

SCHLACKENHALDEN UND SCHÜRFG RUBEN
IM BRAUNEN JURA
ZWISCHEN REUTLINGEN UND WEILHEIM AN DER TECK

LÁSZLO SZÓKE

Mit 21 Abbildungen im Text, auf 1 Beilage und auf 1 Faltblatt im Rückendeckel

Vorwort

Von Schlackenfundten in dem untersuchten Raum wird früher schon in den Blättern des Schwäbischen Albvereins berichtet¹. Auch Schlackenhaufen und Trichtergruben in den Wäldern dieses Gebietes waren bekannt². Über das Alter dieser Anzeichen für eine frühere Eisenverhüttung bestanden keine genaueren Vorstellungen. Da aber südlich der Eisenverhüttungsvorkommen auf der Albhochfläche bei Grabenstetten ein umfangreiches keltisches Oppidum³ liegt (Abb. 1), lag zunächst der Verdacht nahe, Eisenverhüttung und Oppidum in Beziehung zu bringen. Dieses war der Anlaß, die Spuren der Eisenverhüttung näher zu untersuchen und möglichst auch Anhaltspunkte für eine Datierung zu gewinnen. Letzteres ist auch gelungen, allerdings hat sich die ursprüngliche Vermutung nicht bestätigt, aber das Ergebnis einer Datierung in das frühe Mittelalter war dann nicht minder interessant⁴.

Durch Vermittlung von Herrn Prof. Dr. OSTENDORF vom Geologisch-Paläontologischen Institut der Technischen Hochschule Stuttgart konnte für diese Untersuchungen Herr L. SZÓKE⁵ gewonnen werden. Zu besonderem Dank sind wir der Deutschen Forschungsgemeinschaft verpflichtet, die die Kosten für die Feldarbeit übernommen hat. Herzlichst danken möchten wir auch Herrn Prof. Dr. S. MÜLLER, Fellbach, der die Arbeit vor der Drucklegung freundlichst überprüft hat und noch Korrekturen anbringen konnte.

HARTWIG ZÜRN

¹ G. WAGNER, Vorgeschichtliche Eisenschmelze in Beuren. Bl. d. Schwäb. Albver. 55, 1949, 10.

² J. KOCHER, Geschichte der Stadt Nürtingen 1 (1924) 32f. – Heimatbuch des Kreises Nürtingen 1, 1950, 216f. – Die Hinweise für Anm. 1 und 2 werden Herrn K. BAUMANN, Nürtingen, verdankt.

³ F. FISCHER, Der Heidengraben bei Grabenstetten. Ein keltisches Oppidum auf der Schwäbischen Alb bei Urach. 1. Aufl.: Führer zu vor- und frühgeschichtlichen Denkmälern in Württemberg und Hohenzollern, H. 2 (1971); 2. Aufl.: Führer zu archäologischen Denkmälern in Baden-Württemberg, Bd. 2 (1979).

⁴ Dazu auch D. PLANCK, Eisen in der Vor- und Frühgeschichte Baden-Württembergs. Heimat- und Altertumsverein Heidenheim an der Brenz, Jahrb. 1985/86, 48 ff. – H. FREY, Der frühe Eisenerzbergbau und seine Geländespuren im nördlichen Alpenvorland. Münchn. Geogr. Hefte 29, 1966.

⁵ Herr SZÓKE ist später als Geologe nach Australien gegangen. Es konnte keine Verbindung mehr mit ihm erreicht werden. Ein Vorbericht ist erschienen: L. SZÓKE, Frühgeschichtliche Eisenverhüttung im Vorland der Schwäbischen Alb zwischen Weilheim an der Teck und Metzingen. VITA PRO FERRO, Festschr. f. R. DURRER zum 75. Geburtstag am 18. November 1965 (Schaffhausen 1965) 103 ff. mit einem Beitrag von M. PRÖGER. – Siehe außerdem Fundber. aus Schwaben N.F. 18/II, 1967, 142f. (unter Linsenhofen).

Einleitung

Die vorliegende Arbeit entstand in den Jahren 1963 bis 1965. Einer Anregung von Herrn K. BAUMANN, Nürtingen, folgend, beauftragte mich Herr Dr. H. ZÜRN vom Staatlichen Amt für Denkmalpflege mit der Kartierung und Bearbeitung von Schlackenhalde und Schürfgruben im Albvorland zwischen Reutlingen und Weilheim an der Teck/Neidlingen. Das Ergebnis wurde am 1.6.1966 als Diplomarbeit beim Geologisch-Paläontologischen Institut der Technischen Hochschule Stuttgart, Herrn Prof. Dr. OSTENDORF, eingereicht. Für dessen unentbehrliche Hinweise bei der Arbeit im Gelände und seine Ratschläge zur Methodik und Auswertung möchte ich besonders herzlich danken. Zu Dank verpflichtet bin ich auch für das großzügige Entgegenkommen bei der Bestimmung und Ausführung kostspieliger Analysen, die durch die Herren Dr. W.KÄSS, Geologisches Landesamt Freiburg, Dipl. Phys. M. GEYH, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, und Dr. M. PRÖGER, Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule Stuttgart, durchgeführt wurden.

Daß im Vorland der Schwäbischen Alb, besonders im Raum zwischen Erms und Lauter, in den Wäldern, Wiesen und Äckern stellenweise größere Schlackenmengen liegen, ist in den vergangenen Jahrzehnten immer wieder durch in der Heimatforschung Tätige bestätigt worden. Anlaß zu der Untersuchung gab die Vermutung, daß diese Zeugnisse einer alten Eisenverhüttung möglicherweise mit dem südlich dieses Vorkommens auf der Albhochfläche gelegenen umfangreichen keltischen Oppidum bei Grabenstetten in Verbindung stehen. Dieses konnte allerdings nicht nachgewiesen werden. Doch ergab sich mindestens für einen Teil der Eisenverhüttung eine interessante und überraschende Datierung in das frühe Mittelalter.

Lage des untersuchten Gebietes und der Befund

Das untersuchte Gebiet erstreckt sich im Vorland der Schwäbischen Alb und parallel zum Albrand mit einer Länge von etwa 30 km und ist von Reutlingen im Westen und von Herzogenau bei der Autobahn im Osten begrenzt. Geologisch wurden die austreichenden Schichten des Dogger β und somit geographisch die Albvorberge erfaßt (Abb. 1). Der schmale lange Streifen zieht leicht gebogen von Südwesten nach Nordosten. Das Hauptvorkommen von Schürfgruben und Schlackenhalde liegt zwischen Reutlingen im Westen und der Lauter im Osten. In diesem Raum wurden die Vorkommen im Detail kartiert und auf Kartenblätter 1 : 10000 aufgenommen (Abb. 2, Kartenausschnitte 1–15). Weiter östlich sind Schlackenhalde und Schürfgruben nur noch vereinzelt⁶.

Kartenausschnitt 1⁷

Der Ausschnitt (Mitte) liegt 4,0 km SW Ortsmitte Metzingen zwischen Reichenbach und Erms bzw. Glemsbach.

Im „Reutlinger“ liegt entlang der 500 m-Höhenlinie ein ausgedehntes Schürfgrubengbiet von 300 m Länge, es setzt sich östlich eines Waldwegs, der von Pkt. 370,9 nach S führt, auf weitere 100 m bis zum „Scheuler“ fort.

⁶ Diese sind von Szöke auf den Top. Karten 1 : 25 000 vermerkt worden und wurden von dort auf die Abb. 1 übernommen.

⁷ Zu dieser und allen folgenden Beschreibungen vgl. die Kartenausschnitte auf Abb. 2 (Faltblatt im Rückendeckel).

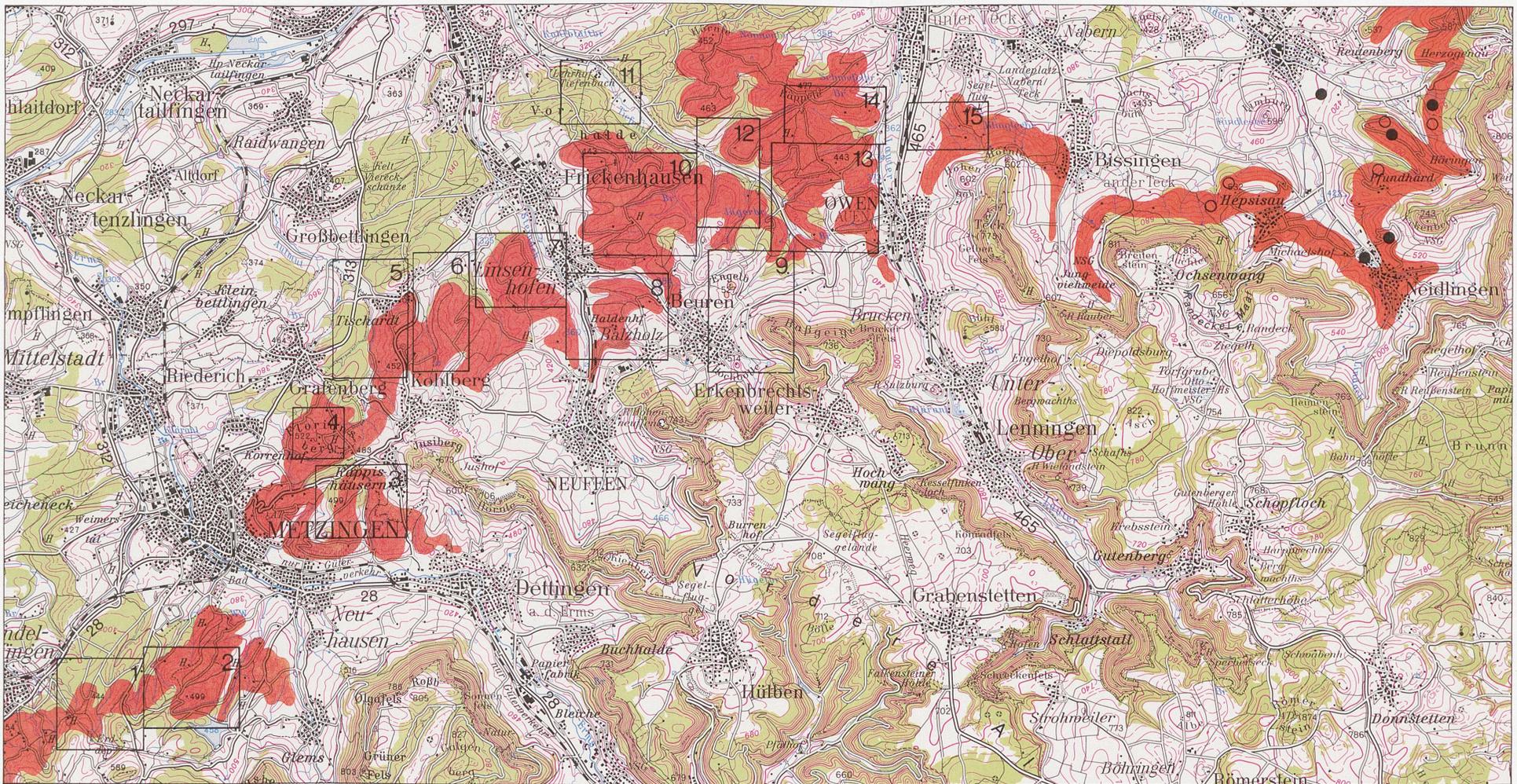


Abb. 1 Braunjura β im Raum Metzingen bis Weilheim an der Teck. Lage der Kartenausschnitte 1 bis 15 (vgl. Abb. 2, Faltblatt im Rückendeckel). Einzelvorkommen von Schlackenhalden (●) und Schürfgruben (○) im Raum Weilheim an der Teck und Neidlingen. Kartengrundlage: Ausschnitt aus der Topographischen Karte 1:100000, Blätter C 7518 und 7522. Vervielfältigung genehmigt unter Az.: 5.11/473. Thematisch ergänzt durch das Landesdenkmalamt Baden-Württemberg.

Eine kleine, nicht sehr deutliche Schürfzone liegt im nördlichen „Eichberg“ in einer Wegegabelung zwischen „Eichberg“ und „Kurzer Riedhau“. 30 m südlich der Wegegabelung liegt ein großer Schlacken-
hügel von 7 m Durchmesser.

Kartenausschnitt 2

Der Ausschnitt (Mitte) liegt 3 km S Ortsmitte Metzgingen zwischen Reichenbach und Erms bzw. Glemsbach.

Der „Finstertobel“ wird von sieben schluchtartigen Seitentälchen zerschnitten. Auf den Rücken zwischen den Schluchten finden sich Schürfgruben. Es liegt hier ein schöner terrassenartiger Abbau vor. Zwei Abbauhorizonte sind zu verzeichnen. Der untere findet sich längs der Höhenlinie 465. Hier wurde die Dachbank des Oberen Donzdorfer Sandsteins erfaßt. Der obere, 10 m höher gelegene Horizont stellt vermutlich eine linsenförmige kleinere Verbreitung von eisenhaltigem Kalksandstein dar.

Am O-Rand des „Finstertobel“ am Knick der Markungsgrenze bietet sich die Möglichkeit, Schürfgruben und erzführende Schicht in Beziehung zu bringen. Im Profil der Steilhänge steht die Dachbank des Oberen Donzdorfer Sandsteins offen an und ist leicht zugänglich.

Nach einer Unterbrechung des Pingenzuges im östlichen „Finstertobel“ setzt sich dieser bei 470 m Höhe im südlichen „Buch“ fort auf eine Länge von 400 m. Südlich vom O-Ende dieses Pingenzuges und direkt südlich der Markungsgrenze liegt, höher gelegen, eine weitere Schürfzone mit sehr schönen und gut zugänglichen Gruben.

Um die Höhenkuppe 499,4 „Äußere“ verläuft entlang der 460 m-Höhenlinie eine zusammenhängende Schürfkette von 1200 m Länge. Im N beginnt die Kette mit trichterförmigen, gut ausgeprägten Gruben und geht mit flachen Schürfen im O in einen sehr markanten südlichen Kettenzug über. Im südöstlichen Teil sind die Gruben am größten, sie sehen aus wie winzige Karseen und sind z. T. mit Wasser gefüllt. Die dichte tonige Unterlage verhindert hier das Abfließen von Regenwasser.

