© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Abhandlungen
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
Mathematisch-physikalische Klasse
XXIX. Band, 5. Abhandlung

# Über die systematische Deutung und die stratigraphische Stellung der ältesten Versteinerungen Europas und Nordamerikas mit besonderer Berücksichtigung der Cryptozoen und Oolithe.

III. T

## Über Oolithe.

Nachgelassenes Manuskript von **August Rothpletz,**
ergänzt durch eine von Rothpletz testamentarisch
veranlaßte biologische Untersuchung rezenter Oolithe
von **Karl Giesenhagen.**

Mit 1 Tafel und 12 Textfiguren.

Vorgelegt am 3. Dezember 1921

München 1922
Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission des G. Franzschen Verlags (J. Roth)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

# Einleitung

zu der Arbeit von Giesenhagen über

## die Oolithe von Meskoutine.

(Geschrieben von A. Rothpletz, Januar 1918.)

---

## Das Oolithen-Problem.

Oolithe haben sich zu allen Zeiten vom Praekambrium an bis in die Gegenwart in erstaunlichen Mengen gebildet. Ihre eigenartige Form reizte schon im Altertum die Naturforscher zu Erklärungen, für die wir heute meist nicht viel mehr als ein überlegenes Lächeln übrig haben. Doch darf man uns nur mit der Frage überraschen, was wir denn jetzt eigentlich über die Entstehung der Oolithen wissen, um jene Überlegenheit sofort in Verlegenheit umzuwandeln, und wenn es uns vielleicht gelingt, die Neugierde der Frager durch Mitteilung einer Fülle von neuen Beobachtungen und Vermutungen zu befriedigen, so raunt uns doch unser Inneres zu, daß wir über diesen Gegenstand noch heute eine bestimmte Antwort zu geben nicht imstande sind. Noch niemanden ist es geglückt, das Wachsen eines Oolithen in der Natur zu beobachten oder im Laboratorium auf künstliche Weise einen echten Oolithen zu erzeugen. Auch sind die Meinungen durchaus geteilt. Die sphärische und innerhalb dieser radiäre Anordnung der Kalzit- oder Aragonit-Kristalle war es, die dem Mineralogen und Petrographen die Oolithe als eine Art von Spezialfall der Sphärolithen-Bildung erscheinen ließ, und da gerade diese Forscher am meisten veranlaßt waren, sich mit den Oolithen zu beschäftigen, so begreift man, daß die rein anorganische Entstehung dieser Körper von je den größten Beifall gefunden hat. Dem Biologen liegt der Gegenstand ferner und obwohl auch bei organischen Gebilden sphärische und radiäre Kristall-Anordnungen vorkommen, so sind doch für die Oolithe die Beziehungen zu bestimmten Organismen so wenig in die Augen springend, daß nur wenige Biologen sich mit derem Studium beschäftigt und einem organischen Ursprung der Oolithe das Wort geredet haben.

Wer den Versuch machen wollte, die gesamte Oolithenliteratur zusammenzustellen, der würde sich vor eine schier unlösbare und jedenfalls recht wenig lohnende Aufgabe gestellt sehen. Glücklicherweise sind zuweilen im Laufe der Zeiten Zusammenstellungen der wichtigsten Arbeiten gemacht worden, die uns einen raschen Überblick wenigstens über die Forschungen der ältesten Zeiten ermöglichen. Sehr brauchbar ist diejenige, welche Joh. Samuel Schröter 1776 im 2. Band seiner „Vollständigen Einleitung in die Kennt-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



nisse und Geschichte der Steine und Versteinerungen" gegeben hat. Er schreibt darin: „Man wird unter den Alten sehr wenige finden, welche nicht die Roggensteine ohne Unterschied für wahre Versteinerungen gehalten hätten, unter den Neueren hingegen wird man sehr wenige antreffen, welche den Oolithen ohne Unterschied einen Platz unter den Versteinerungen anweisen sollten." Und nun schildert er die verschiedenen Meinungen zunächst der Neueren. Der eine nimmt an, daß in steheudem Wasser Blasen aufsteigen, die sich mit einer dünnen Haut der im Wasser enthaltenen steinigen Materie umhüllen. Haut legt sich über Haut und es entsteht ein rundlicher Körper. Ein anderer läßt feuchte Erde tropfenweise in eine andere lose weiche Erde fallen, wobei zuerst jene Tropfen und darnach auch die Erde verhärtet sei. Ein Dritter läßt ein Sandkörnchen eine Zeitlang in einem kalkichten Wasser rollen, wobei es sich mit Kalkteilchen überzieht und so zu einem runden Körper wird. Ein Vierter endlich hält sie für ruude Konkretionen. Die Alten hingegen erklärten den Roggenstein teils für versteinerte Samen von Pflanzen, teils für Eier von Fischen und Schaltieren. Die winzigen Muscheln oder Schneckengehäuse, die in der Mitte der Oolithe eingeschlossen vorkommen, werden als Embryonen betrachtet und diejenigen, welche in marinen Kalksteinen zwischen den Oolithen eingestreut liegen, werden für gerade ausgeschlüpfte Jungen angesehen. Wieder andere stellen die Oolithe zwar im allgemeinen zu den Tuffbildungen, wollen aber doch für einige zugeben, daß es versteinerte Eier seien, und zu dieser Meinung bekennt sich schließlich Schröter selber.

Auf ganz ähnlichen Gedankengängen bewegen sich auch nach 1776 die Oolithforschungen weiter, selbst bis in die Gegenwart hinein, obschon eine neue Untersuchungsmethode ums Jahr 1850 aufkam, welche eiu tieferes Eindringeu in die Natur der Oolithe ermöglichte. Das Mikroskop lehrte die radiäre und sphärische Struktur der Kalkoolithe als etwas für sie Charakteristisches kennen. L. von Buch hatte noch 1825 den an der Meeresküste von Grau Canaria sich bildenden „Filterstein" für ein echtes oolithisches Gestein halten können und seine Bildungsweise irrtümlich auch auf die Oolithe der Juraformationen übertragen, obschon beider Struktur eine ganz verschiedene ist (siehe Rothpletz, Die marinen Ablagerungen auf Gran Canaria, Z. d. D. Geol. Ges. 1890 S. 602). Bahnbrechend waren die Arbeiten von Sorby (1879), durch die wir erfuhren, daß die Oolithe teils aus Kalzit, teils aus Aragonitkristallen bestehen, die entweder in radiärer oder auch konzentrischer Anordnung sich befinden, soweit sie dieselbe nicht durch spätere Umwandlung verloren haben. Minder glücklich war die Zerlegung, welche Gümbel 1873 und 1888 in Ekto- Ento- und Dimorpho-Oolithe durchzuführen versuchte. Dahingegen wurde die Abtrennung zweier oolithähnlicher Körper von Wichtigkeit, die eine ganz andere Struktur als die echten Oolithe habeu und teils pflanzlicher, teils tierischer Entstehung sind. Es sind dies viele Pisolithe mit Girvanella-Struktur (Wethered 1889—1891) und die rundlichen Knollen von Sphärocodien und Spongiostromen (Rothpletz 1889—1913). Umgekehrt aber ergab sich weiter, daß mache Gebilde, die äußerlich sich leicht von den regelmäßigen Oolith-Kügelchen unterscheiden lassen, trotzdem durch ihre Struktur eng mit ihnen verbunden sind (Oolithoide, Riesenoolithe und Stromatoolithe).

Während so Bau und Zusammenhang der Kalkoolithe in rascher Folge während eines halben Jahrhunderts mehr und mehr aufgeklärt wurden und durch Anwendung der Mikrophotographie allgemein bekannt wurden, blieb ihre genetische Deutung noch immer in ein Dunkel gehüllt, in das man mit den alten Hypothesen der Zeit vergeblich hinein-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



zuleuchten suchte. Nur durch das Studium rezenter Oolith-Bildung hätte hier ein Fortschritt erzielt werden können. Aber Sorby, welcher als erster solche rezenten Oolithe genauer untersucht hat (1879), beschränkte sich dabei auf die ihm übersandten Proben; ihre Lagerstätten und ihre spezifischen Bildungsbedingungen hat er nicht studiert. Gleichwohl ergab sich dabei ein sehr wichtiges Ergebnis, daß nämlich die rezenten Oolithe nicht aus Kalzit, sondern aus Aragonit bestehen, von dem man damals noch annahm, daß er nur aus heißem kalkhaltigen Wasser niedergeschlagen werden könne, das aber bei Bermuda und Bahama gar nicht vorkommt. Sorby wies deshalb ganz treffend darauf hin, daß sich Aragonit auch in kalten Meeren in den Schalen von Muscheln und den Skeletten von Korallen ausscheidet, aber er zog nicht etwa daraus den Schluß, daß dies eine Funktion des Lebens sei, sondern hielt unentwegt an der anorganischen Entstehung der Oolithe fest. Auch Joh. Walther, der 1888 die massenhafte Entwicklung von Oolithen in der Meeresbucht von Suez entdeckte, blieb in der schon erwähnten irrtümlichen Vorstellung Buchs von den rollenden oder tanzenden Sandkörnern befangen. Unbeantwortet ließen beide die Frage, wie die winzige Menge von kohlensaurem Kalk, die im Meerwasser ist, aus demselben gefällt werden könne, da doch eine Konzentrierung derselben durch Verdunstung des Meerwassers gänzlich ausgeschlossen ist.

Für die Fällung des Kalkes aus Quellwasser hatte man lange befriedigende Erklärungen gefunden. Neben der raschen Verdunstung, die hier gelegentlich leicht eintritt, sind es hauptsächlich Pflanzen, die dem Wasser Kohlensäure entnehmen und dadurch den kohlensauren Kalk zum Niederschlag zwingen. Seit 1850 wies besonders R. Ludwig auf diesen Vorgang hin, der zur Bildung der Kalkoolithe und des Erbsensteins führt, in dem er dafür nicht nur die dem bloßem Auge leicht erkennbaren größeren Pflanzen, sondern auch die winzigkleinen, erst unter dem Mikroskop bestimmbaren Algen in Anspruch nahm. Er war somit der erste, der Oolithe als Produkte biologischer Vorgänge erkannte. Aber er fand damit nur wenig Anklang und man darf wohl auch sagen wenig Verständnis bei den Petrographen. Nicht viel besser erging es 10 Jahre später dem Botaniker in Breslau Ferd. Cohn. Im Jahre 1891 kam ich an die Ufer des Great Salt Lake in Utah, der reich an rezenten sich noch bildenden Oolithen ist, von denen ich einige mit nach Hause genommen habe. Die mikroskopische Untersuchung belehrte mich, daß die konzentrisch struierten kugel-eiförmigen Oolithe in ihren Kalkhüllen die toten Körper winziger Spalt-Algen einschließen, die ich damals als Gloeocapsen bestimmte. Ich schloß daraus, daß sie Kalk aus dem Seewasser ausscheiden und die Bildner dieser Oolithe sind. Da ich ähnliches auch in den Suez-Oolithen fand, so gewann ich die Anschauung, daß die Oolithe organischen Ursprungs sind, ähnlich den Kalkknollen, die ich vorher schon als Sphärocodium beschrieben hatte. Auch die noch kleineren kurzstabförmigen, oolithähnlichen Gebilde, die im Großen Salzsee mit den alten Oolithen zusammen vorkommen, habe ich damals irrtümlich als eine besondere Art damit vereinigt, aber später erkannt, daß diese ganz strukturlosen Körperchen die Kotballen der Artemien sind, die diesen See in großen Mengen bevölkern. Ich kehrte später nochmals zu jenem See zurück und habe jene Gebilde in größeren Mengen gesammelt, um sie in eingehenderer Weise zu studieren als dies bis dahin mit dem wenigen Material von 1891 möglich war. Leider bin ich mit dieser Untersuchung nicht zu Ende gekommen, da andere Arbeiten sich vordringlicher erwiesen und es nun für mich zu spät damit geworden ist. Auch sonst war ich bemüht, rezente und fossile Oolithe von überallher zu-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



sammenzutragen und ich wurde dabei immer mehr in der Anschauung bestärkt, daß wir es hierbei mit echten organogenen Bildungen zu tun haben, die untereinander allerdings manche Verschiedenheiten zur Schau tragen und jedenfalls auf verschiedenartige Bildner zurückgeführt werden müssen.

Inzwischen wurde auch auf der anorganischen Seite an dem Oolith-Problem eifrig weiter gearbeitet und von besonderer Wichtigkeit wurden die Experimente, über die G. Linck 1903 berichtete. In künstlichem Meerwasser, dem aber kohlensaurer Kalk gänzlich fehlte, erhielt er durch Zuführung von Ammoniumkarbonat-Lösung bei gewöhnlicher Temperatur einen Niederschlag von winzigen, kurzsäulenförmigen Aragonitkristallen, die z. T. vereinzelt lagen, z. T. zu desminbündelartigen faserigen Aggregaten oder bis zu 0,2 mm großen kugelförmigen Gebilden zusammengruppiert waren, die er kurzweg als Sphärolithe bezeichnet, obwohl dieser Vergleich weder durch eine genauere Beschreibung noch durch mikrophotographische Abbildungen gestützt wird. Jedoch die Bemerkung, daß sie sich durch Aufdrücken des Deckglases leicht durch die Mitte entzweispalten, scheint auf einen nicht unerheblichen Unterschied hinzuweisen. Echte Oolithe hat Linck jedenfalls nicht erhalten, wohl aber einen feinen Aragonit-Niederschlag, der für die Entstehung dichter Kalksteine wie der bekannten Lithographenschiefer von Bedeutung sein kann. Nicht nur lebende Organismen, sondern auch die Zerfallprodukte toter Organismen können somit Kalk im Meere ausscheiden und zur Kalksteinbildung beitragen. Einen weiteren Beitrag dazu hat endlich 1914 Drew geliefert durch den Nachweis, daß der feine Kalkschlamm in den seichten Meeresteilen bei Bahama und den Tortugas-Inseln durch denitrifizierende Bakterien bei Anwesenheit von verwesenden Tier- und Pflanzenleichen erzeugt wird. Winzige Sphärolithen werden zwar auch da in dem feinen Kalkschlamm vereinzelt gefunden, aber sie zeigten nach der mikroskopischen Untersuchung durch in keiner Weise die Struktur von Oolithen.

Bis zum heutigen Tage ist es noch nicht gelungen, echte Oolithe im Meer auf rein anorganischem Wege entstehen zu sehen oder solche in künstlichem Meereswasser, selbst unter Mitwirkung von Leichen oder denitrifizierenden Bakterien, zu erzeugen. Da drängt sich wohl natürlich die Frage auf, ob dieser Weg nicht ein Irrweg ist. Für einen Teil dessen, was man früher mit zu den Oolithen gerechnet hat, ist die organische Entstehung sicher bewiesen (Sphaerocodium, Spongiostroma etc.) und man hat sie deshalb von den Oolithen weit hinweg gestellt, weil die sie erzeugenden Organismen verhältnismäßig groß sind und eine sehr charakteristische Form besitzen. Für die Oolithe müßte man viel kleinere und einfachere Wesen zu Hilfe nehmen, wie es z. B. die Spalt-Algen sind. Ihre Spuren sind in den fossilen Oolithen um so schwerer nachzuweisen, als diese alle wahrscheinlich eine Umkristallisation aus Aragonit in Kalzit durchgemacht haben, und so müssen wir denn unsere Hoffnung durchaus auf ganz junge, noch im Aragonit-Zustand befindliche Oolithe setzen, die noch Überreste ihrer Erzeuger einschließen. Von den heißen Quellen der Festländer sind besonders die von Meskoutine in der Provinz Constantine wegen der großen Oolithe berühmt, die sich fortgesetzt in den Quelltümpeln bilden. Duparc und Lacroix haben sie früher untersucht und Lacroix hat gefunden, daß das spezifische Gewicht dieser Oolithe etwas geringer als das des Aragonites sei, er nahm deshalb eine neue Modifikation des kohlensauren Kalkes an, die er als Ktypeït bezeichnete. Beim vorsichtigen Auflösen des Kalkes von Stücken, die ich in früheren Jahren dort selbst gesammelt hatte,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



fand ich, daß winzige Pflanzenreste zurückblieben, die vollständig das etwas kleinere spezifische Gewicht der Knollen erklären können und wiederum ein Hinweis sein könnten, daß auch bei Entstehung dieser Oolithe niedere Organismen eine wichtige Rolle spielen.

Ich habe mich deshalb zur Bestimmung dieser Reste an einen Botaniker von Fach gewendet und mein Freund Professor Giesenhagen hat sich hierzu bereit erklärt, gerade als der große Weltkrieg ausbrach, der solche Pläne allerdings zunächst in den Hintergrund schob. Meine Gesundheit läßt es unwahrscheinlich erscheinen, daß ich das Ende dieser Untersuchung noch erleben werde, aber ich habe einstweilen die Einleitung zu dieser Arbeit geschrieben, in der dem Endergebnis nicht vorgegriffen ist, aber dessen Wichtigkeit für die Geologie hervorgehoben wurde. Mein Plan war natürlich ein viel weitergehender. Es sollten noch alle rezenten Oolithe, die ich gesammelt habe, beschrieben, ihre Beziehung zu den fossilen nachgewiesen und die Formvielfältigkeit der letzteren dargestellt werden. Das muß ich nun anderen überlassen.

## Die biologische Aufgabe bei der Bearbeitung des Oolithen-Problems.

(Geschrieben von K. Giesenhagen.)

Die im vorstehenden gegebene Darstellung des Oolithen-Problems ist von meinem am 27. Januar 1918 verstorbenen Freund Professor Dr. August Rothpletz in den letzten Tagen seines Lebens niedergeschrieben worden. Rothpletz hat auch in seinem nachgelassenen Testament auf diese Niederschrift Bezug genommen. Es heißt darin: „Professor Giesenhagen hat eine vorläufige Untersuchung schon begonnen und mein Wunsch ist es, daß er sie fortsetze und vollende.“ So stellt die Arbeit über die rezenten Oolithe aus den Thermen von Meskoutine in Algerien für mich ein teures Vermächtnis dar und es erscheint mir als Freundespflicht, die Arbeit nach besten Kräften zu fördern und soweit es möglich ist, den Wunsch des Verstorbenen zu erfüllen.

Rothpletz hat die Ansicht, daß die Oolithe organischen Ursprungs seien, schon früh gewonnen und in seinen Werken ausgesprochen[1]). In der Einleitung zu seiner Abhandlung über die systematische Deutung und die stratigraphische Stellung der ältesten Versteinerungen Europas und Nordamerikas mit besonderer Berücksichtigung der Cryptozoen und Oolithe sagt er[2]): „Über die Oolithe sind die Meinungen geteilt; ich will sie deshalb in einem späteren Teil besonders behandeln, um durch Vergleiche mit rezenten Oolithen ihre Zugehörigkeit zu den Versteinerungen zu beweisen.“

Die Arbeit über die Oolithe sollte also gewissermaßen der Schlußstein seiner groß angelegten Abhandlungen über das Vorkommen von Versteinerungen in den präkambrischen Schichten sein. In dem Faszikel mit den Oolith-Notizen, welches mir nach den Bestimmungen des Rothpletzschen Testamentes übergeben worden ist, findet sich eine Anzahl von schriftlichen Aufzeichnungen, welche ergeben, daß Rothpletz schon sehr umfangreiche

[1]) Bot. Zentralbl. 1892, 51, 265.

