

kommt, ferner *Desmopteris longifolia* STERNB. sp., *Sphenophyllum majus* BRONN u. a. (außerdem große *Rhacopteris asplenites*-Stücke), während auch hier die Ottweiler Typen fehlen; es scheinen allerdings hier *Eupecopteris*-Arten häufiger zu sein, z. B. *Pecopteris* aff. *Milioni*, die aber auch schon in den Schatzlarer Schichten häufig ist. Aus diesem Grunde hatte auch POTONIÉ in den Listen, wo die Vorkommnisse zu Flora 6 gestellt sind, bemerkt: ob hierher oder Flora 5? Wegen der angeführten floristischen Verhältnisse hatte ich ihm gegenüber schon wiederholt zum Ausdruck gebracht, daß die Xaveristollner Flora tiefer gehöre. Eine weitere Vergleichung der Stücke in anderen Sammlungen wird ohne Zweifel ein gleiches Resultat ergeben.

24. Experimentelle Studien über die Entstehung der Sedimentgesteine.

Von Herrn HERM. FISCHER.

(Hierzu eine Texttafel.)

Würzburg, den 10. März 1910.

I. Oolithbildung.

Über die Bildung oolithischer Gesteine, oder genauer gesagt, über die Entstehung der Kalkooide, welche diese Gesteine zusammensetzen, sind in der neueren Zeit von G. LINCK¹⁾ und seinen Schülern²⁾ so eingehende Studien gemacht worden, daß die folgenden Beobachtungen, welche ich über künstliche und natürliche Entstehung von Ooiden machen konnte, im wesentlichen nur eine Bestätigung und Erweiterung der grundlegenden Forschungen G. LINCKs bedeuten. Nur nebenbei möchte ich erwähnen, daß trotz der zweifellos prinzipiellen Lösung der Oolithfrage doch in der neusten Zeit wieder durch KALKOWSKY³⁾

¹⁾ G. LINCK: Die Bildung der Oolithe und Rogensteine. N. Jahrb. Min., XVI, Beil.-Band, 1903.

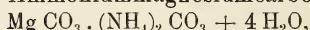
²⁾ K. KRECH: Beitrag zur Kenntnis der oolithischen Gesteine des Muschelkalkes bei Jena. Inaug.-Diss. Jena 1909.

³⁾ E. KALKOWSKY: Oolith und Stromatolith im norddeutschen Buntsandstein. Diese Zeitschr. 60, 1908.

die organogene Ooidentstehung für die Rogensteine des Buntsandsteins behauptet wurde, eine Ansicht, welcher G. LINCK¹⁾ sofort entgegengetreten ist.

Dem rein sekundären Einfluß, den Organismen und Organismenreste auf die Bildung von Ooiden haben können, und dem Beobachtungsmaterial, das darüber gesammelt wurde (s. F. ROSSBACH: Beitrag zur Kenntnis oolithischer Kalksteine. Inaug.-Diss. Jena 1884), darf doch wohl heute gegenüber der klaren Tatsache, daß Ooide anorganogen sowohl auf künstlichem wie natürlichem Wege entstehen, als einer Verkomplizierung der im Grunde genommen ganz einfachen Erscheinungen nicht mehr solche Bedeutung zugeschrieben werden. Schon GÜMBEL²⁾ weist ja darauf hin, daß man bisweilen bei chemischen Analysen ooidische Niederschläge erhält, und jeder Chemiker, der diesen Erscheinungen Aufmerksamkeit schenkt, weiß aus Erfahrung, daß viele Niederschläge unter bestimmten Fällungsbedingungen sphäroidisch auskrystallisieren. Ich selbst habe dies bei Kalkfällungen sowohl mit Ammoniumoxalat wie mit Ammoniumcarbonat beobachtet. Aber niemals entstanden die Ooide sofort, sondern erst nach längerer Zeit und namentlich bei starker Erwärmung. LINCK hat nun gezeigt, daß eben der als Aragonit ausgefällte Kalk die Tendenz zu sphärischer Auskrystallisation hat, und er hat aus der künstlichen Darstellung mikroskopisch kleiner Aragonitooide geschlossen, daß auch die Entstehung der makroskopischen Aragonitooide in der Natur in ähnlicher Weise vor sich geht wie bei dem Experimente.

Die experimentelle Darstellung von Aragonitooiden hat nun den Nachteil, daß es auf künstlichem Wege nicht leicht gelingt, größere Ooide zu züchten. Besser eignet sich zur Darstellung beliebig großer Ooide ein anderes Salz, nämlich das wasserhaltige Ammoniummagnesiumcarbonat



welches sich beim Zusammenbringen entsprechend konzentrierter Lösungen von MgSO_4 oder MgCl_2 mit überschüssigem, konzentriertem Ammoncarbonat in durchscheinend rhombischen Krystallen allmählich ausscheidet.

Eine Versuchsanordnung, welche sich an die von G. LINCK³⁾ zur Darstellung dolomitischer Niederschläge angewandte Methode

¹⁾ G. LINCK: Über die Bildung der Oolithe und Rogensteine. Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft, **45**, 1909.

²⁾ GÜMBEL: N. Jahrb. Min. 1873, S. 303.

