

Über Coccolithen und Rhabdolithen

nebst

Bemerkungen über den Aufbau und die Entstehung der Aldabra-Inseln.

Von

Alfred Voeltzkow in Straßburg i. E.

Mit drei Abbildungen im Text.

Einen großen Teil jener überall auftretenden festländischen und litoralen Ablagerungen der heißen Zone bezeichnet der Geologe kurzweg als Korallenkalk, auch wenn sich in ihnen keine Spur einer korallinen Struktur mehr erkennen läßt. Um sich die Entstehung dieser Riffkalke vorzustellen, hat man zu den verschiedensten Erklärungen gegriffen, auf die wir noch zurückkommen werden.

Betrachten wir zunächst einmal die Entstehung eines Korallenriffes, ehe wir zur weiteren Untersuchung desselben übergehen. Man muß dabei die Bildung des Riffes unter dem Meeresspiegel und über dem Meeresspiegel auseinanderhalten.

Für ein Riff unter dem Meeresspiegel wird die Existenz und der Zusammenhalt bedingt durch die ästige und massige Kalksubstanz, die durch die Thätigkeit der Riffkorallen organisch ausgeschieden wird; wir haben es hier also in der Hauptsache mit gewachsenem Fels zu thun, bei dem die Zwischenräume zwischen den einzelnen Stöcken durch Kalksand ausgefüllt werden.

Auch für fossile Kalke, in denen sich koralline Struktur oder Einlagerung größerer Blöcke von Korallen erkennen läßt, ist eine Erklärung nicht schwer, und es dürfte dort derselbe Vorgang stattgefunden haben, den wir noch jetzt an vielen Korallenriffen beobachten können und der für die Bildung des Riffes über dem Meeresspiegel charakteristisch ist.

Es werden durch die Gewalt der Brandung die von den Korallenblöcken abgebrochenen Stücke hin- und hergeworfen und abgerollt und die Zwischenräume durch kleinere Bruchstücke ausgefüllt, in der Hauptsache jedoch durch Kalksand, über dessen Entstehung die Meinungen verschieden sind.

Nach den einen soll er gebildet werden durch die Thätigkeit der Krebse und Raubfische, ferner aus den Skeletten der kalkbildenden und kalkschalentragenden Organismen, wie Foraminiferen, Echinodermen, Mollusken, Bryozoen, Brachiopoden u. s. w. Andere erklären diesen Prozeß durch die zertrümmernde und mahlende Bewegung des Wassers, welches Korallenstücke in stetem Spiel über das Trümmerfeld hin und her treibt, und durch diese Thätigkeit zerreibt sich alles zu einem Sand, der, je weiter von der Trümmerfläche ab, um so feiner wird.

Der Anteil, den dieser Kalksand an der Bildung eines Rifles nimmt, ist sehr beträchtlich, nach Walther¹ bestehen $\frac{2}{5}$ des Rifles aus Korallenstücken und $\frac{3}{5}$ aus dazwischen gestreutem Kalksand.

Ehe wir jedoch auf diesen Kalksand näher eingehen, wollen wir zuerst die Umwandlungen verfolgen, die ein derartig zusammengesetztes Riff erfährt und deren Produkt sehr verschieden sein kann.

Wie bekannt, besitzt das Meer nur einen minimalen Teil von dem Betrage an kohlensaurem Kalk, den es in Auflösung zu enthalten vermöchte. Dafs der Gehalt der Kalksalze überhaupt nicht wächst, liegt an der Thätigkeit der Meeresbewohner, welche zum Schutze oder zur Stütze ihrer Weichteile ein kalkiges inneres Gerüst oder eine Kalkschale absondern. Zu diesem Zwecke entziehen sie dem Meere den sparsam verteilten kohlen sauren Kalk, setzen zugleich das reichlicher vorhandene Kalksulfat in kohlen sauren Kalk um und lagern diesen in ihrem Körper ab, bis er entweder eine zusammenhängende Masse, oder unzählige, lose in der Haut eingelagerte Kalkstäbchen oder Kalkscheiben bildet.² Dieser durch die Schalen und Skelettteile der abgestorbenen Tiere im Riff repräsentierte Kalk wird nun in den oberen Partien des Rifles durch die im Meer und Regenwasser enthaltene Kohlensäure aufgelöst und in den tieferen Lagen in krystallinischer Form als Kalkkarbonat wieder ausgeschieden.

