

# Noricum und Etrurien – Technologische Beziehungen in der Eisenmetallurgie

Gerhard Sperl, Leoben

## Vorbemerkung

Technologische Beziehungen, der Technologietransfer, in der Antike sind am deutlichsten an der Eisentechnologie, wie sie durch Ausgrabungen und Funduntersuchungen fassbar ist, nachzuweisen. Weil die uns bekannten Naturgesetze sich in historischen Zeiten nicht ändern, lässt sich durch moderne Kriterien ein solcher Vergleich der eingesetzten Technologien auch durchführen. Anders ist es bei der geistigen Einstellung zum Verfahrensablauf: Diese ist über Zeiten und Kulturen durchaus veränderlich und daher an den Funden weniger ableitbar; hier helfen die historischen Texte wie jene des C. Plinius Secundus d. Ä. († 79 n. Chr.) weiter, wenn man das norisch-keltische und das etruskisch-römische Eisenwesen vergleichend betrachtet.

## 1. Randbedingungen in Etrurien

Für die Periode, in welcher die Etrusker Bedeutung hatten, also zwischen 800 und 200 v. Chr., kann man annehmen, dass die wichtigsten Metalle Eisen und Kupfer so reichlich verfügbar waren, dass sie diese auch zu Wasser und zu Lande exportieren konnten. Die „Silberquelle“ in der Toskana war Bleiglanz, der in den Bergen um Campiglia und Massa Marittima vorkommt und besonders im Mittelalter als begehrtes Münzmetall intensiv gesucht wurde (Sperl 2007). Eine Sonderstellung nehmen Gold und Zinn ein, die in der Toskana in nur mineralogisch interessanten Größenordnungen vorkommen. Daher muss Gold, wie es in den reichen Gräbern gefunden wurde, importiert worden sein. Als Exportmarkt dafür ist im Mittelmeerraum wohl Ägypten anzunehmen, und als Händler traten, wie auch die Bibel erwähnt, die Phöniker bzw. Punier auf

## 2. Die Metalle um 800 v. Chr. im Mittelmeerraum

Etrurien war in der Periode der Etrusker auf den Handel mit Gold und Zinn angewiesen, um die berühmten Schmuckstücke oder die zahllosen Bronzen herzustellen. Allgemein nimmt man an, dass die Hauptquelle des Zinns für das Mittelmeer Cornwall in Südwest-England war; es gibt aber sowohl in der Bretagne als auch im Nordwesten Spaniens Zinnlager, die in historischen Zeiten genutzt wurden. Praktisch noch nichts weiß man über die Frühzeit der für Italien nächstgelegenen Zinnlagerstätte, jene des böhmisch-deutschen Erzgebirges – vielleicht nur eine Fundlücke. Die These aber, dass das Zinnvorkommen des Monte

Valerio den Reichtum Etruriens begründete, kann wohl wegen des geringhaltigen Vorkommens von fein mit Eisenerzen verwachsenem Kassiterit (Zinnstein  $\text{SnO}_2$ ) ausgeschlossen werden, auch weil wir uns schon in der Eisenzeit befinden, wo die Bedeutung der Bronze zurückgedrängt wurde.

Allerdings ist die Verwendung der den Zinnstein enthaltenden limonitischen Eisenerze durch Analysen von Schlacken aus Populonia/Baratti belegt (Benvenuti et. al. 2000), die Insel Elba war somit nicht die alleinige Erzquelle der Etrusker und der Römer für Populonia. Elba war in der Eisenzeit aber sicher die wichtigste Quelle der Eisenerze an der Küste des Tyrrhenischen Meeres und blieb dies auch bis in das 19. Jahrhundert (Sperl 1989). Welche Bedeutung der „senatus consultum“, das Verbot des Erzabbaues auf Elba durch den römischen Senat um 200 v. Chr., hatte, ist nicht nachweisbar. Ab dieser Zeit scheint die Eisenproduktion, deren Leitung wahrscheinlich damals von den Römern übernommen wurde, technologisch minderwertiger zu werden, wie Analysen von Schlacken nahe legen (Sperl 1981).