[2]) Abhandl. d. K. Bayer. Akad. d. Wissensch., Math.-phys. Kl., 1915, XXVIII. Bd., p. 1.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Vorstudien für den die Oolithe behandelnden Teil seiner Abhandlung gemacht hatte. Insbesondere ist darin ein 114 Titel umfassendes Verzeichnis der einschlägigeu Literatur enthalten. Es ist nicht ersichtlich, ob diese Sammlung bereits vollständig und abgeschlossen war. Zwischen den einzelnen Titeln, die alphabetisch nach den Autorennamen geordnet sind, ist Raum für Nachträge gelassen, so daß es den Anschein hat, als ob der Verfasser das Verzeichnis noch nicht für ganz vollständig hielt. Es kann von mir als Nichtfachmann auf dem Gebiete der Paläontologie wohl nicht erwartet werden, daß ich eine Nachprüfung des Verzeichnisses auf seine Vollständigkeit vornehme. Ich glaube aber späteren Bearbeitern der Oolithenfrage das Verzeichnis als eine Arbeitserleichterung nicht vorenthalten zu sollen und gebe es deshalb in seiner vorliegenden Form als Anhang bei. Neben der Titelliste enthält das Faszikel auf 56 eng beschriebenen Folioseiten Auszüge aus der Oolithen-Literatur, welche Rothpletz offenbar als Arbeitsbehelf für seine Abhandlung zusammengestellt hatte. Bei den einzelnen Exzerpten finden sich in Klammern kurze Notizen, welche die Stellung von Rothpletz zu den in den fremden Arbeiten gegebenen Erklärungen für die Entstehung der Oolithe kennzeichnen. Da Rothpletz in der vorstehenden Einleitung seine Stellung zu den bisher aufgestellten Hypothesen über die Entstehung der Oolithe mit hinreichender Schärfe klargelegt hat, glaube ich von einer Veröffentlichung dieses Manuskript-Teiles absehen zu sollen. Jeder spätere Bearbeiter der Frage wird doch die Originalarbeiten zur Hand nehmen müssen.

Anders ist es mit einem in Maschinenschrift hergestellten Manuskript-Teil, der von deu Oolithen und oolithartigen Bildungen im allgemeinen handelt. Die Maschinenschrift dieses Teiles ist von Rothpletz' Haud durchkorrigiert und mit handschriftlichen Zusätzen versehen. Er dürfte vou Rothpletz zur Veröffentlichung im 3. Teil seiner Abhandlung über die systematische Deutung der Cryptozoen und Oolithe bestimmt worden sein, und kann wohl als druckreif angesehen werden. Die dariu enthaltenen Angaben hat Rothpletz zum Teil iu der vorstehenden Einleitung wiedergegeben, als ihm zum Bewußtsein kam, daß er den Abschluß seiner Abhandlung über die Oolithe nicht mehr erleben werde. Aber neben den in der Einleitung kurz zusammengefaßten Ausführungen über die Oolithe enthält dieser Manuskript-Teil manches dort nicht berücksichtigte und manches, was dort in Kürze gegeben wurde, in ausführlicherer Darstellung, so daß ich es nicht für überflüssig halte, diesen Abschnitt im nachstehenden zu veröffentlichen. Er ist offenbar als ein Bruchstück des durch die Überschrift gekennzeichneten Kapitels anzuseheu: Von den Erklärungsversuchen, welche für die Entstehung der Oolithe bisher gemacht worden sind, werden nur „die experimentellen Erklärungsversuche auf uuorganischem Wege“ eingehender besprochen.

Endlich liegen mir noch einige Manuskript-Seiten vor, welche Rothpletz, wie aus der Unterschrift ersichtlich ist, im Oktober 1917 niedergeschrieben hat. Sie behandeln die Größe uud Form der Oolithe. Rothpletz hatte die Gewohnheit, die Manuskripte, welche für die Veröffentlichung bestimmt wareu, mehrmals umzuarbeiten, bis ihr Inhalt und ihre Form ihm eiuwandfrei und reif zur Veröffentlichung erschienen. Ich glaube nicht, daß er das vorliegende Manuskript, das in einem Zuge geschrieben ist und wenige unwesentliche Korrekturen aufweist, schon unverändert in die Presse gegeben habeu würde und habe deshalb anfänglich Bedenken getragen, ob ich im Sinne des verstorbenen Freundes handle, wenn ich seine Niederschrift unverändert der Öffentlichkeit übergebe. Andererseits aber erscheinen mir diese Aufzeichnungen als eine wertvolle Grundlage für die Beschreibung,

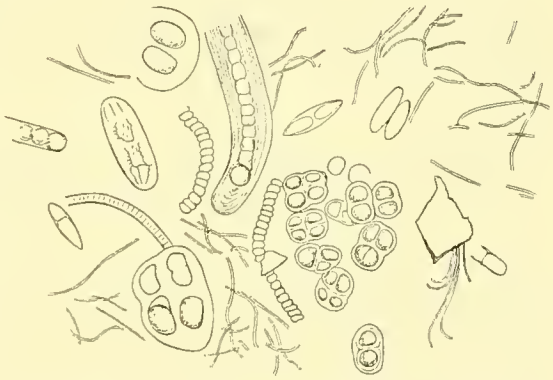
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



welche ich von den mir zur Untersuchung vorliegenden Oolithen aus den Thermen von Meskoutine in Algerien zu geben habe; deshalb lasse ich sie weiter unten im Druck folgen, in der Erwartung, daß etwaige Unebenheiten in der Darstellung den Wert der zusammenfassenden Abhandlung in den Augen des Lesers nicht herabsetzen werden.

Als Rothpletz mich im Jahre 1914 zuerst mit dem Plan seiner Oolithen-Abhandlung bekannt machte und mir auseinandersetzte, welcher Teil der Arbeit mir als dem Biologen zufallen solle, hatte er selber schon Voruntersuchungen mit Hilfe des Mikroskops ausgeführt. Er glaubte in Präparaten, welche durch Entkalkung von Splittern der rezenten Oolithe hergestellt waren, Reste gefunden zu haben, die er für organischen Ursprungs hielt, wenn auch die Beschaffenheit dieser äußerst feinen Rückstände, die nur bei stärkeren Vergrößerungen wahrnehmbar waren, ihm keinerlei Anhaltspunkte boten, um über die Natur der bei der Entstehung der Oolithe beteiligten Organismen etwas aussagen zu können. Es konnte demnach für mich nur die Aufgabe in Betracht kommen, seine Beobachtungen nachzuprüfen und in systematischer Weise zu ergänzen.

Um über die Löslichkeit der vorliegenden Aufgabe ins klare zu kommen, habe ich damals einen mir zum Zwecke der Untersuchung übergebenen Oolith von Meskoutine in einem sorgfältig gereinigten Glasröhrchen mit Essigsäure, die keinerlei mikroskopisch sichtbare Partikelchen enthielt, übergossen, und mehrere Tage wohlverschlossen aufbewahrt. Sodann wurde der Oolith aus der Flüssigkeit herausgenommen und aus dem mit bloßem Auge eben sichtbaren flockigen Bodensatz der Flüssigkeit ein mikroskopisches Präparat hergestellt. In dem Präparat zeigten sich verschiedenartige Organismen aus der Gruppe der Algen, die ich in 850facher Vergrößerung mit dem Zeichenapparat auf ein Blatt zeichnete und zwar in der Weise, daß die im Präparat immer nur vereinzelt auftretenden Bilder in der Zeichnung nebeneinander zur Darstellung kamen. So entstand die Abbildung, welche in der nebenstehenden Figur 1 wiedergegeben ist. Die Figur darf also nicht so aufgefaßt werden, als ob die bei der Auflösung der äußeren Schichten des Oolithen zurückgebliebenen organischen Reste dichtgedrängt in dem Präparat gelegen hätten, vielmehr wurden die einzelnen Formen nur bei sorgfältiger Durchmusterung des Präparates vereinzelt aufgefunden.



Figur 1.
Organismen von einem Oolithen von Meskoutine.
(Vergr. 425.)

Wie leicht ersichtlich ist, handelt es sich bei den dargestellten Organismen um verschiedene Algenformen. Am auffälligsten erscheinen die Vertreter der blaugrünen Algen (Cyanophyceae: Rivularia, Gloeocapsa, Anabaena, Oscillaria). Daneben kommen vereinzelt Gebilde vor, die zu anderen Algengruppen zu stellen sind (Protococcaceae, Desmidiaceae). Besonders häufig aber fanden sich feinste Fadenstücke, die ihrer Beschaffenheit nach an Fadenbakterien erinnerten.

Wir waren keineswegs darüber im Zweifel, daß nicht alle diese Organismen an der Bildung der Oolithe beteiligt sein können, vielmehr lag auf der Hand, daß der größte Teil

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



der gefundenen Algenformen von der Oberfläche des Oolithen stammen mußte. In den feinen Fadenbildungen aber glaubte Rothpletz die Rückstände wieder zu erkennen, welche er in seinen Präparaten bereits hatte beobachten können. Nichtsdestoweniger war Rothpletz der Meinung, daß auch alle die größeren Algenformen in der beabsichtigten Publikation auf Tafeln abgebildet, nach ihren morphologischen Verhältnissen genau bestimmt und nach Möglichkeit mit bereits beschriebenen Formen identifiziert werden müßten.

Für das Oolithenproblem haben meines Erachtens diese größeren, den Oolithen äußerlich anhaftenden Algen keine Bedeutung. Die Frage geht allein darum, ob einer der gefundenen Organismen bei der Entstehung der Oolithe mitbeteiligt ist und in welcher Weise man sich das Zustandekommen der Oolithstruktur unter der Mitwirkung dieses Organismus vorzustellen hat. Die Arbeiten, welche ich unternommen habe, um über diesen Punkt Klarheit zu schaffen, sollen im nachstehenden im Anschluß an die Veröffentlichung der von Rothpletz hinterlassenen Manuskripte mitgeteilt werden.

Ich war bei meinen Untersuchungen lediglich auf das von Rothpletz gesammelte Material angewiesen, das seit Jahren in der Sammlung aufbewahrt worden war. Meine Arbeit konnte deswegen auch nur das eine Ziel verfolgen, festzustellen, ob in den Oolithen von Meskoutine organische Reste eingeschlossen sind, die nach Form und Anordnung die Vermutung bestätigen, daß die in den Oolithen vorliegende Kalkablagerung unter der Mitwirkung lebender Organismen zustande gekommen ist. Eine Ergänzung des positiven Befundes durch Beobachtung der Organismen im lebenden Zustande, durch den Versuch, die fraglichen Lebewesen auf künstlichem Nährboden zu züchten, ihren Stoffwechsel und seine Beziehungen zu der Kalkablagerung aufzuklären, muß Forschern überlassen bleiben, welche die Möglichkeit haben, an dem Fundorte rezenter Oolithe ihre Arbeitsstätte aufzuschlagen, was mir durch die Zeitverhältnisse unmöglich gemacht ist.

## Über die Oolithe und oolithartigen Bildungen im allgemeinen.

(Unvollendetes Manuskript von A. Rothpletz.)

Ein seltsamer Schleier liegt über diesen Gebilden. Schon der Name Oolith ist mißleitend. Die einen verstehen darunter den oberen Teil der Juraformation, die anderen ein Gestein, das aus kleinen kugeligen Körpern zusammengesetzt ist, und noch andere, eben jenen kleinen Körper selbst. Als Bezeichnung für die obere Juraformation ist der Name in England in Gebrauch gekommen, weil dort die oolithische Fazies besonders auffällig hervortritt. In anderen Ländern hingegen ist diese Fazies im Jura gar nicht oder nur ganz untergeordnet entwickelt und zeichnet statt dessen andere geologische Horizonte aus. Man hat deshalb selbst in England in neuerer Zeit diese Bezeichnung mit Recht durch mittleren und oberen Jura zu ersetzen begonnen, und wenn auch Haug in seinem Lehrbuch der Geologie neuerdings wieder diesen Namen für das Ober-Jura-System vom Bayocien an bis zum Portlandien das Wort geredet hat, so glaube ich doch, daß dieser Versuch, einen obsolet gewordenen Namen wieder zu erneuern, keinen Anklang finden wird, um so weniger, als dafür eine Notwendigkeit durchaus nicht besteht. Kalkowsky hat den Vorschlag gemacht, den Namen Oolith für die oolithischen Gesteine zu reservieren und für die sie zusammensetzenden Oolithe das Wort Ooid zu gebrauchen. Er gibt aller-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



dings zu, daß dieses Wort phonetisch nicht schön ist wegen der Häufung von Vokalen, er weiß aber keinen anderen Rat, um den Doppelsinn des Wortes Oolith zu beseitigen. Nur zögernd hat dieser neue Name Eingang in der Literatur gefunden; aber mir scheint, daß alle diese Schwierigkeiten am leichtesten zu überwinden sind, wenn man sich entschließt, für Ooid das Wort Oolith beizubehalten und die aus Oolithen zusammengesetzten Gesteine als Oolithgesteine oder, was sie ja meistens sind, als Oolithkalksteine zu bezeichnen. Außerdem ist es eine Tatsache, die wohl öfters übersehen worden ist, daß Gesteine, die ausschließlich aus Oolithen bestehen, große Seltenheiten sind. In den meisten Fällen ist die Bezeichnung oolithische Kalksteine viel richtiger, weil sich an deren Zusammensetzung gewöhnlich neben den Oolithen eine ganze Menge anderer Körper, wie Quarzsand, Muschelschalen, Crinoidenglieder usw. beteiligen. Ich werde deshalb das Wort Oolith nur auf die oolithischen Körper anwenden. Doch sind damit noch nicht alle Schwierigkeiten und Zweideutigkeiten beseitigt. Denn es kommen neben und zwischen den Oolithen in den oolithischen Gesteinen noch oolithähnliche Körper vor, deren Formenreichtum aber so groß ist, daß nur ein Teil mit den echten Oolithen verwechselt werden könnte, die extremsten Formen aber als etwas ganz anderes erscheinen.

Der typische Oolith soll eine kugel- bis eiförmige Gestalt und radiäre, sowie konzentrische Struktur haben. Aber bei vielen Oolithen fehlt die eine oder andere dieser Eigenschaften. Die äußere Gestalt ist ungemein wechselreich und hängt da, wo ein Fremdkörper in der Mitte des Oolithen liegt, in höherem Grade von dessen Form ab. Die kugelige Gestalt kann unter diesen Umständen ganz verloren gehen und die Außenseite setzt sich aus verschiedenen konvexen Flächen zusammen, weil der Oolithüberzug die spitzen Ecken und scharfen Kanten, welche die Fremdkörper oft haben, stets auszugleichen bestrebt ist. Aber auch wo Fremdkörper fehlen, sind die Oolithe häufig unregelmäßig geformt, haben die Gestalt von verzerrten Kugeln oder Ellipsoiden; oft auch zeigen sie Auswüchse oder Verwachsungen, und wenn dann auch die radiäre Struktur schwindet, so gehen sie schließlich in scheinbar unregelmäßige globulöse Körper über, die zugleich die normale Größe der Oolithe bedeutend überschreiten und selbst Durchmesser bis zu einigen cm erlangen können. Soll man solche Körper noch als Oolithe bezeichnen? In den reinen Kalkablagerungen der alpinen Trias sind sie sehr häufig und schon vor langen Jahren hat Escher v. der Linth sie als Riesenoolithe bezeichnet. Die mikroskopische Untersuchung solcher Steine lehrt aber, daß zwischen diesen Riesenoolithen auch ähnliche kleinere Gebilde liegen, zum Teil von ebenso geringen Dimensionen, wie sie den echten Oolithen eigen sind, so daß es schwer hält, zwischen jenen und diesen scharfe Grenzen zu ziehen. Endlich aber treffen wir auch solche Gebilde, die zwar die Struktur der Riesenoolithe und der echten Oolithe haben, in der äußeren Form jedoch sich von diesen ganz unterscheiden. Sie haben keine ringsum abgegrenzte Gestalt mehr, sondern sind langgezogene, in die Schichten der Sedimente eingefügte Lager, die man als Landschaftskalke oder Stromatolithe bezeichnet hat. Dieselben kommen zusammen mit echten Oolithen vor und gehen stellenweise sogar in solche über, so daß auch genetische Zusammenhänge bestehen müssen. Da aber in der äußeren Form und Struktur doch erhebliche Unterschiede existieren, so ist es notwendig, diese Verschiedenartigkeiten durch Namen zum Ausdruck zu bringen. Die echten Oolithe lassen mindestens drei Verschiedenheiten erkennen. Für die radiär gebauten hat Gümbel schon den Namen Ektoolith gegeben, von *ἐκτος* und nicht *ἑξτος*, also darf nicht Extoolith ge-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



schrieben werden. Die Oolithe, welche nur konzentrische, aber keine radiale Struktur zeigen, könnten als Amphioolithe bezeichnet werden. Und endlich gibt es noch Entoolithe, wie sie Gümbel genannt hat, bei denen sowohl die radiäre wie die konzentrische Struktur fehlt. Man könnte auch versucht sein, alle Oolithe außerdem in zwei Gruppen zu bringen, je nachdem sie im Innern einen Fremdkörper haben oder nicht. Indessen scheint mir eine solche Einteilung nicht durchführbar, weil auch bei Oolithen ohne deutliche Fremdkörper, deren Mittelpunkt häufig eine andere Struktur zeigt als die der peripheren Teile, und es dann ungewiß bleibt, ob nicht auch der Kern, trotzdem er aus Kalk besteht, als ein Fremdkörper aufzufassen ist. Neben die echten Oolithe wären dann die Bololithe zu stellen (*βωλος* — der Knollen). Hiezu rechne ich die sogenannten Riesenoolithe und die ihnen verwandten Formen. Als dritte Gruppe endlich haben die Stromatolithe zu gelten.

Alle oolithischen Gebilde, welche ich seit langen Jahren genauer studiert habe, lassen sich in diese fünf Gruppen unterbringen, wenn schon manchmal Schwierigkeiten insofern entstehen, als diese Gruppen durch Übergänge miteinander verbunden sind. Das ist aber eine jedem Systematiker wohlbekannte Eigentümlichkeit aller Einteilungen; auch dürfen wir nicht vergessen, daß es sich hier zunächst nur um eine morphologische, nicht aber um eine genetische Klassifikation handelt. Letztere wäre erst möglich, wenn wir über die Entstehungsgeschichte im klaren sind. Aber gerade in dieser Beziehung stehen sich zwei Anschauungen ziemlich diametral gegenüber. Die eine hält die Oolithe für Kalkausscheidungen, die auf rein unorganischem Wege zustande kommen und deshalb auch auf künstlischem Weg im Laboratorium erzeugt werden können; die andere sieht in ihnen Bildungen lebender Organismen.

