

Die Produktionskapazität mittelalterlicher Eisenöfen nach schriftlichen Quellen

Autor(en): **Sprandel, Rolf**

Objekttyp: **Article**

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

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

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-378189>

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.

gesamten Kontext des östlichen Mittelmeerraums – bei Waldbaum J.C., *The Transition from the Bronze Age to the Iron Age in the Eastern Mediterranean, Studies in Mediterranean Archaeology* 54, Göteborg 1978. Einen Überblick über alle hier interessierenden Themenkreise bietet das Sammelwerk, hg. von Wertime Th.A. und Muhly J.E., *The Coming of the Age of Iron*, Yale, New Haven/London 1980.

⁵ Merkel John F., *A Laboratory Reconstruction of Late Bronze – Early Iron Age Copper Smelting in the Arabah*, in: *Midian, Moab and Edom*, ed. Sawyer J.F.A. and Clines D.J.A., *Jl. for the Study of the Old Testament, Suppl. Series* 24, Sheffield 1983, S. 125–128; siehe auch Charles J.A., *From Copper to Iron – the Origin of Metallic Materials*, *Jl. of Metals* 31 (1979), 7, S. 8–13.

⁶ Prentiss S. de Jesus, *The Development of Prehistoric Mining and Metallurgy in Anatolia*, *British Archeological Reports, International Series* 74, Oxford 1980 (ohne Behandlung der eigentlichen Herkunft der Eisen-Metallurgie).

⁷ Medvedskaya I.N., *Iran: Iron Age I*, *British Archeological Reports, International Series* 126, Oxford 1982.

⁸ Müller-Karpe H., *Jungbronzezeitlich-früheisenzeitliche Gräberfelder der Swat-Kultur in Nordpakistan, Materialien zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie*, Bd. 20, München 1983.

⁹ Siehe Pleiner R., *Iron Working in Ancient Greece*, Prag 1969, und Varoufakis G., *Investigation of Some Minoan and Mycenaean Iron Objects*, *Festschrift Guyan, Schaffhausen* 1981,

S. 25ff. Zur Frage des Nickeleisens speziell noch Tholander E., Blomgren S., *Reconstruction of Techniques Used to Produce Prehistoric Nickel Rich Iron Artifacts*, *JHMS* 14 (1980), 2, S. 94–102, und Blomgren S., *The Possibilities of Producing Iron Nickel Alloys in Prehistoric Times*, *JHMS* 14 (1980), 2, S. 103.

¹⁰ Tylecote R.F., *The Earliest Iron in Europe*, *Festschrift Guyan, Schaffhausen* 1981, S. 21ff.

¹¹ C. Plinius Secundus, *Naturalis Historia*, Buch 34, 41ff. und an anderen Stellen, zuletzt kommentiert von H. Knoll et al., *Plinius d.Ae. über das Eisen*, Bericht Nr. 81 des Geschichtsausschusses des VDEh, *Archiv für das Eisenhüttenwesen* 51 (1980), 12, 487–492.

Die Produktionskapazität mittelalterlicher Eisenöfen nach schriftlichen Quellen

Prof. Dr. Rolf Sprandel, Würzburg

Wenn man aus der Erforschung der schriftlichen Quellen einen Beitrag zum Thema des Kolloquiums leisten möchte, stellt man sehr rasch fest, dass die Quellenlage erstaunlich schlecht ist. Diese Überraschung erklärt sich dem Fachmann aus den Erhaltungsbedingungen für wirtschaftsgeschichtliches Schrifttum im allgemeinen und für das der Eisenproduktion des Mittelalters im besonderen¹.

Wenn wir einmal von Literatur und Theologie absehen, liegt das Schwergewicht der mittelalterlichen Überlieferung bei den Annalen der politischen Geschichte, bei Urkunden und Gesetzen. Für diese Quellen bestand gegenüber Akten und Rechnungen ein grösseres Aufbewahrungsinteresse. Die Entstehung von Schriftgut war lange Zeit – wenn wir wieder einmal von den kirchlichen und hochpolitischen Zielen absehen – auf die Fixierung von Status- und Eigentumsregelungen beschränkt. Die Schriftlichkeit dehnte sich erst allmählich auf alltägliche Geschäfte aus, so dass Akten und Rechnungen anfallen konnten. Wie aber soll in Urkunden und Gesetzen etwas über Ofenkapazitäten enthalten sein?