Metallurgisch hergestelltes Eisen findet sich in Europa bereits seit 1800 v. Chr., aber erst nach 1000 v. Chr. tritt es deutlich in den Ausgrabungen Mitteleuropas auf (Pleiner 1981) (Abb. 1). Um 800 v. Chr. gewinnt das Eisen als Werkstoff für Waffen und Werkzeuge an Bedeutung, es wird zum Gebrauchsmetall, womit die frühe Eisenzeit, die Hallstatt-Periode, beginnt. Die Technologie des Reduzierens und des Schmiedens kam wohl aus Anatolien über Griechenland nach Etrurien, von wo sie sich über Mittel- und Westeuropa ausbreitete. Für die Zone Burgenland-Sopron scheint ein veneto-illyrischer Weg möglich (Abb. 2).

Entwicklung der Eisenmetallurgie in Griechenland und ihre Einführung in Etrurien

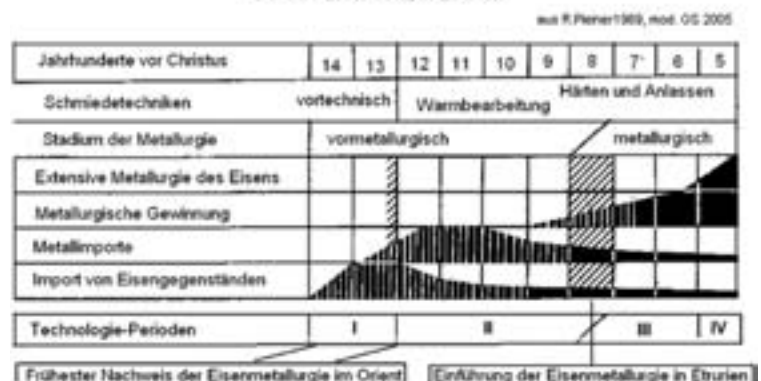


Abb. 1: Stufen der Einführung der Eisenmetallurgie in Griechenland und in Etrurien: Der bodenständigen Erzeugung geht die Verarbeitung importierten Rauheisens voraus.



Abb. 2: Die Ausbreitung der Eisentechnologie am Ende der Bronzezeit nach (Pleiner 1981) und wichtige Eisenzentren (1-4) in etruskisch-keltisch-römischer Zeit (6. Jh. v. Chr. – 5. Jh. n. Chr., ergänzt G. Sperl 2007) in Mitteleuropa.

### 3. Kriterien zur Archäometallurgie des Eisens

Die wichtigsten Spuren der frühen Eisenerzeugung sind die eisenreichen Schlacken; dies hatte zur Folge, dass sie in moderner Zeit wieder als Eisenträger in die Hochöfen eingesetzt wurden, wie es mit den etruskisch-römischen Schlacken von Populonia geschah (Pistolesi 2006). Auch in Vordernberg (Steiermark) sind Schlacken der Stucköfen in den Floss- und den Hochöfen verschwunden. Verstreute Schmelzplätze sind von solcher Nutzung meist verschont geblieben und so für den aufmerksamen Eisenhistoriker als Schmelzplatz erkennbar.



Abb. 3: Die Metallurgie des Eisens im direkten Verfahren zur Herstellung der Rauheisen-Luppe und Methoden der Funduntersuchungen dazu.

Dort sind auch die Ofenreste, die Röstplätze und Holzkohlenlager zu finden, die jede Schmelzanlage seit der Bronzezeit kennzeichnen (Abb. 3). Allgemein ist anzumerken, dass man bei systematisch organisierten Schmelzbezirken wie im Falle Populonia, das Erz zur Kohle brachte: Da bei einem Gewichtsverhältnis im Ofen von 1:1 für Holzkohle zu Erz das Holzkohlenvolumen das Zehnfache des Volumens des Erzes ausmacht, war dies für den Transport ein wichtiges Kriterium, so auch bei den Boottransporten zwischen Elba und dem Festland.

