

Zeitschrift: Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft
Herausgeber: Aargauische Naturforschende Gesellschaft
Band: 36 (2005)

Artikel: Das Bohnerz von Küttigen : Entstehung, Fossilien- und Mineraliengehalt
Autor: Wullschleger, Erwin
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-173106>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

ERWIN WULLSCHLEGER

Das Bohnerz von Küttigen – Entstehung, Fossilien- und Mineraliengehalt

Das Siderolithikum im Buchwald von Küttigen und in Erlinsbach ist heute, etwa 170 Jahre nach Einstellung des Erzabbaus, nur noch undeutlich feststellbar. Die letzten Spuren, vom Wald überwachsene Abraumhaufen und zeitweilig sichtbare Aufschlüsse, erlauben dennoch interessante Hinweise auf die Bildung des Siderolithikum.

Die siderolithischen Gesteine entstanden als festländische Rückstandssedimente in zumeist warmem, humidem bis semiaridem Klima und somit unter einer mehr oder weniger geschlossenen Vegetationsdecke. Entsprechend intensiv war der Stoffumsatz zwischen Pflanzen und Boden, den Untergrund eingeschlossen.

Das Siderolithikum ist recht gleichförmig aufgebaut; die drei hauptsächlichen Gesteine Bolus, Kalkknollen und Bohnerz im engeren Sinn enthalten alle Erz in unterschiedlicher Form und Menge.

- Der obenliegende Bolus besteht aus verschiedenen Tonarten und enthält gegen die Tiefe zu vermehrt Erzbohnen und vererzten Ton.
- Der vermutlich in stehenden Gewässern gebildete Süßwasserkalk enthält kein Erz. Die im Bereich des schwankenden Grundwasserstandes entstandenen Kalkknollen dagegen führen mehr oder weniger Erzbohnen oder sind wenigstens hämatitgefärbt.
- Das Bohnerz im engeren Sinn – Objekt des bergmännischen Abbaus – ist die unterste Schicht und ein ausgesprochener Rückstand der Auslaugung des Gesteins. Es ist mehr oder weniger kompakt und besteht aus Erzbohnen und vererztem Ton. Der wesentliche Teil des Eisens ist in den Erzbohnen enthalten. Vergleicht man die Menge des Eisens mit der Mächtigkeit der fehlenden Malmschichten, so erscheint es möglich, dass deren Eisengehalt zur Bildung des eozänen Erzes ausreichte.

Bei der relativen Gleichförmigkeit des Siderolithikum im Grossen sind die Unterschiede im Zentimeter- und Millimeterbereich dagegen beträchtlich: Krustenbildungen herrschen vor, was auf fliessendes und stehendes Oberflächenwasser und auf in die Tiefe sickerndes Wasser unter aeroben bis anaeroben Verhältnissen verweist. BAUMBERGER (1923) bemerkt, dass die Auslaugungsrückstände kaum irgendwo nicht umgelagert worden seien.

Aus dem recht häufigen Vorkommen von fossilem Holz in Erzbohnen der Kalkknollen und des Bohnerzes kann abgeleitet werden, dass es eine entsprechende Vegetation gegeben haben muss. Das Fundmaterial lässt auf einen artenreichen Wald schliessen. Die Bildung von Jahrringen in Holzgewächsen setzt ein Klima mit regelmässigen, differenzierten Jahreszeiten bzw. einen Wechsel zwischen regenreichen und trockenen Perioden voraus. Die offenbar rasche Mineralisierung des toten Holzes mit Limonit und Hämatit im Wasser und die Umschliessung mit einer mehr oder weniger dicken Kruste aus Brauneisenstein oder der Einschluss in Kalkknollen hat die Erhaltung der Mikrostruktur von Laub- und Nadelhölzern und von Monokotyledonen ermöglicht. Das Vorhandensein von Muscheln und Algenteilen verweist auf ein Gewässer.

Während der langen Entstehungszeit des Siderolithikum, aber auch später und bis heute, haben sich die Mineralien unter wechselnden Umständen gebildet, wieder aufgelöst und erneut gebildet. Alle diese Vorgänge sind teilweise gegenläufig, teilweise auch widersprüchlich.

1. Einleitung

Mit Wald überwachsene Abraumhaufen und Mulden sind die noch heute erkennbaren Spuren der früheren Bohnerzausbeutung im Lindgraben im Gemeindewald Küttigen. Sie weckten im Verfasser die Neugier, mehr über die geologische und mineralogische Vergangenheit dieser Gesteine zu erfahren. „Bohnerz“ ist ein bergmännischer Ausdruck und bezieht sich streng genommen allein auf das auszubeutende Eisenerz. Dessen Vorkommen schliesst aber noch andere Gesteine ein. In der Folge wird deshalb der umfassendere Name ‚Siderolithikum‘ – wörtlich übersetzt „Zeit der Eisen-Gesteinsbildung“ – verwendet.

Schon die erste Betrachtung von gesammelten Erzbrocken unter dem Binokular zeigte ein überraschendes Ergebnis: mineralisiertes Holz in Erzbohnen! Die genauere Untersuchung förderte dann ein reiches und vielfältiges Vorkommen von Fossilien, insbesondere von Holz, und von Mineralien zu Tage. Unentbehrliches Hilfsmittel war das Binokular, denn erst im Millimeterbereich kommen Vielfalt und Schönheit der Formen und Farben ganz zum Vorschein.

Die vorliegende Arbeit geht den Fragen nach, wie Bohnerz entstanden ist: Welche geologischen Vorgänge führten zu seiner Bildung? Welche Klimaverhältnisse herrschten damals? Lässt sich etwas über Flora und Fauna aussagen? Bisherige Kenntnisse aus der Literatur und neue Überlegungen werden diskutiert, aber eine Reihe von Fragen bleibt trotzdem offen. Wenn die Arbeit zu breiteren Untersuchungen Anlass gibt, hat sie ihren Zweck erfüllt.

2. Bohnerz in Küttigen und Umgebung

2.1 Aus der Geschichte der Bohnerzausbeutung

Eisenerzvorkommen unterschiedlicher Entstehung gibt es im Gebiet der Gemeinden Küttigen und Erlinsbach verschiedene. Im 18. und 19. Jh. ist in Küttigen – wohl im Lindgraben –, in Erlinsbach im östlichen Teil der Buchebene und am Trompeter, sowie am Hungerberg in Aarau Bohnerz ausgebeutet worden (Abb. 1). Der früheste Nachweis, auf Grund einer von der bernischen Obrigkeit ausgestellten Konzession, stammt aus dem Jahr 1722.

Am ergiebigsten war der Abbau in den Jahren 1740 - 1750 und etwa 1770 - 1790. 1800 nahm die helvetische Regierung das Bergwerk selbst in Betrieb, und nach 1803 erteilte der neue Kanton Aargau als Regalinhaber durch sein „Oberforst- und Bergamt“ Konzessionen an private Unternehmer. Bis etwa 1820 ging der Abbau weiter; er war aber rückläufig und stockend, unter anderem wegen mangelnder Rendite. Um 1860 wurden nochmals Konzessionen ausgegeben, die aber nicht mehr genutzt wurden.

Die Erzschicht liegt nahe der Oberfläche. Der Abbau des Erzes, das wegen seines geringen Gehaltes an Schwefel und Phosphor sehr geschätzt war, geschah meist im Tagbau, teilweise aber auch in Stollen. Wegen des stark absätzigen wechselhaften Vorkommens und des wenig rationellen und professionellen Vorgehens – das Ausmass des Erzvorkommens blieb weitgehend unbekannt! – war ein ökonomischer

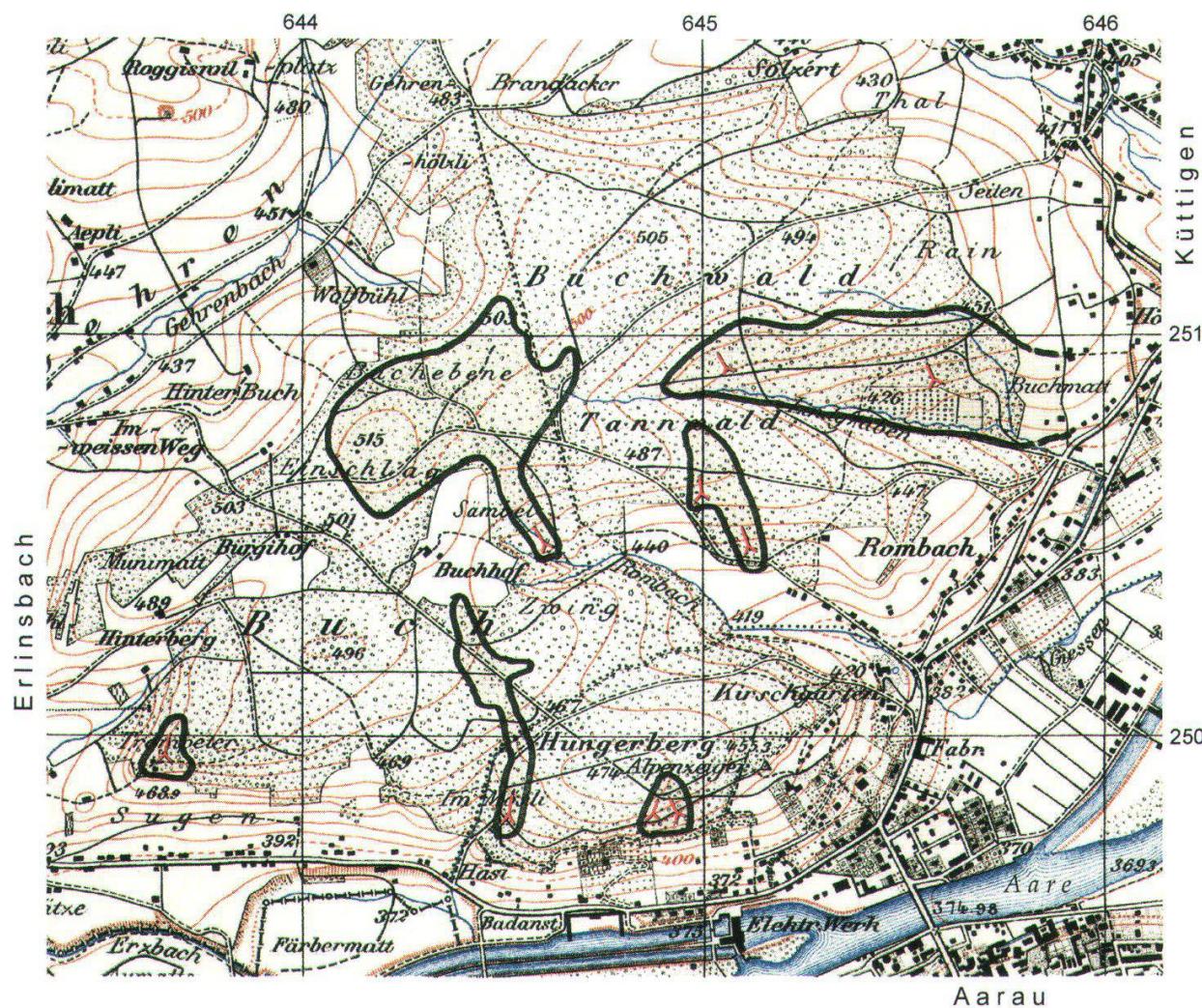


Abb. 1: „SIEGFRIEDkarte“ 1 : 25'000, Blatt Aarau, 1940 (nach MÜHLBERG 1908, BAUMBERGER 1923, DIEBOLD 1998 sowie eigenen Feststellungen).

Betrieb nur zeitweilig zu erreichen. Erzhaltige Kalkknollen wurden in der Nähe der Abbauorte als nicht verwertbar zunächst einmal weggeworfen, später im Waldwegbau als Schroppenmaterial verwendet, wo sie heute noch zu finden sind. Am Abbauort wurde das Erz auf Karren verladen, in den Bächen gewaschen und dann an die Aare gefahren. In der Nähe der Aabachmündung wurde es auf Schiffe verladen und zur Verhüttung in den Raum Laufenburg gebracht.

2.2 Das Küttiger Bohnerz in der älteren Literatur

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts, als der Bohnerzabbau in unserer Gegend noch im Gang war, erschienen mehrere geologische und mineralogische „Übersichten“, in denen auch auf das Küttiger, oder wie es oft genannt wurde, Aarauer Bergwerk eingegangen wurde: So 1811 die „Geognostische Übersicht der Schweiz nebst einem systematischen Verzeichnis aller in diesem Lande vorkommenden Mineralkörper und deren Fundörter“ von BERNOULLI und 1819 eine „Kurze Übersicht der einfachen Mineralien des Kantons Aargau“ von BRONNER & WANGER. 1844 – der Erzabbau war in unserer Gegend bereits eingestellt – erschien von BRONNER „Der Canton Aargau“. Darin wurden, gleichsam als Zusammenfassung der vorausgegangenen Publikatio-

nen, unter dem Titel „Naturhistorische Umrisse, Geognostische Verhältnisse“ auch die „Eisenstein-Bildungen im Jura“ dargestellt. Ein Unterschied zwischen terrestri schem, d.h. als Rückstandssediment auf dem Festland gebildetem Bohnerz und dem oolithischen, aus konzentrisch-schaligen Kugelchen aufgebauten Erz als Meeresab lagerung wurde damals noch nicht gemacht.

2.3 Der heutige Zustand

Der einst recht ausgedehnte Erzabbau ist heute nur noch am „bewegten“ Gelände, an den Mulden, Pingen genannt, und an den offensichtlich geschütteten Abraum haufen zu erkennen (Abb. 2). Die Stollen sind völlig eingefallen. Erzstücke finden sich im Bereich der Transportwege, besonders in der Buchmatt, die – heute eine Baumschule – öfters umgegraben wird.