³⁾ G. LINCK: Über die Entstehung der Dolomite. Diese Zeitschr. **61**, 1909, Monatsber. S. 230.

anlehnt, lieferte mir regelmäßig große Ooide des Magnesiumcarbonats. Mit entsprechender Abänderung des LINCKSchen Versuches löste ich in 100 ccm einer 1,75proz. Ammoncarbonatlösung 3,35 g $MgCl_2$ und 2,27 g $MgSO_4$. Nach 4—5 Stunden entstand noch kein Niederschlag, aber über Nacht setzten sich am Boden des Gefäßes zahlreiche kleine Sphäroide fest, die allmählich Dimensionen von 2—3 mm erreichten.

Ein anderer Versuch lieferte mir schön ausgebildete Sphäroide in einem Bodenkörper von kohlensaurem Kalk. Bei diesem Versuch wurden 1 g (= 1 Mol.) $CaCO_3$ (praec. pur.) mit einer Lösung von 2,46 g $MgSO_4$ (= 1 Mol.) und 2,03 g $MgCl_2$ (= 1 Mol.) in 50 ccm H_2O übergossen und mit überschüssigem 10proz. Ammoncarbonat versetzt. Nach einiger Zeit enthielt das Präzipitat bis über 1 mm große Ooide, die sich als sphärische Ausrystallisationen von Ammoniummagnesiumcarbonat erwiesen.

Diese Ooide, deren Darstellung sich innerhalb weiter Versuchsgrenzen ermöglichen läßt, würden nach GÜMBEL (a. a. O.) als Extooide zu bezeichnen sein, da ihr Wachstum von einem sphäroidischen Kern aus erfolgt, um welchen herum sich Schalen aus radial gestellten rhombischen Magnesiumcarbonatkrystallen anlegen. Durch Zusatz von neuen Mengen des Magnesiumsalzes kann nämlich das Wachstum der Ooide ohne Schwierigkeit bewerkstelligt und die konzentrische Struktur der Ooide so auf künstlichem Wege erhalten werden.

Bei meinen Versuchen ergibt sich aber noch eine zweite Möglichkeit der Ooidbildung immer da, wo in den konzentrierten Flüssigkeiten Gasbläschen aufsteigen und durch die Adhäsion an der Oberfläche der Flüssigkeit und an der Wand des Gefäßes festgehalten werden. Um diese Gasbläschen herum scheidet sich die Magnesiaverbindung ab, und es wurden so bis 3 mm große Ooide erhalten. Die Rinde besteht ebenso wie bei den Sphäroiden (Extooiden) aus radial gestellten Krystallnadeln. Auch diese Ooide wachsen durch Apposition beim Eintragen in neue Lösungen und bekommen so die konzentrische Schalenstruktur.

Solche Ooide würden nach GÜMBEL als Entooide zu bezeichnen sein, als Blasenooide, welche dann bei weiterer Umrindung den Charakter der GÜMBELschen Dimorphooide annehmen.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß die künstlich dargestellten Magnesiumcarbonatooide auch in der Natur entstehen. Ihre Existenz kann aber nur eine ganz vorübergehende sein; denn diese Ooide sind ja noch viel labiler als die Aragonitooide.

Sie sind tatsächlich nur unter den Verhältnissen existenzfähig, welche ihre Entstehung bedingen. Wasser zersetzt sie allmählich; an der Luft trüben sie sich und zeigen dann keine Polarisationsfarben mehr.

Es bleibt mir nun noch übrig, die Beschreibung von zwei natürlichen Oolithvorkommen anzufügen, die, im Zusammenhang mit der künstlichen Ooiddarstellung betrachtet, an dieser Stelle vielleicht einen sachdienlicheren Beitrag zur Oolithfrage abgeben können, als wenn für sie von den vorausgehenden Studien gesondert eine spezielle Beschreibung an anderer Stelle gewählt würde, wodurch ja nebenbei auch die unliebsame Zerstreung der Literatur vermieden werden kann.

1. Basaltwacke vom Sodenberg (Rhön) mit Aragonitooiden.

Unter den von mir gesammelten Handstücken, welche die Zersetzung des Basalts in verschiedenen Stadien zeigen, finden sich einige, an denen man größere Komplexe von auskrystallisiertem Aragonit beobachten kann. In der Umgebung und innerhalb dieser Aragonitpartien finden sich durch Brauneisen hellbraun umrindete Aragonitkügelchen, deren Entstehung mit der Auskrystallisation des Aragonits zusammenhängen muß. Die Kügelchen sind als echte Ooide anzusehen, deren zonare Struktur, wie das mikroskopische Bild (s. Texttaf. Fig. 1) zeigt, gut erhalten ist. Die ursprünglich radiale Struktur, entstanden durch sphärische Auskrystallisation von Aragonit, ist partienweise noch gut erkennbar und das Vorhandensein von Aragonit in Sphärokrystallen nachweisbar. Ebenso ist auch die bekannte Speichenstruktur, wie sie an Ooiden beobachtet wurde, gerade an dem einen der photographierten Ooide sehr schön zu sehen. Vielfach ist aber der Aragonit bereits in Calcit übergegangen, was sich namentlich an den dichten Carbonatpartien gut beobachten läßt. Auch in den Ooiden hat Calcit stellenweise den Aragonit verdrängt.

