

### 3. Über die Struktur und Entstehung der Lothringischen Minetteerze<sup>1)</sup>.

Von Herrn GEORG BERG in Berlin.

(Hierzu Tafel V und 2 Textfiguren.)

#### Einleitung.

Ein längerer Aufenthalt während des Krieges im Gebiet der Lothringischen Jura-Eisenerze und die Befahrung der meisten französischen und eines Teils der deutschen Minettegruben, sowie die Untersuchung einer Anzahl von Bohrstellen gab Gelegenheit, ein großes Material von Proben reichen, armen und vertaubenden Minetteerzes zu sammeln und im Laufe des ersten Jahres nach dem Kriege makroskopisch und vor allem mikroskopisch zu untersuchen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen seien im folgenden zusammengestellt und zwar sollen vor allem die beobachteten Tatsachen geschildert, erst am Schluß die daraus sich ergebenden Folgerungen über die Art der Entstehung der Erzlager gegeben werden.

Die Literatur über die Genesis der Minetteerze ist bereits ziemlich umfangreich, die meisten Theorien stützen sich aber nur auf allgemein-geologische und chemische Beobachtungen, die Mikrostruktur, die für die genetische Erklärung von besonderer Wichtigkeit ist, wurde nur ausnahmsweise, am sorgfältigsten von VAN WERVECKE, zu Rate gezogen. Die französischen Forscher haben sich meist mit mikroskopischen Studien vor Aufstellung ihrer Theorien über die Erzentstehung nicht abgegeben, und doch sind gerade die in den westlichen, tieferen Teilen des Beckens liegenden Erze für solche Untersuchungen viel geeigneter als die deutschen, die zum großen Teil im Tagebau und Stollenbau, also über dem Grundwasserspiegel gewonnen werden, und daher wesentliche Umsetzungen zeigen; Umsetzungen, die vor allem durch reichliche Ausscheidung von sekundärem Eisenoxydhydrat das Bild des mikroskopischen Präparats oft bis zur Unkenntlichkeit trüben.

<sup>1)</sup> Vortrag gehalten in der Sitzung vom März 1920.



Aus der Literatur seien hier kurz folgende Aufsätze zitiert.

ANSEL: Zeitschr. f. prakt. Geol. 1901, S. 81. — BLUM: Stahl und Eisen 1901, S. 1285. — HOFFMANN: Zeitschr. f. prakt. Geol. 1896, S. 68. — KOHLMANN: ebda. 1898, S. 363 und Stahl und Eisen 1902. — LANG ebda. 1899, S. 714. — SCHRÖDTER: Zeitschr. f. prakt. Geol. 1897, S. 295. — TABARY: Ann. de la soc. geol. de Belgique. — VILLAIN: Compte rendu CXXVIII (1898). — VAN WERVEKE: Zeitschr. f. prakt. Geol. 1894, S. 400, 1895, S. 497, 1901, S. 396, Mitteil. Niederrhein. Geol. Verein 34 (1901), Bull. mens. Luxembourg 1902.

### Oolithkörner.

Die häufigste und einfachste Erscheinungsform der Minetteerze zeigt uns konzentrisch-schalige Brauneisenerzoolithe in Kalkgrundmasse. Die schalige Struktur ist meist sehr deutlich entwickelt, eine konzentrisch strahlige Anordnung, wie wir sie bei den Brauneisenerz-Glasköpfen neben dem schaligen Bau beobachten ist niemals entwickelt, die einzelnen Schalen erscheinen vielmehr kryptokristallin oder amorph.

Die Form der einzelnen Oolithe (Oolithkörner) ist nur selten kugelförmig, viel häufiger sind sie ellipsoidisch (Fig. 1a) und liegen dann mit ihren flachen Seiten übereinander geschichtet. Bisweilen kommen auch flache im Querschnitt ganz eigentümlich wulstige Formen vor. (Fig. 1 e u. e<sup>1</sup>) Die einzelnen Schalen heben sich durch etwas wechselnde hellere und dunklere Farbe im Dünnschliffbild voneinander ab, doch wirkt die überaus dünne Wechsellagerung insgesamt meist nahezu einfarbig, nur selten sind die Randpartien wesentlich heller oder dunkler als die mittleren Teile eines Ooliths.

Jedes Oolithkorn umschließt einen Kern, um den sich das Erz in konzentrischen Schichten abgesetzt hat. Am häufigsten sind kleine meist recht scharfeckige Quarzkörnchen, Feldspatkörnchen oder Körnchen von kryptokristallinem Quarzit bzw. Hornstein sind selten. Sehr häufig kommen Kerne von kohlenurem Kalk vor, die bisweilen aus dichten Kalkstein, meist aber aus Muschelsplittern oder Trümmern von Echinodermengehäusen bestehen. Flache, größere Muschelsplittter bilden nicht selten die Kerne der oben erwähnten flachen wulstigen Oolithformen. Auch ganze geschlossene embryonale Zweischalergehäuse wurden als Kern in den Oolithen beobachtet.

Für die genetische Erklärung ist es von hoher Bedeutung, daß sehr oft auch Bruchstücke älterer Oolithkörner als Kerne einer späteren Oolithbildung zu beobachten sind. (Fig. 1 b). Diese Erscheinung nimmt bezeichnenderweise besonders in den oberen Stufen der Erzformation über-

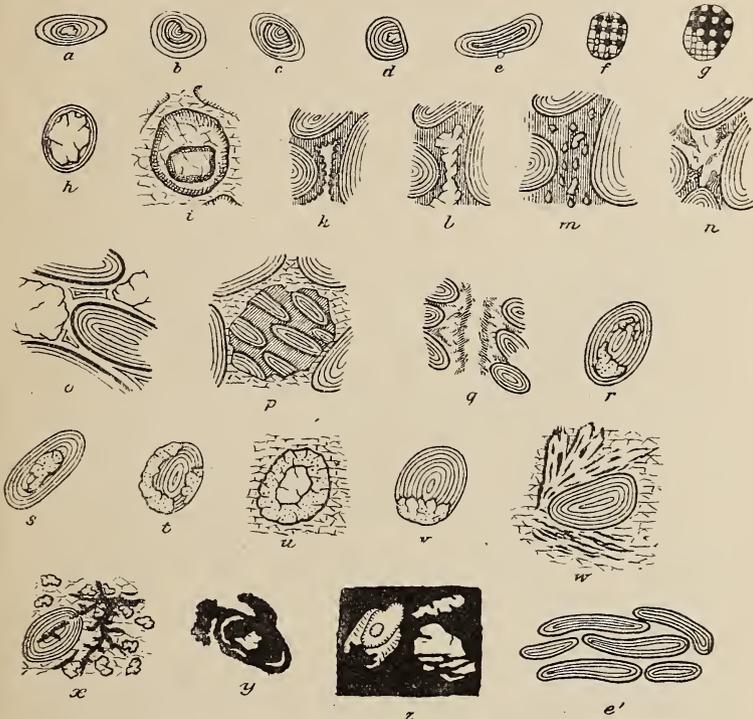


Fig. 1.

a—e Oolithkörner, f—g Echinodermenreste, h, i, p Geröllchen, k—o, q Erscheinungsformen des Eisenoxydulsilikats, r—v Erscheinungsformen des Siderits, w Pinolithstrukturin der Grundmasse, x—z Erscheinungsformen des Pyrits.

(Vergrößerung sämtlicher Abbildungen etwa 10—20 fach.)

hand. Nicht selten bilden die Schalen der zweiten Oolithbildung nur eine dünne Kruste um den Halboolithen der ersten Bildung und wenn der nicht aus Erz bestehende Kern erster Ordnung im Halboolithen noch erhalten ist, so kann er dann im Gesamtgebilde eine ganz exzentrische Lage einnehmen. (Fig. 1 c und 1 d.) Auch Bruchstücke der später

zu besprechenden Schalen vom amorphen Eisenoxydulsilikat, können bisweilen als Kerne in den Oolithen auftreten.

