

S C H L A C K E N V O N K A S T E L

(GEMEINDE NONNWEILER, N-SAARLAND)

von Gerhard MÜLLER und Herbert HEMMER

Bei den Erdarbeiten für den Abwassersammler zur Kläranlage Kastei sowie zur Betriebswasserleitung vom Stausee Nonnweiler zur Blies bei Gronig kamen ab April 1983 unterhalb von Kastei in Richtung Primstal (Nr.4 in Abb.2) zusammen mit bearbeiteten Hölzern Schlackendepots zutage.

Da die Schlacken erst nach Fertigstellung des Abwassersammlers in diesem Bereich festgestellt wurden, waren zunächst nur Streufunde möglich. Mit der Umleitung der Prims im Rahmen der Arbeiten für die Betriebswasserleitung wurden die Schlackendepots noch randlich angetroffen.

Die über eine große Fläche gefundenen Schlacken waren von unterschiedlicher Art (4 Haupttypen). Die ersten Deutungsversuche waren schwierig. Ursache dafür waren fehlende Kenntnisse und Erfahrungen. Wenn wir trotzdem hier eine Darstellung dieser Schlacken versuchen, so deshalb, weil im Saarland zwar schon vieles nach Archivbeständen über die Eisenhüttenindustrie erarbeitet wurde, die eigentlichen Fertig- und Abfallprodukte jedoch allenfalls bei archäologischen Ausgrabungen festgestellt, in der Regel aber nicht weiter bearbeitet wurden.

Um den Fertig- und Abfallprodukten Aussagen zu entnehmen, müssen zunächst Kenntnisse über Ausgangsprodukte und Verfahren vorliegen. Da diese hier kaum vorausgesetzt werden können, wird mit deren Darstellung begonnen.

1. ENDPRODUKTE DER EISENVERHÜTTUNG

Der heutige Sprachgebrauch unterscheidet grob nach dem Kohlenstoffgehalt der Eisenlegierungen:

Stahl mit weniger als 1,7 % C,
und Gußeisen mit mehr als 1,7% C.

Gußeisen ist hart und spröde, Stahl dagegen weniger hart und verformbar (duktil). Die gewählte Grenze ist reichlich willkürlich, die Eigenschaften ändern sich fortlaufend mit dem Kohlenstoffgehalt.

Für die Betrachtung der historischen Eisenindustrie ist eine andere Einteilung anzuwenden, die den Schwierigkeiten und Erfahrungen der früheren Technologien entspricht. Gegenüber der obigen Gliederung wird dabei der Bereich des heutigen Stahls noch unterteilt. Abgesehen von vielen weiteren, feinen Unterteilungen wurden unterschieden:

Stabeisen weich, dehnbar, schweißbar, fast nicht schmelzbar; Stahl härter, dehnbar, weniger schweißbar, eher schmelzbar; Roheisen hart, nicht dehnbar, nicht schweißbar, schmelzbar.

STABEISEN hatte die größte Bedeutung. Die durch den geringen Kohlenstoffgehalt bedingte gute Verformbarkeit erbringt:

Schmiedbarkeit,
Walzbarkeit und
Schweißbarkeit.

Schmiedbarkeit bedeutet die Möglichkeit, das Eisen (normal bei höherer Temperatur) durch wiederholt und kurz einwirkenden Druck zu verformen. Die Walzbarkeit beinhaltet ebenfalls eine Verformbarkeit, jedoch bei länger anhaltendem, gleichmäßigen Druck.

Als Schweißbarkeit ist die Fähigkeit zu verstehen, daß verschiedene Eisenteile sich fest miteinander verbinden. Eine wesentliche Voraussetzung ist dabei, daß die zu verschweißenden Teile einen möglichst vollständigen Kontakt der Schweißflächen aufweisen. Dieser Kontakt wurde im Wesentlichen durch Hämmern (also Druckeinwirkung) erzeugt, sodaß Schweißbarkeit und Schmiedbarkeit hier einander direkt entsprechen.

Die Schweißbarkeit war von besonderer Bedeutung, weil die Herstellungsverfahren von schmiedbarem Eisen meist nur kleinere Stücke liefern konnten. Das bedeutete, daß praktisch alle größeren Stücke aus Einzelstücken zusammengesetzt waren, sodaß die Schweißbarkeit sehr entscheidend dafür war, ob das Werkstück den Beanspruchungen standhalten konnte.

Ansonsten wurden bei hohem Wert des Eisens zerbrochene Stücke ebenfalls wieder geschweißt.

Das Stabeisen ist für viele Verwendungszwecke zu weich. Da es sich aber durch verschiedene Behandlungsmethoden härten und auch in Stahl umwandeln lässt, ist es das vielseitigste und am einfachsten verwendbare Material.

STAHL zeigt prinzipiell die gleichen Verarbeitungsmöglichkeiten wie Stabeisen, doch ist jeweils ein höherer Aufwand erforderlich. Das Risiko einer Falschbehandlung ist deutlich größer. Daher kam Stahl nur für höherwertige Güter infrage.

ROHEISEN ist direkt nur zum Gießen verwendbar und ist andererseits Ausgangsmaterial für die Gewinnung von Stabeisen und Stahl durch die Frischarbeit.

2. VERFAHREN DER EISENVERHÜTTUNG

2.1. RENNVERFAHREN

Das Rennverfahren ist durch folgende Merkmale zu charakterisieren:

1. Das entstehende Eisen steht in direktem Kontakt mit noch oxidischen Eisenverbindungen (zumeist Wüstit, FeO); damit wird die Aufnahme größerer Kohlenstoffgehalte verhindert. Das Rohprodukt ist Stabeisen oder Stahl.
2. Da nur ein Teil des Eisenerzes bis zum Eisen reduziert werden darf, verbleibt ein großer Teil des Eiseninhalts in Form von Schlacken.
3. Der Betrieb ist diskontinuierlich. Nach jedem abgeschlossenen Prozeß wird der Ofen oder Herd ausgeräumt und neu beschickt.
4. Das Endprodukt, die Luppe, ist teigig, nicht flüssig.. Die Luppe ist porös, mit Holzkohle und Schlacke durchsetzt und muß ausgeschmiedet werden. Die brüchigen Bestandteile (Holzkohle und Schlacke) zerbrechen und fallen aus dem Schmiedestück heraus.

Für das Rennverfahren kommt sowohl eine flache und offene (Rennherd) wie eine schachtförmig geschlossene (Rennofen) Arbeitsstelle infrage. Für den Rennofen existiert im hiesigen Raum auch der Ausdruck Stückofen.

2.2. HOCHOFENVERFAHREN

Hier sind die wesentlichen Merkmale:

1. Im tiefsten Teil des Hochofens steht das Endprodukt noch in Kontakt mit Kohlenstoff (Holzkohle oder Koks), aber nicht mehr mit Eisenoxiden. Das macht die Aufnahme höherer Kohlenstoffgehalte möglich.

Damit sinkt gleichzeitig die Schmelztemperatur der Eisenlegierung. Das Roheisen ist flüssig und kann aus dem Hochofen ausfließen.

Das Endprodukt ist stark kohlenstoffhaltiges Roheisen (hinzu kommen weitere Gehalte wie Phosphor und Schwefel, die schädlich sind).

