

MÜLLER, Gerhard:
Lebacher Toneisensteine (“Lebacher Eier“). —

**in: SCHWER, Edgar: Der Erztagebau im vorderen Hochwald
1850-1870. — Hochwälder Hefte zur Heimatgeschichte,
Jahrg.28, Heft 47, S.4-15; Nonnweiler 2011.**

Die Textseiten entsprechen den gedruckten Buchseiten. Für die zur Verfügung gestellte Druckvorlage danke ich Herrn Edgar SCHWER.

Abweichend vom Buch habe ich die Fotos von S.152 (Abb. 15 - 17) hier mit meinen Originaldateien anschließend an den Text neu gesetzt. Die Bildunterschrift auf S.15 des Drucks wurde gelöscht und findet sich bei den Fotos.

Lebacher Toneisensteine
("Lebacher Eier").

Gerhard Müller.

Stratigraphie (Beschreibung der Schichtfolge).

Die Kartierungen der ehemaligen Preußischen Geologischen Landesanstalt im Raum des heutigen Saarlandes haben in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts zur Einführung einer Reihe stratigraphischer Begriffe geführt, die mit Namen aus der Region verknüpft sind und weit über 100 Jahre Bestand hatten. Dazu gehören die "Lebacher Schichten", die einen Teil des Unterrotliegenden ausmachen.

Die Grenzen dieser Einteilung wurden im Laufe der Zeit immer wieder verschoben, aber es verblieb ein Kern an Schichten, die mit dem Namen Lebach verbunden waren. Daran änderte sich auch noch nichts, als aus dem Begriff "Schichten" der Begriff "Gruppe" wurde.

Die beschriebene Namengebung hatte sich in Deutschland zwar durchgesetzt, besaß von Beginn an jedoch einen großen Nachteil. Definiert wurden die stratigraphischen Einheiten in einem Randgebiet klastischer Sedimentation, wo die unruhigen Sedimentationsbedingungen wenige Gliederungsmöglichkeiten zuließen, die über größere Entfernungen zu verfolgen waren. Im ehemals bayerischen Teil des Saar-Nahe-Raums findet sich das Beckeninnere mit viel besseren Gliederungsmöglichkeiten.

Für lange Zeit blieb es bei einem Nebeneinander der preußischen und der bayerischen Gliederung. Das war solange kein großes Problem, wie stratigraphische Gliederungen in kleineren Räumen stattfanden und ein großräumlicher Vergleich nur in großen Einheiten geschah. Heute versucht man den weltweiten Vergleich, der vor allem durch isotopische Datierungen an geeigneten Mineralen möglich wird. Das hat zu gewaltigen Umbrüchen in regionalen Gliederungen geführt. Die alte Konkurrenz Preußen/Bayern ist im Rotliegenden völlig zu Gunsten der Bayern entschieden worden.

Für den Bereich der ehemaligen Lebacher Gruppe sieht es so aus :

alt	neu
Disibodenberger Schichten	Disibodenberg-Formation
Odernheimer Schichten	Odernheim-Subformation
	Meisenheim-Formation
Jeckenbacher Schichten	Jeckenbach-Subformation

Die Toneisenstein-Lager gehören in den obersten Teil der Meisenheim-Formation, also auch in den obersten Teil der Odernheim-Subformation. Eine noch detailliertere Gliederung unterteilt die Meisenheim-Formation in 10 Abschnitte (von M1 bis M10). Die "Lebacher Toneisensteine" gehören dann in die "informelle" Einheit M10. (Einzelheiten bei SCHINDLER u. HEIDTKE (2007).)

Erläuterungen und Definitionen zu den verwendeten Begriffen finden sich bei STAPF (1990 [Mitt.Poll.]).

Zur Praxis im Gelände:

Wenn man einen Geologen in einen beliebigen Aufschluss im Gelände stellt, der keinen ganz spezifischen Horizont enthält, und er nicht weiß, an welchem Ort er sich aufhält, wird dieser nicht sagen können, um welche stratigraphische Einheit es sich handelt. Die üblichen Sandsteine und Siltsteine ähneln sich überall. Erst aus der genauen Kenntnis ganzer Abfolgen lässt sich eine Gliederung entwickeln.

Hinsichtlich der im Becken-Innern äußerst differenzierten Gliederung fehlt es im Raum des Saarlandes vielfach an entsprechenden Gliederungsmöglichkeiten. Man kann dann nicht einfach versuchen, die differenzierte Gliederung auf bislang nicht entsprechend untersuchte oder gegebenenfalls auch nicht derart gliederbare Gesteinskomplexe zu übertragen. Da macht es durchaus Sinn, es bei den alten Bezeichnungen zu belassen. Man benutzt dann zwar veraltete Bezeichnungen, die aber dennoch ihre ursprüngliche Definition behalten.

Ablagerungsraum.

Das Unterrotliegende der Saar-Nahe-Senke wird aufgebaut aus Ablagerungen von Flüssen und in Seen. Das Verhältnis der jeweiligen Fluss- oder See-Ablagerungen wechselt in der Abfolge. Die Meisenheim-Formation weist dabei einen hohen Anteil an in Seen gebildeten Sedimenten auf. Dazu gehört auch der Bildungsraum der Lebacher Toneisensteine.

