

Frühes Eisenhüttenwesen auf der Nördlichen Frankenalb

von

Ernst Unger und Heinz Büttner

In Erinnerung an Kurat Adalbert Hollfelder † und Dr. Hans Jakob †

Zusammenfassung

In der Geologischen Karte von Bayern, Gebiet Hollfeld in Nordbayern, ist ein kleines Eisenerzlager aus der Kreidezeit ausgewiesen, in dessen Umgebung zahlreich Menschen der Frühzeit siedelten. U.a. fanden sich Siedlungsreste der Kelten, die etwa ab 400 Jahre vor Christi Geburt lebten und bereits Meister in der Herstellung und Bearbeitung von Eisen waren. Die Produktion des Metalls gelang allerdings nur in geringer Ausbeute in sog. Rennöfen, wobei Eisenerz mit Holzkohle in aus Ton und Lehm gefertigten Öfen reduziert wurde. Die Technologie dieses Herstellungsprozesses von Eisen blieb über Jahrhunderte nahezu unverändert, lediglich die Windführung wurde effektiver durch Nutzung von Blasebälgen. Der frühe „Hochofen“ musste nach jedem Betrieb abgebrochen und meist an anderer Stelle neu errichtet werden.

Mitglieder der Naturforschenden Gesellschaft Bamberg e.V. unternahmen auf Grund von Veröffentlichungen der Natur- und Geschichtsforscher Adalbert Hollfelder † und Dr. Hans Jakob † unter der Leitung des Naturfreundes Heinz Büttner aus Heiligenstadt im Jahre 2001 eine Exkursion in den Raum von Königsfeld, nahe Hollfeld im Kreis Bamberg. Dabei konnten in mehreren Feldfluren Eisenschlacken gefunden werden, die sich teils im Besitz des Autors befinden und Objekt neuer wissenschaftlicher Untersuchungen wurden. Chemische Analyseergebnisse zeigen in allen untersuchten Proben sehr hohe Eisengehalte. Ein mineralischer Bestandteil ist Fayalit, ein Eisensilikat, das in der Natur selten vorkommt und künstlich im Rennofen entsteht. Somit ist es neben den hohen Eisengehalten Zeugnis früher Eisenverhüttung.

Mittels ^{14}C -Datierung konnten an zwei Proben der Flur *Espich* bei Königsfeld Altersbestimmungen durchgeführt werden. Eine leichte Eisenschlacke mit hohen Tonerdeanteilen, die auf Reste der Ofenwandung hinweisen, ergab bei einem Einschluss von organischem Material ein zu hohes Alter. Eine weitere Probe mit deutlichem Holzkohlekern bestätigte, dass die Schlacke Relikt der Eisenzeit ist.

Abstract

In Northern Bavaria the Geological Map of Hollfeld describes an iron field of the Cretaceous Period. From Stone Age this and neighbouring areas near Königsfeld give evidence of human settlement. Around 400 years before Christ there lived Celtic people, who produced iron in furnaces (German: Rennöfen). Afterwards they forged the metal. The furnaces must have been destroyed after use to gain the iron in small yield. The greater part of the element had been lost as slags. Many centuries the technology of gaining the iron stayed unchanged and therefore the iron slags remained dateless over a long period.

Members of the Naturforschende Gesellschaft Bamberg e.V. started in 2001 an excursion in memory of the scientists Adalbert Hollfelder † and Dr. Hans Jakob †. Heinz Büttner guided to fields near Königsfeld and Hollfeld. Many slags with high content of iron (a sign of early „Rennöfen“) had been found and could have been analysed by modern research methods, for example by ^{14}C -radiocarbon method to determine the age. Unfortunately the one examination failed. Perhaps the sample was contaminated with brown coal. However, the other analysis was successful: It documents an age of iron time.

Geschichts- und Heimatforscher wie Joseph NEUNDORFER (1987) oder Björn-Uwe ABELS (1986)¹ berichten zur Siedlungsgeschichte des Landkreises Bamberg, die von der Altsteinzeit über die Bronze- und Eisenzeit bis in die Neuzeit reicht. Lediglich Bodenfunde geben Auskunft über die Frühzeit. Mit der Völkerwanderung beginnt die Zeit der Franken, da bei der sog. Fränkischen Landnahme eine Grenzlinie zu östlich lebenden Slawen entsteht. Aus dem Herrschaftsgebiet der christianisierten Franken missionieren Mönche, die in ihren Klöstern Urkunden verwahren. Somit wird die Geschichte des Frühmittelalters in unserer Region einsichtig, Königshöfe wie Hallstadt oder Forchheim sind beurkundet. Inwieweit auch das bereits auf der Jurafläche der Nördlichen Frankenalb liegende Königsfeld mit seinen Wurzeln in diese Gründerzeit fällt, ist unklar. Möglicherweise hatte es strategische Bedeutung wegen eines nahen Eisenerzlagers.

Frühe Eisenerzeugung im Nördlichen Frankenjura bei Königsfeld

Auf der Hochebene der Nördlichen Frankenalb bei Königsfeld im Landkreis Bamberg erscheinen in den „Hollfelder Blättern“, der Schriftenreihe des Arbeitskreises für Heimatforschung um Adalbert HOLLFELDER (1977, 1978) Artikel über prähistorische Funde im Gebiet seiner Kuratie Neuhaus sowie einen vorgeschichtlichen Verhüttungsplatz von Eisenerz in der Flur *Teufelsholz* bei Aufseß.

Nach Keramikfunden in der Umgebung des *Teufelsholzes* datiert A. HOLLFELDER den Fund in die Hallstattzeit, die frühe Eisenzeit. Heinz BÜTTNER war Zeitzeuge der Bergung zahlreicher Ofenreste und Eisenschlacken und ist im Besitz einer entsprechenden Sammlung. Eine weitere Arbeit von A. HOLLFELDER (1989) beschreibt die Spuren alter Industrien in Drosendorf, am *Purzelstein*, einem Dolomitfelsen am Auslauf des Hanges *Hühnerleite*. Bis 2 kg schwere Eisenschlacken mit Fließstruktur, Ofenwandresten, Brocken von Raseneisenerz und Schwarten aus Limonit, einem Eisenerz, finden sich in frisch umgebrochenen Böden.

