliffe angefertigt und ausgewertet (Voi-1 bis 3, Voi-5 bis 7).

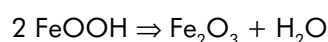
## Ergebnisse

### Eisenerz

Die Erzbrocken erwiesen sich als Limonit (FeOOH, Brauneisenstein) mit stark wechselnden Gehalten an ungleichkörnigem Quarzsand. Keinesfalls handelt es sich um Doggererz, wahrscheinlich stammen die Stücke aus dem Erzhorizont der Oberkreide. Denn auch die Oberflächenbeschaffenheit und Kornform der Quarzkörner sind charakteristisch für Kreidesedimente, die der Frankenalb stellenweise noch aufliegen.

Etwa die Hälfte der Erzbrocken ist ocker- bis dunkelbraun (die Strichfarbe ist ebenfalls braun) und unmagnetisch, die andere Hälfte ist teilweise oder vollständig rotbraun verfärbt, davon sind 5 Stücke magnetisch (s. Tab. 1).

Wahrscheinlich gehen rötliche Verfärbung und Magnetismus auf Phasenumwandlungen im Feuer zurück. Denn oberhalb etwa 200-250°C werden Goethit ( $\alpha$ -FeOOH), Lepidokrokit ( $\gamma$ -FeOOH) und weitere wasserhaltige Eisenoxide in wasserfreie Oxide des Eisens umgewandelt, nämlich in den ferrimagnetischen Maghemit ( $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) und in den schwach ferromagnetischen Hämatit ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>):



Bei der Entwässerung des Erzes kam es auch zur Bildung von sichtbaren Rissen (Voi-2).

#### *Schlacke*

Die Färbung der Schlacken ist grau bis dunkelgrau, meist mit rostbraunen Flecken. Ursprünglich waren die meisten Stücke stark mit Holzkohle durchsetzt, der Anteil der zahlreichen groben offenen Poren - sie gehen auf die vergangene Holzkohlestückchen (ca. 5 bis 10 mm D.) zurück - beträgt ca. 50 Vol.-%. Einzelne winzige Holzkohlefragmente sind mehr oder weniger stark mit Rost imprägniert.

Abweichend von den o.a. grobporigen Schlacken besitzt der singuläre Fund (Fd.-Nr. 142; Voi-1) knollenförmige, annähernd flach kugelige Gestalt. Grobe Poren fehlen ebenso wie Bruchflächen, v.a. an der Unterseite ist das Stück stark ferromagnetisch. Korrosion ließ die Knolle aufplatzen: Aus tiefreichenden frischen Rissen treten weiße bis gelbliche Eisensalze aus, die typisch für die sulfatinduzierte Korrosion von metallischem Eisen sind. (Die hohe Sulfatbelastung kam vermutlich über den schadstoffbelasteten sauren Regen in den Boden.)

In den Schliffen wird sichtbar, dass die Schlacken vollständig kristallin erstarrt sind. Hauptbestandteile sind Olivin (Fayalith) und dendritisches Eisenoxid (Wüstit) (Voi-1, Voi-3, Voi-6). Daneben existieren einzelne (Voi-6) bis verhältnismäßig zahlreiche (Voi-1, Voi-3) Partikel aus metallischem Eisen (D. ca. 0,02 - 0,1 mm), die oft in bis zu mehrere mm langen perlschnurartigen Aggregaten oder Schlieren angereichert auftreten.

Das Makrogefüge der Schlacken lässt den Schluss zu, dass aufgeschmolzene Klumpen im cm-Bereich geflossen, zusammengebacken und bald darauf zwischen der Holzkohle erstarrt sind (Voi-3); zwischen den „Klumpen“ liegen Abkühlungsränder aus Eisenoxiden. Offenbar handelt es sich bei der aus hochviskoser Schmelze entstandenen, holzkohlereichen Eisenschlacke um eine Ofenschlacke.

#### *Eisen*

Erst nachdem ein stark ferromagnetischer Fund (Fd.-Nr. 199; Voi-7) seitlich angeschliffen worden war, wurde deutlich, dass es sich um ein gefaltetes und völlig durchkorrodiertes Eisenteil handeln muss. Auf weitere Untersuchungen wurde verzichtet.