Aufschlüsse des Siderolithikum sind selten und klein, an Bach- und Wegborden oder vorübergehend in Baugruben: So etwa im Gebiet ‚Hinterrain‘ und am – der Name sagt es! – Rotherdweg in Küttigen. Ein undeutlicher Aufschluss befindet sich in der Buchmatt. Auch in Stocklöchern, Maushaufen und im Auswurf von Dachsbauten lässt sich in ehemaligen Ausbeutungsgebieten siderolithisches Gestein nachweisen. Man findet Boluston, Kalkknollen und vereinzelte Erzbrocken und -bohnen. Da nur



Abb. 2: Im ehemaligen Ausbeutungsgebiet Lindgraben Ost (vgl. Abb. 1) sind die alten Abgrä bungen am Hang zu erkennen. Foto: W. SCHILL.



Abb. 3: Aufschluss „Gheld“ in Biberstein. Zuunterst liegt die stark zerrüttete Zone von Malmkalk, darüber eine nicht verfestigte Bohnerzlage. Es folgen eine weitere Zone von hellen Kalkbrocken mit Erzknollen und eine weitere Bohnerzlage. Foto: P. DIEBOLD.

wenig Material aus dem Anstehenden kommt und die ursprüngliche Lage in der Regel nicht genau bekannt ist, ist die Zuordnung zu einer bestimmten stratigraphischen Schicht nur beschränkt möglich. Das gilt auch für die Interpretation von Fundstücken.

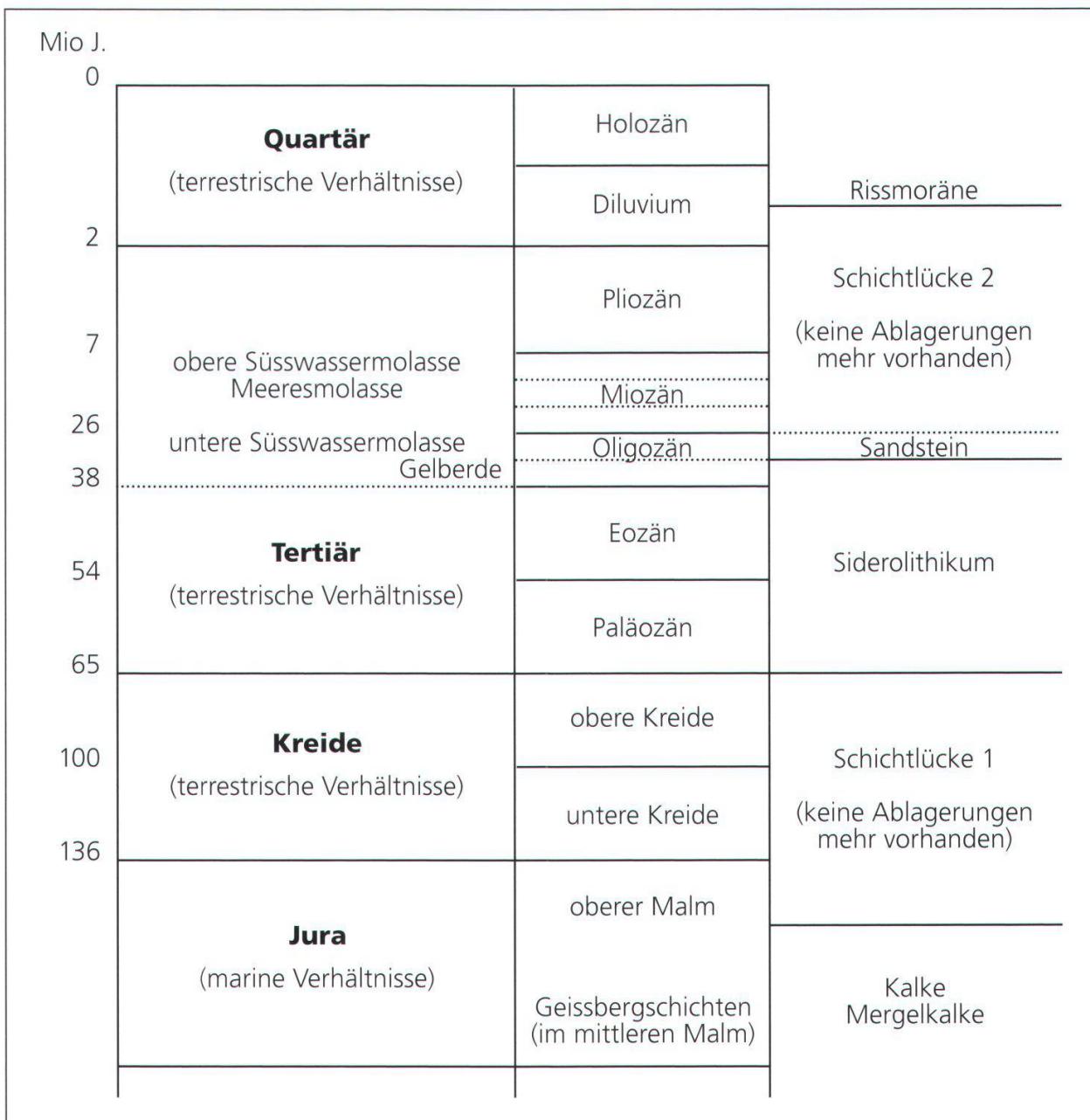
Bei einem vor kurzem erfolgten Straßenbau im Gebiet „Gheld“ in Biberstein ist ein ca. 50 m langer und 5 m hoher Aufschluss im Siderolithikum entstanden, der einen Vergleich ermöglicht. Die Veränderungen gegenüber der ursprünglichen Situation bei der Ablagerung scheinen geringfügig zu sein (Abb. 3).

3. Das Siderolithikum

3.1 Geologie des Siderolithikum in der Umgebung von Küttigen

Am Ende der Jurazeit ging die Herrschaft des Meeres in Mitteleuropa zu Ende. In der Kreidezeit und bis ins Alttertiär hinein, während mehr als 100 Mio. Jahren, war in der Nordschweiz und in Süddeutschland Festland.

Zwischen den Ablagerungen des mittleren Malm und des Alttertiärs klafft über einen Zeitraum von etwa 75 Mio. Jahren eine Schichtlücke (Taf. 1): In unserer Gegend wurden im Gegensatz zum westlichen Jura während der Kreidezeit keine bedeuten-



Taf. 1: Stratigraphisches Profil für das „Bohnerzvorkommen Küttigen“ (nach MÜHLBERG 1908, GEYER & GWINNER 1985, DIEBOLD 1998).

den Sedimente abgelagert (HOFMANN 1963/67, 1974, 1976). Dagegen sind – so ist anzunehmen – die Meeressedimente des oberen Malm zwar abgelagert, aber zu wesentlichen Teilen bis zu den Geissbergschichten im mittleren Malm hinunter, in einer Mächtigkeit von rund 100 m, während der Kreidezeit und insbesondere im Paläozän und Eozän erodiert und ausgelaugt worden. Auf dieser Karstlandschaft liegen diskordant, d.h. in unterbrochener Schichtfolge, die Rückstandssedimente des Siderolithikum (Abb. 4). Sie dürften grösstenteils im Alttertiär, genauer im Paläozän und Eozän, entstanden sein und wären demnach 40-60 Mio. Jahre alt. Über die Lage des ‚Siderolithikumlandes‘ ist nichts bekannt; sicher lag es im Bereich von Waldvegetation. Eine weitere Schichtlücke besteht im Bereich des Bohnerzvorkommens Küttigen, zwischen der unteren Süßwassermolasse und dem Diluvium, der Risseiszeit (Taf. 1).

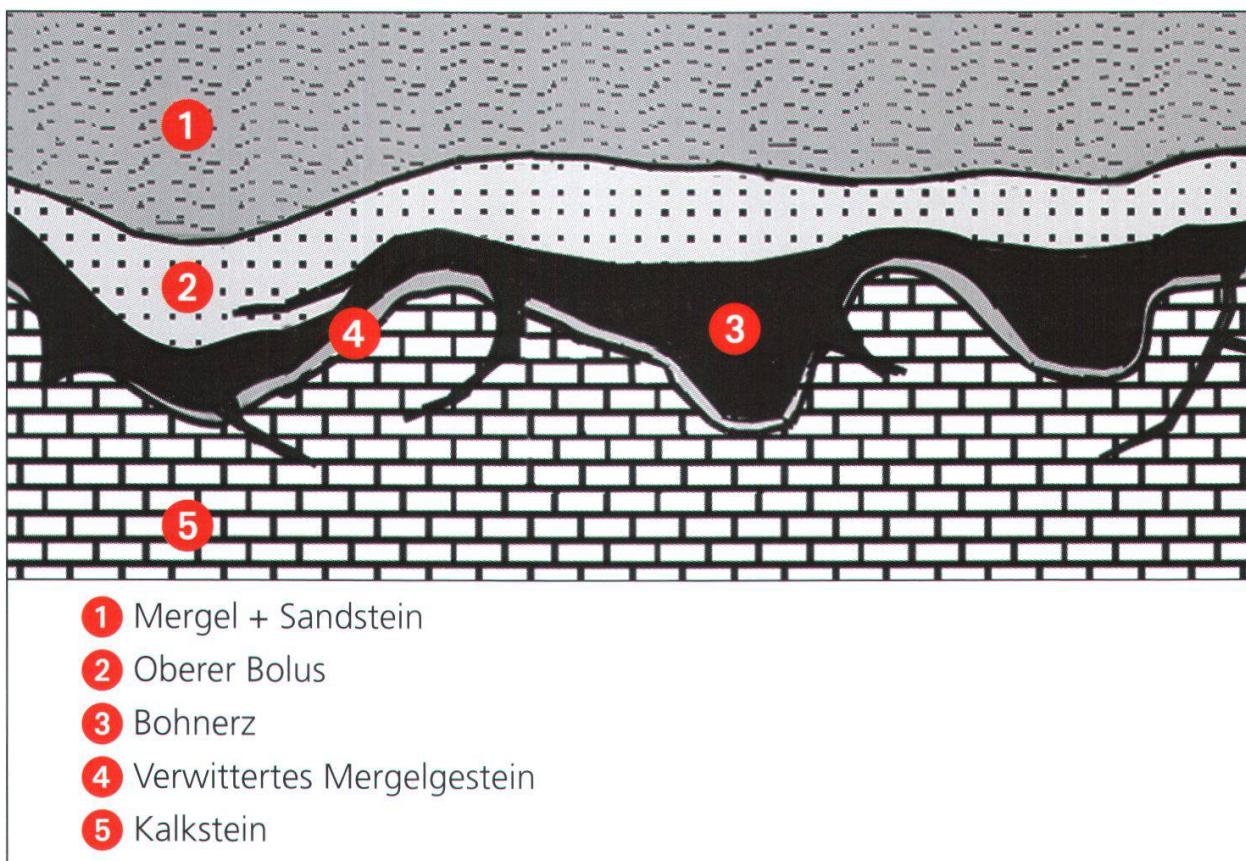


Abb. 4: Vertikalschnitt durch ein Bohnerzlager. Das Bohnerz liegt in den Taschen der karstartigen Verwitterungsoberfläche des Malm; darüber Bolus und Gelberde (nach NIGGLI 1952).

Auch hier ist anzunehmen, dass die fehlenden Schichten des oberen und mittleren Tertiär abgelagert, dann aber während des etwa 5 Mio. Jahre dauernden Zeitraums des Pliozän und des ältesten Diluvium wieder erodiert worden sind. Im Buchwald liegt deshalb auf grösseren Flächen über dem Siderolithikum direkt Grundmoräne der grossen Riss-Vergletscherung.

3.2 Gesteine des Siderolithikum

Allgemein gilt, dass die Gesteine des Siderolithikum ausgesprochen farbenprächtig sind und sich dadurch deutlich von den unter- wie den oberliegenden Schichten abheben. Vor allem sind es die hellgelbe bis braune Färbung des Limonit und die hell- bis dunkelrote des Hämatit – beides Mineralien, die schon in kleinen Mengen stark färben –, die das Farbenspiel bestimmen. Dazu treten das Weiss und Grau von Ton und das Schwarz der verschiedenen Krusten (Limonit in der Form von Brauneisenstein, Pyrolusit), gelegentlich auch Blau- und Grünerde. Die Farben wechseln häufig, besonders in den Details. Kein Handstück und kein kleiner Brocken gleicht dem anderen – unter dem Binokular ein faszinierendes Schauspiel an Formen- und Farbenpracht!

Die folgenden Beschreibungen der Gesteine beziehen sich vorab auf das Siderolithikum im Gemeindebann Küttigen, teilweise aufgeschlossen am Bach im Lindgraben, am Nordrand der Buchmatt, sowie in den zeitweilig offen gewesenen Baugruben am Hinterrain und am Rotherdweg.

Gelberde

Gelberde, ein gleichförmiges, dichtes Gemenge von hellgelbem Ton (Limonit) und feinem Quarzsand und -staub, ist im Aufschluss Buchmatt am oberen, nördlichen Rand zu erkennen. Sie kommt auch in weiteren Teilen des Buchwaldes vor, ist aber oft schwer von den Ablagerungen der Grundmoräne aus der Riss-Eiszeit zu unterscheiden, die sie überdecken oder mit denen sie vermischt ist. Sie enthält wenige Konkretionen von 1 bis ca. 5 mm mit einer dünnen dunkelgrau-schwarzen Kruste, deren Inneres wiederum aus Ton und Quarzsand besteht. Ausserdem findet man nuss- bis faustgrosse Knollen von Süsswasserkalk, der hellgrau bis fleckig braunrot gefärbt ist, was auf Hämatit hinweist. Limonit und Hämatit sind beides eisenhaltige Mineralien; Erzbohnen fehlen jedoch in dieser Schicht.

Aus dem Vorkommen von Gelberde und Süsswasserkalk-Konkretionen lassen sich Rückschlüsse auf das damalige Klima ziehen: Nach HOFMANN (1963/64, 1974, 1976) verweist es auf einen Wechsel vom tropisch-humiden Klima des Eozän zum semiariden Klima im untersten Oligozän.

Bolus

Unter der Gelberde, von dieser mehr oder weniger deutlich abgegrenzt, liegt der Boluston. Nach NIGGLI (1952) besteht Bolus aus feinsten „kaolinartigen Mineralien“ und anderen Tonerdehydraten (Kalkbauxit). Der Ton ist in trockenem Zustand sehr bröckelig, nass dagegen „ausserordentlich plastisch“.

