

Analysen von Eisenschlacken und Eisenwerkzeugen aus der römischen Niederlassung in der Lahn und vom Grabfelde in Hallstatt

(Mitteilungen aus dem Museum in Hallstatt Nr. 24.)

Von

Friedrich M o r t o n (Hallstatt).

Bei den Grabungen des Museums in den Jahren 1937 bis 1948 wurden im Bereiche der römischen Niederlassung in der Lahn sowie auf dem Grabfelde in größerer Menge Eisenschlacken gefunden. Die vom Grabfelde stammenden Schlacken gehören zeitlich den ersten zwei Abschnitten der La-Tène an.

Ich wandte mich nun an Herrn Dozenten Dr. H. Hauttmann, den Direktor des Versuchslaboratoriums der Vereinigten Österreichischen Eisen- und Stahlwerke (VOEST), mit der Bitte, diese Schlacken sowie außerdem Bruchstücke je eines römischen Eisenmessers und eines römischen Setzkeiles einer Untersuchung unterziehen zu lassen. Ich bin Herrn Dozenten Dr. Hauttmann und den VOEST für die lebenswürdige Durchführung der Untersuchungen zu größtem Danke verpflichtet. Es ist außerordentlich wichtig, das hier sich vorfindende Eisen zu analysieren und metallographisch zu untersuchen, da sich daraus sowohl Schlüsse auf die Herkunft des Eisens ziehen lassen als auch auf die Eisentechnik der damaligen Zeit überhaupt.

Was nun zunächst die Analysen der Schlackenproben betrifft, so sind vor allem die niedrigen Mangan (MnO)- und Magnesium (MgO)-Gehalte, die hohen Gehalte an Phosphor ($P_2 O_5$) und Titan (TiO_2) sowie das Verhältnis von Kalk zu Kieselsäure ($CaO: SiO_2$) besonders hervorzuheben. Aus den Befunden geht hervor, daß alpiner Spateisenstein oder der Brauneisenstein als dessen Verwitterungsprodukt vollkommen ausscheiden. Es muß vielmehr daran gedacht werden, daß damals Magneteisenstein verhüttet wurde.

Die bei den Schlacken gefundenen, durch Rost bis zur Unkenntlichkeit deformierten Eisengegenstände zeigen ebenfalls die niedrigen Gehalte an Mn. Bei Probe II/1 ist der Nickelgehalt auffallend; er läßt eine Mitverhüttung von verrottetem Meteoreisen nicht ausgeschlossen erscheinen.

Von besonderem Interesse sind nun die metallographischen Untersuchungen der zwei Eisenwerkzeuge.

Zunächst sei hier über den *Setzkeil* berichtet. Die Probe wurde geschliffen, poliert und mit 3prozentiger alkoholischer Salpetersäure geätzt. Die Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt aus der Schlifffläche bei 70facher Vergrößerung. Das oben genannte Labor schreibt dazu:

„Die Untersuchung wurde im Anlieferungszustand durchgeführt. Es handelt sich im wesentlichen um einen übereutektoiden Stahl mit zirka 1 bis 1,2 Prozent Kohlenstoff, wie man an dem aderförmigen Zementitnetzwerk erkennt. Die helle Grundmasse ist Martensit, ein Gefügebestandteil, der bei genügend rascher Abkühlung entsteht und der dem Werkstoff hohe Härte verleiht. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß eine Härtungs- und Vergütungsbehandlung von Stahl den damaligen Herstellern bekannt war (wie noch ein weiteres Beispiel lehren soll).

Die gleiche Probe wurde, um den Einfluß der Härtung auf die Gefügeausbildung auszuschalten, einer Normalglühung unterworfen und anschließend zur Vermeidung des Auftretens eines Härtungsgefüges im Ofen abgekühlt. Das Schliffbild zeigt nach Ätzung mit Salpetersäure 70fach vergrößert wiederum das Zementitnetzwerk. Der dunkle Grundwerkstoff ist Perlit. Die schwarzen Flecken in beiden Bildern rühren von nichtmetallischen Einschlüssen her, die bei der Ätzung herausgelöst wurden.“

Das zweite Eisenwerkzeug, das ich für die Untersuchung zur Verfügung stellte, war eines der typischen normalen römischen Eisenmesser. Ich hatte ein Bruchstück genommen, dessen Aufarbeitung ohne weiteres verantwortet werden konnte. Darüber schreibt das Labor:

„Einen besonders interessanten Fall bietet das *Eisenmesser*. Die anhaftende Oxydationsschicht hat überraschenderweise die geringe Stärke von maximal 1,5 mm, stellenweise ist sie erheblich dünner.

Zur chemischen Analyse wurden Späne über den ganzen Querschnitt entnommen. Die chemische Zusammensetzung (Tafel 3) zeigt einen Stahl von sehr niedrigem Kohlenstoffgehalt. Sehr zu beachten ist der hohe Reinheitsgrad, der in den niedrigen Phosphor- und Schwefelgehalten zum Ausdruck kommt. Das Fehlen von Nickel läßt eine Verwendung von Meteoreisen als unwahrscheinlich erscheinen. Der niedrige Mangangehalt deutet auch hier wieder auf eine Herstellung aus Erzen mit niedrigem Mangangehalt hin (also kein Spateisenstein alpinen Ursprungs). Sonstige Beimengungen, die Rückschlüsse auf die Herkunft erlauben könnten, sind außer Kupferspuren nicht vorhanden.