## Experimentelle Erklärungsversuche auf unorganischem Wege.

Grundlegend für diese Auffassung wurden die Experimente von Link[1]). Er erhielt durch Zuführung sowohl von $Na_2CO_3$ als auch von $(NH_4)HCO_3$ in künstliches Meereswasser, das 0,156 % $CaSO_4$, aber keinen $CaCO_3$ enthielt, einen Aragonitniederschlag von winzig kleinen Sphärolithen, von desminbündelartigen faserigen Kristallaggregaten und ziemlich zahlreichen, kurz säulenförmigen Einzelkristallen. Die Sphärolithe erreichten einen Durchmesser bis zu 0,02 mm, bei Fällung mit Ammonium-Karbonatlösung erreichten sie vereinzelt auch Größen bis zu 0,2 mm. Sie waren nach Links Angaben vollkommen kugelförmig und vielfach zu zweien oder mehreren nach Art von Globigerinen zusammen aggregiert. Durch Aufdrücken des Deckglases ließen sie sich leicht durch die Mitte entzweispalten. Ohne eine weitere Beschreibung oder Abbildung derselben zu geben, sagt er (S. 509), „diese Sphärolithe sind nun nichts anderes als die runden Körper der Oolithe und Rogensteine. Sie bilden sich auf unorganischem Weg als sphärische Konkretionen mit oder ohne Kern, wie sie es haben können“. Es fällt schwer, sich dieser Schlußfolgerung ohne weiteres anzuschließen; denn eigentlich besteht das tertium comparationis nur darin, daß die rezenten Oolithe ebenso wie diese künstlichen Sphärolithe aus Aragonit zusammengesetzt sind. Letztere scheinen wenigstens nach Beschreibung in ihrer

[1]) G. Link, Die Bildung der Oolithe und Rogensteine. Beilageband 16 d. N. J. f. Mineral. etc 1903 S. 495 bis 513.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



radiären Kristallgruppierung über den Weg desmiuartiger Garben mit Einzelkristallen in Verbindung zu stehen, eine Erscheinung, die bei den rezenten Oolithen noch nicht bekannt geworden ist. Dahingegen fehlt diesen Sphärolithen die konzentrisch-lammellöse Struktur der Oolithe, wie es scheint, ganz, da sie andernfalls von Link sicherlich betont worden wäre. Die radiäre Struktur der Sphärolithe hingegen fehlt bei manchen Oolithen, so daß sich diese Ähnlichkeit nur auf einen gewissen Teil der Oolithe beschränkt. Ein weiterer Unterschied, daß die künstlichen Sphärolithe die Maximalgröße der Oolithe nicht erreichten, könnte wohl darin seine Erklärung finden, daß die Aragonitausscheidung bei der künstlichen Sphärolithbildung zeitlich zu bald ein Ende fand, während sie im Meere unbeschränkt lang anhalten könnte. Aber das ist doch nur eine Vermutung, die ebensogut richtig als unrichtig sein kann. In vielen Fällen schließen außerdem die Oolithe einen Fremdkörper ein, der den künstlichen Sphärolithen fehlt. Diesen Unterschied erklärt Link damit, daß in litoralen Gebieten oder in der Nähe von Korallriffen, wo die brandenden Wogen fortwährend Sandkörnchen oder Bruchstücke organischer Kalkmassen (Muscheln, Korallen, Foraminiferen usw.) in flottierender Bewegung erhalten, die Aragonitfasern sich um diese anlagern. Draußen aber auf offenem Meere oder in ruhiger abgeschlossener See sollen sie sich ohne Kern bilden. Das ist natürlich auch nur eine Hypothese, für welche das Tatsachenmaterial noch nicht erbracht ist. Es ist auch ein großer Unterschied zwischen sphärolitisch gestellten Kristallen und solchen, die sich palisadenartig auf einem Fremdkörper anordnen und nur da eine radiäre Stellung annehmen, wo sich die Oberfläche des Fremdkörpers einer Kugelfläche nähert, und es ist deshalb auch wohl begreiflich, daß, wo solche Kugelflächen fehlen, die Gruppierung der Kristalle annähernd zu einer Parallelstellung wird, wie dies bei den Stromatolithen die Regel ist. Nach Link sollen die brandenden Wogen den Fremdkörper in schwebender Stellung und tanzender Bewegung erhalten, so daß die Kristalle die Möglichkeit haben, rings um diesen Körper anzuschließen. Es ist aber zweifelhaft und jedenfalls in keiner Weise erklärt worden, wie das aus der Verwesung von Tier- oder Pflanzenleichen entstehende Ammoniumkarbonat in so bewegtem Wasser Aragonitkristalle ausfällen kann, die nicht etwa auf den Leichen selbst sich ansetzen, sondern an den tanzenden Fremdkörper heranschwimmen und sich an denselben in ganz bestimmter und gleichbleibender Orientierung ansetzen. So interessant also und wichtig die Experimente Links auch in anderer Beziehung sind, so kann man sich doch nicht verhehlen, daß sie für die Entstehung der wirklichen Oolithe keinen entscheidenden Aufschluß gebracht haben. Er hat keine echten Oolithe, sondern nur Sphärolithe künstlich dargestellt.

Einen anderen Weg haben Drew und Vaughan[1]) eingeschlagen. Sie gingen dabei von den Verhältnissen aus, die sich bei Bahama und den Tortugas-Inseln vorfinden. Und indem Drew die Kalkniederschläge in den dortigen seichten Meeresteilen untersuchte, fand Drew, daß eine Unmenge denitrifizierender Pilze (Bakterium calcis) sich in dem Meereswasser vorfinde. Es gelang ihm nun auch, auf künstliche Weise mit solchen Bakterien Kalkniederschläge zu erzeugen und er schloß daraus, daß der feine Kalkschlamm des Meeres

---

[1]) On the Precipitation of Calcium Carbonate in the Sea by Marine Bacteria, and on the Action of Denitrifying Bacteria in Tropical and Temperate Seas. Preliminary Remarks on the Origin of the Bahaman and Floridian Oolites. No. 182 of the Carnegie Institution of Washington 1914.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



durch die Tätigkeit dieser Bakterien bei Anwesenheit verweseuder Tier- und Pflanzenleichen sich bildet. Allerdings bestand dieser Niederschlag nicht aus Sphärolithen, sondern aus halbkristallinem Kalkschlamm, in dem aber vereinzelte, winzig kleine Sphärolithe bemerkt wurden. Vaughan schloß daraus, daß der amorphe Schlamm sich erst durch diagenetische Vorgänge allmählich in Sphärolithe umbilde. Er hat zum Beweise dessen eine Schlammprobe, die dem Meere entnommen und in welcher die Anwesenheit von Oolithen nicht bemerkt worden war, einige Monate stehen lassen. Dann nahm er eine genaue Untersuchung vor und entdeckte eine kleine Anzahl kleiner Oolithe darin. Dieselben hatten einen Durchmesser von 0,004 mm bis zur gewöhnlichen Größe der Florida-Oolithe, die einen Durchmesser von 0,1 bis 0,8 mm haben. Um uachzuweisen, daß diese Körper wirklich im Schlamme wachsen, passierte er solchen Schlamm durch ein feines Sieb mit so engen Maschen (mit 0,13 mm Durchmesser), daß keine größeren Oolithe mitgehen konnten. Dieser so gesiebte Schlamm blieb etwas über 3 Monate in Ruhe, worauf er von neuem untersucht und die Anwesenheit von „Oolithen" nachgewiesen wurde, deren kürzerer Durchmesser 0,17, deren längerer 0,23 mm maß. Er faßt sie deshalb als Neubildungen auf und hält diese neugebildeten Sphärolithe, die aber bei dem geringsten Druck zerquetscht wurden, für echte Oolithe. Doch sind seine Untersuchungen noch nicht abgeschlossen und es fehlt noch der Nachweis, daß jene Schlamm-Sphärolithen auch echte Bahama-Oolithe waren. Es habeu die von ihm festgestellten, diagenetisch entstandenen Sphärolithe weder die Größe der Bahama- und Florida-Oolithe erreicht, noch auch fremde Körper umhüllt. Gerade das Wichtigste also, sowohl bei den Untersuchungen von Link wie von Vaughan, steht noch aus, nämlich der Nachweis, daß die beobachteten Sphärolithe auch wirkliche Oolithe sind.

## Grösse und Form der Oolithe.

(Unvollendetes Manuskript von A. Rothpletz.)

Wenn man Form und Größe aller der Gebilde angeben sollte, welche eben als Oolithen beschrieben worden siud, so würde man fast vor eine unmögliche Aufgabe gestellt sein. Denn sie schwanken zwischen mikroskopischer Kleinheit und über Kopfesgröße und mit der regelmäßig kugelrunden Form beginnend variieren sie nach allen Seiten hin bis zur vollständigen Unregelmäßigkeit, wobei nur eines immer gewahrt bleibt, nämlich die Geschlossenheit der stets gekrümmteu Oberfläche und damit die Selbständigkeit jedes einzelnen Oolithen gegeuüber seiuer Uiugebung.

Einfach ist die Aufgabe, sobald wir diejenigen Gebilde ausschließen, die trotz gewisser innerer Ähnlichkeiten ihrer Entstehung nach doch sicher von diesen verschieden sind. Dahin gehören die mehr oder minder rundlichen Kalkknollen mit deutlicher Pflanzenzellstruktur, die als Girvanellen, Sphärocodien usw. beschrieben worden sind. Ebenso sind aber auch die Pseudoolithen und die Bololithen auszuscheiden und ferner die kleinen tierischen Exkremente (Steikoma), welche eine kugelförmige oder längliche ellipsoide Gestalt haben.

Von deu Oolithen, die dann noch übrigbleiben, läßt sich sagen, daß ihre Größe und Form in erster Linie von dem Fremdkörper bestimmt wird, um den herum sie sich gebildet haben. Ist dieser sehr klein, dann bleibt es auch der Oolith, dessen Durchmesser

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



nach diesen Umständen meist nur wenige Millimeter und nur selten einen oder auch mehrere Zentimeter erreicht. Wo der Fremdkörper aber groß ist, erscheint es nötig, die Dicke der Oolithkruste anzugeben. Es ergibt sich dann, daß diese meist einige Millimeter nicht überschreitet und nur selten die Dicke von einem Zentimeter und mehr erreicht.

Nach meinen Erfahrungen bleibt die Dicke der marinen Oolithkrusten im allgemeinen hinter der von Süßwasseroolithen zurück und erreicht kaum jemals einen Zentimeter, meist nur einige Millimeter.

Die Gestalt nähert sich um so mehr der Kugelform, je kleiner der zentrale Fremdkörper ist. Die kleinen Unregelmäßigkeiten solcher oft eckiger Fremdkörper sucht der Oolith schon mit seinen ersten Lagen auszugleichen, so daß die Kugelform mit jeder neuen Lage deutlicher hervortritt. Es gelingt dies aber dem Oolithen um so weniger, je größer und unregelmäßiger geformt der Innenkörper ist und je nachdem entstehen länglich ellipsoidische, stab-, warzenförmige oder ganz unregelmäßige Oolithe, wobei jedoch immer die eckigen und kantigen Formen des Fremdkörpers an der Oberfläche des Oolithen abgerundet erscheinen. Weiterhin ist für die Form des Oolithen bestimmend die Art seines Dickenwachstums. In vielen Fällen ist dasselbe ein sehr gleichmäßiges, die Anwachsungen legen sich in gleichen Abständen und allseitig übereinander. So entstehen, wenn der Zentralkörper sehr klein ist, kugelförmige Gebilde. Oft aber ist das Wachstum ein einseitig rascheres, — es liegt der Fremdkörper dann nicht mehr zentral. Oder aber es zeigen die einzelnen Anwachszonen selbst Unregelmäßigkeiten, sie umschließen den Fremdkörper oder die älteren Lagen des Oolithen nicht allseitig — sie liegen unter sich nicht völlig konkordant und es verliert der Oolith die regelmäßige konzentrische Struktur. Oft auch zeigen die Oolithkrusten eine von dem zentralen Fremdkörper ganz unabhängige Wachstumeigentümlichkeit, die zu kleinen warzenförmigen oder mäandrisch gewundenen Erhabenheiten an der Oberfläche führt (Deicke, Ewald) und die den Bau jeder einzelnen Anwachszone beherrscht (Kalkowskys Kegelstruktur). Störungen treten zuweilen auch dadurch ein, daß sich während des Wachstums des Oolithen Fremdkörper auf seiner Oberfläche ansetzen, die dann von den späteren Anwachszonen überwuchert und eingeschlossen werden (Grub). Die in der Petrographie gebräuchliche Bezeichnung, die Oolithen hätten eine konzentrisch-schalige Struktur, ist somit nicht zutreffend und hat nur für gewisse Oolithen Gültigkeit. In Wirklichkeit bestehen die Oolithe aus Anwachszonen, von denen die jüngeren die älteren ganz oder auch nur teilweise umhüllen. Die Form der jüngsten Anwachszone bestimmt zugleich die Form des ganzen Oolithen. In allen Fällen, wo also der Oolith einen unregelmäßig gestalteten größeren Fremdkörper einhüllt, z. B. eine Muschelschale, können die Anwachszonen keine sphäroidische Form haben und weichen so sehr von einer Kugelhülle ab, daß mit Bezug auf sie und die anderen Hüllen nicht von einem Mittelpunkt gesprochen werden kann, von dem ihre Bildung ausgegangen wäre, wie dies z. B. bei Sphärolithen oder Stärkekörnern der Fall ist, selbst dann, wenn durch einseitiges Wachstum dieses Zentrum exzentrisch geworden ist.

Betrachtet man z. B. den Oolith, den ich aus Culm Gothlands (1913 Taf. 6 Fig. 2) abgebildet habe, so erkennt man deutlich den schaligen Aufbau. Die Oolithhülle umschließt eine wellig gerippte halbkreisförmige Muschelschale, deren freie Enden sich nicht berühren, während die Oolithhülle sich beinahe geschlossen hat. Solange dieser Oolith noch nicht im Bindemittel des Gesteins eingeschlossen war, muß er wie eine 5 mm große

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Kugel ausgesehen haben, die im Innern aber hohl war. Das Bildungszentrum lag aber nicht etwa in diesem mittleren Hohlraum und die innersten Schichten dieser Kugel waren nicht etwa die ältesten, sondern ebenso wie die äußersten die jüngsten. Die Muschelschale war ja das „Bildungszentrum", wenn man auf einem so gekrümmten flächenartig entwickelten Fremdkörper diese Bezeichnung anwenden wollte und dürfte. Von einem konzentrischen Schalenaufbau hier zu sprechen, würde entschieden verfehlt sein, wo es sich doch nur um Schalen handelt, die eine Muschelschale annähernd gleichförmig umhüllen.

Das für alle Oolithen Gemeinsame und Charakteristische ist somit, daß sie aus Kalklagen bestehen, die einen Fremdkörper ringsum vollständig umhüllen. Darin liegt der Unterschied zu den Stromatolithen, bei denen die Kalklagen den Fremdkörper nur auf dessen Oberseite bedecken und seitwärts eine unbegrenzte Ausbreitungsmöglichkeit besitzen. Die Oolithe hingegen, wenn sie einmal angelegt sind, können nur noch in die Dicke wachsen, indem die vorhandenen Lagen von neuen umschlossen werden. Aber oftmals, ehe dies geschieht, bedeckt sich die Oberfläche mit Sandkörnern und mit lebenden oder toten Tieren und Pflanzen. Sie werden dann von den neuen Lagen überdeckt, die dann natürlich an solchen Stellen eine andere Form als die älteren Lagen annehmen müssen.

Manchmal treten auch oberflächliche Beschädigungen der Oolithe ein, deren Ursachen nicht immer festgestellt werden können; dann wird also die Oberfläche des Oolithen nicht mehr durchaus von der obersten Schalenhülle gebildet und tiefere Teile kommen zum Vorschein. Beim weiteren Wachstum legten sich dann die nächsten Hüllen konkordant zur Oberfläche, aber diskordant zu den alten Lagen darüber. Einen sehr extremen Fall stellen in dieser Richtung die Hemioolithe Kalkowskys dar, wärend schwächere Diskordanzen leicht der Beobachtung entgehen, obwohl sie sehr häufig sind.

Für die Gestalt der Oolithe bestimmend ist auch die Zwillingsbildung, welche gar nicht selten zu sein scheint. Zwei ursprünglich selbständige Oolithen legen sich aneinander und die neuen Kalklagen umhüllen dann alle beide. So können selbst Viellinge entstehen, für die es charakteristisch ist, daß die Oolithhüllen

(Die Fortsetzung des Manuskripts fehlt in den mir übergebenen, von Rothpletz hinterlassenen Papieren.)

## Untersuchungen über die rezenten Oolithe aus den Quellen von Meskoutine.

Von K. Giesenhagen.

Die Oolithe, welche mir gemäß der letztwilligen Verfügung meines verstorbenen Freundes Rothpletz von dem Konservator der paläontologischen Sammlung, Herrn Professor Dr. Broili, ausgehändigt wurden, befanden sich in einem offenen Kästchen, dem eine gedruckte Etikette mit der Aufschrift:

Pisolithe aus den heißen Quellen Hamman Meshontine Algier

beigegeben war.

Es sind 173 Stücke, von denen die meisten, nämlich 138 Stück erbsenförmig, annähernd isodiametrisch oder ausnahmsweise etwas verlängert bohnenförmig gestaltet sind. Die übrigen sind zum Teil flächenförmig (11 Stück) oder unregelmäßig kantig (24 Stück)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



mit abgerundeten Ecken und Kanten. Nur bei vereinzelten kleineren Flächenstücken finden sich neben abgerundeten Kantenflächen scharfrandige Bruchflächen, die den Eindruck erwecken, als ob ein flächenförmig entwickelter Oolith nachträglich durch mechanische Einwirkung zertrümmert worden sei.

Auch bei den regelmäßigsten isodiametrischen Stücken ist die Krümmung der Oberfläche niemals völlig gleichmäßig, so daß die Idealgestalt der Kugel von keinem einzigen Stück erreicht wird. Es finden sich vielmehr bei allen wenigstens ein, meist aber mehrere Oberflächenbezirke, die abgeplattet oder selbst flachmuldenförmig vertieft sind, etwa so wie es bei Erbsen der Fall ist, welche bei der Berührung in der Hülse durch gegenseitigen Druck stellenweise abgeplattet sind, nur mit dem Unterschiede, daß die abgeplatteten Stellen nicht wie bei den Erbsen infolge der reihenweisen Anordnung in der Hülse einander gegenüberliegen, sondern in jeder beliebigen Lage zueinander auftreten können.

Bei den unregelmäßiger gestalteten Stücken kommen neben den konvexen und abgeplatteten Oberflächenpartien auch grubige Vertiefungen und sattelförmige Ausbuchtungen vor, die, wie es scheint, auf die Gestalt des Kerns zurückzuführen sind, um den sich der Oolith gebildet hat. An den isodiametrischen Stücken finden sich, abgesehen von den erwähnten flachmuldenförmigen Abplattungen, nur in ganz vereinzelten Fällen und in sehr geringem Umfange unregelmäßig grubige Vertiefungen und es hat dann meist den Anschein, als ob diese vertieften Stellen in der ursprünglich gleichartigen Oberfläche nachträglich ausgesprengt worden seien.

Die Größe und damit das Gewicht der Oolithe schwankt innerhalb ziemlich weiter Grenzen. Die größten Stücke finden sich unter den flächenförmigen und unregelmäßig kantigen Formen. Unter den mehr regelmäßig isodiametrisch entwickelten Formen hat das kleinste Stück einen Durchmesser von kaum einem Millimeter, während das größte im Mittel etwa 1 cm Durchmesser hat. Dazwischen sind alle Übergänge vertreten. Man kann die 138 erbsenförmigen Stücke leicht in 8 Größenklassen gruppieren. Dabei ergibt sich das bemerkenswerte Resultat, daß die Stücke der mittleren Größenklassen sehr viel zahlreicher sind als die extremen Größen. In Figur 1 der Tafel sind die regelmäßigen Stücke nach Größenklassen geordnet in natürlicher Größe photographisch dargestellt.

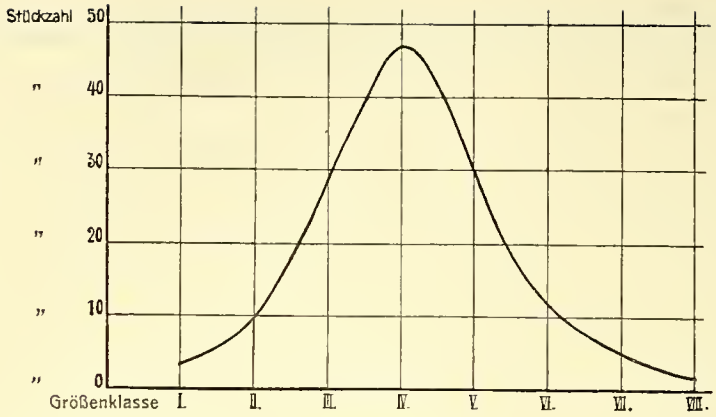
Über die Größenverhältnisse gibt die nachstehende Tabelle zahlenmäßigen Aufschluß:

| Größenklasse | Größter Durchmesser | Anzahl | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| I | kleiner als 2 mm | 3 | |
| II | 3—4 mm | 9 | |
| III | 4—5 mm | 29 | |
| IV | ungefähr 5 mm | 47 | |
| V | 5—6 mm | 30 | |
| VI | 6—7 mm | 13 | |
| VII | 7—9 mm | 5 | Alle Stücke länglich bohnenförmig. |
| VIII | größer als 10 mm | 2 | |

Aus der Zahlenreihe der dritten Spalte der Tabelle ergibt sich, daß die Größenverhältnisse der rundlichen Oolithe, auf rechwinklige Koordinaten bezogen, eine dem Queteletschen Gesetz entsprechende Variationskurve ergeben, deren Verlauf in der Textfigur 2 dargestellt ist.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at






Figur 2.

Graphische Darstellung der Größenverhältnisse der von Rothpletz in Meskoutine gesammelten Oolithe.