Der Bolus ist von wechselnder Mächtigkeit und in sich in dünnen undeutlichen Schichten abgelagert (Abb. 5 & 6). Limonit und Hämatit färben ihn von fast rein



Abb. 5: Anstehender Bolus Im Lindgraben Ost. Die Wand ist ca. 1 m hoch. Unter der relativ dünnen Humusdecke erscheint in Schichten abgelagerter Boluston. Foto: W. SCHILL.

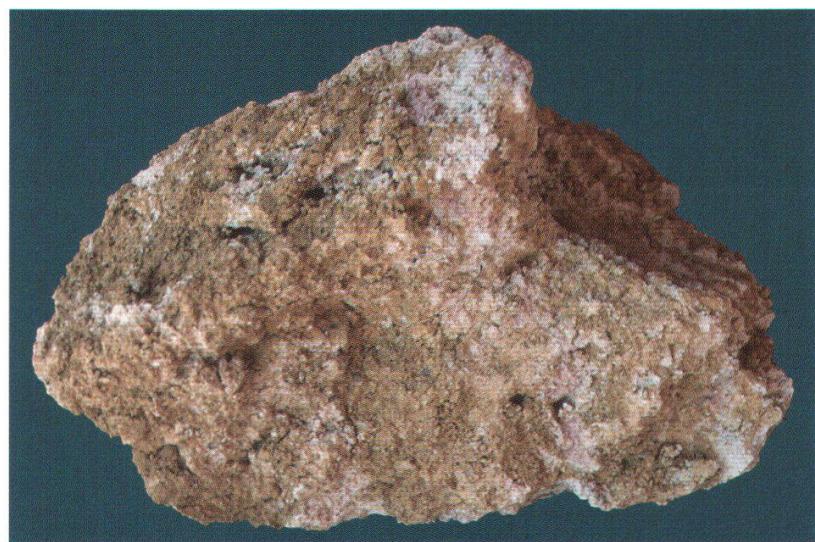


Abb. 6: Aus dem Vorkommen Lindgraben Ost stammt dieser stark limonit- und hämatitgefärbte Boluston. Foto: W. SCHILL.

weiss über gelb bis braun- und tiefrot. In hämatitreichen Zonen haben sich bis faustgrosse Erzkonkretionen gebildet. In den oberen aufgeschlossenen Schichten fehlen sie fast völlig, gegen die Tiefe hin nehmen sie zu. Vom Bolus sind nur diese untersten, erzreichen Schichten abgebaut worden.

Im Aufschluss Biberstein (Abb. 3) findet man den Bolus nicht als Schicht, sondern nur als hellgrauen bis grünlichblauen Ton im Bereich des zerrütteten Kalks. Es dominiert hämatitreicher Ton.

Kalkknollen

In nicht ursprünglicher Lage sind nuss- bis faustgrosse, hellgrau bis dunkelrot gefleckte Kalkknollen mit oft beträchtlichem Tonanteil zu finden. Darin eingelagert sind in wechselnder Zahl Erzbohnen von 1 bis 10 und mehr mm Durchmesser (Abb. 7). In welchem Niveau und unter welchen Umständen sie gebildet wurden und wie weit sie identisch sind mit dem Süßwasserkalk der Gelberde, ist unklar. Vermutlich sind sie aber im Bolus, im Bereich von Grundwasserschwankungen entstanden.

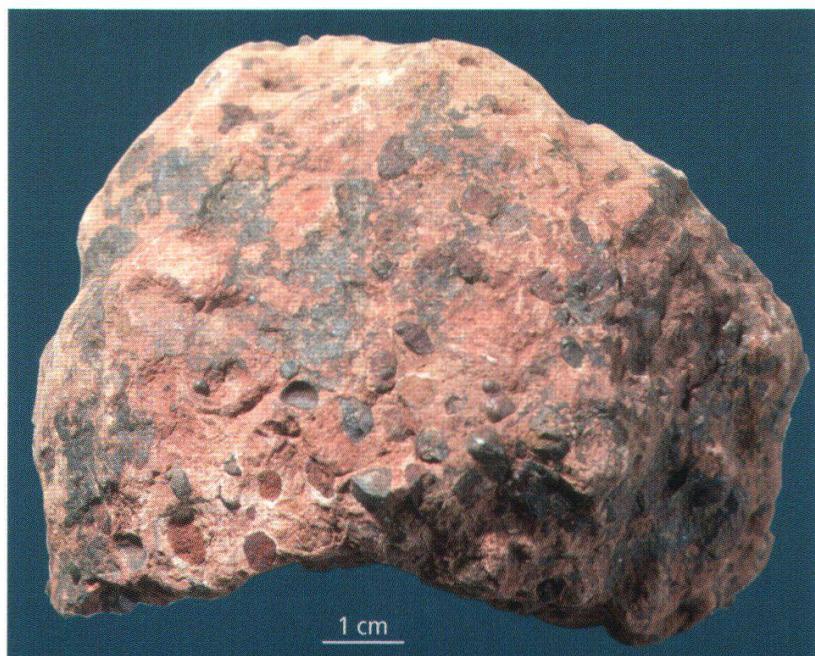


Abb. 7: Kalkknolle mit zahlreichen Erzbohnen. Selbst wenn diese Knollen reichlich Erzbohnen enthielten, konnten sie wegen ihrer Zähigkeit nicht genutzt werden. Foto: W. SCHILL.

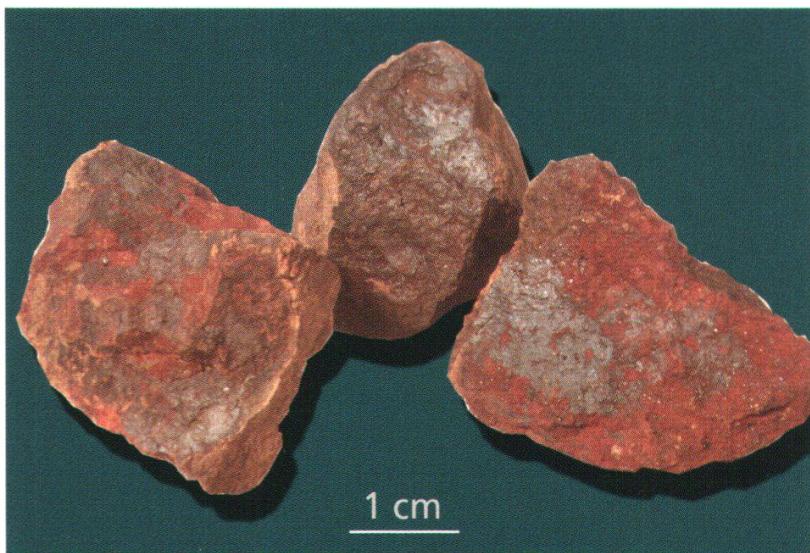


Abb. 8: Diese Erzbrocken bestehen aus hämatitreichem Ton und Quarzsand und -staub. Als Einschlüsse findet man bisweilen Fremdkörper, z.B. fossilisiertes Holz. Foto: W. SCHILL.



Abb. 9: Erzbohnen aus der Nordostecke der Buchmatt mit Durchmessern von 1 bis 30, im Mittel um 5 mm. Manchmal sind kleinere Erzbohnen mit eingeschlossen. Foto: W. SCHILL.



Abb. 10: Die vielen Erzbohnen in diesem aufgeschnittenen Stück Bohnerz hätten einen Abbau gelohnt. Foto: W. SCHILL.

Im Aufschluss Biberstein (Abb. 3) kommen bis gut faustgrosse Kalkknollen in verschiedenen Lagen vor. Die darin enthaltenen Erzbohnen bestehen meist aus Brauneisenstein oder einem Gemisch aus Hämatit, Limonit und Quarzstaub und sind stets von einer deutlichen Kalkkruste umgeben. Die Kalkknollen sind so erreich, dass man auch von Erzknollen sprechen könnte.

Quarzsand und Quarzstaub

Ein wichtiger, aber meist unauffälliger Gemeneteil in allen Gesteinen des Siderolithikum sind Quarzkörner und Quarzstaub von 0,1 bis 1 mm Durchmesser. Es sind wasserklare bis leicht gefärbte oder als ‚Milchquarz‘ undurchsichtige, stets gerundete Quarzbildungen. Oft sind die Körner mit einem feinen, goldglänzenden Belag von Limonit umgeben. Sie stammen wohl vorab aus den Malmkalken und -mergeln.

Eisenerz

Verhüttbares Eisenerz erscheint im Küttiger Ausbeutungsgebiet in drei Formen: Als Erzkonzentrationen im Bolus (Abb. 8), sodann als Bohnerz im engeren Sinn (Abb. 9 & 10) und als Krusteneisenerz (Abb. 11).

Bohnerz im engeren Sinn

Hier sind zwei Formen zu unterscheiden:

Freiliegende Erzbohnen im Bolus und in Kalkknollen eingewachsene erscheinen dunkelgrau bis schwarz mit einer in dünnen Schichten angelegten Kruste von Brauneisenstein (Abb. 9). Im Inneren findet man Ton-Quarz-Gemenge, hellgelb limonitgefärbt, oder tiefrot bis braun je nach Hämatitgehalt. Gelegentlich kommen auch tiefschwarze magnetithaltige Gemenge vor.

Zu festen Massen zusammen gepackte Erzbohnen bildeten die tiefliegende Erzschicht (Abb. 10). Sie bestehen nahezu ausschliesslich aus konzentrisch-schalig ausgeschiedenem Brauneisenstein und enthalten um 45 Gewichts-% Eisen (BAUMBERGER 1923, HOFMANN 1976). Die Matrix ist hämatitischer Ton.

Zusammen mit den Konkretionen von stark vererztem Ton im Bolus waren diese Erzbohnen das erste Ziel der Ausbeutung. Ausdehnung, Mächtigkeit und Zugänglichkeit der Schicht entschieden über die Rentabilität. Heute ist die Erzschicht nirgends aufgeschlossen, höchstens andeutungsweise in der nordöstlichen Ecke der Buchmatt.

Die beiden unterschiedlichen Erzformen haben auch eine unterschiedliche Entstehungsgeschichte:

- Erzbohnen wie sie im Bolus und in den Kalkknollen (Abb. 7 & 9) zu finden sind, entstehen nach RAMDOHR & STRUNZ (1967) bei niedriger Temperatur oder bei schneller Ausfällung im Wasser. Es ist deshalb anzunehmen, dass diese Form entweder unter einer Vegetationsdecke oder im offenen Wasser, in Tümpeln mit sauerstoffarmem, aber eisenreichem Wasser ohne lange Transportwege entstanden ist. Aus der dünnen Brauneisensteinhülle der Erzbohnen kann geschlossen werden, dass das verhältnismässig rasch vor sich gegangen ist.
- Die Erzbohnen unter dem Bolus, die dicht zusammen gepackt die eigentliche Erzschicht bilden (Abb. 10), sind als Ausfällungen eisenreicher Lösungen – zumeist ausgehend von einem kleinen Fremdkörper – entstanden. Das wird im Bereich von Grundwasserschwankungen geschehen sein, ausgelöst durch Veränderungen der Lösungskonzentration und andere Umstände. Diese Vorgänge müssen viel Zeit beansprucht haben: Die Eisenlösungen sickerten langsam nach unten; die konzen-

trisch-schalige Struktur der Erzbohnen weist zudem darauf hin, dass die Anlageung des Brauneisensteins zeitweilig unterbrochen war.

Krusteneisenerz

Die Fundstelle in der Buchmatt liegt unter dem Niveau der Gelberde und stösst nach unten an das Bohnerz im engeren Sinn. Im einzelnen zeigen die Brocken ein vielfältiges Bild von dünnen Schichten Siderit mit Hämatit, in Wechsellagerung mit Limonit (Abb. 11). Der Siderit ist porös aber fest, der Limonit dagegen sehr weich. Beide sind oft in sich verfaltet. Kalk fehlt.

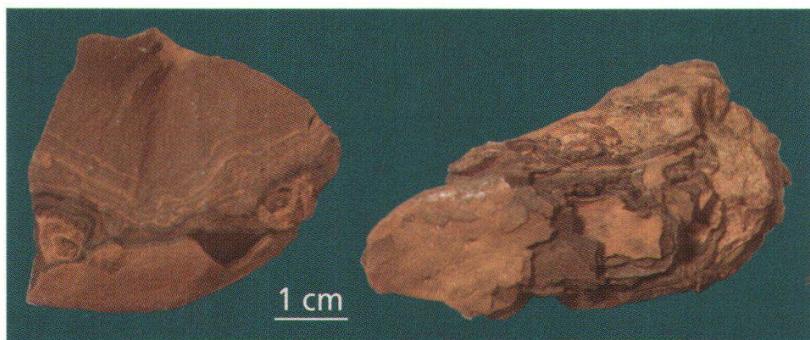


Abb. 11: Krusteneisenerz aus der Nordostecke der Buchmatt. Es dürfte in unserem Vorkommen eher selten gewesen sein. Foto: W. SCHILL.

3.3 Bedingungen für die Entstehung von Erzlagern

In seiner Arbeit von 1962 stellt SCHNEIDERHÖHN die für die Erzbildung nötigen Klimabedingungen anschaulich dar. Zusammenfassend lässt sich folgendes sagen: Eisenhaltige Gesteine werden bei der Verwitterung zerlegt. Wenn Wasser und Sauerstoff vorhanden sind, entsteht Eisenhydroxid. In tropischem bis subtropischem Klima gibt das Eisenhydroxid nach und nach seine Hydroxylgruppen ab. Über Limonit und weitere Mineralien entsteht schliesslich das Eisenoxid Hämatit.

Bei der Bohnerzbildung in warmem tropischem oder subtropischem Klima gehen nach R. BACH (Vorlesung Bodenkunde, ETH Zürich) die Eisenhydroxide wie folgt auseinander hervor (Taf. 2):

Solche Umwandlungen ließen wohl bei der Bildung des Siderolithikum und in der Folge bis heute ab. Unter dem heutigen, gemässigt warmen, humiden Klima kommt es indessen wieder zu einer Umwandlung von Hämatit in Limonit. Darauf verweist das Vorkommen von offensichtlich rezentem Limonit auf Hämatit.