Für unsere schlechte Quellensituation wirkte es sich weiter aus, dass das Eisengewerbe überwiegend ein Landgewerbe war. Einer der frühen Träger von Schriftlichkeit, die Stadt, berührte es nur am Rande. Das Eisengewerbe war ein Gewerbe klei-

ner Leute. Bürgerliche Grossunternehmer wie die Fugger haben sich damit nicht beschäftigt. Wie oft finden wir Korporationsordnungen des Eisengewerbes, korporationsrechtliche Kapazitätsbegrenzungen, die systematisch den Produktionsumfang des einzelnen Unternehmers niedrig halten². Diese soziale Eigentümlichkeit des Eisengewerbes berührt die Quellensituation insofern, als die Schriftlichkeit in der Gesellschaft nach unten abnahm.

Die grösseren Feudalherren haben sich mit dem Wirtschaftsleben lange Zeit sehr wenig beschäftigt, und so auch wenig mit dem Eisengewerbe. Die feudale Zersplitterung und Schichtung des Bodenbesitzes wirkte sich voll aus. Die grossen Herren beschränkten sich auf Abschöpfungsrechte wie auch in anderen Wirtschaftszweigen.

Trotzdem gab es typische Situationen, aus denen schriftliche Quellen zu erwarten sind. Die Eigenregie grosser Herren, die zwar, wie gesagt, immer eine Ausnahme ist, die aber doch überall bezeugt ist. An erster Stelle ist die Kirche zu nennen, bei der die Schriftlichkeit früher entwickelt war als bei den Laiengewalten. Wir haben also schriftliche Quellen zu unserer Frage zu erwarten bei den Eisenvorkommen ausnutzenden grossen kirchlichen Grundherrn.

Ausserdem ist an die Ordnungsfunktion feudaler Obereigentümer zu den-

ken. Sie beschränken sich vielfach nicht auf das Abschöpfen von Produktionsanteilen, sondern setzten Produktionskontingente fest, bestimmten Preise, verteilten Deputate, insbesondere an Klöster. Aus dieser Funktion kommen dann allerdings in der Regel nur Gesetze und Urkunden, von denen wir nur indirekt verwertbare Angaben erwarten dürfen.

Am meisten könnten wir zum Thema beitragen, wenn wir eine technische Beschreibung hätten oder eine Hüttenrechnung, die uns sagt, wieviel Eisen an einem Tag oder in einem Schmelzvorgang gewonnen wurde. Solche Quellen fehlen uns leider für das direkte Verfahren der Eisenherstellung ganz und gar. Wir können aber einen Beitrag leisten, indem wir die Tatsache ausnutzen, dass das Produkt eines Schmelzvorganges in den Handel kam oder doch an die Weiterverarbeiter der nächsten Herstellungsstufe geliefert wurde. Das *massa*-, *bloma*- oder *luppa*-Gewicht, wie es in Ordnungen oder Rechnungen genannt wird, gibt uns also Auskunft über die Kapazität des Ofens im direkten Verfahren. Eine relative, also im Vergleich mit anderen verwertbare Angabe ist die Nachricht von der Veränderung des Preises oder der Abgabenhöhe einer *massa*.

Gewichtsangaben für dieses Produkt eines Schmelzvorganges begegnen uns wiederholt. Wir konzentrieren den Blick zunächst auf drei Rechnungen.

Meist bietet die nur unvollständig verständliche Gewichtssprache der Zeit ein grosses Hindernis. Mehrfach betrachtet wurde bereits eine Angabe aus einer Rechnung von Hütten im lothringischen Briey von 1326³. Darin heisst es mehr beiläufig 788 Pfund wiegen 6 paires de gousse. Die Rechnung ist in der Kanzlei der an der Eisenproduktion interessierten Grafen von Bar entstanden und aufbewahrt. Die Hütte, aus der die paires de gousse kommen, arbeitete vielleicht mit Wasserkraft. Ob allerdings die Blasebälge oder der Hammer an das Wasserrad angeschlossen waren, sieht man nicht genau. Wir kommen darauf zurück. Gelegentlich wird angenommen, dass die Hütte nach dem indirekten Verfahren arbeitete. Überwiegend interpretiert man die gousse aber als massa.