Zwischen „Hohenrain“ und „Hohenraintöbele“ findet sich bei 440–445 m Höhe ein 300 m langer Pingenzug. Der nördliche Teil birgt die größten bis jetzt gefundenen Schürfgruben von 11 bis 12 m Durchmesser bei 3 m Tiefe.

Südlich „Hohenrain“ liegt der Glemser Stausee. Bei Bauarbeiten wurden mehrere Schlacken-
halden angeschnitten. Die Untersuchung der dabei gefundenen Holzkohle nach der Radiokarbon-Methode ergab dasselbe Alter wie die Proben aus dem „Hirschplan“ (siehe Kartenausschnitt 10).

Kartenausschnitt 3

In der NO-Ecke des Kartenausschnitts, zwischen Erms und Steinach, liegt Kappishäusern.

Am O-Hang des nach S fließenden und in die Erms mündenden Saulbach liegen im östlichen „Hofwald“ vier etwa in Höhe 420 m verlaufende Pingenzüge. Der nördlichste, dicht östlich Pkt. 416,6 beginnende ist am schönsten ausgebildet (Abb. 3). Im nördlichen Teil des „Hofwald“ liegt 250 m WNW Pkt. 416,6 noch eine weitere kleine Schürfzone. Schlacken wurden im Bereich dieser Schürfzonen nicht gefunden.

Kartenausschnitt 4

Der Ausschnitt liegt zwischen Erms und Steinach, 4 km SSO (Ausschnittmitte) vom Ort Grafenberg (Ortsmitte).

Am NO-Hang des „Floriansbergs“ findet sich längs der 470 m-Höhenlinie eine Schürfgrubenzone von 500 m Länge, sie geht nach O über die Straße Kappishäusern-Grafenberg hinweg und biegt jenseits der Straße um den Pkt. 474,0 herum ein kurzes Stück nach S. Westlich der Straße sind die Gruben verhältnismäßig tief mit zwei bis drei Reihen.

200 m O vom Gipfel des „Floriansbergs“, Pkt. 522,0, finden sich in Höhe 480,0 m Schürfgruben auf einer Fläche von 50 auf 70 m. Es liegt hier Grube an Grube. Von diesen zieht sich nach O hin bis zur Straße Kappishäusern-Grafenberg eine schwach ausgeprägte Grubenzone von 200 m Länge.

Schlacken sind am „Floriansberg“ nicht gefunden worden.

Kartenausschnitt 5

Der Ausschnitt liegt zwischen Erms und Steinach, am O-Rand des Ausschnittes liegt der Ort Tischart.

2 km S von Tischart findet sich im „Buchenwald“, rechts und links der Straße nach Tischart, eine SSW-NNO verlaufende Schürfgrubenzone von 550 m Länge und 20 bis 30 m Breite. Die trichterförmigen Gruben sind schön erhalten. Es finden sich hier keine Schlacken-
halden.



Abb. 3 Schürfguben im „Hofwald“; vgl. Kartenausschnitt 3 (Abb. 2).

In den „Heiligenwiesen“, 800 m WNW von Tischaradt, finden sich beiderseits der Straße Grafenberg-Nürtingen auf den Äckern verstreut kleine Bruchstücke von Schlacken (2–3 cm Durchmesser). Auch im „Buchwasen“ und im Autmutbach selbst liegen solche. Auf den Äckern gegen den Wald „Kirchert“, NW von Tischaradt, ist eine deutliche Dunkelfärbung des Bodens zu beobachten, also wohl Anzeichen einer Verhüttung.

Kartenausschnitt 6

Der Ausschnitt liegt zwischen Erms und Steinach, 6 km WSW von Linsenhofen (Ortsmitte) bis zur Ausschnittmitte.

Am W-Rand vom „Harting“ liegt auf der O-Seite des Sallenbrunnenbaches bei 400 m Höhe eine 200 m lange zusammenhängende Schürfzone mit zwei, drei und vier Reihen. Deutlich ausgeprägt.

Vereinzelte Schlacken finden sich im Bachbett und am Rande des Sallenbrunnenbaches nördlich vom „Mittleren Wasen“, dann wieder bei Pkt. 363,7 und noch weiter nördlich am „Brühl“. Offenbar lag am „Mittleren Wasen“ ein Verhüttungsplatz, der vom Sallenbrunnenbach angeschnitten wurde und dessen Schlacken bis hin zum „Brühl“ verfrachtet wurden.

Kartenausschnitt 7

Der Ausschnitt liegt zwischen Erms und Steinach, W vom Ort Linsenhofen.

2,5 km W Linsenhofen liegen am NW- und SO-Hang des „Eichenfirst“ schön und deutlich ausgebildete Schürfguben in drei Zonen. Die nördliche, 280 m N von Pkt. 439,1, liegt längs der 400 m-Höhenlinie und hat eine Ausdehnung von 240 m. Die zweite Zone findet sich etwa 70 m W Pkt. 439,1, sie hat 550 m Länge. An beiden Enden dünnen die Schürfguben aus, in der Mitte schwillt das Abbaugebiet auf 50–60 m Breite an. In derselben Höhe liegt 30 m von Pkt. 439,1 eine dritte Schürfzone von ebenfalls 550 m Länge. Für den südlichen Teil dieser Zone ist ein schöner reihenförmiger Abbau typisch.

Kartenausschnitt 8

Mit der NW-Ecke des Ausschnitts wird der Ort Linsenhofen berührt. In der SO-Ecke liegt der Ort Balzholz, zwischen Steinach und Tiefenbach.

In den Äckern der „Pfaffenhalde“ entlang der Steinach liegen zahlreiche und nicht abgerollte Schlackenstücke. Eine Schlackenhalde von einer Verhüttungsstelle wurde hier vermutlich durch den Pflug zerrissen. Vereinzelt Schlacken finden sich dann weiter nach N bis Pkt. 356,8.

Ein reichhaltiges Schlackenvorkommen findet sich längs der Südseite des Beurener Baches, besonders viele Schlacken östlich vom Friedhof am O-Rand von Linsenhofen. Ganze Schlackenhügel wurden nicht gefunden. Vereinzelt Schlacken sind auf den Äckern des nördlichen „Hoher Rain“ beobachtet worden (600 m N vom Ort Balzholz).

Kartenausschnitt 9

Der Ausschnitt liegt zwischen Steinach und Tiefenbach, in der SW-Ecke des Ausschnitts der Ort Beuren. Zerstreute Schlackenstücke wurden am S-Hang des „Hochbölle“, 600 m SO von Beuren, gefunden, ebensolche am W-Hang des „Engelberg“, 1 km NNO von Beuren.

Im „Preisenbach“, 1,6 km NO von Beuren, liegen nördlich der Straße Owen-Beuren verstreut Schlacken. Im westlichen „Buttentobel“, am N-Rand des Kartenausschnitts, findet sich außerhalb des Waldes eine mächtige Schlackenstreu. Der Ackerboden ist dunkel-schwarzbraun, und im Boden stecken viele Schlacken. Hier lag offenbar eine jetzt verebnete Verhüttungsstelle. Auch im Bett des Preisenbachs liegen vereinzelt Schlackenstücke.

Kartenausschnitt 10

Der Ausschnitt liegt zwischen Steinach und Tiefenbach, östlich von Frickenhausen/Linsenhofen. Von Linsenhofen (Ortsmitte) 2 km O bis Ausschnittmitte.

Im „Trauf“ findet sich zwischen Höhenmeter 410 und 420 eine 200 m lange und 20–25 m breite Schürfzone. Die Gruben sind nicht sehr tief, aber noch deutlich (Abb. 4). Etwas östlich der Schürfzone liegen beiderseits eines Waldwegs sechs gut erhaltene Schlackenhügel, fünf davon in der SO-Ecke des „Trauf“, südlich angrenzend eine Schlucht. Sie sind flach, bedeckt mit einer üppigen Grasdecke. Der sechste Hügel liegt etwas NW davon im Winkel zwischen zwei Waldwegen, südlich einer Waldhütte. Der Hügel wurde abgegraben, jedoch ohne nennenswerten Erfolg.

Das flächenmäßig größte Schürfgebiet liegt im nördlichen „Stumpenwald“. Es beginnt mit einer schmalen Zone zwischen „Trauf“ und „Egert“ südlich der oben genannten Schlucht, die den „Trauf“ im S begrenzt, und zieht sich dann südlich der Höhenlinie 400 auf 1500 m Länge bis in den östlichen „Stumpenwald“. Im südwestlichen Teil sind die Gruben flach schüsselförmig, gegen N und O werden sie trichterförmig. Südlich der Höhenlinie 400 wurde flächig geschürft, hier liegt Grube an Grube. Im N gegen den Schabenbach zeigt sich eine fünfreihe kettenartige Anordnung der Gruben. Im O des „Stumpenwaldes“ findet sich zwischen zwei Tälchen noch ein kleines Schürfgebiet von 100 m Länge. Am O-Ende dieser kleinen Gruppe liegt ein großer Schlackenhügel von 6 m Durchmesser. Zwei Schlackenhügel liegen am O-Rand des genannten großen Schürfgebietes im „Stumpenwald“.

Die schönsten Schürfgruben finden sich im „Benzenhau“ (Abb. 5). Im W setzen sie südlich eines Tälchens und östlich einer Waldwegkreuzung ein. Nach O hin verbreitert sich die Zone dann bis zu einem „Mondlandschaft“-ähnlichen Gebiet im O des „Benzenhau“. Die Trichter haben hier im Durchschnitt einen Durchmesser von 6 m und sind nicht selten 2 m tief. Im südlichen Bereich des „Benzenhau“ nördlich eines von der Waldhütte aus nach ONO führenden Waldwegs liegt eine vereinzelt Schlackenhalde. Eine weitere von 10 m Durchmesser liegt ebenfalls an diesem Waldweg und zu Beginn des Schabenbaches. Eine großflächige Schlackenhalde findet sich auf der Fläche des „Benzenhau“ (bei „z“) am Rande des Schürfgrubenfeldes und eine weitere Schlackenhalde 35 m vom Ostrand des Feldes (bei „u“ von „Benzenhau“).

Im westlichen „Hirschplan“ zwischen „Sand“ und „Schöllentobel“ findet sich eine 400 m lange kettenförmige Schürfzone. Im mittleren „Hirschplan“ liegt in dessen Südteil ein flächig ausgedehntes Abbaugelände von 100 auf 250 m Ausdehnung. Die Gruben sind sehr flach und oft undeutlich. Am Südwestende dieses Bereiches nahe nördlich eines Waldwegs liegen zwei Schlackenhügel. Der südliche davon hat einen Durchmesser von 3 m. Der 15 m weiter nördlich davon gelegene ist ungewöhnlich groß, er wurde ausgegraben. Außer den Scherben eines in das 7. bis 8. Jahrhundert n. Chr. zu datierenden Topfes (Abb. 21)



Abb. 4 Schürfgruben im „Trauf“; vgl. Kartenausschnitt 10 (Abb. 2).



Abb. 5 Schürfgruben im „Benzenhau“; vgl. Kartenausschnitt 10 (Abb. 2).

wurden auch zahlreiche Düsenbruchstücke gefunden, dazu viele gut erhaltene Wandstücke des Ofens, aber keine Lupe. 5 m nordwestlich dieses Hügels lag ein Vorröstplatz, hier konnte ca. 1 m³ Toneisensteinbrocken geborgen werden. 20 m nördlich dieser Hügel fand sich in einem Suchgraben in 70 cm Tiefe der Boden einer Meilergrube. Es lag hier noch eine 15 cm dicke Holzkohlenschicht.

An der Waldwegkreuzung am Beginn des oben genannten Tälchens zwischen „Benzenhau“ und „Hirschplan“ beginnt eine schmale Schürfzone, die in nordöstlicher Richtung der Südseite eines Waldwegs entlang verläuft bis zum Wald „Tiefenbach“ hin. Nördlich der Waldkreuzung sind vier und beiderseits des nordöstlich verlaufenden Waldwegs weitere sechs Schlacken Hügel zu beobachten. Im westlichen „Tiefenbach“ liegen vereinzelt vier weitere Schlacken Hügel. Zahlreiche Schlackenhalde liegen im „Kästlesplatz“, im nordöstlichen „Hirschplan“, beim „Jakobsbrunnen“ und nördlich davon. Hier findet sich auch am Westhang eines Tälchens entlang der Höhenlinie 390 eine lockere Schürfzone. Es wurden hier die oberen ausstreichenden Dogger β -Schichten, insbesondere die stark chamosit-haltigen Dachbänke des Oberen Donzdorfer Sandsteines, hangeinwärts abgebaut, eine besondere Art des Erzabbaus.

Eine auffallende Anhäufung von Schlackenhalde bzw. Schmelzstätten findet sich im nordöstlichen und schon genannten Teil des „Hirschplan“. Hier wurden mindestens 44 Schlackenhalde kartiert. Am Nordrand dieses Gebietes längs der 400 m-Linie findet sich eine zusammenhängende Kette von Schürfgruben. Zu C¹⁴-Bestimmungen von Holzkohle aus Schmelzöfen im „Hirschplan“ siehe S. 378

Vereinzelt Schlacken fanden sich im nordöstlichen „Egert“.

Kartenausschnitt 11

Der Tiefenbach durchfließt den Ausschnitt von SO nach NW. Die Ausschnittmitte liegt 3,8 km SO von Nürtingen (Ortskern).

Schürfgruben wurden in diesem Ausschnitt nicht gefunden. Am Aussiedlerhof von Bauer Hohl, bei Pkt. 308,0, lag vermutlich eine Verhüttungsstelle. Bei Bodenarbeiten für einen Anbau an das Hauptgebäude wurden dichte Schlackenmengen angetroffen, auch rotgebranntes ziegelartiges Material mit anhaftender Schlacke, vermutlich von einer Ofenwand. Zwei Düsenrohrbruchstücke wurden noch gefunden. Auch im Tiefenbachtal aufwärts (siehe auch Kartenausschnitte 12 und 13) fanden sich vereinzelt noch Schlacken, ebenso in einem kleinen, aus Richtung „Roter Tobel“ kommenden und beim Hof Hohl in den Tiefenbach mündenden Seitenbach.

Die vereinzelt gefundenen Schlacken können von Seitengewässern des Tiefenbachs hierher verfrachtet worden sein, denn viele Fundstücke zeigen abgerollte Kanten.