Eine sehr auffallende Erscheinung ist die gleiche Größe aller Oolithe einer Erzprobe. Die Größe der Oolithkörner ist in den verschiedenen Lagern recht verschieden, sie kann auch innerhalb ein und desselben Lagers auf größere Entfernungen hin beträchtlich wechseln, im einzelnen Handstück aber und mehr noch im einzelnen Dünnschliff ist sie meist außerordentlich gleichbleibend. Das ist um so wunderlicher als die Kerne der Oolithen meist sehr verschieden groß sind, aber die großen Kerne sind nur von geringmächtigen Erzkrusten umzogen, oft nur so, daß ihre eckigen Formen eben zur Rundung ergänzt werden. (Fig. 1 h.) Die kleinen Kerne sind von außerordentlich dicken Erzrinden umgeben. Man gewinnt den Eindruck, daß sich die Oolithbildung nicht solange fortsetzte bis eine bestimmte Dicke der Umkrustung erreicht war, sondern solange bis das Gesamtkorn, ganz unabhängig von der Größe des Kerns, einen bestimmten Rauminhalt oder ein bestimmtes Gewicht erreicht hatte. Bisweilen beobachtet man allerdings Oolithkörner zwei verschiedener Größen in einem Dünnschliff, aber die größeren Oolithe erwiesen sich dann durch randliche Beschädigungen als Körner auf sekundärer Lagerstätte.

Die Anhäufung der Oolithkörner in der Kalkgrundmasse ist meist sehr dicht, oft liegen sie aber auch locker gestreut oder sind in den kalkigen Bänklungen und „Rognous“ (siehe später) nur ganz einzeln verteilt.

#### Geröllchen.

Außer den Oolithkörnern sind in die Kalkgrundmasse vielfach fremde sedimentäre Gerölle eingebettet. Diese bestehen zum größten Teil selbst aus Kalk. Hoher Kalkgehalt einer Erzprobe kann also sowohl durch reichliche Beteiligung der Grundmasse, als auch durch Auftreten vieler Kalkgeröllchen verursacht werden. Mit bloßem Auge sind die Kalkgeröllchen von der Kalkgrundmasse oft nicht deutlich zu unterscheiden, erst u. d. M. nicht selten sogar erst zwischen gekreuzten Nicols werden die Grenzen zwischen Kalkgeröllen und Kalkgrundmasse sichtbar. Alle Gerölle sind größer als die umgebenden Oolithkörner, denn diejenigen fremden Partikel die kleiner sind, werden als „Kerne“ von Eisenerzkrusten umgeben und somit zu Oolithen verwandelt.

Weitaus am häufigsten sind organogene Kalkgerölle, vor allem Muschelsplitter und Bruchstücke von Echinodermengehäusen. Die letzteren sind meist nicht wesentlich größer als die Oolithe, die Muschelsplitter sind hingegen oft sehr groß, das hat wohl seine Ursache darin, daß sie infolge ihrer flachen Schalenform auf dem Wasser flottierten, wie man ja überall am Strande des Meeres große Muschelsplitter auch im feinkörnigen Ufersand findet.

Die meisten Gerölle zeigen, obwohl sie nicht von Eisenerzkrusten umgeben sind, deutliche Einwirkungen eines längeren Aufenthaltes in stark eisenhaltigem Wasser, sie sind von außen herein vereisent (ferretisiert). Die Muschelsplitter sind in ihren äußeren Teilen durch Aufnahme von Limonit zwischen ihren Lamellen gelblich gefärbt, besonders prächtig sind aber die Echinodermengerölle sozusagen präpariert (!). Ihre inneren Strukturen, die feinen Gitterkanäle, sind von Eisenerz ganz oder teilweise erfüllt. Bei schwacher Vereisung hat sich der Limonit meist nur in den etwas erweiterten Kreuzungspunkten der Gitterkanäle angesetzt. Das Geröll ist dann von dunklen Punkten in regelmäßiger Anordnung durchsetzt. (Fig. 1 f.) Gerölle die stärker vereisent sind, haben das Erz auch in den feinen Verbindungskanälen zwischen den Kreuzungspunkten aufgenommen. Nur die Kalkmasse zwischen den Kanälen ist erzfrei und damit im Dünnschliff durchsichtig geblieben, so daß solche Gerölle dunkelbraun mit hellen Punkten erscheinen. (Fig. 1 g.)

Von anderen Geröllen organogenen Ursprungs wurden zwischen den Oolithkörnern häufig Foraminiferengehäuse (meist Globigerina, einmal auch Cristellaria) und öfters Embryonen von Zweischalern gefunden. Meist sind diese kleinen Gehäuse von Glaukonit erfüllt, der jedoch oft nicht den ganzen Hohlraum einnimmt, sondern ein kleines schwarzgrünes Klümpchen bildet, das an einer Seite der Gehäusekammer angeheftet ist. Gelegentlich wurde auch ein Kalkgeröll gefunden, das schon früher einmal in einer Sedimentbildung eingebettet war, dann aber wieder herausgespült wurde. Das Geröll zeigt an einer Seite noch anhaftende ältere Grundmassen, die sich scharf von der umgebenden Grundmasse seines jetzigen Lagergesteins abhebt, da eine dünne Eisenerzkruste das alte Geröll und die alte Grundmasse gegen die neue Grundmasse abgrenzt. (Fig. 1 i.)

Die anorganischen Geröllchen bestehen zumeist aus Quarz. Die Quarzkörner sind fast stets scharfeckig. Dies

dürfte seinen Grund weniger darin haben, daß sie nur einen sehr kurzen Transport erlitten, als vielmehr darin, daß sie vereinzelt zwischen weiche Kalkgeröllchen und Oolithkörner eingestreut sich nicht gegenseitig abreiben konnten. Als Seltenheit findet man leidlich erhaltene Bruchstücke von Quarzkristallen, mehrfach auch Geröllchen von feinkörnigem Quarzit. Meist sind die Quarzgerölle gleich groß oder etwas kleiner als die Oolithe. Sind sie wesentlich kleiner, so entdeckt man an ihnen kleine Erzkrusten, die sie zur Rundung zu ergänzen streben. (s. o. Fig. 1 h.)

Hier und da findet man auch wohl gerundete Quarze, aber diese Erscheinung ist wohl so aufzufassen, daß die Quarzkörnchen schon gerundet waren, als sie in den Sedimentationsdetritus der Erzlager gerieten. Daß dies der Fall ist, wird bewiesen durch das Vorkommen zerbrochener Quarzgerölle, deren alte Außenfläche wohlgerundet, deren Bruchfläche noch vollständig scharfkantig ist.

Neben Quarz wurde nur einmal Titanit und einigemal Feldspat als Geröll entdeckt. Häufig sind aber feine Glimmerflitterchen (Muskowit) und gröbere schmutzig grüne Chloritfetzen. Erstere schmiegen sich oft infolge ehemaliger Adhäsion an die Oolithkörnchen an.

Sehr gewöhnlich sind Eisensteingeröllchen; Bruchstücke älterer Oolithbildungen, die rein mechanisch in das Gebiet eines jüngeren Oolithabsatzes hineingebracht wurden. Halbe Oolithe und Bruchstücke, die sich nur als  $\frac{1}{4}$  eines Oolithes darstellen sind mehrfach zu beobachten. Diese Erzgeröllchen sind meist merklich abgerollt. Auch die vereinzelt vorkommenden großen Oolithe zwischen kleineren, sind, wie schon gesagt wurde, als Geröllbildung aufzufassen; in einer Probe aus dem grauen Lager von Tucquegnieux 619 waren diese Großoolithen von wesentlich hellerer Farbe und größerem Schalenbau als die umgebenden Kleinoolithen, also offensichtlich unter anderen Bedingungen gebildet als jene. Als Seltenheit wurde auch ein Stück eines feinkörnigen Oolithgesteins also ein Agglomerat von vielen sehr kleinen Oolithkörnchen als Geröll in einem grobkörnigen Oolithgestein gefunden. (Fig. 1 p.) Übergänge von Oolithenbruchstücken ohne neue Erzumkrustung zu solchen mit feinen sekundären Erzrinden und weiter zu Oolithen mit großem Kern sind auf Schritt und Tritt zu beobachten.