Die Frage, die uns hier besonders beschäftigt, ist es, ob die paires de gousse eine für den Transport zweigeteilte oder gepaarte Produktionseinheit sind. Im ersten Fall läge eine Parallele zur österreichischen halbmassa vor. Wir hätten dann mit sechs Produktionseinheiten zu rechnen, in dem zweiten Fall aber mit zwölf. Wenn wir das Pfund zu 450 Gramm einschätzen, kommen wir für die Produktionseinheit auf 1,18 Zentner oder die Hälfte.

Ähnliche Möglichkeiten und Schwierigkeiten bietet eine Rechnung aus der englischen Königskanzlei von 1323⁴. Die Einkäufe bei einer Eisenhütte in Kent für die königlichen Schmiede in London werden notiert. Einmal heisst es wiederum fast beiläufig, aus 26 bloma werden 423 pecie gemacht. Danach können wir aus der Quelle entnehmen, dass 16 pecie = 1 bloma waren. Aber wie gross war eine pecia? In der englischen Fachliteratur werden 25 pecie mit einem cwt oder einem halben cwt identifiziert. Danach wogen 16 pecie 0,64 oder 0,32 Zentner, wenn wir davon ausgehen können, dass 1cwt 112 Pfund zu 454 Gramm wog. Von den zahlreich überlieferten englischen bloma-Preisen aus, die immer wieder den Eindruck erwecken, dass 1 bloma = 3/4 Zentner schwer waren, besitzt die grössere der beiden Gewichtsangaben die eindeutige Präferenz⁵.

Bisher haben wir Rechnungen verwertet, die von dem Abgabeneinsam-

eln und von Eiseneinkäufen herkommen. Einige wenige Rechnungen enthalten die Gegenüberstellung von Kosten und Erlös eines Werkes. Wie nicht anders zu erwarten, kommt das wichtigste Beispiel aus einer kirchlichen Grundherrschaft. Es ist die aussagekräftigste Quelle aller uns für die Fragestellung zur Verfügung stehenden Dokumente.

Im Public Record Office in London befindet sich die Abrechnung eines Güterverwalters des Bischofs von Durham. Sie berichtet von einer Eisenhütte, die sich in der Eigenregie dieses kirchlichen Grundherrn befand, einem Schmelzofen bei Kyrkeknot (Kirchberg), einem heute nicht mehr verzeichneten Platznamen, der auf die Kirche von Hamsterley im Weardale bezogen wird⁶. In den Jahren 1408/1409 wurde ein neuerrichteter Schmelzofen in Betrieb genommen. Die erhaltene Rechnung ist die erste dieses neuen Betriebes; sie umfasst eine Abrechnung über 1 Jahr und 102 Tage. Ob noch spätere Abrechnungen im Archiv vorhanden sind, ist nicht bekannt.

Die Abrechnung hat die Form einer Rolle. Auf der Rückseite der Rolle finden sich zusammenfassende Notizen. Darunter ist verzeichnet: Im ganzen habe es 278 bloma zu je 15 Steinen von je 13 Pfund gegeben. Wenn wir wieder ein Pfundgewicht von 454 Gramm zugrunde legen, gelangen wir hier zu einem bloma-Gewicht von 1,77 Zentner. Die Durchsicht der Rolle im einzelnen zeigt, dass der Betrieb mit Unterbrechungen funktionierte. Auch misslungene Schmelzen werden verzeichnet. In einer gewissermassen normalen Woche wurden 6 bloma, also an jedem Arbeitstag 1 produziert. Der Betrieb arbeitete mit Wasser getriebenen Blasebälgen.

Nach der Verwertung der drei Rechnungen wenden wir uns nunmehr Ordnungen, Gesetzen und Urkunden zu, die erwartungsgemäss zahlreicher überliefert sind, aber für unsere Fragestellung wenig ergiebig bleiben. In der schon von Muchar bekanntgemachten herzoglichen Ordnung für den steirischen Erzberg von 1490 ist eine Preisanordnung für Rauheisen enthalten⁷. Der Bläher liefert an den Radmeister 14 Mass, das sind, wie es in der Ordnung heisst, etwa 10 Mei-

ler. In einer anderen Leobener Bestimmung wird verfügt, dass dort genauestens nach Wiener Gewicht gewogen werden soll. Das schwere Wiener Pfund aber wog 560 Gramm. Wenn 1 Meiler Tausend solcher Pfund enthielt, kommen wir hier auf 8 moderne Zentner für das Mass, die massa, die Produktionseinheit im Stückofen, dem grössten Eisenerzeugungsofen des Mittelalters und wohl der Zeit des direkten Verfahrens überhaupt.