Bei der *metallographischen Untersuchung* fällt am ungeätzten Schliff eine überraschend geringe Menge von nichtmetallischen Einschlüssen auf. Das Messer ist lediglich von einer wolkenförmigen Einschlußkette durchzogen. Bild 3 zeigt eine Konzentration dieser Einschlüsse bei 100facher Vergrößerung. Die Einschlüsse wurden einer chemischen

Prüfung unterzogen, deren Ergebnisse auf Tafel 4 zu ersehen sind. In der Hauptsache handelt es sich bei den Einschlüssen um Eisen in oxydischer Bindung, das beim Frisch- und Verarbeitungsprozeß in das Werkstück gelangt ist. Die Gesamtmenge der Einschlüsse, bezogen auf die gesamte Werkstoffmasse, ist mit 0,314 Prozent als sehr gering anzusehen (man vergleiche diese Zahl mit den Einschlußgehalten von heutigem Siemens-Martin-Stahl, die in der Größenordnung von 0,04 bis etwa 0,1 Prozent zu finden sind!).

Nach Ätzung mit Salpetersäure läßt der Messerwerkstoff unter dem Mikroskop ein rein ferritisches Gefüge erkennen (Bild 4). Die Festigkeit dieses Werkstoffes wurde mit $28,3 \text{ kg/mm}^2$ ermittelt. Es ist einzusehen, daß die Hersteller und Benützer dieses Werkzeuges bald zur Überzeugung kamen, daß ein Werkstoff solcher geringen Festigkeit (neben hoher Zähigkeit) zu weich ist und daß Maßnahmen zur Erreichung einer größeren Oberflächenhärte ergriffen wurden. Diese Annahme wird dadurch bestätigt, daß an der Oberfläche des Messers vereinzelte Stellen erhalten sind, die eine Oberflächenhärtung durch Randaufkohlung zeigen. Es scheint also auch damals bereits eine Werkstückbehandlung bekannt gewesen zu sein, wie sie heute als Einsatzhärtung üblich ist. Bild 5 zeigt einen Ausschnitt aus der aufgekohlten Randzone des Messers (links und unten). Der Kohlenstoffgehalt nimmt nach rechts oben hin ab, das Gefüge geht vom aufgekohlten übereutektoiden Zementitnetzwerk mit perlitischer Grundmasse (links unten) über Perlit zu reinem Ferrit über.

Es muß hier noch der Hinweis angeschlossen werden, daß die Randaufkohlung bei der Durchschnittsanalyse des Stahles miterfaßt wurde und daß der Kohlenstoffgehalt des ferritischen Grundwerkstoffes noch unter 0,07 Prozent (bei etwa 0,03 Prozent) anzunehmen ist, eine Tatsache, die für die damaligen Verhältnisse erstaunlich ist.“

Aus den ausgezeichneten Ausführungen des Versuchslabors der VÖEST ersehen wir, wie wertvoll und wie notwendig die Untersuchung vorgeschichtlicher und römischer Werkzeuge durch den Metallfachmann ist, da wir dadurch tiefe Einblicke in die damalige Eisentechnik gewinnen und außerdem gewisse Schlüsse auf die Herkunft des Rohstoffes ziehen können. Ein tieferes Eindringen in diese Probleme würde uns die Technik der vorgeschichtlichen und römischen Zeit in ganz anderem Lichte erscheinen lassen!

Tafel 1. Chemische Zusammensetzung der Schlackenproben.

A. Schlacken aus der Lahn.

FeO;	Fe ₂ O ₃ ;	MnO;	P ₂ O ₅ ;	CaO;	MgO;	SiO ₂ ;	Al ₂ O ₃ ;	TiO ₂ ;	SO ₂ ;	NaCl;	H ₂ O+ CO ₂	Rest
18.03;	32.93;	0.18;	1.30;	6.85;	2.61;	22.23;	5.86;	0.16;	0.15;	0.23;		

B. Schlacken aus der Lahn an anderer Fundstelle.

11.82;	54.51;	0.19;	5.22;	3.92;	0.48;	8.47;	2.67;	0.14;	0.17;	—.—;		Rest
--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	--	------

C. La-Tène-zeitliche Schlacken vom Grabfelde.

20.81;	52.86;	0.18;	0.40;	1.66;	0.65;	9.05;	2.32;	0.08;	0.74;	—.—;		Rest
--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	--	------

Tafel 2. Chemische Zusammensetzung der Eisenproben bei den Schlacken.

	C;	Si;	Mn;	P;	S;	Ni;	Cr;	V;	Ti;
Probe II/1.	0.24;	0.11;	0.01;	0.115;	0.004;	0.31;	0.0;	0.0;	0.0.
Probe II/2.	0.78;	0.08;	0.01;	0.026;	0.070;	0.0;	0.0;	0.0;	0.0.
Probe II/3.	0.35;	0.03;	0.02;	0.030;	0.017;	0.0;	0.0;	0.0;	0.0.