#### *Verschlackter Lehm*

Die dunkelgrauen (Fd.-Nr. 120 und 325) oder beigebraun bis dunkelgrün gefleckten (Fd.-Nr. 50) quarzsandhaltigen Stücke sind leicht ferromagnetisch und deutlich spezifisch leichter als die oben beschriebene Eisenschlacke.

Ein Exemplar (Fd.-Nr. 50; Voi-5) besteht aus verglastem schluffreichem Lehm (Löblehm?) mit einer aufliegenden, ca. 6 mm dicken Schicht aus randlich korrodierten grobkörnigen Quarzen in brauner, glasiger Matrix, die stellenweise in schlierig-grünblaues Glas übergeht oder von einem mit Rost überzogenen Schlacketropfen bedeckt wird, der bis 1 mm große metallische Eisenpartikel enthält.

Man wird nicht fehlgehen, die gerade mal nussgroßen Fragmente als Teile der Schmelzofenwand zu interpretieren.

#### *Tondüsenfragment*

Bei der mikroskopischen Untersuchung der Keramik wurde das

u-förmige Fragment einer Tonröhre mit ca. 10 - 15 mm Wandstärke aussortiert (Vo 1-2-171-15) (Abb. 1). Der ursprüngliche Innendurchmesser der Röhre betrug ca. 30 mm. Die Färbung des durchgehend gesinterten, feinporigen Tons ist grau. Der schwach sandhaltige Ton wurde vegetabil gemagert.

Die Oberfläche der stark verglasten, flaschengrünen Außenseite ist unruhig. Unter dem Binokular erweisen sich einige der Dellen als flau abgedrückte Holzkohle.

Leider fanden sich weder Anhaftungen von Eisenschlacke noch ist das typische abgeschmolzene Ende einer Tondüse erhalten. Trotzdem spricht nichts dagegen, dass es sich um das Fragment einer Winddüse aus einem Eisenschmelzofen handelt.

## Interpretation und Diskussion

Die Interpretation der Voitmannsdorfer Eisenschlacken muss vor dem Hintergrund erfolgen, dass klare Befunde eines Verhüttungs-ofens, einer Röstanlage oder einer Schmiede fehlen. Die Funde - und dabei handelt es sich um verhältnismäßig wenige und kleine Stücke - streuen einerseits über beide Schnitte, konzentrieren sich aber andererseits im Bereich der frühlatènezeitlichen Gefäßdeponierung (s. Hauptbeitrag). Ein Teil der Funde ist lediglich von Streufundcharakter. Dies mag daran liegen, dass die eigentlichen Ofen- oder Herdbefunde in den kleinen aufgedeckten Flächen nicht erfasst oder bereits durch Erosion abgetragen wurden. Der Zusammenhang zwischen der Schlackenkonzentration und der Gefäßdeponierung spricht nach Angaben der Ausgräber für eine eisenzeitliche Zeitstellung der Schlacken.

Auf der Geologischen Karte 6033 Hollfeld sind in der näheren Umgebung von Voitmannsdorf drei Vorkommen des kreidezeitlichen Erzhorizontes verzeichnet. Zwei kleinere liegen ca. 1,5 km südwestlich des Strohholzes, ein größeres, dem weitere nach Norden in Richtung Wiesenfels folgen, liegt ca. 1,5 km nördlich von Voitmannsdorf. Weitere Vorkommen wurden östlich von Drosendorf kartiert (u.a. „Atzberg“).

Der Erzhorizont trägt auch die Bezeichnung Erzletten. Ton-, Eisen- und Sandgehalte wechseln beträchtlich. Je nach Beschaffenheit wird er als Brauneisenerz (derb bis mulmig), Ockererz oder Ockerton bezeichnet. Die derben Erzbrocken aus der Grabung dürften aus dem Erzhorizont stammen, entweder als herbeigeschaffter Rohstoff oder als natürlich umgelagerte Relikte.