Hieran knüpfen wir nun eine kurze Betrachtung von Quellen, die relative Grössenangaben enthalten, und die uns erlauben, im steiermärkischen Raum von der eben zitierten Grössenangabe von 1490 in zwei Etappen zurückzukommen. In zwei Etappen wurde die massa vergrössert und erhielt den ausserordentlichen Umfang, den wir eben kennenlernen. Die von 1490 her gesehen jüngere Etappe war in der ersten Hälfte des 15. Jahrhunderts. Von 1430 ist die Urkunde des steirischen Herzogs für das Kloster Admont erhalten, die Bezug nimmt auf eine Beschwerde des Abtes Andreas⁸. Der Abt beklagte sich darüber, dass die Leute von Eisenerz das Mass Eisen, welches die Klosterleute an die Enns zu transportieren hätten, vergrösserten, ohne die Transportpreise zu erhöhen. Die Transportverpflichtung war offensichtlich eine entgeltliche Fron der Klosterleute. Die Verpflichtung hatte sich erhöht, damit ihre Kosten, aber das ihnen geleistete Entgelt war offensichtlich gleichgeblieben. Der Herzog befahl nun eigentümlicherweise den Eisenerzern beim alten Mass zu bleiben. Man wird bezweifeln dürfen, ob ein solcher Befehl erfüllt wurde. Vielmehr wird man der älteren Forschung folgend in diesem Zeugnis den Reflex einer Vergrösserung der Ofenkapazität um den Erzberg herum in der 1. Hälfte des 15. Jahrhunderts erblicken dürfen.

Um wieviele damals die massa vergrössert wurde, erfahren wir nicht. Genauer ist unsere Information bei der vorhergehenden Etappe der massa-Vergrösserung. König Ottokar bestätigte 1270 dem Kloster Seitz ein im 12. Jahrhundert verliehenes Eisen-deputat aus Leoben mit folgender Abänderung: Es sollen jetzt 8 massae ferri des grösseren Gewichtes für 20 massae ferri, die sie früher bekamen, geliefert werden.

1262 schon befiehlt der Landeshauptmann der Steiermark, dass die Leute von Leoben der Kartause Geirach die 10 kleine massae, die ihnen vierzig Jahre vorher vom Herzog gestiftet worden waren, ohne Einrede zukommen lassen oder dafür 4 grosse massae⁹. 1270 und 1262 ist das Verhältnis also das gleiche: 10 kleine massae für 4 grosse. Da kein Hinweis auf eine Verringerung des Deputates vorliegt, muss man mit einer Vergrößerung der massae um 125 Prozent etwa 1260 rechnen.

Dazu ziehen wir nun eine Urkunde aus der Grafschaft Bar (Moyeuivre) von 1323 heran¹⁰. In der Urkunde schliessen der Graf und bürgerliche Unternehmer einen Vertrag über die Errichtung einer neuen Hütte. Die Hütte soll mit der Wasserkraft betrieben werden. Man darf annehmen, dass diese Wasserkraft beim Blasebalm zum Einsatz kommen sollte. Der Graf zahlt eine Investitionshilfe und konzidiert in dem Vertrag die Klausel, dass, wenn erwartungsgemäss durch die Wasserkraft die Ofenkapazität verdoppelt wird, die Investitionshilfe nicht zurückgezahlt zu werden braucht. Die Erwartung, dass die Einführung der Wasserkraft die Verdoppelung der Ofenkapazität erlauben würde, haben sicherlich beide Vertragspartner geteilt. Sie dürfte sich auf Erfahrung und Berechnungen stützen und in der Regel sich erfüllt haben. Die Urkunde kommt aus derselben Gegend wie die oben verwertete Abrechnung von 1326. Wir haben es oben offengelassen, ob eine bloma 1,18 Zentner oder die Hälfte wog. Wir dürfen jetzt etwas hypothetisch hinzufügen: Falls die Erwartung der Vertragspartner in Erfüllung gegangen ist, wird man mit noch höherer Wahrscheinlichkeit das grössere bloma-Gewicht unterstellen dürfen. Die bloma-Paare durch Zweiteilung einer grossen bloma, die paires de gousse, wurden wohl deswegen gebildet, um gewohnte Transportmöglichkeiten sowie Wiege- und Berechnungsnormen weiterbenutzen zu können. Im übrigen ist anzunehmen, dass die Veränderungen in der Steiermark 1260 ebenfalls mit der Einführung der Wasserkraft beim Schmelzofen zusammenhängt.