Die Einbeziehung der bei der vorstehenden Betrachtung zunächst unberücksichtigt gebliebenen flächenförmigen und unregelmäßig kantigen Stücke kann dieses Ergebnis nicht wesentlich beeinträchtigen. Für sie gilt die gleiche Gesetzmäßigkeit der Größenordnung wie sich unmittelbar aus der in Figur 2 und 3 auf Tafel I gegebenen photographischen Abbildungen dieser Stücke erkennen läßt.

Es ist wohl nicht anzunehmen, daß Rothpletz beim Einsammeln der Oolithe in Meskoutine die mittelgroßen Stücke besonders bevorzugt habe, vielmehr liegt es nahe, daß er, da es sich für ihn um die Aufdeckung des Entwicklungsganges der Oolithe handelte, besonders eifrig nach kleineren Stücken gesucht haben wird. Wenn man diese Annahme gelten lassen will, so muß die Größenordnung als eine Wesenseigentümlichkeit der Oolithe angesehen werden und es kann der Wahrscheinlichkeitsschluß abgeleitet werden, daß nicht etwa die kleineren Stücke einfach als Jugendstadien der größeren angesehen werden dürfen, sondern daß die mittelgroßen Stücke die Norm bilden, während die größeren und kleineren Stücke von äußeren Umständen bedingte Abweichungen von der Norm darstellen, die um so seltener auftreten, je weiter sie sich von der Norm entfernen. Man kann das Ergebnis auch in der folgenden Form zum Ausdruck bringen: Die Größe der Oolithe von Meskoutine ist nicht lediglich von ihrem Lebensalter, d. i. von der Zeitdauer ihres Wachstums abhängig, sondern es spielt dabei ein Zufallsfaktor die ausschlaggebende Rolle.

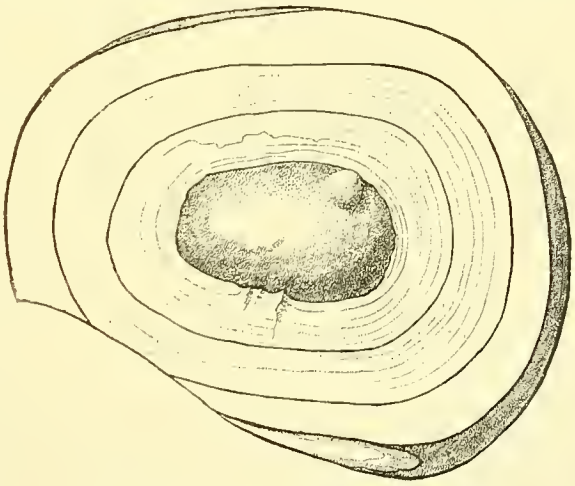
Mit Rücksicht auf diesen Wahrscheinlichkeitsschluß halte ich es für angezeigt, daß für die Beschreibung des inneren Baues der Oolithe und für die Untersuchung der Verhältnisse, welche geeignet sind, über die Entwicklung derselben Aufschluß zu geben, in erster Linie die erbsenförmigen Stücke von mittlerer Größe, etwa von der Größenklasse III bis VI herangezogen werden. Selbstverständlich dürfen auch die von der Norm abweichenden Stücke nicht ganz vernachlässigt werden, vielmehr können die bei ihnen auftretenden Besonderheiten ein Kriterium für die Richtigkeit der von den normalen Stücken abgeleiteten Erklärungsversuche abgeben; denn sofern die unregelmäßigen Stücke wirklich den normalen Oolithen wesensgleiche Bildungen sind, muß eine zutreffende Erklärung für die Entstehung der Oolithe auch der Eigenart der ersteren Rechnung tragen können.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Dem bloßen Auge erscheint die Oberfläche der Oolithe von Meskoutine bei der großen Mehrzahl der Stücke grauweiß, glatt und stumpf, d. i. glanzlos. Einige von den größeren und mittelgroßen Stücken zeigen aber stellenweise oder durchaus einen spiegelnden Hochglanz, sie sehen wie poliert aus. An unregelmäßigen Stücken ist der Hochglanz mehr oder minder deutlich auf die konvexen oder planen Oberflächenteile beschränkt, während die Vertiefungen die gleiche stumpfe Glätte zeigen, wie sie der Mehrzahl der Stücke eigen ist. Dieser Umstand sowie die Erfahrung, daß man an den glanzlosen Stücken durch Reiben mit dem Finger ohne Schwierigkeit gleichen Hochglanz hervorrufen kann, führen zu dem Schlusse, daß die Politur der einzelnen Stücke ein Kunstprodukt ist, welches wohl zufällig durch oftmaliges Berühren oder absichtlich durch Abwischen zum Zwecke der Säuberung von anhaftenden Staub- oder Schlammteilen herbeigeführt sein mag. Als eine Ausnahme ist es anzusehen, daß bei ganz vereinzelten Stücken, und zwar auch bei solchen mittlerer Größe die Oberfläche oder doch einzelne Stellen derselben dem unbewaffneten Auge uneben und körnig rauh erscheinen. Unter der Lupe erkennt man, daß diese Erscheinung auf dem Vorhandensein zahlreicher, ziemlich dicht, aber unregelmäßig stehender Höckerchen oder Vorwölbungen beruht, welche an den normalen Stücken nicht vorhanden sind. Bei den letzteren zeigt das Lupenbild eine glatte Oberfläche, die wie mit einem feinen abwischbaren Hauche überzogen ist. Wenn man eine Stelle mit dem Finger reibt, so verschwindet der Hauch und der Hochglanz tritt hervor.

Um die innere Struktur der Oolithen erkennbar zu machen, wurde eine Anzahl von Stücken mit einer scharfen Zwickzange halbiert. Dabei zerspringen die rundlichen Körperchen nicht selten in zwei annähernd gleich große Stücke, so daß eine nahezu ebene Halbierungsfläche entsteht. Bisweilen aber verläuft die Bruchfläche nur durch die äußeren Schichten ringsum in einer Ebene, während ein innerer Kern von mehr oder minder großem Durchmesser ungespalten bleibt. Diese Unregelmäßigkeit im Verlauf der Spaltungsfläche steht im Zusammenhang mit der Struktur der Oolithe. Der Körper des Oolithen ist bis auf einen zentralen Kern aus konzentrischen Schichten aufgebaut, welche auf der das Schichtensystem radial durchsetzenden Bruchfläche mehr oder minder deutlich als ein System von konzentrischen Ringen hervortreten. Der Zusammenhang der Substanz ist offenbar in zwei Richtungen ungleich, einmal in radialer Richtung, worauf es beruht, daß die Schichten bei einem senkrecht auf die Oberfläche kommenden Druck in einer Radialfläche durchtrennt werden, und sodann in der Richtung des Schichtenverlaufes, womit es zusammenhängt, daß gelegentlich die inneren Schichten, welche den ungeschichteten Kern umhüllen, in der Fläche ihres Verlaufes auseinandergespalten werden, so daß dann der Kern mit den ihn umhüllenden Schichten sich in der Mitte der Spaltfläche des einen Teilstückes in Form

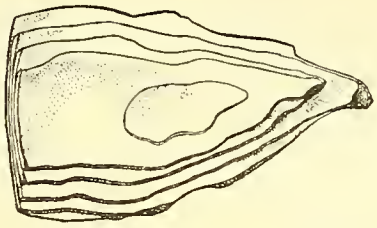


Figur 3. Gespaltener Oolith. (Vergr.)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



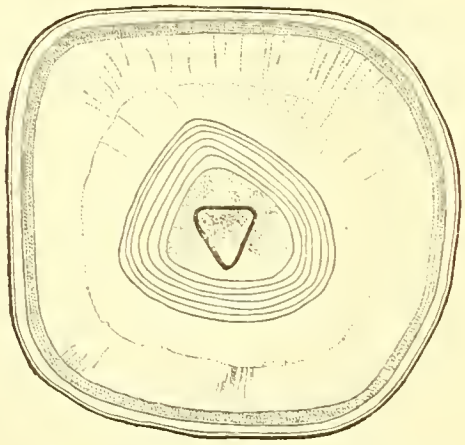
eines rundlichen Höckers erhebt, wie es in der Textfigur 3 an einem zerspaltenen Oolithen der Größenklasse IV erkennbar ist. Wenn man mit einem feinen Meißel von der Oberfläche eines Oolithen durch Schub in tangentialer Richtung ein Stück absprengt, so werden die Schichtflächen am Rande des Bruchstückes teilweise freigelegt, wie aus Figur 4 erkennbar ist. Wäre die Substanz nach allen Richtungen hin von gleicher Dichte und Festigkeit, so würden die so gewonnenen Spaltstücke eine mehr oder minder gleichmäßge Bruchfläche aufweisen müssen. Die Spaltbarkeit in radialer Richtung und im Verlauf der Schichtflächen erklärt hier ohne weiteres die entstandene Form des Spaltstücks.



Figur 4.
Schollenförmiges abgesprengtes Stück eines Oolithen, stärker vergrößert.

Wenn ein Oolith in einem Glasröhrchen oder einfach auf einer Platinöse in der nicht leuchtenden Bunsenflamme bis zur beginnenden Rotglut erhitzt wird, so zerspringt er, wobei sich meistens die Sprengstücke schalenförmig von einem inneren Kern ablösen und auch noch in einzelne Schichten auseinanderblättern. Auch hierin zeigt sich deutlich die erhöhte Spaltbarkeit des Oolithen im Verlauf der Schichtungsflächen.

Die Schichten des Oolithenkörpers zeigen verschiedene Breite. Bisweilen läßt sich mit Hilfe stärkerer Vergrößerung die ganze Spaltfläche eines halbierten Oolithen bis auf den ungeschichteten Kern in ein System feiner konzentrischer Linien auflösen (siehe Figur 3), in anderen Fällen aber ist der Oolithenkörper nur teilweise aus derartigen feinen Schichten aufgebaut, zwischen denen breitere Schichten von anderer Struktur eingeschaltet sind. Einen besonders instruktiven Fall dieser Art zeigt die Textfigur 5, welche die Spaltfläche eines Oolithen der Größenklasse V in Lupenvergrößerung darstellt. Um den ungeschichteten Kern, der einen dreieckigen Querschnitt aufweist, liegen zunächst dicke Schichten mit körnigem Gefüge. Darüber folgt eine Reihe von zarteren Schichten, dann folgen wieder dicke Schichten mit körniger Struktur, bei denen eine radiale Anordnung der Teilchen schwach angedeutet ist; zu äußerst liegt wieder ein System feiner, dichter Schichten. Wir können also hier zweierlei verschiedenartige Schichtensysteme erkennen, feine dichte Schichten und breite Schichten mit körniger, schwach radial faseriger Struktur.



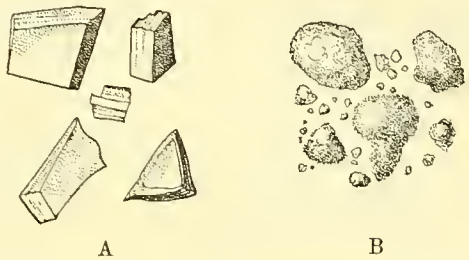
Figur 5. Gespaltener Oolith. (Vergr.)

Die Verschiedenheit in der Beschaffenheit der Substanz der Schichten tritt besonders deutlich hervor, wenn man ein kleines Teilstück eines Oolithen, das nur aus dichten Schichten oder nur aus körnigen Schichten besteht, zwischen zwei Objektträgern durch leichten Druck zertrümmert. Im ersteren Fall entstehen scharfkantige Bruchstückchen und Splitter, welche in ihrer Formgestaltung an Porzellanscherben erinnern. Die Bruchflächen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



folgen fast ausnahmslos den Schichtflächen bzw. den Spaltflächen in radialer Richtung. (Siehe Textfigur 6A.) Aus dem körnigen Schichtenteil gehen bei dem gleichen Experiment ganz unregelmäßige, aber mehr rundlich gestaltete Trümmer hervor, welche eine körnig-rauhe Oberflächenbeschaffenheit aufweisen und bei denen, wie Textfigur 6B erkennen läßt, neben größeren Trümmern auch viele kleine und kleinste Stückchen sich vorfinden, während bei den Bruchstücken des fein geschichteten Teiles derartige staubfeine Trümmer nicht auftreten oder doch nur erst bei stärkerer und wiederholter mechanischer Einwirkung erzielt werden können.




Figur 6.
A = Bruchstücke des feingeschichteten Teiles
B = Bruchstücke des körnigen Schichtenteiles eines Oolithen, stärker vergrößert.

Die Verteilung, d. i. die gegenseitige Lagerung, der aus feinen Lamellen zusammengesetzten und der aus körniger Substanz bestehenden Schichten ist bei den einzelnen Oolithen wechselnd, bisweilen finden sich körnige Schichten nur in der nächsten Umgebung des ungeschichteten Kerns, bisweilen wird der Kern zunächst von dichten Schichten umhüllt, auf welche dann eine Zone körniger, radialfaseriger Schichten folgt, während gegen die Oberfläche hin wiederum feine Schichten darüber gelagert sind. Auch eine mehrfache Abwechslung zwischen feinen und radialfaserigen Schichten ist nicht selten zu beobachten, dabei schwankt das Mengenverhältnis der beiden Schichtenarten innerhalb weiter Grenzen, wie ja schon aus dem Vergleich der beiden in Textfigur 3 und Textfigur 5 dargestellten Spaltstücken zweier Oolithe hervorgeht. Stücke, welche ganz aus körnigen Schichten aufgebaut waren, sind wir nicht begegnet. Immer waren wenigstens die der Oberfläche genäherten Teile des Oolithenkörpers aus feinen, lamellenartig übereinandergelagerten Schichten zusammengesetzt.

Die Dicke der einzelnen Schichten oder was das gleiche bedeutet, die Breite der Ringe auf dem Querschnitt des Oolithen ist in dem feingeschichteten Teil ziemlich gleichmäßig, so daß die aus feinen Schichten aufgebauten Teile des Oolithen einen streng konzentrischen Verlauf der Begrenzungsflächen aufweisen. Bei den körnigen Schichten wechselt dagegen die Dicke der einzelnen Schichten nicht selten in ziemlich beträchtlichem Grade. So weicht z. B. in Textfigur 5 das um den ungeschichteten Kern gelagerte System körniger Schichten in seiner Umrißform von dem umhüllten Kern beträchtlich ab und auch die unter dem oberflächlichen System feiner Schichten gelegenen radialfaserigen Schichten dieses Oolithen bewirken wiederum durch ungleiche Schichtenbreite eine Gestaltveränderung des Gebildes gegenüber dem von ihnen umhüllten Teil.

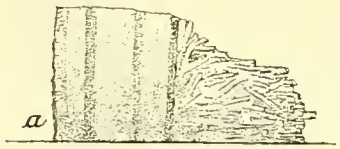
Das in Textfigur 5 dargestellte Spaltstück eines Oolithen läßt noch eine Besonderheit erkennen, welche bei einer größeren Anzahl der gespaltenen Stücke auffällig hervortrat und deshalb nicht unerwähnt bleiben soll. Der ungeschichtete Kern wird hier von einer feinen, schwarzbraunen Schichte begrenzt, während im übrigen die Spaltfläche eine durchweg gleichmäßige grauweiße Färbung aufweist. Auch der ungespaltene Kern des in Textfigur 2 dargestellten Oolithen weist diese schwarze Färbung seiner Oberflächenschichte auf. Unter der Lupe läßt die durch die Spaltung freigelegte dunkle Schicht einen deut-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



lichen Metallglanz erkennen, dessen gelblicher Reflex an Schwefelkies erinnert. Ich werde später noch auf diese Erscheinung zurückzukommen haben.

Wenn man kleinere Bruchstücke und durchscheinende Splitterchen zertrümmerter Oolithe der Beobachtung unterwirft, so kann man dabei auch stärkere mikroskopische Vergrößerungen anwenden. Mittels dieses Verfahrens gelang es mir, einige weitere Aufschlüsse über die Struktur der den Oolithkörper zusammensetzenden Schichten zu gewinnen. Die Textfigur 7 ist die Darstellung vom durchscheinenden Rand eines feinen Splitterchens, welches von den oberflächlichen Schichten eines halbierten Oolithen in der Weise abgesprengt war, daß die Schichten durch die Sprengflächen senkrecht getroffen waren. Wir haben also in der Figur einen Radialschnitt der äußeren Schichten vor uns. Die Schichten, aus denen sich das Splitterchen zusammensetzt, sind in verschiedenem Grade durchscheinend. Es wechseln demnach im durchscheinenden Lichte dunklere und hellere Streifen miteinander ab. Die dunkleren Streifen sind im vorliegenden Falle schmäler als die helleren, an anderen Stellen konnte das umgekehrte Verhältnis beobachtet werden. Sowohl die dunklen als die hellen Streifen scheinen wieder aus feinen Lamellen zusammengesetzt zu sein.

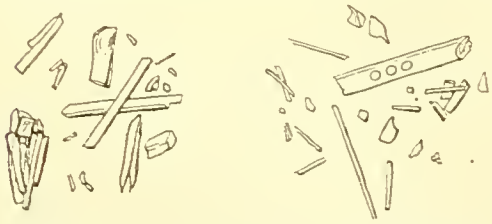



Figur 7. Durchscheinender Rand eines Oolithsplitters, dessen Hauptflächen die Schichten radial durchsetzen. Stärker vergrößert.

Die äußerste dunkle Schicht ist an ihrer Außenfläche, welche der Oberfläche des Oolithen entspricht, nicht glatt, sondern fein gekörnelt (Figur 7 bei a), was mit dem Vorhandensein des früher geschilderten, abwischbaren Hauches auf der Oberfläche des Oolithen zusammenhängt. Auf die soeben beschriebenen feinen Schichten an dem Splitter des Oolithen folgt nach innen zu eine breitere körnigere Schicht, welche nicht die scharfkantige, glatte Umrandung zeigt. Sie ist vielmehr teilweise unregelmäßig zersplittert, wobei sie eine Neigung zur Auflösung in einzelne feine stab- oder stengelförmige Elemente verrät.

Diese stengelförmigen Elemente finden sich immer massenhaft in dem Detritus, der bei völliger Zerquetschung eines Oolithenstücks unter dem Deckglas entsteht. Aus sehr zahlreichen Beobachtungen gewann ich den Eindruck, daß sie nicht ebenflächige kristallinische Teilstücke sind, sondern mehr unregelmäßig stabförmige Gebilde von verschiedener Dicke und Länge, die aber leicht durch Querbruch in kürzere Teilstücke zerfallen können.

Die Textfigur 8 zeigt eine Anzahl von kleinsten Bruchstücken, welche bei stärkerer Vergrößerung (etwa 580) beobachtet und gezeichnet sind. Neben einzelnen, deutlich stabförmigen Splittern von fast kristallinischer Regelmäßigkeit finden sich kleine und kleinste Partikelchen von allen möglichen Gestaltungen, aber doch vorwiegend eckig und mit scharfkantigen Rändern, nicht oder doch nur ausnahmsweise körnchenartig abgerundet. Die annähernd kristallinisch geformten Stäbchen sind von sehr unterschiedlicher Dicke. Häufig sind die Stäbchen nach dem einen Ende zu schwach verjüngt, bisweilen auch etwas ge-




Figur 8. Kleinste Bruchstücke zerquetschter Oolithe. Vergr. 580.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



krümmt. Ein einziges Mal sah ich in einem dickeren Stück (Figur 8B) drei kuglige Einschlüsse. Wiederholte Beobachtungen an dem Präparat, das längere Zeit erhalten blieb, ließ mir keinen Zweifel darüber, daß die kugligen Körperchen wirklich im Innern des Stäbchens lagen. Eine Anordnung der Begrenzungsflächen, wie sie bei echten Kristallen, auch wenn sie in Bruchstücken vorliegen, gelegentlich auftreten müßten, konnte ich nicht beobachten. Im polarisierten Lichte zeigten die Stäbchen und ihre Bruchstücke je nach ihrer Lage zur Schwingungsebene blaue und rote Färbung.