Ebenfalls über hallstattzeitliche Funde in der Flur *Grübig* nahe Drosendorf erscheint von A. HOLLFELDER (1982) ein weiterer Bericht. Unweit bei Sachsendorf liegt die heute als NSG ausgewiesene Flur *Mühlholz*, die Hans JAKOB (1984) als Fundplatz von

¹ Nach B.-U. ABELS (Archäologischer Führer Oberfranken, K.Theiss-Verlag Stuttgart 1986) gilt für die Region Bamberg etwa folgende Zeitskala der Siedlungsgeschichte: Bronzezeit ab 1800/1700 v.Chr., Urnenfelderzeit ab 1300 v.Chr., frühe Eisenzeit (Hallstattzeit) ab 750/700 v.Chr., späte Eisenzeit (Latènezeit) ab 450 v.Chr., spätkeltische Zeit ab 150 v.Chr. bis 50 n.Chr., germanische Zuwanderung ab 0, (römische Kaiserzeit), Völkerwanderung, Thüringer Reich, ab 450 n.Chr. frühes Mittelalter, ab 550 n.Chr. Merowinger, Karolinger, fränkische Landnahme, Slawen in Oberfranken.

Roherz erwähnt und nach mündlicher Mitteilung von Herrn Reinhold REICHEL aus Sachsendorf zahlreiche Verhüttungsplätze aufweist (2001, Feldarbeit der Verfasser).

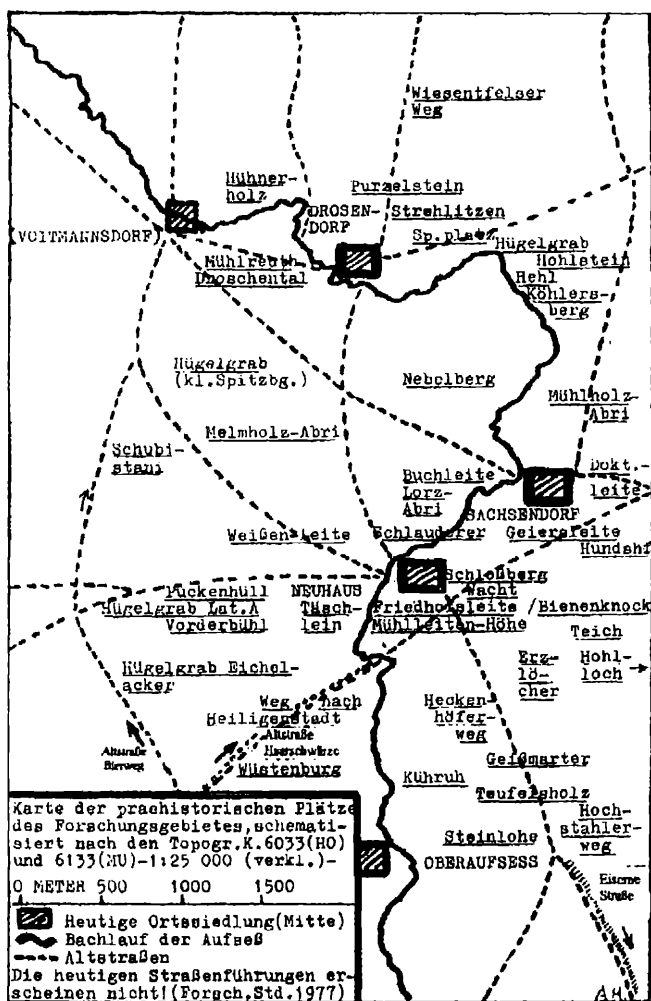


Abb.1: Vorgeschichtliche Fundplätze nach A. HOLLFELDER (1977) im Gebiet seiner Kuratie Neuhaus

Nicht nur punktuelle, sondern systematische Feldforschung betreiben erstmals Hans JAKOB (1984, 1985) und Günther HOFFMANN im Raum Königsfeld, als JAKOB beim Studium von Luftbildaufnahmen viele auffällige Signaturen (schwärzliche Punkte) entdeckt und mit frühen Standorten von Rennfeuern in Zusammenhang bringt.

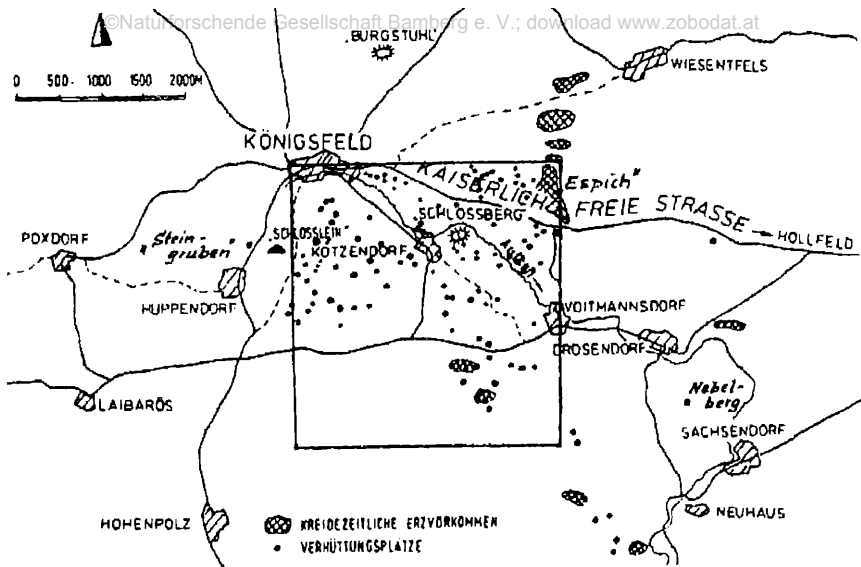


Abb.2: Frühe Verhüttungsplätze und Erzvorkommen bei Königsfeld nach H. JAKOB (1984, 1985)

Besondere Beachtung gilt der Flur *Espich*. (Abb.2), die nach K. F. MEYER (1972) Teil einer kreidezeitlichen Lagerstätte von Limonit und Brauneisen ist. H. JAKOB (1985) datiert die Hüttenplätze ins Frühmittelalter. A. HOLLFELDER und G. HOFFMANN (Erläuterungen zur Geol. Karte Blatt Hollfeld, 1972) sehen hingegen besonders die späte Eisen- oder Latènezeit durch keltische Kulturzeugnisse belegt. Für die Germanische Zeit mit Merowinger Epoche gibt es nach A. HOLLFELDER keine Funde. Erst in Karolingischer Zeit sind im fränkischem Raum wieder Siedlungsspuren vorhanden. Ruprecht KONRAD (1981) berichtet in seinen Abhandlungen u.a. über Steinfeld, das kirchengeschichtlich stets zu Königsfeld gehörte. Raseneisenerz sei gewonnen und verarbeitet worden, und erst im 14. Jahrhundert sei die Eisenindustrie auf der Alb durch die Eisenimporte aus den Kärntner Gebieten des Hochstifts Bamberg erloschen. (Die Quellenangaben bei KONRAD sind leider sehr ungenau.)