Ob und in welcher Form Eisenerz ausfällt, entscheiden unter anderem Säure- und Sauerstoffgehalt des Bodens, Temperatur, Wassermenge, Verdunstungsgrad. In dichten tonigen Gesteinen bilden sich um gewisse Kerne herum konkretionsartige Massen von der Art der Bohnerze, während sich das Eisenhydroxid bei Anwesenheit von Quarzsand und Tonpartikeln oft zu kleinen Knollen zusammenfügt, woraus schliesslich ebenfalls Erzbohnen entstehen können. Unter günstigen Bedingungen fällt bei Vorhandensein von eisenreichem Grundwasser Krusteneisenerz aus. Beide Formen finden wir im Bohnerz von Küttigen.

Nach SCHNEIDERHÖHN (1962) ist das Bohnerz in tropisch-semiaridem Klima, d.h. mit zeitweiligen Trockenzeiten, gebildet worden. Verschiedene Fundstücke fossilen Holzes, wie sie im vierten Kapitel vorgestellt werden, untermauern seine Ansicht: Die Holzstücke zeigen Jahrringe oder ähnliche Strukturen, wie sie nur in einem Klima mit regelmässigen Jahreszeiten entstehen konnten.

$\text{Fe}_2(\text{OH})_6 \times \text{H}_2\text{O}$	Kolloidales Ferrihydroxid
$\text{Fe}_2(\text{OH})_6 = \text{Fe}(\text{OH})_3$	Limonit, Ocker, brauner Glaskopf, Brauneisenstein
	Alterung und weitere Zwischenstufen
$\text{Fe}_2\text{O}_2(\text{OH})_2$	Goethit, Lepidokrokit
	Völliger Verlust der Hydroxylgruppe
Fe_2O_3	Hämatit, roter Glaskopf

Taf. 2: Entstehung und chemische Struktur der Eisenoxide.

SITTNER (1965) versuchte anhand von Pollen- und Sporenanalysen eine Rekonstruktion der im Alttertiär herrschenden Klima- und Vegetationsverhältnisse: Demnach betrug die mittlere Jahrestemperatur im Paläozän 20°C, das Klima war tropisch-humid. Im Eozän stieg die Temperatur auf 21-22°C. Im Oligozän sank sie auf 18-20°, und es wurde trockener (semiarid). (Zum Vergleich: Nach TSCHOPP (1961) lag die mittlere Jahrestemperatur in unserer Gegend zwischen 1901 und 1951 bei 8,5°C) Aufgrund dieser Untersuchungen nimmt SITTNER eine artenreiche, mehr oder weniger geschlossene Waldvegetation an, die die mechanische Erosion beträchtlich vermindert, die chemische Erosion durch Auswaschung des Bodens hingegen begünstigt hätte.

3.4 Fragen zur Entstehung des Siderolithikum

Die mutmasslichen Umstände der Entstehung des Siderolithikum sind 1919 von HEIM und in neuerer Zeit von SITTNER (1965) unter anderem für den Rheintalgraben und von HOFMANN für die Gegend Schaffhausen (1963/67, 1974 und 1976) dargestellt worden. Die dort gemachten Feststellungen gelten aber auch für unser Gebiet. Die folgenden zitierten Auszüge von HEIM und HOFMANN zeigen unterschiedliche Auffassungen über die Zeit und die Umstände der Entstehung.

HEIM (1919) beschreibt die Entstehung auszugsweise folgendermassen: „Dafür, dass die Bohnerzformation ein festländischer Verwitterungsrückstand ist, sprechen außer ihrer Zusammensetzung noch folgende Erscheinungen: Stets füllt sie Auslauflöcher. Stets fehlt an Stelle des Bohnerzes wenigstens ein Teil der Kreide [von Biel an westwärts. Anm.d.Verf.] und meistens des Jurakalkes. Die Bohnerzbildung liegt an Stelle verschwundener, zum Teil kieslig toniger, sandiger und eisenschüssiger Kalksteine. Letzte Reste der verschwundenen Schichten, stark erodiert, liegen noch in den Taschen ...“

Die Zusammensetzung der Bohnerzbildung stimmt überein mit dem, was die darüber fehlenden Schichten als schwer lösliche Rückstände liefern mussten. Der Malmkalk lieferte feinen Kiesel, Ton und Limonit, die pyritreichen Gaultmergel erzeugten eisenschüssige Tone, der Grünsand des Albien lieferte reine Quarzsande und Eisen, das obere Valangien Limonit usw. Die Ausbildung der Erzbohnen ist ohne Zweifel ein nachträglicher Konkretionsvorgang, nach unten durch die Schwere des gelösten Eisens befördert. Die Erzkörper sind grossen Eisenoolithen zu vergleichen..... [Gault, Albien und Valangien sind Kreideschichten, die in Küttigen und in der weiteren Umgebung nicht vorhanden sind. Anm.d.Verf.]

Der sich häufende Bolus wurde mehr und mehr zu einer undurchlässigen Unterlage, und so ist es einleuchtend, dass auf Vertiefungen des eozänen Festlandes sich Süßwassertümpel bilden mussten. Dem entsprechen die dünnen, linsenförmigen Lagen von Süßwasserkalken reich an eozänen Schneckenschalen, die an einigen Stellen in verschiedenen Höhen im Bolus, besonders aber als Dach desselben auftreten. Der Bolus, der noch über den Süßwasserkalken liegt, kann nicht *in loco* entstanden sein, er muss herbeigeschwemmt worden sein.....

Alle bisher bekannten Erscheinungen der Bohnerzformation lassen sich am besten erklären als tropischer Auslaugungsrückstand der Gesteinsunterlage während einer eozänen Festlandsperiode, der teils *in loco* entstanden ist, teils mehr oder weniger zusammengeschwemmt wurde."

HOFMANN (1976) stellt den Sachverhalt ebenfalls einleuchtend dar: „Zu Ende der Jurazeit hob sich das Gebiet der Nordschweiz und Süddeutschlands und damit auch das Hochrheingebiet über den Meeresspiegel heraus. Die Küste wich nach Süden zurück, und auf dem herausgehobenen Gebiet herrschten während der gesamten Kreidezeit und bis ins Alttertiär, d.h. während rund hundert Millionen Jahren terrestrische Verhältnisse bei tropischem Klima und ohne nennenswerte Sedimentation. Auf der Festlandoberfläche entstanden bei kräftiger und chemisch aggressiver Auslauferwitterung Roterdeböden, teilweise als Rückstandsbildungen der obersten Juraschichten, teilweise aus periodisch durch Flüsse zugeführtem Material. Die sich entwickelnden Rückstandssedimente sind aber nur geringmächtig und oft in Schratzen und tiefen Spalten der verkarsteten Jurakalkeoberfläche zusammengeschwemmt. Ursprünglich illitische [=silikatische Anm.d.Verf.] Tone wurden durch Wegfuhr von Kieselsäure zu tonerdereichenen Kaoliniten, erhalten als Bolustone. Eisenhydroxyde wurden in Form von Bohnerzen wieder ausgeschieden..... Die Bildungen des Siderolithikum entstanden während der Kreidezeit und vor allem im Alttertiär.“

Unbestritten ist die Entstehung von Roterdeböden im Paläozän und im unteren und mittleren Eozän bei humid-tropischen, wie auch im oberen Eozän und unteren Oligozän bei semiariden Klimaverhältnissen. Die unterschiedlichen Temperaturen und die wechselnde Feuchtigkeit hatten Auswirkungen auf die Bodenbildung: Das oberflächennahe Gestein verwitterte, sein Zusammenhalt löste sich, und es kam zur chemischen Auflösung der gesteinsbildenden Mineralien. Die Kalksedimente wurden ausgelaugt und gelegentlich in Knollen wieder ausgeschieden, darin eingeschlossen Erzbohnen, Tonklümpchen und Quarzsand. Das vorhandene Eisenhydroxid wurde in tiefere Schichten verlagert, wo durch Konzentration das Bohnerz im engeren Sinn entstand. Auch die Ablagerung der teilweise bedeutenden Massen von Boluston in

unserer engeren Umgebung – nach MÜHLBERG (1908) 7½ bis 9 m mächtig – gehört zu diesem während mindestens 30 Mio. Jahren dauernden Prozess der Auslaugung und Rückstandsanreicherung, kurz, der Entstehung des Siderolithikum. Ganz ähnliche Abläufe – Verkarstung und Bildung von Roterdeböden – sind heute in subtropischen Klimazonen wie etwa im Mittelmeerraum zu beobachten.

Zu diskutieren ist hingegen die Frage: Was geschah während der 70 Mio. Jahre dauernden Kreidezeit, von der in unserer Gegend keinerlei Ablagerungen vorhanden sind? Während HEIM von einer eozänen Bildung spricht, nimmt HOFMANN eine frühere Entstehung des Siderolithikum in der Kreidezeit und im Alttertiär an. Nach HEIM ist der Bolus teils am Ort entstanden, teils mehr oder weniger in Muldenlagen zusammengeschwemmt worden. HOFMANN (1976) postuliert durch Auslaugungsverwitterung entstandene Roterdeböden, „teilweise als Rückstandsbildungen der obersten Juraschichten, teilweise aus periodisch durch Flüsse zugeführtem Material“. Welches Gewicht hat das „Zusammenschwemmen“ gegenüber der „Rückstandsbildung“? Die Fachleute sind sich nicht einig; die Frage bleibt offen.

3.5 Was sind Rückstandssedimente?

Nach dem Wortlaut sind es die aus der chemisch-physikalischen und biologischen Verwitterung eines Gesteins – hier der Malmkalke und -mergel – am Ort zurückbleibenden Massen, nachdem ein Grossteil der ursprünglichen Gesteine weggeführt wurde. Zurück blieben in unserem Fall vorab schwer lösliche Mineralien wie Silikate und Schwermetalle, während die leicht löslichen Kalkminerale abtransportiert wurden. Es handelt sich also um Separierungs- und Konzentrationsprozesse, die unter besonderen Umweltbedingungen abliefen und über sehr lange Zeiträume hinweg andauerten.

Drei Beispiele sollen das verdeutlichen:

1. Die beiden Mineralien Limonit, ein Eisenhydroxid, und Hämatit, ein Eisenoxid, die die Färbung von Bolus und Bohnerz bestimmen, waren in den Malmkalken und -mergeln in so geringen Mengen vorhanden, dass sie diese Gesteine kaum zu färben vermochten. Neben Limonit und Hämatit waren auch Pyrit und Markasit, zwei Eisensulfide, Träger des Eisens. Es musste folglich ein intensiver Konzentrationsprozess des Eisens in die beiden stark färbenden Mineralien Limonit und Hämatit abgelaufen sein.
2. Wie bedeutend die Konzentrations- und Umwandlungsprozesse im Verlauf der Bildung der Rückstandssedimente waren, zeigt die Darstellung in Abb. 12.
3. Bohnerz enthält auch Spuren- und Schwermetalle wie Vanadium, Arsen, Kupfer, Blei, Nickel und Kobalt (SCHNEIDERHÖHN 1962). HEIM (1919) erwähnt Titan, Chrom und Vanadium für das Delsberger Bohnerz. MAGGETTI & GALETTI (2000) stellen das gleiche für einen Boluston in Matzendorf SO fest. Diese Elemente wurden in ähnlichen Vorgängen wie das Eisen konzentriert und ausgefällt.
- B. FREY (schriftl. Mitt. 2001) untersuchte das Küttiger Bohnerz auf das hier neben Eisen bedeutendste Schwermetall Titan. Bemerkenswert ist, dass sich Titan nicht zusammen mit dem Eisenmineral Hämatit in den Erzbohnen, sondern in den Zwischenbereichen abgelagert hat (Abb. 13).

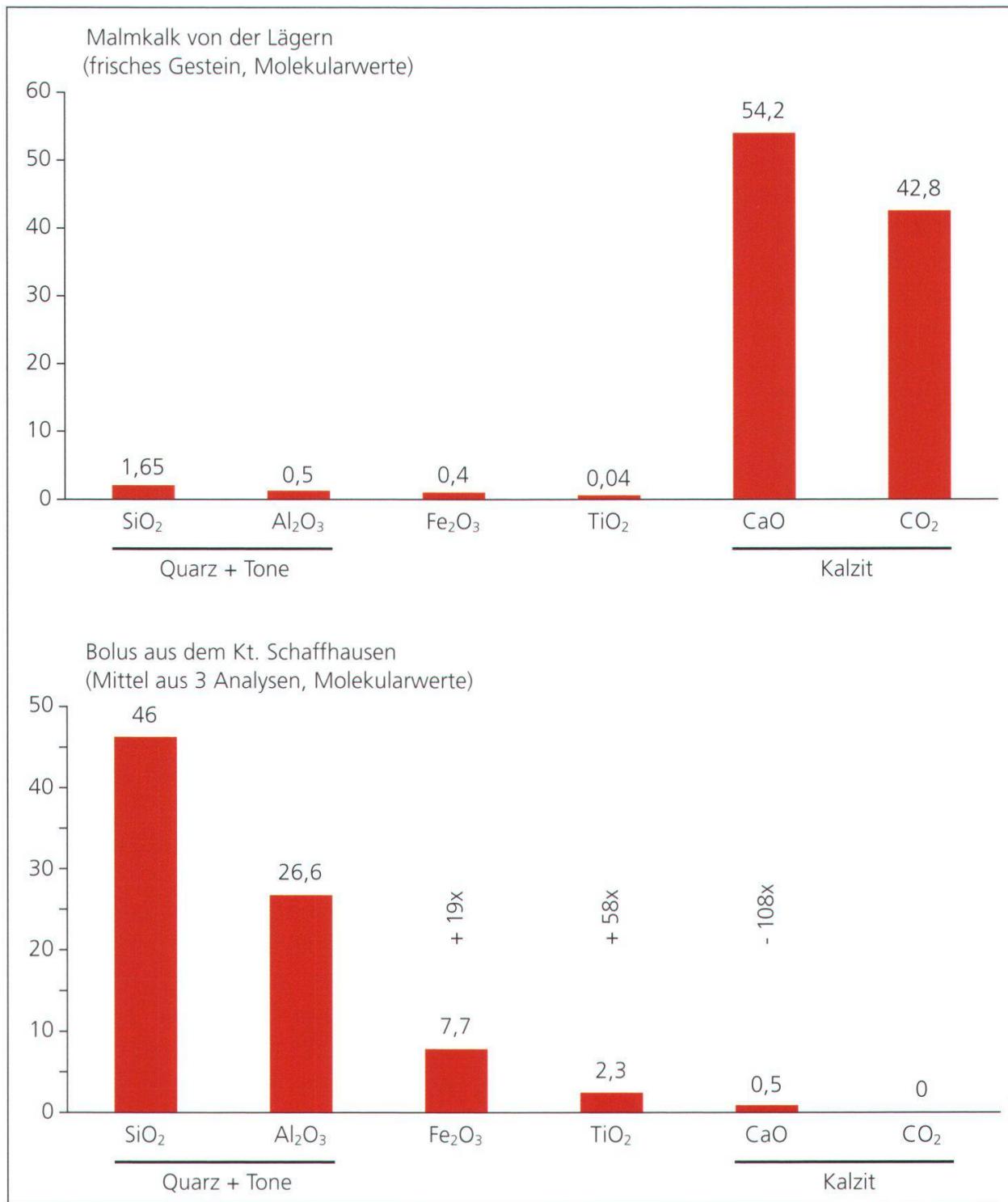


Abb. 12: Der Vergleich zwischen einigen ausgewählten Mineralien in Malmkalk (oben) und Bolus zeigt anschaulich die Umlagerungsprozesse (unten). (nach NIGGLI 1952)