Diesem See wird die größte räumliche Ausdehnung aller Seen des Unterrotliegenden zugesprochen. STAPF (1990 [Mainz.geow.Mitt.], S.223 gibt für den "Rümmelbach-Humberg-See" eine Fläche von 3400 km² an.

Eine klare Grenze besitzt der See im Norden am Hunsrückrand, soweit es um nachgewiesene Ablagerungen geht. Der See selbst hat diese Grenze mit Sicherheit überschritten. Über das Ausmaß ließe sich spekulieren.

Im W sind die ursprünglichen Grenzen dieses Sees nicht mehr zu erfassen. Bei Lebach finden wir den letzten Rest im W. Weiter westlich und südlich fehlen im Bereich der

Saarbrücker Kulmination alle Unterrotliegend-Sedimente. Im S der Kulmination fehlen im Bereich der alten Bohrungen St. Ingbert, Ensheimerstraße, und Lautzkirchen wie in der Bohrung Landstuhl 1 zwischen Zweibrücken und Pirmasens, ebenso im angrenzenden Lothringen entsprechende Schichtglieder. Auf die Frage, ob ursprünglich der See auch diese Bereiche überdeckt hat, oder der Aufstieg der Saarbrücker Kulmination sich schon bemerkbar gemacht haben kann, gibt es keine Antwort.

In der Pfalz sind die entsprechenden Schichtglieder sowohl N wie S des Pfälzer Sattels ausgebildet. Wie weit diese weiter nach S einer Ablagerung im See entsprechen, kann der Verfasser nicht beantworten. Die von STAPF gegebene Größe bezieht sich nur auf die in Aufschlüssen und Bohrungen nachgewiesenen Ablagerungen.

Es wäre eine völlig falsche Vorstellung sich nun vorzustellen, dass die typischen Toneisensteine generell in diesem See verbreitet waren. Sie sind vielmehr wesentlich eine Bildung, die sich weitgehend auf den N-Rand des Sees beschränkt. Früher wirtschaftlich bedeutende Vorkommen finden sich zwischen Lebach im W und Berschweiler (N von Kirn) im E.

Entstehung.

Was gemeinhin als "Lebacher Eier" bezeichnet wird, gehört zu den Toneisensteinen. Dies sind Gesteine, die weltweit und zu allen Zeiten der Erdgeschichte auftraten, sobald die Verhältnisse unseren heutigen im Prinzip entsprachen. Einen eigenen Namen haben diese Bildungen erhalten, einmal der Form wegen, wohl aber auch wegen der inneren Textur (Rissbildungen) und häufigen Fossilresten. Das sind etwas spezifische Merkmale, ansonsten aber handelt es sich um normale Toneisensteine.

"Toneisensteine" sind eigentümliche Gesteine, da sie aus zwei verschiedenen Quellen herrühren. Zunächst einmal sind es normale klastische Sedimente, worauf der Begriff "Ton" hinweist. Streng genommen handelt es sich von der Korngröße der Ablagerungen her gesehen nicht um Tone, sondern um Silte oder Schluffe. Die zweite Komponente ist Siderit ("Eisenstein"), also ein Eisen-Karbonat, das sich im Zuge einer chemischen Reaktion aus einer Lösung bildet.

Jede dieser Bildungen ist für sich genommen leicht zu verstehen. Ein Silt wird aus fließendem Wasser abgelagert, wenn die Transportkraft für die entsprechende Korngröße nicht mehr ausreicht. Siderit wird aus einer Lösung ausgeschieden, wenn sich Größen verändern, die für die Löslichkeit des Stoffes eine Rolle spielen, also Druck, Temperatur oder Konzentrationen. Wenn aber beide Prozesse mit einander verknüpft sind, werden Deutungsversuche schwieriger.

Betrachtet man ein typisches "Lebacher Ei" im Schnitt, so erkennt man zunächst einmal eine sehr deutliche Schichtung. Schneidet man ein "Lebacher Ei" zusammen mit dem umgebenden Gestein, so sieht man die gleiche Schichtung sowohl im Siltstein wie im Toneisenstein, allerdings finden sich die erkennbaren Lagen im Toneisenstein in größeren Abständen (dazwischen sitzt Siderit), im Siltstein folgen diese Lagen dicht auf einander. Die Lagen müssen ursprünglich alle eben und parallel gewesen sein; dann müssen sie also bis zur abgeschlossenen Sideritbildung entsprechend große Abstände aufgewiesen haben. Und zwischen den Lagen lässt sich nichts anderes vermuten als hauptsächlich Wasser.

Die erste wesentliche Frage lautet also, wie kann sich ein sehr gleichmäßiges feinkörniges Sediment ausbilden, das ohne erkennbare Störung lange Zeit mit einem weit überhöhten Wassergehalt stabil geschichtet bleiben kann. Forderungen, die dafür erfüllt sein müssen, lauten eine große Wassertiefe und Zufuhr ausschließlich sehr feinkörnigen Materials.