Dabei aber erleidet die ursprüngliche Struktur des Rifles sehr weitgehende Veränderungen. Es werden nämlich dadurch ausgedehnte Partien oftmals vollständig in

¹ Walther. Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft, Bd. III. Lithogenesis der Gegenwart.

² Credner. Elemente der Geologie, 7. Auflage 1891, p. 267.

festes, homogenes, vielfach durchaus krystallinisches Kalkgestein verwandelt, das in nichts mehr seinen korallinen Ursprung verrät, während sie nur in ihren oberen, meistens nicht sehr mächtigen Schichten ihre ursprüngliche koralline Struktur bewahren. Tierreste sind in diesen umgewandelten Riffen sehr selten, Versteinerungsarmut vielmehr ein charakteristisches Merkmal des Riffkalkes.¹

Es können aber Kalklager von großer Mächtigkeit nur ihre Struktur verlieren und in strukturlosen Kalk umgewandelt werden, wenn darin Wasser zirkulieren kann. Diese Metamorphose kann nicht vor sich gehen, wenn die Zirkulation innerhalb des Lagers erschwert oder gänzlich verhindert wird. Die Möglichkeit, daß ein Kalk umkrystallisiert, hängt außerdem wesentlich von der Kohlensäuremenge ab, die im zirkulierenden Wasser enthalten ist. Für gewöhnlich wird der von den Resten der Riffbewohner gelieferte Kalk vollständig genügen, um die nötige Kohlensäure zu liefern, ist jedoch das Hauptmoment, die Zirkulation, durch Mangel an Porosität des Gesteins ausgeschlossen, so kann keine Umwandlung erfolgen.

Betrachten wir nach dieser Abschweifung nunmehr den oben erwähnten Kalksand oder Korallensand und seine Entstehung genauer. Er stellt ein ziemlich feines Sediment von Kalkstückchen von 1—2 mm Größe dar und setzt sich aus allen möglichen Bestandteilen zusammen. Ein gewisser Prozentsatz erweist sich bei der Untersuchung als von den Kalkskeletten jener Tiere gebildet, die auf und zwischen den Korallen leben, also von den Schalen von Foraminiferen und den zerbrochenen Panzern und Hartgebilden mariner Tiere, als da sind: Echinodermen und Konchylienschalen, Reste von Spongien, Bryozoen, Brachiopoden, Panzer von Krebsen, Reste von Fischen u. s. w.; in der Hauptsache wird er jedoch zusammengesetzt aus grobkörnigen Bruchstücken von Korallen und einem feinkörnigen Sediment, das allgemein als Kalkschlamm bezeichnet worden ist.

Es wird zur Erklärung der fortschreitenden Zerkleinerung, glaube ich, heutzutage ein zu grosser Wert auf die Thätigkeit der Riffbewohner, der Fische, Krebse u. s. w. gelegt. Es ist ja richtig, daß sich viele Krebse, besonders die Strandbewohner, von Kalkschalen tragenden Formen nähren. Ihre Thätigkeit besteht aber mehr im Verzehren der Tierleichen, und sie benutzen ihre Scheeren und Klauen spitzen nur dazu, um aus den Schalen der Muscheln und Schnecken das Fleisch herauszuholen, ohne für gewöhnlich dabei erst diese Schalen zu zer-

¹ Langenbeck. Die Theorien über die Entstehung der Koralleninseln und Korallenriffe etc. Leipzig 1890, p. 82.

kleinern. Es mag dies vielleicht der Fall sein bei den Panzern von Crustaceen, aber diese kommen bei der Bildung des Kalksand es fast garnicht in Betracht, außerdem fehlen diese Krebse auch häufig auf Riffen fast völlig, wie auf Aldabra und Juan de Nova.