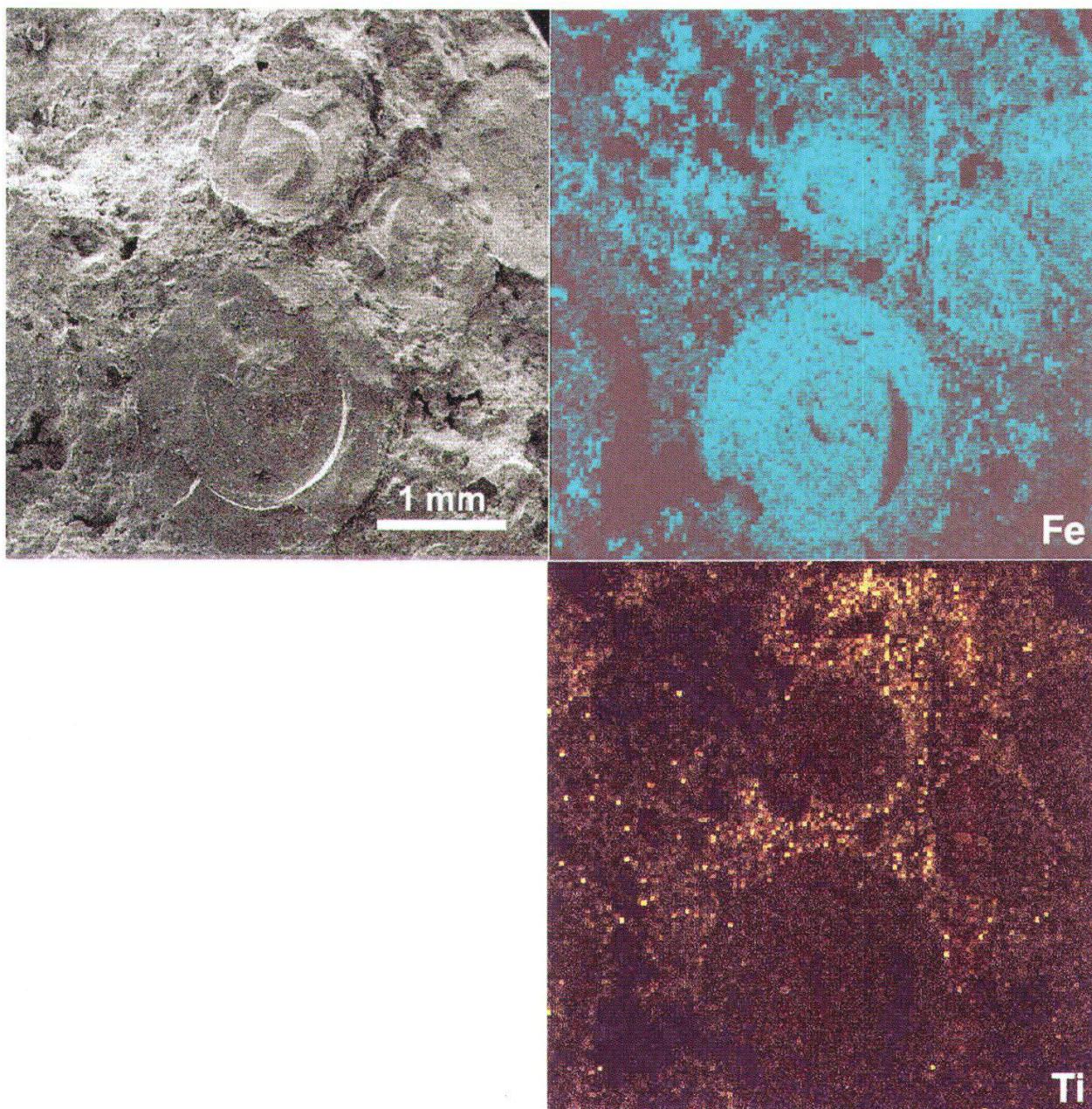


Abb. 13: Links sind die runden Erzbohnen zu sehen, die vorwiegend aus Eisen (blau) bestehen (Mitte). Titan (gelb) lässt sich – zusammen mit Eisen – in der dazwischen liegenden Matrix nachweisen (unten). (Rasterelektronenmikroskop, Messbalken = 1 mm)

4. Fossilien im Siderolithikum

4.1 Erwähnungen in der Literatur

In der älteren Literatur – u.a. HEER (1879), MÜHLBERG (1908) und HEIM (1919) – wird eine reiche Fauna des Eozän aufgeführt. Es handelt sich um Schnecken und vor allem um Zähne und Knochen von Landwirbeltieren. Als ergiebige Fundorte für Reste kleiner Säugetiere werden in unserer weiteren Umgebung u.a. Egerkingen, Oberbuchsiten und Obergösgen genannt. Küttigen, Erlinsbach und Aarau fehlen. Von der zweifellos vorhandenen vielfältigen Flora werden dagegen lediglich Armleuchteralgen aus dem Süßwasserkalk von Delsberg erwähnt.

In seiner Arbeit von 1965 hat SITTLER u.a. mit Hilfe von Sporen- und Pollenanalysen das mutmassliche Vegetationsbild für das oberste Eozän aus dem Rheintalgraben rekonstruiert: Es müssen artenreiche, je nach örtlichen Gegebenheiten unterschiedlich zusammengesetzte und mehr oder weniger geschlossene Wälder gewesen sein. SITTLER stellte ausserdem nach klimatischen und ökologischen Gesichtspunkten differenzierte Florentypen auf.

MÄGDEFRAU (1968) beschreibt die Braunkohlewälder des Geiseltals bei Halle aus dem mittleren Eozän als reiche Flora mit Gymnospermen (Ginkgo, Coniferen), Monocotyledonen (Cyperaceen, Gramineen, Palmen) und Dicotyledonen (Fagaceen und andere Laubbäume) und postuliert ein tropisches, mindestens aber subtropisches Klima.

4.2 Fossilien im Siderolithikum von Küttigen

Wieweit die von MÄGDEFRAU beschriebenen Verhältnisse auch auf unser Gebiet zu treffen, bleibt offen, da es im schweizerischen Siderolithikum keine Braunkohle gibt. Umso grösser war deshalb für den Verfasser die Überraschung, in den Erzbohnen der Kalkknollen wie des Bohnerzes recht häufig, wenn auch durchwegs im Millimeterbereich, Stückchen von fossilem Holz und anderem Pflanzengewebe in mineralisiertem Zustand zu entdecken. Auch eine Muschel, eine Schnecke und ein Holzinsekt – diese sicher zufällig – kamen zum Vorschein.

Fossiles Holz und anderes Pflanzengewebe

Die in den Abb. 14 - 23 dargestellten Fundstücke stammen alle aus der Buchmatt. Da die Holzstückchen in der Regel in einer Erzbohne eingeschlossen und vollständig mineralisiert sind, ist oft die Holzstruktur bis ins Detail zu erkennen. Doch schon die Unterscheidung in Nadel- und Laubholz wird je nach Erhaltungszustand schwierig, und eine Bestimmung nach Arten ist unter den gegebenen Umständen nicht möglich. Oft genug kann nur von ‚Holz‘ gesprochen werden. Es wäre aber aufschlussreich, mit Hilfe von Quer-, Längs- und Tangentialschnitten eine Bestimmung zu versuchen und mit eozänen Material zu vergleichen. So liessen sich die Klima- und Standortverhältnisse zum Zeitpunkt der Fossilisation näher beschreiben. Weiterführende Untersuchungen sind unternommen worden, verliefen aber negativ.



Abb. 14: Mit Brauneisenstein vererztes Zweigstück. (35x)
Foto: J. KÄLIN.

Abb. 15: In einer Erzbohne einer Kalkknolle kam hämatitvererztes Nadelholz zum Vorschein. (34x) Foto: B. FREY.



Abb. 16: Dieses Stück Nadelholz in einer Erzbohne wurde von Limonit goldgelb imprägniert. (50x) Foto: J. KÄLIN.



Abb. 17: Ein schönes, limonitvererztes Stück Nadelholz in einer Kalkknolle. (16x) Foto: J. KÄLIN.



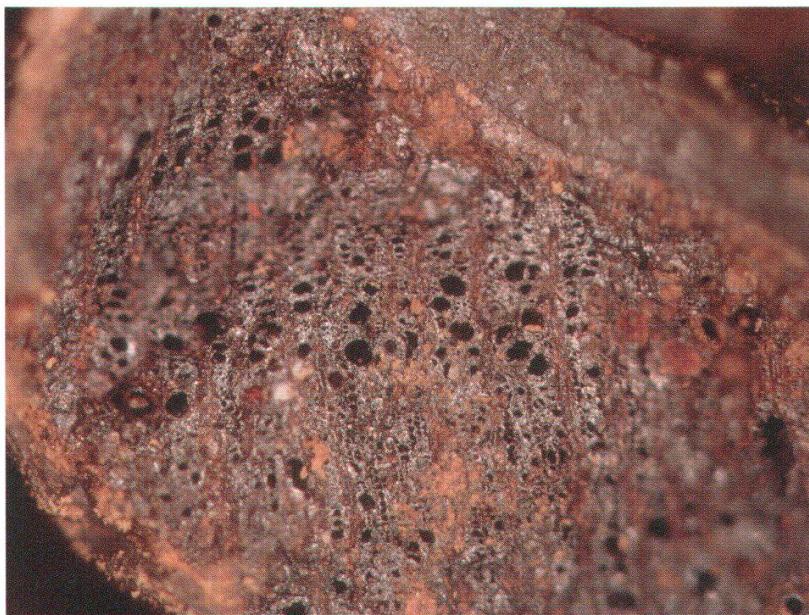


Abb. 18: Das zerstreut bis halbringporige Laubholz ist von Hämatit in vielen Rottönen gefärbt. (35x) Foto: W. SCHOCH.

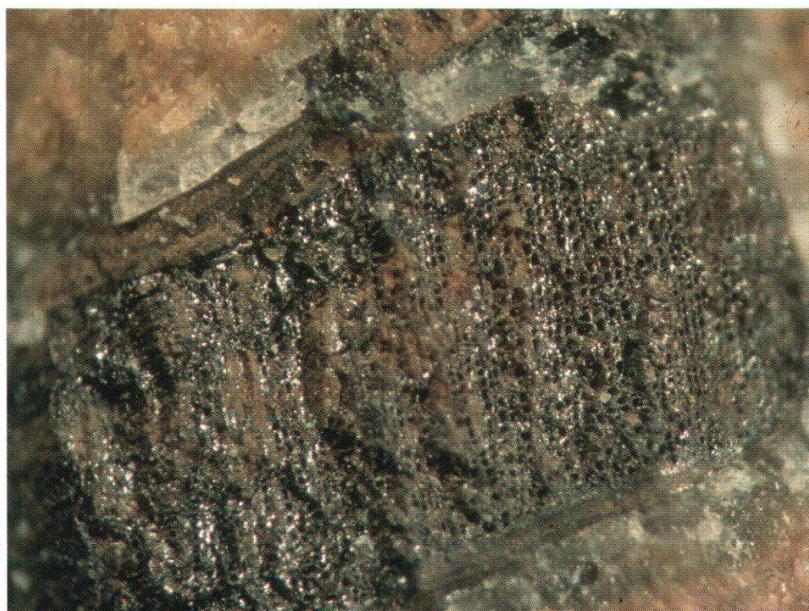


Abb. 19: Vermutlich handelt es sich auch hier um Laubholz. Das grobporige und mit Brauneisenstein vererzte Stück stammt aus einer Kalkknolle. (40x) Foto: J. KÄLIN.