Beide Forderungen lassen sich bedienen, wenn wir einen großen See annehmen und davon ausgehen, dass wir uns nicht am direkten Rand des Sees befinden. Das hat seine Haken, denn genau unter dem Ringwall von Otzenhausen lagern entsprechende Sedimente mit Toneisensteinen auf Taunusquarzit. Das erfordert zwingend, dass die Oberfläche des Sees höher als der Dollberg und auch angrenzende Bereiche des Hunsrücks gelegen haben müssen.

Wir müssen für unseren See auch fordern, dass es keine starken Strömungen in den Bereichen der Toneisenstein-Bildung geben durfte, also keine großen Flüsse, die tiefgreifende Strömungen hätten erzeugen können.

Noch schwieriger wird es bei der Bildung des Siderits. Wir benötigen da:

- Eine Quelle für das Eisen.
- Eine Lösung des Eisens.
- Einen Transport des gelösten Eisens.
- Eine Ausscheidung des gelösten Eisens.
- Platz für die Bildung des Siderits.

Die Quelle für das Eisen finden wir im Sediment selbst. Stammt das Feinkorn des Sediments von einer Landoberfläche, so sind bestimmte Minerale, die Eisen enthalten können, zerstört, so etwa Chlorite, wie diese sich in Tonschiefern des Hunsrücks finden. Häufig besitzen die transportierten Teilchen auch Krusten aus Eisenoxid.

Zwar sind diese Eisengehalte nicht sonderlich hoch, aber ausreichend, um bei einem Sammelprozess die notwendigen Siderit-Gehalte zu liefern.

Die Oxidation an Land hat dreiwertiges Eisen erzeugt (Fe^{+3}). Im Siderit liegt aber zweiwertiges Eisen vor (Fe^{+2}). Es ist also zwingend eine Reduktion des Eisens notwendig, was gleichzeitig zu einer löslichen Form des Eisens führt. Das einzige vorstellbare Reduktionsmittel sind organische Reste im Sediment.

Wir können zwar, möglicherweise mit Hilfe von Bakterien, das feinverteilte Fe^{+3} reduzieren, es ist dann aber nach wie vor im Sediment verteilt. Wir benötigen also einen Prozess, der das Eisen konzentriert. Prinzipiell gibt es zwei Möglichkeiten, die Diffusion und Strömungen.

Die Diffusion, die letztlich auf die temperaturabhängige Bewegungsenergie der Teilchen im Wasser zurückzuführen ist, ist ein Prozess, der auf ganz kurze Entfernungen sehr große Massen bewegen kann, bei größeren Entfernungen aber riesige Zeiten für einen nennenswerten Transport benötigt. Ein Stofftransport nur durch Diffusion dürfte für die Entstehung der "Lebacher Eier" nicht hinreichen.

Eine Strömung, die gelöstes Eisen transportiert, ist insoweit kritisch zu sehen, als diese das fragile Gleichgewicht der hoch wasserhaltigen Suspension zerstören würde. Es kann sich also nur um eine ganz langsame und völlig gleichmäßige Bewegung handeln. Dafür käme am ehesten in Frage das Aufströmen des Wassers, das in tieferen Schichten bei der Kompaktierung des Sediments frei wird.

Es lässt sich also vermuten, dass das Eisen bei der Reduktion im tiefen Sediment als Eisenhydrogenkarbonat ($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$) in Lösung geht, in höheren Niveaus dann als FeCO_3 ausgeschieden wird. Als auslösende Ursache kommt dabei der niedrigere Druck in Frage, der ein verringertes Lösevermögens des Wassers für CO_2 bewirkt und damit das Hydrogenkarbonat zerfallen ließe. Es lässt sich vermuten, dass hierbei ebenfalls Bakterien eine Rolle spielen könnten.

Wenn auf solche Weise sich eine große Konkretion bilden sollte, so wird durch den Ersatz des Wassers durch Siderit die Dichte enorm vergrößert. Man muss sich also fragen, wieso dieser Körper deutlich höherer Dichte nicht der Schwerkraft gehorchend durch das umgebende noch hoch wasserhaltige Sediment nach unten absinkt. Es gibt keine Beobachtungen, dass so etwas geschehen ist. Eine Erklärung dafür fehlt jedoch.

Für die Bildung der "Lebacher Eier" werden häufig tierische Reste verantwortlich gemacht. Diese können wohl in geringem Maße organische Substanz liefern, doch sind diese im Vergleich zu den Massen, die als feiner pflanzlicher Detritus eingetragen wurden oder an der Oberfläche des Sees durch Algen erzeugt wurden, unerheblich. Fossilreste treten zufällig auf. Die Masse der Toneisensteine sind frei von Fossilresten, insbesondere auch die plattigen. Der Mechanismus der Bildung der Toneisensteine hat mit solchen Fossilien nichts zu tun.

Rissbildung.

Für die Bildung der Risse wird als Modell eine Entwässerung analog einer schnellen Trocknung eines Lehmklumpens an der Luft allgemein akzeptiert. Es sollte sich also zunächst eine äußere dichte Hülle bilden bei noch wasserreichem Kern und dieser später entwässert werden, wobei das Volumen der Risse dem Wasserverlust entsprechen würde.