Damit ist unser Material für das direkte Verfahren erschöpft. Gibt es keine technischen Traktate? Der erste für uns ergiebige Traktat berichtet

bereits von der Eisenerzeugung nach dem indirekten Verfahren. Darauf wollen wir vor der kurzen Zusammenfassung noch einen Blick werfen.

Es handelt sich um Filarete's Traktat von der Baukunst aus dem Jahre 1464¹¹. Dieser Baumeister der Mailänder Sforzas schildert eine Reise zu den Eisenwerken von Piacenza, die durch ihn ausgebaut werden sollen. In die Reisebeschreibung fügt Filarete die Darstellung eines Eisenwerkes in Grotta Ferrata bei Rom ein. Er sagt, dort würden von 12 Stunden zu 12 Stunden 25 pesi Roheisen gewonnen. Nach dem Usancen-Buch des Florentiner Kaufmanns Uzzano derselben Zeit darf man 1 peso mit 24 Pfund von Florenz oder 16 modernen Pfund gleichsetzen¹². Mit der Sprechweise von 12 Stunden zu 12 Stunden will Filarete wohl sagen, dass der Eisenofen von Grotta Ferrata ununterbrochen in Betrieb war. In 24 Stunden wären also 50 pesi gewonnen worden. Die Tagesproduktion belief sich hier also auf 8 Zentnern, war nicht höher als die des grossen Stückofens der Steiermark, den wir kennengelernt haben.

Damit sind wir an der Schwelle der Neuzeit, die einen grossen Aufschwung des indirekten Verfahrens und auch eine Zunahme des Archivgutes brachte, das dann eine fortschreitende Kapazitätssteigerung des Holzkohlenhochofens widerspiegelt. Von dieser allgemein bekannteren Geschichte des Holzkohlenhochofens und seiner Kapazität wollen wir immerhin noch zwei Beispiele bringen.

Uns liegt eine schon von Schubert vor langen Jahren ausgewertete Ertrag-Kostenkalkulation eines Holzkohlenhochofens im Siegerland vom Jahre 1567 vor¹³. Danach lieferte damals eine Hütte täglich einen Wagen Roheisen. Wie gross war ein Wagen? Zeitgenössische Quellen sagen uns, dass ein Wagen 16 Stalln zu je 150 Pfund umfasste. Wenn wir für das Pfund das schwere Frankfurter Gewicht von 503 Gramm unterstellen, kommen wir auf 24,1 Zentner.

Im Archivgut der ehemaligen Chambre de Comptes des Herzogtums Nevers, das sich heute im Departemental-Archiv von Nièvre in Nevers befindet, ist eine kleine Aufstellung enthalten, die eine Hoch-

ofenbetriebskalkulation zum Gegenstand hat¹⁴. Der Ofen stand in Harlot bei Nevers. Die Kalkulation wurde anlässlich der Übergabe des Ofens an einen neuen Regisseur im Rahmen eines Vertrages mit diesem Regisseur angefertigt. Sie ist überschrieben: Etat general des frais et profits. Die Grundeinheit für die Ertrag- und Kostenrechnung ist der Tag, auf den zum Beispiel auch die Tagelöhne bezogen werden. Man rechnet mit 300 Tagen Betrieb im Jahr. Dabei sollen pro Tag 30 Milliers Roheisen produziert werden. Wenn die libra 500 Gramm wog, gab es also eine Tagesproduktion von 30 Zentnern.