Von Interesse ist auch, dass über die Abwanderung der Eisenschmelzen von den Hochflächen der Frankenalb in die Flusstäler, in die sog. Hammerwerke, wo mittels Wasserkraft Gebläse, Schmiedehämmer und Pochwerke betrieben werden konnten, nur wenig Urkunden verfügbar sind. So erwähnt H. JAKOB in seinen Aufzeichnungen lediglich einen Eisenhammer von Wadendorf (1991) im Wiesenttal bei Plankenfels, der im 30-jährigen Krieg zerstört wurde. Über „Das Hollfeld“ als frühes Bergbauggebiet im Mittelalter berichtet u.a. auch Ruprecht KONRAD (1982).

In jüngster Zeit wird vereinzelt in der Lokalpresse, dem Fränkischen Tag Bamberg,

von modernen archäologischen Forschungen der Universität Bamberg berichtet. So fand 2001 eine Grabung bei Voimannsdorf unter der Leitung von Prof. Dr. Johannes MÜLLER statt, die u.a. Siedlungsspuren aus keltischer Zeit, auch Eisenschlacken zu Tage brachte (Ludwig UNGER (2002) und Frank GUNDERMANN (2003)).

Chemische und mineralogische Zusammensetzung von frühen Eisenschlacken

Bei einer Vor- und späteren Hauptexkursion im Jahre 2001 unter der Leitung von Heinz BÜTTNER suchten Freunde und Mitglieder der Naturforschenden Gesellschaft Bamberg e.V. einige der vom Arbeitskreis für Heimatforschung um A. HOLLFELDER beschriebenen Fundplätze von Eisenschlacken auf. Im *Teufelsholz* sowie im *Grübig* fanden sich keine Schlacken, wohl aber existieren aus der Sammlung Büttner Belegstücke vom *Teufelsholz*. Lesefunde lieferten aber das *Mühlholz*, die Flur *Hühnerlei* und ebenfalls das Gebiet *Espich*.

Mittels moderner maschineller Analysetechnik, der sog. Röntgenfluoreszenz² und Röntgendiffraktometrie werden in Tabellen 1 und 2 sowohl quantitative chemische und qualitative mineralogische Zusammensetzungen von einigen Eisenschlacken vorgestellt.

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung von Eisenschlacken in Prozent

Anteil %	Probe Espich 1	Probe Espich 2	Probe Mühlholz	Probe Teufelsholz (Slg. Büttner)	Probe Hühnerlei
SiO ₂	40,5	20	26,74	8,25	15,9
Al ₂ O ₃	23,33	1,77	1,56	2,51	2,28
Fe ₂ O ₃	21,54	74,28	67,67	85,41	77,22
MnO	0,34	0,39	1,23	0,17	0,6
MgO	1,61	0,6	0,51	0,69	0,62
CaO	5,04	0,62	0,62	1,72	0,62
Na ₂ O	1,39	0,03	0,01	0,06	0,02
K ₂ O	0,56	0,16	0,4	0,43	0,18
TiO ₂	4,31	0,09	0,07	0,1	0,1
P ₂ O ₅	0,39	0,85	0,32	1,96	0,96
Summe	99,5	98,8	99,2	101,3	98,5

² Die Analysenverfahren der Röntgenfluoreszenz und Röntgendiffraktometrie können hier nicht ausführlich erörtert werden. Es wird u.a. auf Werksangaben der Firma Philips in Eindhoven verwiesen, siehe auch z.B. bei Helmut EHRHARDT (1989).

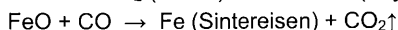
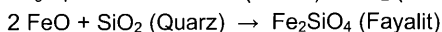
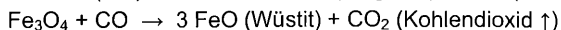
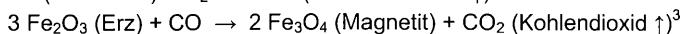
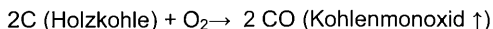
Mineral/ Element	Probe Espich 1	Probe Espich 2	Probe Mühlholz	Probe Teufels- holz	Probe Hühner- leite
Feldspat/ (Andesin ?)	+				
Quarz	+	-	-	-	-
Fayalit	+	Hauptanteil	-	Hauptanteil	Hauptanteil
Wüstit	-	Hauptanteil	-	Hauptanteil	Hauptanteil
Metalli- sches Eisen			Hauptanteil		
Eisen- Oxihydroxid			+		
Hochquarz	-	-	-	+	-
Synthet. Magnetit			+		

Diskussion der Analysenergebnisse

In Tabelle 1 sind die Konzentrationen der Elemente in den Schlackenproben als Oxide angegeben.

- Anteile leichter Elemente in der Probe *Espich 1* lassen auf Wandungsreste aus Ton und Lehm schließen. Fayalit (Fe_2SiO_4) wird lediglich künstlich erzeugt und kennzeichnet die Probe als Schlacke eines Rennfeuers.
- Die hohen Anteile von Eisen in den weiteren Schlackenproben nach Tab.1 sind Beweis für Rennöfen der Frühzeit. Entsprechend liegen nach Tabelle 2 Wüstit (FeO) und Fayalit (Fe_2SiO_4) als Hauptbestandteile vor, was von Hans JAKOB mit seinen Analysen z.B. des Wüstit-Gehaltes von Proben der Flur *Espich* mit 53 bis 58,5 % bestätigt wird.

Das leitet zu einigen Überlegungen über: Eisen hat zwei Oxidationsstufen, bildet somit sowohl ein Oxid FeO wie auch das häufiger vorkommende Fe_2O_3 . Beim Reduktionsprozess laufen im Rennofen bei den Temperaturen der Reduktionszone von etwa 700 bis 1200°C folgende Reaktionen ab:



³ Nach dem Boudouard-Gleichgewicht für die Reaktion $\text{C} + \text{CO}_2 \leftrightarrow 2\text{CO}$, bei der die feste Phase Kohle mit der gasförmigen Mischphase im Gleichgewicht steht, liegen z.B. bei 900°C 2,8% CO_2 + 97,2 % CO vor.

