

# Aufgaben, Durchführung und Ergebnisse von Schmelzversuchen

Autor(en): **Sperl, Gerhard**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG**

Band (Jahr): **57 (1986)**

PDF erstellt am: **09.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-378192>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

hohe Eisengehalt der bei relativ niedrigen Temperaturen gebildeten Stuckofenschlacken zurück.) Die nun ebenfalls reduzierten Begleitelemente aus der Erzgangart gelangen in die flüssige Eisen-Kohlenstoff-Legierung, deren Liquidustemperatur sie weiter herabsetzen. Als Endprodukt von Reduzieren und Aufkohlen entsteht schliesslich Roheisen mit beispielsweise 4,0% Kohlenstoff, 1% Silizium, 2% Mangan, 0,1% Phosphor und 0,015% Schwefel.

Zusammenfassend ergibt sich, dass der Flossofenprozess im Ofenunterteil (Gestell) höhere Temperaturen erfordert, als sie im allgemeinen im Stuckofen auftreten; sie sind für Reduktion der Metalloxide und für die Aufkohlung des Eisens notwendig. Diese Temperaturen lassen sich durch ein kleineres Gestell sowie durch schärferes Blasen und etwas höheren Holzkohlensatz erzielen, wobei es infolge des günstigeren Wärmehaushaltes und des guten Eisenausbringens zu einem niedrigeren spezifischen Brennstoffverbrauch ( $m^3$  Holzkohle/t Roheisen) kommt.

#### Anmerkungen

- <sup>1</sup> Der Ausdruck «Stuck» (oder «Stück») leitet sich von dem im Ofen erschmolzenen «Stück Eisen» ab; der dafür ebenfalls übliche Begriff «Mass» stammt von «massa ferris»
- <sup>2</sup> Das flüssige Roheisen fliesst während des Abstiches aus dem Ofen und bildet bei Erstarrung eine «Flosse»
- <sup>3</sup> Die bei Prozessende teigige, poröse Luppe wird unter dem Hammer feuerverschweisst («Schweisstahl») und dabei verdichtet, während «Flussstahl» in flüssiger Form anfällt und zu Blöcken gegossen wird, die nach Erstarren im wesentlichen dicht sind
- <sup>4</sup> Eine scharfe Grenze zwischen Flossofen und Hochofen lässt sich nicht ziehen; i.a. gelten Eisenschmelzöfen mit höchstens ca. 8 m und Holzkohlenfeuerung als Flossofen
- <sup>5</sup> Hier gleichbedeutend mit Stuck oder Mass
- <sup>6</sup> Erich Kurzle-Runtscheiner: Vier unbekannt Darstellungen zur Geschichte des österreichischen Eisenwesens. In: Beitr. Gesch. d. Eisenwesens in Oberösterreich I. Linz 1949, S. 18–23
- <sup>7</sup> Unterster Teil des Ofens
- <sup>8</sup> Im alpenländischen Raum nennt man das im Stuckofen erschmolzene Roheisen meist «Graglach»
- <sup>9</sup> Nach heutigem Forschungsstand wurde der erste österreichische Flossofen 1541 in Kremsbrücke (Liesertal/Kärnten) angeblasen
- <sup>10</sup> Zur Entnahme des Stuckes musste die Ofenbrust entfernt werden; dabei musste der Ofen leer sein, so dass der Betrieb längere Zeit unter-

brochen war. Für den Roheisenabstich genügte das Öffnen des Abstichloches, wobei die Begichtung nur kurz oder gar nicht unterbrochen wurde

- <sup>11</sup> Wilhelm Schuster: Das alte Metall- und Eisenschmelzen, Technologie und Zusammenhänge. Technikgeschichte in Einzeldarstellungen Nr. 12. Düsseldorf 1969, Tafel 2 (Ausschnitt)
- <sup>12</sup> Franz Marcher: Notizen und Bemerkungen über den Betrieb der Hochöfen und Rennwerke. I. Teil, I. Abtlg., III. Heft (Krain), Tabelle III
- <sup>13</sup> Friedrich Münichsdorfer: Geschichtliche Entwicklung der Roheisen-Produktion in Kärnten. Klagenfurt 1873, Tafeln 1, 2, 7, 8 und 12
- <sup>14</sup> B. Ignaz Pantz und A. Josef Atzl: Versuch einer Beschreibung der vorzüglichsten Berg- und Hüttenwerke des Herzogthumes Steyermark. Wien 1814, S. 196
- <sup>15</sup> Rudolf Schaur: Streiflichter auf die Entwicklungsgeschichte der Hochöfen in Steiermark. In: Stahl u. Eisen 49 (1929), S. 489–498
- <sup>16</sup> Münichsdorfer, Geschichtliche Entwicklung..., S. 11
- <sup>17</sup> Peter Tunner: Betriebs-Resultate der Vordernberger Stücköfen vom Jahre 1745. In: Die st.-st. montanistische Lehranstalt zu Vordernberg, Jahrbuch III–VI (1843–1846), S. 411–413 Wascheisen: aus der Schlacke herausgelöste Roheisengranalien
- <sup>18</sup> Münichsdorfer, Geschichtliche Entwicklung..., S. 19
- <sup>19</sup> Erwin Plöckinger und Harald Straube: Die Edeltahlerzeugung – Schmelzen, Giessen, Prüfen. Wien–New York 1965, S. 57