Die makroskopische und mikroskopische Betrachtung des zersetzten und unzersetzten Basalts ergibt die Entstehung der Ooide in ungefähr folgender Weise:

Der Basalt des Sodenbergs ist nach H. LENK¹⁾ ein sogenannter Glasbasalt. In einer glasigen Basis, welche keinerlei Feldspatgemengteile ausgeschieden hat, ist ein feinkörniges

¹⁾ H. LENK: Zur geologischen Kenntnis der südlichen Rhön. Inaug.-Diss. Würzburg 1887.

Gemenge von Augit, Magneteisen und Chrysolithkryställchen eingeschlossen nebst porphyrtartig eingestreuten Krystallen von Olivin und Augit. „Durch die Verwitterung des Basalts entsteht ein sehr weiches, fett anzufühendes Mineral, dessen 25,44 Proz. betragender Wassergehalt (neben Tonerde, Magnesia, Kalk, Natron und etwas Eisen) seine Identität mit dem von RAMMELSBURG analysierten Bol von Stolpen sehr wahrscheinlich macht.“ Auch dieses Mineral konnte ich neben dem Aragonit in dem verwitterten Basalt feststellen. Die Bildung der Ooide muß in Zusammenhang stehen mit dem Auftreten heißer Dämpfe, die ein lavaähnliches, schlackiges Produkt und andererseits wieder mandelsteinähnliche Ausscheidungen erzeugten. Entsprechend der Bildung der Karlsbader Erbsensteine dürften die Ooide in einer späteren Periode entstanden sein, wo die Dämpfe von heißen Kohlensäuerlingen abgelöst wurden. Ob eine Zuführung von Kalk, etwa aus dem die Basaltkuppe des Sodenbergs rings umgebenden Wellenkalk, stattgefunden hat, oder ob sämtlicher Kalk aus verwitterten Augiten stammt, dürfte wohl schwer zu entscheiden sein. Für erstere Ansicht spricht das lokale Vorkommen des kalkreichen Verwitterungsproduktes (weder die schlackigen noch die typischen mit Bol durchsetzten basaltischen Verwitterungsprodukte brausen mit verdünnter Salzsäure auf) und das Vorhandensein relativ wenig verwitterter Augitkrystalle. Der Schlämmrückstand des beschriebenen kalkreichen Verwitterungsproduktes besteht auch fast durchaus aus vorzüglich erhaltenen, scharf begrenzten Augitkrystallen.

2. Oolithisch-glaukonitischer Kalk aus dem unteren Hauptmuschelkalk von Kronach (Oberfranken).

Fundstelle: Westabhang des Kreuzbergs östlich von Kronach.

In der Region der Encrinitenkalke findet sich östlich von Kronach an mehreren Orten eine 20—30 cm dicke Oolithbank aufgeschlossen, die wohl mit den aus der Umgegend von Jena beschriebenen oolithischen Bänken des Encrinitenkalks in genetischem Zusammenhang steht. Bei Würzburg finden sich Bänke mit diesem Charakter in der gleichen Region durchaus nicht. Die Struktur der Ooide, welche die Bank zusammensetzen, entspricht jener, welche K. KRECH (a. a. O.) für die Oolithbank am Jägerhaus bei Jena beschreibt, so daß ich geradezu auf jene Beschreibung verweisen kann. Nur in einem Punkte ist die Oolithbank von Kronach total verschieden von der Jenenser. In beiden Bänken findet

sich Chalcedon und amorphe Kieselsäure. Während sich aber nach KRECH im oberen Drittel seiner Oolithbank amorphe Kieselsäure als Bindemittel der Ooide ausgeschieden hat, die Ooide selbst jedoch unverändert blieben, tritt bei der Kronacher Oolithbank die amorphe Kieselsäure nur in den Ooiden auf, die sie teilweise vollständig resorbiert hat bis zur Vernichtung der Ooidstruktur, teilweise aber nur zonar oder in ganz unregelmäßigen Partien infiltriert hat (s. Texttafel Fig. 2, Ooide a) oder wenigstens so viel von der ursprünglichen Masse verschonte, daß die Zonarstruktur der Ooide erhalten blieb (Ooid b). Eine lokale Infiltration der Ooide mit amorpher Kieselsäure im Sediment selbst, wie ich das für die verkieselten Ooide der Hornsteinbänke bei Würzburg zeigen konnte¹⁾, ist also völlig ausgeschlossen. Eine Folgeerscheinung der Kieselsäureinfiltration ist es, daß die Ooide aus dem Gestein herauswittern und so selbst stark verwitterte Bruchstücke der Bank sofort an der „weißen Punktierung“ erkannt werden können.

Die Ooide sind allothigener Herkunft, und man hat hier den schönsten Beweis, daß die Ooidbildung nicht etwa ein mit der Diagenese der Gesteine zusammenhängender Prozeß ist. Daß in den unverfestigten Sedimenten Lösungen zirkulieren, aus welchen sich amorphe Kieselsäure, Glaukonit usw. abscheiden, erscheint durch genügende Belege erwiesen. Werden Ooide in solche Sedimente verschwemmt, so werden sie ebenso infiltriert wie etwa Schalenfragmente, bleiben aber trotzdem noch transportfähig. Es können also einerseits infiltrierte Ooide in nichtinfiltrierte Kalksedimente verschwemmt werden (Kronacher Oolithbank), andererseits wieder nichtinfiltrierte Ooide in infiltrierten Kalkschlamm geraten, in dem sich bereits die Kieselsäure abgeschieden hat.