- Es entsteht das leicht oxidierbare Mineral Wüstit (FeO), welches sich zusammen mit dem SiO_2 (Quarz) des Roherzes zu dem Mineral Fayalit verbindet, das in der Natur lediglich als Verwitterungsprodukt des Olivins⁴ entsteht. Beide bilden mit der Gangart des Erzes um 1200°C schmelzende Gemische, eine flüssige Schlacke. Im frühen Rennofen⁵ wird diese Schlacke über einen nachträglich eingeschlagenen Kanal abgelassen, zeigt daher noch häufig Fließstrukturen.
- Ein Eisenrest (Luppe) wird als Sinterprodukt in Feststoffreaktion gebildet und sinkt auf Grund seiner spezifischen Schwere im Ofen nach unten ab.
- Der Anteil an metallischem Eisen und oxidischer Reste in der Probe *Mühlholz* nach Tab. 2 zeigt an, dass hier ein Stückchen des Eisenrestes, der Luppe vorliegt. Evtl. kann es auch Abfall einer frühen Bearbeitung in einer Schmiede sein, was das Vorhandensein von Magnetit (Hammerschlag) erklären würde.
- Über das binäre System FeO und SiO_2 berichtet Friedrich FRÖHLICH (1984). Bei etwa 32 % SiO_2 und 68 % FeO ist bei knapp 1200°C ein Schmelzgemisch Fayalit+Wüstit existent, mit mehr als 32 % SiO_2 bildet sich das Gemisch Tridymit+Fayalit. Hiermit lässt sich das Vorhandensein von Hochquarz in der Probe *Teufelsholz* erklären. Bereits JAKOB beobachtet die Hochtemperatur-Modifikationen des Quarzes, überschätzt aber wohl den quantitativen Anteil. Allerdings ist unumstritten, dass das Auftreten von Hochquarz ein Zeichen für höhere Ofentemperaturen ist.

⁴ Olivin $[(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4]$ ist ein gesteinsbildendes Mineral, häufig in Basalten.

⁵ Rinnen, Fließen, Rennen → Rennofen (Eberhard SCHÜRMANN 1958).

Reines Eisen schmilzt bei 1530°C , es ist silbergrau und weich. Es kommt in 3 Erscheinungsformen vor: bis 907°C ist kubisch raumzentriertes oder α -Eisen (Ferrit) beständig, bis 1400°C tritt kubisch flächenzentriertes oder γ -Eisen (Austenit) auf und schließlich bis zum Schmelzpunkt liegt erneut kubisch raumzentriertes δ -Eisen vor. Austenit löst relativ leicht Kohlenstoff und bildet Karbide, die bei den heutigen Prozess-Temperaturen im Hochofen bis 2000°C eine Schmelzpunkts-Ernidrigung um 300° bis 400°C bewirken, dabei der Kohlenstoffgehalt bis auf 2,5 bis 4 % ansteigt, ein Roheisen entsteht.

Ab dem 14. JH wird im deutschsprachigem Land von Roheisen berichtet, das nach dem Reduktionsprozess des Erzes in einem 2. Schritt im Frischfeuer zu Stahl entkohlt wird. Im 18. JH wird Koks als Reduktionsmittel in den Technologieprozess eingeführt und zur Stahlherstellung das Roheisen abgegossen und mit speziellen Verfahren der C-Gehalt auf 0,5 bis 1,7 % erniedrigt (siehe in der Fachliteratur unter Bessemer-, Thomas- oder Siemens-Martin-Verfahren, heute unter Sauerstoff-Frischen im Blase-, bzw. Elektrostahl-Verfahren). Heute gibt es eine Vielzahl von Stählen. Darunter versteht man feindisperse Mischungen von Fe mit Fe_3C (Zementit), die in der Hitze in feste Lösungen von Zementit in Eisenmetall übergehen. Beim schnellen Abkühlen oder Abschrecken z.B. mit Wasser entsteht Martensit, die instabile aber sehr harte Gefügeform von Eisen und Kohlenstoff. (Zum Thema Legierungselemente wird auf Fachliteratur verwiesen.)

*Gusseisen entsteht durch Umschmelzen des Roheisen im Kupolofen. Es ist spröde, benötigt 2 – 4 % C. Friedrich FREISE (1908) schreibt, dass im Altertum sowohl in Europa, insbesondere in Griechenland wie auch in China Gusseisen bekannt gewesen sei, allerdings „...sie es doch nur in untergeordneter Weise gebraucht haben. Denn wäre das nicht der Fall gewesen, so müssten viel mehr Gegenstände aus diesem Metalle sich bis auf unsere Zeit erhalten haben, zumal da das Gusseisen viel schwerer roste als das Schmiedeeisen, von dem sich so viele Gegenstände gefunden haben.“ (Über das Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm siehe in Lehrbüchern der Physikalischen Chemie und u.a. bei Hans-Peter LASCHKA u. Helmut Alfons KLEIN 1994). Sehr schöne Darstellungen der Metallgewinnung vom Erz über Weicheisen zum Stahl (Rennfeuer-Verfahren) und vom Eisenerz über Gusseisen zum Stahl sind bei Hans-Gert BACHMANN (1993) in Form von Schaubildern zu finden.

- Das wiederholte Schmieden der Luppe zu Werkstücken im Kohlefeuer und Abschrecken in kaltem Wasser bewirkt eine oberflächliche Aufkohlung des nahezu reinen Eisens. Vollständige Umwandlung zweier Komponenten, an Kohlenstoff reichen Metalls und reinen Eisens im Schmiedefeuer, dem Feuerverschweißen zum Stahl wird in der Literatur als Damaszener-Verfahren angeführt. Die legendären Klingen und Messer der Frühzeit schreibt man den Damaszener-Schmieden zu, einem Handwerk, das nach Torsten GEILING (2005) wieder Geltung erringt.
- Mittlerweile ist kaum mehr feststellbar, ob die trichterförmigen bis 2,5 m tiefen Eintiefungen in der Waldabteilung nahe der Flur *Espich* zu früher Erzgewinnung oder der Prospektionstätigkeit der Gewerkschaft Wittelsbach zu Beginn des 20ten JH dienten. In Tabelle 3 ist die Zusammensetzung des Erzes nach KLOCKMANN (1908) angeführt, denn es ist wegen der Nähe zu den Schmelzstätten die Annahme berechtigt, dass die Altvorderen die Lagerstätte kannten und nutzten.

Tabelle 3: Durchschnittsgehalte von Eisenerz im Revier Espich

	Fe	Mn	Al ₂ O ₃	CaO	P	SiO ₂	Glühverlust
%	43,12	0,54	5,5	0,08	0,37	19,4	10,95

Im Vergleich zu den Analysenergebnissen der Schlackenproben nach Tab.1 ergeben sich übereinstimmend für Calcium geringe Konzentrationswerte. Bei Al₂O₃ könnte evtl. von einer Anreicherung in den eisenreichen Schlacken gesprochen werden.