Ofenkapazität nach dem Gewicht einer Bloma, Massa oder Luppe	
	Ztr.
England 1323	0,64 (0,32)
Briey 1326	1,18 (0,59)
Kyrkeknot (Durham) 1408	1,77
Erzberg 1490	8,0

Roh-Eisengewinnung im Flossofen pro Tag (24 Stunden)	
	Ztr.
Grotta Ferrata 1464	8,0
Siegen ca. 1567	24,1
Harlot b. Nevers 1600	30,0

Wir fassen zusammen. Die Nachrichten über die Ofenkapazitäten im Mittelalter aus schriftlichen Quellen sind sehr einseitig verteilt. Sie kommen für das direkte Verfahren aus England, Lothringen und der Steiermark. In allen Gegenden, wo der Reduktionsofen und ein Hammerwerk vereinigt waren, überwiegen die Angaben von der Hammerproduktion, den Schinen. Das gilt sowohl für die Oberpfalz als auch für den Nordschweizer Frickgau mit Laufenburg. Wieviele Schinen wurden aus einer Luppe produziert? Nach der Laufenburg Hammereinigung von 1494 hatte die Schine ein Gewicht von 12 bis 13 Pfund, umfasste also nur den Bruchteil der kleinsten Luppe¹⁵. Aus der Oberpfalz kommen ähnliche Angaben¹⁶.

Davon abgesehen geben uns die Quellen drei Stufen einer Kapazitätsentwicklung wieder: Die Verdoppelung der Luppen mit der Einführung der Wasserkraft, eine Verdreifachung mit der Einführung der steirischen Stück-

öfen und vielleicht in etwa eine weitere Verdreifachung mit der Einführung des indirekten Verfahrens. Die Kapazität des Stückofens ist gerade auch im Vergleich mit den frühen Beispielen des indirekten Verfahrens überraschend hoch. Es stellt sich die Frage, ob es auch ausserhalb der Steiermark Öfen einer solchen Kapazität gab? Manfred Sönnecken hat im Sauerland bei seinen Ausgrabungen Schmelzöfen von vier Metern Höhe entdeckt¹⁷.

Die wirtschaftlichen Vorteile des indirekten Verfahrens gegenüber dem Stückofen sind erst langsam herausgetreten. Zunächst war bei gleicher Leistung der Holzverbrauch viel grösser. Dann steigerte sich die Ofenkapazität noch einmal erheblich, sehr rasch schon auf das Dreifache. Gleichzeitig konnten die Holzkosten gesenkt werden, worauf in der Diskussion des Kolloquiums besonders hingewiesen wurde.

Anmerkungen

¹ Zu den Problemen des Historikers mit seiner Überlieferung vgl. jetzt sehr anregend Arnold Esch, *Überlieferungs-Chance und Überlieferungs-Zufall als methodisches Problem des Historikers*. *Historische Zeitschrift* 1985, S. 529-570.

² Rolf Sprandel, *Das Eisengewerbe im Mittelalter*, Stuttgart 1968.

³ Hubert Collin, *Aux origines du Bassin sidérurgique de Briey. Mémoires de l'Académie Nationale de Metz 6^e Série*, 3, 1975, S. 75-98; Alain Girardot, *A propos d'un bail de forge en 1391. Fonte et forges hydrauliques en Lorraine au XIV^e siècle. Annales de l'Est, Série 5^e*, 28, 1976, S. 275-278.

⁴ H.R. Schubert, *History of the British iron and steel industry from c. 450 B.C. to 1775*, 1957, S. 140, Anm. 2.

⁵ Vgl. Diskussion bei Sprandel (wie Anm. 2) S. 250 f.

⁶ R.A. Mott, *English bloomeries (1329-1589)*. *Journal of the Iron and Steel Institut*, June 1961, S. 149-161.

⁷ A. v. Muchar, *Der steiermärkische Eisenberg. Steiermärkische Zeitschr. NF. 5*. 1838, S. 41.

⁸ J. Wichner, *Geschichte des Benediktiner Stiftes Admont III*, Graz, 1878, S. 157.

⁹ Sprandel (wie Anm. 2) S. 69.

¹⁰ Wie o. Anm. 3

¹¹ Wolfgang Oettingen (Hg.), *A. A. Filaretos Traktat über die Baukunst*, Wien 1890, S. 470-478.

¹² Giovanni di Antonio da Uzzano, *Pratica della mercatura*, in: *Della decima e delle altre gravanze IV*, 1766, S. 106 u. 158.

¹³ H. Schubert, *Geschichte der Nassauischen Eisenindustrie. Veröff. d. Histor. Kommission f. Nassau* 9, 1937, S. 20-24.

¹⁴ Guy Thuillier, *Forges et Fourneaux en Nivernais vers 1600. Bulletin philologique et historique (1957) 1958*, S. 463-470.