Der neben der amorphen Kieselsäure und im engsten Zusammenhang mit derselben vorkommende Chalcedon ist aus ersterer hervorgegangen. Während nun nach KRECH in der Oolithbank am Jägerhaus meist die Fossilreste, welche den Ooiden als Konzentrationszentren dienten, in Chalcedon verwandelt wurden, kommt dieser in verkieselten Ooiden der Kronacher Bank recht vereinzelt und ohne Zusammenhang mit Fossilresten vor.

Ebenso wie die amorphe Kieselsäure erscheint auch der häufige Glaukonit als Infiltration von Ooiden.

¹⁾ H. FISCHER: Beitrag zur Kenntnis der unterfränkischen Triasgesteine. Geognostische Jahresh. 1908, XXI. Jahrg., S. 33.

Eine parallele Schichtung der Ooide ist an der Kronacher Bank noch ganz deutlich sichtbar, was sich auch an den Schliften parallel und senkrecht zur Schichtung bemerkbar macht.

Der Schlämmrückstand der Oolithbank von Kronach ist, wie ich hier noch bemerken möchte, außerordentlich arm an allothigenen Mineralpartikeln. Es finden sich bei Kronach, soweit ich feststellen konnte, nirgends sandige Einschwemmungen, und obwohl der Muschelkalk bei dem weiter östlich gelegenen Dorfe Zeyern direkt diskordant dem Palaeozoicum anliegt, ergeben sich absolut keine Erscheinungen für Küstennähe. Der Muschelkalk muß sich, wie auch aus diesen Beobachtungen hervorgeht, noch weit in den Frankenwald hinein erstreckt haben.

II. Über die Aufnahme von Magnesia in Kalksedimente.

Die Frage nach der Entstehung nicht durchkrystallisierter, dolomitischer Gesteine, wie solche z. B. in bedeutender Verbreitung in der germanischen Trias vorkommen, muß bis jetzt immer noch als ungelöstes geologisches Problem betrachtet werden. Bei der Beschreibung triadischer Sedimente aus der Umgegend von Würzburg konnte ich mich schwer für die Anwendung einer der Theorien über die Entstehung der Dolomitgesteine entschließen, und wenn ich die bekannte HÖGBOMSche Theorie berücksichtigt habe (a. a. O., S. 21), so geschah dies deshalb, weil diese auf Naturbeobachtungen begründete Theorie die Anreicherung von Magnesia in klastischen Kalksedimenten doch in mancher Hinsicht verständlich macht. Der Wert der HÖGBOMSchen Theorie für das erwähnte Problem wird aber sofort bedeutend verringert, wenn die Annahme, daß die dolomitischen Gesteine der Anhydritgruppe und der Lettenkohle klastischer Natur sind, widerlegt ist. Bald nach Drucklegung der erwähnten Arbeit entschloß ich mich, die dolomitischen Gesteine der unterfränkischen Trias einer umfassenderen Bearbeitung zu unterziehen, um namentlich auf Grund chemischer Analysen Einblick in ihre Zusammensetzung, wechselnden Magnesiagehalt und Verwitterungserscheinungen zu gewinnen. Während dieser Studien erschien nun die Arbeit von G. LINCK: Über die Entstehung der Dolomite (a. a. O.), welche einen wesentlichen, von neuen Gesichtspunkten ausgehenden Beitrag zur Dolomitfrage bedeutet. Durch LINCK wird der Theorie, daß dolomitische Sedimente durch Ausfällung aus dem Meerwasser entstanden seien, eine Bedeutung

beigelegt, die eine Stellungnahme derjenigen, die sich mit der Dolomitfrage beschäftigen, notwendig macht. Allerdings beschäftigt sich LINCK zunächst mit der Frage nach Entstehung des Minerals Dolomit, die hier nicht weiter diskutiert werden soll. Wie aber Gestein und Mineral Dolomit entstanden seien, dieses Problem basiert doch wieder auf der Grundfrage, wie kommt die Magnesia in den ausgefallten Kalk hinein? Für den Chemiker ist es eine bekannte Tatsache, daß die Ausfällung des Magnesiums durch Ammoncarbonat vom chemischen Gleichgewichtszustand abhängig ist; daß also einerseits die Dissoziation der Magnesiumsalze durch Vermehrung der Säureionen, also z. B. durch Zusatz von Ammon- oder Natriumchlorid, zurückgedrängt und die Ausfällung des Magnesiums so verhindert wird, daß aber andererseits die Dissoziation und Ausfällung der Magnesiumsalze befördert wird, wenn man eine Vermehrung der Hydroxylionen, etwa durch Zusatz von Ammoniak oder überschüssigem Ammoncarbonat, bedingt. Komplizierter werden die Verhältnisse, wenn sich noch Calciumsalz in der Lösung befindet. LINCK hat auch diese Komplikation vom Standpunkt des Massenwirkungsgesetzes betrachtet und die Bedingungen angedeutet, von welchen die Ausfällung des Magnesiums im Meerwasser abhängig ist. Aber eben dadurch ergibt sich die neue Frage:

Ist es bei der chemischen Zusammensetzung des Meerwassers möglich, daß Magnesia als Carbonat in solchen Mengen zur Ausfällung kommt, daß dolomitische Sedimente dadurch entstehen können?