## Aufgaben, Durchführung und Ergebnisse von Schmelzversuchen

Dr. Gerhard Sperl, Leoben

### Einleitung

Die in diesem Rahmen diskutierten «Schmelzversuche» stellen nichts anderes dar als die sinngemässe Fortsetzung einer früher als «Probierkunst» bezeichneten Versuchsart, die im späten Mittelalter und der beginnenden Neuzeit dazu diente, einerseits die Zusammensetzung von Erzen und Gesteinen in kleinstem Massstab zu bestimmen, andererseits für die gefundene Erzart die beste metallurgische Behandlung zu sichern; das Alter dieser «Probierkunst» zu untersuchen, wäre eine reizvolle Aufgabe, man kennt allerdings bereits Rezepte aus der neassyrischen Periode (ca. 7. Jh. v.Chr.), die als Probieranleitungen zu deuten sind.<sup>1</sup>

Wir wissen aber auch von Versuchen, die unserer heutigen Auffassung noch näher stehen, z.B. wenn Cosimo de'

Medici um 1540 Versuche ausführen lässt, die Eisenerze des Festlandes der Toskana zu erproben, ob sie nicht das ihm schwerer zugängliche Erz aus Elba ersetzen könnten. Die Versuche gingen negativ aus.<sup>2</sup> Er musste sich auf Umwegen über die Gründung von Cosimopoli, dem heutigen Portoferraio, der wichtigen Erzlager, wenn auch nur auf Vertragsbasis, bemächtigen. Schmelzversuche im grossen Stil waren auch nötig, als man in Kärnten und im Gebiet des Steirischen Erzberges um 1760 die Umstellung von der direkten zur indirekten Eisenerzeugung im Flossofen vornahm.<sup>3</sup> Überhaupt ist die industrielle Revolution auf dem Gebiet des Eisenwesens ohne Schmelzversuche nicht denkbar und noch heute sind diese Grundlagen metallurgischer Neuerungen, man denke an den in Österreich 1949 zur Betriebsreife entwickelten LD-Prozess.<sup>4</sup>

Zur Rekonstruktion historischer Prozesse wurde der Schmelzversuch erstmals 1877 von Gundacker Graf Wurmbrandt<sup>5</sup> angewandt. Nicht bei jedem Schmelzversuch der letzten Zeit ist allerdings eine Mitteilung wie seine möglich: «Es genügt zu sagen, dass wir nach 26 Stunden löschten und nach Abzug der Schlacken bei 12 Pfund Eisen gewonnen hatten, welches, und dies muss hier hervorgehoben werden, nicht die Eigenschaften des Roheisens, sondern die des guten Schweisseisens verriet. Ich liess sofort ohne irgend einen weiteren Prozess eine Reihe von Proben ausschmieden, worunter Waffen, Stangen, usw. . .»<sup>6</sup>

Über Schmelzversuche dieser Art wurde bereits in diesem Raume vor mehreren Jahren diskutiert und eine gute Zusammenstellung darüber publiziert.<sup>7</sup> Zahlreiche Berichte gibt

es über die im Aussterben begriffene direkte Eisenerzeugung in manchen noch heute schwer zugänglichen Gebieten Afrikas. Man sollte daher denken, dass jede weitere Untersuchung dazu überflüssig sein könnte.<sup>8</sup>

Tatsächlich war auch das auslösende Moment mehrerer eigener Versuche zum frühen Eisenwesen das Interesse der Öffentlichkeit, vor allem des Fernsehens, es den Heutigen zu zeigen, wie es einst gewesen ist. Ein anderes wichtiges Motiv ist es sicher für manche, – so wohl auch für die Schmiedezunft «Eligius» – die alte Kunst der Eisenherstellung selbst einmal erprobt zu haben, um damit die Arbeit früherer Metallurgen besser zu verstehen.