Kartenausschnitt 12

Der Tiefenbach durchfließt den Ausschnitt von OSO nach WNW, er grenzt im O an Kartenausschnitt 10. Im „Greut“ in der SW-Ecke des Kartenausschnitts vereinzelt Schlackenfunde.

Zwischen „Trautenloh“ und „Bälmen“ ein Bachlauf, der bei Pkt. 337,8 in den Tiefenbach einmündet. Hier liegen zwei Schlackenstellen von Verhüttungsplätzen. Im Bachbett des Tiefenbach vereinzelt Schlackenfunde.

Westlich „Spitalwald“ mündet ein von NO kommendes Seitentälchen in den Tiefenbach. Im Verlauf des Bachs finden sich ebenfalls vereinzelt Schlacken.

Kartenausschnitt 13

Der Kartenausschnitt liegt westlich von Owen, zwischen Tiefenbach und Lauter.

Im NO-Teil des „Buttentobel“ (in der SW-Ecke des Kartenausschnitts) liegt längs der 410 m-Höhenlinie ein Grubenzug von 150 m Länge.

Im NW-Teil des „Bettmorgen“ liegen Schürfzonen zwischen der 390- und 410 m-Höhenlinie. Hier liegen auch drei gut erhaltene Schlacken Hügel. Ein großer Teil dieser Anlage ist im Frühjahr 1966 durch Straßenbau zerstört worden.

Im Tiefenbachtal abwärts und auf den Hängen liegen viele Einzelschlacken. In diesem Raum muß ein Verhüttungszentrum gelegen haben.

Im „Eichholz“ findet sich etwa entlang der 410 m-Höhenlinie eine 2 km lange Schürfzone (Abb. 6), im nördlichen Teil wechselt sie auf die 420 m-Linie über. Der Pingenzug beginnt im S 200 m WSW Pkt. 445,8 und endet 350 m W Pkt. 437,0 im N. Die Schürfgruben liegen abwechselnd einzeilig, mitunter auch in zwei, an mehreren Stellen sogar in drei Zeilen nebeneinander. Im südlichen Teil sind die Gruben trichterförmig,

im nördlichen Teil breit schüsselförmig. Nördlich der Schlucht, die das „Eichholz“ in zwei Teile schneidet, sind die Gruben in dichtem Unterholz schwer zugänglich.

Im „Eichholzteich“ zwischen „Usalim“ und „Burgstall“ liegen vier kleinere Schürffzonen an der 400- und 410 m-Höhenlinie. Die Schürffgruben sind oft schwach ausgebildet.

Am O-Rand von „Burgstall“ gegen die Lauter liegt längs der 400 m-Höhenlinie von Pkt. 406,1 ab eine schlecht erhaltene Schürffzone von 160 m Länge.

Nördlich „Burgstall“ liegen 350 m W Pkt. 406,1 in 400 m und 420 m Höhe zwei Abbauzonen mit schönen dolinenartigen Schürffgruben.

Südlich der „Raigelklinge“ (am N-Rand des Kartenausschnitts) findet sich längs der 420 m-Höhenlinie eine 250 m lange zweireihige Schürffzone.

Vereinzelte Schlackenfunde gibt es am O-Hang von „Usalim“ gegen die Lauter.

Kartenausschnitt 14

Der Ausschnitt liegt zwischen Tiefenbach und Lauter, die Ausschnittmitte 2 km SW Dettingen unter Teck (Ortsmitte).

Am SW-Hang des „Trieb“ liegt längs der 420 m-Höhenlinie eine etwa 100 m lange, z. T. schön ausgeprägte Schürffzone in reihenförmigem Abbau. Nach S geht diese bis zur 400 m-Höhenlinie in flache regellose Schürfen über.

300 m SO der „Bismarck Linde“ liegen am W-Ende des „Fahrtobel“ drei Schluchten. Auf den Rücken zwischen den Schluchten liegen zwei- bis dreireihige Abbauzonen, schön erhalten. Die Grubengröße schwankt zwischen 3–6 m Durchmesser, z. T. sind sie flach.

Im S anschließend an diese Schürffzone folgt längs der 430 m-Höhenlinie eine Reihe dicht nebeneinander liegender Gruben auf 400 m Länge. Das S-Ende der Reihe liegt 430 m O von Pkt. 454,5. Von hier weitere 70 m nach O folgt eine weitere nach S gegen die „Raigelklinge“ verlaufende Schürffzone von 200 m Länge, weniger schön ausgebildet.



Abb. 6 Schürffgruben im „Eichholz“; vgl. Kartenausschnitt 13 (Abb. 2).

Kartenausschnitt 15

Der Ausschnitt liegt östlich der Lauter, die Ausschnittmitte 1,8 km SSO der Ortsmitte Dettingen unter Teck.

100 m südlich Pkt. 407,1 und 400 m SO „Nachtruhe“ ist entlang der 425 m-Höhenlinie in den Baumwiesen eine schwach erkennbare Schürfzone von 650 m Länge zu beobachten, schon stark verebnet.

Vereinzelte Schlacken finden sich in den „Bodenäckern“.

Zwischen Lauter und Autobahn finden sich weitere Stellen mit Schürfgruben und Schlacken, allerdings nicht in der Häufigkeit wie westlich davon (vgl. Abb. 1).

Schürfgruben (○)

„Grubich“, 1 km WNW Hepsisau (TK 7423 Wiesensteig)

„Aspach“, 1,25 km NW Hepsisau (TK 7423 Wiesensteig)

„Wasserschafte“, 2 km N Neidlingen (TK 7423 Wiesensteig)

NW „Egenfirst“, 2,5 km SO Weilheim an der Teck (TK 7323 Weilheim)

O „Erlenwald“, 3,6 km OSO Weilheim an der Teck (TK 7323 Weilheim)

Schlackenhalden (●)

„Hagen“, 0,6 km NNW Neidlingen (TK 7423 Wiesensteig)

NW-Rand von Neidlingen, links der Straße nach Weilheim an der Teck (TK 7423 Wiesensteig)

„Boden“, 1,2 km SO Weilheim an der Teck (TK 7323 Weilheim)

„Krotacker“, 3,3 km OSO Weilheim an der Teck (TK 7323 Weilheim)

NW „Egenfirst“, 2,5 km SO Weilheim an der Teck (TK 7323 Weilheim)

Geologischer und petrographischer Aufbau

Der Braune Jura β (Abb. 7) ist im Vorland der mittleren Alb zwischen Erms und Lauter am stärksten ausgebildet. Er erreicht bei Neuffen 75 m. Im Übergang zur Ostalb verliert der Braune Jura β langsam an Mächtigkeit und umfaßt bei Bopfingen nur noch 30–35 m. In Richtung Westalb, ab Reutlingen, verliert der β -Komplex ebenfalls rasch an Mächtigkeit, bis er schließlich bei Gosheim auf 30 m zusammenschrumpft. Diese starke Ausbildung des Braunen Jura β in unserem Gebiet ist bedingt durch die mächtigen Zwischentone, welche die Gesteinskomplexe voneinander trennen. Östlich verlieren die immer sandiger werdenden Zwischentone an Stärke, und gleichzeitig stellen sich ausgeprägte Sandsteinkörper ein, die zum Teil in der mittleren Alb fehlen oder wesentlich schwächer ausgebildet sind. Ab Reutlingen gehen die Sandsteine in geringmächtige Kalksandsteine und Kalkmergel über. Die abbauwürdigen Brauneisenflöze der Ostalb, welche dort als Dachbänke dem Sandsteinkörper aufliegen, keilen bei Weilheim aus. Die stark eisenoolithische Ausbildung geht allmählich in eine chamositische Eisenverteilung über. Zwischen Kirchheim und Reutlingen also liegt die Übergangsfazies zwischen Ost- und Westalb, sowohl in morphologischer als auch in petrographischer Hinsicht. Es wurde vielfach der Versuch unternommen, die Flöze und die Zwischenflöze der Ostalb mit entsprechenden Schichten in der mittleren Alb zu parallelisieren, ein Problem, auf das nicht näher eingegangen sei.

Die Betaschichten greifen im Bereich der mittleren Alb weit ins Albvorland hinaus und bilden den ersten Anstieg über dem Opalinuston. Die oberen Betaschichten bilden die Flachhänge und Schichtstufen der Albvorberge, welche hauptsächlich von Buchen- und Mischwald bedeckt sind. Die Albvorberge zeigen eine stark zertalte und zerlappte Morphologie. Die Schichten liegen hier mit etwa 1–2° Einfallen gegen Südosten nahezu horizontal, was eine der Ursachen für das großflächige Ausstreichen der oberen Betaschichten darstellt.

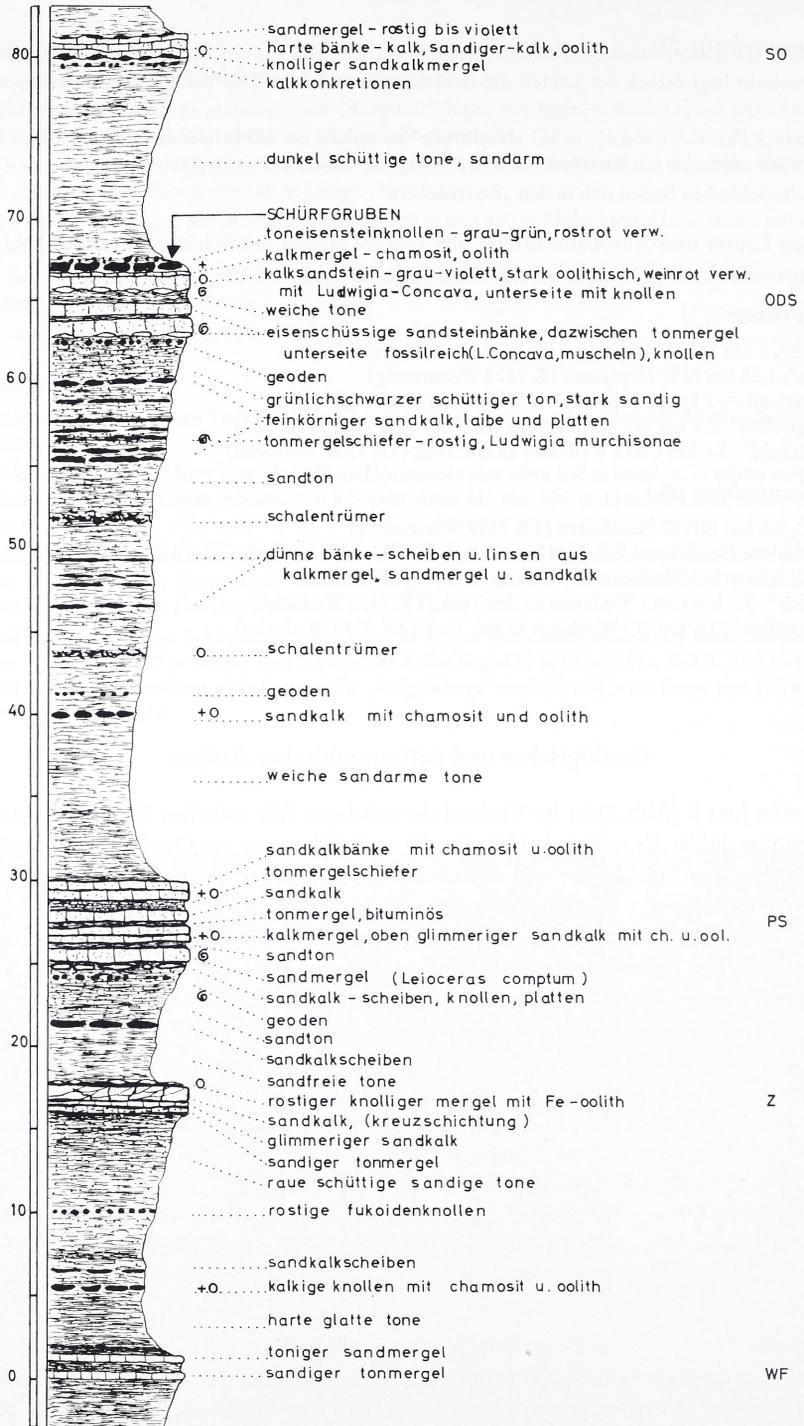


Abb.7 Normalprofil des Braunen Jura in der mittleren Schwäbischen Alb (zusammengestellt von L. Szőke). WF = Wasserfallbänke; Z = Zopfplatten; PS = Personatensandstein; ODS = Oberer Donzdorfer Sandstein; SO = Sowerbyi-Oolith.

Der nachfolgenden Beschreibung sei eine kurze Erläuterung der Gesteinszusammensetzung des Braunen Jura β vorausgeschickt, wobei weniger stratigraphische Einzelheiten als vielmehr ein petrographisches Gesamtbild angestrebt wird. In diesem Abschnitt soll versucht werden, die Eisenerze, welche in unserem Gebiet mindestens teilweise in frühgeschichtlichen Schürfgruben gewonnen wurden, in das Profil einzuordnen und die Lage der Pingenzüge eindeutig festzulegen.

Betrachtet man den gesamten Schichtenstoß in der mittleren Alb, so stellt man fest, daß insgesamt fünf charakteristische Gesteinspakete vorkommen, wobei die Wasserfallbänke (unten) und der Sowerby-Oolith (oben) im engeren Sinne nicht mehr zu β gehören. Bei der Grenzlegung jedoch ergeben sie uns einen guten Anhaltspunkt.

Die Wasserfallbänke, welche in unserem Gebiet aus zwei 15–20 cm starken, harten Sandmergelbänken bestehen, treten weitaus nicht so stark in Erscheinung, wie das in den Nachbargebieten der Fall ist. Wo in Bachrissen die ersten breiten Tälchen über dem Opalinuston auftreten, kann man sicher sein, den Bereich der Wasserfallbänke erreicht zu haben. Über den Wasserfallbänken folgen 15 m Tone. Das untere Drittel nehmen harte, glatte und sandarme Tone ein. Im mittleren Bereich, wo der Sandgehalt im Ton zunimmt, stellen sich dünne Sandkalkscheiben ein. Unterhalb der Zopfplatten lagern rauhe, bröcklige, sandige Tone. Es wäre noch zu erwähnen, daß verschiedentlich 3–4 m über den Wasserfallbänken die ersten chamosit- und oolithhaltigen Kalkknollen auftreten.