Um die Frage zu lösen, ob der Kalk, aus dem die Oolithen bestehen, organische Reste einschließt, habe ich die Oolithen der Einwirkung kalklösender Reagentien ausgesetzt. Es ist eine bekannte Erscheinung, daß die Einwirkung chemischer Lösungsmittel auf kristallinische Substanzen von der Kristallstruktur beeinflußt wird[1]). An einem Marmorstückchen z. B. bilden sich bei Einwirkung einer Säure gekrümmte Abschmelzungsflächen heraus, die durch mehr oder minder scharfe Kanten gegeneinanander abgegrenzt sind. Man führt das ungleichmäßige Vordringen des Lösungsmittels von der Oberfläche aus auf die Anordnung der kleinsten Teile der kristallinischen Materie in regelmäßigen Raumgittern zurück. Bei amorphem Material liegen die Verhältnisse anders. Wenn es völlig homogen ist, so wird die Abschmelzung durch das eindringende Lösungsmittel von der Oberfläche aus allseitig gleichmäßig fortschreiten. Sind Stellen von ungleicher Dichte oder Zusammensetzung in dem Material vorhanden, so wird das Vordringen des Lösungsmittels an solchen Stellen entsprechend beschleunigt oder verzögert werden. Ein dritter Fall liegt vor, wenn die lösliche anorganische Substanz, gleichviel ob kristallinisch oder amorph, in ein organisches Kolloid von bestimmter Struktur eingelagert ist. In diesem Falle bestimmt die Struktur des Kolloids, seine Permeabilität und die Verteilung und Lage der mineralischen Substanz in dem Gesamtkomplex für das Lösungsmittel die Geschwindigkeit und den Weg des Vordringens. Bei meinen Untersuchungen über das Wachstum der Cystolithen von Ficus elastica (Flora 1890 p. 1) hatte ich hinreichend Gelegenheit, über diese Tatsache Beobachtungen anzustellen. Die Entkalkung der Cystolithen wurde mit verdünnter Essigsäure vorgenommen. Die Lösung des kohlensauren Kalkes, welcher in die Zellulosemasse des Cystolithenkörpers eingelagert ist, erfolgte im ganzen von der Oberfläche aus ziemlich gleichmäßig, was dem Aufbau des Cystolithen aus konzentrischen Zelluloseschichten entspricht. An den radialen Strängen, welche die Masse des Cystolithen von dem Stielansatz bis an die Papillen der Oberfläche durchsetzen, machte sich regelmäßig ein schnelleres Vordringen des Lösungsprozesses bemerkbar, so daß die ursprünglich vorhandenen, den Papillen entsprechenden Vorsprünge der Begrenzungsfläche zwischen dem kalkhaltigen und entkalkten Teil des Cystolithen bald ausgeglichen und schließlich deutlich in Einbuchtungen übergeführt wurde. Längs der radialen Stränge dringt also offenbar infolge der Struktureigentümlichkeit der Zellulose in diesen Partien das Lösungsmittel schneller vor als senkrecht zu den Flächen der Zelluloseschichten.

Aus diesen Erfahrungen leitete ich die Vermutung ab, daß das Lösungsphänomen auch bei dem Kalk der Oolithen über die Struktur der Materie Aufschluß geben könne, daß insbesondere beim Vorgang der Lösung erkennbar werden müsse, ob die Schichten

---

[1]) F. Rinne, Mineralogische Charakterzüge der kristallinen Materie. Verh. d. Ges. deutscher Naturf. u. Ärzte 1913 I. Tl. p 65.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



der Oolithe homogen sind, ob kristallinische Struktur einen Einfluß ausübt oder ob ein in dem Mineral verteiltes Kolloid von besonderer Struktur das Vordringen des Lösungsmittels bestimmt.

Durch zahlreiche direkte Beobachtungen habe ich mich überzeugen können, daß das letztere der Fall ist. Ich benutzte zu diesen Versuchen kleine abgesprengte Splitter von den verschiedenen Schichten des Oolithenkörpers, die in Wasser unter das Mikroskop gebracht wurden. Wird dem Wasser eine kalklösende Säure zugesetzt — ich bediente mich dazu meist der Essigsäure —, so beginnt alsbald die Entwicklung von Kohlensäure. Die auftretenden Gasblasen erschweren dabei insofern die ununterbrochene Beobachtung, als sie das Objekt im mikroskopischen Bilde oft verschieben, teilweise oder völlig überdecken und durch die dabei sich ergebenden Lichtbrechungserscheinungen am Blasenrande verzerrt erscheinen lassen oder undeutlich, oder selbst vorübergehend unsichtbar machen. Bei einiger Ausdauer und oft wiederholten Versuchen gelingt es aber trotz dieser Störungen einwandfrei festzustellen, daß die Auflösung niemals in der Weise erfolgt, wie sie bei einer homogenen Substanz oder bei einem Konglomerat kleinster Kristalle vor sich gehen müßte. Bei ihnen müßte entsprechend dem Vordringen des Lösungsmittels die Auflösung des Kalkes von der Oberfläche aus nach innen fortschreiten. Die Ecken und Kanten müßten zuerst angegriffen und abgeschmolzen werden. Das ist aber bei den Splitterchen der Oolithen niemals der Fall. Die Stücke behalten bei der Lösung des Kalkes, deren ununterbrochener Fortschritt durch die Gasentwicklung angezeigt wird, ihre Größe und ihre Umrißform bei, bis sie endlich ganz in einzelne stäbchenförmige Stücke zerfallen, an denen die Lösung bis zum vollständigen Verschwinden des kohlensauren Kalkes weitergeht.

Die verschiedenen Schichten der Oolithe, die dichten Schichten der konzentrisch-schaligen Komplexe und die breiteren Schichten mit radialer Anordnung ihrer Elemente verhalten sich dabei verschieden. Bei den ersteren ist die Zahl der Stäbchen, die bei dem Zerfall der Splitter infolge der fortschreitenden Herauslösung des Kalkes sichtbar werden, außerordentlich groß. Die Stäbchen sind von sehr ungleicher Länge, meist nur kurz und sehr dünn und in allen Richtungen, vorwiegend aber tangential zum Schichtenverlauf gelagert. Bei den breiteren Schichten sind die Stäbchen im Verhältnis zur Masse des Oolithensplitterchens weniger zahlreich. Sie sind meist verhältnismäßig lang und dick und annähernd radial gelagert. Nach der völligen Auflösung des Kalkes ist dementsprechend die Masse der zurückbleibenden organischen Reste bei den schmalen dichten Schichten merklich größer als bei den breiteren Schichten mit radialer Struktur.

Wie auf Seite 22 beschrieben und in der Textfigur 7 dargestellt wurde, setzen sich die dichteren Schichtenkomplexe der Oolithe aus schmalen Schichten zusammen, die im Radialschnitt in durchscheinendem Lichte gesehen, abwechselnd opak und durchscheinend sind. Um zu prüfen, ob sich die opaken und die durchscheinenden Schichten dem Lösungsmittel gegenüber gleich oder verschieden verhalten, wurden kleine dünne Splitterchen, die von radialen Flächen begrenzt waren, also Stückchen, die einem medianen Dünnschliff des Oolithen entsprechen, mit dem Lösungsmittel behandelt. Das Ergebnis war, wie Figur 9 zeigt, daß die durchscheinenden Schichten vom Rande her ohne Rest gelöst werden. Der Lösungsvorgang beginnt am Rande der einzelnen durchscheinenden Schicht, d. i. an der Berüh-

Figur 9. Oolithsplitter quer zum Schichtverlauf nach kurzer Einwirkung von Essigsäure. (Vergr.)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

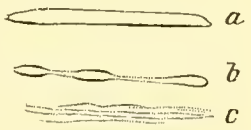


rungsfläche zwischen Substanz und Lösungsmittel und schreitet ohne Spuren zu hinterlassen nach innen fort. In den opaken Schichten erfolgt die Lösung von innen heraus, ohne daß zunächst ihr Gesamtumriß wesentlich geändert wird. Der Umstand, daß schalenförmige Stücke der dichteren Schichtenkomplexe, wie oben beschrieben, bei der Lösung des Kalkes zunächst ihre Umrißform und Größe beibehalten, beruht also nur auf dem Verhalten der opaken Schichten.

Aus der mitgeteilten Beobachtung leite ich den Schluß ab, daß die durchscheinenden Schichten der dichteren Schichtenkomplexe der Oolithe nicht von organischer Substanz durchsetzt sind. Sie bestehen lediglich aus der säurelöslichen mineralischen Substanz, deren Struktur und Schichtung wohl durch einen Organismus aufgebaut sein kann, aber nicht durch eine beigemischte organische Substanz bedingt ist, in dem Sinne, wie es bei den opaken Schichten des Komplexes und bei den breiteren Schichten mit radialer Struktur der Fall ist.

Von besonderem Interesse ist die Beobachtung der Vorgänge, durch welche die letzten Spuren des Kalkes aus den stäbchenförmigen Stücken herausgelöst werden, in welche ein Splitterchen aus einer radialgebauten breiteren Schicht des Oolithen nach längerer Einwirkung des Lösungsmittels zerfallen ist. Zunächst erscheinen diese Stückchen noch in ihrer ganzen Ausdehnung stark lichtbrechend infolge des Kalkgehalts. Allmählich vermindert sich die Menge des Kalkes in dem Stäbchen, wobei die Länge des ganzen Gebildes nicht abnimmt. Dann verlieren einzelne Partien des Stäbchens das stärkere Lichtbrechungsvermögen. Sie werden undeutlicher, während an anderen Stellen die Konturen noch scharf hervortreten. Zwischen den einzelnen deutlich erkennbaren, noch kalkhaltigen Abschnitten des Stäbchens bleibt aber eine kalkfreie Verbindung bestehen, allmählich verschwinden dann auch die letzten Spuren des Kalkes und man sieht anstatt der scharf konturierten Nadel ein feines Fädchen als Überrest erhalten bleiben. Wären die Kalkstäbchen, in welche sich das Oolithensplitterchen unter der Einwirkung des Lösungsmittels aufgelöst hat, Kristallnadeln, so müßte wohl ihre Abschmelzung wie von den Flanken aus so auch von beiden Enden gleichmäßig gegen die Mitte hin fortschreiten und sie würden mit der letzten Spur des Kalkes spurlos verschwinden.

Die Figur 10 zeigt verschiedene Stadien eines in Lösung begriffenen Stäbchens, die ich während der Beobachtung mit der Immersion bei starker Vergrößerung gezeichnet habe, um dem Leser eine Vorstellung von diesem für die Deutung des Baues der Oolithen ausschlaggebenden Vorgänge zu verschaffen. Die dargestellten Stadien a, b und c wurden in wenigen Minuten durchlaufen. Leider gestatten die unglücklichen Verhältnisse, unter denen z. Z. alle wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu leiden haben, nicht, meine in Bleistift ausgeführte Zeichnung auf einer Steindrucktafel wiederzugeben. Die Umzeichnung zum Zweck der Herstellung einer Zinkotypie hat die Feinheiten verwischt, so daß die bildliche Darstellung als schematisch erscheint und den Unterschied zwischen den kalkhaltigen und entkalkten Teilen des Fadens nicht mit der gleichen Deutlichkeit hervortreten läßt, mit welcher sie im Mikroskop wahrgenommen werden kann.



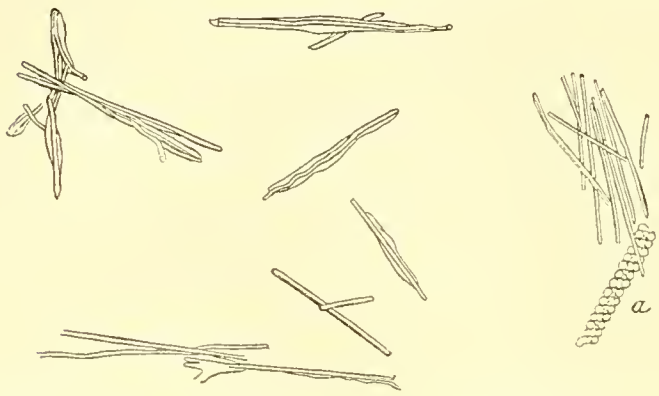

Figur 10.
Kalkstäbchen aus einem Oolithen während der Lösung des Kalkes in 3 aufeinanderfolgenden Stadien. Vergr. ca. 1000.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Bei den feinen Stäbchen, in welche die dichteren Schichten des Oolithen bei der Lösung des Kalkes schließlich zerfallen, ist der Vorgang des Abschmelzens der letzten Kalkreste in der soeben geschilderten Weise weniger leicht zu verfolgen. Die Stäbchen sind zarter und weun sie sich aus dem Verbande lösen, meist schon völlig kalkfrei. Bei ihrer ungleichmäßigen Lagerung gelingt es auch nicht, sie vorher durch Druck auf das Deckglas voneinander zu trennen, während die Elemente der breiteren, radial aufgebauten Schichten durch Druck isoliert werden können, bevor noch die Lösung des Kalkes begonnen hat, wie ja in Figur 8 zur Darstellung gebracht ist.

Die feinen, kalkfreien Fäden, welche bei der Entkalkung übrig bleiben, werden sehr bald undeutlich, so daß sie nicht in Dauerpräparaten vorgeführt werden können. Ich habe in einer großen Anzahl von Beobachtungen im Immersionsmikroskop das Aussehen dieser Fäden studiert und die wahrgenommenen Bilder in Zeichnungen festgehalten. Einige dieser Bilder sind in Figur 11 wiedergegeben, wobei indessen wiederum die Bleistiftzeichnungen bei der Umzeichnung für die Zinkotypie wesentlich vergröbert werden mußten. Bisweilen erscheinen die Fäden, welche aus den breiten, radialgebauteu Schichten stammen, wenigstens anfänglich nach dem Verschwinden des Kalkes wie von einer äußerst zarten Hülle umschlossen. Manchmal ist diese Hülle nicht wahrzunehmen. In allen klar erkennbaren Fällen erwiesen sich die Fäden als unverzweigt. Das letztere gilt auch von den Fäden aus den dichten Schichten des Oolithen, die keiue scheidenartige Umhüllung erkennen lassen und nach völliger Entkalkung in kurze Stücke zerfallen.




Figur 11. Organischer Rückstand aus entkalkten Splittern der körnigen Schichten eines Oolithen. Rechts unten eine Spirulina. Vergr. 1030.

Bei einer der dargestellten Gruppen (Figur 11 bei a) lag eine Spirulina. Ich konnte nicht entscheiden, ob dieser Organismus etwa zufällig in dem Körper des Cystolithen eingeschlossen war, oder nur seiner Oberfläche angehaugen hatte. Da ich derartige Einschlüsse soust nicht beobachtete, dagegen an der Oberfläche der Oolithen zahlreiche verschiedenen Gruppen angehörige Algen anhängend gefunden habe, glaube ich, daß es auch in diesem Falle sich nur um eine mit dem Splitterchen ins Präparat gebrachte Form von der Oberfläche handelt. Sie mitzuzeichnen schien mir schon deshalb zweckmäßig, weil dadurch ein Vergleichsobjekt für die Vergrößerung gegeben ist.

Im Zusammenhang mit den geschilderten Entkalkungsversuchen muß ich noch von einer Wahrnehmung berichten, die regelmäßig gemacht werden konnte, wenn ich ein Oberflächensplitterchen zu den Versuchen verwendete. Es zeigte sich dabei, daß bei dem Zerfall eines solchen Oberflächenstücks bei der Entkalkung außer den stäbchenförmigen Elementen ein zartes, schwachgelblich erscheinendes Häutchen übrig blieb, das in seiner

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Umrißform und Größe genau der Oberfläche des Oolithenstücks entsprach. Bei sorgfältiger Verfolgung des Auflösungsprozesses konnte ich mit Sicherheit konstatieren, daß dieses Häutchen der feinkörnigen Außenfläche des Oolithen entsprach, dereu Vorhandensein früher bereits konstatiert worden ist und deren Entfernung durch Wischen und Reiben an den trockenen Oolithen den früher erwähnten Hochglanz hervortreten läßt. Bei stärkster Vergrößerung läßt das nach der Entkalkung zurückbleibende Häutchen eine feinkörnige Struktur erkennen, ohne daß es indessen möglich wäre, die punktfeinen Elemente mit Sicherheit als Organismen, etwa als Bakterienzellen zu identifizieren.

Wenn ich die Ergebnisse der Entkalkungsversuche zusammenfasse, so läßt sich sagen, daß nach der Auflösung der mineralischen Substanz der Oolithe fadenförmige Reste zurückbleiben, die ihrer mikroskopisch wahrnehmbaren Beschaffenheit nach nicht mineralischer, sondern organischer Natur sind. Außerdem ist auch die Oberfläche des Oolithen mit einer dünnen Schicht überzogen, welche nicht als ein Bestandteil des Minerals erscheint und ebenfalls organischer Natur sein dürfte.

Man kanu mit gutem Recht das Ergebnis auch folgendermaßeu formulieren: Die Oolithe von Meskoutine bestehen der Hauptsache nach aus äußerst feinen organischen Fäden, welche mit einer Hülle von kohlensaurem Kalk umkleidet sind. Die aus diesen verkalkten Fäden aufgebaute Substanz ist in verschieden dichten konzentrischen Schichtenkomplexen um einen ungeschichteten Kern angeordnet. In den dichteren Schichtenkomplexen wechseln opake und durchscheinende Schichten miteinander ab. In den ersteren liegen die verkalkten Fäden ungeordnet dichtgedrängt, vorwiegend in tangentialer Richtung zum Verlauf der Schichtflächen. Die durchscheinenden Schichten zwischen ihnen bestehen aus Kalk ohne organische Beimengung. In den breiteren Schichten sind die verkalkten Fäden vorwiegeud annähernd radial angeordnet. Da die Kalkhüllen der einzelnen Fäden hier meist beträchtlich dicker sind als in den schmalen dichten Schichten, so enthalten die breiten radialgebauten Schichten im Verhältnis mehr Kalk und weniger organische Substanz als die opaken Schichten der dichteren Komplexe. Diese letzteren sind aber durch Lagen reinen Kalkes voneinander getrennt.

Bei meinen Versuchen, aus dem Vorgange der Lösung eines Oolithsplitters durch Essigsäure Schlüsse auf die Struktur des Gebildes zu ziehen, hatte sich ergeben, daß die Oolithsplitter beim Abschmelzen des Kalkes sich weder wie grob- oder fein-kristallinische noch wie rein amorphe Massen von kohlensaurem Kalk verhalten. Es zeigte sich vielmehr, daß der Lösungsprozeß so verläuft, als ob die Kalkmasse von einer organischen Substanz von bestimmter Struktur durchsetzt sei. Der Splittter behält lange Zeit hindurch seine Umrißform und Größe bei, bis er sich schließlich in einzelne stabförmige Elemente auflöst, aus denen die letzten Reste des Kalkes allmählich verschwinden, während ein kalkfreier Rest zurückbleibt. Wenn dieses Verhalten wirklich auf dem Vorhandensein einer organischen Substanz von besouderer Struktur beruht, so muß es möglich sein, den Lösungsvorgang der Kalkmasse durch vorgängige Entfernung der organischen Substanz zu verändern. Splitterförmige Stücke müssen sodann dieselbe von außen nach inneu vordringende Abschmelzung zeigen, wie sie an kristallinischen oder amorphen Kalkstücken beobachtet wird. Um zu prüfen, ob das der Fall ist, verfuhr ich in folgender Weise. Ein Oolith wurde auf einer Platinöse liegend in die nicht leuchtende Flamme des Bunsenbrenners gebracht. Nach kurzer Zeit, meist bevor noch ein eigentliches Glühen des Kalkes eingetreten

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



ist, zerspringt der Oolith, wobei sich seine Masse gewöhnlich bis auf einen ganz bleibenden Kern entsprechend dem Schichtenverlauf in kleinere und größere schalenförmige Stücke auflöst. Ein solches schalenförmiges Stück wurde nochmals mit der Pinzette in die Flamme gehalten, bis es eben schwache Rotglut zeigte und sodann auf dem Objektträger durch einen Druck in kleinere Partikel zersprengt. Dabei ergab sich, daß der Widerstand, den ähnliche Schalenstücke eines ungeglühten Oolithen dem Zerdrücktwerden entgegensetzen, bedeutend geringer geworden ist, und die einzelnen Bruchstücke zeigen auch nicht mit gleicher Deutlichkeit die scharfkantigen Ränder, welche an Porzellanscherben erinnern, wie es früher beschrieben und in der Textfigur 6 a dargestellt worden ist.