2. Der Überschuß an Reduktionsmittel (Kohlenstoff) verlagert das Reaktionsgleichgewicht auf die Seite des elementaren Eisens. Vom Eiseninhalt des Erzes verbleibt nur ein geringer Teil in den Schlacken.
3. Der Hochofenbetrieb ist weitgehend kontinuierlich. Der chemische Prozeß ist völlig kontinuierlich, nur Beschickung und Abstich erfolgen in bestimmten Zeitabständen.
4. Das Endprodukt kann direkt vergossen werden. Für die Verwendung wie Stabeisen und Stahl ist es nicht tauglich. Hierzu muß es zuerst dem Frischprozeß unterworfen werden.

Der Hochofen ist eine Weiterentwicklung des Stückofens. Es ist durchaus möglich, im Stückofen den Prozeß bis zum Entstehen flüssigen Eisens fortzusetzen. Umgekehrt konnten bei manchen älteren Hochöfen auch durch Verstellen der Windformen (Luftdüsen) das flüssige Eisen teilweise wieder entkohlt werden, sodaß als Endprodukt ein Stahl vorlag. Das bedeutet, daß man beim Auftauchen der Begriffe Stückofen und Hochofen nicht unbedingt immer den jeweiligen Prozeß in seiner idealen Ausbildung voraussetzen darf.

2.3. FRISCHVERFAHREN

Hierfür gelten die folgenden Merkmale:

1. Das Ausgangsprodukt Roheisen wird eingeschmolzen und zum Teil in Eisenoxide umgewandelt. Im Kontakt des Eisens mit den Eisenoxiden wird der Kohlenstoffgehalt mehr oder weniger stark entfernt. Gleiches gilt für Gehalte von S und P.
Das Endprodukt ist Stahl oder Stabeisen.
2. Je mehr an Kohlenstoff (sowie Schwefel und Phosphor) entfernt werden, umso mehr geht vom Roheisen in die Schlacken. Verluste von 25-30 % sind üblich.
3. Das Endprodukt fällt kleinstückig an. Es wird unter dem Hammer ausgeschmiedet. Es schließt sich eventuell noch eine weitere Behandlung an, um große Werkstücke herzustellen (z.B. Paketieren und Schweißen).
4. Die Arbeit ist diskontinuierlich.

Die Arbeitsstelle ist ursprünglich offen und flach (Frischherd). Spätere Verfahren arbeiten dann auch mit geschlossenen Räumen (Ofen).

Die Bezeichnung der Arbeitsstätte weist nicht auf das Frischen hin, sondern bezieht sich auf den immer angeschlossenen Hammer. Der Ausdruck Hammerwerk wäre im heutigen Sprachgebrauch mit Stahlwerk zu übersetzen.

3. VERGLEICH DER VERFAHREN

(Siehe hierzu auch das Schema der Abb.1.)

Rennverfahren und Hochofenbetrieb gehen vom gleichen Zustand aus. Das Rennverfahren endet bereits bei erst teilweiser Reduktion des Eisenerzes. Im Hochofen wird die Reduktion vollständig durchgeführt.

Beim Rennverfahren- ist das entstandene Eisen noch kohlenstoffarm und daher direkt schmiedbar. Der Hochofen liefert ein kohlenstoffreiches Roheisen, das nicht mehr schmiedbar ist

Das Frischverfahren führt das Roheisen wieder zu dem Zustand zurück, der am Ende des Rennverfahrens erreicht war.

Bei der Kombination Hochofen- und Frischprozeß ist die Nutzung des Eiseninhalts der Erze wesentlich besser als beim Rennverfahren.

Im Hochofenprozeß werden die einzelnen Reaktionen im Prozeßablauf räumlich stark getrennt. Beim Rennprozeß und Frischprozeß findet eine solche räumliche Trennung nur geringfügig oder fast nicht statt.

4. ABFALLPRODUKTE

Alle drei Prozesse führen zu großen Mengen an Abfallprodukten, die als Schlacken bezeichnet werden.

4.1. RENNSCHLACKEN

Der Rennherd oder Rennofen liefert zwei verschiedene Typen:

Laufschlacken und Ofenschlacken.

Im heißesten Teil des Herdes oder Ofens kommt es zur Ausbildung teilweise schmelzflüssiger Massen. Diese sind zäh und bilden beim Fließen grobe Fließformen aus. Diese Laufschlacken sind homogen und dicht, enthalten aber große Blasen.

Die restliche Füllung besteht aus Resten von Holzkohle, Erz und zäh flüssigen Massen, die zusammengesintert sind. Solche Ofenschlacken sind immer heterogen. Sie enthalten reichlich Hohlräume, zum Teil können dies Blasen sein.

4.2. FRISCHSCHLACKEN

Die Frischschlacken zeigen die gleichen Typen wie die Rennschlacken, was nicht verwunderlich ist, da bei der Entstehung fast keine Unterschiede vorliegen, weder im Chemismus noch in den Druck- und Temperatur-verhältnissen.

4.3. HOCHOFENSCHLACKEN

Durch den Zusatz von Schlackenbildnern (CaO, MgO) entsteht im Hochofen eine leichtflüssige Schlacke, die frei auslaufen kann. Unter dem erhöhten Druck im Hochofen löst sie reichlich Gase, die beim Druckabfall während des Ausfließens zum Aufschäumen führen.