Die Zopfplatten, welche in der Schichtenfolge nach oben folgen, bestehen aus harten Sandkalkbänken. Im Liegenden beginnen sie mit einer glimmerigen Sandkalkbank von geringer Mächtigkeit, die einem sandigen Tonmergel aufliegt. Im Hangenden bildet ein rostiger, knolliger Mergelstein mit Fe-Oolith den Abschluß. Im untersuchten Gebiet, in der Hauptsache in den Seitentälchen des Tiefenbachs, bilden die Zopfplatten kleine Wasserfälle. Ihre Mächtigkeit erreicht hier 1,8 m.

Zwischen den Zopfplatten und der Grenze β/γ stellen sich noch zwei mächtige Gesteinskomplexe ein. Es sind von unten nach oben der Personatensandstein und der Obere Donzdorfer Sandstein. Sie treten morphologisch sehr stark in Erscheinung und bilden zwei deutliche Kanten im Gelände, die zu leicht geneigten Schichtflächen-Verebnungen überleiten. Der Personatensandstein besteht bei uns aus Sandmergel, Kalkmergel und Sandkalkbänken, zwischen denen Sandton, Tonmergel und Tonmergelschiefer eingelagert sind. An der Basis liegen über einer geodenreichen Lage Sandkalkscheiben und -platten. Die Deckschicht ist stark chamositisch (Chamosit = Eisen-Magnesium-Silikat).

Der Personatensandstein erreicht bei uns eine Gesamtmächtigkeit von 5 m, und in den steilen Bachrissen ist er meist gut erschlossen. Über ihm liegen 30–35 m Tone, welchen dünne, oft auskeilende Sandsteinbänke zwischenlagern. Auf diesen mächtigen Ton folgt der Obere Donzdorfer Sandstein, welcher morphologisch in unserem Raum wohl am stärksten hervortritt. Aufschlüsse sind spärlich, da der Donzdorfer Sandstein meist das letzte Plateau der Albvorberge bildet. Die scharf eingeschnittenen Schluchten erreichen selten sein Anstehendes. Wo die einzelnen Rücken durch Erosion voneinander getrennt sind, werden die Täler breit, und nur ein deutlicher Knick am Oberhang deutet diesen Sandstein-Komplex an.

Zwischen dem Oberen Donzdorfer Sandstein und der β/γ -Grenze liegen die Schürfgruben. Nur bei Kappishäusern im Hofwald westlich „Ebene“ an der rechten Seite des Sailbachs und im Finstertobel konnte ich Schürfgruben in unmittelbarer Nähe eines Aufschlusses beobachten. Hier konnte ich zwei Profile aufnehmen, bei denen die nächsten Schürfgruben nur einige Meter entfernt liegen. Die Gesamtmächtigkeit des Oberen Donzdorfer Sandsteins beträgt bei uns

durchschnittlich 4,5 m. Den unteren Komplex nehmen lockere eisenschüssige Sandsteine von ocker- bis lichtbrauner Farbe ein, welche durch dazwischengelagerte dünne Tonmergelschichten getrennt sind. Die kalkig knollige Unterseite der untersten Bank enthält oft Fossilnester und Schalenrümmer. Im Liegenden findet sich in einem grünlichschwarzen, bröckligen, stark sandigen Ton eine geodenreiche Lage. 10 m unterhalb des Oberen Donzdorfer Sandsteins fand ich in einer Tonmergelschicht glücklicherweise einige Exemplare des Leitfossils *Ludwigia murchisonae*. Eine weiche Tonschicht von oft 1 m Stärke liegt in der Mitte des Gesteinspaketes. Darüber befindet sich ein etwa 60 cm starker Kalksandstein von grau-violetter Farbe, dessen Unterseite stark eisenoolithisch ist. Der untere Teil des Gesteins ist weniger intensiv in der Farbe. Die Unterseite weist Knollen von verschiedensten Formen und Größen auf. In diesen Kalksandsteinen fand ich mehrere Fossilien von *Ludwigia concava*. Im Hangenden folgt eine dünne, 10–20 cm starke chamosit-oolithische Kalkmergelschicht, die ich aber nur stellenweise finden konnte. Den Abschluß zum Oberen Donzdorfer Sandstein bildet hier eine aufgearbeitete Dachbank von Toneisenstein-Laiben und -Platten. Aus dieser Dachbank wurde in einfachen Schürfgruben das Material zu der frühgeschichtlichen Eisenverhüttung gewonnen. Zu diesem Zweck wurden aber nicht nur die Toneisensteine verwendet, sondern vereinzelt auch die stark eisenhaltigen Kalksandsteine sowie die chamosit-oolithischen Kalkmergel, die noch verhältnismäßig leicht von der darunterliegenden massiven Schicht getrennt werden konnten. Der Grund, weshalb gerade im Vorland der Mittleren Alb in frühgeschichtlicher Zeit ein so intensiver Tagebau erfolgte, um die Dachbänke des Oberen Donzdorfer Sandsteines auszubeuten, ist mit Sicherheit darin zu suchen, daß diese Schichten von oben her leicht erreichbar waren.

Auf den Oberen Donzdorfer Sandstein folgen im Hangenden 12–13 m dunkel-bröcklige Tone, über denen die harten Schichten des Sowerbyi-Oolith liegen. Diese Tone keilen sowohl nach Westen wie auch nach Osten aus. Bei Weilheim liegt der Sowerbyi-Oolith bereits dem Oberen Donzdorfer Sandstein auf. Wenn auch im Bereich der Mittleren Alb dasselbe der Fall wäre, hätte eine Tagebau erhebliche Schwierigkeiten bereitet, weil zuvor die harten Schichten des Sowerbyi-Oolith hätten beseitigt werden müssen.

Die Schürfgruben und Schlackenhalde

Die Schürfgruben sind im Gelände leicht zu erfassen, da sie sehr markant ausgebildet sind. Um die erzführende Schicht zu erreichen, wurden senkrechte Gruben ausgehoben, wobei der Abraum am Rande dieser Löcher aufgeschüttet wurde. In den aufgegrabenen Gruben fand ich 1–1,5 m mächtiges, loses, aufgeschüttetes Material. Bei einer fortlaufenden Förderung wurden demnach die ausgebeuteten Gruben mit dem Abraum des nächsten Loches wieder zugeschüttet. Wo im Hangenden die Deckschicht mehr als 2,5 m erreicht, wurde die Erzschieht allgemein nicht weiter verfolgt.

Es lassen sich in dem untersuchten Gebiet drei Arten von Schürfen feststellen. Das sind einmal die flachen schüsselförmigen breiten Gruben, die auf fast horizontalen Schichtflächen zu finden sind. Der Obere Donzdorfer Sandstein liegt hier direkt unter der Verwitterungsdecke und bildet weite Verebnungen, da keine stratigraphisch höheren Schichten über ihm liegen. Hier häuft sich Grube an Grube ohne besondere Ordnung. Weiter wurden Gruben dort angelegt, wo an leicht geneigten Flächen der Obere Donzdorfer Sandstein austreicht. Die Gruben erscheinen hier von der Bergseite her steil und von der Hangeite her sehr flach. Bei diesem Typ sind die Gruben übersichtlich nebeneinander kettenförmig aufgereiht. Der dritte Typ ist der wohl am eindrucksvollsten erhaltene. Die Gruben sind trichterförmig und weisen heute noch eine Tiefe

von rund 2 m auf, bei 4–5 m Durchmesser am oberen Rand (Abb. 5). Die Anordnung der Gruben ist reihenförmig. Man findet sie an sattelförmigen Rücken zwischen zwei Erosionstätern. Hier liegen etwa 2–3 m Ton und sandiger Lehm über dem oberen Donzdorfer Sandstein. Je höher die Gruben im Gelände liegen, desto tiefer werden sie. Im Gewann „Benzenhau“ bei Linsenhofen brach ein steiniger Waldweg im Frühjahr 1965 ein, und es entstand ein Loch von 2 m Tiefe. Die obere Öffnung war etwa 70 cm breit, nach unten weitete sie sich auf 1,5 m aus. Der Waldweg führte über eine Schürfzone des Typs 3 hinweg. Diese Einsturzgrube bestätigt die Vermutung, daß bei diesem Typ von Schürfgruben das Erz auch 1–2 m seitwärts in Nischen verfolgt wurde. Dies würde erklären, daß hier Hohlräume entstanden, die gelegentlich, wie im vorliegenden Fall, eingebrochen sind. Am Boden dieser Einsturzgrube konnte ich noch einige faustgroße Toneisensteinbrocken herausholen. Die Kartierung der Schürfgruben konnte sich an den geologischen Grenzen gut orientieren.

Anders ist es bei der Aufnahme der Schlackenhalden. Sie liegen oft außerhalb des Abbaubereiches, auf höher gelegenen Hängen oder auch in den Tälern. Nach welchen Gesichtspunkten die Verhüttungsplätze gewählt wurden, konnte trotz intensiver Beobachtung nicht festgestellt werden, da die verschiedensten Möglichkeiten vorliegen können. Bei den Schlackenhalden handelt es sich, wie schon der Name sagt, um größere Schlackenmengen, welche bei der Verhüttung als Abfall entstanden, die dann neben den Schmelzöfen auf einen Haufen geworfen wurden. Oft liegt der Schlackenhaufen unterhalb des Ofens, wo man ein Ablassen der Schlacke vermuten kann. Dafür sprechen auch die an Lavaströme erinnernden Laufschlacken (siehe dazu Kap. „Die Schlacken“). Die meisten dieser Schlackenhügel heben sich deutlich aus ihrer Umgebung ab. Die ungestörten Hügel liegen in den Wäldern. Auf den Äckern findet man nur noch einzelne Schlackenstücke, da die Halden durch den oft schon seit Jahrhunderten betriebenen Ackerbau verschleift wurden. Auf Baumwiesen sind die Halden am schwersten zu finden. Im Sommer zeigt sich aber an ehemaligen Schlackenstellen ein üppigerer Graswuchs, verursacht durch einen günstigen Wasserhaushalt der tiefgründigen porösen Böden, der sich bei der Suche nach Halden als ein gutes Leitmotiv erwies. Wo sich der Vegetationsdecke und der Morphologie nach eine Schlackenstelle vermuten läßt, genügt ein Blick auf den Boden, um unter Laub und Gras schon ohne Bohrung oder Grabung mit Sicherheit einen Schlackenhaufen von einem gewöhnlichen Hügel zu unterscheiden. Über den Schlackenhalden ist die obere Bodendecke im Gegensatz zu ihrer Umgebung, welche ein helleres Gelbbraun aufweist, schwarzbraun. Die Bezeichnung „Schlackenhalde“ trifft die Situation nicht ganz richtig, denn es handelt sich tatsächlich nicht um größere Halden, sondern im Durchschnitt um flache Hügelchen von 3–6 m Durchmesser. Im Laufe der Kartierung konnten annähernd einhundert solcher Halden registriert werden. Die Größe und die hohe Zahl der einzelnen Schlackenstellen hängt mit der Art der Verhüttung zusammen (Näheres in dem Kap. „Das Rennverfahren und die Schmelzöfen“).

Die Erze

Bei den in der frühgeschichtlichen Eisenverhüttung verwendeten Erzen handelt es sich in der Hauptsache um Toneisensteine des Dogger β . In einem der Schlackenhaufen, aus dem auch das Tongefäß (Abb. 21) stammt, fand ich fast 1 m³ vorgeröstetes Erz. Anhand dieser Funde war es gut möglich, vergleichenderweise in Aufschlüssen die erzführende Schicht eindeutig in das Profil einzuordnen. Der Toneisenstein des Dogger β war immer das begehrteste unter den für die Eisengewinnung nutzbaren Gesteinen in der mittleren Schwäbischen Alb. Sein Vorkommen

und seine Lagerung in unserem Bereich ist oben schon behandelt worden. Der Eisengehalt der Dogger β - Meere war sehr hoch. Warum stellenweise eine größere Anreicherung des Eisens erfolgte, ist eine Frage der Sedimentation, der Wiederaufbereitung, der Schwankungen der Meerestemperatur, der Verschiebung des PH-Wertes und damit der Löslichkeit, ferner eine Frage des organischen Inhalts sowie des Bindemittels, um die wichtigsten Gesichtspunkte zu nennen. Sie sind auch für die makroskopische und die mikroskopische Ausbildung sowie für den Chemismus von Bedeutung. Die Grundmasse dieser Toneisensteine besteht aus einer feinen tonig-schluffigen Masse, welche als dunkle Partie erscheint.

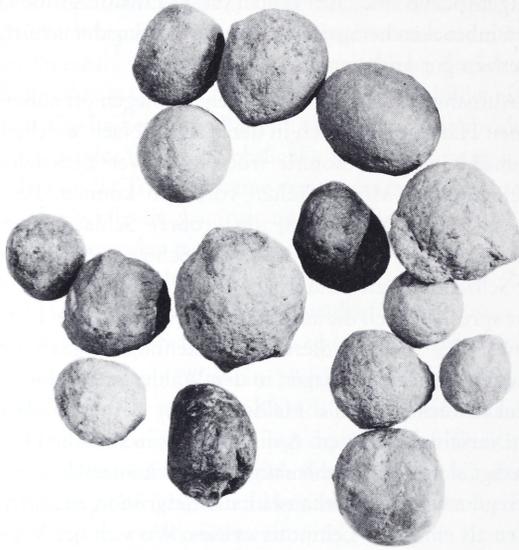


Abb. 8 Kalksand- und Toneisensteingeoden aus dem Braunjura, Oberer Donzdorfer Sandstein. Maßstab 1 : 2.