Vielfach sind die Erzlager, namentlich die kleinen Bänke, die die Hauptlager begleiten, von Tonfasern durchzogen, die

bis zu mikroskopischen Dimensionen herabgehen können. U. d. M. ist die Grenze dieser Tonstreifen, die auf eine sehr unruhige, vielfach wechselnde Wasserbewegung während der Sedimentation hinweisen, meist unscharf, unreine mergelige Kalkstreifen leiten vom Oolithgestein mit unreiner Kalkgrundmasse zu den reinen Tonfasern, die stets nur ganz vereinzelte Erzkörner enthalten, hinüber. (Sog. meliertes Erz, z. B. vom Jarny.)

Die Tongallen sind im Gegensatz zu den Tonfasern auch u. d. M. scharf begrenzt. Es sind runde, mitten im reichsten Erz liegende kleine Tonklumpen von mikroskopischen Dimensionen. Diese Tongerölle oder Tongallen sind stets erzfrei. Man kann beobachten, daß die einst noch lose auf dem Grunde des Gewässers liegenden Oolithkörner an ihrer zähen Masse anklebten. Ellipsoidische Oolithe, die sonst stets mit ihrer größten Fläche horizontal liegen, sind in schiefer und vertikaler Stellung an die Tongallen angeklebt, wo deren Grenzflächen schräg oder quer zur Schichtung des Gesteins verlaufen. (Fig. 2.)

#### Eisensilikat.

Außer dem braunen limonitischen Eisenerz beteiligt sich am Aufbau der Minette auch noch ein dunkelgrünes amorphes oder kryptokristallines Eisensilikat. Sein Auf-

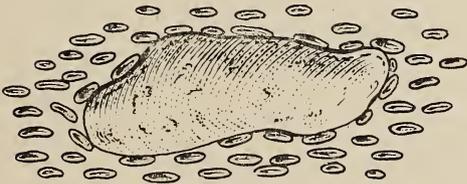


Fig. 2.

Tongalle mit agglutinierenden Oolithen. (Vergr. 15mal.)

treten in den mikroskopischen Präparaten ist aber wesentlich von jenem verschieden. Es umkrustet die Oolithkörner, aber nicht allseitig, sondern so, daß es nur die zwickelförmigen Hohlräume zwischen den lose gestreuten Kügelchen oder Ellipsoiden auskleidet, an den Auflagerungsstellen der Oolithkörner gegeneinander fehlt und sich girlandenartig von Korn zu Korn schwingt. (Fig. 1 k und l, deutlicher Tafel V Fig. 3.) Oft verbindet es bloß einige Körner miteinander, so daß die Wandungen der 'Zwicke!' nur teilweise mit Silikat

bedeckt sind. Die Struktur dieses Eisensilikates ist vollkommen typisch für Kolloide. Die Oberfläche gegen den von ihm ausgekleideten Hohlraum ist nierenförmig. (Fig. 1k.) Zwischen gekreuzten Nicols erscheint es entweder vollkommen isotrop oder infolge sekundärer Auskristallisation von äußerst feinem kryptokristallinem Bau. Besonders die unmittelbar am Oolithkorn anliegenden Teile sind oft deutlich doppelbrechend und verraten einen radialfasrigen Bau. Durch wechselnde Intensität der Doppelbrechung, bisweilen auch durch wechselnde hellere und dunklere grüne Farbe des Minerals, ist wohl auch ein feinschaliger Bau der Silikatkrusten entwickelt. (Fig. 1o.) Keineswegs setzt sich das Eisensilikat nur an die Oolithkörner an, sondern es überkrustet auch die Außenfläche von Quarz und Kalkgeröllchen, die zwischen den Oolithen liegen. Besonders interessant ist der mehrfach beobachtete Fall, daß die feinen Limonitkrusten der Oolithkörner durch mechanischen Stoß etwas abgesplittert und aufgeblättert sind und daß sich dann das dunkelgrüne Silikatgel zwischen diesen abgeblätterten Krustenteilen abgesetzt hat. (Tafel V Fig. 3 und 4.)

Man kann also ganz deutlich beobachten, daß sich die Silikatrinden erst an die Oolithkörner ansetzten, als diese schon fertig gebildet waren und sich in ihrer jetzigen Lagerung übereinandergelegt hatten.

Ebenso wie das Silikatgel in die feinen Spalten, zwischen den etwas aufgeblätterten Oolithschalen eindrang, drang es auch in die mikroskopischen Strukturräume der Echinodermenschalen ein. Die Eisenerzfüllung der Netzkanäle ist vielfach isotrop und deutlich grün und es scheint fast, als ob sie dort, wo sie dunkelbraune Farbe hat, nur durch Oxydation des ursprünglichen leicht zersetzbaren Oxydulsalzes entstanden sei.

Die chemische Natur des Eisensilikates ist natürlich nicht sicher bestimmbar. Sicherlich ist es in seiner ursprünglichen Ausbildungsform ein stark wasserhaltiges, amorphes, mit Salzsäure gelatinierendes Silikat, wahrscheinlich identisch oder doch nahe verwandt mit Glaukonit<sup>2)</sup>. Bei der Auskristallisation zu kryptokristallinen Massen geht es in

<sup>2)</sup> F. GAUL hat in seiner Arbeit über die jurassischen Oolithe der Schwäbischen Alb (Geol. u. paläont. Abhandl., Band IX, Heft 3) durch Analysen gezeigt, daß das Eisensilikat der von ihm untersuchten Oolithe wasserhaltiger als Chamosit ist, aber ein chemisch sehr labiles in Chamosit leicht übergehendes Mineral darstellt.

ein blättriges Silikat der Chloritgruppe über, hierfür spricht, daß es in den haarfeinen Kanälen, die die Lamellen der Muschelschalen durchsetzen, zuweilen in helminthartigen quergliederten Gebilden auskristallisiert ist. (Tafel V, Fig. 5.) Auch in den nicht oolithischen Lagerteilen wird das Eisensilikatgel angetroffen: In feinsandigen Massen bildet es bisweilen das Bindemittel scharfeckiger Quarzkörnchen (Struktur einer Erzknolle im Liegenden des gelben Lagers), zwischen die Blättchen der groben, als Geröll auftretenden Chloritfetzen ist es eingedrungen und bisweilen verleimt es Gruppen aneinander gehäufter kleiner Muschelsplitterchen oder durchtränkt die lockeren Tonfasern des melierten Erzes.

An denjenigen Oolithkörnern, die auf sekundären Lagerstätten im Minetteerz liegen, ist die Silikatrinde begreiflicherweise meist nicht mehr erhalten, da sie beim Transport leicht absplittert. Immerhin kommen sekundär umgelagerte Oolithkörner vor, an deren Oberfläche noch Reste der Silikatrinden ihrer primären Lagerbildung anhaften. Häufig sind eckige Bruchstücke von Silikatgel als Kerne neuer Oolithbildungen zu beobachten, mehrfach kann man sie auch ohne Überkrustung, also als Geröllchen in der Kalkgrundmasse der Minettegesteine liegen sehen. In letzterem Falle sind die Silikatsplitter meist durch Oxydation vollkommen oder doch wenigstens in ihren peripheren Teilen in schmutzig gelbbraune Massen übergegangen. Die Form der Splitterchen des amorphen Silikates ist stets „knochenförmig“ mit konkaven Flächen wie diejenige der Glaspartikelchen in Tuffgesteinen.

Während man bei der mikroskopischen Untersuchung von Minetteerzen zunächst geneigt ist, die braunen Krusten der Oolithkörner, die strukturell in so scharfem Gegensatz zu den dunkelgrünen Silikatrinden stehen, ausnahmslos für Limonit zu halten, überzeugt man sich bei näherer Untersuchung, daß auch am Aufbau der eigentlichen feinschaligen Oolithkörner Eisensilikat neben Eisenoxyd in beträchtlichem Maß beteiligt ist. Vielfach sind konzentrische Zonen der sonst braunen Oolithe merklich grün gefärbt, und vom grauen Lager in Joudreville und im Erz der Bohrung Lubey wurden sogar rein gelbgrüne Oolithe gefunden, deren Körner ausschließlich aus Silikatschalen zu bestehen scheinen. Die Struktur dieser in den Oolithen angesammelten Silikate ist aber, soweit sie nicht ebenfalls amorph ist, stets noch viel feinkristalliner als die der dunkelgrünen Silikatriede in

den Zwickeln. Auch bei stärkster Vergrößerung lösen sich die Schalen nicht in konzentrisch-strahlige Fasern auf, nur die Erscheinung des festen Kreuzes, die diese hellgrünen Oolithe zwischen gekreuzten Nicols erkennen lassen, deutet auf eine ultramikroskopische, feinstrahlige Anordnung der Teilchen in dem deutlich sichtbaren Schalenbau hin.