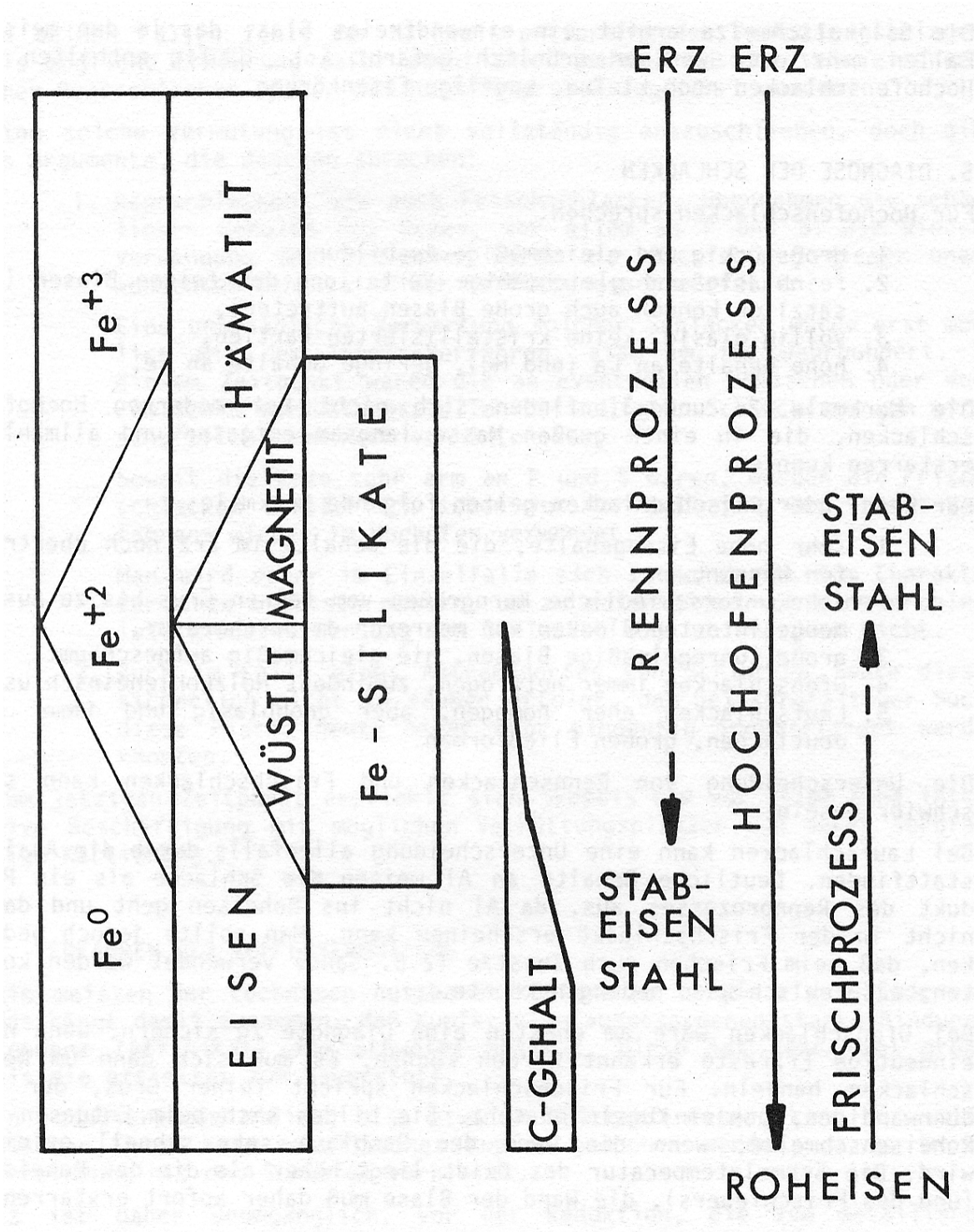


Abb. 1: Schematische Darstellung des zeitlichen Ablaufs des Reduktionsprozesses (Abtrennung des im Eisenerz gebundenen Sauerstoffs) anhand der Oxidationszahlen und auftretenden Phasen sowie des Kohlenstoffgehalts (linke Hälfte). Dazu im Vergleich der Bereich und die Richtung der möglichen Prozesse (rechte Hälfte).

Die Silikatschmelze ergibt ein einwandfreies Glas, das in den meisten Fällen mehr oder weniger grünlich gefärbt ist. Häufig enthalten die Hochofenschlacken noch kleine, kugelige Eisenkörner.

5. DIAGNOSE DER SCHLACKEN

Für Hochofenschlacken sprechen:

1. großstückig und gleichmäßige Ausbildung,
2. feinblasig und gleichmäßige Verteilung der feinen Blasen (zusätzlich können auch große Blasen auftreten),
3. völlig glasig, keine kristallisierten Partien,
4. hohe Gehalte an Ca (und Mg), geringe Gehalte an Fe.

Die Merkmale 2. und 3. finden sich nicht bei modernen Hochofenschlacken, die in einer großen Masse langsam entgasen und allmählich erstarren konnten.

Für Renn- oder Frischschlacken gelten folgende Merkmale:

1. sehr hohe Eisengehalte, die die Gehalte im Erz noch übertreffen können',
2. sehr unterschiedliche Korngrößen vom feinen Grus bis zu zusammengesinterten Blöcken von mehreren dm Durchmesser,
3. große, unregelmäßige Blasen, nie gleichmäßig aufgeschäumt,
4. Ofenschlacken immer heterogen, zumindest Holzkohleneinschlüsse,
5. Laufschlacken eher homogen, aber grobblasig und immer mit deutlichen, groben Fließformen.

Die Unterscheidung von Rennschlacken und Frischschlacken kann sehr schwierig sein.

Bei Laufschlacken kann eine Unterscheidung allenfalls durch die Analyse stattfinden. Deutliche Gehalte an Al weisen die Schlacke als ein Produkt des Rennprozesses aus, da Al nicht ins Roheisen geht und damit nicht in der Frischschlacke erscheinen kann. Man sollte jedoch bedenken, daß beim Frischen auch Zusätze (z.B. Sand) verwendet werden konnten, was Fehlschlüsse bedingen könnte.

Bei Ofenschlacken wäre am ehesten eine Diagnose zu sichern, wenn noch eindeutige Erzreste erkannt werden können. Es muß sich dann um Rennschlacken handeln. Für Frischschlacken spricht feiner Grus, der aus dünnwandigen, hohlen Kugeln besteht. Sie bilden sich beim Entgasen der Roheisenschmelze, wenn' die Wand der Gasblase sehr schnell oxidiert wird. Die Schmelztemperatur des Oxids liegt höher als die des Roheisens (und des Frischfeuers), die Wand der Blase muß daher sofort erstarren.

6. ZUR FRAGE VERSCHWUNDENER VERHÜTTUNGSPLÄTZE

Im hiesigen Raum wird für die vorrömische und römische Zeit speziell in zwei Bereichen umfangreiche Eisenverhüttung vermutet. Es sind dies der Hunsrückrand und der Warndt. Beim Hunsrückrand spielt die Überlegung eine Rolle, daß der Reichtum der Grabbeigaben (z.B. Schwarzenbach) eine wirtschaftliche Basis gehabt haben mußte (ausführliche Darstellung bei R. SCHINDLER (1968)). Im Warndt sind umfangreiche Gräbereien kartiert worden (G. MEILCHEN), die sämtlich der Eisenerzgewinnung in römischer Zeit zugesprochen werden.

In beiden Fällen fehlt der Nachweis entsprechender Verhüttungsanlagen. Als mögliche Erklärung dafür steht die Annahme, daß die sehr eisenreichen Rennschlacken später dem Hochofenprozeß zugeführt wurden.

Eine solche Vermutung ist nicht vollständig auszuschließen, doch gibt es Argumente, die dagegen sprechen:

1. Rennschlacken, wie auch Frischschlacken, übernehmen die schädlichen Gehalte des Erzes, vor allem an P und S. Die Wiederverwendung der Schlacken würde zur Rückführung dieser unerwünschten Gehalte in den Verhüttungsprozeß führen.

Eine unschädliche Verwertung solcher Schlacken wurde erst möglich mit dem Thomas-Verfahren, also im 19. Jahrhundert. Zu diesem Zeitpunkt waren die an eventuellen römischen oder vorrömischen Verhüttungsstellen befindlichen Schlackenmengen wirtschaftlich kaum noch von Interesse.

Soweit die Erze sehr arm an P und S waren, wurden die Frischschlacken tatsächlich schon vor der Erfindung des Thomas-Verfahrens wieder im Hochofen verwendet.

Man wird daher im Einzelfalle sich zunächst mit dem Charakter der Erze befassen müssen, um zu entscheiden, ob eine problemlose Wiederverwendung von Schlacken möglich war oder nicht.

2. Auch im Falle eines Abtransportes von Schlacken, wäre dieser sicherlich nicht so sauber erfolgt, daß bei sorgfältiger Suchediese Plätze heute nicht mehr eindeutig identifiziert werden könnten.

Zum jetzigen Zeitpunkt empfiehlt sich Skepsis und vor allem eine intensive Beschäftigung mit möglichen Verhüttungsplätzen und deren sorgfältige Kartierung.

7. VERFAHREN DER KUPFERVERHÜTTUNG

Die meisten der technisch nutzbaren Kupfererze liegen als Sulfide vor. Das hängt damit zusammen, daß Kupfer eine ausgesprochen starke Bindungstendenz (Affinität) zum Schwefel besitzt. Diese ist sehr viel größer als die Affinität zum Sauerstoff.

In reduzierendem Milieu, also etwa im Holzkohlenfeuer, kann aus sulfidischen Erzen kein metallisches Kupfer gewonnen werden, da es in der Verbindung mit dem Schwefel verbleibt.