- Autoren wie Hans Jörg KÖSTLER (1981) diskutieren unter Einbeziehung einer Arbeit von F. TROJER (1952) an Schlacken aus Seubersdorf in Bayern das Dreistoffsystem FeO-SiO₂-Al₂O₃ oder wie K.H. WEDEPOHL und A. SCHNEIDER an Schlacken aus dem Göttinger Raum mit höherem CaO-Anteil das Dreistoffsystem SiO₂-CaO-FeO. Beide Gruppen kommen zu dem Schluss, dass Schmelztemperaturen um 1100° C bis 1200° C erreichbar waren.
- Letztlich ist aber in jedem Fall die Aussage von Hans JAKOB gültig, dass chemische Analysendaten sehr wohl Aussagen über frühe Eisenverhüttung erlauben, die genaue zeitliche Zuordnung zu einer Siedlungsperiode jedoch nicht möglich ist.

Konstruktion früher Rennöfen

In der Sammlung von Heinz BÜTTNER von Schlacken des Standortes *Teufelsholz* befinden sich Stücke der einstigen Ofenwandung. Leider ist es unmöglich, aus diesen Resten auf die ursprüngliche Bauweise und Größe des Ofens zu schließen. Adalbert HOLLFELDER sieht allerdings einen keilförmig gespaltenen Dolomitblock als Basis dieses Rennofens, weil in unmittelbarer Nähe der Schlackenfundplatz liegt. In Hanglage liegende Feuerstätten, die besonders die Aufwinde nutzten, sind Zeugnis sehr früher Technik.

Fortschrittliche Reduktionsverfahren des Erzes liegen bereits vor, wenn Blasebälge

die Luftführung verstärkten. Somit konnte der Feuerplatz ohne Schwierigkeit in die Nähe der Kohlenmeiler oder des Erzlagers verlegt werden. In der nördlichen Frankenalb berichtet lediglich Ruprecht KONRAD (19881) über den Fund eines Tontrichters in der Geudensteinhöhle bei Gasselsdorf, einem wichtigen Zubehör für den Lederblasbalg eines Schmelzofens. Ulf ZAHN (1981) stellt ohne zeitliche Zuordnung im ostbayerischen Raum eine Reihe von Ofendüsen aus keramischen Material oder mit Quarz gemagertem Lehm im Bild vor.

Friedrich FREISE (1908) berichtet in seinem Buch der Geschichte der Hüttentechnik von verschiedensten Bauformen in früher Zeit, die meist oberhalb der Hüttensohle aus gestampftem, feuerfestem Material von „gut gefügten Mauerwerk umgebenen Schachte“ bestehen, in denen Erz und Kohle in Lagen von oben eingetragen werden. „Die beim Verbrennungsprozess entstehende Hitze soll zusammen gehalten werden“ bis genügend Metall und Schlacke an der Sohle des Ofens sich ansammeln. Nach Löschen des Feuers kann das Metall heraus gebrochen werden.

Karl KAUS (1981) hat Rennofentypen aus dem Burgenland untersucht und die Ofentypen zeitlich zugeordnet:

- Eingetiefte Schachtöfen von ca.30 bis 60 cm Durchmesser, späte Hallstattzeit
- bzw. früh- oder mittellatènezeitlich.
- Freistehende niedrige Kuppelöfen, latènezeitlich.*
- Eingetiefte Kuppelöfen mit angesetzter Arbeitsgrube, „norischer Rennofen vom Typ Burgenland“, spätlatènezeitlich.*
- Eingebaute Rennöfen, frühmittelalterlich.
- Freistehende Schachtöfen, mittelalterlich.

* Beschreibung des norischen Rennofens: 0,5 bis 0,6 m in den Boden eingetieft, am Boden mit leicht ovalen Durchmesser von ca.1 m bei einer Kuppelhöhe von 0,5 bis 0,8 m, Gesamthöhe 1 bis 1,4 m, Gichtöffnung 0,25 m. Gichthöhe 0,3 m.

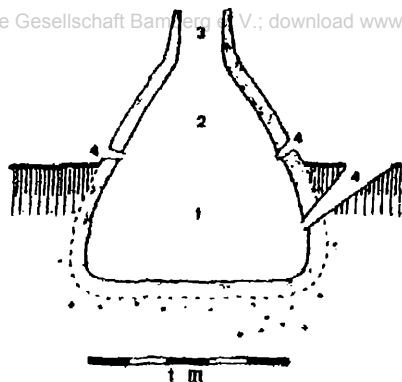


Abb.3: Querschnitt eines Rennofens vom Typ Burgenland nach KAUS
 (1) eingetiefter Teil, (2) Kuppel, (3) Gicht, (4) Düsenöffnungen

AGRICOLA: De Re Metallica aus dem Jahre 1556 ist das erste Buch über das frühe Eisenhüttenwesen im deutschsprachigen Raum. Helmut WOLF (1986), der sich mit dem Bergbau und Hüttenwesen in der Oberpfalz beschäftigt, übernimmt aus dem Band ein Bild eines sog. Stuckofens aus Mauerwerk, der gerade begichtet, also nach dem Anheizen mit Holzkohle lagenweise mit Erz und Kohle beschickt wird. Er erscheint im Aufbau alten Schachtöfen sehr ähnlich, wie sie beispielsweise bei Karel LUDIKOVSKY (1981) für das 3. bis 4. JH n.Chr. beschrieben werden. Die Ausmaße gleichen dem burgenländischen Typ, während der Stuckofen größer ist und später in der Blütezeit der Hammerwerke die Gestalt zweier aufeinander gestellter Zylinder annimmt, um die Volumenmehrung beim Zusammensacken der Beschickung in der Schmelzzone abzufangen.

Über die Eisengewinnung im norddeutschen Flachland berichtet Hauke JÖNS (1993) und gibt ausführliche Beschreibungen von einem freistehenden Schacht-Rennfeuerofen mit Schlackengrube nach Befunden aus Joldelung (Nordfriesland). Datierungsbefunde (Keramikscherven) führen in die 2. Hälfte des 4. JH bis 1. Hälfte des 5. JH n. Chr.. Diese Arbeit wird ebenfalls bei Christoph STEINMANN (2004) zitiert, der mit Mitarbeitern eine professionelle Eisenverhüttung am Nordrand des Harzes bei Quedlinburg ins Internet stellt. Die zeitliche Zuordnung fällt ebenfalls in die Kaiserzeit. Weitere Fundplätze von Eisenschlacken im Süddeutschen Raum werden von Zethlingen berichtet.

<http://www.langobarden-zethlingen.de/Link%20Eisenerzeugung.htm>

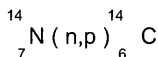
Außerdem sei auf umfangreiche Untersuchungen von Ingo KEESMANN und Thomas HILGART (1992) an Schlacken aus den Grabungen des Oppidums von Manching verwiesen.