Die gefundenen Ofenkonstruktionen unterscheiden sich vor allem durch die Lage des Schlackenabstiches (Abb. 4). Nur der Rennofen, mit den Winddüsen über der Ofenflur (Hüttenflur), ließ die Schlacke frei ausfließen, beim Rennfeuer und einigen Schachtöfen bleibt die Schlacke im „Sumpf“ des Feuers liegen, was sich auch in der Schlackentypologie wieder findet.

Die Rennöfen können zylindrische bis kegelförmige Schachtformen haben oder auch als Kuppelöfen gestaltet sein; letztere sind überwiegend aus Lehm gebaut, während die glatten Schächte meist aus Steinen mit Lehmörtel errichtet wurden. Auch im lehmigen Boden eingegrabene Ofenschächte waren gebräuchlich. Die Ofentypologie ist ein weiteres wichtiges Kriterium der Metallurgie.

Wichtig ist aber die Schlackentypologie (Sperl 1980) (Abb. 5), die als erstes Kriterium bei der Untersuchung von Schmelzplätzen dienen sollte. Eine Ordnung der Schlacken nach Typen bei der Ausgrabung ermöglicht auch eine repräsentative Probenahme und erübrigt die Bergung meist tonneschwerer Schlackenreste. Wichtig sind vor allem die Typenverteilung und das Mengenverhältnis „Laufschlacken (mit Fließstrukturen) zu Ofenschlacken“ und deren Anteil an der gesamten Schlackenmenge aller Typen.

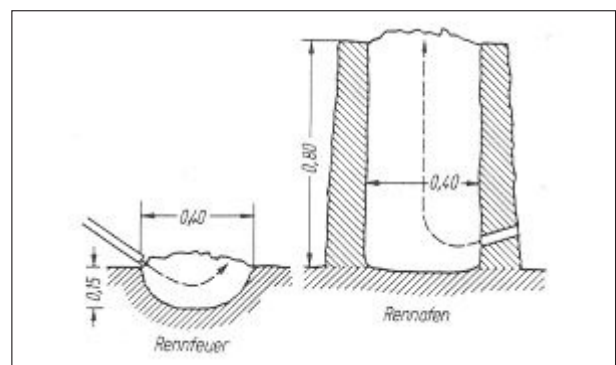


Abb. 4: Grundordnung der metallurgischen Öfen: Rennfeuer und Rennofen-Typen (Osann 1971).

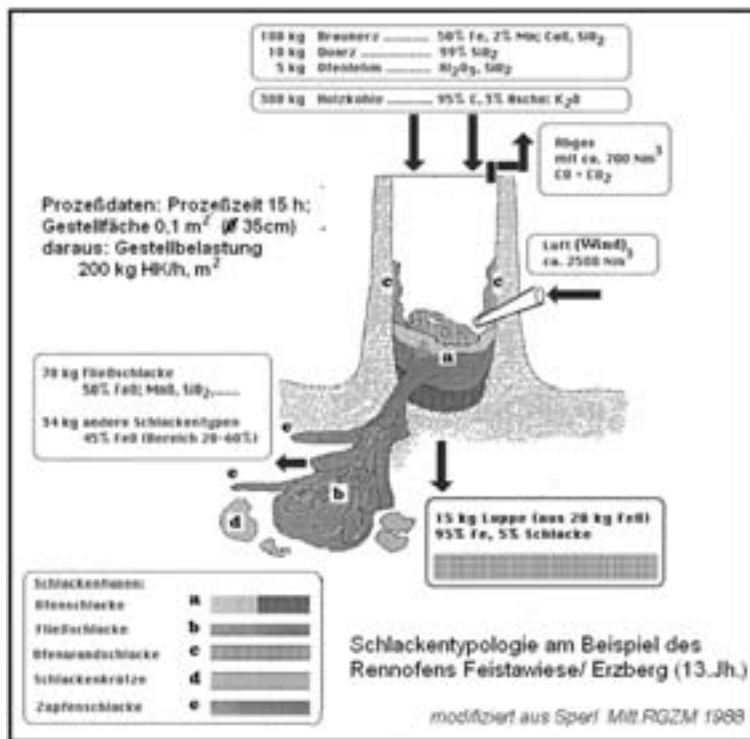


Abb. 5: Stoffbilanz und Schlackentypen eines Rennofens. Aus: (Sperl 1988b, mod. 2007).