Ich möchte dagegen in Beziehung auf die Bildung des grobkörnigen Kalksand es der Brandung eine gröfsere Rolle zuschreiben, als bisher geschehen ist.

Von Belang ist dabei nur wenig die Brandung an einer Steilküste, denn diese kann nur gröfsere Stücke abbrechen und auf das Riff werfen, woselbst sie unter dem wechselnden Einflufs der Sonnenstrahlung und der Befeuchtung durch die Gischt bald der Verwitterung anheimfallen, während von einer weiteren Zerkleinerung durch direkte Wirkung der Brandung wohl kaum mehr, oder nur ausnahmsweise bei einer Sturmflut etwa, die Rede sein kann.

Ganz anders stellt sich die Sache an einer sanftgeneigten Küste oder an einer Steilküste mit vorgelagertem, trockenlaufenden Strand. Es wird hier durch das fortgesetzte Spiel der Wellen und durch den Wechsel der Gezeiten in ihrem Bereich alles bewegt und abgeschliffen, und durch die Brandung werden die Hartteile kalkschaliger Tiere zerbrochen und zerkleinert. Erhöht wird dieser Effekt, wenn sich in diesem Gebiet Felsblöcke oder gröfsere Korallenblöcke befinden, die durch die Brandung hin- und hergerollt werden und auch für die Bruchstücke der Korallen als Mahlsteine dienen, durch die sie abgerollt und schliesslich zerrieben werden. Als Endprodukt dieser Thätigkeit erhalten wir einen Sand, der dann, infolge seiner gröfseren Leichtigkeit, bei Ebbe trocknend, auf das Ufer getrieben werden kann, und hier entweder sich in Form von Dünen ansammelt, oder in Spalten und Zwischenräumen der Korallenblöcke in gleichmäfsig ebenen Schichten zur Ablagerung gelangt.

Normalerweise kann diese Zerkleinerung nur bis zu einem gewissen Grade, etwa bis zur Korngröfse des Korallensandes von 1—2 mm, herabgehen: niemals wird zu konstatieren sein, dafs durch diesen Vorgang alles absolut zerbrochen und gleichmäfsig zerkleinert werden und ein feiner Kalkdetritus entstehen könnte.

Man findet aber neben dem Kalksand noch ein ganz feines Sediment vertreten, den sogenannten Kalkschlamm oder Korallenschlamm.

Um sich die Entstehung dieses feinen Schlammes vorzustellen, war man gezwungen, alles mögliche zur Erklärung herbeizuziehen; denn dafs er nicht ein Produkt der Thätigkeit der Brandung sein könnte, wurde eben bemerkt. Die allgemein gültige Ansicht ist nun die, dafs er dadurch erzeugt wird, dafs ein Teil der Riffbewohner, wie einige Fischarten

(*Scarus* z. B.), beim Abweiden lebender Korallen diese zerkleinern, und daß andere, wie die Krebse und besonders die Holothurien u. s. w., den Korallensand in ihren Darm aufnehmen und dort mechanisch fein zermahlen. Es ist richtig, daß man den Darmkanal dieser Tiere mit Sand und feinzermahlener kalkiger Substanz angefüllt findet, ich bezweifle indessen die Bedeutung, die der Thätigkeit der Fische und der Holothurien besonders beigelegt wird. Allerdings giebt es Arten, welche die Korallenstöcke abweiden, jedoch glaube ich, daß die Contenta ihres Darmes, in Beziehung auf den feingemahlten Korallensand, eher zugleich mit der Nahrung zufällig aufgenommen werden, als daß dieses feine Mehl von den Tieren selbst erzeugt wird. Die Feinheit des Mehles erklärt sich ungezwungen daraus, daß gerade die feinsten Partikelchen, die auf oder zwischen den Korallen zur Ablagerung gelangten, bei den Bewegungen des Tieres aufgewirbelt und auch bei der Berührung des Bodens ganz unwillkürlich mit dem Wasserstrom und der Nahrung in den Darm aufgenommen werden.