Einige der vorgelegten Erze gerieten absichtlich oder unabsichtlich ins Feuer, wodurch chemisch gebundenes Wasser freigesetzt wurde (d.h. die Umwandlung von  $\text{FeOOH}$  in  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Das „Trocknen“ des limonitischen Erzes wäre Voraussetzung für einen erfolgreichen Verhüttungsprozess, da das Wasser in einem endothermen Prozess entfernt werden muss. Außerdem ist vorteilhaft, dass Erzbrocken durch die vorangehende thermische Behandlung zerkleinert werden, was wiederum den Reduktionsprozess erleichtert.

Die gleichartige Beschaffenheit der Schlacken bezüglich Färbung, Form und Gefüge lässt den Schluss zu, dass die chemischen bzw. chemisch-physikalischen Bedingungen, die zu ihrer Bildung geführt haben, ebenfalls sehr einheitlich waren. Es spricht vieles dafür, dass sie in einem Rennofen bei einem Verhüttungsprozess entstanden, obwohl die vorliegende Menge nur ein verschwindend kleiner Bruchteil der ursprünglich tatsächlich entstandenen Schlacken sein kann.

Schnitt / Abtrag/ Befund	Fund-Nr.	limonitisches Eisenerz (Erz) und Steine (Sandstein, Quarzit), Eisenschutt	Schlacke evtl. Gewicht	Lehm, (a) schwach gebrannt (b) verschlackt, viel Quarzsand
1-1, 1, B. ?	67	1x Erz, d.braun	1x Schlacke	
1-1, 3, B. 7	142		1x Schlacken- knolle: 66,5 g (>fm)	
1-1, 3, B. 12	164	2x Erz, ocker - d.braun		
1-1, 3, B. 12	298	2x Erz, d.braun - rotbraun (1 fm) 1x Erz, ocker - d.braun		2x Lehm (a)
1-2, 1, B. 1	26		1x Schlacke: 383 g Voi-6	
1-2, 1, B. 1	50	2x Erz, ocker - d.braun 2x Erz, d.braun - rotbraun	1x Schlacke (fm)	1x Lehm (b), 2,5 g (<fm), Voi-5
1-2, 1, B. 1	325	2x Erz, rotbraun (fm, <fm), z.T. rissig 2x Erz, ocker - d.braun	4x Schlacke (2x fm) 1x Schlacke (<fm)	1x Lehm (b) (<fm)
1-2, 4, B. 5	120			1x Lehm (b) (<fm)
1-2, 14, B. 4	199	1x Eisenfund (fm), rotbraun-schwarz: 17,5g, Voi-7		
1-2, 12, B. 5	207	1x Erz, ocker - d.braun	1x Schlacke 1x Schlacke (fm)	
1-2, 3, B.10	115	1x Erz (<fm), d.braun- rotbraun	1x Schlacke: 120 g	
1-2, ? B. 10	328	1x Erz, d.braun, 1x Quarzit 2x Sandstein		
2-1, B. 13	13	1x Erz, ocker - d.braun		
2-2, B. 14	26		1x Schlacke (<fm), Voi-3	
2-3, B. 15	45	1x Erz (fm), rissig, rotbraun: 4,5 g, Voi-2		

fm: ferromagnetisch (< fm: schwach ferromagnetisch, > fm: stark ferromagnetisch)

d.braun: dunkelbraun

Tab.1: Übersicht über das Fundmaterial.

Tab.1: Table about the find material.

Die Ofentemperatur reichte gerade aus, um eine zähflüssige, hochviskose Schlacke zu erzeugen. Dies scheint die Annahme zu bestätigen, dass es sich um Schlacken aus einer technologischen Frühphase der Eisenverhüttung (Späthallstatt- / Frühlatènezeit) handeln könne. Es ist aber zu bedenken, dass solche Schlacken auch bei einem verunglückten Verhüttungsversuch in späterer Zeit entstehen konnten, wenn nämlich die gewünschte höhere Ofentemperatur aus irgendwelchen Gründen nicht erreicht wurde.