Die Farbe des unverwitterten Teils ist grünlich graubraun. Die braune Farbe ist durch Limonit bedingt, welches aus einer ursprünglich zweiwertigen Verbindung, also aus Siderit und Ankerit, entstanden ist. Die Hauptmenge an Eisen macht aber der Chamosit aus, der als Bindemittel in feiner wolkiger Verteilung dem Gestein den grünlichen Schimmer verleiht. Oxydationsringe sind an diesen Knollen gut zu beobachten. Hier handelt es sich um oxydative Einflüsse von außen her, wobei helle und dunkle Ringe zu erkennen sind. Die Ringe deuten auch auf eine konkretionäre Entstehung hin. Die Knollen enthalten stellenweise Phosphorit-Konkretionen. Eine Sedimentation von Ooiden, welche für den im Liegenden folgenden Sandstein typisch ist, weist der Toneisenstein nicht auf. Die Toneisenstein-Knollen erreichen Faust- bis Kindskopfgröße. Bohrlöcher von Meerestieren und Wühlstruktur deuten auf eine Aufbereitungsfazies und ein stark bewegtes Wasser hin, was auch durch die in Tonschmitzen liegenden feinkörnigen Kalksand- und Toneisensteingeoden bestätigt wird (siehe Abb. 8). Unter dem Mikroskop wird schließlich eine reiche Mikrofauna sichtbar. Es sind in der Hauptsache Kalkschaler, also Foraminiferen und Ostracoden, eingebettet.

Eine chemische Analyse des Toneisensteins ergibt:

45,61 %	Fe ₂ O ₃
16,50 %	CaO
8,40 %	SiO ₂
4,91 %	Al ₂ O ₃
1,09 %	P ₂ O ₅
0,74 %	MnO
sowie Spuren von Ni, Cr, V, Sr.	

Wie oben schon erwähnt, wurden nicht nur die Toneisensteinknollen bei der Verhüttung verwendet, sondern auch die im Liegenden folgenden stark eisenhaltigen Kalksandsteine sowie die lockeren, mulmig beschaffenen, von Brauneisen durchtränkten Sandsteine. Diese sind als Zuschlag dem Toneisenstein zugefügt worden, da sie einen wesentlich höheren Kalkgehalt als dieser besitzen. Ohne diesen Zuschlag kalkbasischer Erze hätte sich sonst eine recht saure Schmelze ergeben.

Beim grau-violettfarbenen Kalksandstein verteilen sich in einer bruchschillreichen Grundmasse Eisenooide, Quarzkörner der Psammit-Fazies und Fossilschalen. Das Bindemittel ist Kalziumcarbonat. Die dunkle Farbe wird durch eine Brauneisenhaut hervorgerufen, welche die feinen Körner umgibt. Möglicherweise handelt es sich um Hydrohämätit. Im oberen Teil dieser Bank ist Schrägschichtung zu beobachten.

Das zweite Erz, welches als Zuschlag verwendet wurde, ist der tiefrot verwitternde lockere Sandstein der sandigen Fazies des Oberen Donzdorfer Sandsteins. Näher wurde dieser Sandstein nicht untersucht, doch läßt sich ein solcher Eisengehalt vermuten.

Die Schlacken

Als Anzeichen einer alten Eisenverhüttung findet man in der Regel Schlacken. Ihr Anteil an silikatischen Metalloxyden ist ziemlich hoch, weshalb sie nur langsam verwittern. Die verschiedenen Arten von Eisenschlacken ermöglichen mit Hilfe von Schlackenanalysen wenigstens in einigen Fällen Rückschlüsse auf den Schmelzprozeß. Literatur über derartige Untersuchungen ist spärlich. Ich habe versucht, die Schlacken nach ihrem Glanz, ihrer äußerlichen Form und Bruchfestigkeit, ihrem spezifischen Gewicht, ihrer Porosität und makroskopischen Gefügestruktur zu ordnen. Nach diesen Gesichtspunkten konnten vier Arten von Schlacken unterschieden werden. Durch Röntgenfluoreszenz wurde dann quantitativ der Gehalt an Fe, Mg, Al, Si, Ca der einzelnen Typen bestimmt.

Typ 1 (Abb. 9, 1-3) ist dicht und knollig. Beim Aufschlagen zeigt er gläsernen Glanz an seiner muscheligen Bruchfläche. An der Außenfläche ist er matt. Der Eisengehalt liegt hier, gegenüber den andern Typen, niedrig. Auffallend hoch ist der Anteil an CaO.

SiO ₂	20,70 %
Al ₂ O ₃	11,90 %
Fe ₂ O ₃	11,15 %
MnO	0,62 %
CaO	21,70 %
P ₂ O ₅	1,77 %

Typ 2 (Abb. 9, 4-6) ist sehr schwer, bricht zäh in geraden Flächen, wobei die Bruchfläche metallischen Glanz zeigt. Die Schlacken erscheinen als 3-5 cm dicke Platten, wobei die Oberseite von kleinen Luftbläschen durchsetzt ist. Der Eisengehalt ist sehr hoch.

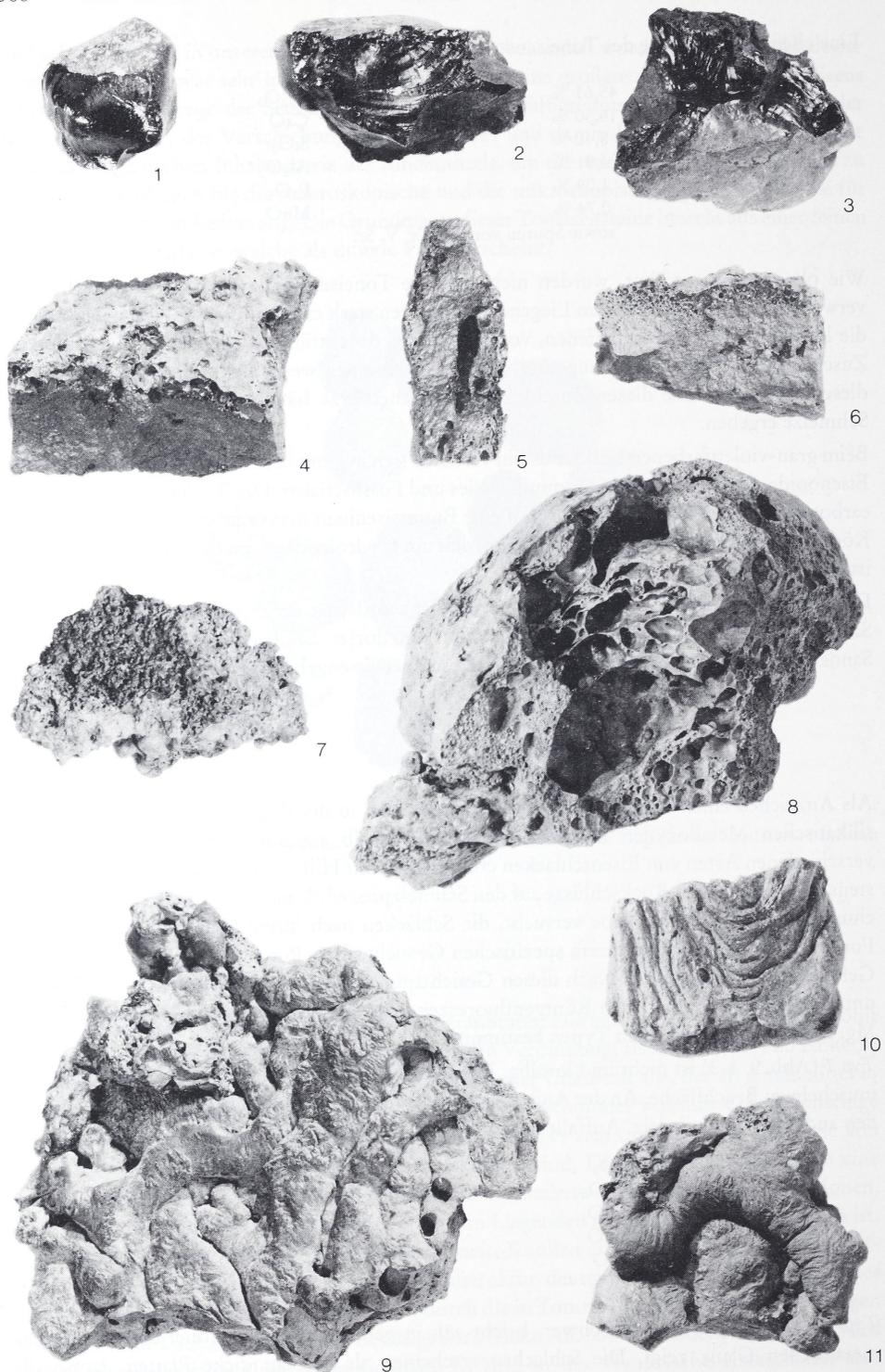


Abb. 9 Rennfeuerschlacken. 1–3 Typ 1; 4–6 Typ 2; 7, 8 Typ 3; 9–11 Typ 4. Maßstab 1 : 2.

SiO ₂	18,70 %
Al ₂ O ₃	13,98 %
Fe ₂ O ₃	41,61 %
MnO	1,60 %
CaO	9,70 %
P ₂ O ₅	1,35 %

Typ 3 (Abb. 9, 7.8) bricht leicht, spröde und unregelmäßig. Große Gasblasen deuten auf einen ursprünglich ziemlich leichtflüssigen Zustand hin. Er verwittert leicht und zerfällt dann in feines Pulver. Hoher Gehalt an Al-Fe-Silikaten zeichnet ihn aus.

SiO ₂	19,00 %
Al ₂ O ₃	11,90 %
Fe ₂ O ₃	38,61 %
MnO	1,81 %
CaO	9,70 %
P ₂ O ₅	0,04 %

Typ 4 (Abb. 9, 9-11) ist die typische Laufschlacke der Rennöfen und besitzt oft das Aussehen erstarrter Lavabrocken. Hoher Eisengehalt und Fließstruktur sind charakteristisch.

SiO ₂	18,20 %
Al ₂ O ₃	12,10 %
Fe ₂ O ₃	39,65 %
MnO	1,80 %
CaO	9,70 %
P ₂ O ₅	1,45 %

Metallographische Gefügeuntersuchung der Rennluppe

Die Rennluppe, das Endprodukt des Schmelzvorgangs, war sehr kostbar; es konnte bis jetzt nur ein handgroßes Stück gefunden werden. Die Luppe lag auf dem flachen schüsselförmigen Boden eines Ofens, von dichten Schlackenmassen eingeschlossen. Abb. 10 zeigt Bruchstücke dieser Luppe. Die Untersuchung erfolgte durch Dr. M. PRÖGER von der Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule Stuttgart. Im folgenden sein Bericht:

„Zur Untersuchung des Makro- und Mikrogefüges der gefundenen Eisenluppe wurde ein Querschliff durch die Luppe geführt (Abb. 11). Die Luppe erwies sich als sehr hart und konnte nicht durch Sägen geteilt werden. Sie wurde daher mit einer naßlaufenden Trennscheibe durchgeschnitten.

Das makroskopische Bild läßt ein gleichartiges Gefüge im ganzen Luppenquerschnitt erkennen. Das strahlige Aussehen deutet schon auf ein dendritisches Gußgefüge hin. Am Rande der Luppe haften noch einzelne Schlackenreste, im Innern sind einige größere Schlackeneinschlüsse vorhanden.

Betrachtet man das Gefüge in 50-facher Vergrößerung (Abb. 12), so lassen sich schon wesentliche Einzelheiten erkennen. Es liegen im wesentlichen drei Gefügeanteile vor: die hellen weißen Dendriten, die dunklen Inseln und das punktierte Eutektikum.

Eine stärkere Auflösung der Gefügeeinheiten zeigen die Abb. 13 bis 15. Bei 200-facher Vergrößerung (Abb. 14) sieht man schon deutlich, daß die dunklen Inseln perlitischen Charakter haben. Bei weiterer Vergrößerung (Abb. 15) erkennt man, daß es sich dabei tatsächlich um lamellaren Perlit handelt. Dazwischen liegen die Reste des Eutektikums.

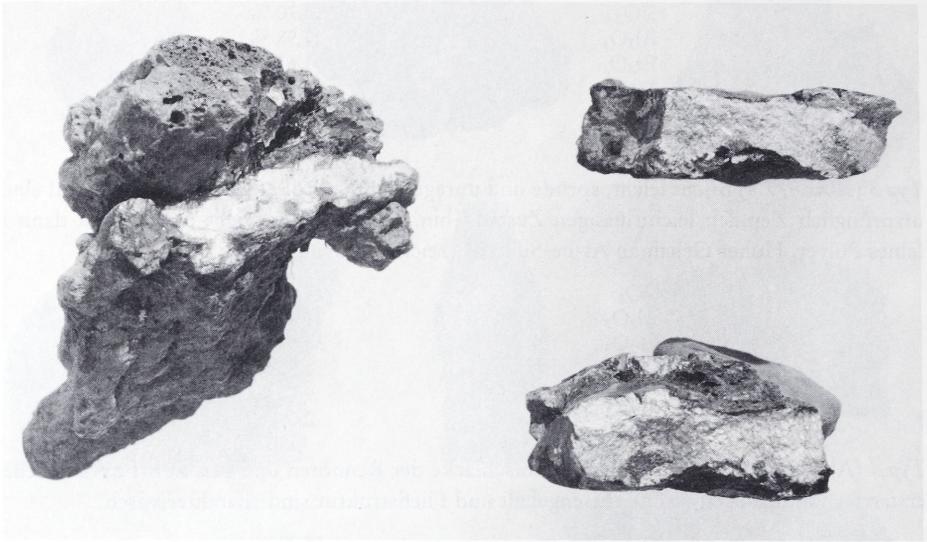


Abb. 10 Rennfeuerluppe. Maßstab 1 : 2.

Eine Analyse hat ergeben, daß die Luppe eine Spur Chrom, dagegen kein Mangan, Molybdän, Nickel, Titan, Vanadium und Wolfram enthält. Eine Zusammenfassung der Gewichtsprozente der Hauptbestandteile ergibt:

C	1,82 %
Si	0,025 %
P	2,66 %
S	0,113 %
Fe	Rest

Nach dem Kohlenstoffgehalt von 1,82 % zu schließen, handelt es sich also um ein untereutektisches weißes Roheisen. Tatsächlich ist der Gefügecharakter auch sehr ähnlich dem von „Stahleisen“. Eisen mit so hohem Kohlenstoffgehalt ist jedoch nicht schmiebar. Es könnte sich demnach bei dieser Luppe nur um ein Zwischenprodukt zu schmiedbarem Eisen handeln oder aber um ein „Fehlerzeugnis“. Wahrscheinlich ist das letztere der Fall. Wird nämlich im Rennfeuer zu lange und zu weitgehend reduziert, so erhält man zwar eine hohe Eisenausbringung, aber Kohlenstoffsättigung. Das Ergebnis ist dann wie im Hochofen weißes Roheisen. Dafür spricht auch die Beobachtung, daß die Luppe praktisch schlackenfrei ist, im Gegensatz zum Renneisen. Ein Verfahren, um aus weißem Roheisen schmiedbares Eisen, also Stahl, zu gewinnen, kannte man damals wohl kaum.