Diese Frage scheint mir jetzt in den Vordergrund zu treten, und ich glaubte, das Dolomitproblem zunächst einmal von dieser Seite anfassen zu müssen. Daß man bis jetzt der fallenden Wirkung des im Meerwasser entstehenden Ammoniaks in Verbindung mit der Kohlensäure keine größere Bedeutung zuschrieb, mag wohl daran liegen, daß Ammoniak im Meerwasser nur in sehr geringen Mengen gefunden wird. Nach GEBBINGS beträgt der mittlere Ammoniakgehalt in den verschiedensten Tiefen und Breiten des Ozeans 0,05 mg pro l. Und dieser Gehalt des Meerwassers an Ammoniak scheint seit dem Palaeozoicum konstant geblieben zu sein. Es sprechen wenigstens dafür die Untersuchungen von WILHELM BILTZ und E. MARKUS¹⁾. Bei der Verdünnung der aufgelösten Salzion-

¹⁾ WILHELM BILTZ und E. MARKUS: Über das Vorkommen von Ammoniak und Nitrat in den Kalisalzlagerstätten. Zeitschr. f. anorg. Chemie 62, 1909, S. 183. — Nachtrag von W. BILTZ. Zeitschr. f. anorg. Chemie 64, 1909, S. 215—216.

proben von dem Moltkeschacht in Schönebeck bis zur Konzentration des Meerwassers ergab sich 0,056 mg Ammoniak im Liter Flüssigkeit, eine Zahl, die zu den höchsten Werten für Ammoniak in den Kalisalzen gehört. Daß wir eine Anreicherung von Ammoniak in den Sedimenten vergangener geologischer Perioden schwerlich nachweisen können, hängt wohl damit zusammen, daß das beim Stoffwechsel und Verwesung von Organismen freiwerdende Ammoniak immer wieder in den Stickstoffkreislauf eingeschaltet wird, und so wie der Kohlen säuregehalt der Luft auch der Stickstoffgehalt des Meeres in einem nur in geringen Grenzen schwankenden Gleichgewichtszustand verharret. Die Möglichkeit, daß Magnesia im freien Meere zur Ausfällung kommt, erscheint dadurch von vornherein als sehr gering, weil die Menge des Ammoncarbonats hier gegenüber dem die Dissoziation der Magnesiumsalze zurückdrängenden Kochsalz geradezu verschwindet.

Die Entstehung dolomitischer Sedimente kann also nur unter gewissen, für die Ausfällung des Magnesiums günstigen Verhältnissen lokal vor sich gehen. Diese Verhältnisse hat die chemische Geologie von verschiedenen Gesichtspunkten aus zu ergründen versucht. Bei der Beurteilung der LINCKSchen Theorie scheint mir die Kardinalfrage die zu sein: Wo soll die große Menge von Ammonsalz herkommen, welche zur Ausfällung von Magnesium als Carbonat notwendig ist? Lokal kann sich Ammoniak in den jungen Sedimenten durch Verwesung anreichern. Dafür führt E. PHILIPPI¹⁾ als Beleg junge dolomitische Kalke von der Seine-Bank an, welche in einer Probe schon beim Erhitzen im Glühröhrchen eine nicht unerhebliche Menge von Ammoniak abgaben, wodurch ein eingeschobenes Stück rotes Lackmuspapier stark blau gefärbt wurde.

Wichtig für die Entscheidung der Frage wäre es auch, daß durch Analysen eine eventuelle Anreicherung von Ammoniak in den organismen- und faulschlammreichen Brackwässern festgestellt würde. Gerade in solchen Brackwässern scheinen günstige Bedingungen für die Ausfällung von dolomitischen Niederschlägen sich zu ergeben, und es könnte so durch Nachweis rezenter Vorkommnisse mit einem Schlag Licht in die Frage nach Entstehung der dolomitischen Steinmergel der Lettenkohle gebracht werden.

Aber auch auf experimentellem Wege wird die Lösung des Problems befördert werden. Die Schwierigkeit liegt hier

¹⁾ E. PHILIPPI: Über Dolomitbildung und chemische Abscheidung von Kalk im heutigen Meere. N. Jahrb. Min., Festband 1907.

eben in der künstlichen Herstellung der in der Natur gegebenen Verhältnisse. Gerade die neuen LINCK'schen Experimente müssen für die Zusammenstellung solcher Versuche sehr anregend erscheinen, und sie haben mich veranlaßt, die bei Zugabe verschieden konzentrierter Ammoncarbonatlösung zu Meerwasser verschiedener Konzentration und wechselnder Temperatur entstehenden Bodenkörper auf ihren Gehalt an Calcium und Magnesium zu untersuchen. Ich hoffe, die Versuche auch noch so weit ausdehnen zu können, daß ich das künstliche Ammoncarbonat durch natürliche organische Faulflüssigkeiten ersetze und so den Gebrauch künstlicher Reagenzien gänzlich ausschließen kann. Ein in dieser Weise durchgeführter Vorversuch lieferte, wie gezeigt werden wird, bereits ein günstiges Resultat.