Schon VAN WERVEKE hatte die Beteiligung von Silikat am Aufbau vieler Oolithkörner gezeigt und hatte darauf hingewiesen, daß es mit Salzsäure gelatinierende Eisensilikate seien, die dabei in Frage kommen. Wenn man den Querschliff durch ein silikatreiches Oolithkorn mit Salzsäure ätzt, so erhält man einen Rest von schleimiger Kieselsäure, und wenn man diesen Rest mit einem der üblichen Farbstoffe anfärbt, so gewahrt man, daß die Kieselsäure noch den feinschaligen Bau des ursprünglichen Oolithkornes bewahrt hat. Der Kieselsäurerest oder, wie man auch sagt, das Kieselsäureskelett, besteht also ebenfalls aus konzentrisch-schaligen Massen, deren Struktur durch die Anfärbung deutlich hervortritt. Diese von VAN WERVEKE beschriebene Erscheinung hat in der Literatur zum Teil durch Mißverständnis große Verwirrung angerichtet. Man liest, die Oolithkörner der Minetten „unschlössen“ ein feines Kieselsäureskelett, das bei der Behandlung mit Salzsäure sichtbar würde, ja, man hat sogar auf organische Entstehung der Oolithkörner auf Grund dieser Erscheinung schließen wollen.

#### Kalkgrundmasse.

Die Kalkgrundmasse, die die Oolithkörner, die Gerölle von Quarz und organogenem Kalk und die Rinden von Eisensilikatgel, die sich besonders an die ersteren anschmiegen, umschließt, bietet ebenfalls eine Reihe interessanter Beobachtungen.

Meist ist sie, wie dies bei derartigen Grundmassen häufig vorkommt, auf weite Gebiete, in mehreren Dutzend benachbarter Zwickel, einheitlich kristallisiert, so daß beim Drehen des Präparats unter gekreuzten Nicols im ganzen Gesichtsfeld die Grundmasse gleichzeitig auslöscht. Bisweilen ist die einheitliche Kristallisation auch konzentrisch von einem Punkt aus ausgegangen, so daß man die Erscheinung eines festen Kreuzes gewahrt, dessen vier Arme unbehelligt von den dazwischen liegenden Oolithen durch alle Zwickel hindurchgehen. Als Keime für solche Sammelkristallisation dienen nicht selten primär-kristalline Kalkgerölle. So wurde eine kleine, kugelige Foraminiferenschale ge-

funden, um die herum die Kalkgrundmasse, wie das „feste Kreuz“ beweist, strahlenförmig auskristallisiert ist. In anderen Fällen hat die Grundmasse dieselbe kristallographische Orientierung angenommen wie ein in ihr liegendes kristallines Kalkgeröll. Geröll und umgebende Grundmasse löschen beim Drehen zwischen gekreuzten Nicols gleichzeitig aus, und die Grenze zwischen beiden wird nur noch durch die schmutzige, eisenschüssige Farbe angedeutet, die die äußeren Teile des Kalkgerölls im eisenhaltigen Wasser vor der Einbettung in die Grundmasse angenommen hatten.

Durch reichliche Toneinmischung geht die Kalkgrundmasse in schmutzige Mergel und mergelige Tonflasen über. Meist jedoch findet bei der Festwerdung mergeliger Tone eine mikroskopische Entmischung statt, indem sich der Kalk zu kleinen, rhomboedrigen Einzelkriställchen zusammenzieht, die bei ihrem Wachstum den Ton pinolithisch zurückdrängen und nun als helle, weiße „Porphyroblasten“ in der trüben Tonmasse eingebettet liegen. Auch in größeren Eisensilikatmassen sind nicht selten kleine, porphyroblastische Kalzit-rhomboeder ausgeschieden (Fig. 1 m). In vielen Fällen hat die Kristallisationskraft des Kalkes die niedrigen Oberflächenformen des eben ausgeschiedenen, vielleicht noch weichen Silikatgels umzuformen vermocht. Die Grenzen zwischen Kalk und Silikat folgen den rhomboedrigen Strukturformen des Kalzits, sind also im Querschnitt nicht buchtig mit gegen den Kalk konvexen Linien, sondern zackig mit in das Silikat eingreifenden Vorsprüngen (Fig. 1 l). Es ist dies die Folge eines „mikrometasomatischen Kampfes um den Raum“ zwischen Kalzit und Silikatgel. Meist findet man beide Formen der Umgrenzung in verschiedenen Teilen derselben Probe, oft sogar desselben Schliffes.

#### Wanderung des Eisensilikats.

Fast keines der Minettelager besteht durch seine ganze Mächtigkeit aus gleich gutem kompakten Erz. In allen macht sich eine Schichtung von reicheren und ärmeren Bänken mehr oder weniger geltend. Mehrfach sind die Lager durch „Bänklinge“ unterbrochen, deren Eisengehalt nicht hoch genug ist um eine Verhüttung zu lohnen. Eine besondere Erscheinung, die vor allem im hauptsächlichsten Erzhorizont des ganzen Revieres, im Grauen Lager auftritt, sind rundliche, kopf- bis rumpfgroße, meist brotlaibförmig gestreckte erzärmere Partien, die der deutsche Bergmann als Wacken, der französische als Rognons bezeichnet. Sie

sind besonders an alten Abbaustößen, die seit einigen Monaten dem oxydierenden Einfluß der Grubenluft ausgesetzt sind, gut sichtbar. Die im frischen Bruch olivbraun bis grau erscheinenden Wände der Grubenbaue laufen bald rostbraun an, und die Wacken treten dann als weißliche Flecke recht deutlich hervor. An frischen Bruchwänden kann man sich aber überzeugen, daß diese hellen Flecke nicht etwa erst bei der Verwitterung entstehen, sondern, daß sie im festen Gestein als rundliche Einlagerungen mit höherem Gehalt von Kalkgrundmasse und geringerem Gehalt an Oolithkörnern schon vorgebildet sind.

Die rundliche Form dieser Gebilde läßt sich durch einfache mechanische Sedimentation nicht erklären und man könnte zunächst an konkretionäre Bildungen nach Art der ihnen an Gestalt und Größe recht ähnlichen Sphärosideritknollen denken. Sie zeigen indessen keinerlei Septarienstruktur. Auch sind sie öfters nicht rundlich, sondern buchtig begrenzt, so daß reicheres bei der Verwitterung dunkler werdendes Erz sich mit konvexen Formen in sie hineinwölbt. Ferner beobachtet man auch, daß Tonflasern, die doch sicher echt sedimentäre Schichtflächen darstellen, ungehindert an stumpfen Ende einer solchen rundlichen Masse aus dem erzarmen in das erzreiche Gebiet hinüberstreichen. Es kann kein Zweifel bestehen, daß diese Wacken oder Rognons ehemals linsenförmige Einlagerungen waren, deren jetzige Grenzen durch sekundäre Umsetzungen des Erzgehaltes bedingt wurden. Das Erz wanderte, zumal an den schmalen Ausspitzungen der ehemaligen Linsen, wo die erzärmeren Teile nur noch schmale Streifen zwischen den erzreicheren bildeten, in die Linse ein und bewirkte dadurch eine Angleichung zwischen Linsenmasse und Erzmasse, so daß jetzt die Spitzen der armen Linsen vom reichen Erz nicht mehr zu unterscheiden sind und aus der Linsenform eine Brotlaibform entstand. Das Vorkommen von Einbuchtungen des Erzes in die Rognons beweist die Richtigkeit dieser genetischen Erklärung.