Interessant ist der verhältnismäßig hohe Gehalt an P (2,66 %), welcher höchstwahrscheinlich aus den Phosphoritkörnern im Toneisenstein stammt. Damit wäre die Verbindung zwischen Erz und Roheisen auf diesem Wege nochmals bestätigt. In Abb. 16 ist eine Stelle aus dem Ledeburit gezeigt, die mit Natriumpikrat geätzt wurde. Die weißen Körner sind die Perlitkolonien. Die in ihnen enthaltenen Zementitlamellen sind die feinen, dunklen Streifen. Am Rande sind diese Körner zementitfrei, die Erscheinung der schon erwähnten Ferrithöfe. Die Perlitkörner sind umgeben von dunklen Bereichen, den Resten des Ledeburits. Sie bestehen im wesentlichen aus dem ledeburitischen Zementit, dem Sekundärzementit und kleinen eingelager-

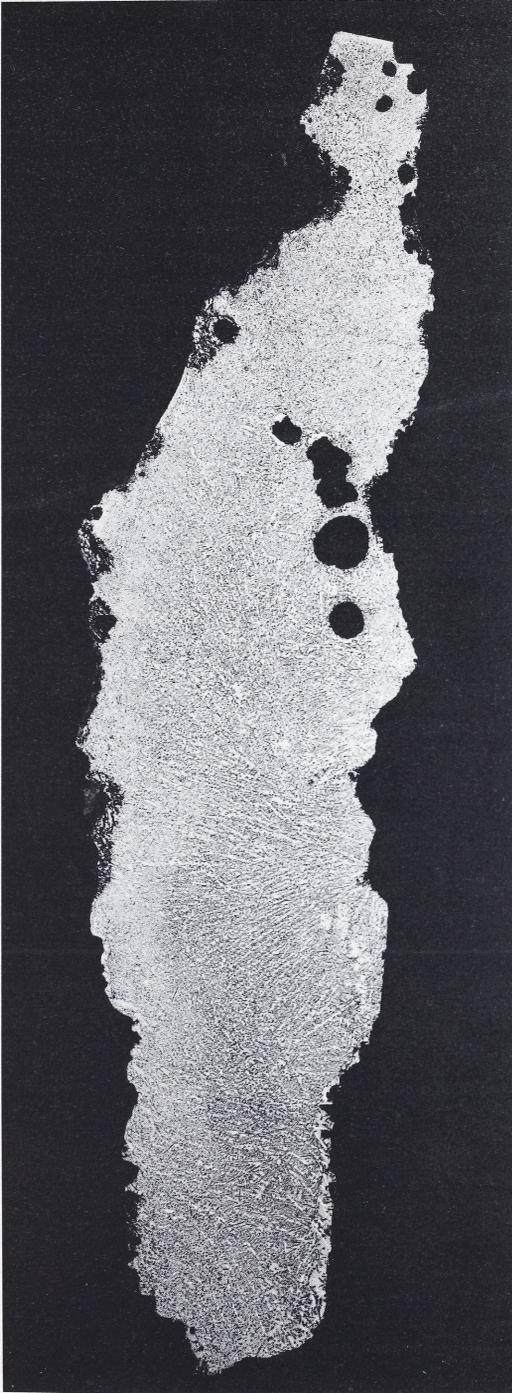


Abb. 11 Querschliff durch die Eisenluppe; makroskopische Übersichtsaufnahme. Maßstab 2 : 1.

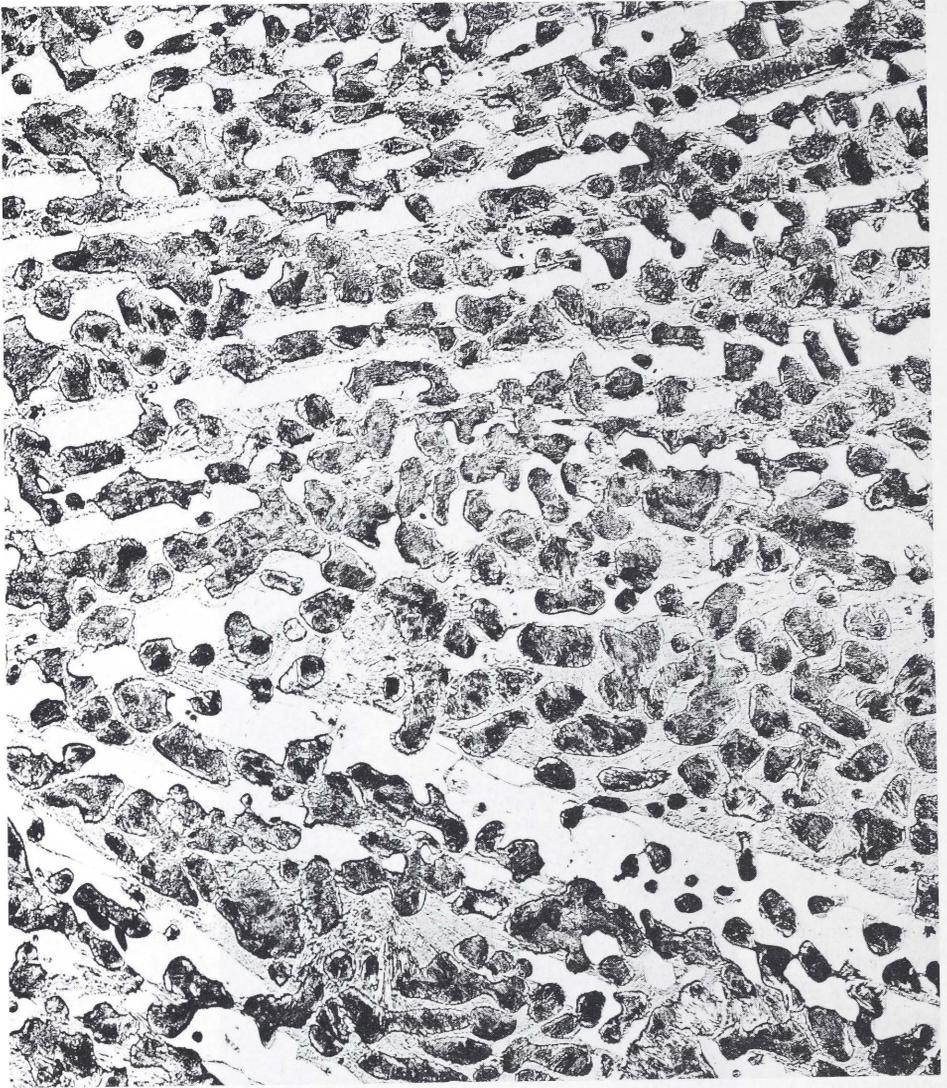


Abb.12 Querschliff durch die Eisenluppe; Gefüge-Übersichtsaufnahme. Zementit (weiße Nadeln), Ledeburit und Perlit. Maßstab 50 : 1.

ten Ferritkörnern sowie einer weiteren Phase, bei der es sich möglicherweise um Eisenphosphid Fe_3P handelt.

Zur Bestätigung dieser Gefügebeurteilung wurde die Mikrohärtigkeit gemessen (Abb. 17). Dabei zeigt sich, daß die langen weißen Kristalle (Abb. 12) eine sehr große Härte, bis 1570 kp/mm^2 , besitzen, wie sie dem Zementit eigen ist. Im lamellaren Perlit wurde eine Mikrohärtigkeit HV 0,1 von ca. 330 kp/mm^2 gemessen, die tatsächlich der Härte von Perlit entspricht. Im Ferrithof des Perlitkornes beträgt die gemessene Härte etwa 270 kp/mm^2 , was der Härte von Ferrit entspricht. Es bleibt noch das dazwischenliegende gesprenkelte Mischgefüge übrig, dessen

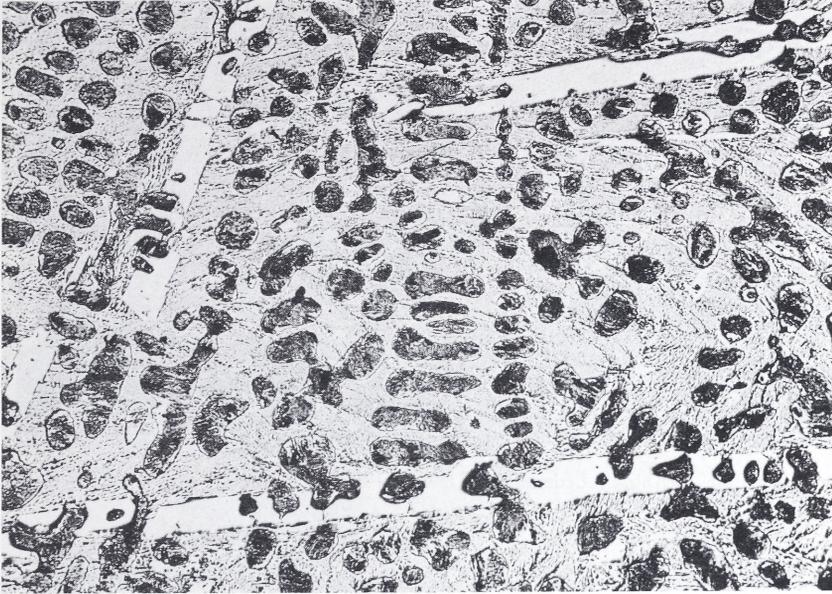


Abb. 13 Querschliff durch die Eisenluppe; Gefüge-Übersichtsaufnahme. Zementitnadeln (weiß) und Perlit (dunkel) in ledeburitischer Grundmasse. Maßstab 50 : 1.

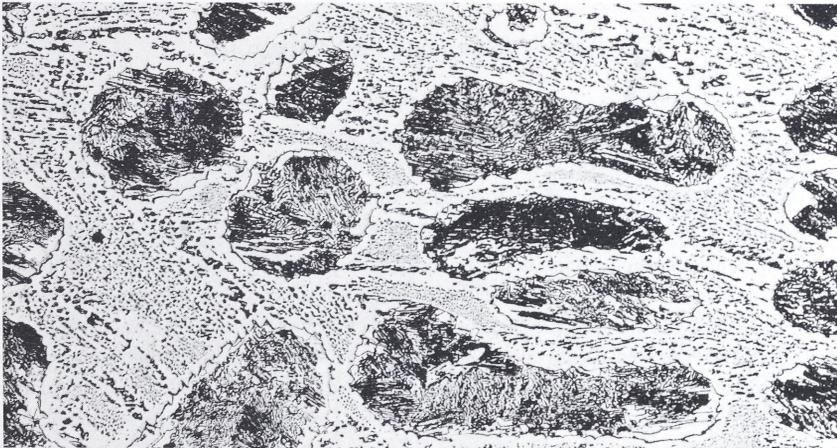


Abb. 14 Ausschnitt aus Abb. 13 (Mitte). Ledeburit und Perlit (dunkle Inseln). Maßstab 200 : 1.

weißer Bestandteil (Abb. 17) ohne sichtbare Korngrenze in die angrenzende breite Zementitnadel übergeht. Die Härte dieses Gefügeanteils liegt bei ca. 860 kp/mm^2 weit über derjenigen des Ferrits und Perlits, aber auch beträchtlich unter derjenigen des Zementits. Diese Zwischenhärte wird durch die in den ledeburitischen Zementit eingelagerten Ferritkristalle erklärt.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß die gemessenen Härtewerte selbstverständlich von der zufälligen Kornorientierung abhängig sind. Die Härteunterschiede der einzelnen Phasen sind aus den Größenverhältnissen der Eindrücke (Abb. 17) ersichtlich.

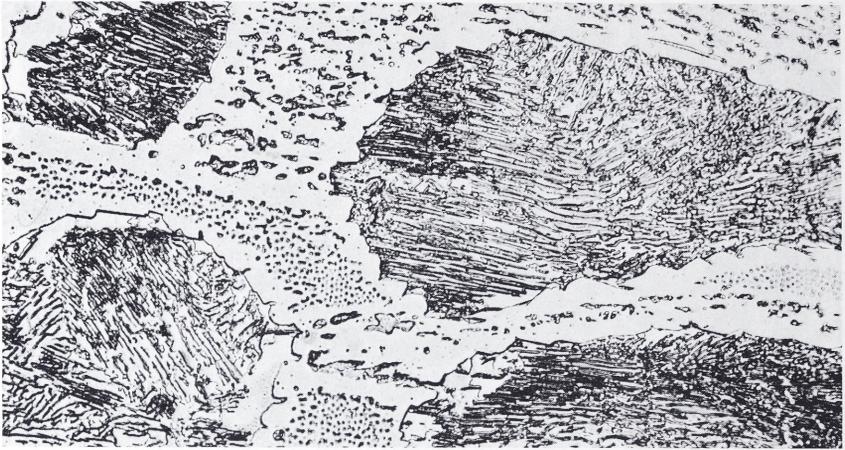


Abb. 15 Ausschnitt aus Abb. 14. Ledeburit und lamellare Perlitkörner mit Ferrithöfen. Maßstab 500 : 1.

Es besteht nach dem Gesagten kaum ein Zweifel, daß es sich im Prinzip um „weißes Roheisen“, in der heutigen metallurgischen Sprechweise, in der Nähe des Eutektikums des metastabilen Systems Eisen-Kohlenstoff handelt.“

Das Rennverfahren und die Schmelzöfen

Der Begriff „Rennen“ kommt von Rinnen oder Fließen des Schmelzguts beim Erzeugen einer zähflüssigen Schmelze. Im heutigen Sprachgebrauch wird darunter eine direkte Eisen- bzw. Stahlerzeugung verstanden. In unserem Fall war eine direkte Eisenerzeugung nicht gut möglich, da die Luppe noch stark mit Schlacken durchsetzt war. Die Luppe ist also ein Eisenkonzentrat, welches sich infolge seines größeren spezifischen Gewichts über dem Boden des Ofens absetzte.