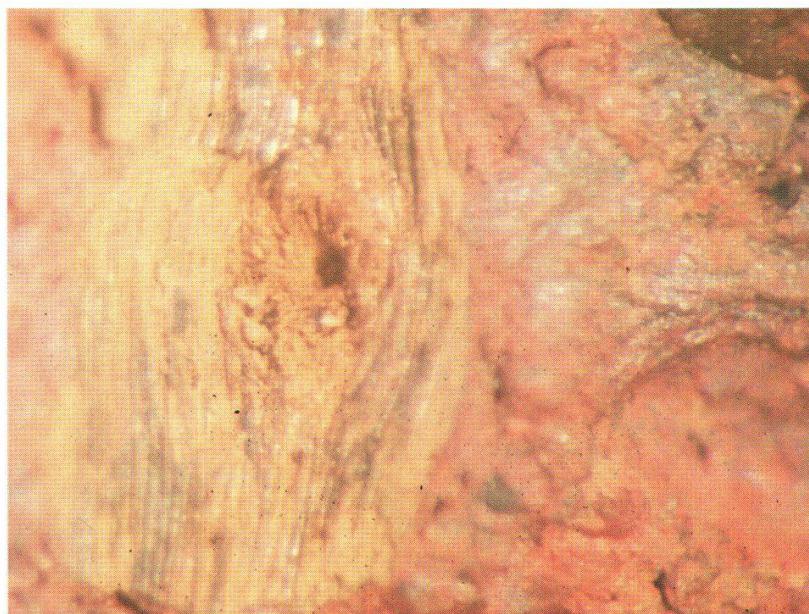


Abb. 20: Sogar ein Astansatz in „Kleinstformat“ kam zum Vorschein. Die gelbe Farbe zeigt die Vererzung durch Limonit. (30x) Foto: J. KÄLIN.

Abb. 21: Einige Fundstücke zeigen Pflanzengewebe mit wenig differenzierten Zellstrukturen. Da eine nähere Bestimmung nicht möglich ist, werden sie pauschal den Monokotyledonen zugeordnet. (45x) Mitteilung W. SCHOCH 1998; Foto: J. KÄLIN.

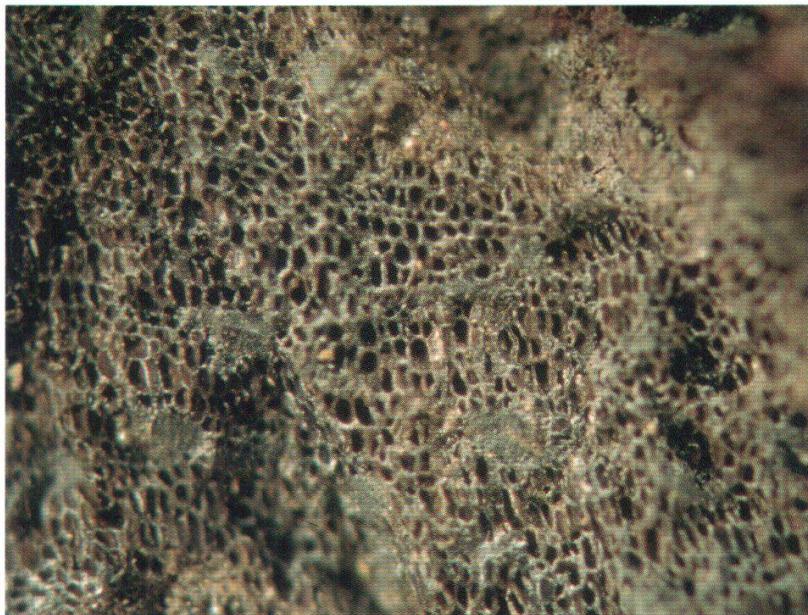


Abb. 22: Erwartungsgemäss waren in den Süßwasserkalkknollen Spuren von Algen zu finden wie hier in diesem angeschliffenen Stück. (1,85x) Foto: W. SCHILL.

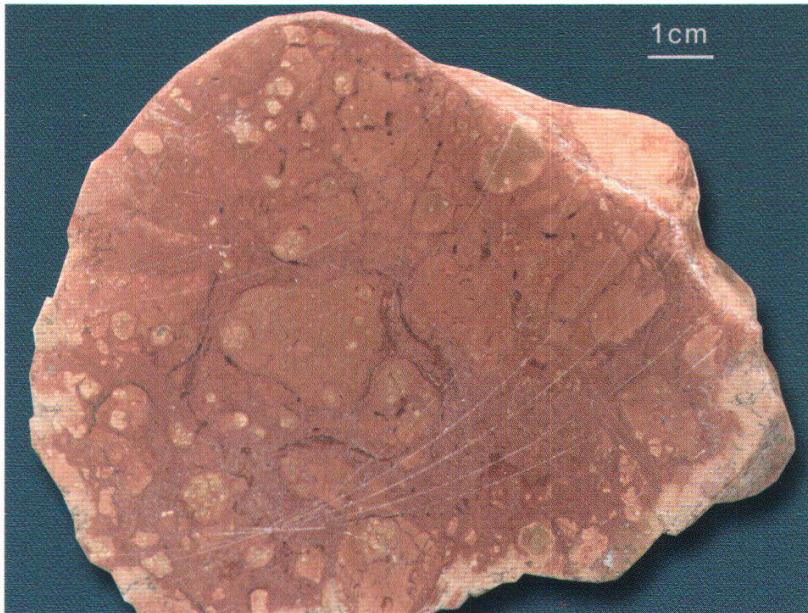


Abb. 23: Obwohl eingehende Untersuchungen fehlen, könnten die unter dem Binokular gefundenen Kugelchen von 0,5-1 mm Durchmesser Antheridien – Organe, worin die männlichen Geschlechtszellen gebildet werden – einer Armleuchteralge sein. (10x) Foto: J. KÄLIN.

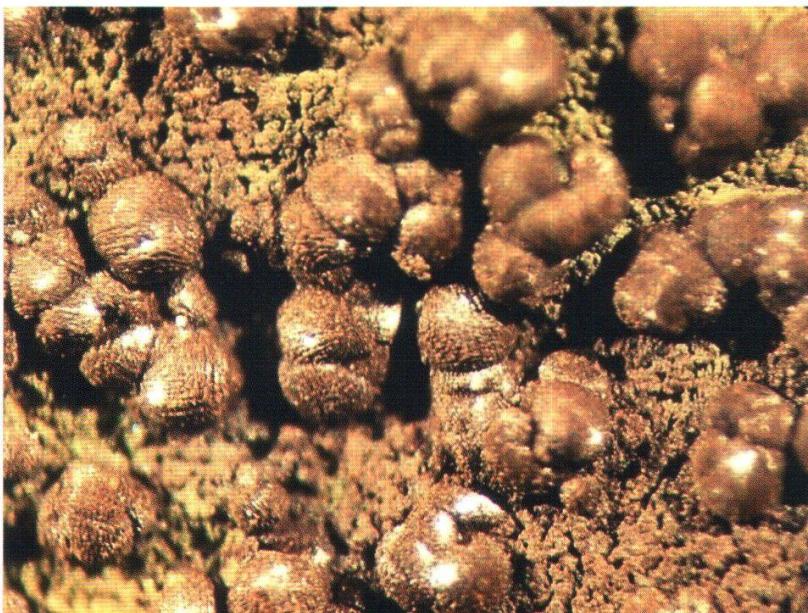




Abb. 24: An einer ca. 3 cm grossen Erzbohne ist ein Teil einer Muschel aufgewachsen. Eine Bestimmung fehlt. (2,7x)
Foto: W. SCHILL.



Abb. 25: Eine ähnliche Muschel kam in einem Stück Süßwasserkalk zum Vorschein. (48x) Foto: J. KÄLIN.



Abb. 26: Dieser Larvengang in limonitvererztem Nadelholz (rechts unten) ist ein glücklicher Zufallsfund. Einmal muss das Fundstück genau am richtigen Ort auseinander brechen, das Auge eines alten Försters muss die Situation erfassen und genügend Vorstellungskraft aufbringen – dann erst darf man mit einiger Gewissheit von Larvengängen eines Holzinsekts sprechen. (15x) Foto: J. KÄLIN.

Wie hat man sich die Fossilisation vorzustellen?

In tropisch-humidem, wie auch in semiaridem Klima baut sich Holz im oberflächennahen Bereich rasch ab. Es zerfällt, organische Stoffe verfaulen oder verwesen, die Mineralstoffe gehen erneut in den Kreislauf Boden-Baum-Boden über. Anders hingegen, wenn Holz in Wasser, z.B. in einen Tümpel gerät, in ein Milieu, das sauerstoffarm oder -frei, aber eisenreich ist. Der Abbau des toten Holzes verzögert sich, grosse Holzstücke zerfallen in kleinste Bröckchen, wobei die Mineralisation aber doch so rasch und gründlich vor sich geht, dass die Feinstrukturen erhalten bleiben. Wenn sich dann noch eine, wenn auch dünne Umkrustung mit einem Eisenmineral bildet, so wird die Erzbohne mit dem Holz einigermassen geschützt und transportresistent. In semiaridem Klima hingegen mag gerade der Wechsel von Trocken- und Regenzeiten den Zerfall von totem Holz gefördert haben. In der Regenzeit wird ein Bröcklein Holz öfters in den Untergrund verschwemmt worden sein, worauf die Mineralisation begann. Im Küttiger Vorkommen findet man als Fossilisationsmittel die Eisenminerale Limonit, Hämatit und wenig Magnetit.

Vor allem in den Kalkknollen gibt es aber auch mineralisierte Holzstückchen ohne Erzumkrustung. Sie haben wahrscheinlich keine oder nur eine geringe Verschiebung vom oberflächennahen Ort der Entstehung bis zur endgültigen Ablagerung erfahren und sind dann dort von erzhaltigem Ton oder einer Kalkspatkruste überdeckt worden.

Fossilien von Tieren

Die beiden Muscheln (Abb. 24 & 25) sind sicher Zufallsfunde; der Zusammenhang zwischen Wasser und Erzbildung ist jedoch offensichtlich. Das gleiche gilt für die hämatitvererzten Teile eines Insekts in einem Erzbrocken (Abb. 27). Es scheint etwas gewagt, den an sich unauffälligen Fund als Hinterleib und Brustschild eines Borkenkäfers zu bestimmen. Wenn aber die zugehörige Flügeldecke zum Vorschein kommt (Abb. 28), wird die Zuordnung glaubhaft. Überlegt man sich Zeit und Umstände, unter denen die Larvengänge angelegt wurden (Abb. 26), resp. das Insekt gelebt hat, wird aus dem kleinen Wunder ein recht plausibler, aber eben doch glücklicher Zufall.

Auch im Aufschluss Biberstein sind in Erzbohnen Nadelholz und fragliche Teile von Armleuchteralgen und einer Schnecke gefunden worden. Die Vorkommen im Buchwald Küttigen sind also nicht einmalig.

5. Mineralien des Siderolithikum in Küttigen

Vorgestellt werden hier nur die wichtigen und auffälligen Mineralien. Wer sich näher damit befassen will, findet in der Literatur – SCHNEIDERHÖHN (1962), RAMDOHR & STRUNZ (1967), VON PHILIPSBORN (1967), PARKER (1967) – weitergehende Informationen.

Als Einleitung soll hier BRONNER (1844) in Auszügen zu Wort kommen. Er beschreibt die Eisenerze in der für uns altertümlichen Sprache seiner Zeit: „Eisenstein-Bildungen im Jura. Das Eisenerz ist gemeinlich ein thoniger Brauneisenstein und zwar meistens die Abänderung, die ihrer schaligen und kugeligen Absonderung wegen Bohnerz genannt wird. Die Bohnen am südlichen Rande des Jura, wie zu Aarau und



Abb. 27: In einem Erzbrocken kamen Brust und Hinterteil, wahrscheinlich eines Borkenkäfers, zum Vorschein. (40x)
Foto: J. KÄLIN.

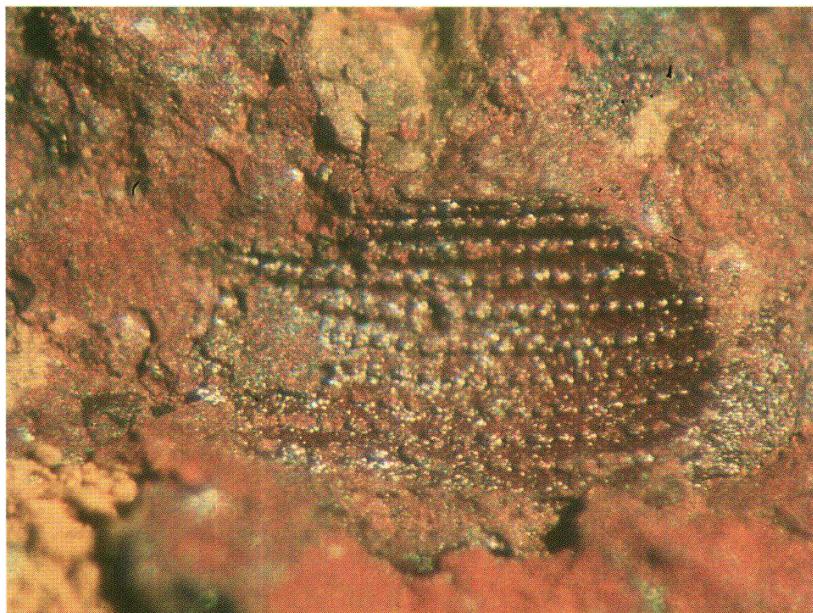


Abb. 28: Die zugehörige Flügeldecke erlaubt die Annahme, dass hier vor vielen Millionen Jahren ein borkenkäferartiges Insekt gelebt hat. Beide Stücke sind hämatit-vererzt. (40x) Foto: J. KÄLIN.

Baden, kommen in einem Thonflöz vor, welches die Juraformation von der schweizerischen Sandsteinformation trennt. Dieses Zwischenflöz ist bei Aarau 20 bis 30 Fuss stark, voll Bohnerz von der Grösse der Erbsen und so reich an eisenschüssigem Thon, dass es sich einem rohen Eisensteine nähert, auch an vielen Stellen durch aufgelöste Schwefelkiese grünlich gefärbt und stärker zusammengekittet ist. In diesem eisenschüssigen Flöz finden sich noch grosse, eckige Kalksteintrümmer, ganz von der Beschaffenheit des unten liegenden Jurakalksteines nebst Jaspachat und Feuersteinwacken ...