Die mikroskopischen Untersuchungen stützen diese Erklärungsweise durchaus. Die Rognons sind vom Erz nicht sowohl durch das Zurücktreten der Oolithkörner gegen die Kalkgrundmasse charakterisiert, als vor allem durch ein fast völliges Fehlen der Silikatrinden zwischen diesen Körnern. Jenseits der stumpfen Enden der Knollen, wo also nach unserer Annahme eine sekundäre Zuwanderung von Eisenerz stattgefunden haben muß, tritt aber das Eisen-

silikat wieder auf. Es bildet indessen hier nicht Rinden an den Oolithkörnern, sondern durchzieht unregelmäßig die ganze Kalkgrundmasse, in der es vor allem in dünnen Häutchen auf den Spaltflächen der Kalzitindividuen ausgeschieden ist. (Fig. 1 n.) Da nun die Braunfärbung des Lagers an älteren Abbaustößen, vor allem durch Oxydation des fein verteilten Eisenoxydulsilikates bedingt wird, kann es uns nicht wundernehmen, wenn die Gebiete, in denen etwas Silikat eingewandert war, die Farbe des Erzes annehmen, und nur die rundlichen Reste der erzarmen Linsen als hellere Flecke an den Wänden des Grubenbaus zurückbleiben.

Auch sonst findet man in den Dünnschliffen vielfach Beweise dafür, daß das Eisensilikat einer sekundären Wanderung fähig ist. In einer Wacke des Grauen Lagers fand sich ein mikroskopisch feines Spältchen nach Art der Erzgänge in bilateraler Anordnung von grünem Silikat mit strahliger Struktur und in der Mitte von Kalzit erfüllt. (Fig. 1 g.) Bisweilen sind feine Risse und Spalten in größeren Oolithkörnern mit Silikat erfüllt und einmal wurde auch eine helmthartige „Geldrolle“ von grünen Silikatblättchen mitten in der Kalkgrundmasse u. d. M. entdeckt. Auch in den feinen Kanälen, die die Muschelsplitter durchziehen, kommt das Silikat in dieser Helminthform vor. (Tafel V, Fig. 5). Jedenfalls aber sind diese sekundären Umsetzungen schon in sehr früher Zeit, wahrscheinlich vor der Verfestigung, in noch feuchtem Zustand der Ablagerung entstanden. Dafür, daß größere sekundäre Verschiebungen des Metallgehaltes der Lager eingetreten sind, wurde weder makroskopisch noch mikroskopisch ein sicheres Anzeichen gefunden. Insbesondere ist eine Anreicherung des Erzes in den Mulden des Untergrundes der Lager, wie wir sie aus dem amerikanischen Marquette-Distrikt kennen, weder der Mächtigkeit noch dem Eisengehalt nach zu beobachten. Der Umstand, daß die durchschnittlichen Prozentgehalte des geförderten Erzes auf der französischen Seite, also im Beckentiefsten, etwas größer sind als auf der lothringischen Seite, kann durch primäre Ursachen und wohl kaum durch eine kilometerweite sekundäre Wanderung des Metallgehaltes erklärt werden. Vielleicht ist es nur dadurch bedingt, daß die französischen Gesellschaften etwas wählerischer im Abbau waren als die deutschen, so daß sie mehr ärmere Mittel stehen ließen, und daß sich dadurch der durchschnittliche Prozentgehalt der französischen Erze etwas höher stellt, als der der deutschen.

## Magnetit.

Bekanntlich, und wie in der Literatur schon mehrfach erwähnt worden ist, kommt im Minetteerz auch Magnetit vor. Makroskopisch ist es nur im Grauen Lager und auch dort nur als Seltenheit beobachtet und durch VAN WERVEKE beschrieben worden. Mikroskopisch wurde es in mehreren Dünnschliffen auch aus dem braunen und schwarzen Lager gefunden und bezeichnenderweise kommt es in Jarny ebenso im eigentlichen Grauen Lager vor wie in dessen oberstem auffallend rotgefärbtem Teil. Die Annahme, daß dieser obere Teil dem Roten Lager Deutsch-Lothringens entspreche, das sich hier nur unmittelbar auf das Graue auflagere, wird hierdurch wohl am sichersten widerlegt. Denn in den obersten Minettehorizonten ist das Vorkommen von Magnet-eisenerz bisher unbekannt.

Der Magnetit bildet in allen Schliffen scharfe ringsum ausgebildete Oktaeder, die höchstens an ihren Ecken zu kurzen dendritähnlichen Kristallreihen aneinandergewachsen sind. Er findet sich nur in den Silikatrinden, die die Zwickel zwischen den Oolithkörnern auskleiden, und scheint sich auf Kosten dieses Silikates zu bilden, denn mit der Zunahme des Magnetites ist stets eine Abnahme des Silikates verbunden. Wenn alles Silikat in Magnetit übergegangen ist, so bilden die Magnetitoktaederchen einen feinen perlschnurartigen Kranz um die Oolithe. (Tafel V Fig. 6.), wobei sie oft zwischen sich und dem Oolithkorn eine kleine erzfreie Zone zurücklassen. Auch im sekundär eingewanderten Silikat wurden Magnetitkristalle beobachtet und bisweilen liegen sie auch rings um kleine Kalkgerölle angehäuft, wenn sie aus Silikatrinden entstanden sind, die nicht Oolithkörner, sondern Kalkgerölle umgeben. In diesem Falle ragen dann die Ecken der Magnetitoktaeder zuweilen bis in den Kalk des Geröllchens vor, da der Kalk der Kristallisationskraft des Erzes nicht zu widerstehen vermochte.

Auch feine schwarze Staubpartikelchen, die in manchen Schliffen zwischen den Prismen des strahlig entwickelten Grundmassekalkes eingestreut liegen und von ihm pinolithisch zusammengedrängt wurden, sind wohl als Magnetitstaub aufzufassen. (Fig. 1w.).

## Schwefelkies.

In den unteren Minettelagern findet sich vielfach Schwefelkies und Magnetkies in Einzelkristallen oder kleinen zakigen Nestern eingeschaltet. Die Entstehung dieser Sul-

fide ist leicht erklärlich, wenn wir das reiche Tierleben bedenken, das uns in den zwischen die Lager eingeschalteten Muschelbänken, in zahlreichen Foraminiferen und Echinodermenresten entgegentritt. Die Verwesung der vielen organischen Massen erzeugte beträchtliche Mengen von Schwefelwasserstoff, der auf die umgebenden Eisenerze sulfidbildend einwirkte. Die Kiese sind meist in makroskopisch sichtbaren Dimensionen den Erzen eingelagert und zwar stets in einer erst durch spätere Umsetzung bedingten Form. Größere Kiesreste haben meist rundliche kompakte Gestalt, kleinere sind zackig, wie das Wurzelwerk eines Baumes. Die kleinsten Schwefelkiespartikel bilden einzelne dem Erz eingestreute stecknadelkopfgroße Kristalle.

Die größeren Kiesnester zeigen an ihrer Oberfläche gern Kristallformen, namentlich dort, wo der Kies gegen den Kalk grenzt. Im Innern zeigen sie einen striemigen Aufbau. Die zarten ästigen Verzweigungen der kleinen Nestchen nehmen bisweilen fast dendritische Formen an. (Fig. 1x.)

Wo der Schwefelkies sich zu größeren Massen zusammengezogen hat, hat er sich seinen Raun, wie die meisten Konkretionen, durch metasomatische Verdrängung des umgebenden Gesteins verschafft. Es ist von besonderem Interesse, den Grad der Verdrängungskraft festzustellen, den er den verschiedenen Mineralien gegenüber ausgeübt hat. Völlig verdrängt sind Kalkgrundmasse und Kalkgerölle. Muschelsplitterchen und Foraminiferen sind bisweilen noch mit stark angefressenen Rändern mitten in den Kiesnestern erhalten. (Fig. 1z.) Die Oolithe widerstehen ziemlich lange der Einwirkung der sulfidischen Lösungen. Wenn sie einen Kalksplitter als Kern führen, wird dieser meist zuerst in Schwefelkies umgesetzt, so daß man noch fast unverletzte Oolithkörner mit Schwefelkieskern in solchen Fällen als Seltenheit beobachten kann. Später wird auch die schalige Eisenerzmasse des Oolithkorns durch Sulfid verdrängt (bzw. durch schwefelwasserstoffhaltige Lösungen in Eisensulfid übergeführt). Da aber die einzelnen, bald mehr silikatischen bald mehr oxydischen Zonen in sehr verschiedenem Maße Widerstand leisten, so nimmt während des Verdrängungsprozesses das Sulfid vorübergehend die Schalenstruktur seines Vorgängers auf und es entstehen unvollkommene Pseudomorphosen von Schwefelkies nach Oolithkörnern (Fig. 1y), die aber meist schon an einer Seite in kompakten Pyrit übergegangen sind. Zuletzt bleiben nur

noch die Quarzsplitter als unversehrte oder auch randlich leicht angefressene oder von Kiesadern durchzogene Reste in der Schwefelkiesmasse liegen. (Fig. 1 z.)