Das Modell wird zwar nicht angezweifelt, ist aber völlig untauglich. Zunächst einmal wird bei der entstehenden Konkretion das Wasser durch Siderit ersetzt, während es im umgebenden Sediment noch verbleibt. Es ist also in der Konkretion nichts mehr vorhanden, was entfernt werden könnte; die Konkretion kann weder außen noch im Innern schrumpfen. Zum zweiten erfolgen die Vorgänge der Diagenese, zu der solche Entwässerungen und Kompaktierungen gehören, sehr langsam, sodass die Konkretion auch gleichmäßig entwässert würde.

Die Erklärung der Risse ist einfacher. Die Entwässerung des Sediments führt zu einer starken Verringerung der Dicke einer Schicht. Die Konkretion ist nicht in der Lage in gleicher Weise ihre Dicke zu verringern. Der vorher gleichmäßige Druck der Auflast wird daher beim Sediment kleiner, bei der Konkretion jedoch größer. Die Konkretion kann diesem Druck nur dadurch entgegenwirken, dass sie ihre Fläche in der Schichtebene vergrößert und dadurch ihre Dicke verringert. Letztlich führt dies dann zur Rissbildung.

In den plattigen Toneisensteinen sind Risse sehr viel seltener und auch kleiner.

Eisengehalte und Wirtschaftlichkeit.

Wirklich belastbare moderne Analysen von Lebacher Toneisensteinen und von Toneisensteinen der Region gibt es nur sehr wenige. Das hat unterschiedliche Gründe:

- Die Nutzung der Toneisensteine erfolgte bis etwa 1860. Analysen aus diesen Zeiten sind fast nicht erhalten.
- Soweit bei Hüttenwerken Analysen angefertigt wurden, interessierte vorwiegend nur der Fe-Gehalt.
- Ein grundsätzliches Problem der Toneisensteine liegt darin, dass der Fe-Gehalt nicht einheitlich ist. Er ist meist im Kern höher als in Randbereichen. Man muss also klar definieren, ob man eine Analyse aus einem kleinen Bereich macht oder eine Querschnittsanalyse eines Haufwerks.
- Da der Siderit der Toneisensteine leicht oxidiert werden kann, verschiebt sich bei Oxidation auch der ausgewiesene Fe-Gehalt.

Ich verzichte hier auf eine Diskussion bislang veröffentlichter Analysen und beschränke mich auf die Durchschnittswerte der beiden Bohrungen Bergweiler und Braunshausen aus dem Jahr 1952.

Für Bergweiler ergab sich ein Fe-Gehalt von 22,9 %, für Braunshausen von 25,6 %. Dies sind Gehalte an völlig frischem Material.

An ausgesuchtem Material sind Gehalte um 30 % Fe durchaus nachzuweisen.

Betrachtet man die Flächen, innerhalb derer die Lebacher Toneisensteine auftreten, von Lebach aus im N bis Berschweiler und im S bis zum Blattrand der TK 25 Freisen bei Pfeffelbach, so ist das eine Fläche, die die Toneisensteine von der Gesamtmasse her durchaus zu einer großen Eisenerzlagerstätte macht.

Dass diese Lagerstätte nur örtliche Bedeutung erlangte, hat wesentliche Gründe:

— Das eigentliche Erz, die Toneisenstein-Konkretionen finden sich innerhalb einer Siltstein-Serie. Die Toneisensteine machen in diesem Gesteinspaket nur etwa 20 % des Volumens. Die grobe Trennung macht zwar keine Probleme, doch kostet die Förderung und Aufhaldung des Nebengesteins.

— Die Grobtrennung durch Handscheidung, wie früher üblich, ist nicht ausreichend. Die frisch geförderten Toneisensteine besitzen randlich noch Partien mit geringeren Gehalten. Diese hat man früher durch längeres Lagern, vor allem im Winter, abwittern lassen.

— Die Verwachsung von Siderit und Silt ist so intensiv, dass auch moderne Methoden keine brauchbare Anreicherung liefern würden. Es geht also immer ein sehr hoher Anteil an Gangart in den Hochofen, weitaus höher als es der Notwendigkeit im Hochofen entspricht, was die Kosten erhöht ohne ein wirtschaftliches Produkt zu liefern.

— Die maximal erzielbaren 30 % Fe-Gehalt finden sich nur in den Vorkommen direkt am Hunsrückrand bei Lebach und Otzenhausen. Zahlreiche Versuche zwischen Lebach und Tholey etwa haben nur schlechtere Gehalte geliefert. Das zeigt auch die Bohrung Bergweiler.

— Das Vorkommen bei Lebach ist wohl tektonisch wenig beansprucht und bot bei in etwa flacher Lagerung am Ausgehenden ideale Bedingungen für einen Abbau, wurde bei Zunahme der Überdeckung letztlich auch unwirtschaftlich.

— Der Bereich zwischen Kastel und Otzenhausen ist ein Schollenmosaik mit einer großen Zahl von Störungen, unterschiedlichem und teilweise steilem Einfallen der Schichten. Das hat zwar dazu geführt, dass es eine große Zahl von Punkten gab, an denen man ansetzen konnte, doch waren die einigermaßen günstigen Teile der Abbaustellen sehr begrenzt und wurden entsprechend schnell zwar nicht erschöpft aber unwirtschaftlich.