Aus dem Vergleich der Eisengehalte der Schlacken mit denen der Erze kann man das Kriterium der Eisenausbeute (in % des Eiseneinsatzes im Erz) ermitteln (Schürmann 1958) (Abb. 6); hohe Eisenausbeuten (über 40 %) lassen den Schluss zu, dass hier viel hochgekohltes Eisen und wesentliche Anteile an flüssigem Roheisen anfielen (Tylecote et al. 1971) (Abb. 7).

#### 4. Vergleich der archäologischen Ergebnisse

Auch wenn die Randbedingungen für einen Vergleich durchaus verschieden sind, soll im Folgenden der Vergleich der Eisenmetallurgie in der Zeit zwischen 600 v. Chr. und 500 n. Chr. für das in Abb. 2 dargestellte Gebiet mit den Eisenzentren **Etrurien – Kärnten – Burgenland – Kehlheim** versucht werden. Dabei sollen

die oben beschriebenen Kriterien **Ofenkonstruktion – Schlackentypologie – Eisenausbeute** zur Anwendung kommen, soweit sie durch archäologische und metallurgische Untersuchungen und Ergebnisse überprüfbar sind (Tabelle 1).

Auch wenn sich die Erzbasis in Noricum deutlich vom etruskischen Eisenhüttenzentrum unterhalb der Stadt Populonia im Golf von Baratti unterscheidet, so legt die gleichartige mit der Zeit an Größe zunehmende Ofenkonstruktion der Kuppelöfen aus Lehm, verbunden mit dem Mehrdüsen-Verfahren eine gemeinsame technologische Linie nahe. An einen Technologietransfer von Etrurien ins Gebiet Oberpullendorf-Oberwart/ Sopron, von dort zu den Kelten Kärntens bei zunehmender Ofengröße erscheint überlegenswert (Sperl 2004).

Durch die Mehrdüsen-Technologie im römischen Kärnten lässt sich auch die Funktion der Wannenform der keltischen Öfen beim Oppidum von Kehlheim (Bayern) (Geisler 1986) erklären (Sperl 1997).

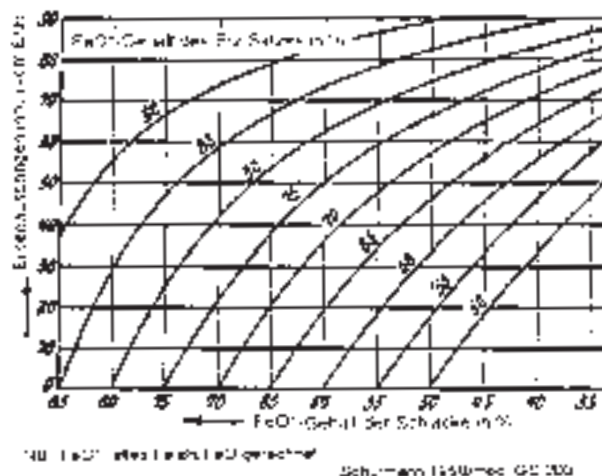


Abb. 6: Errechnung der Eisenausbeute von Rennverfahren aus der Analyse des Erzsatzes und der Laufschlacken nach Schürmann (1958).