Sehr häufig ist der Schwefelkies nicht in Nestern dem Minetteerz eingestreut, sondern durchzieht es in schmalen, bald makroskopisch sichtbaren, bald aber auch nur mikroskopische Dimensionen erreichenden zarten Spaltenfüllungen.

#### Siderit.

In vielen Dünnschliffen findet sich auch Siderit. Ob dieses Mineral vielleicht gelegentlich in einzelnen dünnen Lagen auch am Aufbau der Oolithkörner primär Anteil nimmt, läßt sich nicht sicher erweisen. Jedenfalls können primäre Eisenkarbonate nur ganz feine auch mit starker Vergrößerung nicht deutlich sichtbare Lagen in den Oolithen bilden. Was man an Siderit in den Schliffen deutlich sieht, ist alles sekundär, offenbar durch eine Umsetzung zwischen Kalk bzw. doppelkohlensaurem Kalk in Lösung und Eisenoxyd entstanden. Vielleicht haben auch Alkali-karbonate gelegentlich das Eisensilikat umgewandelt. Von Eisenspat erfüllte mikroskopisch feine Spältchen sind vielfach in den Erzproben, in denen das Eisenkarbonat überhaupt vorkommt, zu beobachten. Der Siderit durchsetzt die Oolithkörner oft wie eine krankhafte Wucherung, die von einer Stelle her in die Oolithschalen eindringt. (Fig. 1 v.) Meist allerdings tritt er ringförmig, aber mit zackigen Rändern, nicht als fein lagenförmige Erzschaale in den Oolithen auf. Er dringt von außen her von allen Seiten konzentrisch gegen die Mitte vor (Fig. 1 t), oder die Sideritisierung beginnt im Innern an der Grenze von Kern und Schalen. (Fig. 1 r und 1 s). Oft wuchert er über die Grenzen des Oolithkornes, das er befallen hat, hinaus und umgibt es mit einer Aureole von Eisenkarbonat, die sich auch in die umgebende Grundmasse ausbreitet, während der ehemalige Kern unversehrt erhalten bleibt (Fig. 1 n). Seltener werden nur einzelne Zonen der tausendfach den Kern umgebenden Schalen sideritisiert, ein Beweis dafür, daß die einzelnen Schalen sich chemisch verschieden verhalten, weil die Zusammensetzung des Wassers und seiner gelösten Stoffe sich während der Bildung des Ooliths mehrfach änderte. Durch zonenweise Verdrängung kann dann im stark sideritisierten Oolith der Eindruck eines unvollkommen konzentrisch-schaligen Sideritooliths entstehen. In denjenigen Oolithen, deren Kern aus Bruchstücken von Eisensilikatgel besteht,

werden die Kerne besonders gern umgewandelt, da das kolloidale Silikat, wie wir schon bei der Magnetitbildung sahen, ein chemisch sehr wenig standhafter Körper ist.

Bekanntlich wirken Karbonate, und ganz besonders solche des Eisens und der Alkalien, stark korrodierend auf Quarz ein (vgl. die von BUTTMANN beschriebenen metasomatischen Prozesse an den Mitterberger kupferführenden Spateisensteingängen). So finden wir in den Schliffen von sideritisiertem Minetteerz, die uns aus den Bohrungen von Xivry-Circourt und Lubey vorliegen, oft beträchtliche Korrosionen sowohl an den aus Quarz bestehenden Kernen der Oolithe als auch an den Quarzgeröllen, wenn sie sich mit ihren Grenzen bis in die Sideritaureolen um die Oolithe hinein erstrecken.

#### Ferretisierung.

Über dem Grundwasserspiegel sind alle Minetteerze einer starken Oxydation verfallen. Alle im Gestein vorkommenden Mineralien, sowohl primäres als auch sekundäres Silikat, Siderit, Magnetit, sind in Limonit umgewandelt, und das ganze Gestein ist von formlosen Limonitmassen durchtränkt und verkittet. Der ganze Vorgang ist nahe verwandt mit der Ortsteinbildung und der Entstehung von Raseneisenerzen am Ausstrich von Glaukonitsanden.

Selten ist eine primäre Limonitdurchstäubung in der Kalkgrundmasse zu beobachten, die auf starke Oxydationswirkungen schon während des Flözabsatzes schließen läßt. Eine Probe aus dem Braunen Lager vom Fonds de la Noue zeigt stellenweise durch Limonit getrübe Grundmasse. Spricht schon die Lage des Fundpunktes im Tiefbau gegen eine Wirkung in der sekundären Oxydationszone, so wird die primäre Natur dieser Limonitflöckchen dadurch bewiesen, daß sie bei der Diagenese der Grundmasse von den wachsenden Kalkspatrhomboedern pinolithisch zusammengeschoben wurden. Es liegen in getrüber Masse einzelne ungetrübe Kalzitkriställchen, um deren Rand der braune Staub durch Zusammendrängen verdichtet ist. Häufig ist in solchen Fällen der innerste Kern der Kalzitkriställchen aber noch etwas getrübt.

#### Entstehung der Minetteerze.

Wir kommen auf Grund der mikroskopischen Studien und der Beobachtungen in der Grube zu folgendem Bild der Entstehung der Minetteflöze.

In eine seichte Lagune oder Meeresbucht mündeten vom Lande her zahlreiche Rinnsale und Bäche, deren Wasser durch die Zersetzung älterer, eisenreicher Gesteine reich an gelöstem Eisenkarbonat, Eisenhydroxyd und kolloidalem Eisenoxydulsilikat war. Eine Barre von Korallenriffen oder eine Meeresgrundschwelle am Eingang der Bucht, vielleicht auch nur die Abwesenheit jeder Meeresströmung oder die Konstanz anlandiger Winde verhinderte die Mischung der verdünnten Eisenlösung in der Bucht mit dem Wasser des Meeres. Außerhalb der Lagune herrschte kräftiger Wellenschlag, der eine Fauna von dickschaligen Muscheln, Echinodermen und Crinoiden zur Entwicklung brachte. Im Innern siedelten sich nur zeitweise Kolonien von *Pecten*, *Ostrea* u. a. an.

Der sandige Untergrund, dessen Material vorwiegend aus den zerriebenen Trümmern von Muscheln und Echinodermen bestand, wurde durch eine ruhige, leichte Dünung gleichmäßig auf- und niedergewirbelt. Die scharfkörnigen Sandkörnchen, die wohl meist vom Lande her stammten, und die Muschelsplitter und organogenen und anorganischen Kalksteingeröllchen, die von der Brandung in die Lagune gelangten, fielen zu Boden, soweit sie eine gewisse von der Kraft der Dünung an ihrem jeweiligen Ort abhängigen Größe hatten. Hatten sie diese nicht, so setzten sich an ihnen während des Tanzens im Wellenschlag feine Eisenerzkrusten an, bis sie für weitere Bewegung zu schwer wurden und zu Boden fielen. Die Erzkrusten bestanden je nach der augenblicklichen Zusammensetzung des umgebenden Wassers zu meist aus Eisenoxydhydrat, das sich aus den im Meerwasser gelösten Eisensalzen bei reichlichem Vorhandensein von Sauerstoff ausfällte. Auch Krusten von kolloidal ausgeschiedenem oder mikrokristallin auskristallisiertem Eisenoxydulsilikat setzten sich in vielfachem Wechsel zwischen den Oxydkrusten an die schwebenden Sandkörnchen an. VAN WERVEKE nimmt sogar an, daß alle Oolithe wenigstens in den unteren Lagern ursprünglich aus Silikat bestanden und erst später sich sekundär zu Oxydoolithen umbildeten. Hierfür fehlen wohl aber genügend Beweise. Immerhin ist es aber möglich, daß die Form in der das Eisen im Meerwasser gelöst war, silikatisch ist. Je nachdem sich nun die Umkrustung im sauerstofffreien oder sauerstoffreichen Meerwasser bildete, entstanden Silikatkrusten oder Krusten von Eisenoxyd und Kieselsäure. Einerseits erklärt sich so die von VAN WERVEKE beobachtete Tatsache, daß auch

die Oxydoolithe bei der Behandlung mit Salzsäure ein Kiesel skelett hinterlassen (VAN WERVEKES wichtigstes Argument für Umsetzung der oxydischen aus silikatischen Oolithen), andererseits stellt sich dadurch die Oolithbildung als ein Vorgang dar, der in engster Verwandtschaft mit der Glaukonitbildung steht<sup>3)</sup>.