Es ist daher unumgänglich, vor der Reduktion, die zum metallischen Kupfer führt, die sulfidischen Erze mit Sauerstoffüberschuß zu behandeln (abzurosten). Dabei besteht dann allerdings die Gefahr, daß ein Teil des Kupfergehalts silikatische Bindung eingeht und als Schlacke verlorengeht.

Es muß also einerseits der Sulfidschwefel vollständig entfernt werden, andererseits geht gerade dann das Kupfer wieder mit der Schlacke verloren, wenn dieser Erfordernis entsprochen wird. Beiden Erfordernissen ist leicht zu entsprechen, wenn ein völlig reines Kupfererz vorliegt. Je geringer aber der Cu-Gehalt neben SiCL-Gehalten des Erzes ist, umso weniger lassen sich beide Forderungen miteinander in Einklang bringen.

Es hat sich daher für arme Erze eine sehr spezielle Verhüttungstechnik entwickelt, die mit dem Rohschmelzen beginnt. Dieses ist im lokalen Zusammenhang sicherlich der wichtigste Teil der Verhüttung, da er die eigentlichen Schlackenmengen liefert. Die nachgeordneten Vorgänge ergeben nur noch geringe Schlackenmengen.

Die armen Kupfererze werden in der Regel zunächst teilweise abgeröstet. Dieses Abrosten sollte soweit gehen, daß noch genügend Sulfidschwefel verbleibt, um das vorhandene Kupfer vollständig als Sulfide zu binden. Dagegen sollte für den Hauptteil des Eisens, der im Erz ebenfalls als Sulfid vorlag, die sulfidische Bindung nicht mehr möglich sein, sodaß das Eisen zum größten Teil bereits als Schlackenbestandteil in silikatischer Bindung abgetrennt werden kann.

Diese nicht voll abgerösteten Erze werden danach verschmolzen. Dabei entstehen zwei nicht miteinander mischbare Schmelzen. Die Hauptschmelze ist silikatischer Natur, sie bildet nach dem Abkühlen die Schlacke. In dieser silikatischen Schmelze bilden sich je nach der Verteilung des Kupfererzes kleinere oder größere Tröpfchen von Kupfer-(und Eisen-)sulfidschmelzen. Durch ihr hohes spezifisches Gewicht sinken sie in der silikatischen Schmelze auf den Boden ab und konzentrieren sich dort. Endprodukte dieses Rohschmelzens sind demnach eine möglichst kupferarme Schlacke (Rohschlacke) und eine sulfidische Phase (Rohstein), der neben dem größten Teil des Kupfers noch eine ganze Reihe anderer Metalle enthalten kann.

Die Weiterverarbeitung des Rohsteins ist in jedem Falle schwierig und erfolgt in unterschiedlicher Weise. Die dabei auftretenden Schlacken sind zunehmend kupferreicher, fallen aber nur noch in geringen Mengen an und werden wieder verwendet. Auf die Darstellung des weiteren Prozesses kann hier daher verzichtet werden.

8. ÖRTLICHE VERHÄLTNISSE IM FUNDBEREICH VON KASTEL

Der im Primstal südlich des Ortes Kastei liegende Bereich, der Verhüttungsspuren geliefert hat, wurde von zwei Baumaßnahmen betroffen. Der wichtigste Aufschluß wurde vom Endstück des Abwassersammlers geschaffen (Nr.5 in Abb.3), das einen Einschnitt von etwa 7 m Breite und 3,5 m Tiefe notwendig machte. Aus diesem Graben kamen die umfangreichsten Mengen an Frischschlacken, Dachziegelresten sowie einige gut erhaltene Hölzer.

Die ersten Schlacken wurden jedoch erst erkannt, als die Baumaßnahme in diesem Bereich bereits beendet und der Graben wieder verfüllt war. Aus dem Bereich konnten jedoch noch sehr viele Streufunde geborgen werden.

Die nächste Maßnahme war die Umlegung des Primsbettes. Im dafür angelegten Graben (Nr.4 in Abb.3) konnten flächenhaft verbreitet in einzelnen Stücken in einem Horizont wieder Frischschlacke, Holzkohle, Dachziegel und auch Sandsteine (Lebacher Fazies) nachgewiesen werden. An einem Platz (etwas südlich des Mastes (Nr.3 in Abb.3) der Starkstromleitung fand sich eine dickere Schlackenschicht, die auch ein größeres Stück metallischen Eisens enthielt.

Die Verlegung der Betriebswasserleitung (Stausee Nonnweiler zur Blies bei Gronig) im ursprünglichen Primsbett (Nr.1 in Abb.3) sowie die Anlage des neuen Primsbettes (Nr.2 in Abb.3) erbrachten keine nennenswerten Funde.