Für den Autor und wohl auch andere war das Wichtigste allerdings eine bessere Deutung archäologischer Funde an Schmelzplätzen zu erreichen, das Eisen, die Schlacke und die Ofenreste eigener Erzeugung damit zu vergleichen und damit Rückschlüsse für die historische Forschung zu finden.

*Die eigenen Schmelzversuche* begannen bereits 1968 in Baumkirchen (Tirol) und sollten damals einen hypothetischen Prozess zur Kupfererzeugung der Bronzezeit am Mitterberg bei Mühlbach beweisen. Schmelzversuche zur Eisenerzeugung zwischen 1979 und 1984 im Raume Vordernberg (3 Versuchsplätze) waren neben dem Schauzweck (Landesausstellung in Eisenerz!) vor allem der Kontrolle mancher Parameter und dem Vergleich der Brauchbarkeit Blauerz-Siderit (32% Fe, geröstet um 45%) gewidmet. Auch wurde der kürzestmögliche Zeitablauf einer Schmelzkampagne erprobt. Ganz ähnlich waren die beiden Versuche im Burgenland (1982) konzipiert, wo das verfügbare Erz und die Ofenkonstruktion von besonderem Interesse schien. Schliesslich erfolgten noch Versuche in einem «synthetischen» Ofen im Labor des Erich-Schmid-Institutes in Leoben, wo die Kontrollierbarkeit von Temperatur, Druck und Gaszusammensetzung besser schien als im freien Gelände. (Diese Versuche werden im Rahmen eines Fondsprojektes fortgesetzt).<sup>9</sup>

#### **Planung der Ofenkonstruktion**

Wichtigster Teil der Versuchseinrichtung ist der Ofen: Während der frü-

her verwendete Innendurchmesser aus Ausgrabungen belegt ist und sich für die meisten Ofenfunde mit zwischen 30 und 60 cm liegend rekonstruieren lässt, ist die Bauhöhe oft nur indirekt erschliessbar; wichtig ist diese dann, wenn man einen Betrieb mit natürlichem Wind durch die Kaminwirkung des Schachtes annimmt. Bei künstlichem Gebläse ist ja eigentlich, wie im Falle des Rennherdes, nicht einmal ein kleiner Ofenschacht erforderlich.

Aus den Funden kann man auch erschliessen, dass die Winddüsen etwa in der Höhe im Betrag von einem Ofenradius über dem Ofenboden angebracht waren, ein Mass, das die eigenen Versuche auch als sinnvoll bestätigt haben. Bezüglich der Düsen selbst ist der lichte Durchmesser meist mit 2 bis 3 cm gefunden worden, eine leichte Schrägstellung (Stechen) zur horizontalen «Formebene» scheint günstig. Das Vorkragen der Düse war bei uns nicht mehr als etwa 5 cm, während man in Afrika einen halben Meter gefunden hat. Da die Lage der Reaktionszone durch die Düsenmündung bestimmt wird, hat eine solche Düsenlänge sicher metallurgische Folgen, ja man hat sogar behauptet, dass dadurch mit «Heisswind» gearbeitet wurde, was höhere Verbrennungstemperaturen ergäbe.<sup>10</sup>

Bei direkter Windzufuhr aus dem Blasbalg ist mit der Position der Düse auch die des Blasbalges vorgegeben, und zwar nicht nur bezüglich der Höhe, sondern vor allem bezüglich des Schlackenabstiches bzw. der Öffnung zur Entnahme der Luppe. Praktische Erwägungen sprechen dafür, die Düse an der Gegenseite der «Ofenbrust», bei Anbringung mehrerer Düsen diese im rechten Winkel zur «Ofenbrust» anzusetzen. Baut man den Ofen, wie in der Bronzezeit im Alpenraum üblich, in einen Hang, so ist die Ofenbrust trotzdem die günstigere Lage für die Winddüse. Diese soll aus möglichst feuerfestem Ton und vorgebrannt eingesetzt werden, wie es auch den Funden, z.B. im Burgenland, entspricht.