Es liegt auf der Hand, daß durch das Erhitzen und Glühen dem kohlensauren Kalk Kohlensäure entzogen werden kann. Indessen ist offenbar dieser Prozeß, der bei Steigerung des Glühens bis zur Weißgluthitze zur Ätzkalkbildung führen müßte, bei dem von mir eingeschlagenen Verfahren noch nicht in irgendwie beträchtlichem Grade fortgeschritten. In Wasser gelegt zeigen die geglühten Stücke keine merkliche Veränderung. Bei der Benetzung mit verdünnter Essigsäure beginnt an den geglühten Partikelchen die Gasblasenentwicklung mit der gleichen Lebhaftigkeit wie an nicht geglühteu Stücken. Und wenu wirklich stellenweise eine Überführung des kohlensauren Kalkes in Ätzkalk stattgefunden hat (stärker geglühte Stücke färben sich mit Phenolphtalein rot), so kann sich daraus allein doch noch keine Änderung des Gefüges ergeben. Wäre die Natur des Kalkes verändert, die Struktur aber unverändert geblieben, so müßte das Eindringen des Lösungsmittels und damit der Gang des Auflösungsprozesses den gleichen Verlauf nehmen, wie beim ungeglühten. Dadurch aber, daß bei dem Glühen des Stückchens die organische Substauz, welche das Gefüge des ganzen Gebildes bedingt, zerstört worden ist, muß der Gang der Auflösung in eine andere Bahn gelenkt werden. Das Lösungsmittel, das in der strukturlos gewordenen Masse von außen nach innen vordringt, muß ein Abschmelzen von außen nach innen hervorrufen und es darf schließlich auch nach der vollständigen Lösung des Kalkes kein sichtbarer Rückstand übrig bleiben.

Das wirkliche Verhalten der geglühten Stücke im Versuch entspricht vollkommen diesen Voraussetzungen. Wenn nämlich ein solches geglühtes Teilstückchen in einen Wassertropfen gelegt und Essigsäure zugesetzt wird, so beginnt alsbald das Abschmelzen vom Rande her, wobei zuerst die vorspringenden Ecken und Kanten angegriffen und abgeschmolzen werden. Der Umriß des Stückchens verkleinert sich fortgesetzt, bis endlich der letzte Rest ohne jeden Rückstand vollständig verschwindet.

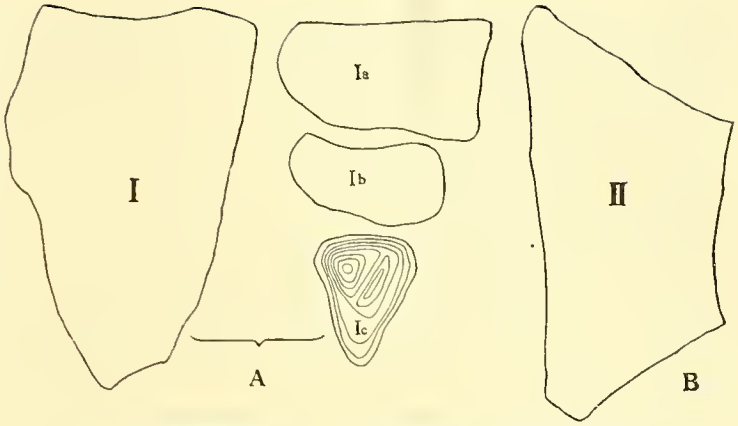
Bisweilen kommt es vor, daß ein solches der Einwirkung der Essigsäure ausgesetztes Stück uach kurzer Zeit in mehrere Stücke zerbricht, was darauf beruhen dürfte, daß bei dem Absprengen des Stückchens von der größereu Scholle Risse und Sprünge entstehen, in die das Lösungsmittel eindringt, so daß die in den Sprüngen sich bildenden Kohlensäureblasen die einzelnen Teile auseinanderdrängen.

In umstehender Figur 12 A ist das Verhalten eines solchen geglühten Stückchens während der Einwirkung der Essigsäure in einer Serie von Umrißformen dargestellt, welche in Zwischenräumen von 2 bis 3 Minuten mit der Kamera gezeichnet wurden. Figur 12 B zeigt zur Kontrolle ein in gleicher Weise behandeltes Stück eines ungeglühten Oolithen. Die beiden Stücke, welche rechts und links in der Figur dargestellt sind, wurden in zwei voneinander getrennten Wassertröpfchen auf einen Objektträger gelegt und so ihr Umriß

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



mit der Kamera gezeichnet. Die beiden Stückchen waren so ausgewählt, daß sie ungefähr gleiche Flächengröße und gleiche Dicke besaßen. Sodann wurde zu beiden Wassertröpfchen je ein Tropfen einer Essigsäurelösung aus der gleichen Pipette hinzugegeben. Die beiden Tropfen blieben auf dem Objektträger durch einen Zwischenraum getrennt. Ein Deckglas wurde nicht aufgelegt. Es wurde damit erreicht, daß die auftretenden Gasblasen leicht entweichen konnten, wodurch das unausgesetzte Hin- und Herrücken der der Lösung ausgesetzten Stücke vermieden wurde. Das in Figur 12 links dargestellte große Stück I zerfiel nach 8 Minuten in die drei Teilstücke Ia, Ib und Ic, deren Umrisse in dem mittleren Teil der Figur 12 gezeichnet sind. Das untere der drei Stücke wurde in seinem weiteren Verhalten ununterbrochen beobachtet; da es seine Lage im Präparat nicht veränderte, konnten die sich nach kurzen Zwischräumen ergebenden Umrißbilder ohne weiteres in die zuerst gewonnene Umrißfigur mit der Kamera hineingezeichnet werden. Der Vergleich dieser Umrißbilder zeigt, daß das Stück vom Rande aus abschmolz, wobei die nach unten gelegene Ecke etwas schneller gelöst wurde als der obere Teil. Als das Stück ungefähr die Gestalt eines gleichseitigen Dreiecks mit abgerundeten Ecken angenommen hatte, zerfiel es in zwei ungleiche Teilstücke, von denen das kleinere schon nach wenigen Minuten spurlos verschwand, während das größere einige Minuten länger sich erhielt, bis es gleichfalls gelöst wurde, ohne eine sichtbare Spur zu hinterlassen. Die beiden anderen Stücke hatten sich in der Zwischenzeit gleichfalls sehr stark verkleinert und verschwanden im Verlauf einer weiteren Viertelstunde ohne Rest. Das in der Figur B dargestellte Stück II eines ungeglühten Oolithen war während der ganzen Zeit den gleichen Bedingungen ausgesetzt gewesen. Der Vergleich seiner Umrißform mit der zuerst gewonnenen, in der Figur 12 B dargestellten Umrißzeichnung ließ keine merkliche Größenabnahme und Gestaltveränderung erkennen, obwohl das unausgesetzte Auftreten von Gasblasen bewies, daß die Lösung des Kalks auch an diesem Präparat ohne Unterbrechung fortgeschritten war. Der einzige wahrnehmbare Unterschied gegenüber dem Anfangsstadium bestand darin, daß die Ränder des Stückes nicht mehr scharfrandig hervortraten, sondern eine sehr feine faserige Auflösung erkennen ließen und daß gelegentlich durch die aus dem Innern hervordringenden Gasblasen kleinste stabförmige Teilchen abgesprengt wurden. Erst mehrere Stunden später, nachdem der allmählich verdunstende Flüssigkeitstropfen durch öfters erneuerten Zusatz von Essigsäurelösung wieder ersetzt worden war, trat der Zerfall des Stücks in seiner ganzen Ausdehnung in die faserförmigen Elemente ein, wie es oben bereits für Bruchstücke von Oolithen geschrieben worden ist.




Figur 12. Umrißbilder von Oolithsplittern während der Lösung des Kalkes. I geglüht, II ungeglüht. Siehe den Text.

Der geschilderte Versuch bestätigt also, daß das Verhalten des nicht geglühten

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Oolithen bei der Einwirkung des kalklösenden Reagens zurückzuführen ist auf das Vorhandensein der organischen Substanz, die beim Glühen zerstört wird.

Um die aus den bisher beschriebenen Beobachtungen gewonnene Anschauung, daß der Kalk der Oolithen mit einer organischen Substanz von kolloidaler Beschaffenheit durchsetzt ist, weiter zu stützen, habe ich noch eine Reihe anderer Versuche angestellt. Ich ging dabei von der Annahme aus, daß ein durch den ganzen Kalkkörper des Oolithen verteiltes Kolloid bei Benetzung Wasser durch Imbibition aufnehmen und dieses Wasser auch mit größerer Kraft festhalten müsse, als ein Kalkkörper ohne Kolloid. Zunächst schien es mir nötig, nachzuweisen, ob überhaupt Wasser in das Innere des Kalkes aufgenommen wird. Ich legte einen Oolithen und ein Stückchen eines weichen, grobkörnigen Marmors, dem ich ungefähr die Größe und Gestalt eines Oolithen gegeben hatte, in eine wässerige Fuchsinlösung. Nach drei Tagen wurden die Kügelchen herausgenommen, in reinem Wasser abgespült und oberflächlich abgetrocknet. Die beiden Kügelchen, welche oberflächlich kirschrot gefärbt waren, wurden mit einer Zwickzange gespalten. Die Spaltfläche des Marmorkügelchens zeigte durchweg eine schwachrote Färbung. Unter der Binokularlupe sah es fast so aus, als ob Farbstoff nicht nur in den Berührungsflächen der Kriställchen zurückgeblieben sei, sondern als ob auch der Körper der Kriställchen selber geringe Spuren des Farbstoffes aufgenommen hätte. Jedenfalls war erkennbar, daß die gefärbte Flüssigkeit das ganze Körperchen durchdrungen hatte.

Die Tatsache war für mich überraschend; ich hatte erwartet, daß der Marmor innen ungefärbt bliebe. Bei dichterem, feinkörnigem Marmor wird das Ergebnis des Versuchs vielleicht anders ausfallen. Wenn ich zufällig einen weniger porösen Kalkstein verwendet hätte, wäre ich bei meiner beabsichtigten Beweisführung vielleicht einem Irrtum zum Opfer gefallen, indem ich aus der Tatsache, daß der Oolith Wasser und Farbstoff aufnimmt, der Marmor aber nicht, zu weit gehende Schlüsse abgeleitet hätte.

Das Verhalten des Oolithen bei dem Versuch war für mich nicht weniger überraschend. Der Querschnitt war etwa bis zu Zweidritteln des Halbmessers vom Farbstoff durchdrungen worden; innen war also ein zentraler Teil ungefärbt geblieben. Die Färbung der peripherischen Flächenzone der Halbierungsfläche war aber nicht gleichmäßig; sie setzte sich aus konzentrischen, scharf gegeneinander abgesetzten hellrötlichen, dunkelkirschroten und weißlichen Farbringen zusammen. Der Schichtenaufbau des Oolithen wurde durch diese differenzierte Färbung besonders deutlich wahrnehmbar gemacht. Zu äußerst war eine schmale, dunkelrote Schicht vorhanden. Darunter lagen drei breitere Schichten mit radialer Struktur, diffus rötlich gefärbt, nicht so intensiv als die äußerste Schicht und die Farbringe in dem dichteren Teil des Oolithen, aber doch viel kräftiger als das Innere der Marmorkugel. Dann folgte ein System von etwa 10 äußerst feinen, dunkelkirschrot gefärbten Schichten, die durch ebenso feine weiße Schichten gegeneinander abgegrenzt waren. Die innersten gingen allmählich mit abnehmender Farbenintensität in den ungefärbt gebliebenen Teil des Oolithen über. Die Deutung des Befundes erscheint mir nicht zweifelhaft. Vermag auch der Kalk, wie der Versuch mit der Marmorkugel zeigt, geringe Spuren des Farbstoffes festzuhalten, die intensive Färbung der verschiedenen Schichten beruht doch vorwiegend auf dem Vorhandensein der organischen Substanz. Die opaken Schichten der dichteren Schichtenkomplexe, welche nach dem Ergebnis der Entkalkungsversuche verhältnismäßig viel organische Substanz und wenig Kalk enthalten, speichern den Farbstoff am reichlichsten. Die Schichten

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



mit radialem Bau, die verhältnismäßig mehr Kalk und weniger organische Substanz enthalten, färben sich deutlich hellrot. Die durchscheinenden Schichten des dichteren Teils, in denen keine organische Substanz eingeschlossen ist, erscheinen ungefärbt, die intensive Färbbarkeit wie auch die Undurchsichtigkeit der opaken dichten Schichten sind direkt als eine Wirkung der hier am reichlichsten eingeschlossenen organischen Substanz zu betrachten.

Nachdem mir so der Vorversuch mit der Farblösung unvermutet eine erfreuliche Bestätigung der früher auf anderem Wege gewonnenen Ergebnisse geliefert hatte, ging ich an den geplanten Benetzungsversuch. Ich wählte 10 einigermaßen isodiametrische Oolithe aus. Zum Vergleich wurden 10 Marmorkügelchen hergestellt. Das Gewicht der lufttrockenen 10 Oolithe betrug 8,5320 g, die lufttrockenen Marmorkügelchen wogen zusammen 13,4259 g. Wenn beide Substanzen sich bei der Benetzung gleich verhalten, so mußten also, absolut genommen, die Marmorkügelchen wegen ihrer größeren Oberfläche und Masse mehr Wasser annehmen als die Oolithe. Der durchgeführte Versuch ergab das Gegenteil.

Die Kügelchen wurden einzeln in gereinigte Reagenzgläser eingefüllt und mit einigen ccm destillierten Wassers übergossen, das vorher sorgfältig auf seine Säurefreiheit geprüft worden war. Die mit Wattestopfen verschlossenen Reagenzgläser wurden miteinander in den Kochschen Dampfkochtopf gesetzt und eine Stunde lang in gleicher Weise, wie bei der Sterilisierung von Nährböden für Bakterien verfahren wird, dem strömenden Dampf ausgesetzt. Es sollte damit erreicht werden, daß anhängende Luftblasen entfernt würden, so daß die Kügelchen mit ihrer gesamten Oberfläche der direkten Benetzung ausgesetzt waren. Zugleich glaubte ich die Imbibition etwa vorhandener organischer Substanzen durch Erwärmung des Wassers beschleunigen zu können. Endlich wurde durch diese Methode erreicht, daß der Einfluß etwa vorhandener Bakterienkeime, die bei längerer Benetzung durch Säurebildung eine Lösung des kohlensauren Kalkes und damit eine Gewichtsverminderung der Kügelchen hätten bewirken können, vollkommen ausgeschlossen war.

Nach der Sterilisation blieben die Oolithe wie die Marmorkügelchen über Nacht in dem sterilisierten Wasser. Am nächsten Morgen wurden die Kügelchen durch Rollen auf Fließpapier in gleicher Weise von dem äußerlich anhaftenden Wasser soweit als möglich befreit und nunmehr die 10 Oolithe und die 10 Marmorkügelchen gleichzeitig auf der analytischen Wage gewogen. Das Gewicht der 10 Oolithe betrug nunmehr 8,5603 g, das Gewicht der Marmorkügelchen 13,4356 g. Demnach hatten die Oolithe 28,3 mg Wasser aufgenommen, während das Gewicht der Marmorkügelchen trotz der größeren Oberfläche und Masse nur 9,7 mg zugenommen hatte.

Die Kügelchen wurden nunmehr der Trocknung in freier Luft ausgesetzt und in halbstündigen Zwischenräumen gewogen. Dabei ergab sich für die Marmorkügelchen ein schneller Rückgang auf das Anfangsgewicht. Nach der ersten halben Stunde sank das Gewicht auf 13,4263, nach der zweiten halben Stunde auf 13,4258 und bei der dritten Wägung wurde das Gewicht mit 13,4257 bestimmt. Bei einer weiteren Wägung nach halbstündiger Zwischenpause war das Gewicht mit 13,4257 konstant. Die kleine Herabminderung in der vierten Dezimale unterhalb des anfänglichen Trockengewichts liegt innerhalb der Fehlergrenze und ist deshalb ohne Belang.

Die Trocknung der Oolithen, genau unter den gleichen äußeren Umständen vorgenommen, zeigt einen wesentlich anderen Verlauf. Die durch die regelmäßigen Wägungen gewonnenen Zahlen sind aus der nachfolgenden Tabelle zu ersehen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



| Zeit der Wägung | Gewicht | Abnahme | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| vorm. 9 h | 8.5603 g | — mg | |
| „ 9 30 | 8.5560 g | 4.3 mg | |
| „ 10 | 8.5529 g | 3.1 mg | |
| „ 10 30 | 8.5508 g | 2.1 mg | |
| „ 11 | 8.5491 g | 1.7 mg | |
| „ 11 30 | 8.5476 g | 1.5 mg | |
| „ 12 | 8.5466 g | 1.0 mg | |
| — | — | 1.2 mg | halbstündlich im Durchschnitt |
| nachm. 1 | 8.5442 g | 1.2 mg | |
| „ 1 30 | 8.5437 g | 0.5 mg | |
| „ 2 | 8.5432 g | 0.5 mg | |
| „ 2 30 | 8.5426 g | 0.6 mg | |
| „ 3 | 8.5420 g | 0.6 mg | |
| „ 3 30 | 8.5414 g | 0.6 mg | |
| „ 4 | 8.5411 g | 0.3 mg | |
| „ 4 30 | 8.5408 g | 0.3 mg | |
| nach weiteren 24 Stunden | 8.5342 g | 6.6 mg | |
| nach 2 mal 24 Stunden | 8.5335 g | 0.7 mg | |
| nach 3 mal 24 Stunden | 8.5310 g | 0.25 mg | |
| nach weiteren 8 Tagen | 8.5305 g | 0.5 mg | |

Zunächst zeigt sich, daß trotz der annähernd 3 mal so großen Gewichtszunahme der Oolithen, die Gewichtsabnahme nach der ersten halben Stunde kaum halb so groß war als bei den Marmorkügelchen.

Der Umstand, daß von der durch die Oolithen aufgenommenen Wassermenge von 28,3 mg nur 4,3 mg in der ersten halben Stunde durch Verdunstung abgegeben wurden, beweist, daß die aufgenommene Wassermenge nicht oberflächlich den Oolithen anhaftete, sondern zum weitaus größten Teil im Innern der Oolithen festgehalten wurde. Die gleiche Tatsache wird auch durch den weiteren Verlauf der Trocknung bestätigt, besonders dadurch, daß das anfängliche Trockengewicht der Oolithen erst am 4. Tage der Trocknung wieder erreicht wurde, während die Marmorkügelchen bereits nach 1 Stunde ihr ganzes Wasser abgegeben hatten.

Die einzelnen während des ersten Tages halbstündig durchgeführten Wägungen zeigen eine fortschreitende Abnahme der in der Zeiteinheit verdunstenden Wassermenge und lassen also erkennen, daß von den Oolithen das Wasser mit um so größerer Kraft festgehalten wird, je geringer die Menge desselben ist. Es kann demnach darüber kein Zweifel bestehen, daß das Wasser zwischen die Kalkteilchen der Oolithen aufgenommen und als Imbibitionswasser mit einer gewissen Kraft festgehalten wird, so wie es eben der Fall sein muß, wenn zwischen den Kalkteilchen eine wasserimbibierende kolloidale Substanz vorhanden ist.

Ich schließe damit den experimentellen Teil meiner Untersuchungen ab und wende mich der theoretischen Auswertung des Ergebnisses zu.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Die Oolithe aus den heißen Quellen von Meskoutine sind schon mehrfach Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen gewesen. 1888 hat M. L. Duparc in einer Mitteilung an die Société de physique et d'histoire naturelle de Genève[1]) einige Oolithe dieser Herkunft nach Größe, Gestalt und innerem Bau beschrieben, die er sich durch Vermittlung von Dr. Penard hatte verschaffen können. Seine Beschreibung stimmt in den wesentlichsten Punkten mit meinen Angaben überein. In einer Hinsicht aber enthält sie eine auffällige Abweichung, die besonderer Erwähnung verdient.