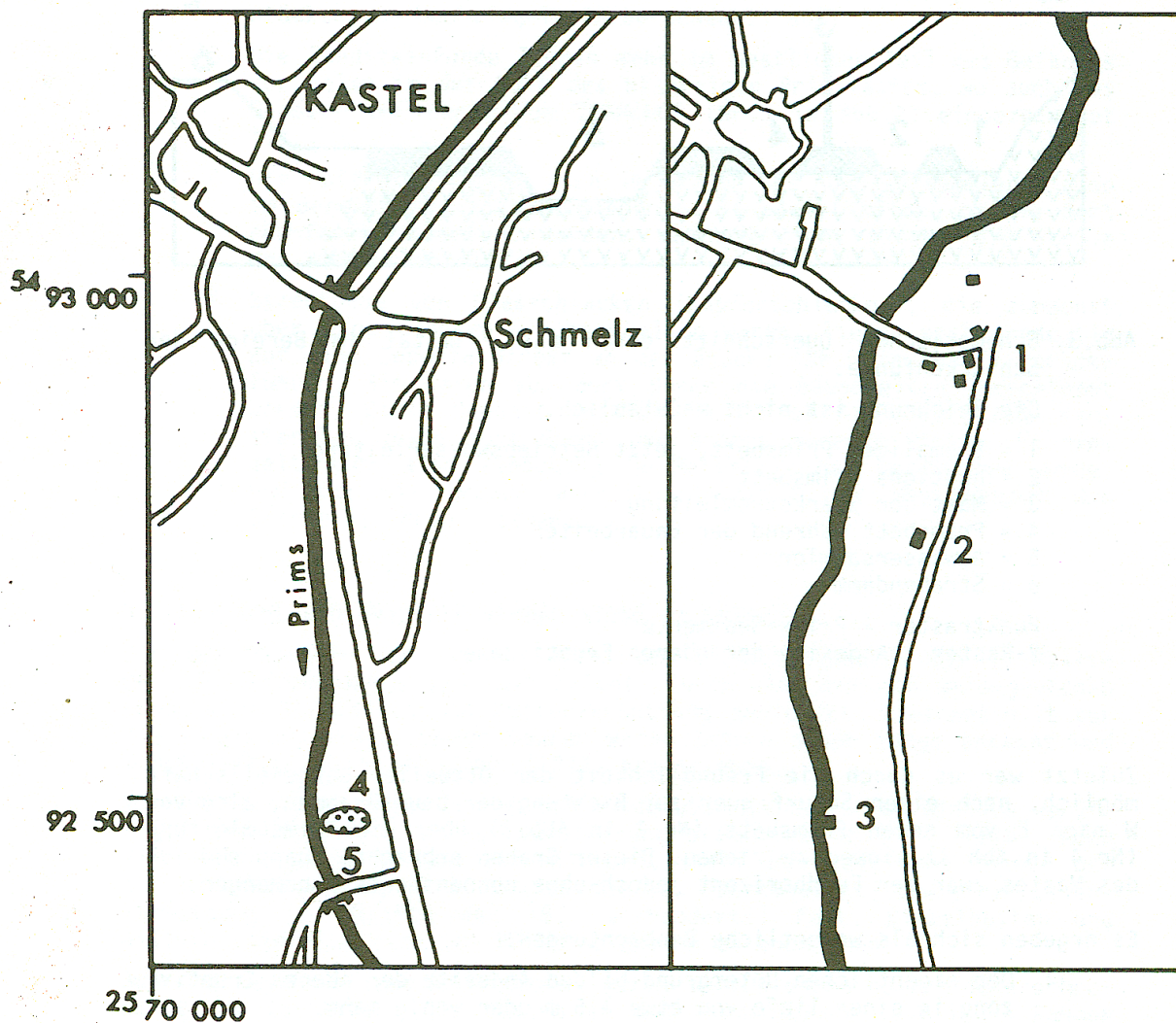


Abb. 2: Topographische Verhältnisse (Straßennetz und Primslauf) im Untersuchungsgebiet. Links nach der topogr. Karte 1:25.000, rechts nach dem Kartenwerk TRANCHOT und v. MÜFFLING, Blatt Nonweiler (Aufnahme zwischen 1803 und 1813).

- 1 = 4 Häuser, Standort der Kupferschmelze, möglicher Standort des Hochofens
- 2 = Haus, in der Rekonstruktion von GEBEL als Standort des Hammerwerks angesehen
- 3 = Haus, wahrscheinlicher Standort des Hammerwerks
- 4 = ungefähre Bereich der Schlackendeponie
- 5 = Bauschuttdeponie direkt an Fahrweg und Brücke mit hohem Gehalt an Kupferferroschlacken

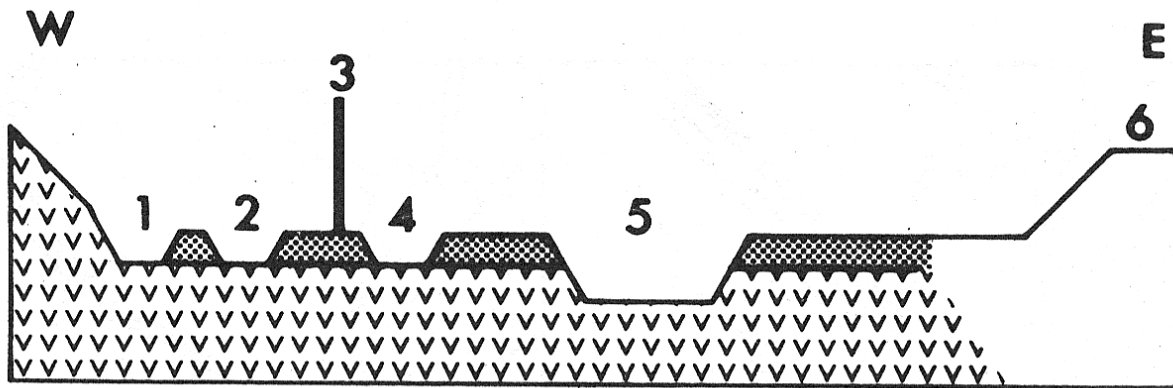


Abb.3: Schematischer Querschnitt durch das Primstal im Bereich der Schlackenfunde.

Die Zeichnung ist nicht maßstäblich.

- 1 = Ehemaliges Primsbett, jetzt Betriebswasserleitung
- 2 = heutiges Primsbett
- 3 = Mast der Starkstromleitung
- 4 = Primsbett während der Bauarbeiten
- 5 = Abwassersammler
- 6 = Straßendamm

Punktraster = Prim-Sedimente

V-Raster = Andesite der oberen Eruptivzone.

Zuletzt war es durch die Freundlichkeit der Ottweiler Baugesellschaft möglich, noch einen Schürf quer zur Richtung der Baumaßnahmen, also von W nach E vom neuen Primsbett (Nr.2 in Abb.3) über die Primsumleitung (Nr.4 in Abb.3) hinweg zu ziehen. Dieser Graben erbrachte knapp südlich des Mastes zwar den Fundhorizont jedoch ohne nennenswerte Fundmengen.

Es ergeben sich als wesentliche Beobachtungen:

1. Den eigentlichen Untergrund bilden Andesite der oberen Eruptivzone in einer Tiefe von etwa 1,5 m oder wenig mehr.
2. Der Fundhorizont liegt im Bereich des Mastes und der zeitweiligen Primsumleitung in einer Tiefe von 0,7-1,0 m unter dem heutigen Niveau. Zwischen Fundhorizont und den anstehenden Magmatiten finden sich sehr grobe Primsschotter. Über dem Fundhorizont liegen jüngere Schotter und Sande (Geröllgröße bis etwa 10 cm).

Es hat den Anschein, daß der Fundhorizont von W nach E einfällt. Da direkte Beobachtungen im Bereich des Abwassersammlers fehlen, ist dies nicht zu sichern.

3. Das Zentrum der Schlackendeponie befand sich im Bereich des Abwassersammlers. Im Graben der Primsumlegung sind gerade noch randliche Teile dieser Deponie angeschnitten. Die Ausdehnung des Fundhorizontes über diesen Bereich hinaus kommt durch Verschleppung zustande.

4. Die Schlackendeponie weist eine starke Überdeckung mit Bruchstücken von Dachziegeln (Biberschwanz) auf.
5. Die Sandsteinfunde liegen mehr im westlichen Teil des Geländes vor, also in der Nähe des bisherigen Primslaufes, wo auch das Gebäude der Karte von TRANCHOT (Nr.3 in Abb.2) eingezeichnet ist.
6. Die Holzreste fanden sich im Graben des Abwassersammlers, also im Bereich der Schlackendeponie. Es bleibt offen, ob sie dort ebenfalls deponiert wurden, demnach nicht direkt die Stelle des Hammers anzeigen.
7. Streufunde von Glasschlacken (Kupferschlacken), die zunächst über eine größere Fläche möglich waren, ließen sich eindeutig auf eine Deponie direkt an der Brücke (Nr.5 in Abb.2) zurückführen. Sie waren von dort durch die Bauarbeiten verschleppt worden. Diese Deponie enthielt reichlich Bauschutt, z.B. Fensterglas sowie auch Gummi und andere moderne Stoffe. Es handelt sich also eindeutig um Material, das angefahren wurde, und das mit großer Wahrscheinlichkeit aus dem Bereich des Ortsteils Schmelz stammt.

9. ZEITLICHE UND ÖRTLICHE VERHÄLTNISSE IN KASTEI

Von den Objekten her ist in Kastei der Kupferbergbau in der 1. Hälfte des 18. Jahrhunderts sehr gut belegt. Durch die jetzigen umfangreichen Funde wird zusätzlich die Kupferverhüttung gesichert. Gleiches gilt für die Eisenverhüttung. Deren Spuren waren jedoch schon lange bekannt und wurden schon von H.-J. GEBEL (1974) beschrieben.

Von der archivalischen Seite her wurde über Kastei schon einiges veröffentlicht. Die umfassendste Darstellung stammt von W.PETTO (1978). Auch wenn noch manche Fragen offenbleiben, steht der zeitliche Rahmen der Kupferverhüttung (grob 1. Hälfte des 18. Jahrhunderts) sowie der Eisenverhüttung (2. Hälfte des 18. Jahrhunderts) fest. Einzelheiten und weitere Literatur sind bei PETTO reichlich zu entnehmen.