Unter den zum Thema „frühzeitliche Herstellung von Eisen“ ins Internet gestellten Arbeitsprojekten sei stellvertretend für mehrere das „Heuneburg Projekt“ einer

Friedrichshafener Schülergruppe genannt, die einen Bauplan eines Rennfeuerofens, eines nach oben konisch zulaufenden Schachtofens von 0,7 m Höhe veröffentlichen.
<http://www.gzg.fn.bw.schule.de/gzghbg/rennfeuerofen/index.htm>

Altersbestimmungen mit der Radiokarbon-Methode

Eine wichtige Methode zur Altersbestimmung, u.a. geologisch junger Gesteine mit hohen Anteilen organischer Stoffe ist die von Willard Frank LIBBY (1946) entwickelte Radiokarbon-Methode. In der Ionosphäre werden durch Primärteilchen der kosmischen Strahlung Neutronen gebildet, die mit dem Stickstoff der Luft nach der Reaktion:



unter Freisetzung eines Protons radioaktiven Kohlenstoff produzieren, der mit einer Halbwertszeit von 5730 ± 40 Jahren unter Aussendung von β -Strahlen geringer Energie wieder in ${}^{14}_7\text{N}$ übergeht.

Die frisch gebildeten ${}^{14}\text{C}$ -Atome werden in der Erdatmosphäre schnell zu ${}^{14}\text{CO}_2$ oxidiert, das sich mit dem atmosphärischem CO_2 vermischt und damit in den Kohlenstoffkreislauf durch Assimilation in Pflanzen und durch Nahrungsaufnahme auch in tierische Organismen eingeht. Nach dem Absterben der Organismen wird die Aufnahme beendet und durch Messung der Aktivität der β -Strahlung lässt sich das Alter aus dem Vergleich der Prüfprobe mit einem Messstandard und einer geeigneten Null-effekt-Probe ermitteln.

In Ostbayern gibt es von Ulf ZAHN (1981) eine Zusammenstellung von ${}^{14}\text{C}$ -Datierungen aus Eisen-Gewinnungsplätzen, die in einer Probe vom Michelsberg bei Kehlheim eine spätkeltische Anlage bestätigt. Andere Plätze weisen auf eine Zeit zwischen 500 und 900 n.Chr. hin. In Oberfranken liegen von Harald G. DILL und Bruno FROBEL (2000) Studien über frühe Bergbau- und Verhüttungs-Aktivitäten vor, die für Funde aus dem Stadtgebiet von Naila und bei Kemlas Schlackenalter zwischen 1250 und 1290 Jahren ergeben. Für einen Holzkohlefund auf der Halde von Griesbach bei Naila liegt das Alter bei 850-1100 Jahren (900-1155 n.Chr.). Eine früher veröffentlichte Arbeit von Harald DILL, Bruno FROBEL & M. A. GEYH (1995) ermittelt für Ofenschlacken aus dem Burgstall bei Blankeneck, nordwestlich von Issigau ein Alter von 1290 ± 130 Jahren.

Zwei unterschiedliche Lesefunde von Schlacken der Flur *Espich* bei Königsfeld, Probe *Espich* 1 von 2001 und eine weitere, Probe *Espich* 3 von 2003 weisen organische Reste auf. Das Leibniz-Labor in Kiel ermittelt für die Probe *Espich* 1 (KIA19264) den organischen Mikroeinschluss ein Radiokarbonalter von:

42070 ± 2630 / -1980 BP; P. M. GROOTES (2003).

Dieses Ergebnis ist irrelevant, weil viel zu alt. Nachdem die Probe Bestandteile des

Wandungsmaterials aufweist, relativ leicht ist, wird angenommen, dass es sich bei dem Einschluss um eine Verunreinigung im Ton oder Lehm der Ofenummauerung, evtl. Braunkohle handelt.

In Probe *Espich* 3 (KIA 24159) ist eindeutig ein Einschluss von Holzkohle vorhanden. Ein Bruchstück des Fundes liegt als Beleg vor. Diese später nachgelieferte Probe ist ebenfalls datiert. Das Ergebnis ergibt ein Radiokarbonalter der Eisenschlacke von: 2150 ± 55 BP, das ist Eisenzeit.

Datierungsergebnis des Leibniz Labors für Alterbestimmung und Isotopenforschung:

Radiocarbon Age	BP	2151 ± 54
Calibrated Ages:	cal BC	197, 190, 177
One Sigma Range:	cal BC	352-297 (Propability 20,5 %)
(Propability 68,3 %)		230-219 (Propability 4,1 %)
		210-106 (Propability 42,3 %)
		99-95 (Propability 1,4 %)
Two Sigma Range	cal BC	362-270 (Propability 27,7 %)
(Propability 95,4 %)		262- 48 (Propability 67,7 %)

Das Leibniz Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung, Christian-Albrechts-Universität Kiel arbeitet nach schriftlicher Mitteilung von Prof. Dr. Pieter M. GROOTES (2004, 2005) mit einer sog. AMS-Anlage. Die ^{14}C -Konzentration der Probe ergibt sich aus dem Vergleich der simultan ermittelten ^{14}C -, ^{13}C - und ^{12}C - Gehalte mit denen des CO_2 -Mess-Standards (Oxalsäure) sowie einer geeigneten Nulleffekt-Probe. Das ^{14}C -Alter berechnet sich anschließend nach STUIVER und POLACH [Radiocarbon, 19/3(1977)355]), mit einer Korrektur der Isotopenfraktionierung anhand des gleichzeitig mit AMS gemessenen $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Verhältnisses. Dieser $\delta^{13}\text{C}$ -Wert enthält auch die Effekte, die während der Graphitisierung und in der AMS-Anlage auftretenden Isotopenfraktionierung zusammen hängen und ist deshalb nicht direkt vergleichbar mit den $\delta^{13}\text{C}$ -Werten, die in einem Massenspektrometer gemessen werden. Die Unsicherheit im ^{14}C -Ergebnis berücksichtigt Zählstatistik, Stabilität der AMS-Anlage und Unsicherheit im subtrahierten Nulleffekt. Die Altersangabe erfolgt in BP [Before Present], wobei mit „Present“ der Nullpunkt der ^{14}C -Zeitskala im Jahr AD 1950 gemeint ist. Ein ^{14}C -Alter in Jahre BP bedeutet also wie viele ^{14}C -Jahre bevor AD 1950 das datierte Ereignis statt fand. Die Übersetzung in das „Calibrated age“ erfolgt mit „CALIB rev 4.3“ (Datensatz 2), STUIVER et al., [Radiocarbon 40 (1998),1041-1083].

Die konventionellen ^{14}C Alter in BP berechnet man unter Verwendung der klassischen ^{14}C -Halbwertszeit von 5568 Jahren, während der Bestwert der heutigen Forschung 5730 ± 40 Jahre beträgt. Wenn also ^{14}C Jahre in BP in kalibrierte Alter umgesetzt werden, korrigiert man für diese Halbwertszeit und inkorporiert zugleich die über Baumringmessungen dokumentierten Schwankungen des atmosphärischen ^{14}C -Gehaltes.