Tabelle 1: Charakterisierung früher Eisenzentren in Mitteleuropa

Zone	Etrurien Populonia, Follonica Elba	Kärnten Möselgut, Kitschdorf, Knappenberg Feldkirchen	Burgenland Oberpullendorf Oberwart, Sopron	Bayern Kehlheim
Kriterium				
Ofenkonstruktion	Kuppelofen	Kuppelofen	Kuppelofen	Kuppelofen
wichtigste Schlackentypen	Laufschlacken	Laufschlacken	Laufschlacken	?
Erze (% Fe <sub>mittel</sub> ) Eisenausbeute (%)	Hämatit (70 % Fe) E:>40; R: 10-30	Braunerze/Siderit (um 50 % Fe)	Limonit/Goethit (um 50 % Fe)	Limonit/Goethit (um 50 % Fe)?
Datierung Literatur	6. Jh. v. - 2. Jh. n. Chr. (Sperl 1980, 1981)	1. Jh. v. - 5. Jh. n. Chr. (Straube et. al.1964) (Glaser 1995) (Sperl 2003)	4. Jh. v. - 2. Jh. n. Chr. (Schmid 1977) (Sperl 1980)	2. Jh. v. - 2. Jh. n. Chr. (Geisler 1986)

E: etruskisch, R: römisch.



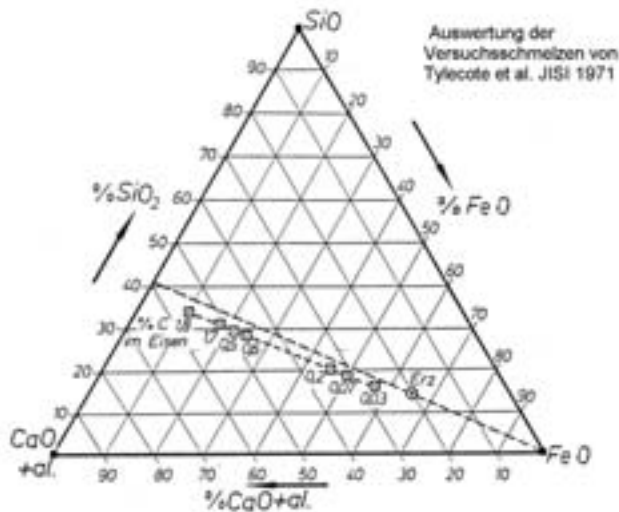


Abb. 7: Auswertung der Versuchsschmelzen von R. Tylecote (Tylecote et al. 1971, S. 352): Gegenläufigkeit von Kohlenstoff im Eisen und Eisengehalt in der Schlacke, verursacht durch variiertes Erz-Kohle-Verhältnis (bei konstantem Windsatz von 300 l/min entsprechend etwa 2,5 kg HK/h und einer Gestellbelastung von ca. 30 kg HK/h.m<sup>2</sup>) (Sperl 1988).

### 5. Handelswege des Eisens einst und heute

Die bedeutende Eisenerzeugung des Grenzgebietes Burgenland/Komitat Vas (Eisen) in Ungarn und der nahtlose Übergang in die römische Eisenerzeugung (Bielienin 1977) können nur über die Bernsteinstraße über Poetovio/Pettau und Celeia/Cilli in Noricum nach Aquileia erfolgt sein – somit sicherlich die Frühstufe des

norisch-pannonischen Eisenhandels. Nach bisherigen Forschungen spät, erst um Christi Geburt, wird auch am Hüttenberger Erzberg und dessen Umgebung Eisen erzeugt, und der ausgesuchte Qualitätsstahl als Gütemarke „ferrum Noricum“ über die Römerstraßen auch durch das Kanaltal und bis Rom geliefert. Die Idee von (Dobesch 2007), dass es mehrere Stahlsorten der Bezeichnung „ferrum Noricum“ gegeben haben muss, mindestens aber zwei, den Qualitätsstahl für Waffen und Werkzeuge, den Massenstahl für Bleche, Nägel und anderes Gerät für Landwirtschaft und Militär, erscheint nach der Quellenlage plausibel und ist naturwissenschaftlich ernstlich zu prüfen. Damit wird auch eine alte Diskussion über die Herkunft des norischen Eisens aus dem Burgenland, die einst (Kaus 1981) losgetreten hat, wieder aktuell, auch wenn (Graßl 1988) dies energisch bezweifelt hatte. In Aquileia, dem Handelszentrum für beide Eisensorten, ist der Bezug zum norischen Eisen durch die Erwähnung eines „conductor ferrariarum noricarum“ im Museum belegt [CIL V 810: Pro salute Tiberi Claudi Macronis con(ductoris) fer(rariarum) Nor(icarum)...]. Aber auch in Kärnten, am Stiegenaufgang des Schlosses Lang bei Feldkirchen, ist ein Aquileia-Bezug zu finden: [CIL III 4788 (Tiffen):... Aquil(eiae) c(onductor) fer(rariarum) N(oricarum)/..] (Piccottini 1981).