Ein großer Teil des Silikatgels wurden als zarte Flöckchen im Wasser selbst koaguliert und sammelte sich als grüne schleimige Masse am Boden der Lagunen an, wo sie zunächst wohl von der Dünung getrieben, noch leise auf- und niederwogte. Jedes Sandkörnchen sank, wenn es durch Ansatz von Eisenerzkrusten eine bestimmte Schwere erreicht hatte, als Oolithkorn zu Boden und bettete sich dort in den unteren Teilen des Silikatgels ein.

Mit zunehmender Erhärtung konzentrierte sich das Silikat zu festeren grünlichen Krusten um die Oolithkörner und die in den Zwickeln frei werdenden Hohlräume wurden von feinem Kalkschlamm erfüllt. Die Oberfläche des erhärteten isotropen oder oft auch bereits mikrokristallinen Silikates gegen den zwickelfüllenden Kalk hatte zunächst die charakteristischen, traubig-nerigen Formen der Gelminalien. Wenn aber dann die Auskristallisation des Kalkschlammes zu kristallinem, oft konzentrisch strahligem Kalkkarbonat er-

<sup>3)</sup> F. GAUL (die jurassischen Oolithe der Schwäbischen Alb; Geol. u. paläont. Abhandl., Bd. IX, Heft 3) nimmt für die oxydischen Eisenoolithe des Schwäbischen Doggers eine nachträgliche Umwandlung aus Kalzitoolith an. Seine Ansicht fußt auf der reichlichen Zwischenlagerung von Kalzitschalen zwischen dem Eisenoxyd, für die eine Bildung aus gleichem Gewässer recht unwahrscheinlich ist, auf der Verteilung des Eisenoxyds, das in radialen Sprüngen der Oolithe auftritt und von ihnen aus zwischen die Kalzitschalen eindringt und auf dem reichlichen Vorkommen von Pyrit, der sich dicht an die Außenfläche der Oolithe anlegt. Alles Erscheinungen, die den Minetteerzen fast vollkommen fehlen. Im Pyrit sieht GAUL das Urmaterial für den Eisengehalt. Durch dessen Oxydation soll sich Eisensulfat gebildet haben, das sich mit dem Kalzit der Oolithe zu Eisenoxyd umbildete, während Gips und freie Kohlensäure von den Sickerwässern entführt wurde. Für unsere Oolithe kann diese Bildungsweise nicht in Frage kommen. In ihnen ist, wie dies auch GAUL für die Aalener Erze annimmt, das Eisenoxyd ohne Zweifel primäre Bildung. Merkwürdigerweise nimmt GAUL auch für die von ihm untersuchten Silikatoolithe eine entsprechende Bildung an. Das Silikat soll sich hier nachträglich aus dem Oxyd gebildet haben, sogar von dem Silikat, welches er in den feinen Strukturräumen der Echinodermenreste beobachtete, nimmt er an, daß es ursprünglich Pyrit war, dann in Brauneisenerz und weiter in Eisensilikat übergang.

folgte, prägte der Kalkspat meist seine Rhomboederform der Grenzlinie zwischen Silikat und Kalk auf.

Leicht verständlich ist es, daß die feinen Strukturhohlräume der organogenen Kalkgerölle sich bei der Lagerung in der Silikatgallerte mit Silikatgel füllten, oder daß sich in ihnen auch Eisenoxydhydrat ansetzte, wenn während ihrer rollenden Bewegung die Luft oder die durchlüfteten Teile des Wassers Zutritt hatten.

Streifenweise konnte sich infolge kräftigerer Wasserbewegung die Silikatgallerte am Boden nicht ansammeln. An solchen Stellen trat dann feiner Kalkschlamm an ihre Stelle, und zumeist war auch die Zufuhr der Kalkgeröllchen größer. Es bildeten sich hier linsenförmige Lager, in denen die Oolithkörner in reichliches Kalkbindemittel eingebettet wurden und mehr als anderwärts mit Kalkgeröllchen durchmengt waren. Solche kalkige Einlagerungen im Minetteerz, die meist Kopf- bis Rumpfgroße erreichen, bildeten zunächst ihrer Entstehung gemäß im Querschnitt ziemlich spitz zulaufende Linsen. Es fand aber zwischen dem noch feuchten Kalkschlamm und dem noch feuchten Silikatgel ein metasomatischer Austausch statt. Hierdurch wanderte namentlich in die scharfen Spitzen der Linsen, die zwischen das silikatreiche hangende und liegende Erzgestein hineinragten, sekundäres Eisensilikat ein und konnte diese Spitzen den benachbarten Erzen chemisch angleichen. Es erklärt sich so die jetzt vorliegende gerundete, und oft sogar buchtige Form der Kalklinsen, der sog. Rognons des französisch-lothringischen Bergmanns. Ebenso erklärt sich auch die zunächst fast unerklärliche Erscheinung, daß Tonfasern oft quer durch die gerundete Grenze hindurch aus der Kalkknolle in das Erz hinüberstreichen.

Die Entstehung der Tonfasern ist natürlich ganz einfach auf eine örtliche Zufuhr tonigen Schlammes, auf einen „Schlammstreifen“ am Boden der Lagune zurückzuführen.

Häufig gerieten schon gebildete Eisenoolithbänke durch Änderungen in der Wasserbewegung in den Bereich der Brandung. Sie wurden dann natürlich wieder zerstört, die eben gebildeten Oolithe und ihre Silikatrinden wurden zer schlagen und zerbrochen und wanderten als Eisensteingeröllchen ins Innere der Bucht. Sie fielen hier, wenn ihr Gewicht für die Stärke der Dünung an ihrem jeweiligen Aufenthaltsort zu groß war, zu Boden, sie wurden mit Eisenerz umkrustet, wenn sie noch im Wellenschlag auf- und niedertanzen konnten. So erklären sich einerseits die

vereinzelten größeren Oolithe in feinkörnigen Bänken, andererseits die vielfach vorkommenden Oolithe, deren Kern aus Bruchstücken älterer Oolithkörnern, oder aus Bröckchen von isotropem, grünem Eisensilikat besteht.

In größerer Menge gerieten gelegentlich auch die Leichen und zerriebenen Leichenteile des außerhalb der Bucht befindlichen regen Tierlebens zwischen die Schichten. Auch aus den in der Bucht sich öfters ansiedelnden Muschelkolonien, den Muschelbänken der Erzformation, wurden organische Stoffe den Schichten zugeführt. Bei ihrer Verwesung entstand Schwefelwasserstoff und gab Gelegenheit zur Bildung von Eisensulfiden, deren Lösung zumeist in die unterliegenden Schichten eindringt und zackige, die Kalkgrundmasse verdrängende Schwefelkiesnester bildete oder auf Spalten und Schichtfugen kleine Schwefelkieskörner absetzte. Seltener wirkte der Schwefelwasserstoff auf die schon entstandenen Eisenerzoolithe und verwandelte sie in vereinzelte Pseudomorphosen von Pyrit nach schaligem Limonit. Die Schwefelkiesbildung ist in den unteren Lagern wesentlich häufiger als in den oberen.