Zunächst experimentierte ich mit Meerwasser aus dem Adriatischen Meere (spez. Gew. 1,0290) und einer Lösung von 1,75 g Ammoncarbonat in 1 Liter Wasser. Der Versuch schließt sich an den von LINCK (a. a. O. Über die Entstehung der Dolomite) angegebenen an. Nur sind meine Lösungen etwa 10 fach verdünnt.

I. Versuch.

150 ccm Meerwasser wurden mit 150 ccm der angegebenen Ammoncarbonatlösung versetzt. Über Nacht entstand ein Niederschlag, der nach etwa vier Wochen abfiltriert wurde. Es wurde bestimmt die Summe der Oxyde $\text{CaO} + \text{MgO}$ mit Spuren von Eisen: 0,0725 g, und dann einzeln

$$\text{CaO: } 0,071 \text{ g} = 0,1268 \text{ g CaCO}_3 = 98,38 \text{ Proz. CaCO}_3$$

$$\text{MgO: } 0,001 \text{ g} = 0,0021 \text{ g MgCO}_3 = 1,62 \text{ Proz. MgCO}_3$$

Sodann ging ich zu konzentrierteren Ammoncarbonatlösungen über, wie sie LINCK verwendete. Es befindet sich hier ein Molekül (= 1,75 g) Ammoncarbonat in 100 ccm Wasser oder 17,5 g Ammoncarbonat in 1 Liter Wasser.

II. Versuch.

500 ccm Meerwasser wurden auf 200 ccm eingedampft, wobei noch keine Salzausscheidung stattfindet. Von diesen 200 ccm konzentrierten Meerwassers wurden 100 ccm mit 100 ccm der obigen 1,75 proz. Ammoncarbonatlösung versetzt. Der sofort entstehende Niederschlag krystallisierte im Laufe von vierzehn Tagen um und wurde dann abfiltriert. Das Filtrat war kalkfrei.

Summe der Oxyde $\text{CaO} + \text{MgO}$ mit Spuren von Eisen:
0,155 g.

CaO : 0,153 g = 0,2732 g CaCO_3 = 97,61 Proz. CaCO_3

MgO : 0,0032 g = 0,0067 g MgCO_3 = 2,39 Proz. MgCO_3

Der Versuch zeigt, daß trotz der Anwendung von hochprozentischer Ammonsalzlösung, wie sie in der Natur kaum zu erwarten ist, und trotz der Konzentration des Meerwassers bei einer mittleren Temperatur von 20° Celsius ein relativ geringer Prozentsatz von MgCO_3 in den Bodenkörper hineinging.

III. Versuch.

500 ccm Meerwasser wurden bis zur beginnenden Gipsausscheidung konzentriert und bei 30° Celsius mit 100 ccm 1,75 proz. Ammoncarbonatlösung versetzt. Das Filtrat enthält noch Kalk!

Summe der Oxyde $\text{CaO} + \text{MgO}$ mit Spuren von Eisen:
0,303 g.

CaO : 0,294 g = 0,5248 g CaCO_3 = 96,84 Proz. CaCO_3

MgO : 0,008 g = 0,0171 g MgCO_3 = 3,16 Proz. MgCO_3

Der Versuch zeigt, daß trotz der Anwendung extremer Verhältnisse der Konzentration und Temperatur, wie sie in der Natur noch vorkommen können, die Aufnahme von MgCO_3 in den Bodenkörper sich nicht wesentlich erhöhte.

IV. Versuch.

Erst als ich die Temperatur von 30° Celsius auf die Temperatur des siedenden Wasserbades erhöhte und zudem eine ursprünglich von 300 ccm auf 100 ccm konzentrierte Meerwassermenge nach Zusatz von 100 ccm 1,75 proz. Ammoncarbonatlösung wieder bis auf 100 ccm konzentrierte, erhielt ich einen Bodenkörper von hohem Gehalt an Magnesiumcarbonat. Solche Verhältnisse sind natürlich bei Entstehung von Schichtgesteinen ausgeschlossen.

Summe der Oxyde $\text{CaO} + \text{MgO}$ mit Spuren von Eisen:
0,243 g.