In den vorliegenden Aufzeichnungen wird der gegenwärtige Forschungsstand über frühes Eisenhüttenwesen im Raum von Königsfeld auf der Nördlichen Frankenalb beschrieben. Bei neueren Begehungen alter, in der Literatur genannter Fundplätze ließ sich zahlreiches Schlackenmaterial sammeln. Analysendaten einer Auswahl neuerer Proben ergänzen die Kenntnis über die elementare und mineralische Zusammensetzung. Bemerkenswert ist der gegenüber dem Erz immer noch sehr hohe Anteil von Resteisen in den Schlacken, was auf relativ primitive, frühe Verhüttungstechnik hinweist.

In einer Diskussion wird über die Bildungsbedingungen der eisenreichen Schlacken ein Reaktionsschema für den Reduktionsprozess im frühen Rennofen vorgeschlagen. Gemäß dem binären System FeO (Wüstit) und SiO_2 (Quarz) bildet sich eine bei 1200°C flüssige Schlacke mit den Hauptbestandteilen FeO und Fe_2SiO_4 (Fayalit). Somit wird anhand der Schlacken bewiesen, dass im frühen Rennofen der Frankenalb der Reduktionsprozess vom Erz zum Eisen lediglich unvollständig abläuft. Das in geringer Ausbeute gewonnene Eisen, die Luppe, ist ein Sinterprodukt, wird in Feststoffreaktion gebildet. Nachdem es keine Berichte über Funde gibt, die eine Rekonstruktion des Rennofentyps erlauben und lediglich Annahmen auf eine Windführung mittels Blasebälgen bestehen, ist es weiterhin berechtigt, auch mit diesem Argument auf sehr frühe Gewinnungstechnik zu verweisen.

Angaben zum Alter der Schlackenfunde kann die Radiokarbonmethode liefern. Leider ist das hier vorgelegte Einzelergebnis, das als Radiokarbonalter oder „Calibrated Age“ geringfügig um 200 v.Chr. divergiert, nicht ausreichend, um einen frühen Hüttenplatz umfassend zeitgeschichtlich zuzuordnen und ihm auf Grund der vielen Schlackenfunde das Prädikat frühindustriell zu geben, wie es Hans JAKOB verkündet. Es kann durchaus über längere Zeiträume vereinzelt Eisenmetall erschmolzen worden sein.

Eindeutig wird mit der ^{14}C Analyse aber belegt, dass bereits in keltischer Zeit im Gebiet von Königsfeld, nahe der Erzlagerstätte u.a. in der Flur *Espich* Menschen Kenntnis der Eisenherstellung hatten. Die von Adalbert HOLLFELDER und seiner archäologisch arbeitenden Gruppe, Heinz BÜTTNER und Hans JAKOB geleistete Forschungsarbeit wird durch diese letzten Arbeiten ergänzt und regt vielleicht zu neuen weiterführenden Untersuchungen an.

Literatur

- ABELS, B.-U.: Archäologischer Führer Oberfranken, Konrad Theiss Verlag, Stuttgart (1986)
- ABELS, B.-U., SAGE, W. & ZÜCHNER, C.: Oberfranken in vor- und frühgeschichtlicher Zeit, Bayerische Verlagsanstalt, Bamberg (1986)
- AGRICOLA: De Re Metallica (1556) Nachdruck VDI Verlag Düsseldorf (1978)

- BACHMANN, H.-G.: Vom Erz zum Metall (Cu, Ag, Fe). Die chemischen Prozesse im Schaubild. In: *Alter Bergbau in Deutschland*, Herausgeber: STEUER, Heiko und ZIMMERMANN, Ulrich, Nikol Verlagsgesellschaft, Hamburg (2000), S. 35-40
- BECK, L.: *Die Geschichte des Eisens Bd.1*, Saendig Reprint Verlag, Vaduz, ISBN 3-253-03191-8, Braunschweig 1884, XII)
- BOWEN, N. L. et al.: The system CaO-FeO-SiO_2 , *American Journal of Sciences* 26 (1933) 193-284
- BÜTTNER, H.: Hohenpözl, Aus der Geschichte eines Juradorfes, *Hollfelder Blätter* 18 (1993) 1-25
- BROCKHAUS Nachschlagewerk Geologie, *Die Entwicklungsgeschichte der Erde*, VEB Verlag Brockhaus, Leipzig 7. Auflage (1981)
- CHEMIE-ARBEITSGEMEINSCHAFT DER GRAF ENGELBERT-SCHULE BOCHUM: Herstellung und Schmiedbarkeit von Renneisen (2002), www.rwth-aachen.de/wefo/www/information/wettbewerb/wettbewerb02/2-Renne
- DILL, H. G., FROBEL, B. & GEYH, M.: Zum Alter des Eisenbergbaus im nordbayerischen Grundgebirge mit Hilfe der Schlackendatierung, *Bergbau* 2 (1955) 83-86
- DILL, H. G., FROBEL, B. & GEYH, M.: Vergleichende Studien an Schlacken bei Griesbach, Oberfranken, *Geol. Bl. NO-Bayern* 50 (2000) 57-64
- Ehrhardt, H.: Röntgenfluoreszenzanalyse – Anwendung in Betriebslaboratorien, SPRINGER-VERLAG, BERLIN, HEIDELBERG...2. AUFLAGE (1989)
- FREISE, F.: *Geschichte der Bergbau und Hüttentechnik*, 1. Teil: Das Altertum, Sändig Reprint Verlag Hans R. Wohlwend, Vaduz (1990)
- FRÖHLICH, F.: Chemische und mineralogische Untersuchungen an einigen frühgeschichtlichen und mittelalterlichen Eisenschlacken Bayerns, *Acta Albertina Ratisbonensia* 42 (1984) 33-52
- GEILING, T.: Der Herr der heißen Flammen, *Fränkischer Tag*, Bamberg, 22.01.2005 S.G1
- GROOTES, P. M.: Schriftliche Mitt. des Leibniz Labors für Altersbestimmung und Isotopenforschung der Christian-Albrechts-Universität Kiel (2003, 2004, 2005)
- GUNDERMANN, F.: Bislang einzigartige Kombination – Funde von Voimannsdorf aus Stein und Eisenzeit und bei Baunach, *Fränkischer Tag Bamberg* vom 31.03.2003, S.14
- HESS VON WICHENDORFF, H.: Beiträge zur Geschichte des Thüringer Bergbaus, 1. Teil, *Die Goldvorkommen des Thüringer Waldes*, Archiv für Lagerstättenforschung 4 (1914) Berlin
- HOLLFELDER, A.: Die „Geiersleite“ in Sachsendorf, eine prähistorische Siedlung, *Hollfelder Blätter* 3 (1978) 49-53
- HOLLFELDER, A.: Ein vorgeschichtlicher Eisenverhüttungsplatz im Teufelsholz bei Neuhaus, *Hollfelder Blätter* 2 (1977) 66-70
- HOLLFELDER, A.: Spuren alter Industrien in Hollfeld-Drosendorf, *Hollfelder Blätter* 14 (1989) 19
- HOLLFELDER, A.: Reiches Erbe aus uralter Zeit – Auf der Geiersleite in Sachsendorf, *Hollfelder Blätter* 5 (1980) 21-25