¹⁵ A. Münch, *Die Erzgruben und Hammerwerke im Fricktal und am Oberrhein*. *Argovia* 24, 1893, S. 70-75.

¹⁶ J. G. Lori, *Sammlung des Bayerischen Bergrechts 1764, Nr. 56 (12 Schinen auf 1 Amberger Zentner, dessen Gewicht - 61 kg - nach F. M. Röss, Geschichte und wirtschaftliche Bedeutung der oberpfälzischen Eisenindustrie. Ing. wiss. Diss. Clausthal 1950, S. 10)*.

¹⁷ Manfred Sönnecken, *Die mittelalterliche - frühneuzeitliche Eisenerzeugung im märkischen Sauerland. Der Märker* 34, 1985, S. 196.

Kritische Gegenüberstellung der Theorien über die Metallurgie des Rennfeuers

Prof. Dr. Harald Straube, Wien

Der Rennofen war das Fundament des Eisenhüttenwesens von dessen Anfängen im zweiten Jahrtausend v. Chr. bis ins späte Mittelalter. Ab dem Zeitpunkt der Herstellung von Eisen in einem nach heutigem Sprachgebrauch für die damaligen Verhältnisse technischen Massstab hat dieser Werkstoff das Leben des Menschen in sehr nachdrücklicher Art beeinflusst. Dabei ist es gar nicht so selbstverständlich, dass die vordem als metallischer Werkstoff dominierende Bronze verdrängt wurde. Die Gewinnung des Eisens aus den Erzen ist nämlich schwieriger als die von Kupfer wegen des höheren Schmelzpunktes und der erforderlichen stärker reduzierenden Atmosphäre, ein Recycling im Wege des Wiedereinschmelzens war nicht möglich, vor allem aber ist kohlenstofffreies Eisen in seinen mechanischen Eigenschaften der Bronze unterlegen. So bleibt wohl die Häufigkeit der Vorkommen und die oft leichte Zugänglichkeit der Eisenerze, die für das Ende des Bronzezeitalters wahrscheinlich in erster Linie verantwortlich sind.

Angesichts der so lange andauernden Vormachtstellung des Rennofens, der spätestens zu Beginn unserer Zeitrechnung bereits in weiten Teilen Europas auch ausserhalb der Grenzen des römischen Reiches und selbst in Afrika¹ verbreitet war, ist es ein selbstverständliches Anliegen, die in ihm ablaufenden Vorgänge näher zu kennen, um damit Hinweise für die von den alten Hüttenleuten praktizierte Arbeitsweise zu erhalten. Aufzeichnungen zeitgenössischer Autoren tragen dazu wenig bei. Selbst die sonst so aufschlussreiche naturalis historia von Plinius enthält in den einschlägigen Stellen Angaben, die bisher eher verwirrend als klärend waren. Als zweifelsfrei und nicht fehlinterpretierbar kann jedoch die darin enthaltene Anmerkung über die Vielfalt der Arten der verwendeten Öfen angesehen werden. Aus damaligen Schriften aber auch aus Funden geht hervor, dass schon die alten Griechen ausser dem praktisch kohlenstofffreien weichen Eisen auch kohlenstoffhaltiges Eisen, also Stahl kannten und seine Härtung durch Abschrek-

ken in Wasser zumindest vereinzelt beherrschten². Die Überlegenheit von Stahl gegenüber Weicheisen wurde vor etwa 2000 Jahren von mehreren römischen Autoren beschrieben und hat viel später noch ihren Niederschlag in deutschen Sagen und arabischen Legenden gefunden. Stahl war somit ein begehrter Werkstoff nicht nur für Werkzeuge aller Art sondern auch für Waffen und hatte daher auch grosse wehrtechnische Bedeutung.

Umso bemerkenswerter erscheint es, dass dieser so wichtige Werkstoff offenbar nur in wenigen Gebieten, wie im Bereich der ehemals keltischen Provinz Noricum, gezielt hergestellt werden konnte. Lange Zeit herrschte die Meinung vor, dass der für eine erfolgreiche Abschreckhärtung erforderliche Kohlenstoffgehalt nur durch eine nachträgliche Aufkohlung des im Rennofen erzeugten weichen Eisens erreichbar war. Diese Ansicht ist allein schon durch zahlreiche Funde, die Grösse, Menge und den Verwendungszweck der Stahlprodukte widerlegt und heute wissen wir,