Aus dem beschriebenen Fundkomplex waren verschiedene Hölzer dendrochronologisch datierbar. Sie passen in den vorgegebenen zeitlichen Rahmen von Mitte und 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts. Damit ist die Zugehörigkeit zu dieser Periode bestätigt. Die geschichtlichen Daten sind ansonsten hier genauer als die archäologischen Daten.

Die jetzigen Funde geben jedoch Anlaß, mit der Arbeit von H.-J.GEBEL (1974) zu vergleichen, deren Schwerpunkt bei der Beschreibung der Objekte selbst liegt.

Die Kupferschlacken im hier beschriebenen Bereich sind eindeutig verschleppt. Sie stammen mit größter Wahrscheinlichkeit aus dem Bereich des Ortsteils Schmelz (Nr.1 in Abb.2). Nach den Merkmalen, die GEBEL hier von seinen Schlackenfunden wiedergibt, steht anzunehmen, daß ihm nicht Hochofenschlacken sondern Kupferschlacken vorgelegen haben.

Im Untersuchungsbereich konnten einzelne Hochofenschlacken gefunden werden. Diese sind als verschleppt- anzusehen. Ihre Herkunft vom Kasteler Hochofen darf vermutet werden. Der genaue Standort dieses Hochofens muß zur Zeit noch als offen gelten. Hierzu müßten die Schlackenhalde im Ortsteil Schmelz einzeln untersucht werden.

Im Fundgebiet handelt es sich eindeutig um Reste der Frischarbeit. Es wird durch sie die Frischarbeit an dieser Stelle gesichert. Man darf vermuten, daß das in der Karte von TRANCHOT dargestellte Haus (Nr.3 in Abb.2) der ursprünglichen Betriebsstelle entspricht.

Im Gegensatz dazu verlegt GEBEL das Hammerwerk zu dem Gebäude der TRANCHOT-Karte, das in Abb.2 mit Nr.2 bezeichnet ist. Sein Rekonstruktionsversuch enthält darüber hinaus einen Wassergraben und einen Weiher. Von der TRANCHOT-Karte her sind beide nicht belegt.

Nach den von GEBEL angegebenen Quellen ist daher ein Hammerwerk an dieser Stelle nicht zu sichern.

Es erscheint fraglich, ob beim geringen Gefälle des Primstales von etwa 1 m auf 100 m Länge zwei Wasserräder auf eine Entfernung von maximal 200 m sinnvoll waren. Sollte sich ein Weiher in diesem Bereich nachweisen lassen, so wäre bei diesem Punkt eher der ehemalige Hochofen zu vermuten.

10. HOLZRESTE

Aus dem Graben des Abwassersammlers wurden von der Baufirma sechs größere Hölzer geborgen und zunächst sorgfältig deponiert. Sie mußten im Zuge der Arbeiten zur Betriebswasserleitung wieder umgelagert werden, und wurden am Ende, nachdem sich niemand für die Erhaltung interessiert hatte, zerlegt.

Es waren dies:

1. Vier Buchenstämme, rechteckig zugerichtet. In einem Fall war der Querschnitt vollständig rechteckig, bei den anderen waren die Ecken des Querschnitts noch durch den ursprünglichen Stammquerschnitt abgerundet.

Die maximalen Rechteckmaße betragen 0,45m x 0,50 m, die maximale Länge 5 m.

Der vollständig zugerichtete Stamm war an einem Ende ebenso sauber abgeschragt. Andere Spuren lagen nicht vor.

2. Ein grob rechteckig zugerichteter Eichenbalken von ungefähr 20 cm Kantenlänge mit zwei Aussparungen für Verzapfungen.
3. Ein vollständiger Eichenstammquerschnitt von 1,10 m Durchmesser, der wahrscheinlich als Ambosstock gedient hat oder dazu bestimmt war.

Hinzu kam:

4. Aus den Aushubmassen noch ein Bruchstück eines Eichenholzes.

An Datierungen liegen vor:

1. Eiche (obige Nr.4) .engringig, 291 Jahresringe.
Letzter Jahresring 1731. Da der Splint völlig fehlt, ist nach der Splintringstatistik von E.HOLLSTEIN (1980) mit einer Anzahl von grob 20-50 (Mittelwert bei etwa 35) zu rechnen. Das Fällungsdatum liegt daher mit Sicherheit nach 1750.

2 Eiche (obige Nr.3), weitringig, 203 Jahresringe.

Letzter Jahresring 1763. Splintgrenze bei 1762. Nach HOLLSTEIN ist grob mit 15 bis 45 (Mittelwert bei etwa 25) Splintringen zu rechnen. Fällungsdatum mit Sicherheit nach 1777, wahrscheinlich um 1787.

Nach W.PETTO (1978) wurde der Betrieb der Hütte 1785 eingestellt.

3. Nach Zerlegen der Buchenstämme (obige Nr.1) wurden mehrere Reststücke versuchsweise datiert. Für die beiden jüngsten Reststücke ergaben sich als letzte Jahresringe 1740 und 1741. Da in beiden Fällen mit Sicherheit Jahresringe fehlen, passen die Datierungen durchaus zu den Eichen.

Gesamtaussage: alle Datierungen passen in den von W. PETTO (1978) gegebenen Zeitrahmen, zumindest steht keine dazu im Widerspruch.

11. SCHLACKEN VON KASTEL IM VERGLEICH

Die einfachste Unterscheidung erfolgt nach der Kristallinität in:

1. Kristalline Schlacken.

Die kristallinen Schlacken besitzen einen etwas rauhen Bruch, nur in seltenen Fällen wird er glatt. Das Material ist in der Regel trüb, sehr selten kann es auch klar sein.

Die Oberflächen der kristallinen Schlacken sind nur grob fließförmig und zeigen keine Risse. Sie wiesen nie einen vollständigen Schmelzzustand auf, sondern waren allenfalls teigig.

Hierher gehören die gesamten Frischschlacken, sowohl Laufschlacken wie Ofenschlacken.

2. Glasige Schlacken.

Der Bruch ist glatt, die Ränder sind scharf. Die Glasmasse ist eigentlich klar. Eine Trübung kann jedoch erfolgen durch viele kleine Blasen oder durch eingelagerte feinste Partikel.

Glasige Schlacken können entglaste Partien aufweisen.

Die Oberflächen von glasigen Schlacken können intensive und feine Fließformen aufweisen, weiter scharfe Risse, die noch beim Fließen in der bereits erkaltenden Außenhaut entstanden.

Zu den glasigen Schlacken gehören die Hochofenschlacken und die Rohschlacken der Kupferverhüttung.

Deutliche Unterschiede ergeben sich aus Schmelztemperaturen und Viskositäten (Zähigkeiten) der Schmelzen.

1. Die niedrigste Schmelztemperatur mit 1200° C weisen die Kupferschlacken auf. In einem größeren, gleichmäßig beheizten Raum wäre dabei durchaus eine gleichmäßige Schmelze zu erwarten. Gerade aber die Kupferschlacken zeigen intensive Zeichnungen im Bruch, die durch Fahnen feinkristalliner Substanzen verursacht werden. Weiter besitzen die Kupferschlacken sehr häufig an den Außenflächen feinkristalline Krusten. Diese Krusten wurden noch bei letzten Fließvorgängen zerbrochen. Es handelt sich also nicht um nachträgliche Entglasungen.