### 6. Schlussfolgerungen

Die Technologie der Eisenherstellung im Rennofen der Antike kann aufgrund der Kriterien: **Ofenkonstruktion – Schlackentypologie – Eisenausbeute** verglichen wer-

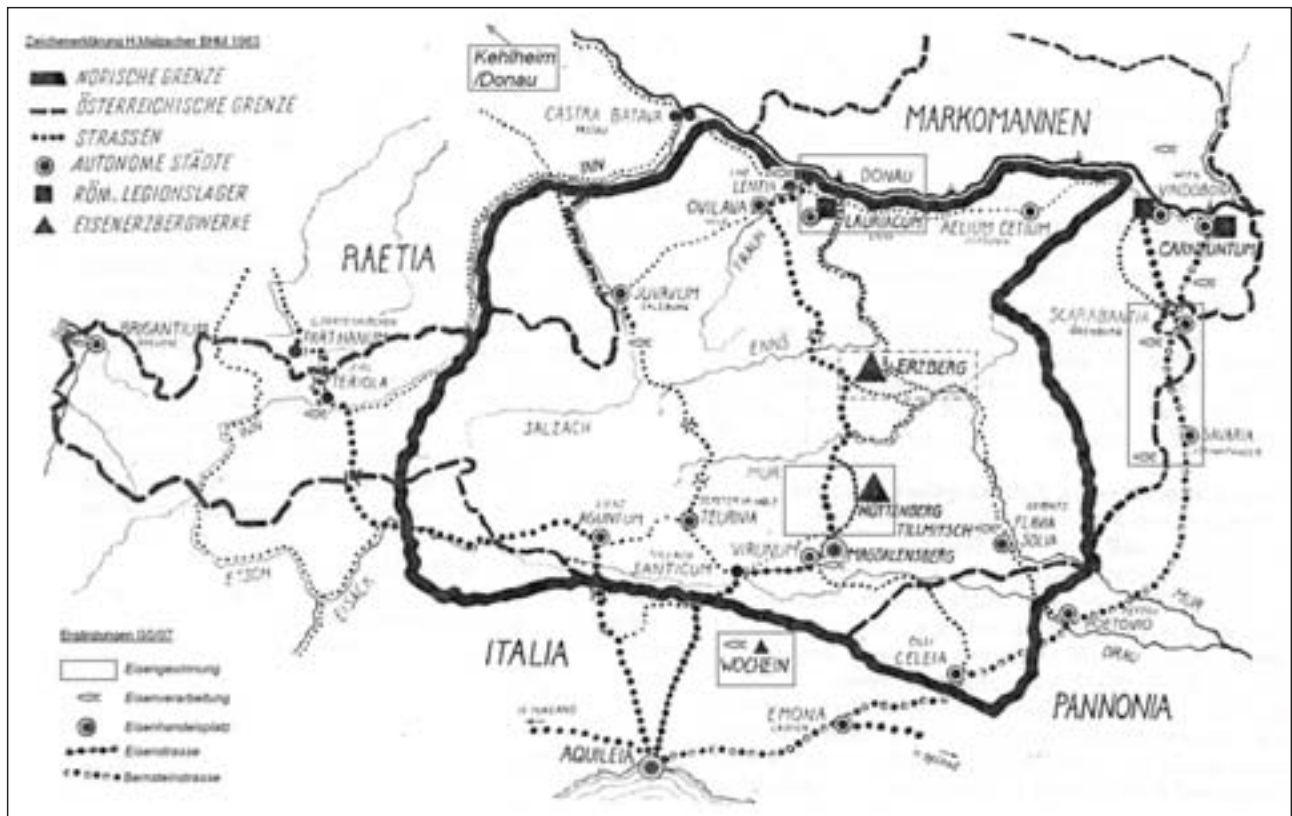


Abb. 8: Karte Noricums nach (Malzacher 1964), ergänzt durch Kennzeichnung wichtiger Eisenzentren der keltisch-römischen Zeit.

den. Freilich sind diese Kriterien wegen der unterschiedlichen Publikationsformen nur eingeschränkt bestimmbar. Die Eisentechnologie im Umfeld des Hüttenberger Erzberges kann auf eine Entwicklungslinie zurückgeführt werden, die von Populonia über Oberpullendorf nach Hüttenberg führt. Hauptkriterium ist die Entwicklung des aus Lehm gebauten Kuppelofens, wobei die Größe der Formebene mit der Zeit von etwa 60 cm Durchmesser in Follonica (GR) (6./5. Jh. v. Chr.) über 100 cm in Piringsdorf/Bgld. (2./1. Jh. v. Chr.) auf 140 cm im Möselgut (1./2. Jh. n. Chr.) zunimmt.

Fortsetzung (Plinius-Interpretation) folgt.

### Schrifttum (mit Anmerkungen)

(Benvenuti et al. 2000): M. Benvenuti, I. Mascaro, P. Costagliola, G. Tanelli, A. Romualdi: Iron, copper and tin at Baratti, Populonia: smelting processes and metal provenances, in: *Historical Metallurgy* 34 (2000), 2, S. 67-76

(Bielenin 1977): K. Bielenin, Einige Bemerkungen über das altertümliche Eisenhüttenwesen im Burgenland. In: *Archäol. Eisenforschung in Europa*, Wiss. Arb. Bgld. 59 (1977), S. 49-62