CaO : 0,184 g = 0,3284 g CaCO_3 = 72,82 Proz. CaCO_3

MgO : 0,0586 g = 0,1226 g MgCO_3 = 27,18 Proz. MgCO_3

V. Versuch.

Setzt man die Konzentration des Meerwassers fort, bis ungefähr die Hauptmasse des Gipses ausgefallen ist, und fällt

dann die vom Gipsniederschlag befreite Flüssigkeit mit 1,75 proz. Ammoncarbonatlösung, so erhält man einen Niederschlag, der zum größten Teil aus dem von mir für die künstliche Darstellung von Ooiden verwendeten Ammoniummagnesiumcarbonat besteht. Man kann auf diese Weise auch aus Meerwasser Ooide ausfällen. Der Versuch zeigt, daß nach Ausscheidung des Calciums und durch die große Konzentration der Magnesiumsalze schließlich Magnesium in großer Menge zur Ausfällung kommt. Die Verbindung zersetzt sich freilich im Laufe der Zeit wieder. Aber bei dieser Zersetzung bleibt $MgCO_3$ zurück. Ob auch in der Natur unter ähnlichen Verhältnissen, nämlich bei der Bildung von Gips- und Salzlagern, Magnesium als Carbonat zur Ausfällung kommt, und sich so das Vorkommen dolomitischer Mergel in Begleitung der Salzlager erklären läßt, darüber können natürlich auch nur wieder in der Natur angestellte Beobachtungen Entscheidung bringen.

VI. Versuch.

Es erübrigt noch, den Vorversuch über die fallende Wirkung von tierischen Faulflüssigkeiten auf die Magnesiasalze des Meerwassers anzuführen. Es wurden zu diesem Zwecke abgetötete, sorgfältig mit destilliertem Wasser gewaschene Schnecken und Muscheln mit destilliertem Wasser übergossen, so daß sie gerade bedeckt waren, und etwa drei Monate der Fäulnis überlassen. Alsdann wurde die Faulflüssigkeit abfiltriert und 100 ccm derselben mit 100 ccm konzentrierten Meerwassers (200 ccm auf 100 ccm) versetzt, so daß die ursprüngliche Konzentration wieder hergestellt war. Schon nach kurzer Zeit entstand eine wolkige Trübung, und über Nacht bedeckte den Boden des Gefäßes ein weißer Niederschlag.

Summe der Oxyde $CaO + MgO +$ Verunreinigungen:
0,047 g.

CaO: 0,043 g = 0,0767 g $CaCO_3$ = 94,45 Proz. $CaCO_3$

MgO: 0,0021 g = 0,0045 g $MgCO_3$ = 5,55 Proz. $MgCO_3$

Der Magnesiagehalt dieses Niederschlages ist relativ höher als der Magnesiagehalt der unter ähnlichen Verhältnissen mit Ammoncarbonat erhaltenen Niederschläge. Weitere Versuche werden beweisen, ob hier eine Gesetzmäßigkeit vorliegt.

• Eine Zusammenfassung der durch die angestellten Versuche gewonnenen Resultate zeigt, daß durch einfache Ausfällung von Magnesium im Meerwasser auch unter den extremsten

Verhältnissen nur wenig Magnesium in den Bodenkörper hineingeht. Die Entstehung dolomitischer Mergel mit geringem Prozentgehalt an Magnesium mag wohl in dieser Weise vor sich gegangen sein. Die Entstehung der eigentlichen Dolomite wird man aber nach wie vor als einen mit der Diagnese zusammenhängenden Vorgang betrachten müssen. Hier hat C. KLEMENT¹⁾ einen wertvollen Beitrag geliefert. KLEMENT hat nämlich gezeigt, daß konzentrierte Lösungen von $MgSO_4$ bei Anwesenheit von konzentriertem $NaCl$ auf Aragonit so einwirken, daß bei steigender Temperatur ein Umsatz nach der Gleichung: $CaCO_3 + MgSO_4 = MgCO_3 + CaSO_4$ stattfindet. Die Umsatzfähigkeit des Aragonits in der angegebenen Weise ist eine auffällige Eigenschaft dieser Modifikation des Calciumcarbonates. Auf ihr beruhen ja auch die bekannten MEIGENSchen Reaktionen. KLEMENT behauptet nun, daß die für den Umsatz notwendigen Bedingungen auch in der Natur gegeben seien, nämlich immer da, wo sich das Meerwasser in abgeschlossenen Meeresbecken konzentriert und durch Sonnenbestrahlung stark erhitzt. Doch dürfen wohl die hohen Bodentemperaturen von 75 bis 84,6° Celsius, wie sie PECHUEL-LOESCHE in tropischen Breiten gemessen hat, doch nicht so ohne weiteres auf das Meerwasser übertragen werden, wie daß KLEMENT tut. Als höchste Meerestemperaturen sind 35° Celsius aus dem Roten Meere und dem Persischen Meerbusen bekannt, und diese Temperaturen werden wohl auch bei starker Konzentration des Meerwassers nicht auf 75° Celsius hinaufschnellen. Die KLEMENTSche Theorie muß sich also, um für die Entstehung der Dolomite Wert zu behalten, von dem Einfluß der hohen Temperaturen auf den Umsatz des Aragonits unabhängig machen. Ich glaube, daß dies auch möglich ist; denn die Höhe des Umsatzes ist außer von der Temperatur auch abhängig von der Dauer des Versuches. Es scheint, daß auch hier, wie bei so vielen geologischen Erscheinungen, innerhalb gewaltiger Zeiträume ein chemischer Vorgang sich abspielt, den wir in den uns zur Verfügung stehenden kurzen Zeiträumen experimentell nur bei Anwendung hoher Temperaturen nachahmen können.

Ich glaube nicht, daß man heute schon die Dolomitfrage in ihrem ganzen Umfang als spruchreif betrachten darf. Aber die für die Ausfällung von Magnesium aus dem Meerwasser günstigen Bedingungen scheinen doch einer allmählichen Klärung entgegenzugehen.