Zur frühgeschichtlichen Verwendung der "Lebacher Eier".

Bei SCHINDLER (1968, S.136-146) kann man die Entwicklung einer Vorstellung breit dargestellt finden, die den Reichtum der Beigaben in Hügelgräbern der Hunsrück-Eifel-Kultur auf eine Eisenerzeugung auf der Basis einheimischer Eisenerze zurückführt. Im Mittelpunkt solcher Betrachtungen stehen als wichtigster Typ solcher Vorkommen die "Lebacher Eier".

Bereits SCHINDLER musste feststellen, dass etwa das letztlich reichste Vorkommen bei Lebach ohne eine entsprechende archäologische Relevanz war, ebenso, dass keinerlei Spuren einer solchen frühen Verhüttung nachweisbar waren. Dieses Fehlen von Spuren einer Verhüttung wurde mit deren Vernichtung durch späteren großflächigen Abbau erklärt.

SCHINDLER (1978, S.57) fasst zusammen: "Das Ergebnis der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft in den Jahren 1963-66 finanzierten Bemühungen war geteilt. Beweise für die vorrömische Eisengewinnung konnten nicht erbracht werden, obwohl sie durch das Phänomen der keltischen Fürstengräber und deren Befestigungsanlagen sowie durch eine dichte, bis ins letzte Jahrhundert v. Chr. gesteigerte Besiedlung des Hunsrückvorlandes zum Greifen nahe lagen."

Regional hat sich diese Vorstellung festgesetzt, ohne weiter hinterfragt zu werden. So etwa REINHARD (2011, S.7) und die Darstellung in der "Keltenausstellung" in Völklingen 2010/2011. Es hängt dies damit zusammen, dass in der Vergangenheit der Themenkreis rein archäologisch ohne entsprechend gebildete Fachwissenschaftler bearbeitet wurde. Man muss dabei auch sehen, dass der normale Fachmann seinen Hochofen kennt, aber keine spezielles Wissen zum Rennofen-Prozess besitzt. Gelegentliche Analysen aus Hüttenlaboren ohne weitere Kommentierungen an archäologischen Funden sind nachweisbar. Einen ersten Ansatz, mehr Klarheit zu schaffen, stammt vom Verfasser (MÜLLER u. HEMMER 1983). WANNEMACHER u. BECKER (1997) verglichen römische Schlacken mit potentiellen Erzen. Allerdings wird dabei die Grundfrage nicht betrachtet, ob mit Steinkohle statt Holzkohle ein Renn-Ofen betrieben werden konnte. Die Meinung des Verfassers, dass "Lebacher Eier" im Rennofen nicht verhüttbar sind, findet sich bei GLANSDORP u. GLANSDORP (2010, S. 245). HORNING u. KRONZ (2010, S.254) machen die gleiche Aussage.

Da es im lokalen Schrifttum an einer ausführlichen Darstellung fehlt, sei diese hier gegeben.

Rennofen und Hochofen sind im Prinzip gleich. In beiden laufen von unten nach oben die gleichen chemischen Reaktionen ab.

— Kohlenstoff (C) reagiert mit Sauerstoff (O₂) zu Kohlenstoffdioxid (CO₂).

- CO_2 reagiert mit weiterem C zu Kohlenstoffmonoxid (CO).
- CO reagiert mit dem Eisenerz (Fe_2O_3) über Zwischenstufen, Magnetit (Fe_3O_4), Wüstit (FeO), zu elementarem Eisen (Fe).
- CO reagiert mit sich selbst (Disproportionierung) zu C und CO_2 . Der Kohlenstoff kann einerseits weiteres Eisenerz reduzieren, aber auch bei gegebenen Bedingungen sich im elementaren Eisen lösen (auf atomarem Niveau verteilen).

Äußerlich besteht ein Unterschied, der Rennofen ist niedrig, der Hochofen hoch gebaut. Das ändert nichts an den ablaufenden Reaktionen, beim Rennofen sind diese allerdings nicht so sauber der Höhe nach gegliedert wie beim Hochofen.

Der wesentliche Unterschied sieht so aus:

- Der Hochofen arbeitet um so besser, je höher seine Betriebstemperatur ist.
- Der Rennofen darf eine bestimmte Temperatur nicht überschreiten.

Die Ursache dafür liegt darin, dass Eisen nur dann schmiedbar ist, wenn es keinen hohen Kohlenstoff-Gehalt besitzt. Steigt dieser über einen bestimmten Bereich hinaus an, so wird das Eisen immer spröder und ist zuletzt im festen Zustand nicht mehr mechanisch verformbar.

Der Rennofen musste schmiedbares Eisen liefern. Die Technik kohlenstoffreichem Eisen den Kohlenstoff-Gehalt zu entziehen ("Frischen") kommt erst in der Neuzeit auf.