Die je Zeiteinheit zugeführte Windmenge bestimmt den Kohlenstoffverbrauch und ist diesem fast genau proportional. Während die geförderte Windmenge für ein kontinuierlich arbeitendes Gebläse (Staubsauger, Bottichgebläse) mit normaler Mess-

technik durchführbar ist, kann für den diskontinuierlich arbeitenden Blasbalg nur die praktische Messung über den Holzkohlenverbrauch empfohlen werden. Berechnungen aus Hubzahl und Hubvolumen ergeben wegen der Undichtheiten meist zu hohe Werte. Die meisten Schmelzversuche wurden mit künstlichem Gebläse (Staubsauger rückwärts) ausgeführt und der verfügbare doppelt wirkende Blasbalg nur für Vergleichszwecke (und Fernsehaufnahmen) eingesetzt.

#### **Ausführung der Versuche in Öfen «norischer Bauart»<sup>11</sup>**

##### *Vorbereitung:*

Der Ofen selbst wurde bei der Stein-Lehmkonstruktion (Vordernberg) am Morgen des Arbeitstages innerhalb von einer Stunde errichtet (Innendurchmesser 30–40 cm), bei Ganz-Lehm-Konstruktionen (Stoob) am Vortag in etwa zwei Stunden, falls alles Vormaterial vorbereitet war. Die Erze wurden in Vordernberg mit der Hand auf Klopffsteinen zerkleinert, nur die nussgrosse Fraktion verwendet (z.T. geröstet); das Stoober Erz (Burgenland) aus den Tonschichten wurde in einer Waschtrommel vorgewaschen, dann ebenfalls zerkleinert. Die Körnung der Holzkohle, teils aus Buchenholz (eigene Herstellung), wurde in der Körnung 20/50 mm eingesetzt.

##### *Ablaufplan:*

Meistens wurde folgendermassen vorgegangen: Der Ofen wurde etwa eine Stunde mit Holz langsam, dann mit Holzkohle bei offener Brust schneller vorgeheizt, nach etwa zwei Stunden (Temperaturkontrolle) wurde die Ofenbrust zugemauert und das Gebläse in Betrieb genommen; wenig später wurde mit dem Erzsatz begonnen, der entsprechend der Absinkzeit der Kohle meist etwa eine Stunde später vor die Düsen gelangte; etwas früher als berechnet erschien die erste Schlacke, die oft leichtflüssig durch Risse in der Ofenbrust austrat. Schlackenabstiche waren etwa jede Stunde nötig. Das Gewichtsverhältnis Erz zu Holzkohle wurde bei etwa 1 gehalten, manchmal schienen «leere Gichten» (nur Holzkohle) notwendig. Das Erz wurde gewogen, die Holzkohle nach Volumen, dessen Gewicht bekannt war, gesetzt. Meist wurden insgesamt etwa 50 kg Erz gesetzt. Nach dem letzten Erzsatz wurden noch für eine halbe bis ganze Stunde

nur Holzkohle aufgegeben, und diese weitgehend verbrannt, ehe die Ofenbrust aufgebroschen und Luppe und Schlacke glühend gezogen wurden. Der Schlackenbestand wurde am folgenden Tag z.T. mit einem Magnet nach dem Erkalten nach Eisenteilchen abgesucht, fotografiert und eingesammelt.

Während des Versuches wurde immer, allerdings an einer für die keramische Verkleidung des Thermoelements ungefährlichen Stelle, die Temperatur gemessen, um die Aufheizung des Ofens zu kontrollieren. Weiters erfolgten Einzelmessungen im Bereich der Hochtemperaturzone, die allerdings meistens mit der Zerstörung der Thermoelementspitze (Pt-Rh-Pt) endeten.

Bei einer Reihe von Versuchen wurde ein Y-förmiges Rohr zur Windzufuhr verwendet, das eine Messblende und Stutzen zur Druckmessung aufwies. Damit war die Kontrolle der Temperatur vor der Düse mit optischer Messung (Spitzenwerte zwischen 1400 und 1500 Grad), Beobachtung des Zustandes der Düse (Schlacke) sowie die Kontrolle der Luftmenge und des Gegendruckes (Verlegung des Ofens!) möglich.

#### Auswertung der Versuche

Die aufgezeichneten «Betriebskennwerte» können in ein «Ofendiagramm» des Rennverfahrens eingezeichnet werden, das Vergleiche verschiedener Versuche untereinander und mit den Werten der Stucköfen, Flossöfen und modernen Hochöfen zulässt. Ähnliches wurde bereits in tabellarischer Form von Osann versucht, von dem einige Werte eingetragen sind. Man erkennt: ist der Ofen im Vergleich zur 1200-Isotherme zu gross, misslingt der Versuch, es tritt nur örtlich Schlacken- und Luppenbildung ein; ist er zu klein, so ist die mittlere Temperatur zu hoch, es entsteht hochgekohltes Gusseisen.