Vierte Klasse Metalle

F. Bohnerz. Im rothen, braunen, ockergelben, lauchgrünen Thoneisenstein, seltener im Bol, auch in eisenschüssigem Kalk bei Aarau, Degerfelden, Klingnau, Scherz, unweit Habsburg, Reckingen, Baldingen am Nurenberge, Gebenstorf, Wölfigswyl, Herznach, Zayen u.a.O. brechen die braunen oder schwarzen Eisenbohnen als kugelige oder knollige Stücke, die inwendig kaum einigen Schimmer, aber einen flachen

Bruch, der in der Mitte feinerdig ist, zeigen; auch ist ihnen ein zartes krummschalisches Gefüge eigen. [Es wird nicht unterschieden zwischen oolithischem Erz und Bohnerz! Siehe Bemerkung Kap.2.2 Anm.d.Verf.]

G. Eisenniere. Gelblichbraun und ockergelb, als Knollen von allerlei Gestalt, kommen die Eisennieren im Bergwerke bei Aarau vor. Inwendig zeigen sie kaum einigen Schimmer, sind in der Mitte feinerdig, bestehen aus lauter übereinander gelegten Schalen oder Rinden, wovon die zunächst unter dem äusseren erdigen Überzuge liegende die härteste ist. Zuweilen schliessen sie einen losen Kern ein, welcher beim Schütteln klappert. Die Alten fabelten Manches vom sogenannten Adlersteine oder Klappersteine."

5.1 Bestimmende Erzmineralien

Limonit und Hämatit sind die beiden bestimmenden Mineralien, sowohl was die Farbe, als auch was die Menge angeht. Im Aufschluss Biberstein dominiert der Hämatit deutlich vor dem Limonit. Zur Entstehung und chemischen Struktur der genannten Mineralien siehe Tafel 2.



Abb. 29: Limonitische Tongalle mit einer Umrandung von Kalkspat. Die Tonhäute sind stark verfaltet. (20x) Foto: J. KÄLIN.



Abb. 30: Konzentrische Schichten von Brauneisenstein haben diese Erzbohne aufgebaut. Sie ist leicht limonitbestäubt. (2x) Foto: J. KÄLIN.

Limonit (Brauneisenstein) $\text{Fe(OH)}_3 = \text{FeOOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ist ein Eisenhydroxid mit vielen Erscheinungsformen. An den Farben hellgelb (rein) bis braun (mit Beimischungen) ist er zwar leicht zu erkennen, als Mineral für sich aber schwierig zu erfassen. Nach der Struktur findet man „alle Übergänge vom Gel zu feinkristallin, nierig, traurig, stalaktitisch mit faserigem Bruch“ (VON PHILIPSBORN 1967). Vorab in der Gelberde und im Bolus tritt er, meist an Tonpartikel gebunden, zusammen mit Quarzstaub auf. Auch in den Erzbohnen der Kalkknollen ist dieses Gemisch häufig. Das wichtigste Vorkommen ist aber der schwarz bis schwarzbraun gefärbte Brauneisenstein. Er bildet die Konkretionen des Bohnerzes im engeren Sinn, wie auch die Kruste der Erzbohnen im Bolus und in den Kalkknollen (Abb. 17, 19, 20, 31).

Es gibt zwei mineralogisch definierte kristalline Eisenhydroxide: Goethit und Lepidokrokit, beide mit der Formel FeOOH .

Goethit (Nadeleisenerz, αFeOOH) ist von goldgelber Farbe und wurde in sehr kleinen Mengen gefunden (Abb. 32).

Lepidokrokit (Rubinglimmer, γFeOOH) wird als dünntafelig, glimmerartig und gelb bis rubinrot beschrieben (Abb. 33).

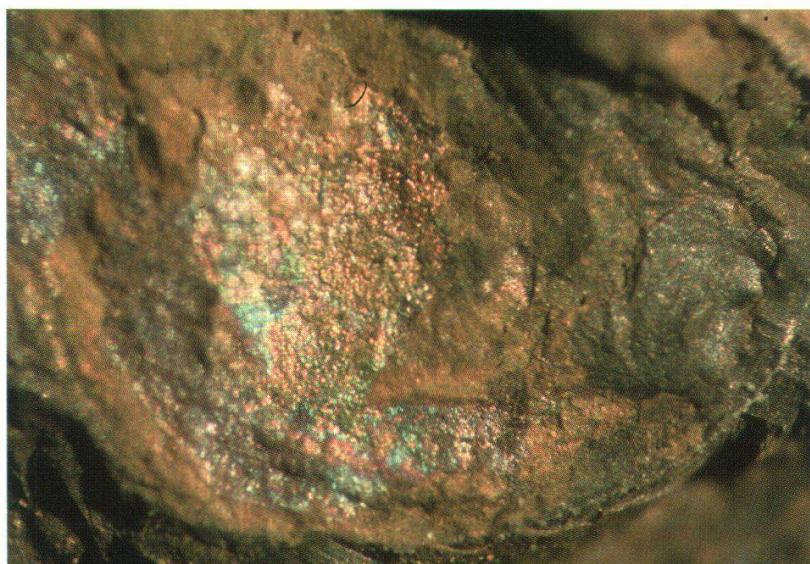


Abb. 31: Der limonitische Glaskopf als rezente Verwitterung erscheinung zeigt sehr schön die „Farben dünner Plättchen“. (24x) Foto: J. KÄLIN.



Abb. 32: Goldgelber Goethit; die Pusteln sind eine rezente Bildung. (25x) Foto: J. KÄLIN.

Abb. 33: Lepidokrokit; das in einem stark verwitterten, quarzreichen Erzbrocken gefundene Mineral zeigt nicht ganz die typische gelbe bis rubinrote Färbung. (37x) Foto: J. KÄLIN.

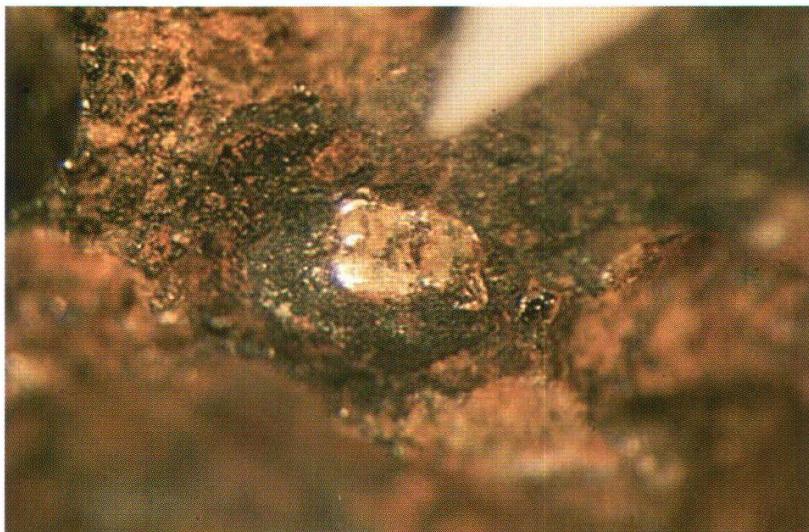
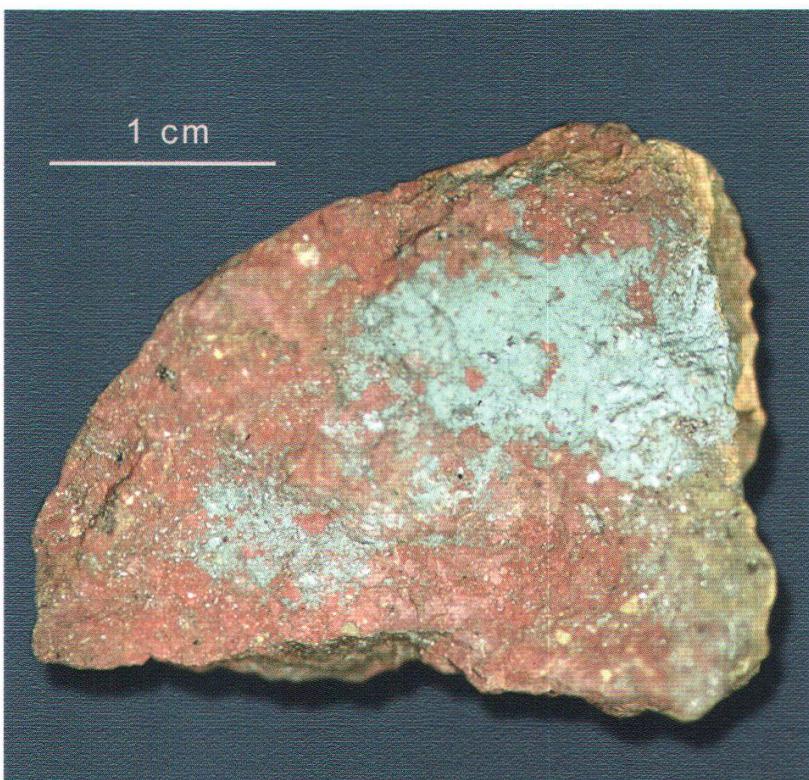


Abb. 34: Diese hämatitreiche Erzbohne ist mit einer Limonitkruste überzogen. (1,5x) Foto: J. KÄLIN.



Abb. 35: Hämatit findet man auch als eisenschwarze bis bläulich-stahlgraue Krusten und Konkretionen. Diese Erzknolle schmückt er mit einem silbergrauen Belag. (2,5x) Foto: J. KÄLIN.



Hämatit (Roteisenstein) Fe_2O_3 verkörpert das, was wir uns gemeinhin unter «Eisenerz» vorstellen. Ähnlich wie Limonit bildet er feinerdige bis kompakte Gemenge mit Ton und Quarzstaub, die intensiv dunkel- bis hellrot gefärbt sind. Farbton und -intensität des Hämatits in der ‚Roterde‘ hängen von seinem Kristallisationsgrad ab: Dieser wird gehemmt, je mehr organische Substanz oder Dauerfeuchtigkeit vorhanden ist. (BLASER, schriftl. Mitt. 2001) (Abb. 3, 34, 35).

5.2 Begleitende Mineralien

Die folgende Zusammenstellung stellt eine Auswahl aus den im Küttiger Vorkommen gefundenen Mineralien dar:

Magnetit (Magneteisenerz) Fe_3O_4 tritt gelegentlich als tiefschwarze, erdige Masse mit deutlichem Magnetismus und schwarzer Strichfarbe auf (Abb. 36).

Siderit (Eisenspat, Spateisenerz) FeCO_3 kommt zusammen mit Limonit im Krusteneisenerz und als nachträgliche Bildung in Klüften und angewitterten Randzonen vor (Abb. 37).

Pyrolusit (Weichmangan, Braunstein) $\text{MnO}_2\text{Fe}\cdot\text{H}_2\text{O}$ tritt häufig als eisen-schwarze, oft glänzende Kruste auf Kalkknollen und Bolusbrocken in Erscheinung (Abb. 38).

Pyrit, Markasit (Schwefeleisen) FeS_2 findet man hie und da als kleine, messinggelbe Aggregate, ‚Katzengold‘ genannt, in den die Erzbohnen umfassenden Kalkspatkrusten der Kalkknollen. Auffällig ist die offbare Nähe zwischen Pyrit und Blau- bzw. Grünerdevorkommen (Abb. 39).

„Blauerde“ ($\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) ? wird schon in alten Beschreibungen von Bohneralzlagern erwähnt. Im Küttiger Vorkommen erscheint sie in und auf Erzbohnen, als Belag und zusammen mit Ton als kleine, blaue Körner vorab im Kalkspat der Kalkknollen (Abb. 40). Ob sie identisch ist mit dem heute Vivianit genannten Mineral, ist unklar.

„Grünerde“ ($\text{K}(\text{Mg},\text{Fe}_2)(\text{Fe}_3,\text{Al})(\text{OH})_2[\text{SiO}_4\text{O}_{10}]$) ? tritt in ähnlichen Formen auf wie die „Blauerde“, ist aber seltener (Abb. 41). Im Handstück sind die beiden Erden oft schwierig auseinander zu halten. Das in der alten Literatur als „Grüne Eisenerde“ bezeichnete Mineral heisst heute Glaukonit. Dieser ist aber in der Regel eine marine Bildung. Unsere „Grünerde“ ist wohl nicht mit dem Glaukonit identisch.

Kalkspat (Calcit) CaCO_3 stammt aus der Auslaugung von Kalk und Kalkmergeln und ist später wieder auskristallisiert worden (Abb. 42 & 43).

Quarz SiO_2 tritt nicht nur als allgegenwärtiger Staub und Sand, sondern auch in Form von Flintknollen – Feuerstein – auf. Die Relikte aus den ausgelaugten Malmkalken bestehen aus durchscheinendem Chalzedon oder undurchsichtigem Jaspis (Abb. 44).

Neben Flintknollen aus den Malmkalken findet man Quarzknollen, die als sekundäre Bildungen im Siderolithikum entstanden sind: Sie sind klein bis nussgross, stark Ilimonitbraun gefärbt, ohne jede Verwitterungskruste, aber gelegentlich mit Spuren von Vererzung (Abb. 45).

„Blauerde“ und „Grünerde“ sind alte Trivialbegriffe aus der Bodenkunde, die zusammen mit anderen – z.B. Braunerde – zur Bezeichnung von Bodentypen dienten. Es besteht offenbar kein direkter Zusammenhang mit ihrer heutigen Verwendung

und Umdeutung in der Mineralogie. (BLASER, mündl. Mitt. 2001). Abgesehen von Magnetit und Pyrit kommen alle beschriebenen Mineralien auch im Aufschluss von Biberstein vor, die ‚Blauerde‘ nur im Inneren von Erzbohnen.



Abb. 36: Magnetit; in dieser Kalkknolle wurde eine magnetitreiche Erzbohne mit Kalkkruste (rechts) neben einer hämatitreichen eingeschlossen. (17x) Foto: J. KÄLIN.



Abb. 37: Siderit, hier in der Kluft eines Erzbrockens, zusammen mit Kalzit. (20x) Foto: J. KÄLIN.