(Dobesch 2007): G. Dobesch, Zweierlei ferrum Noricum?. In: *Archäologie Österreichs Spezial 2007*, in Druck

(Geisler 1986): H. Geisler, Untersuchungen zur Eisenproduktion im Raum Kelheim (Niederbayern). In: *Symposium Archäometallurgie*, Mainz 1986, S. 30-31

(Glaser 1995): F. Glaser, Norische Rennöfen im Görtschitztal. In: *Katalog zur Kärntner Landesausstellung. Grubenhunt und Ofensau II*, 1995, S. 273-276

(Graßl 1988): H. Graßl, Norisches Eisen aus dem Burgenland? Historische Bemerkungen zur rezenten Forschung, *Römisches Österreich* 15/16, (1987/88), S. 83 ff

(Kaus 1981): K. Kaus, Lagerstätten und Produktionszentren des Ferrum Noricum. In: *Eisengewinnung und -verarbeitung in der Frühzeit*, Leobener Grüne Hefte, Neue Folge, H. 2, 1981, S. 74-92

(Malzacher 1964): H. Malzacher, Der Magdalensberg und seine Beziehungen zum norischen Eisen, Teil I der Beiträge zur Geschichte des Eisens im alpenländischen Raum. In: *Stahl u. Eisen* 84 (1964), S. 674-680; siehe auch *BHM* 108 (1963), S. 49-59

(Osann 1971): B. Osann, Rennverfahren und die Anfänge der Roheisenerzeugung. *Fachausschussbericht des VDEh Nr. 9001*, Düsseldorf 1971

(Piccottini 1981): G. Piccottini, Antike Zeugnisse für das „ferrum Noricum“. In: *2500 Jahre Eisen aus Hüttenberg*; Verlag des Landesmuseums für Kärnten 1981, S. 70-75