Die typischen Fließschlacken, die eine deutlich dünnflüssigere Schmelze, d.h. höhere Schmelztemperatur voraussetzen (und damit wahrscheinlich eine fortschrittlichere Technologie) fehlen im Fundmaterial. Bekanntlich werden Fließschlacken aus dem Schmelzofen abgeleitet und erstarren im Freien.

Im Gegensatz zu den vorliegenden Schlacken sind die Eisenschlacken von keltischen Schmiedeherden meist kalottenförmig (u.a. Umgebung Finsterlohr, Manching, Kelheim). Schmiedeschlacken besitzen weniger grobe (offene) Poren bzw. Holzkohleeinschlüsse, sie können aber zahlreiche ungeschmolzene Komponenten wie Quarzsand, Kies, Knochen und v.a. den charakteristischen Hammerschlag enthalten. Ihre Matrix ist ein schwarzes bis blau-grünes Glas oder sie ist kristallin, fein- bis mittelkörnig, mit grüner oder grauer Färbung.

### Zusammenfassung

Bei den Ausgrabungen im Strohholz bei Voitmannsdorf wurden einige kleine Stücke von Eisenschlacken, Erzstücken und verschlackten Lehmbrocken gefunden, die vermutlich auf die Verhüttung einheimischer Eisenerze in einem Rennofen zurückgehen. Dafür spricht auch der Fund eines Tondüsenfragmentes. Die Konzentration der Schlackenfunde im Bereich der frühlatènezeitlichen Gefäßdeponierung stützt die Annahme, dass sie in die vorchristliche Eisenzeit datieren.

Eine systematische Durchsicht der von Sammlern aufgelesenen Eisenschlacken bzw. der regulär ausgegrabenen Schlacken sollte weitere Hinweise auf frühe Verhüttungsplätze auf der nördlichen Frankenalb liefern.

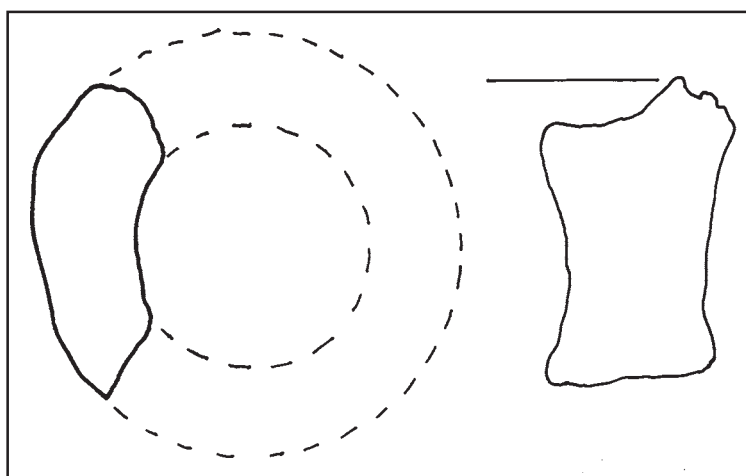


Abb. 1: Tondüsenfragment M 1:1.

Fig. 1: Fragment of a clay tuyère M 1:1.

## Literatur

Cornell/Schwertmann 1996

R.M. Cornell/U. Schwertmann, The Iron Oxides. Structure, Properties, Reactions, Occurances and Uses. VCH (Weinheim 1996).

Gassmann 1998

G. Gassmann, St. Johann-Würtingen, Kreis Reutlingen: Die erste frühkeltische Eisenschmelzersiedlung nördlich der Alpen. Archäologische Ausgrabungen Baden-Württemberg 1998, 100-102.

***www.jungsteinSITE.de***

Scharff

*Mikroskopische Untersuchung der  
Eisenschlacken aus Voitmannsdorf*

*Artikel vom 14. Januar 2004*

Seite 6

---

© Text und Abbildungen  
(soweit nicht anders vermerkt):  
Werner Scharff

Kontakt:  
Dr. Werner Scharff  
GEOARCH  
Dorfstr. 22  
D-74405 Gaildorf-Münster  
Tel./Fax: 07971/23894  
E-Mail: werner.scharff@gmx.net

---