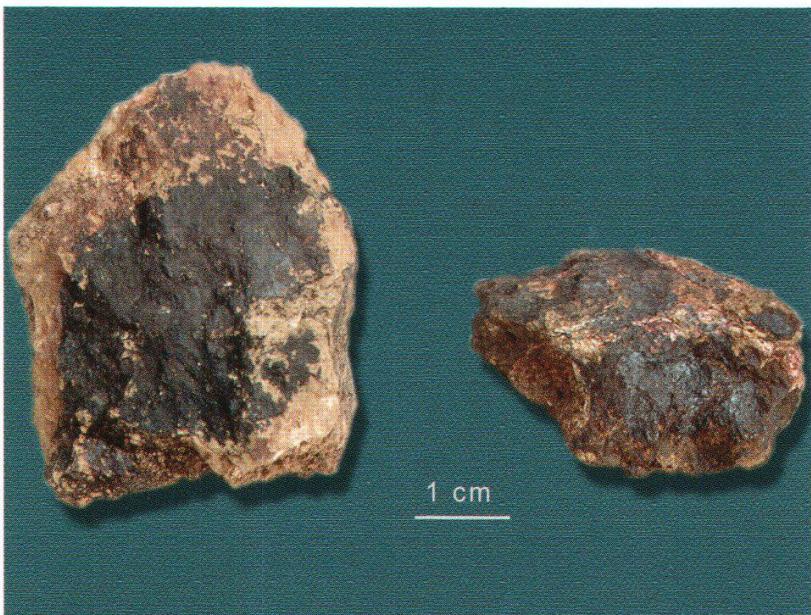


Abb. 38: Pyrolusit; die Pyrolusitkruste greift bei stärkerer Verwitterung einige Millimeter ins Innere. Vermutlich handelt es sich hier um spätere Anlagerungen. (1,3x) Foto: W. SCHILL.



Abb. 39: Pyrit, Markasit (Schwefeleisen) als kleine, messinggelbe Aggregate in den die Erzbohnen umfassenden Kalkspatkrusten der Kalkknollen. (88x) Foto: J. KÄLIN.

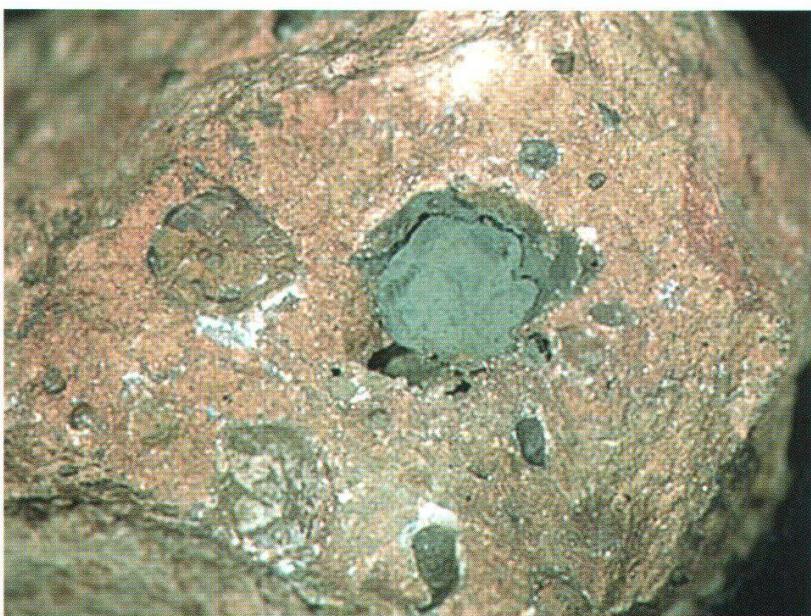


Abb. 40: „Blauerde“ als Belag auf den Erzbohnen und zusammen mit Ton als kleine, blaue Körner im Kalkspat der Kalkknollen. (3,5x) Foto: J. KÄLIN.



Abb. 41: „Grünerde“ ist im Handstück oft schwierig von „Blauerde“ zu unterscheiden.
(1,3x) Foto: J. KÄLIN.



Abb. 42: Kalkspat; hier auf einem Schwundriss in einer Kalkknolle. (1,5x) Foto: W. SCHILL.



Abb. 43: Kalkspat ist in den Klüften solcher Knollen stets als farbloser „Fingernagelspat“ zu finden. (28x) Foto: J. KÄLIN.



Abb. 44: Quarz in Form von Flintknollen; die aufgebrochenen Knollen zeigen eine ausgeprägte Verwitterungsschicht. (1,5x) Foto: J. KÄLIN.

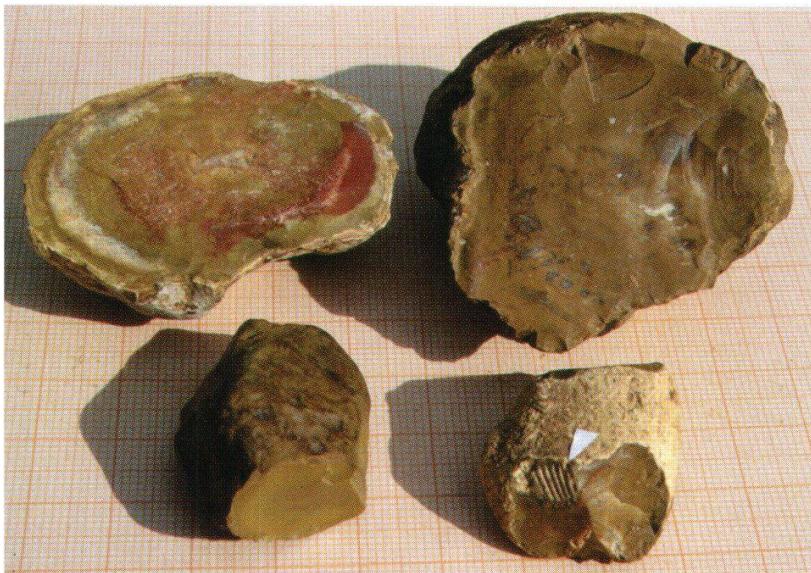


Abb. 45: Neben Flintknollen aus den Malmkalken findet man Quarzknollen, die als sekundäre Bildungen im Siderolithikum entstanden sind. Es gibt kleine, stark limonitbraun gefärbte Quarzknollen ohne jede (Verwitterungs)-Kruste, aber gelegentlich mit Spuren von Vererzung. Im kleinen Knollen rechts unten ist ein Teilstück einer Muschel zu sehen. (1,3x) Foto: W. SCHILL.

5.3 Fragen zur Bildung der Mineralien

Wenn auch die Entstehung eines Rückstandssedimentes im Grossen verhältnismässig einfach zu beschreiben ist, so gibt es doch bei der Bildung der Mineralien verschiedene offene Fragen.

Woher stammt der bemerkenswert grosse Eisenanteil in den siderolithischen Gesteinen? Diese Frage stellt sich besonders deshalb, weil es während der Kreidezeit zu keiner entsprechenden Sedimentation gekommen sein soll. Die Malm-Meeressedimente, die vorab ausgelaugt und erodiert wurden, enthalten zwar Eisen, aber meist nicht sehr viel. Solange unklar ist, ob von aussen eisenhaltiges Material zugeführt worden ist, muss man annehmen, dass alles Eisen eben doch aus den Malmkalken und -mergeln stammt.

Woher kommt der Quarz? Auch der staubfeine bis sandkorngrosse Quarzanteil stammt wohl ebenfalls aus den Gesteinen des oberen Malm. Die Flintknollen sind Ausfällungen des Malm-Meeres. Im Siderolithikum kam es auch zu Neubildungen von Quarz: Ein Teil des vorhandenen Quarzes ging in Lösung und wurde auf dem

Weg in die Tiefe als kleine Knollen, Imprägnationen oder Beläge wieder ausgeschieden.

Was sind die Ursachen für das unterschiedliche Verhalten von Kalk?

Im Siderolithikum kommt Kalkspat vor allem in den Kalkknollen der Gelberde und des Bolus vor. Diese Knollen sind vermutlich in zwei verschiedenen Milieus entstanden: Die Kalkknollen mit Erzbohnen im Bolus im Bereich schwankender Grundwasserstände, diejenigen mit keinem oder nur geringem Eisengehalt und der Süßwasserkalk in offenen Gewässern und Tümpeln, bei unterschiedlicher Kalkkonzentration, wechselnden Säure-/Basenverhältnissen und zeitweiliger Austrocknung der Gewässer.

Gab es Veränderungen in der Mineralbildung seit der Ablagerung der siderolithischen Gesteine? Solange das Siderolithikum von den Ablagerungen des mittleren und oberen Tertiär überdeckt blieb, wird sich am vorhandenen Mineralbestand nicht viel geändert haben. Vermutlich sind Gele zu kristallinen Gebilden geworden, was zu Wasserverlusten und als Folge zu Kluftbildungen führte. Die Erosion zwischen Pliozän und Rissvergletscherung brachte das Siderolithikum in unserer näheren Umgebung nahe an die Erdoberfläche. Die Verwitterung führte zu Mineralverlagerungen und -umbildungen, zu Krustenbildungen und Rückführung von Hämatit zu Limonit, von Eisenoxid zu Eisenhydroxid. Die gleichen Vorgänge kann man heute an den Gesteinsdeponien beobachten, die seit der Zeit der Erzausbauung voll der Verwitterung ausgesetzt sind.

Dank

Der Verfasser hat Dank abzustatten für mannigfache Hilfen: Dr. F. H. SCHWARZENBACH (Bern) für allgemeine Fragen und Review, Dr. P. BLASER (Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf) für Auskünfte und die Vermittlung von Mineraluntersuchungen, Dr. B. FREY (Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf) und Dr. U. EGGENBERGER (Uni Bern) für Mineraluntersuchungen und -bestimmungen, Dr. P. DIEBOLD (Herznach) für geologische Karten und Literatur, sowie Anfertigung von Schlitzen an Kalkknollen, W. SCHOCH (Labor für quartäre Hölzer Adliswil), W. SCHILL (Zürich), Dr. B. FREY (Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf) und J. KÄLIN (ehemals Eidg. Forschungsanstalt WSL, Einsiedeln) für die Fotoarbeiten.

Der Bibliothek der WSL danke ich für die Besorgung von Literatur, H. TANNER (Oberrieden) für das ‚Ins-Reine-Schreiben‘ des Textes und Frau Dr. A. SCHAFFNER für die redaktionelle Bearbeitung des Manuskripts.

Literaturverzeichnis

- BAUMBERGER, E. (1923): Die Eisen- und Manganerze der Schweiz. – Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechn. Serie, XIII. Liefg. 1. Bd., I. Teil Bohnerz; Bern.
- BERNOULLI, C. (1811): Geognostische Übersicht der Schweiz nebst einem systematischen Verzeichnis aller in diesem Lande vorkommenden Mineralkörper und deren Fundörter; Basel.
- BRONNER, F. X. & WANGER, A. (1819): Kurze Übersicht der einfachen Mineralien des Kantons Aargau. – Neujahrsblatt für die aargauische Jugend, herausgegeben von der Naturhistorischen Klasse der Gesellschaft für vaterländische Kultur im Aargau; Aarau.
- BRONNER, F. X. (1844): Der Canton Aargau. – Reihe „Historisch-geographisch-statistische Gemälde der Schweiz“. 1. Teil, Bd. 16; Neudruck 1978; Editions Slatkine, Genève.

- DIEBOLD, P. (1998): Geologische Kartierung auf Blatt Aarau der Landeskarte 1:25'000, Nr. 1089 (Abschnitt nördlich der Aare); Depositum bei BA Wasser & Geologie; Bern.
- GEYER, O. F. & GWINNER, M. P. (1985): Geologie von Baden-Württemberg. – 3. Aufl.; Schwei-zerbart, Stuttgart.
- HEER, O. (1879): Urwelt der Schweiz. – 2. Aufl.; Schulthess, Zürich.
- HEIM, A. (1919): Das Juragebirge der Schweiz – Geologie der Schweiz, Bd 1, 2. Hauptteil; Tauchnitz, Leipzig.
- HOFMANN, F. (1963/67): Über die Tertiärbildungen im Kanton Schaffhausen. – Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen, 28.
- HOFMANN, F. (1974): Mineralien des Kantons Schaffhausen. – Neujahrsblätter der Naturfor-schenden Gesellschaft Schaffhausen, 26: 171-210.
- HOFMANN, F. (1976): Überblick über die geologische Entwicklungsgeschichte der Region Schaffhausen seit dem Ende der Jurazeit. – Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure, 42 (102): 1-16.
- MAGGETTI, M. & GALETTI, G. (2000): Naturwissenschaftliche Analyse der Fayence von Matzen-dorf. – In: Verein „Freunde der Matzendorfer Keramik“ (Hrsg.): 200 Jahre keramische In-dustrie in Matzendorf und Aedermannsdorf: 171f.
- MÄGDEFRAU, K. (1968): Paläobiologie der Pflanzen. – 4. Aufl.; Gustav Fischer, Jena.
- MÜHLBERG, F. (1908): Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Aarau; Bern.
- NIGGLI, P. (1952): Gesteine und Minerallagerstätten. – Bd. 2; Birkhäuser, Basel/Stuttgart.
- PARKER, R. L. (1967): Mineralienkunde. – 4. Aufl.; Ott, Thun, München.
- VON PHILIPSBORN, H. (1967): Tafeln zum Bestimmen der Minerale nach äusseren Kennzeichen. – 2. Aufl.; Schweizerbart, Stuttgart.
- RAMDOHR, P. & STRUNZ, H. (1967): Lehrbuch der Mineralogie. – 15. Aufl.; Enke, Stuttgart.
- SCHNEIDERHÖHN, H. (1962): Erzlagerstätten. – 4. Aufl.; Gustav Fischer, Stuttgart.
- SITTLER, C. (1965): Le paléogène des fosses rhénan et rhodanien. Etudes sedimentologiques et paléoclimatiques. – Mem. du service de la carte géologique d'Alsace et de la Lorraine, No.24 ; Strasbourg.
- TSCHOPP, C. (1961): Der Aargau, eine Landeskunde. – Sauerländer, Aarau.

Anschrift des Verfassers:

ERWIN WULLSCHLEGER
Buchmattweg 8
CH-5022 Rombach