- JÖNS, H.: Eisengewinnung im norddeutschen Flachland. In: Alter Bergbau in Deutschland, Herausgeber: STEUER, Heiko und ZIMMERMANN, Ulrich, Nikol Verlagsgesellschaft, Hamburg (2000) S. 63-69
- JAKOB, H.: Königsfeld – Ein Zentrum frühmittelalterlicher Eisenverhüttung, Archiv für Geschichte von Oberfranken 64 (1984) 79-94
- JAKOB, H.: Königsfeld-Zentraler Ort der Eisenverhüttung im Frühmittelalter auf dem nordfränkischen Jura, Hollfelder Blätter 10(1985)33-40
- JAKOB, H.: Montanhistorisch-archäologische Forschungsergebnisse im Raum Hollfeld, Hollfelder Blätter 16 (1991) 9-13
- KEESMANN, I. & HILGART, T.: Chemische und mineralogische Untersuchungen der Schlacken von Manching, Manching 15, Ergebnisse der Ausgrabungen 1984-1987, S. 391-412, Steiner-Verlag, Wiesbaden (1992)
- KAUS, K.: Lagerstätten und Produktionszentren des Ferrum Noricum, Leobener Grüne Hefte, Neue Folge Heft 2, 47-63, Montan-Verlag Wien (1981)
- KLOCKMANN, F.: Die eluvialen Brauneisenerze der nördlichen fränkischen Alb bei Hollfeld in Bayern, Stahl und Eisen 53 (1908) 1913-1919
- KONRAD, R.: Königsfeld und seine Nachbargemeinden-“der Königshof auf dem Gebirge nach Böhmen zu“, Hollfelder Blätter 5 (1980) 41-43, 71-73
- KONRAD, R.: Das Hollfeld - ein frühes Bergbaugebiet, Hollfelder Blätter 6 (1981) 41-42, 76-77, 7 (1982) 56-57
- KONRAD, R.: Der Purzelstein in Drosendorf a.d. Aufseß, Hollfelder Blätter 7 (1982) 1-3.
- KONRAD, R.: Ein Stützpunkt des Frankenreiches, Vortrag zur Geschichte Königsfelds, Fränkischer Tag Bamberg vom 23.02.2005 S.15
- LATSCHKA, H.-P. & KLEIN, H. A.: Chemie (Basiswissen) Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 6. Aufl. (1994)
- LIEBMANN, R.: Der Bock bei Wallendorf, Schriften des Vereins für Sachsen-Meiningsche Geschichts- und Landeskunde, 62.Heft, F. W. Gadow & Sohn Hofdruckerei Hildburghausen (1910)
- LUDIKOVSKY, K.: Eisenproduktionszentrum bei Boskovice im 3. und 4. JH u.Z., Leobener Grüne Hefte, Neue Folge Heft 2, 13-34, Montan-Verlag Wien (1981)
- MEYER, K. F.: Geologische Karte von Bayern, 1:25000, Blatt Nr.: 6033 Hollfeld, mit Erläuterungen, München (1972)
- NAGEL, F.: Hintergrundinformationen oder Was ist ein Rennofen?
<http://home.arcor.de/nagel-frank/hintergrund.htm>
- NEUNDORFER, J.: Vom Steigerwald zum Jura – Zur Geschichte der Landschaft, Verlag Kurt Urlaub, Bamberg (1987)
- RIEDERER, J.: Echt oder falsch, Schätze der Vergangenheit im Museumslabor, Springer Verlag, ISBN 3-540-57893-5
- RÖMPP, Chemie-Lexikon, 9. erweiterte Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1995)
- SCHÜRMANN, E.: Die Reduktion des Eisens im Rennfeuer, Stahl und Eisen 78 (1958) 1297-1308
- SCHWARZ, K.: Die vor- und frühgeschichtlichen Geländedenkmäler Oberfrankens, Materialhefte zur Bayerischen Vorgeschichte, H.5 (1955) S.78 ff

- STEINMANN, C. et al.: Fund des Monats Juli 2004, Batterien von Rennöfen-Kaiserzeitliche Eisenproduktion am Nordrand des Harzes
<http://www.archlsa.de/funde-der-monate/07.04/>
- TROJER, F.: Phasenaufbau einer römischen Eisenhüttenschlacke, Radex-Rundschau, H.3, (1952) 132-136
- UNGER, L.: Keramikfunde locken in ferne Welten – Vor- und Frühgeschichtler weisen in Voimannsdorf Siedlungen der Jungstein- und Hallstattzeit nach, Fränkischer Tag, Bamberg vom 08.08.2001 S.11
- WEDEPOHL, K. K. & SCHNEIDER, A.: Die Untersuchung jungeneisenzeitlicher Schlacken, Die Kunde 37 (1986) 173-190
- WEISS, K.: Bergbau im nordostbayerischen Raum – Ein Streifzug durch die Jahrhunderte, Acta Albertina Ratisbonensia 42 (1984) 5 – 32
- WOLF, H.: Eisenerzbergbau und Eisenverhüttung in der Oberpfalz von den Anfängen bis zur Gegenwart, Hefte zur bayerischen Geschichte und Kultur, Band 3, 1986
- ZAHN, U.: Die vor- und frühgeschichtliche Erzgewinnung und Eisenverhüttung in Ostbayern, Leobener Grüne Hefte, Neue Folge, H. 2, 47-63, Montan Verlag Wien (1981)

Anschriften der Verfasser

Dr. Ernst Unger

Bergstraße 14

D 96191 Viereth-Trunstadt

Heinz Büttner

Wischbergstraße 10

D 91332 Heiligenstadt

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bericht der Naturforschenden Gesellschaft Bamberg](#)

Jahr/Year: 2003

Band/Volume: [77](#)

Autor(en)/Author(s): Unger Ernst, Büttner Heinz

Artikel/Article: [Frühes Eisenhüttenwesen auf der Nördlichen Frankenalb 275-290](#)