(Pistoletti 2006): C. Pistoletti, La miniera di Baratti, lo sfruttamento delle scorie etrusche dal 1915 al 1969, Felici Ed., S. Giuliano (PI), Italien

(Pleiner 1969): R. Pleiner, *Ironworking in Ancient Greece*, National Technical Museum, Praha 1969

(Pleiner 1981): R. Pleiner, Wege des Eisens nach Europa. In: *Frühes Eisen in Europa*, Verlag Meili, Schaffhausen 1981, S. 115-128

(Schmid 1977): H. Schmid, Die montangeologischen Voraussetzungen des ur- und frühgeschichtlichen Eisenhüttenwesens im Gebiet des mittleren Burgenlandes (Becken von Oberpullendorf), *Wiss. Arb. Bgld.* 59 (1977), S. 11-24

(Schürmann 1958): E. Schürmann, Die Reduktion des Eisens im Rennfeuer. In: *Stahl u. Eisen* 78 (1958), S. 1297-1308

(Sperl 1980): G. Sperl, Über die Typologie urzeitlicher, frühgeschichtlicher und mittelalterlicher Eisenhütten Schlacken. *Österr. Akademie der Wissenschaften, Studien zur Industrie-Archäologie VII*, 1980, 67 S. – Darin erste Untersuchungen etruskischer Eisenhütten Schlacken

(Sperl 1981): G. Sperl, Untersuchungen zur Metallurgie der Etrusker; in: *L'Etruria Mineraria, Atti del XII Convegno di Studi Etruschi e Italici*, Florenz 1981, S. 29-50

(Sperl 1988a): G. Sperl, Montangeschichte des Erzberggebietes nach archäologischen und schriftlichen Dokumenten, ergänzt durch praktische Versuche, *Habilitationsschrift* (1988), Univ. Wien, Geisteswiss. Fakultät

(Sperl 1988b): G. Sperl, Möglichkeiten der Rekonstruktion der urgeschichtlichen Hüttenprozesse des Kupfers und Eisens aus Schlackenuntersuchungen am mittelalterlichen Beispiel Feistawiese. In: *Jahrbuch des RGZ Mainz* 35 (1988), S. 556-559

(Sperl 1989): G. Sperl, La Metallurgia nella Ferriera di Amalfi. In: *Rassegna del Centro di Cultura e Storia Amalfitana*, 9/1989, Nr.17, S. 129-135

(Sperl 1997): G. Sperl, Harvard-Diskussion: Anlässlich der Tagung „Metals in Antiquity“, Harvard University 10.-13. September 1997, wurde der „Mehrdüsenprozess“, wie er für die Öfen Möselgut und Kehlheim anzunehmen ist, in der Diskussion vorgestellt und allgemein akzeptiert. *Publikation demnächst in BHM*

(Sperl 2003): G. Sperl, Zu den Schlacken aus Feldkirchen. In: A. Galik, Ch. Gugl, G. Sperl, *Feldkirchen in Kärnten, ein Zentrum norischer Eisenverhüttung*, Archäologische Forschungen, Verlag der ÖAW, Bd. 8 (2003), S. 68-80

(Sperl 2004): G. Sperl, Zum Stand der Erforschung des Ferrum Noricum. In: *AD FONTES*, Festschrift für Gerhard Dobesch, *Wiener Humanist. Ges.*, Wien 2004, S. 961-976

(Sperl 2007): G. Sperl, Silber aus etruskischem Blei. In: *res montanarum* 40/2007 (Festschrift Lieselotte Jontes), S. 72-78

(Straube et al. 1964): H. Straube, B. Tarmann, E. Plöckinger, Erzreduktions-Versuche in Rennöfen norischer Bauart. *Kärntner Museumsschriften XXXV*, (Klagenfurt 1964)

(Tylecote et al. 1971): R. F. Tylecote, J. N. Austin, A. E. Wraith, The mechanism of Bloomery Process in Shaft Furnaces. In: *Journ. Iron Steel Inst.* 209 (1971), S. 342-363