Das feste Eisen besitzt im Wesentlichen zwei Modifikationen (verschiedene Anordnung der Atome), α -Eisen und γ -Eisen. Im Temperaturbereich bis 911°C ist α -Fe stabil, darüber γ -Fe. Das α -Fe nimmt fast keinen C auf, das γ -Fe dagegen bis etwa 2% bei 1153°C . Bei dieser Temperatur kann dann auch die erste Schmelze gebildet werden, die noch höhere C-Gehalte aufnehmen kann.

Beginnt man im Rennofen bei niedriger Temperatur und bleibt unter 911°C , so bildet sich ein praktisch reines Eisen (Weicheisen), das nicht härtbar ist. Überschreitet man die Temperatur von 911°C nur wenig, so wandelt sich das α -Fe in γ -Fe um und beginnt C aufzunehmen, mit zunehmender Temperatur immer mehr. Um ein schmiedbares Eisen zu erhalten darf die Temperatur nicht zu hoch werden, in keinem Falle 1153°C erreichen.

Sieht man es so, dass eine höhere Temperatur im Rennofen nicht ohne ein Gebläse erreicht werden kann, dann sollte sich über das Gebläse mit reichlich viel Übung eine gewünschte Temperatur erzielen lassen.

An dieser Stelle ist noch darauf hinzuweisen, dass der Kohlenstoff, der vom Eisen aufgenommen werden kann, nicht der ist, der in Form von Holzkohle vorliegt. Mögli-

che Kontaktflächen zwischen Kohlenstoff und Eisen sind dazu viel zu klein. Der Kohlenstoff, um den es da geht, ist derjenige, der beim Zerfall des CO entsteht und damit fast in atomarer Verteilung vorliegt.

Da dieser Kohlenstoff im Übermaß zu einem zu starken Einbau ins γ -Fe führen könnte, ist es sinnvoll, wenn noch genügend dreiwertiges Eisen (Fe^{+3}) vorliegt, um durch dessen Reduktion das Angebot an feinstverteiltem Kohlenstoff zu verkleinern. Das bedeutet, dass es im Gegensatz zum Hochofenprozess nicht unbedingt sinnvoll ist, das ursprüngliche Eisenerz vollständig zu reduzieren.

Alles bisher Dargestellte schließt eine Verhüttung der "Lebacher Eier" im Rennofen überhaupt nicht aus.

Nun enthalten fast alle technisch nutzbaren Eisenerze nicht nur Eisenoxide sondern auch Beimengungen, die mit dem Eisenerz mehr oder weniger intensiv vermischt sind. Im Falle der "Lebacher Eier" sind dies durch die Umstände der Bildung bedingt einmal sehr hohe Anteile und zum zweiten sind diese auch sehr gleichmäßig mit dem eigentlichen Erz vermischt. Damit liegt das zweite Problem auf dem Tisch, nämlich die Trennung des Eisens von den Beimengungen, der sogenannten Gangart.

Es gibt keine Möglichkeiten, Erz und Gangart im festen Zustand zu trennen, ebenso wenig das Gemisch aus reduziertem Eisen und Gangart. Der Hochofen hat dafür eine einfache Möglichkeit, er erzeugt zwei verschiedene Schmelzen (Flüssigkeiten), die nicht mischbar sind und sich selbstständig von einander trennen.

Im Rennofen darf das Eisen nun aber nicht flüssig werden; es verbleibt als einzige Möglichkeit, die Gangart zu verflüssigen (zu verschlacken). Betrachtet man nun die Zusammensetzung der Gangart der Lebacher Eier, so ist diese so beschaffen, dass man in dem Temperaturbereich, der maximal erreicht werden darf, gerade einmal die Konsistenz von Backsteinen erreichen würde. (Eine Schmelze wird erst bei über 1500°C entstehen.) Auch der Zusatz von Kalk, dem bekanntesten und leicht verfügbaren Schlackenbildner, wird in diesem Temperaturbereich nicht helfen.

Es gibt allerdings noch eine Möglichkeit. Liegt zweiwertiges Eisen (Fe^{+2}) vor, so kann dieses auch bei der gegebenen Zusammensetzung der "Lebacher Eier" zur Bildung von Schmelzen verhelfen. Fe^{+2} entsteht nun aber als Zwischenstufe bei der Reduktion zu Fe. Damit kann die Gangart verschlacken und als Flüssigkeit weitgehend vom Eisen abgetrennt werden. Das ist das Prinzip, nach dem der Rennofen tatsächlich arbeiten kann.

Allerdings, in dem Maße, wie man mehr oder weniger Gangart hat, benötigt man auch mehr oder weniger des reduzierten Eisens, um die Gangart zu verschlacken. Um die

Gangart der "Lebacher Eier" richtig zu verschlacken, wird dann beim Rennofen-Prozess der gesamte Eisen-Inhalt benötigt. Man bekommt wohl Schlacke, aber kein Eisen mehr.