Die erzeugten «Produkte»: Eisen, Schlacke, unreduziertes Erz sollten zumindest in repräsentativer Auswahl chemisch und metallografisch bzw. mineralogisch untersucht werden. Dabei ist auf die im Rennfeuer unvermeidliche Inhomogenität der Ofenzonen und damit der Produkte Rücksicht zu nehmen. Bei den Schlacken ist auch die «äussere Typologie» für den Vergleich mit histori-

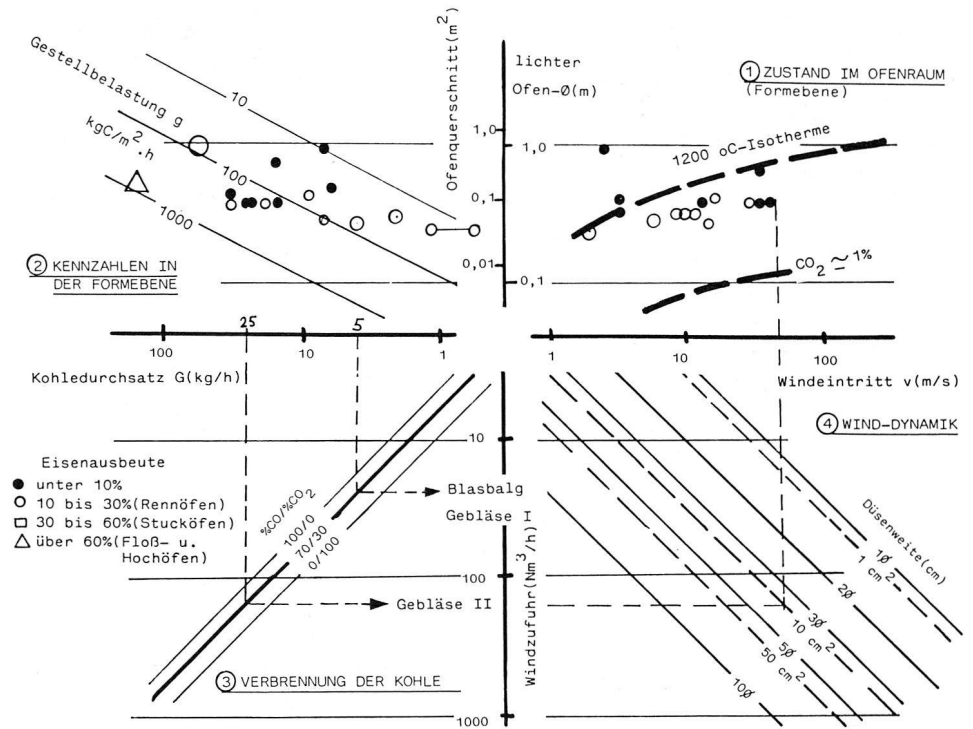


Bild 1: Das Ofendiagramm der Renn-, Stuck- und Flossöfen.

schen Schlacken von besonderer Bedeutung: Form, Farbe (an der Oberfläche und im Bruch), Kristallisationszustand und Einschlüsse von Holzkohle, Erz und Metall sind zu beachten.<sup>13</sup>

#### Ergebnisse

Nach der Durchführung der bisherigen Versuche zeigen sich Resultate, die einerseits ein besseres Verständnis der alten Eisenprozesse und ihrer Funde gebracht haben, die aber andererseits neue Fragen aufwerfen.

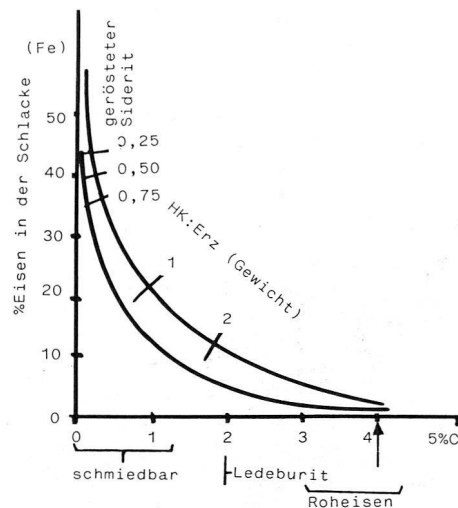


Bild 2: Eisenreduktion und Aufkohlung: Versuche Wraith/Tylecote. Das Diagramm gilt für einen Ofendurchmesser von 23 cm und einer Windeintrittsgeschwindigkeit von etwa 10 m/sec. (Siehe auch Bild 1).