Doch nun zu den eigentlichen Schmelzöfen oder Rennöfen, die aufgrund der Befunde und zahlreicher Bruchstücke rekonstruiert werden können (Abb. 18). Sie wurden an leicht geneigten Hängen in der Nähe der Schürfruben gebaut. Zunächst wurde ein flaches, schüsselförmiges Loch für den Unterteil des Ofens aus dem Boden ausgehoben. Mit Holzkohlentrümmern, Holzasche und Lehm wurde der Boden festgestampft und ausgebrannt. Dieser Innenmantel ist ziegelhart, rötlich grauviolett und stellenweise verglast. Der über dem Boden stehende Mantel wurde aus sandigem Lehm gebaut und danach leicht festgebrannt. Die Wandstärke betrug 5–7 cm im Durchschnitt, der Ofendurchmesser etwa 70 cm. Die unregelmäßigen, gebrannten Wandteile, nur als Bruchstücke vorhanden, deuten an, daß der Ofen schon während der Inbetriebnahme ständig ausgebessert wurde und die Risse einfach zugeschmiert worden sind. Die obere Öffnung des Ofens, die Gicht, durch die der Ofen mit Holzkohle und Erz beschickt wurde, kann, nach Bruchstücken berechnet, einen Durchmesser von etwa 40 cm gehabt haben. Die Öfen waren für eine einmalige Benützung gebaut und – aus der umliegenden Schlackemenge zu schließen – mußten ein bis zwei Tage in Betrieb gewesen sein. Nach Beendigung des Schmelzprozesses mußte der Ofen zerstört werden, um die Luppe herauszuholen.

Von der Bergseite her führt eine Tondüse in das Innere des Ofens, die viel sorgfältiger als der Ofen selbst angefertigt wurde. Abb. 19, 1 zeigt das Bruchstück eines Düsenrohrs mit

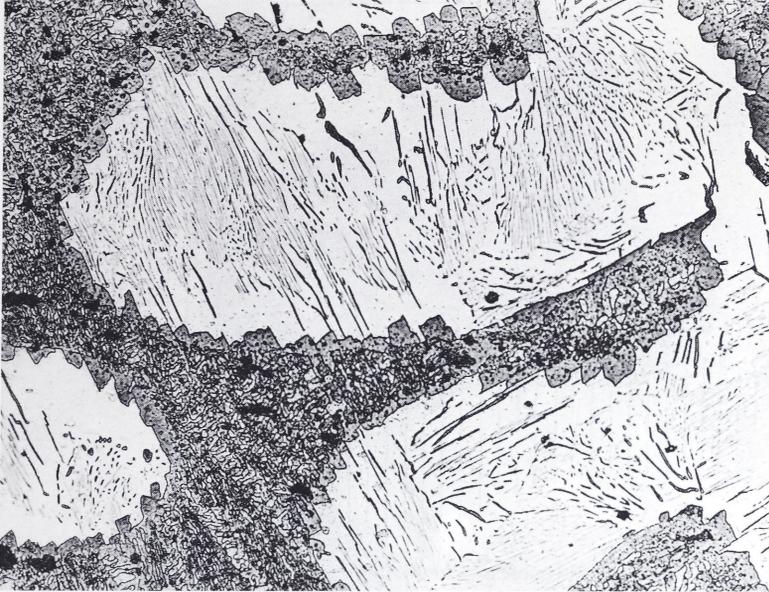


Abb.16 Gefügeeinheiten, geätzt mit Natriumpikrat. Zementit erscheint dunkel, Ferrit hell. Hell: Perlitkörner, Zementitlamellen in Ferritmatrix; dunkel: ledeburitische Grundmasse und möglicherweise Eisenphosphid, Zementit mit Ferriteinlagerungen.

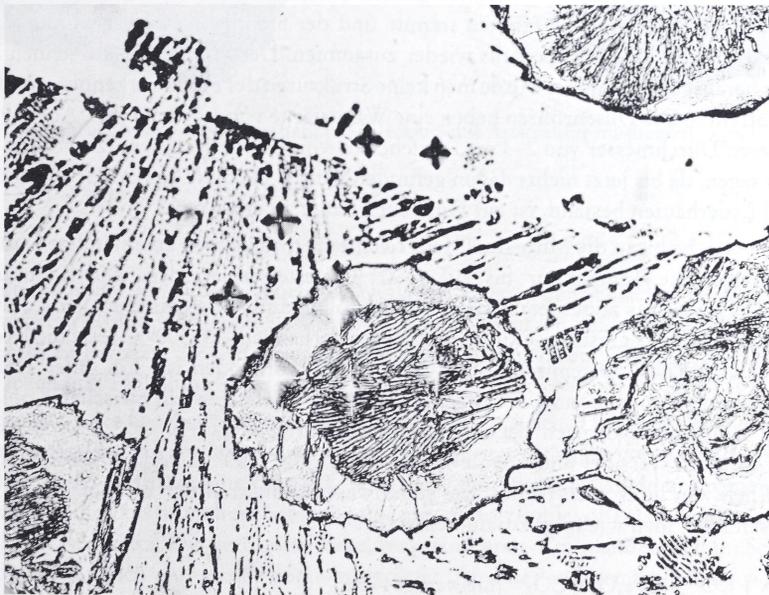


Abb. 17 Mikrohärt-Eindrücke HV 0,1.

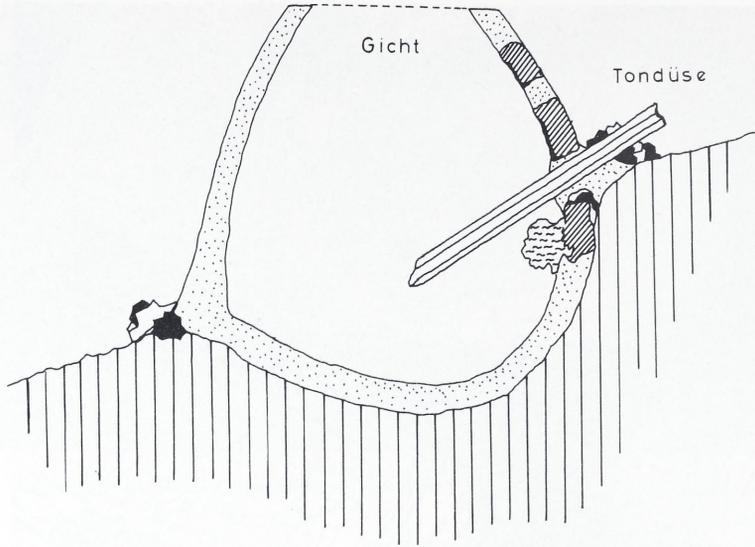


Abb. 18 Rekonstruktion eines Rennofens. Schraffiert = Teile der Ofenwand in Lage der Auffindung mit anhaftender Schlacke. Maßstab etwa 1 : 16.

anhaftender Schlacke. Die Düsen bestehen aus mit feinem Sand gemagertem Ton, den man über einen entsprechend dicken Holzstab knetet. Die Düse auf Abb. 19, 2 läßt noch die Struktur eines Astes erkennen. Es wurden höchstwahrscheinlich zwei Halbröhren angefertigt, die dann, nachdem sie trocken waren, zusammengeklebt worden sind. Eine andere, auch naheliegende Möglichkeit wäre, daß das Rohr in seinem ganzen Umfang um den Holzstab geknetet wurde, man es dann in zwei längliche Hälften trennte und der Stab dann herausgenommen wurde. Anschließend klebte man sie ebenfalls wieder zusammen. Der Stab wurde auf keinen Fall aus dem Rohr herausgezogen, sonst würde man keine Strukturen des Holzes erkennen, sondern nur längliche Streifen. Die Düsenröhren haben eine Wandstärke von 1,5–2 cm (vgl. Abb. 19, 3) und einen inneren Durchmesser von 2–3 cm. Welche Art von Blasebälgen benützt worden ist, läßt sich nicht sagen, da bis jetzt nichts davon gefunden wurde. Da diese Apparatur vermutlich aus Holz und Lederhäuten bestand, ist ein Fund auch kaum zu erwarten.

Die Düsen, welche bis in die Mitte des Ofens reichten, ermöglichten eine ständige Luftzufuhr, und so konnte die Temperatur bis auf 1300° C gesteigert werden. Die Reduktion des dreiwertigen Eisens bis zum metallischen Eisen erfolgte durch die entstehenden Kohlenmonoxydgase. Bis 300° C ist fast nur CO₂ in dem Feuer vorhanden. Ab 300° C setzt die Reduktion ein, wobei schon ein Gasgemisch von CO₂ und CO vorhanden ist. Ein guter Ablauf der Reduktion durch Kohlenmonoxyd ist bedingt durch das Gleichgewicht zwischen Kohlenmonoxyd und Kohlendioxyd, nach der folgenden Gleichung: CO₂ + C = 2 CO 39 Kcal. Die Reaktion ist also reversibel und wärmeverbrauchend. Ab 1000° C verläuft die Reaktion fast ausschließlich von links nach rechts. Die stufenweise Reduktion der Eisenoxyde zu metallischem Eisen kann man wie folgt zusammenfassen:

1. $3 \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} = 2 \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2$ (dreiwertige Form)
2. $2 \text{Fe}_3\text{O}_4 + 2 \text{CO} = 6 \text{FeO} + 2 \text{CO}_2$ (zwei- bis dreiwertige Form)
3. $6 \text{FeO} + 6 \text{CO} = 6 \text{Fe} + 6 \text{CO}_2$ (zweiwertige Form)

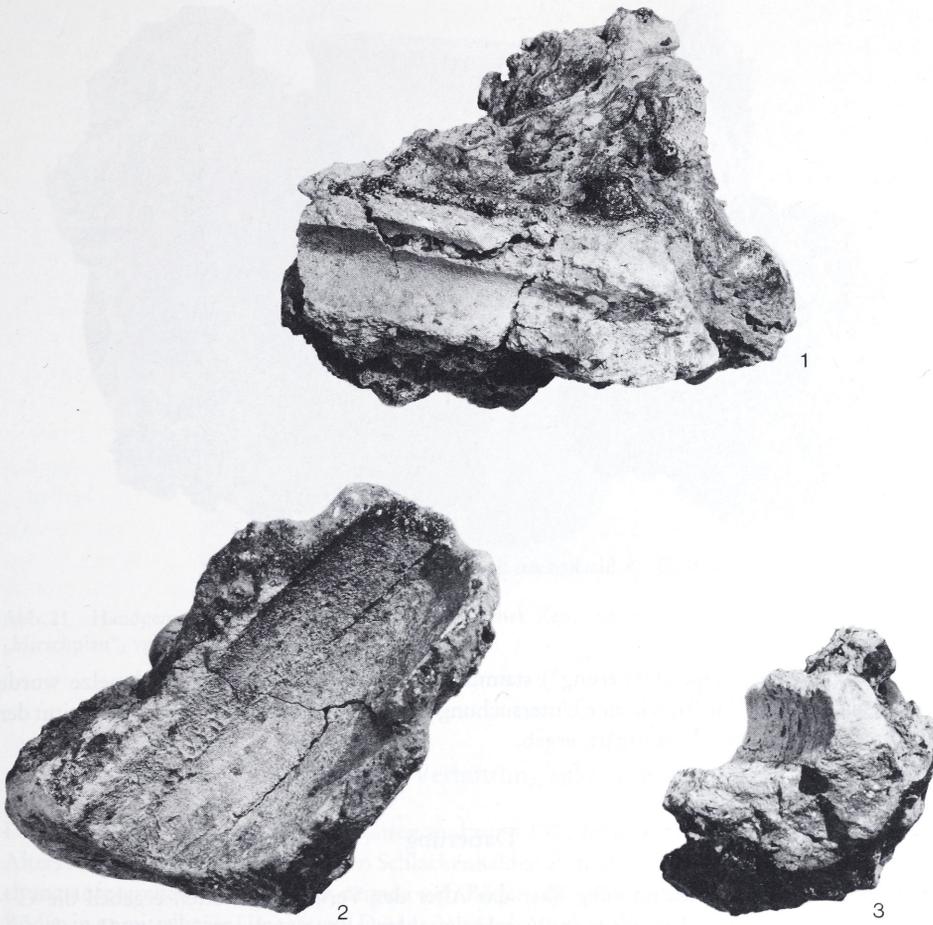


Abb. 19 Düsenbruchstücke. 1 mit anhaftender Schlacke; 2 mit Aststruktur im Inneren; 3 im Querbruch. Maßstab 2 : 3.

Der effektive Eisengewinn war ziemlich gering, da viel Eisen in den Schlacken blieb. Außerdem mußte man die Rohluppe nochmals im Schlackenbad erhitzen und durch Schmieden von Schlackenresten befreien. Abb. 20 zeigt Schlackenstücke, welche ein Gemenge von eisenhaltigen Schlacken und Holzkohle darstellen.

Die Verhüttung der abgebauten Erze ging nicht sofort vor sich. Die Erze wurden zunächst vorgeröstet oder langer Verwitterung ausgesetzt, dafür liegen Beispiele vor. So fand ich 4 m von einer Schmelzstätte entfernt eine etwa 2,5 m breite und 0,3 m tiefe Mulde mit rotgebranntem Boden, darauf eine 3 bis 5 cm dicke Schicht verbrannter Holzkohle; offenbar handelt es sich um einen solchen Röstplatz. Die gerösteten Erze, insgesamt etwa 1 m³, fanden sich im Schlackenhäufen, wahrscheinlich wurden sie dort vorgewärmt. An einer anderen Stelle fand sich 0,5 m³ rotbraun verwittertes Erz ohne Feuereinwirkung, ein Röstplatz war nicht in der Nähe. Offenbar handelt es sich hier um ein zur Verwitterung angelegtes Depot. Eine der untersuchten



Abb. 20 Schlacken aus dem Schmiedefeuer. Maßstab 1 : 1.

Holzproben (siehe Kap. „Datierung“) stammt aus diesem Meiler. Bei der Schmelze wurde Buchenholzkohle benutzt, wie eine Untersuchung durch Dr. JEREMIAS, Botanisches Institut der Technischen Hochschule Stuttgart, ergab.