Eine Überschlagsrechnung mag dies illustrieren. Als günstigste gewinnbare Zusammensetzung des Erzes kann man einen Gehalt von 12 % SiO_2 und einen Fe-Gehalt von 30 % (entspricht 38,6 % FeO) annehmen. Um das SiO_2 in Fayalit umzuwandeln, benötigt man 28,7 % FeO (entspricht 22,3 % Fe). Eine erstgebildete reine Fayalit-Schmelze entstände bei 1205°C . Es sind also noch weitere Schlackenbildner (K, Ca) nötig, um eine niedriger schmelzende Schlacke zu erzielen. Nicht berücksichtigt sind allerdings noch die erheblichen Gehalte an Al und Mg, die ebenfalls verschlackt werden müssen und in der Schlacke höhere Schmelztemperaturen bewirken würden. Der hohe Al-Gehalt könnte auch zur Bildung von feinverteilten Spinellen führen, die bei den einzuhaltenden Temperaturen nicht mehr aufzulösen sind.

Der Rennofen-Prozess weist noch eine Reihe technischer Probleme auf.

— Reaktionen mit Feststoffen gehen nur über deren Oberfläche, die im Verhältnis zur Masse meist recht klein ist. Der Siderit der "Lebacher Eier" bietet hier allerdings einen Vorteil, da bei dessen Zersetzung eine deutlich vergrößerte "innere" Oberfläche entsteht.

— Reaktionsgeschwindigkeiten sind temperaturabhängig. Im einzuhaltenden Temperaturbereich laufen die meisten Reaktionen noch vergleichsweise langsam ab.

— Durch seine niedrige Bauhöhe ergibt sich keine saubere Gliederung nach Temperaturbereichen und Reaktionsabläufen. Da auch die Reaktionskette nicht bis zu einem Endzustand ablaufen sollte, in dem alles Erz reduziert ist, ergibt sich am Ende als einziges homogenes Produkt eine Laufschlacke, die aus dem Rennofen austritt. Der Inhalt des Rennofens ist ein Gemisch verschiedener Komponenten, das intensiver Bearbeitung bedarf, um das entstandene Eisen zu konzentrieren.

Es gehört schon eine außergewöhnlich hohe Kunstfertigkeit dazu, mit der einfachen Konstruktion des Rennofens bei den überaus schwierigen physikalisch-chemischen Grundbedingungen der Eisengewinnung überhaupt schmiedbares Eisen zu gewinnen. Der Verfasser sähe sich außerstande, dies im Versuch nachzuvollziehen. Derart hervorragenden Handwerkern, die solches beherrschen, kann man manches zutrauen, nicht aber, dass sie auch "Lebacher Eier" verhüttet hätten. Wer als Archäologe oder Ausstellungsmacher solches behauptet, der sollte selbst den praktischen Gegenbeweis antreten.

Literatur.

- GLANSDORP Edith u. GLANSDORP Eric, Gräberstraße, Schacht und Römerhaus. Funde und Befunde der „Parkplatzgrabung“ im vicus Wareswald, in: Terrex GmbH (Hrsg.): Kelten und Römer im Sankt Wendeler Land. S.216-264; Alsweyer 2010.
- HORNUNG Sabine u. KRONZ Andreas, Frühe Ressourcennutzung im Umfeld des „Hunnerrings“ von Otzenhausen — Ein methodischer Kommentar — in: HORNUNG, Sabine (Hrsg.): Mensch und Umwelt I. Archäologische und naturwissenschaftliche Forschungen zum Wandel der Kulturlandschaft um den „Hunnerring“ bei Otzenhausen, Gem. Nonnweiler, Lkr.St. Wendel. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, Band 192, S.253-274; Bonn 2010.
- LENSCH Günter, Geochemie und Sulfidvererzung der Toneisenstein-Septarien aus den Lebacher Schichten des Saarländischen Unterrotliegenden, in: Annales Universitatis Saraviensis, H.5, S.131-172; Berlin 1967.
- MÜLLER Gerhard u. HEMMER Herbert., Schlacken von Kastel (Gemeinde Nonweiler, N-Saarland.) Führer zur neunten Mineralienausstellung. Mineralog.-Geolog. Arbeitskreis Saar e.V.; Saarbrücken 1983.
- REINHARD Walter, Fürsten, Gold und Macht, in: Saargeschichte-n, Jahrg.2011, Heft 1, S.4-17; Alsweyer 2011.
- SCHINDLER Reinhard, Studien zum vorgeschichtlichen Siedlungs- und Befestigungswesen des Saarlandes. Trier 1968.
- SCHINDLER Reinhard, Archäologische Fundstätten im oberen Nahegebiet und ihr möglicher Zusammenhang mit frühzeitlichem Bergbau, in: BRANDT: H. Peter (Hrsg.): Zur Geschichte des Bergbaus an der oberen Nahe. S.57-74; Idar-Oberstein 1978.
- SCHINDLER Thomas u. HEIDTKE, Ulrich H.J. (Herausgeber), Kohlesümpfe, Seen und Halbwüsten. Pollichia, Sonderveröffentlichung Nr.10, Neustadt 2007.
- SCHWEISS Dieter, Der Permzeit auf der Spur. Das saarpfälzische Rotliegend-Zeitalter, in: WINTER-EMDEN, Ilse: Geschichte der Lebacher Erzgruben und ihre Bedeutung für die Region. S.11-55; Lebach 1995 (Volkshochschule e.V.).
- STAPF Karl R.G., Einführung lithostratigraphischer Formationsnamen im Rotliegend des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland), Mitt. Pollichia, Bd.77, S.111-124; Bad Dürkheim 1990.
- STAPF Karl R.G., Fazies und Verbreitung lakustriner Systeme im Rotliegend des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland). — Mainzer geowiss. Mitt.,Bd.19, S.213-234; Mainz 1990.
- WANNEMACHER Josef u. BECKER Hans, Untersuchungen zur Herkunft der Erze für eine römische Eisenschmelze in Erfweiler/Ehlingen/Saarland, Saarpfalz, Jhrg.1997, Heft 2, S.16-35; Homburg 1997. [Nachdruck aus: „bergbau“ - Zeitschrift für Bergbau und Energiewirtschaft, Heft 3/1997, S.125-134, erweitert um ein Vorwort.
- WINTER-EMDEN, Ilse, Geschichte der Lebacher Erzgruben und ihre Bedeutung für die Region, Lebach 1995 (Volkshochschule e.V.).