Tafel 3. Römisches Eisenmesser: chemische Zusammensetzung.

C;	Si;	Mn;	P;	S;	Cr;	Cu;	Ni;	V;	Zn;	Pb.
0.07;	0.018;	0.02;	0.007;	0.005;	0.0;	0.05;	0.0;	0.0;	0.0;	0.0.

Tafel 4. Römisches Eisenmesser: nichtmetallische Einschlüsse; Rückstandsbestimmung.

Gesamtrückstand;	Fe; in oxydischer Form	Mn;	SiO ₂ ;	Al ₂ O ₃ ;	TiO ₂ .
0.314;	0.194;	0.0028;	0.011;	0.000;	0.000.



Bild 1: Römisches Eisen (Setzkeil), Gefüge im Anlieferungszustand.
Ätzung: Alkoholische Salpetersäure.
Vergrößerung: 70fach.

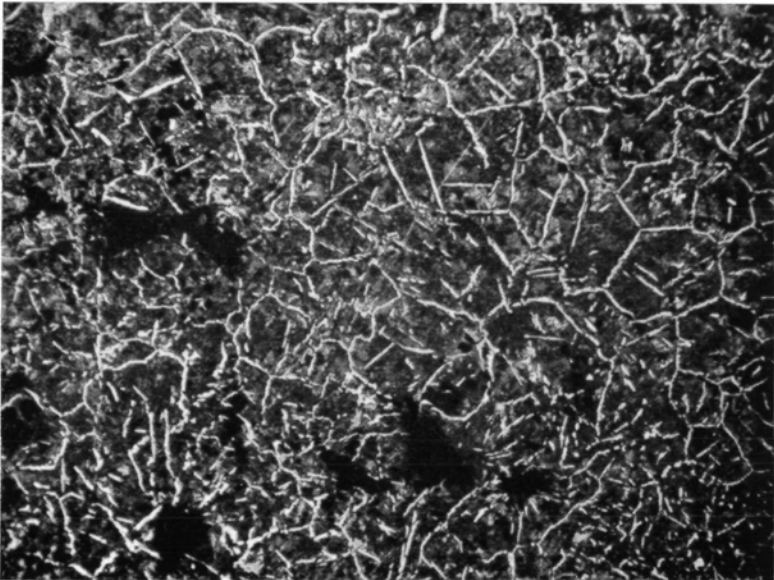


Bild 2: Römisches Eisen (Setzkeil), Gefüge nach Normalglühung und
langsamer Abkühlung.
Ätzung: Alkoholische Salpetersäure.
Vergrößerung: 70fach.



Bild 3: Römisches Eisenmesser, Einschlus-
konzentration im Kern.
Schliff ungeätzt.
Vergrößerung: 80fach.



Bild 4: Römisches Eisenmesser,
ferritische Grundmasse.
Ätzung: Alkoholische Salpetersäure.
Vergrößerung: 70fach.

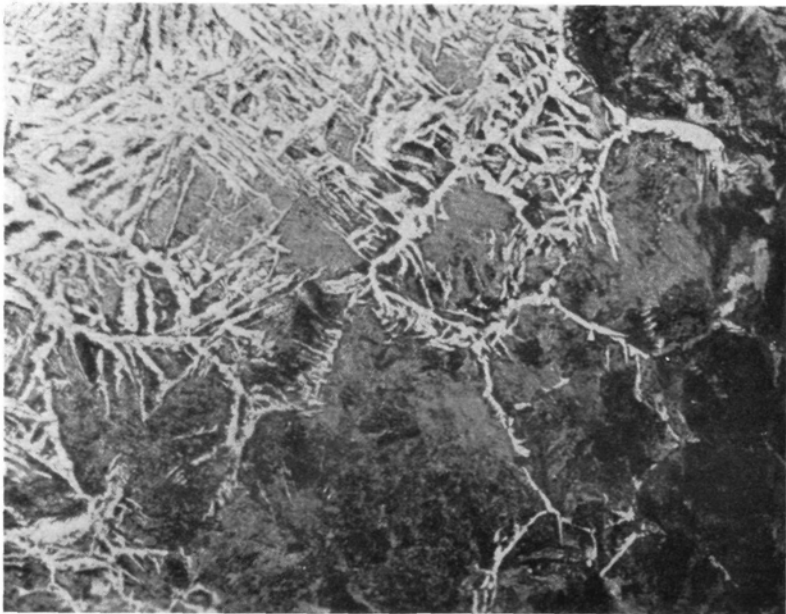


Bild 5: Römisches Eisenmesser. Rechts und unten aufgekohlte Randzone (Zementit-
netzwerk, dazwischen Perlit); nach links oben abfallender Kohlenstoffgehalt und Über-
gang zu reinferritischem Gefüge (wie in Bild 4 gezeigt).
Ätzung: Alkoholische Salpetersäure.
Vergrößerung: 100fach.