Bisher ergibt sich folgende Bilanz:

1. Der «Wind», die *Verbrennungsluft*, ist der bestimmende Faktor des Rennofenprozesses. Seine Menge bestimmt den Ofendurchsatz, zusammen mit den Düsen- und Ofenmassen auch die Qualität des erzeugten Eisens und damit die Ausbeute (Bild 1). Das Verhältnis Erz : Kohle ist der zweitwichtigste Parameter (Bild 2).
2. Aufgrund der inhomogenen Temperaturverteilung vor den Düsen gibt es in den primitiven Rennöfen für *jedes Erz*, oft auch geringhaltiges, in irgend einer Masse Eisenreduktion. Am besten sind aber Erze, die über 50% Eisen (über 70% FeO) bei saurer Gangart enthalten. Der Mangelhalt hebt die Eisenausbeute. Diese ist im Rennfeuer zwischen 10 und 30% anzunehmen, der späte Stuckofen erreichte 60%, erzeugte allerdings gleichzeitig etwa 30% Roheisen (Graglach!).
3. Die *Entstehung der festen Luppe* mit oft erstaunlich niedrigem Schlackenanteil ist als Auskristallisation («Dekantieren») des Eisens aus der Schlacke und zugehöriger Sintervorgang zu verstehen. Daher ist für das Rennfeuer eine flüssige Schlacke (mit dem Flussmittel

«Eisenoxid») eine unabdingbare Voraussetzung. Der Kohlenstoffgehalt im Eisen und der Eisengehalt der Schlacke sind gegenläufig. Die Rolle des Phosphors bei der Aufkohlung ist zwar prinzipiell bekannt gegenläufig zur Aufkohlung, doch gibt es auch gekohltes, phosphorreiches Eisen, was weitere Versuche erfordert.<sup>9</sup>

4. Die *Schlackentypen*, die bei den Schmelzversuchen anfielen, zeigten zweierlei (Bild 3):

a) Die *Luppe* liegt vor der Düse, der darunterliegende *Schlackenkuchen* ist oft reich an metallischem Eisen, wurde daher früher oft wieder aufgegeben (z.B. die «Ofensau» Feistawiese).

b) Es gibt drei Arten von *Schlackenzapfen*:

- Typ Feistawiese: in den Düsen erstarrt,
- Typ Blahberg: absichtlich gegossen,
- Typ Vordernberg: zapfenförmige Flussschlacke, wenn der Abstich einiges über dem Niveau der Schlackenrube liegt, die Schlacke aber in einem gewissen Viskositätsbereich liegt, der von Zusammensetzung und Temperatur abhängt.

5. Versuche mit *natürlichem Luftzug* wurden nicht gemacht, es zeigt sich

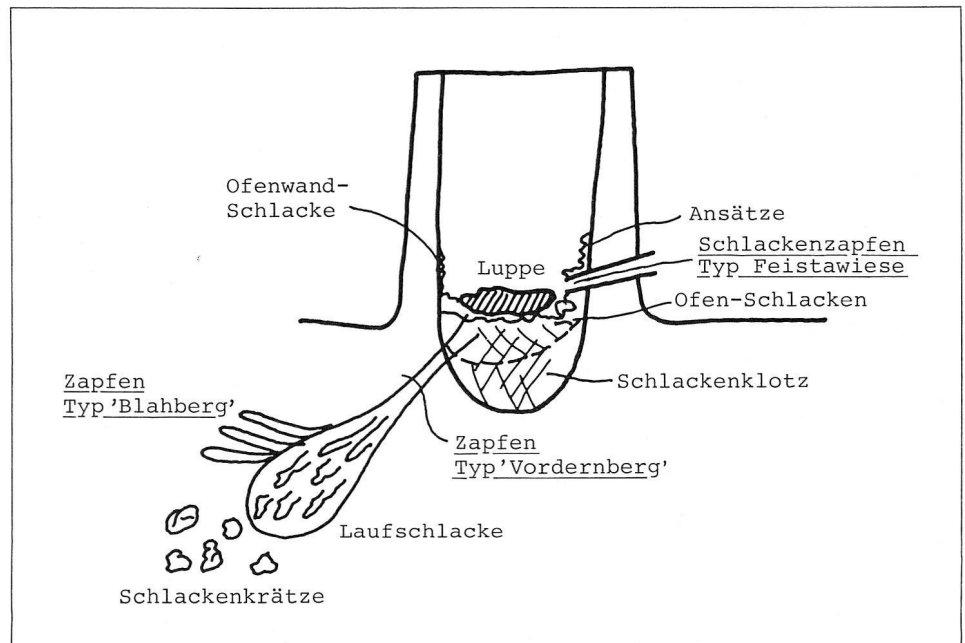


Bild 3: Schlackentypen, gefunden bei Ausgrabungen von Rennöfen in Österreich.