Nachdem Duparc auf Grund der Angaben seines Gewährsmannes Dr. Penard eine Beschreibung der heißen Quellen von Meskoutine und ihrer Umgebung gegeben hat, fährt er fort: „Dans la source pincipale l'eau amène à la surface des pisolites pyriteux très curieux sur lesquels M. Daubrée a déjà attiré l'attention."

Die angedeutete Veröffentlichung von Daubrée war mir leider nicht zugänglich; es ist aber wahrscheinlich, daß darin die Eigenschaft der Oolithe, welche Duparc zu der Bezeichnung „pyriteux" Veranlassung gab, die Hauptrolle gespielt hat. Denn die Arbeit von Duparc beschäftigt sich hauptsächlich mit dem Nachweis, daß nur eine ganz dünne Oberflächenschicht von $FeS_2$ an den von ihm untersuchten Oolithen vorhanden ist, während die Hauptmasse aus kohlensaurem Kalk besteht und die Erklärungsversuche, die er an seine Beobachtungen knüpft, beziehen sich vornehmlich auf das Zustandekommen jener oberflächlichen, dunklen, metallisch glänzenden Pyritschicht.

Bei den von mir untersuchten Oolithen fand sich eine solche oberflächliche Schwefeleisenschicht in keinem Falle. Dagegen war, wie früher erwähnt wurde (siehe Seite 21), häufig bei den gespaltenen Oolithen im Innern eine derartige dunkle, metallisch glänzende Schicht erkennbar, die meist nur durch wenige Schichten kohlensauren Kalkes von dem eingeschlossenen ungeschichteten Kern des Oolithen getrennt war. Bei dem in Figur 2 dargestellten Oolithen ist der mit der dunklen Schicht umhüllte Kern ungespalten geblieben, in Figur 5 erscheint die dunkle Schicht als dreieckig verzogener schwarzer Ring um die inneren Schichten des Oolithen. Die Ansicht von Duparc, daß die Entstehung der Pyritauflagerung eine sekundäre, gelegentliche und mehr zufällige Erscheinung ist, die mit der Bildung der Oolithstruktur nicht oder nur äußerlich im Zusammenhang steht, gewinnt meines Erachtens dadurch an Wahrscheinlichkeit. Man könnte fast meinen, daß die Verlagerung der Pyritschicht in das Innere der von mir untersuchten Oolithe durch die nachträgliche Überlagerung mit typischen Oolithschichten aus kohlensaurem Kalk sich während der Zeit vollzogen hat, die zwischen der Einsammlung der von Duparc untersuchten Oolithe und dem Besuch der Quellen von Meskoutine durch Rothpletz verstrichen ist. Das würde zu der Annahme führen, daß der Schichtenaufbau bei den rezenten Oolithen verhältnismäßig schnell erfolgen kann. Genaue Zahlen lassen sich aber schon deshalb nicht ableiten, weil aus der Arbeit von Duparc nicht ersichtlich ist, in welchem Jahre seine Oolithe aus den Quellen entnommen worden sind.

Eine zweite Arbeit über die Oolithe von Meskoutine stammt von Lacroix[2]). Das Hauptergebnis seiner Untersuchungen faßt dieser Autor zusammen in den Sätzen: „Quelle que soit, du reste, l'hypothèse adoptée, la substance de ces pisolites constitue une nouvelle

---

[1]) Archives, Sc. phys. et nat. Genève, t. XX p. 537, 1888.

[2]) Comptes rendus de l'Acad. des sc., t. CXXVI p. 602. Paris 1898.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



forme du carbonate de calcium, différant à la fois de la calcite et de l'aragonite; je propose de la désigner sous le nom de ktypéite (κτυπέω), afin de rappeler sa propriété caractéristique de détoner quand on la chauffe."

Außer der Eigentümlichkeit der Oolithe, in der Hitze zu zerspringen, führt Lacroix noch an, daß die Substanz der Oolithe von Meskoutine eine geringere Dichte besitzt als Calcit. Was die letzterwähnte Eigenschaft anbetrifft, die Lacroix als Unterscheidungsmerkmal für seinen Ktypeït in Anspruch nimmt, so hat bereits Rothpletz in der Einleitung zu dieser Arbeit (siehe Seite 7) darauf hingewiesen, daß sich das etwas kleinere spezifische Gewicht aus dem Vorhandensein eingeschlossener Pflanzenreste ungezwungen erklären lasse. Aber auch das Zerspringen der Oolithe in der Glühhitze findet meines Erachtens in dem nunmehr sichergestellten Vorhandensein organischer Substanz in den Schichten der Oolithe seine hinreichende Erklärung. Die in die kollodiale organische Substanz eingebetteten Molekeln oder Molekelgruppen des kohlensauren Kalkes werden durch sie verhindert, sich einander so weit zu nähern, als es infolge der Molekularattraktion geschehen müßte, wenn keine organische Zwischensubstanz vorhanden wäre. Wird nun die organische Substanz durch Glühen entfernt, so tritt die Anziehung zwischen den Molekelgruppen augenblicklich in Wirksamkeit. In den Schichten der Oolithen, welche organische Substanz enthalten, wird also beim Glühen durch die Summierung der Molekularkräfte ein beträchtlicher tangentialer Zug entstehen müssen, der zur Zerreißung der einzelnen Schalen führt. Die in gleicher Weise zustande kommende Verminderung des Radialdurchmessers der einzelnen Schichten bewirkt die schalige Zerblätterung der Sprengstücke. Wenn man ein Bruchstück eines Oolithen der Glühprobe unterwirft, so findet, wie auch Lacroix berichtet, kein Zerspringen statt; die Bruchränder gestatten bei kleineren Stücken den Ausgleich der entstehenden Spannungen, ohne daß eine Unterbrechung des Zusammenhanges nötig wird. Wenn ich aber annähernd halbierte Oolithe zu dem Versuch verwendete, so traten vom Rand der Bruchfläche aus tiefe, etwas klaffende Sprünge auf, die deutlich erkennen ließen, daß auch in diesem Fall schon eine Unterbrechung des Zusammenhanges der Substanz zum Ausgleich der entstandenen Spannungen erforderlich war, nur ging es in den Kalotten, aus denen die Oolithenhälfte sich aufbaut, ohne die explosionsartige Zertrümmerung ab, die in den geschlossenen Kugelschalen am ganzen Oolithen unausbleiblich ist.

Nach dem Mitgeteilten dürften die von Lacroix angegebenen Merkmale kaum hinreichend sein, um das Mineral der Oolithe von Meskoutine als eine neue Form des Calciumkarbonates, als ein spezifisch vom Calcit verschiedenes Mineral zu charakterisieren. Die endgültige Entscheidung darüber fällt den Mineralogen zu. Vater[1]), dem die Wissenschaft die eingehendsten und sorgfältigsten Untersuchungen über die Kristallisation des kohlensauren Kalkes verdankt, schrieb schon vor zwanzig Jahren in einer Arbeit, die zum Teil dem Ktypeït gewidmet ist: „Ob der Ktypeït lediglich ein porenreicher Aragonit ist oder ein selbständiges Mineral darstellt, müssen erneute Untersuchungen erweisen." Vielleicht zeigt der Nachweis der organischeu Substanz in den Oolithen von Meskoutine auch den Mineralogen für die Beurteilung des als Ktypeït bezeichneten Minerals neue Wege.

Die gewichtigste Frage, welche das Oolithenproblem unter den gegebenen Verhältnissen für den Biologen birgt, ist die Frage nach der Natur und systematischen Stellung

---

[1]) Zeitschr. f. Kristallographie, Bd. XXXV p. 158, 1901.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



der Organismen, deren Reste in den uutersuchten Oolithen nachgewiesen wurden. Lebendes Material, Untersuchungen an Ort und Stelle würden wohl sichere Anhaltspunkte bieten können; ich möchte der Hoffnung und dem Wunsche Ausdruck geben, daß meine Arbeit nach dieser Richtung hin bald eine Vervollständigung finden möchte. Was ich ohne die Möglichkeit lebendes Material zu untersuchen darüber zu sagen habe, kann über Vermutungen und Wahrscheinlichkeiten nicht hinausgehen uud höchstens einen Wegweiser für spätere, in Bezug auf die Materialbenützung günstiger gestellte Bearbeiter darstellen.

Kohlensaurer Kalk kommt bei zahlreichen Pflanzen als Ausscheidungsprodukt des Stoffwechsels vor. Er findet sich in vielen Fällen den Pflanzenteilen äußerlich aufgelagert, oft in großer Massenhaftigkeit. Noch zahlreicher sind die Angaben über Einlagerung von kohlensaurem Kalk in Zellmembranen bei Pflauzen der verschiedeusten systematischen Gruppen, selbst bei höheren Pflanzen, wie z. B. in den Cystolithen der Moraceen, Acanthaceen, Cannabinaceen u. a. m. Bei den Oolithen kann es sich selbstverständlich nur um niedere Pflanzen handeln. Von ihnen werden in der Literatur besonders zahlreiche Cyanophyceen genannt, in deren Zellwänden und Gallertscheiden eine Ablagerung von kohlensaurem Kalk beobachtet worden ist. Ich will hier nur die Arbeiten von Penhallow[1]), Harshberger[2]) und Tilden[3]) erinnern, in denen die zum Teil sehr mächtigen Kalksinterbildungen in den heißen Quellen des Yellowstone-Parkes in Nordamerika auf die Lebenstätigkeit von Nostocaceen und Chroococcaceen zurückgeführt werden.

In allen diesen Fällen wird die Verkalkung der Zellwände als eine Einlagerung des Kalkes in feinster Verteilung in die kolloidale Substanz der Zellwand oder Scheide aufgefaßt. Man kann sich die Entstehung dieser Einlagerung in der Weise vorstelleu, daß dem im Imbibitionswasser der Zellhülle gelösten doppelkohlensauren Kalk durch die Lebenstätigkeit des Plasmaleibes der Zelle $CO_2$ entzogen wird, wodurch die Ausfällung des kohlensauren Kalkes in den Micellarinterstitien des Kolloids erfolgen muß. Wieweit allenfalls noch Adsorbtionsvorgänge mitwirken, mag dahingestellt bleiben.

Gegen die Annahme, daß die in den Oolithen von Meskoutine enthaltenen organischen Reste etwa von niederstehenden, äußerst dünnfädigen Cyanophyceen herrühren könnten, spricht der Umstand, daß nach allen Beobachtungen die Oolithe, soweit nicht die oben erwähnte Pyritschicht eine Ausnahme bedingt, stets reinweiß, jedenfalls nie blaugrün oder sonstwie grünlich erscheinen. Mit dem gleichen Argument müssen auch die niederen Grünalgen, die etwa wie das Oocardium stratum Nägelis in ihren Gallertstielen Kalkablagerung aufweisen, als mutmaßliche Erbauer der Oolithe abgewiesen werden. So bleiben also wohl nur die Schizomyceten übrig, von denen allerdings bisher eine Kalkeinlagerung in die Membranen meines Wissens nicht bekannt geworden ist.

Daß durch die Lebenstätigkeit gewisser Bakterien im Wasser gelöster Kalk zur Ausfällung gebracht werden kann, ist eine in der neueren Zeit einwandfrei festgestellte Tatsache. 1911 entdeckte Drew, daß in dem warmen Oberflächenwasser der westindischen Meeresteile und besonders in dem Kalkschlamm der Gewässer ein Bazillus in ungeheurer Massenhaftigkeit vorkommt, der die Fähigkeit hat, aus dem Meerwasser Kalk auszufällen,

---

[1]) Botan. Gazette, Bd. XXI p. 215, 1896.
[2]) Amer. journ. pharm., Bd. LXIX p. 625, 1897.
[3]) Botan. Gazette, Bd. XXIV p. 194, 1897.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



der zu Boden sinkend, den feinen Kalkschlamm bildet. Drew bezeichnete den von ihm studierten Organismus als Bacterium calcis und vertrat die Meinung, daß dieses Bacterium mit anderen verwandten Arten ein wichtiger Faktor bei der Entstehung verschiedener Kalkschichten der Erdrinde gewesen sei. Andere amerikanische Forscher haben sich ihm angeschlossen und seine Funde bestätigt. Eine Zusammenfassung der diesbezüglichen Ergebnisse bis zum Jahre des Kriegsbeginnes findet sich in Smithsonian miscellaneous collections, Vol. 64 Nr. 2.

Als ein zweites Beispiel dafür, daß im normalen Stoffwechsel von Bakterien kohlensaurer Kalk abgeschieden wird, will ich die von Gicklhorn [1]) beschriebenen Purpurbakterien Chromatium Linsbaueri und Rhabdochromatium Linsbaueri erwähnen, die in der Natur stets im Innern, in ihrem Zellplasma Körnchen von kohlensaurem Kalk eingelagert enthalten.

Die Abscheidung des Kalksalzes erfolgt bei Bacterium calcis außerhalb der Zelle, bei den genannten Purpurbakterien im Zellplasma. Daß aber auch die Einlagerung der beim Stoffwechsel der Zelle zur Ausfällung kommenden anorganischen Substanzen in die Membran der Bakterienzelle keine ungewöhnliche Erscheinung ist, beweisen die als Eisenbakterien bezeichneten Arten von Crenothrix, Leptothrix, Gallionella u. a. m. Sie lagern in ihren Zellhüllen massenhaft Eisenoxydhydrat ab und bilden, gesellig wachsend, z. B. in Wasserleitungsröhren, oft dichte Ansammlungen des Minerals, in denen schließlich die Reste der abscheidenden Organismen nur sehr schwierig oder überhaupt nicht mehr nachweisbar sind. Die über die Morphologie und Physiologie dieser Organismen durch die Arbeiten von Winogradski, Molisch, Lieske u. a. gewonnenen Erkenntnisse sind so allgemein bekannt geworden, daß es darüber wohl hier keiner weiteren Erörterung bedarf.

Die Organismen der Oolithe von Meskoutine sind also vermutlich Bakterien, welche in dem Chemismus ihres Stoffwechsels dem Bacterium calcis u. a. ähneln, während sie sich in Bezug auf den Ort der Ablagerung ihres Abfallstoffes den Eisenbakterien anschließen.

Aus den Ergebnissen meiner Untersuchungen weitergehende Schlüsse abzuleiten, insbesondere die Entscheidung darüber zu treffen, bei welchen fossilen Oolithen auf Grund der morphologischen Übereinstimmung mit den Oolithen von Meskoutine der Analogieschluß auf die Mitwirkung von Organismen bei ihrer Entstehung allenfalls zulässig erscheint, muß den Mineralogen, Geologen und Paläontologen vorbehalten bleiben. Von der Biologie erwarte ich die Bestätigung, Sicherung und Erweiterung meiner Befunde durch Untersuchungen an lebendem Material und durch Ausdehnung der Beobachtungen auf andere rezente Kalkabscheidungen ähnlicher Art.

Sollte es je gelingen, die rätselhaften Organismen der Oolithe, welche sich vielleicht aus einer frühen Epoche der erdgeschichtlichen Vorzeit, in der noch alle Gewässer auf Erden höhere Temperaturen hatten, in den heißen Quellen von Meskoutine bis in die Gegenwart hinein unverändert erhalten haben, in ihren Gestaltungs- und Lebensverhältnissen so weit klarzustellen, daß ihre Einreihung in das System der Organismen einwandfrei erfolgen kann, so müßte ihre wissenschaftliche Bezeichnung mit dem Namen meines verstorbenen Freundes August Rothpletz verbunden werden, der als erster ihre Spuren entdeckt und richtig gedeutet hat.

---

[1]) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. XXXIX p. 312. 1921.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



# Literaturverzeichnis über Oolithe.

(Zusammengestellt von A. Rothpletz.)


1894. Agassiz Alex., A Reconnaissance of tbe Bahamas and of the elevated reefs of Cuba in the steam Yacht „Wild Duck" Jan. to April 1893 (Bull. of the Mus. of Comparative Zoology at Harvard College 1894). (S. 170, some recent views on the Theory of the Formation of Coral reefs, aber schon Erwähnung der Oolithe.)

1888. Agassiz Alex., Three cruises of tbe Blake, Vol. I und II (Bull. Mus. of comp. zool. Harv. Coll. Cambridge, Vol. 14 und 15). (Scbmidtia autopora Tiefsee-Spongie cf. Halma Spongien, Vol. 15, S. 178, Nebalia Abbild. S. 193, Vol. 14.)

1910. Ammon L. v. nnd Reis M., Erläuterungen zu dem Blatte Kusel der geognost. Karte Bayerns. (Stromatolithe S. 78, 108 und 117).

1892. Bleicher, Sur la structure microscopique de minerai de fer oolitiques de Lorraine (C. R. Ac. Paris, Bd. 114, S. 590—92).

1894. Bleicher M., Le minerai de fer de Meurtbe-et-Moselle (Bull. soc. industrielle de l'Est Nancy).

1885. Bornemann J. G., Beiträge zur Kenntnis des Muschelkalkes in Tbüringen (Jahrb. preuß. geolog. Land. Anst.).

1886. Bornemann J. G., Die Versteinerungen des cambrischen Schicbtensystems der Insel Sardinien (Acta Leop. Carol. Akad., Bd. 51).

1887. Bornemann J. G., Die Versteinerungen des cambriscben Schichtensystems der Insel Sardinien (Verhandl. der Leop. Carol. D. Akad. d. Naturf., Bd. 51). (Epiphyton, Sipboneae, Confervites, Oolitben.)

1887. Bornemann J. G., Geologiscbe Algenstudien (Jabrb. d. preuß. geolog. Landesanst. 1886). (Zonotrichites.)

1889. Bornemann J. G., Über den Muscbelkalk (Antwort auf Frantzen). (Jahrb. preuß. geolog. Land.-Anst. 1888.)

1864. Braun E. W. v., Beiträge zur Kenntnis der spbäroidischen Konkretionen des kohlensauren Kalkes (Zeitschr. ges. Naturw., Halle 1864, S. 97).

1913. Brown Tbomas C., Notes on tbe Origin of certain paleozoic Sediments, illustrated by the cambrian u. ordovician rocks of center country Pennsylvania (Journ. of Geology Cbicago, Vol. XXI, pag. 232). (Spricht über Entstehung der Oolithe durch Algen.)

1911. Burger O., Über schwäbiscbe Kalktuffe, insbesondere des Echaztales (Dissertat. Tübingen 1911, S. 27.

1825. Bncb L. v., Pbysikalische Beschreibung der kanarischen Inseln (S. 258—59).

1892. Césaro G., Action de la calcite sur une solution de sulfate ferreux, en présence de l'oxygène de l'air. Origine probable des oolites (Ann. Soc. Géol. de Belgique XIX, 18—20).

1906. Chapman Fred. und Mawson D., On the Importance of Halimeda as a Reef-forming Organism; witb a Description of the Halimeda-Limestones of the New Hebrides (Quart. Journ. Geol. Soc., Vol. 62, S. 702).

1880. Coben E., Referat in Originalmitteilungen über die Riesen-Oolithe von Esino (N. J. 1880, I, S. 191).

1882. Cohen E., Sammlung von Mikrophotographien etc. (N. J. 1882, I, p. 175). (Oolithe, die in ein körniges Aggregat von Dolomit umgewandelt.)

1862. Cohn Ferd., Über die Algen des Karlsbader Sprudels mit Rücksicht auf die Bildung des Sprudelsinters (Abh. schles. Ges. für vaterl. Kultur, Abt. f. Naturw. 1862, Heft II).