Diese Erscheinungen lassen sich zwanglos so deuten, daß die Temperaturverhältnisse auf dem Herd des Rohschmelzens kaum wesentlich über die Schmelztemperatur hinausgingen, zumindest aber, daß an den Außenflächen der Schmelze diese Temperatur nicht gehalten werden konnte. Dabei stellte sich offensichtlich gerne ein Temperaturbereich ein, der eine hohe Keimbildungsrate bedingte.

Die Viskosität dieser Schlacken lag über dem bei höherer Temperatur erreichbaren Optimum. Es ist daher nicht verwunderlich, daß eine große Zahl von entmischten Sulfidschmelzkörperchen nicht schnell genug auf den Boden absinken konnte und mit der Schlacke abgezogen wurde.

- 2 Die Schmelztemperatur der Hochofenschlacken liegt mit 1250° C nur wenig über der der Kupferschlacken. Im Hochofen wurde diese Temperatur offensichtlich gut erreicht. Die Hochofenschlacke ist primär homogen. Den heutigen inhomogenen Charakter erhielt sie erst beim Aufschäumen durch die unter Druck gelösten Gase beim Ausfließen.

Die Viskosität war offensichtlich gering. Es finden sich in den Hochofenschlacken nur wenige und kleine Eisentröpfchen.

- 3 Eine Frischschlacke (Laufschlacke) besitzt die höchste Schmelztemperatur von 1530 C. Diese Temperatur wurde auf dem Frischherd kaum erreicht. Der größte Teil des Materials kristallisierte bereits auf dem Herd aus und lediglich eine mengenmäßig geringe Schmelze bewirkte den mehr oder weniger teigigen Charakter der Schlacke.

Mineralogische Zusammensetzung der Schlacken:

1. Der größte Teil der Kupferschlacken ist als Glas naturgemäß röntgenamorph. Die feinkristallinen, entglasten Anteile haben sich in allen Fällen als Klinopyroxene erwiesen mit Zusammensetzungen, die wahrscheinlich im Bereich der Augite liegen.

Nicht aufgeschmolzene ursprüngliche Quarzstückchen liegen als Cristobalit (+ Quarz) vor.

Die Sulfidtröpfchen wurden noch nicht untersucht. Nach dem Aussehen sind zu erwarten: ein Fe-Sulfid, Kupferkies, Bornit und Kupferglanz.

Auf den Kupfersulfidtröpfchen aufsitzend findet sich in ehemaligen Gasblasen häufig drahtförmiges gediegenes Kupfer. Da dieses Kupfer auch auf feinen Rissen auftritt, die erst nach Erstarrung der Schmelze entstanden sein können, ist es kein Produkt des Rohschmelzens. Cuprit und andere Oxidationsprodukte haben mit dem Verhüttungsprozess nichts mehr zu tun.

Die Bildung der Pyroxene rührt letztlich daher, daß die Kupfererzvorkommen von Kastei auch reichlich Dolomit führen, der damit Ca und Mg im richtigen Verhältnis liefern kann.

- 2 In den Hochofenschlacken wurden bislang keine kristallinen Anteile gefunden.

3. Die Frischschlacken bestehen- aus wechselnden Anteilen von Wüstit (FeO) und Fayalit, dem eisenreichen Endglied der Olivin-Reihe. Der Anteil an Fayalit ist einmal eine Folge des Si-Gehalts des gefrischten Roheisens zum zweiten aber auch durch Zusätze (Sand) bedingt. Bei solcher Zugabe und schlechter Durchmischung können dabei örtlich auch einmal reine Fayalit-Massen entstehen.

Die Kasteier Frischschlacken sind bei Zutritt von Wasser und Sauerstoff teilweise deutlich zersetzt worden. Wichtigste Neubildung ist dabei Vivianit, wobei die Frage offen bleibt, ob der P-Gehalt des Vivianits aus den Schlacken selbst kommt, oder, was recht wahrscheinlich wäre, aus den in die Prims eingeleiteten Abwässern stammt.

Es gibt weitere, noch unbestimmte Sekundärminerale.

Chemische Zusammensetzung der Schlacken:

1. Die Kupferschlacke weist eine ähnliche Zusammensetzung auf wie die Hochofenschlacke, doch ergeben sich in den Gehalten bestimmter Elemente deutliche Unterschiede. Mg- und ein Teil des Ca-Gehalts stammen aus Dolomit, der restliche Ca-Gehalt aus der Calcit-Führung des Erzes. Si kommt sowohl aus Quarz der Vererzungen wie aus dem umgebenden Magmatit, aus dem auch der Al-Gehalt herrührt (wie auch der Na-Gehalt). Das Fe stammt größtenteils aus Fe-Gehalten der Sulfide.

Unklar ist der hohe K-Gehalt, der nicht aus der normalen Zusammensetzung des Nebengesteins der Vererzung hergeführt werden kann. Eine K-Zufuhr bei bestimmten Zersetzungsprozessen des Nebengesteins ist denkbar. Solche Erscheinungen sind im Steinbruch Klopp-Berg nachgewiesen. Es käme jedoch auch die Verhüttung von Fremderzen infrage.

- » 2. Die Hochofenschlacke weist einen sehr hohen Al-Gehalt auf, der durch die Tonmineralkomponente des Erzes (Lebacher Toneisensteine) verursacht sein dürfte. Der Mg-Gehalt kann hier aus dem Siderit bezogen werden, der deutlich Mg-haltig ist. K könnte hier auch aus dem Sediment stammen.

Bei allen Schlacken besteht ansonsten die Möglichkeit K aus der Holzkohle herzuleiten. Eine Überschlagsrechnung führt jedoch bei einem K-Gehalt der Holzkohle von etwa 1 % nur zu einem K-Gehalt der Schlacke von 0,6 %.

Der Ca-Gehalt ist nicht aus dem Erz ableitbar. Hier muß mit Kalk als Zuschlagstoff gerechnet werden.

3. Die Frischschlacke fällt durch ihren extremen Fe-Gehalt auf. Der Si-Gehalt ist zwar nicht gering, doch z.T. aus dem Roheisen ableitbar. Ein Teil des Si dürfte jedoch als Zuschlag anzusehen sein.

Der Al-Gehalt ist sehr klein. Dies ist ein wichtiges Merkmal zum Unterschied von Rennschlacken, die den Al-Gehalt des Erzes aufnehmen .

12. SCHLACKENANALYSEN

	Hochofen- schlacke 1	Hochofen- schlacke 2	Kupferroh- schlacke	Frishschlacke (Laufschl.)
SiO ₂	51,5	50,1	56,5	6,5
Al ₂ O ₃	22,6	22,1	11,8	0,4
Fe ₂ O ₃	11,9			
FeO	4,95	3,79	6,87	77,5
MnO	0,79	0,92	0,59	0,45
MgO	8,7	10,7	6,16	0,34
CaO	6,0	7,4	11,1	1,1
Na ₂ O	0,24	0,26	1,85	<0,02
K ₂ O	4,06	3,99	3,59	0,20
TiO ₂	0,75	0,74	0,6	0,11
P ₂ O ₅	0,039	0,027	0,37	1,24
S	0,044	0,059	0,053	0,10
C		0,04		
Cu	<0,002	<0,002	0,28	0,006
Pb	0,06	0,05	<0,02	
Zn	<0,002	<0,002	<0,02	
Cr ₂ O ₃	0,026	0,068	0,05	0,06
V ₂ O ₅	0,03	0,03	0,02	0,09

Alle hier analysierten Schlacken stammen aus den Bereichen-4 und 5 der Abb.2.