aber, dass der Strömungswiderstand für die Luft durch die Schüttsäule (H = 120 cm) des Versuchsofens zwischen 2 und 5 cm Wassersäule liegt; für die Aufrechterhaltung ausreichender Luftzufuhr sind daher eine Mindestofenhöhe (1,5 m), sorgfältige Auswahl der Körnung für Erz und Holzkohle (kein Feinanteil!) und genügend dimensionierte Düsen (gross, mehrere) erforderlich.<sup>14</sup>

6. *Schmiederversuche* – u.a. auch der Schmiedezunft Eligius – an den hergestellten Luppen zeigten, dass auch wenig dichtes Material noch fehlerfrei ausgeschmiedet werden kann. Die Vorbearbeitung der Luppen zu transportfähigen Masseln ist daher zugleich eine Massnahme zur Ausbeutesteigerung, da offensichtlich schon in der Urzeit auch kleinere Luppenteile zu einer grösseren Einheit verschweisst wurden.



Bild 4: Schlackenabstich 1980



Bild 5: Zustand Herbst 1981



Bild 6: Zustand Sommer 1985

Bilder 4 bis 6: Verfall des lehmgemauerten Schmelzofens von 1980 (SV 5–7/1980). Lichter Innendurchmesser 40 cm, Höhe über Herd 1,2 m. Abstichöffnung als Gewölbe gemauert.

7. *Experimentelle Montanarchäologie:* Der für die Schmelzversuche verwendete Ofen in Vordernberg verfällt nun langsam (Bild 4–6), so dass man hier Erfahrungen über den Zerfall solcher Konstruktionen durch Witterungseinflüsse gewinnen kann. Leider ist ein Schutz vor mutwilliger Zerstörung nicht möglich, vielleicht auch ein weiterer Erfahrungswert für die praktische Ausgrabungstechnik an Schmelzöfen.

#### Literatur:

<sup>1</sup> G. Sperl: *Diskussionsbeitrag zur Herstellung der Mikrotontafeln*, in: *ORIENTALIA*, Vol. 36, Fasc. 3, 1967

<sup>2</sup> F. Rodolico: *Sulla Varia Fortuna Dell'arte Mineraria in Toscana*, in: *Atti e Memorie dell'Accademia Toscana di Scienze e Lettere Verlag La Colombaria*, Vol. XLIX, Neue Serie XXXV, Florenz 1984

<sup>3</sup> E. Apfelknab: *unveröffentlichtes Manuskript von 1982 mit dem Arbeitstitel «Die Umstellung vom Stuckofen- zum Flossofenprozess in Vordernberg und Eisenerz um 1760».*

<sup>4</sup> G. Sperl: *Das LD-Verfahren als Fallbeispiel einer erfolgreichen Innovation im Eisenhüttenwesen (Manuskript)*

<sup>5</sup> G. Sperl: *100 Jahre Schmelzversuche zur frühen Eisenerzeugung in: Leobner Grüne Hefte, Neue Folge, Heft 2, «Eisengewinnung und -verarbeitung in der Frühzeit», S. 93–99, 1981*

<sup>6</sup> G. Wurmbrand: *Bericht über die Versuche*, in: *Korrespondenzblatt der Deutschen Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte*, S. 156–165, 1877

<sup>7</sup> *Die Versuchserschmelzen und ihre Bedeutung für die Metallurgie des Eisens und dessen Geschichte*. Hg.: *Comité pour la Sidérurgie ancienne UISPP*. Schaffhausen 1973

<sup>8</sup> G. Sperl: *Das Eisen in Afrika; Vortragsmanuskript vom 9.6.1983*

<sup>9</sup> *Fondsprojekt Nr. P 5640 «Verhalten von Phosphor und Kohlenstoff bei der Direktreduktion von Eisen aus Erzen, 1986*

<sup>10</sup> D.A. Avery: *The iron bloomery*, in: *Early Pyrotechnology, The Evolution of the First Fire-Using Industries*, Smithsonian Institution Press, Washington D.C., 1982, S. 205–214