Abb. 15:

Toneisenstein, Otzenhausen, Kloppbruchwiese (ebenso die Bilder 2 und 3). Das Mikrofoto zeigt einen Schnitt durch einen frischen Toneisenstein. Die Komponenten des Silts und der Siderit sind kaum unterscheidbar. Wesentlich ist die Korngröße dieser Komponenten. Die Länge des Maßstabs von 0,25 mm (250 μm) entspricht grob geschätzt zwischen 15 und 20 Körnern, das entspräche 0,012 - 0,017 mm (12-17 μm). Die Hauptmasse des Gesteins dürfte dann in einem Bereich der Korngröße von 10 - 20 μm liegen.

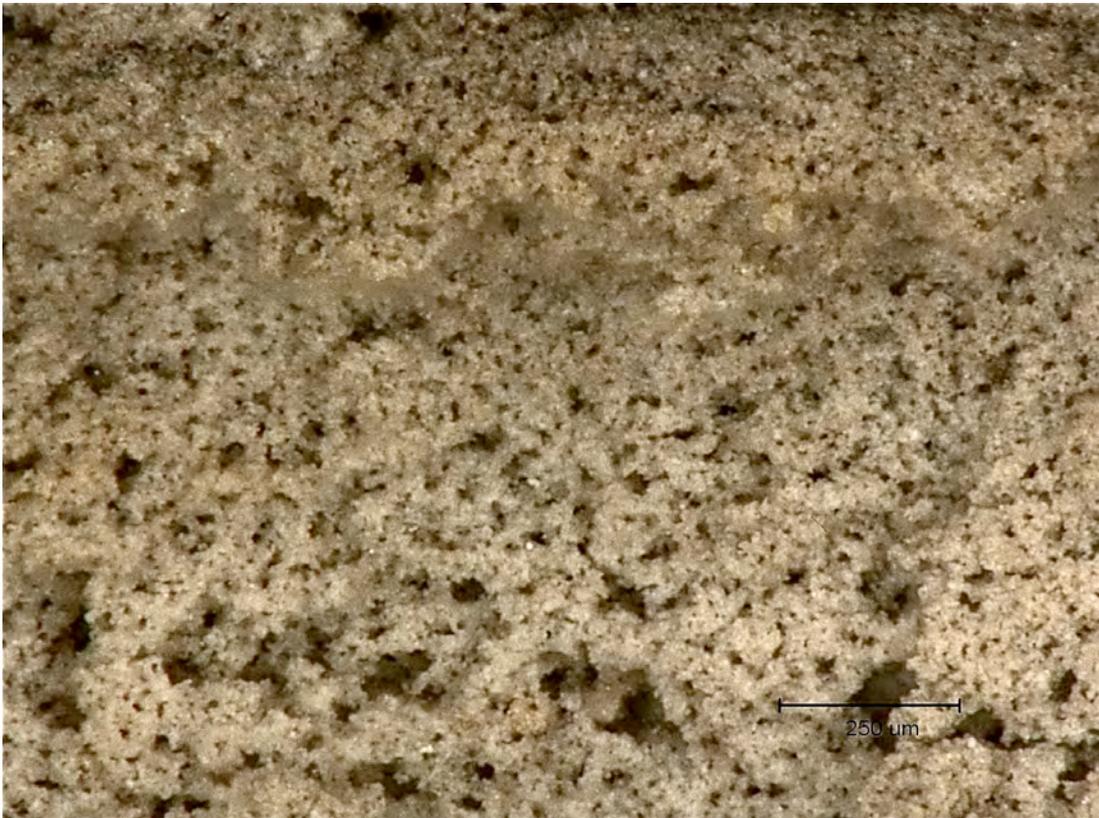


Abb. 16:
Im Toneisenstein wurde mit Salzsäure der Siderit aufgelöst. Die entstandenen Hohlräume ergeben ein Bild von der Größe und Verteilung der Siderit-Körner.



Abb. 17:
Im größeren Bildausschnitt lässt sich der lagige Aufbau der Toneisensteine mit unterschiedlichen Siderit-Gehalten erkennen.