Das enge Zusammenvorkommen von Eisenoxydsilikatgel, in welchem vielleicht sogar noch etwas kolloidales Eisenoxydul adsorbiert ist, mit Eisenoxyd, schuf Gelegenheit zur Entstehung kleiner Kriställchen von Eisenoxyduloxyd, also Magnetit. Die Magnetitbildung, die sonst nur unter hohem Druck durch dynamometamorphe Vorgänge oder bei erhöhter Temperatur im Kontaktbereich von Eruptivgesteinen und in großen geothermischen Tiefenstufen vor sich geht, ist hier durch die besonders günstigen Umstände unter geringerer Schichtenbedeckung erfolgt. Sie ist jedoch sicher eine rein sekundäre Erscheinung, diagenetisch oder säkularmetamorph im Sinne KLOCKMANN'S und findet nur im Eisensilikatgel, nicht wie in den silurischen Thuringit- und Chamositerzen, auch innerhalb der Oolithe statt.

Diagenetisch und durch Massenwirkung zu erklären ist eine Einwirkung des vielen Kalkkarbonats auf die von ihm eingeschlossenen Gemengteile. Im Silikatgel siedeln sich winzige freischwebende Kalzitkörner an. Um die Oolithe bilden sich sekundäre Zonen von Eisenkarbonat oder der Siderit dringt in Form unregelmäßiger Wucherungen in die Oolithkörner ein. Oft setzt sich auch neugebildeter Eisenspat auf Spältchen und Trümchen des Gesteins ab. Sogar der Quarz wird durch die Massenwirkung des um-

gebenden Karbonats gelegentlich an seinen Grenzen etwas angefressen.

Sind die Erzlager in späterer Zeit durch Erosion in den Bereich der oberen vadosen Grundwasserzirkulation geraten, so entstehen natürlich tief eingreifende Veränderungen, vor allem Oxydation der Oxydulsilikate zu kieseligem Eisenoxydhydrat und Verdrängungen des Kalkes durch Eisenoxyd infolge Oxydationsmetasomatose. Es tritt eine Versinterung der Minetteerze in der Oxydationszone ein, die vollkommen der Ferretisierung und Ortsteinbildung entspricht.

### Schlußfolgerungen.

Die Minetteerze sind sedimentär-syngenetisch. Sie sind Sedimente seichtler Meeresbuchten oder Lagunen. Für die Zufuhr der Erzlösungen ins Meeresbecken aus der Tiefe durch Thermalspalten, liegt, wie schon VAN WEEVERKE zeigt, kein Anzeichen vor. Abgesehen von kleinen Austauschvorgängen am Rande der Kalklinsen und abgesehen von den weitgehenden Umwandlungen des Erzes über dem Grundwasserspiegel, haben keine wesentlichen Metallverschiebungen stattgefunden.

Die jetzige Verteilung der besseren und geringeren Erze hat also primäre Ursachen und ist bedingt durch die Konfiguration der Lagune, die in ihr seinerzeit bestehende Verteilung des Wellenschlags und die Lage der Einmündungen der vom Lande herzuströmenden eisenhaltigen Sickerwässer und Rinnsale.

Die Vertaubung erfolgt durch Überhandnehmen der stets neben der Erzbildung bestehenden Kalk- und Tonsedimentation. Sie geht im Streichen allmählich, von Schicht zu Schicht sprungweise vor sich.

Die Nebengesteine zwischen den Lagern sind von den Erzen nicht wesensverschieden. Vielfach tritt geringe örtliche Erzführung auch außerhalb der Erzlager auf. Die Erzlager entsprechen nur Zeiten und Gebieten besonders starker Eisenoolithbildung, es kann aber in verschiedenen Profilen bald das eine bald das andere Lager geringmächtiger oder eisenärmer oder auch vollständig vertaubt sein. Andererseits können sich zwischen den auf weite Strecken durchgehenden Erzhorizonten bald hier bald da kleine Erzlager oder wenigstens erzreiche Sedimentschichten auftun. Der mächtigste und verbreitetste Erzhorizont des Lothringischen Doggers ist das Graue Lager.

Die Reichlichkeit der Eisensilikatbildung ist abhängig von örtlichen Verhältnissen. Günstige Verhältnisse für Silikatbildung, bestanden mehr zur Zeit der Sedimentation der unteren als der oberen Lager, deshalb walten hier grüne und olivbraune, in den oberen dagegen ockerbraune und gelbe bis rötliche Farbtöne vor.

Der in der Analyse gefundene Kieselsäuregehalt des Erzes ist kein Maßstab für die Beteiligung des Eisensilikats, da er zum größten Teil aus einer mechanischen Beimengung von Quarzkörnchen stammt.

Der Magnetit ist eine diagenetische Neubildung im Eisensilikatgel. Er findet sich vor allem, wenn auch nicht ausschließlich, im kompakten, ziemlich silikatreichen Grauen Lager.

Der Schwefelkies ist eine örtliche Bildung, die wahrscheinlich durch den Schwefelgehalt verwesender organischer Stoffe verursacht wird. Die Form von meist zackigen Nestern und kleinen Gangtrümchen, in der dieses Mineral jetzt vorliegt, ist durch sekundäre Wanderung bedingt.

Eisenkarbonat hat sich höchstens in ganz geringer Menge schon primär innerhalb der Oolithkrustung zwischen den Oxyd- und Silikatschalen in dünnen Häutchen gebildet. Die Hauptmasse des mikroskopisch beigemengten Siderites ist aber durch Austausch zwischen Kalkkarbonat und Eisenoxyd bei Gegenwart von Kohlensäure entstanden (doppelt-kohlensaurer Kalk in Lösung + Eisenoxyd = kohlensaurer Kalk + kohlensaures Eisen).

---

## Erklärungen zu Tafel V.

- Fig. 1: Oolithe, Kalksteingerölle und Echinodermengerölle in einem armen Minetteerz. Oben ein Oolith mit der Hälfte eines älteren Oolithes als Kern. In der Mitte ein Oolith mit sehr großem, durch Erzschale nur zur Rundung ergänztem Kern. Unten ein Echinodermengeröll mit stark vereisenten Netzkanälen. Vergrößerung ungefähr 30 mal.
- Fig. 2: Kleine, embryonale Zweischaler in der Kalkgrundmasse eines Minetteerzes. Unten ein längliches Bruchstück einer Muschelschale. Vergrößerung ungefähr 30 mal.
- Fig. 3: Charakteristische Rinden von Eisensilikat um Eisenoxydoolithe. Links oben sind von einem der Oolithe kleine Schalen von Eisenoxyd abgesplittert. Vergrößerung ungefähr 30 mal.
- Fig. 4: Minette mit viel Muschelsplittern zwischen den Oolithkörnern. Deutliche Aufblätterung der Schalen eines Oolithkornes und Erfüllung der Spalten mit Eisensilikat. Links davon deutlich konzentrisch-schalige Ausfüllung eines Zwickelraumes mit helleren und dunkleren Silikatlagen. Vergrößerung ungefähr 30 mal.
- Fig. 5: Muschelsplitter von sekundär eingewandertem, helminthartig auskristallisiertem Eisensilikat durchzogen. Unten ein Echinodermengeröll mit Netzkanälen. Vergrößerung ungefähr 150 mal.
- Fig. 6: Minette, in der das Eisensilikat um die Oolithe in zahlreiche kleine Magnetitkriställchen übergegangen ist. In der Mitte ein Oolith mit großem Kern, darunter mehrere langgestreckte Muschelsplitter. Vergrößerung ungefähr 30 mal.



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.

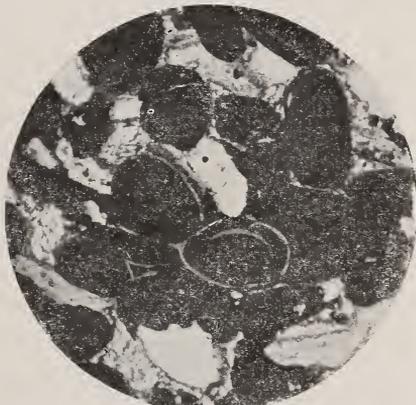


Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 6.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1921

Band/Volume: [73](#)

Autor(en)/Author(s): Berg Georg Ernst Wilhelm

Artikel/Article: [3. Über die Struktur und Entstehung der Lothringischen Minetteerze. 113-136](#)