¹⁾ C. KLEMENT: Über die Bildung des Dolomits. TSCHERMAKS Mitteil., N. Folge, Band XIV, Wien 1895.

Diese wären:

1. Konzeption des Ammoniaks, welches in Verbindung mit Kohlensäure als Fällungsmittel dient.
2. Konzentration der Magnesiumsalze des Meerwassers.
3. Verringerung des Kochsalzgehaltes des Meerwassers.
4. Erhöhung der Temperatur.

Diese Verhältnisse können lokal in abgeschlossenen Meeresbecken, Brackwässern usw. entstehen, sie können aber auch erst im Sediment selbst bei der Diagenese sich ergeben. Und gerade hier eröffnet sich ein Feld für wissenschaftliche Arbeit, deren Resultate zur Entscheidung der besprochenen Probleme unentbehrlich sind.

25. Salzquellen und Salzmoore in der Asse und am Heeseberge.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von Herrn E. HOEHNE.

Berlin, den 10. April 1910.

In der April-Sitzung unserer Gesellschaft wurde von Herrn Dr. HARBORT das interessante Gebiet der hannöverschen Salzhorste besprochen, jene eigenartigen Aufpressungserscheinungen, die für die Kaliindustrie von großer Bedeutung sind. Dies gibt mir Veranlassung, schon jetzt auf Erscheinungen hinzuweisen, die vielleicht geeignet sind, im Verein mit den Lagerungsverhältnissen Schlüsse zuzulassen auf das Vorhandensein bzw. den Verlauf von Zechsteinaufpressungen.

In der südöstlich Wolfenbüttel gelegenen Asse, die sich mit ihrem Ausläufer, dem Heeseberge, bis Jerxheim erstreckt und die Fortsetzung des Staßfurt-Egelter Rogensteinsattels bildet, fallen besonders die vielen dort zutage tretenden Salzquellen auf, die, in der Achse emporsteigend, zum großen Teil auf tektonische Ursachen zurückzuführen sind. Neben diesen sind dort überhaupt die alluvialen Verhältnisse interessant, die in mannigfacher Weise Anhaltspunkte ergeben bezüglich des Zutagetretens von Zechstein, bzw. Schlüsse zulassen, daß Zechsteinsalze in geringer Teufe zu erwarten sind.

Erklärung der nebenstehenden Texttafel zu S. 250.

Fig. 1 (etwa 25fache Vergrößerung). Ooide aus der Basaltwacke vom Sodenberg (Rhön). — Die Ooide sind in einer aus Aragonit und Calcit bestehenden Grundmasse eingeschlossen. Der stärker lichtbrechende Aragonit hebt sich von dem schwächer lichtbrechenden Calcit scharf ab.

Fig. 2 (etwa 30fache Vergrößerung). Oolithisch-glaukonitischer Kalk aus dem unteren Hauptmuschelkalk von Kronach.

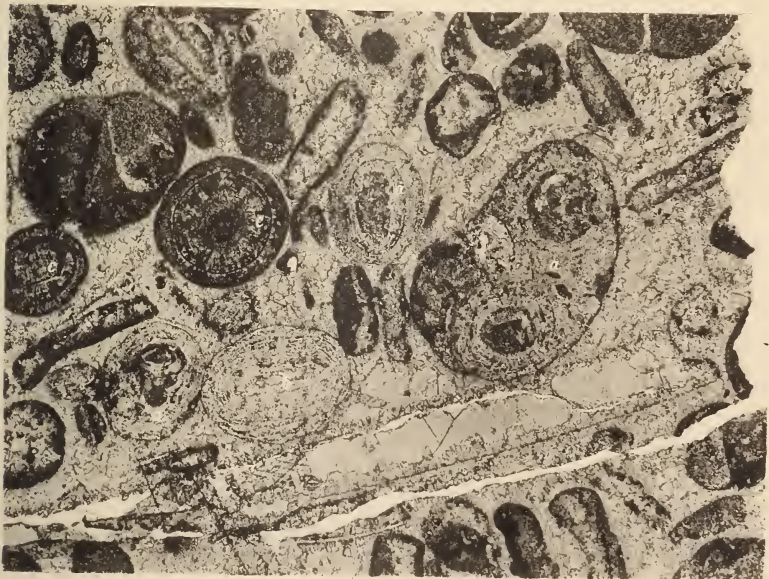
- a) Partiiell mit Kieselsäure infiltrierte Ooide.
- b) Total infiltrierte Ooide.
- c) Nichtinfiltrierte Ooide.

Die mikrophotographischen Aufnahmen wurden im Zoologischen Institut der Universität Würzburg gemacht.

Ich erlaube mir, an dieser Stelle Herrn Privatdozenten Dr. BORIS ZARNIK für seine entgegenkommende Unterstützung bei der Aufnahme der Bilder meinen herzlichsten Dank auszusprechen.



1



2

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1910

Band/Volume: [62](#)

Autor(en)/Author(s): Fischer Hermann

Artikel/Article: [24. Experimentelle Studien über die Entstehung der Sedimentgesteine. 247-260](#)