1864. Cohn Ferd., Über die Entstebung des Travertin in den Wasserfällen von Tivoli (N. J. 1864).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



1872. Dana, Corals und Coral islands London (Oolithe S. 153—156 ooblic rocks of Florida Keys. 204, 216).
1853. Deicke H,. Die Struktur des Roggensteins bei Bernberg (Zeitschr. d. gesamt. Naturw. I, S. 188).
1914. Drew, On the precipitation of Calcium carbonate in the sea by marine Bacteria u. on the action of Denitrifying Bakteria u. Temperate Leus.
1888. Duparc M. L., Notice sur les pisolites des sources de Hamman Meskoutine (Archive des s. c. phys. d. nat. Genève, III. Ser., tome 20).
1854. Ehrenberg, Mikrogeologie (Melonien?).
1870. Ewald, Mitteilung (Zeitschr. d. D. Geol. Ges., Bd. 22, S. 768).
1888. Frantzen W., Untersuchungen über die Gliederung des unteren Muschelkalkes und über die Natur der Oolithkörner (Jahrb. preuß. geolog. Landesanst. 1887).
1913. Garwood E. J., Oo the important part played by Calcareous Algae at certain geolog. horizons, with special reference to the palaeozoic rocks (Geolog. Mag. V. Vol. 10, S. 440, 490 u. 545).
1913. Garwood E. J., Address to the Geolog. Section (British. Assoc. Adv. of Science, Birmingham). (Enthält ungefähr dasselbe wie im Geol. Mag.)
1914. Garwood E. J., Rockbuilding Organisms from the Lower Carboniferous Beds of Westmorland (Geolog. Mag. Dec. VI, Vol. I).
1908. Gaub Friedr., Über die oolithbildenden Ophthalmidien im Dogger der schwäbischen Alb (Zentralblatt N. J. 1908, Nr. 19).
1908. Gaub Priedr., Die jurassischen Oolithe der schwäbischen Alb (Vorläufige Mitt., N. J. 1908, Bd. II).
1910. Gaub Friedr., Die jurassischen Oolithe der schwäbischen Alb (Geol.-pal. Abh. Bd. XIII).
1911. Geinitz E., Rezente Salzoolithe von Jeßnik (Arch. Ver. Fr. Naturg. v. Mecklenburg, Bd. 65, S. 69).
1912. Glück H., Eine neue gesteinsbildende Siphoneae (Codiacee) aus dem marinen Tertiär von Süddeutschland (Microcodium elegans). (Mitt. Bad. Geol. Land. Anst., Bd. 7.)
1891. Goës A., On a peculiar type of arenaceous Foraminifer from the Americ. tropical Pacific. Neusina Agassizi (Bull. Mus. comparat. zool. Vol. 23, 1892—93). (Tiefseeform bis 19 cm groß! Cancellophycus-artig?)
1888. Gümbel W., Grundzüge der Geologie, Über Oolithe (S. 79 u. 306).
1913. Hinde G. J., Solenopora garvoodi (Geol. Mag. V, Bd. 10).
1901. Kalkowsky E. v., Die Verkieselung der Gesteine in der nördl. Mitt. Mineral. Mus. in Dresden (Sonderabdruck aus Abh. der naturwiss. Ges. Isis 1901).
1908. Kalkowsky E. v., Oolith und Stromatolith im norddeutschen Bundsandstein (Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1908).
1872. Kaufmann, Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz (Künstliche Oolithe, S. 431).
1902. Knott, Der Boden der Stadt Karlsbad und seine Thermen (Festschrift 74. Vers. d. D. Naturf. u. Ärzte).
1874. Knop, Über Kieselsäure-Abscheidungen und Oolithbildung (A. N. Jahrb. 1874, S. 281).
1809. Krech Karl, Beitrag zur Kenntnis der oolithischen Gesteine des Muschelkalkes um Jena (Diss. Jena).
1883. Krenner J., Über die pisolithische Struktur des diluvialen Kalktuffes von Ofen (Jahrbuch k. k. Reichs-Aust. 1883).
1881. Lang O., Über Sedimentgesteine aus der Umgegend von Göttingen (Zeitschr. d. D. Geol. Ges., Bd. 33, S. 256). (Oolithe.)
1912. Lawson A. C., The Geology of Steaprock lake Ontario a. Walcott on fossiles from limestone of St. R. Lake (Memoirs 28 Canada Dep. of Mines. Geol. Survey Annal.).
1889. Liebetrau, Beiträge zur Kenntnis des unteren Muschelkalkes bei Jena (Zeitschr. d. D. Geol. Ges., Bd. 54, S. 748).
1900. Linck G., Die Bildung der Oolithe und Rogensteine (N. J. Beilage Bd. XVI).
1909. Linck G., Über die Bildung der Oolithe und Rogensteine (Jenaische Zeitschr. f. Naturw., Bd. 45).
1914. Linck G., Über das Eozoon und die Ophikalzite (Chemie der Erde I, Heft 1, Jena).
1852. Ludwig R. und Theobald G., Über die Mitwirkung der Pflanzen bei Ablagerung des kohlensauren Kalkes (Poggendorff, Annalen der Physik u. Chemie, 87. Bd., S. 91 u. 143).
1853. Ludwig R., Das Wachsen der Steine oder die Kraft, welche die Bildung und Entwicklung der Gebirgsarten vermitteln (Darmstadt Verlag Jonghans).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



1895. Murray George, Phyc. Mem. Part. III (Kalkknollen).
1900. Mühlberg Max, Über Oolithe (Eclogae geologicae Helvetiae, p. 327).
1913. Nahusen Martin, Über die Gesteine der norddeutschen Korallen-Oolithe, insbesondere die Bildungsweise der Oolithe und Dolomite (N. J. Beilage, Bd. 35).
1879. Packard, The Sea-Weeds of Salt Lake (American Naturalist).
1907. Philippi E., Über Dolomitbildung und chemische Ausscheidung von Kalk im heutigen Meere (N. J. Festband, S. 397).
1907. Philippi E., Über Dolomitbildung und chemische Ausscheidung von Kalk im heutigen Meere (N. J. 1907, S. 428).
1897. Reis O. M., Zur Geologie der Eisenoolithe führenden Eocän-Schichten am Kressenberg (Bayr. geogn. Jahrb. X, pag. 24).
1903. Reis O. M., Über Stylolithen, Dutenmergel und Landschaftenkalk (Geognost. Jahresh. 1903).
1908. Reis O. M., Referat über Kalkausscheidungen (N. J. 1908, II, p. 114).
1910. Reis O. M., Beobachtete Schichtenfolge und Gesteinsausbildung in der fränkischen unteren und mittleren Trias, I. Teil. Muschelkalk und untere Lettenkohle, II. Teil. (Geogn. Jahresh., 22. Jahrg.)
1895. Reis O. M., Erläuterungen zu der geologischen Karte der Vorderalpenzone zwischen Bergen und Teisendorf (Geogn. Jahrsh. VIII).
1884. Roßbach Ferd., Beitrag zur Kenntnis oolithischer Kalksteine (Jnaug.-Diss., Jena).
1890. Rothpletz A., Die marinen Ablagerungen auf Gran Canaria (Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1890, S. 682).
1891. Rothpletz A., Fossile Kalkalgen aus den Familien der Codiaceen und der Corallineae (Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1891).
1892. Rothpletz A., Über die Bildung der Oolithe (Bot. Zentralblatt 35).
1900. Rothpletz A., Oolitische und pisolithische Kalke aus Deutsch-Ostafrika (Deutsch-Ostafrika, Bd. 7).
1908. Rothpletz A., Über Algen und Hydrozoen im Silur von Gotland und Oesel (Svenska vetenskaps akademien Handlinger, Bd. 43).
1911. Rothpletz A., Über Sphaerocodium Zimmermanni, eine Kalkalge aus dem Oberdevon Schlesiens (Jahrb. preuß. geolog. Land.-Anst., Bd. 32).
1913. Rothpletz A., Über die Kalkalgen, Spongiostroma und einige andere Fossilien aus dem Obersilur Gotlands. (Sverig. geolog. unders.)
1851. Schauroth v., Briefliche Mitteilungen über Kalktuff (Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1851, S. 136).
1776. Schröter Joh. Sam. (Diakonus zu St. Petri und Pauli zu Weimar und Mitglied der Gesellschaft naturf. Freunde in Berlin). Vollständige Einleitung in die Kenntnis und Geschichte der Steine und Versteinerungen (Altenburg, Bd. III, 1774, 76, 78. Bd. II Tophstein S. 60; Tropfstein S. 75; Cocopette de Tivoli S. 468; Erbsenstein S. 471; Roggenstein S. 475; Incrustation von Moos S. 485).
1912. Schröter Z., Die Spuren der Tätigkeit tertiärer und pleistocäner Thermalquellen im Budaer Gebirge (Jahrb. K. Ungar. Geol. Reichs-Anst. 1913, S. 230).
1861. Senft F., Die Wanderungen und Wandlungen des kohlensauren Kalkes (Zeitschr. der D. Geol. Ges., Bd. 13, S. 302).
1898. Seward A. C., Fossil Plants (Bd. 1, S. 124).
1903. Skeats E. W., The chemical composition of Limestone from upraised Coral Jslands with notes on their microscopical structures (Bull. Mus. comp. Zool. Harward, Bd. 42).
1904. Skeats E. W., On the chemical and mineralogical evidence as to the Origin of the Dolomites of Southern Tyrol Quart. Journ. Vol. 61, S. 97).
1914. Sommermaier D., Neue Ooide (Z. d. D. Geol. Ges., Bd. 66).
1879. Sorby Annivers. Adress. Quart. Journ. Geol. Soc., Bd. 35, S. 56.
1913. Stahl W., Pisolithe von Aragonit und Strontianit in einer Kluft des Mansfelder Flötzgebirges, 80 m unter Tag (Zentralbl. N. J. S. 337, eine Textfigur).
1866. Stappf F., Über die Entstehung der See-Erze (Z. d. D. Geol. Ges. 1866, S. 86—173).
1825. Steale Dr. John H., A description of the oolitic formation lately discovered in the country of Saratoya and state of New York (Pl. II Figur der Cryptozoenplatte). (Sillimans Americ Journ. of Science a. arts, Vol. IX, 1825.)
1913. Geology of the vicinity of Steaprock Lake Guide Book No. 8 Transcontinental Excursion C. 1 (Internationaler Kongreß in Toronto).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



1880. Steinmann G., Die Mumien des Hauptrogensteins (N. J. 1880, I, S. 151).
1901. Talm J. E., The Great Salt Lake (Scott. Geogr. Magaz. 1901).
1894. Thompson B., Landcape marble (Qu. J. geol. Soc. London, 50, S. 373). (Mit einer chem. Erklärung.)
1901. Vater Heinrich, Über Ktypeït und Conchit (Zeitschr. f. Kristallogr., 35. Bd.).
1914. Vaughan W., Preliminary Remarks on the Geologie of the Bahamas with special reference to the Origin of the Bahaman u. Floridan Oolithes (Carnegie Inst. of Washington Publication 182).
1857. Virlet d'Arnst, Sur les oocystes d'insectes donant lieu à la formation d'oolites dans les calcaires lacustres du Mexique (C. R. Paris, 45, p. 865).
1913. Wagner Georg, Beiträge zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte des oberen Hauptmuschelkalkes und der unteren Lettenkohle in Franken (Geol. Pal. Absandt., 16. Bd., ausgegeben 1913).
1913. Wagner Georg, Stylolithen und Drucksuturen (Geol. Pal. Abh. Jena, Bd. 15).
Wagner R., Beitrag zur genauen Kenntnis des Muschelkalkes bei Jena (Abh. preuß. geol. L. A. N. Folge, H. 27).
1885. Walther Joh., Gesteinbildende Kalkalgen des Golfs von Neapel (Entstehung strukturloser Kalke).
1888. Walther Joh., Ergebnisse einer Forschungsreise auf der Sinai-Halbinsel und in der arabischen Wüste (Abh. K. Ges. d. Wiss., Leipzig).
1891. Walther Joh., Die Denudation der Wüste (Abh. K. Ges. d. W., Leipzig). (Oolithe S. 527.)
1889. Weed W. H., Formation of Travertine and siliceous sinters by the vegetation of Hot Springs (9 annual Rep. U. S. Geol. Surv.).
Werweke van, Das Kieselgerüst der Eisenhydroxyd-Oolithe in dem lothr.-luxemb. Eisenerzlager (Mitt. Geol. Landes-Anst. von Elsaß-Lothringen, Bd. 5).
1901. Werweke van, Bemerkungen über die Zusammensetzung und Entstehung der lothringisch-luxemburgischen oolithischen Eisenerze (Mitt. Geol. Landesanst. von Els.-Lothr., Bd. 5, S. 275—301. Dort auch die Literatur). (Weiteres im Bericht der 34. Vers. des oberrhein. geol. Vereins.)
1889. Wethered E., On the microscopic structure of the Jurassic Pisolite (Geolog. Magaz. 1889 p. 196).
1890. Wethered E., On the occurrence of the Genus Girvanella in Oolitic Rocks, and Remarks on oolitic Structure (Quart. Journ. Geol. Soc., Vol. 46, p. 270).
1891. Wethered E., The Inferior Oolithe on the Cottewold Hills with special reference to its microscopical structure (Quart. Journ. Geol. Soc., Vol. 47, p. 555).
1893. Wethered E., On the microscopic Structure of the Wenlock Limestone (Quart. Journ. Geol. Soc., Vol. 49, p. 236).
1913. Wichmann A., Über sog. Pisolithe aus dem Mansfelder Flötzgebirge (Zentralbl. 1913 S. 457).
1914. Wieland R., Further notes on Ozarkian seaweeds and Oolites (Bull. Amerc. Mus. of Nat. hist., Vol. 33).
1902. Willis B., Stratigraphy and structure, Lewis and Livingston Ranges. Montana. (Bull. Geol. Soc. Americ., Vol. 13, S. 318). (Angabe über die später als Cryptozoen beschriebenen bis faustgroßen Cryptozoen in Siyah limestone [Algonkian].)
1885. Winchell N. H., New Species of Fossils (Cryptozoon minnesotense, T. I. u. II. The geol. u. nat. history survey of Minnesota 13 annal Report for 1884).
1879. Zepharowich v., Miemit von Zepce in Bosnien und von Rakovac in Slavonien (Verh. k. k. geol. R. A. 1879, S. 180). (Angebliche Pisolithe im Serpentin!)
1879. Zepharowich v., Über Dolomit-Pisolithe und die sog. doppeltkörnige Struktur (Z. f. Krist. u. Min., Bd. 4, S. 113).
1887. Zakrzewski, Die Grenzschichten des braunen und weißen Jura in Schwaben (Jahresh. Ver. f. vaterl. Naturg. in Württemberg, pag. 87—141 [p. 93]).
1893. Zirkel, Lehrbuch der Petrographie (2. Aufl., Bd. 1, S. 484—489).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



## Inhalt.

I. Rothpletz, Einleitung zu der Arbeit von Giesenhagen über die Oolithe von Meskoutine . 3
II. Giesenhagen, Die biologische Aufgabe bei der Bearbeitung des Oolithenproblems . . 7
III. Rothpletz, Über Oolithe und oolithartige Bildungen im allgemeinen . . . . . 10
IV. Rothpletz, Größe und Form der Oolithe . . . . . 14
V. Giesenhagen, Untersuchungen über die rezenten Oolithe aus den Quellen von Meskoutine 16
VI. Rothpletz, Literaturverzeichnis über Oolithe . . . . . 37

---

## Erklärung der Tafel I.

Die Figuren 1, 2 und 3 der Tafel I zeigen die für die Untersuchung zur Verfügung stehenden, von A. Rothpletz gesammelten Oolithe aus den heißen Quellen von Meskoutine in natürlicher Größe. In Figur 1 sind die annähernd isodiametrischen Stücke abgebildet. Sie sind nach Größenklassen geordnet und so gelegt, daß von jeder Größenklasse drei Vertikalreihen gebildet werden. Auch die unregelmäßig eckigen Stücke in Figur 2 und die flächenförmigen Stücke in Figur 3 sind nach dem gleichen Prinzip angeordnet, doch bildet hier bei der geringen Anzahl der Stücke jede Größenklasse nur eine Vertikalreihe.

Figur 4 gibt die Originaletikette, geschrieben von Rothpletz' Hand, wieder.

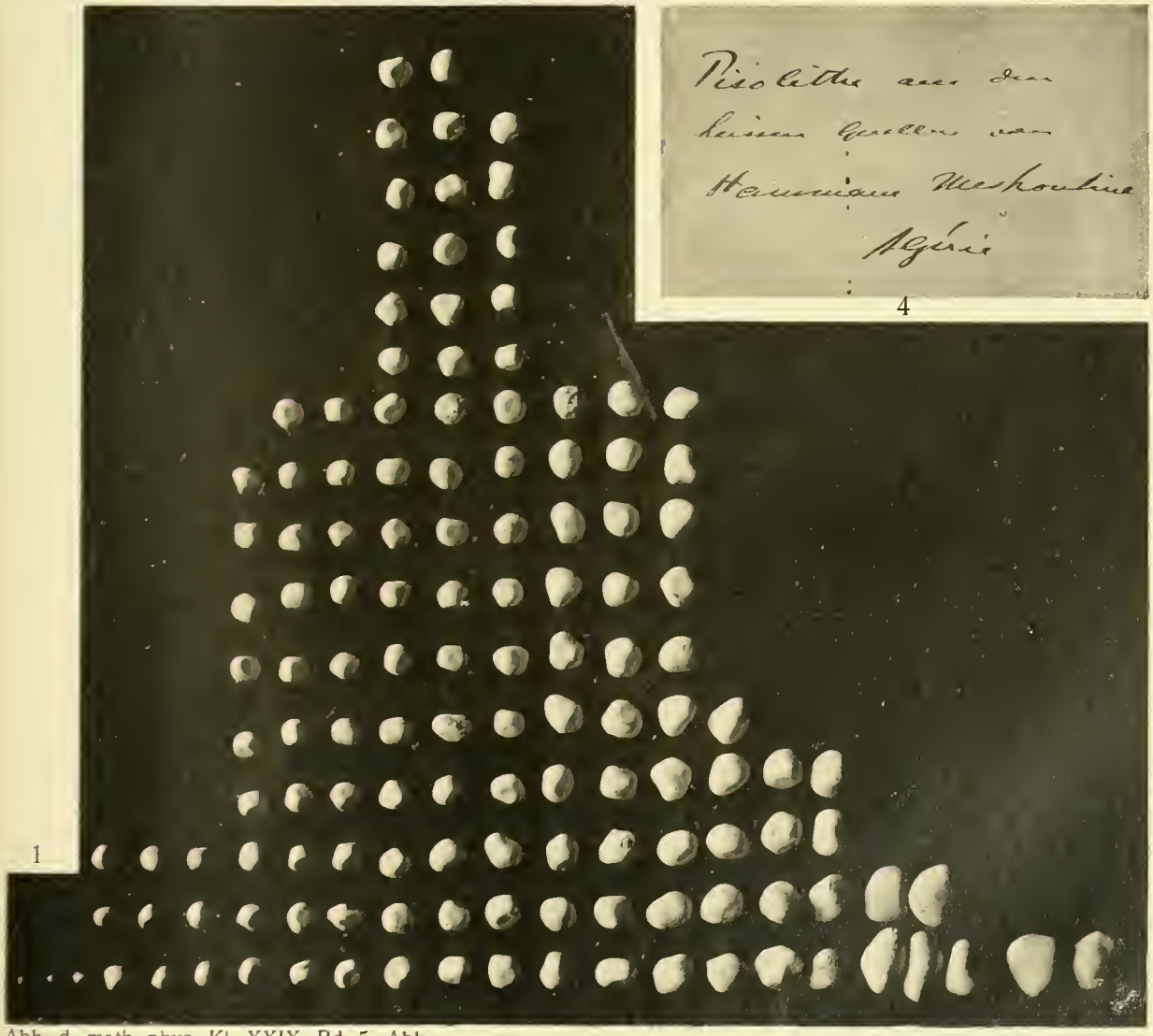
---

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

2

3




4

1



Lith. Anst. Hub. Köhler, München.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften - Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1924

Band/Volume: 29

Autor(en)/Author(s): Rothpletz August, Giesenhagen Karl (Carl) Friedrich Georg

Artikel/Article: Über die systematische Deutung und die stratigraphische Stellung der ältesten Versteinerungen Europas und Nordamerikas mit besonderer Berücksichtigung der Oryptozoen und Oolithe. III. T Über Oolithe. 1-41