<sup>11</sup> *Die von Straube-Plöckinger-Tarmann verwendete Terminologie «Öfen norischer Bauart» ist nicht mehr haltbar, da keiner der dort angeführten Beispiele, weder Feistawiese, noch Lölling, in die keltische Periode gehören, sondern hochmittelalterlich sind. Siehe auch: Straube H., Tarmann B., Plöckinger E: *Erzreduktionsversuche in Rennöfen norischer Bauart, Kärntner Museumschriften XXXV, Klagenfurt 1964**

<sup>12</sup> B. Osann: *Rennverfahren und Anfänge der Roheisenerzeugung; Fachausschussbericht des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute Nr. 9.001, Düsseldorf 1971*

<sup>13</sup> G. Sperl: *Über die Typologie urzeitlicher, frühgeschichtlicher und mittelalterlicher Eisenhütten-schlacken; Studien zur Industrie-Archäologie VII, Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien 1980*

<sup>14</sup> R.F. Tylecote, A.E. Wraith: *The Mechanism of the bloomery process in shaft furnace*, in: *Journal of the Iron and Steel Institute*, S. 341–364, 1971

## Einführung zum Rennfeuerversuch «ELIGIUS»

Hans-Peter Britt, Winterthur

Im Rahmen des 10jährigen Bestehens der Schmiedezunft ELIGIUS wurde am 7. September 1985 den Teilnehmern der 8. Technikgeschichtlichen Arbeitstagung im Klostergut Paradies die frühe Eisenerzeugung mit dem Rennfeuer vorgeführt. Nachstehend kurz die Geschichte der Schmiedezunft Eligius.

Im Laufe unseres Jahrhunderts hat die Entwicklung der modernen Technik einschneidende Veränderungen im Schmiedehandwerk mit sich gebracht. Viele Werkstätten mussten aus wirtschaftlichen Gründen stillgelegt werden. Die Tradition drohte verloren zu gehen. Diese Erkenntnisse gaben den Impuls, diese fast vergessenen Traditionen neu aufleben zu lassen.

Es fanden sich genügend interessierte Schmiede, so dass im August 1975 die Schmiedezunft Eligius gegründet werden konnte. Aus dem Kern von 7 initiativen Leuten entwickelte sich innert 10 Jahren eine Zunft von heute 36 Leuten.

Die Ziele der Zunft waren und sind es noch heute:

- Pflege des Schmiede-Handwerks

- Erhaltung kultureller Werte
- Förderung von Nachwuchs
- Pflege der Geselligkeit

Im Rückblick zeigte sich, dass die Zunft aktiv war.

1976 wurde eine Ausstellung «Eisen, Schmiedehandwerk, Künstler, Kunst» durchgeführt. Ein schönes Buch mit diesem Titel zeugt von dieser Aktion.

1978 trat man in die Öffentlichkeit mit der Demonstration des Kohlebrennens. Weite Kreise der Bevölkerung verfolgten die Arbeit der Köhler.

1981 bot man wieder der Öffentlichkeit die Möglichkeit, das Nagelschmieden kennenzulernen. Rund 5000 Besucher zog diese Schau an.

Auch als im benachbarten Winterthur 1982 das Schweizerische Technorama entstand, wurde man wieder aktiv. Man richtete eine kleine Schmiede ein, in welcher seither von Zeit zu Zeit das Handwerk vorgeführt wird.

Und nun, 10 Jahre nach der Gründung, hat man sich der Rennfeuer-technik angenommen, um der Öffentlichkeit zu zeigen, wie früher Eisen erzeugt wurde.

Was bei all diesen Aktivitäten mit Freude festzustellen ist: Es gibt noch Leute, die freiwillig, meist in der Freizeit, ohne primär ans Geld zu denken und mit viel Enthusiasmus etwas für die Allgemeinheit leisten.

### Das Rennfeuer

Durch Vorversuche wollte man einen gangbaren Weg finden Eisen aus Erz zu erzeugen. Verschiedene Einschränkungen musste man leider in Kauf nehmen; die Rennfeuerdemonstration sollte ja nicht wissenschaftlichen Zwecken dienen, sondern es sollte eine für das Publikum begreifbare Vorführung durchgeführt werden:

- Leicht aufschliessbares Erz
- Windzuführung mit modernen Gebläsen
- Moderne Chamottesteine

In insgesamt 7 Versuchen tastete man sich an die am 7.9.1985 vorgeführte Darstellung heran.

In der *Tabelle 1* erkennt man die Fakten der Versuchsreihe.

### Ofenform

Grundsätzlich wurde festgelegt, dass man ein Rennfeuer nachbauen wollte, durch Blasebalg (oder Bälge)