13. EISENANALYSEN

Aus dem Fundbereich von Kastei lag zunächst nur ein größeres Stück gefrischten Eisens vor, das (aus Versehen ?) mit in die Schlackendeponie geraten war. Es werden hier noch weitere Analysen zum Vergleich angeschlossen, die zu Kastei direkt keine Verbindung aufweisen.

Auf eine Diskussion der Einzeldaten wird verzichtet. Verschiedene Feststellungen lassen sich jedoch treffen:

Beim Verhüttungsprozeß wird die sehr unterschiedliche Zusammensetzung des Erzes auf wenige Elemente reduziert, die teilweise für das Erz keine Aussagefähigkeit mehr haben (C und Si).

Die in modernen Stählen wichtigen Stahlveredler fehlen in den Größenordnungen, auf die die moderne Analytik normalerweise abstellt. Die Zahlenangaben müssen daher mit Vorsicht betrachtet werden, vor allem, wenn sie auf zum Teil unterschiedlich empfindliche Analysenmethoden zurückgehen.

Die Unterschiede, die auf dem Verhüttungsprozeß beruhen, sind im Vergleich von Roheisen (Gußeisen) und gefrischtem Eisen sehr deutlich.

	Kastel	Züsch 1	Züsch 2	Köllerbach	
C	0,22	3,60		2,57	3,30
Si	0,05	0,88		2,76	1,16
Mn	0,011	0,023		0,22	0,20
P	0,082	0,245		0,66	0,84
S	0,003	0,030		0,112	0,14
Cu	0,075	0,005		<0,005	
Ni	0,103	0,003		0,04	0,008
Co	0,002	0,002			
Pb	0,006	0,002			
Mo	0,003	<0,002		<0,005	
V	<0,002	0,008		0,011	
Cr	<0,002	<0,002		0,04	<0,005
As	0,02				
Sn	<0,002				
Al	0,012	<0,002			
Ti	<0,002	0,011			

KASTEL	=	größeres Stück gefrischtes Eisen
ZÜSCH 1	=	dünne, einfache Gußplatte vom Hammerwerk Züsch (Ausgrabung des Rheinischen Landesmuseum Trier 1983)
ZÜSCH 2	=	gußeiserne Rohrleitung im Boden des Hammerwerks Züsch (Ausgrabung des Rheinischen Landesmuseum Trier 1983)
KÖLLERBACH	=	Gußeisenbarren (Massel ?) aus dem Burggraben der Burg ruine Bucherbach (Ausgrabung 1983)

14. FRAGEN UND ABSICHTEN

Wir legen hier zunächst einmal den eigenen Wissensstand dar. Wir erhoffen uns daraus Kritik und Korrektur falscher Ansichten. Von dem umfassenden Ziel von den Objekten unserer historischen Eisenindustrie wesentlich mehr zu erfahren, erscheinen uns einige Fragen vordringlich.

Die Zusammensetzung des Erzes wirkt sich noch stark aus in die Zusammensetzung der Schlacke, wenig noch im Roheisen und fast nicht mehr im Stabeisen und Stahl. Um überhaupt einmal Zusammenhänge festzustellen, sind daher am ehesten Analysen von Schlacken und von Roheisen interessant.

Wo gibt es für Analysen geeignetes Roheisen, dessen Herkunft einwandfrei gesichert und das möglichst älter als 19. Jahrhundert ist?

Wo liegen Hochofenschlacken, die älter als 19. Jahrhundert sind?

Wo liegen kleinere Verhüttungsplätze mit Renn- oder Frischschlacken?

Wo gibt es Literatur- oder Archivalienhinweise auf lokale Nutzung alter Renn- und Frischschlacken im Hochofen?

Wir sind für jeden Hinweis an die untenstehenden Adressen dankbar.

15. DANKSAGUNG

Für Unterstützung und Probenmaterial sind wir folgenden Herren zu Dank verpflichtet:

Prof. Dr. A. KOLLING (Staatl. Konservatoramt d. Saarl.)

Dr. A. HAFFNER, E. HOLLSTEIN u. F. KÖNNEL (Rheinisches Landesmuseum Trier)

Dr. W. DEGRO u. COLTES (Staatl. Straßenneubauamt d. Saarlandes)

J. WEYAND (Ministerium für Umwelt usw.)

A. GORGES u. WAHLEN (Firma Gebr. Gorges)

MERL u. WEBER (Ottweiler Baugesellschaft)

ADAM, Schmelz

G. BRANDT, Püttlingen

H.-J. GEBEL, Riegelsberg

E. MÜLLER, Saarwellingen

Die Untersuchung wurde durch Sachmittel der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

16. LITERATUR und KARTEN

GEBEL, Hans-Josef (1974): Relikte der Eisenindustrie und des Eisenerzbergbaus im Schwarzwälder Hochwald. - Wissenschaftl. Hausarbeit, Wiss. Prüfung f. d. Lehramt an Gymnasien; Saarbrücken.

HARTMANN, CARL (1859): Handwörterbuch der Berg-, Hütten- u. Salzwerkskunde, der Mineralogie und Geognosie. - 2.Auflage; Weimar.

HOLLSTEIN, Ernst (1980): Mitteleuropäische Eichenchronologie. - Mainz.

JOHANNSEN, Otto (1925): Geschichte des Eisens. - 2.Auflage; Düsseldorf.

PETTO, Walter (1978): Die Kasteier Kupfer- und Eisenerzvorkommen und deren Verhüttung (16. bis 18. Jahrhundert). - Heimatbuch des Landkreises St. Wendel, XVII. Ausgabe: 12-26; St. Wendel.

SCHINDLER, Reinhard (1968): Studien zum vorgeschichtlichen Siedlungs- und Befestigungswesen des Saarlandes. - Trier.

SCHÜRMAN, Eberhard (1958): Die Reduktion des Eisens im Rennfeuer. - Stahl und Eisen, Jhrg. 78, H.19: 1297-1308; Düsseldorf.

SÖNNECKEN, Manfred (1971): Die mittelalterliche Rennfeuer-Verhüttung im märkischen Sauerland. - Landeskundl. Karten u. Hefte d. geogr. Komm. f. Westfalen, Reihe Siedl. u. Landschaft in Westfalen; Münster (Selbstverl. d. Geogr. Kommission)..

Kartenaufnahme der Rheinlande durch TRANCHOT und v. MÜFFLING 1803-1820: Blatt 236 Nonweiler (Aufnahme vor 1813); Saarbrücken 1969 (.Landesvermessungsamt d. Saarl.).

Adressen der Verfasser:

Dr. Gerhard Müller, Im Flürchen 7, 6601 Sbr.-Scheidt (Tel. 0681/818841)

Herbert Hemmer, Zum Turnplatz 18, 6633 Wadgassen-Hostenbach (Tel. 06834/43491)

Das Original dieser Arbeit findet sich in:

**Mineralogisch-Geologischer Arbeitskreis Saar E.V.
Bezirksgruppe Saarland der VFMG E.V.**

**Führer zur neunten Mineralienausstellung
in Saarwellingen
19. und 20. November 1983**

Redaktion: G. MÜLLER

Der Text der Arbeit wurde für eine verbesserte Lesbarkeit neu gesetzt, blieb aber unverändert. Der Seitenumbruch blieb erhalten. Zeilenumbrüche sind verändert.