Datierung

Eine erfreuliche Übereinstimmung über das Alter der Verhüttungsstätten ergaben die C^{14} -Bestimmung und die Scherbenfunde. Vier Holzkohleproben wurden zu diesem Zweck vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung in Hannover untersucht. Alle Proben stammen aus Schmelzöfen im „Hirschplan“, 1,25 km nordöstlich von Linsenhofen. Nach der brieflichen Mitteilung von Dipl. Phys. M. GEYH vom 26.4.1965 ergab

Probe 1 =	1060 ±	95 Jahre	vor 1950
Probe 2 =	1145 ±	95 Jahre	vor 1950
Probe 3 =	1360 ±	60 Jahre	vor 1950
Probe 4 =	1205 ±	95 Jahre	vor 1950

Es ergibt sich also ein mittleres Alter von 710 ± 85 Jahre n. Chr.

Abb. 21 zeigt einen Topf⁸, welcher in einem Schlackenhaufen im „Hirschplan“ gefunden wurde. Die Archäologie schreibt den Topf dem späten 7. oder 8. Jahrhundert n. Chr. zu. Damit ist bereits für die spätmerowingische Zeit der – soweit ich sehe – bis jetzt erste Nachweis lokaler Eisengewinnung im südwestdeutschen Raum erbracht.

⁸ Das Gefäß und sonstige Belegstücke werden im Württembergischen Landesmuseum in Stuttgart aufbewahrt.



Abb.21 Handgemachtes Gefäß aus spätmrowingischer Zeit, gefunden in einer Schlackenhalden im „Hirschplan“, vgl. Kartenausschnitt 10 (Abb.2).

Einwirkung der Verhüttung auf den Boden

Die untersuchten Eisenverhüttungsstätten sind rund 1300 Jahre alt. Die Holzkohleproben zur Altersbestimmung sind aus denselben Schlackenhalden entnommen, welche zur Bodenuntersuchung aufgegraben wurden. Hier zeigten sich Böden, die völlig anders entwickelt sind als die Böden in unmittelbarer Umgebung. Daraus ist zu erkennen, daß unter gleichen Bedingungen im gemäßigt humiden Klimabereich in unmittelbarer Nachbarschaft ganz verschiedene Bodentypen entstehen können, wenn das mineralische Ausgangsmaterial andere physikalische und chemische Eigenschaften besitzt. Auch die auf den Schlackenhalden angesiedelte Vegetation weist einen üppigeren Graswuchs auf als der angrenzende Bodentyp. Diese Schlackenböden liegen in Buchen- oder Mischwäldern einem lehmigen Sandboden des Oberen Donzdorfer Sandsteins auf. In der Größenausdehnung schwanken sie zwischen 5–10 m in der Breite, bei einer Profilhöhe von einigen Dezimetern bis zu einem Meter. Wegen ihrer Kleinflächigkeit wäre eine Kartierung nicht von praktischer Bedeutung gewesen.

Die Schlacken wurden während und nach der Verhüttung als Abfallprodukt lose auf einen Haufen geworfen und waren dann der Verwitterung ausgesetzt. Diese Schlacken und die dazwischenliegenden, zum Teil gerösteten Toneisensteinbrocken sowie die Kohlenstoffsubstanz in Form von Holzkohle, welche ebenfalls den Schlackenhaufen durchsetzt, bildeten ein Gemenge, und dies kann als ursprünglicher C-Horizont des Bodens oder – anders gesagt – als Ausgangsgestein aufgefaßt werden.

Das heutige Bild dieser „Schlackenböden“ ist dem der Humuskarbonatböden ähnlich, zumindest können sie nach Profilaufbau, Struktur, Entstehung und Humusgehalt mit diesen parallelisiert werden. Es handelt sich also um Böden mit einem großen Volumen an Makropo-

ren, mit großem Skelettgehalt, wenig Feinerde und Ton, aber mit viel Humus. Das Skelett bildet ein stabilisierendes Scherbengefüge. Außer seinen statischen Funktionen übt das Schlackenskelett eine große dynamische Wirkung durch seinen Chemismus aus. Das Profil zeigt eine typische A/C₁-Ausbildung, in dem sich die ganze Bodenschicht praktisch aus Humus und Muttergestein zusammensetzt.

Ein unverwitterter Cu-Horizont ist nicht mehr vorhanden, da keine frische Schlacke zugeführt wird. Den „Schlackenböden“ obenauf liegt eine dünne, 2–3 cm dicke organische Decke (O-Horizont). Sie besteht aus noch nicht zersetztem Laub und Nadelstreu. Der Humusgehalt des Bodens liegt bei 9,2 % und kann demnach als stark humos bezeichnet werden. Dieser hohe Humusgehalt verleiht dem Boden gleichzeitig seine auffallende braunschwarze Farbe. Der umgebende lehmige Sandboden, welcher hell-gelbbraun ist, enthält demgegenüber nur 2,9 % Humus. Der Humus der Schlackenböden liegt hauptsächlich als Mull und Kalkhumat vor. Unter diesem A/C-Boden folgt der ursprüngliche Waldboden. Als die heißen und zum Teil noch glühenden Schlacken diese Schicht bedeckten, verbrannte der spärliche Humus, und somit konnte heute nur noch 0,6 % festgestellt werden. Dieser Horizont ist rot gebrannt, ziemlich sauer (PH = 4,14). Der Gehalt an Mg, Ca, P, N, C und Humus liegt jeweils unter 1 %. Lediglich schwerlösliche Al-Silikate übersteigen 45 %, welche als schwerlösliches Verwitterungsprodukt aus dem darüberliegenden „Schlackenboden“ durch das Sickerwasser bis zu diesem schwer wasserdurchlässigen Horizont verlagert wurden. Damit ergab sich die Untergrenze unserer „Schlackenböden“. Die skelettreiche Beschaffenheit des „Muttergesteins“ bot einen freien Sickerweg für das Niederschlagswasser und damit für eine noch intensivere physikalische und chemische Verwitterung. Das ständige Gefrieren und Auftauen des Sickerwassers im Winter und Frühjahr, welches die Poren der Schlacken füllt, zertrümmerte das Material immer mehr. Diese Verwitterung geht heute noch weiter; so konnte ich im Frühjahr 1965 dicke Eiskristalle zwischen den Schlacken beobachten. Heute liegt also im Boden ein fein- bis grobsteiniges Scherbenskelett vor. Die beachtliche Menge Toneisenstein, welche in dieses Substrat mehr oder weniger angebrannt eingemengt ist, verwitterte schneller als die Schlacken und lieferte den größten Teil der Feinerde und der Tonmineralaggregate. Die Tonsubstanz dürfte ebenfalls aus dem Toneisenstein entstanden sein. Die Feinerde des Bodens ist ziemlich wasserspeicherfähig, etwas knetbar und mit feiner Tonsubstanz vermengt. Diese Feinerde wird hauptsächlich von den vielen Haarwurzeln zwischen dem Skelett festgehalten und bildet somit den Mikroporenraum des Bodens. Eine leichte Tonverlagerung konnte beobachtet werden. Für eine gute und schnelle Zersetzung der organischen Substanz spricht das C/N-Verhältnis des Bodens, es ist mit dem Wert 12,5 relativ eng. Der Boden ist ziemlich sauer (PH = 4,81), was gleichzeitig auf das Vorhandensein von austauschbaren Al-Jonen deutet. Phosphor und Mangan sind im Toneisenstein unter 1 % vorhanden. Bei der Schmelze sammelten sie die oben genannten Elemente in der Schlacke an, aus der sie bei der Verwitterung herausgelöst wurden. Somit liegt im Boden prozentual die drei- bzw. vierfache Menge vor wie im Toneisenstein. Die Verwitterungsprodukte an Fe-Al-Ca und Si wurden hauptsächlich aus den Fe-Al-Silikaten freigemacht. Die primären Fe-Al-Silikate verwitterten primär zu Goethit und weiter zu Limonit, wobei durch dreiwertiges Eisen die braunen Farbtöne der Feinerde hervorgerufen wurden.

Eine interessante Kalkausscheidung wurde beobachtet. Hauptsächlich im unteren Bereich des Bodens sind die Schlacken und Erzstücke an ihrer Unterseite mit einem feinen, wolkigen Kalkbelag überzogen. Der Kalk wird vom Sickerwasser gelöst und mitgeführt, wobei das Wasser an der Unterseite der Skelettstücke tropfenförmig hängenbleibt. Bei der Austrocknung bzw. Verdampfung des Wassers scheidet sich nun CaCO₃ aus und bleibt an der Unterseite der Schlacke als Lösungsrückstand zurück. Bei wiederholtem Eindringen des Niederschlags wird

abermals der Kalk zuerst an der Oberseite der Skelettstücke gelöst und dadurch das Wasser schon etwas an Lösungskraft geschwächt. So erreicht das langsam nach unten sickende Wasser die Unterseite der Schlacke zum Teil schon gesättigt, und es kann daher die bereits abgelagerten Kalke nur zum Teil wieder lösen. Deshalb werden die oberen Flächen immer kalkärmer und die unteren Flächen mit einer immer dicker werdenden Kalkschicht überzogen.

Durch die erwähnten Beobachtungen läßt sich im ganzen ein interessanter Vorgang der Bodenentstehung erkennen. Durch die Einwirkung der Verhüttung auf das Ausgangsgestein verändern sich die Statik und Dynamik des Bodens aus dem Kunstprodukt und somit auch das Bodenprofil. Daraus ist zu ersehen, daß die Veränderung eines Bodenbildungsfaktors wie des Muttergesteins genügt, um einen andern Bodentyp zu bekommen.

Zusammenfassung

Schlackenfunde einer alten Eisenverhüttung führten in das Gebiet der Mittleren Schwäbischen Alb, in den Bereich der Albvorberge. Um überhaupt die Probleme, welche mehr oder weniger mit der Verhüttung in Zusammenhang stehen, lösen zu können, mußte zunächst die Frage nach Art, Herkunft und Abbauggebiet des verwendeten Erzes beantwortet werden. Dazu wurden geologische Profile des Dogger β im Gelände aufgenommen, Erzproben gesammelt und chemisch untersucht sowie analoges Material über den geologisch-petrographischen Aufbau des Gebietes gesammelt. Dadurch konnte ein eindeutiger Zusammenhang zwischen den Schürfgruben und den Erzen festgestellt werden. Danach wurde eine Kartierung der Schürfgruben vorgenommen. Mit der Erfassung der Schürfgruben war nun ein topographisch begrenztes Gebiet festgelegt. Intensive Sucharbeit ermöglichte es, die dazugehörigen Verhüttungsanlagen festzulegen, diese sind nicht nach einem definierbaren System angelegt worden. Nach Abschluß der Vorarbeiten konnten mit Hilfe von Bohrungen und Grabungen die Schürfgruben, Schlackenhalden, Schmelzöfen, Kohlenmeiler und „Schlackenböden“ des Näheren untersucht werden. Die wichtigsten Ergebnisse seien in Stichworten zusammengefaßt:

1. Die Schlacken stammen aus einer frühgeschichtlichen Eisenverhüttung aus den Jahren zwischen 700 und 800 n. Chr. Damit ist der erste Beweis für eine lokale Eisengewinnung in der spätmerowingischen Zeit im südwestdeutschen Raum erbracht.
2. Bei der Verhüttung wurden Toneisensteine, chamosit- und eisenoolithhaltige Kalksandsteine und stark eisenhaltige Sandsteine des oberen Dogger β verwendet.
3. Die Erze wurden im Tagebau in Schürfgruben gefördert.
4. Die Schmelzöfen sind kleine Rennöfen aus Ton und wurden durch ein Gebläse mit künstlicher Luft in Feuer gehalten. Hierbei wurden Temperaturen bis zu 1300° erreicht.
5. Die Öfen wurden mit Erz und Holzkohle beschickt, wobei man nach der Schmelze eine Luppe gewann, welche durch eine stufenweise Reduktion der Fe-Oxyde bis zu metallischem Eisen entstand und die sich wegen des höheren Gewichts des Eisens über der Sohle des Ofens ansammelte.
6. Bei den über den Schlackenhalden entwickelten Böden handelt es sich um humuskarbonat-ähnliche, stark humose Skelettböden (Rendzina).

Literaturverzeichnis:

- H. ALDINGER, Eisenoolithbildung und rhythmische Schichtung im süddeutschen Jura. Geol. Jahrb. 74, 1957, 87–96.
- H. ALDINGER, Zur Entstehung der Eisenoolithe im Schwäbischen Jura. Zeitschr. d. Dt. Geol. Ges. 109, 1957, 7–16.
- H. ALDINGER und M. FRANK, Vorkommen und Entstehung der südwestdeutschen jurassischen Eisenerze. Neues Jahrb. f. Mineral., Geol. u. Paläont. 88 Abt. B, 1944, 293–336.
- P. FRITZ, Zur Geologie des Blattes Weilheim/T. (7323) (Dipl. Arb. a. d. Techn. Hochschule Stuttgart 1962).
- O. F. GEYER und M. P. GWINNER, Der schwäbische Jura. Slg. Geol. Führer 40 (1962).
- O. F. GEYER und M. P. GWINNER, Einführung in die Geologie von Baden-Württemberg (1964).
- W. HÜBENER, K. NATTER und R. ROEREN, Ein Töpferofen des frühen Mittelalters von Donzdorf (Kr. Göppingen). Fundber. aus Schwaben N.F. 16, 1962, 172–183.
- R. LEUENBERGER, Beitrag zur Kenntnis der Humuskarbonatböden und Rendzinen im Schweizer Jura (Diss. a. d. Techn. Hochschule Zürich 1950).
- E. LÖRCHER, Die Stratigraphie von Braun-Jura (Dogger) Beta und Ober- γ im südwestlichen Württemberg. Jahrb. d. Ver. f. vaterländ. Naturkde. in Württ. 95, 1950, 145–230.
- P. REINECKE, Bodendenkmale spätkeltischer Eisengewinnung an der untersten Altmühl. Ber. RGK 24/25, 1934/35, 128–233.
- H. S. WEBER, Zur Stratigraphie und Ammonithenfauna des Braunjura (Dogger) Beta der östlichen Schwäbischen Alb (Diss. a. d. Techn. Hochschule Stuttgart 1964).
- F. WERNER, Zur Kenntnis der Eisenoolithfazies des Braunjura Beta von Ostwürttemberg (Diss. a. d. Techn. Hochschule Stuttgart 1959).