Ein geringer Betrag des Kalkschlammes mag immerhin auf die Thätigkeit der genannten Tiere zurückzuführen sein, ebenso wie auf die der Nacktschnecken, der Anneliden und anderer Würmer, am meisten vielleicht noch auf die Arbeit der Bohrmuscheln, aber wer selbst einmal auf einem Riff versucht hat, sich über den Prozentsatz der Beteiligung der Riffbewohner an der Masse des Kalkschlammes klar zu werden, wird mir beistimmen, daß deren Thätigkeit absolut nicht ausreichen dürfte. Ich glaube deshalb nicht, daß die genannten Tiere den ihnen zugeschriebenen Anteil an der Erzeugung des Kalkschlammes haben, und daß jene Detrituskalke, die eine so große Rolle bei der Sedimentation spielen, ihr Werk sein können.

Nach Walther l. c. soll der Korallenschlamm durch eine Art Ausschlammung des zoogenen und phytogenen Kalksandcs entstehen, indem die Wellen des Meeres beständig den feinkörnigen Schlamm aus diesem herauswaschen. Es ist wohl richtig, daß bei der gegenseitigen Reibung der Korallen und Muschelreste auch ein gewisser Bruchteil feinsten Mehles gebildet werden muß, doch dürfte derselbe zur Erklärung größerer Massen dieses Schlammes wohl kaum genügen. jedenfalls spielt dieser Prozeß auf manchen Riffen, wie auf Aldabra, beim Mangel der Riffbewohner und ihrer Reste so gut wie gar keine Rolle.

Auch mir war während meines einmonatlichen Aufenthaltes auf den Aldabra-Inseln, einem Atoll im Indischen Ocean, dieser Kalkschlamm aufgefallen, durch den bei stürmischem Wetter eine milchartige Trübung des Lagunenwassers bewirkt wurde, aber vergeblich hatte ich mich damals nach einer mechanischen Ursache für seine Entstehung umgesehen.

Zerreibungsprodukte von Korallenblöcken konnten es bei dem Mangel derselben in der Lagune nicht wohl sein, und an die Thätigkeit der Riffbewohner war garnicht zu denken, denn Holothurien und Krebse fehlten ebenso, wie die hier in Betracht kommenden Raubfische, da gerade der den Boden der Lagune bedeckende feine Schlamm diesen an klares Wasser gewohnten Tieren, und deshalb auch den Korallen, den Aufenthalt unmöglich machte. Es blieb also nur übrig, anzunehmen, daß wir es hier mit Verwitterungsprodukten des Atollgürtels zu thun hätten, da nicht einzusehen war, wie bei dem Mangel einer Brandung die kompakte Kalkmasse der harten Korallenbank durch die Wirkung der Gezeiten allein zu einem derartig feinen Mehl zerrieben werden könnte.

Die mikroskopische, nach meiner Rückkehr von mir unternommene Untersuchung der Proben des auf jener Insel anstehenden Riffkalkes ergab nun den Schlüssel für die Entstehung jenes feinen Kalkschlammes und für die Bildung des Riffkalkes selbst und dadurch auch für den Aufbau jener Insel.

Zerreibt man in destilliertem Wasser Proben des anstehenden, gewachsenen Riffkalkes von frischen Bruchflächen, so erhält man eine milchartige Flüssigkeit, deren Trübung sich lange Zeit erhält. Bei mikroskopischer Untersuchung erweist sich diese Färbung hervorgerufen durch eine Unzahl im Wasser suspendierter feinsten Körperchen von etwa 0,0005 bis 0,001 mm Durchmesser von rundlicher, dicktellerförmiger Gestalt, die sich gern stäbchenförmig aneinander legen und diese Stäbchen ordnen sich dann wieder parallel aneinander liegend zu Packeten oder Schichten an. Von anderen Beimengungen sieht man im mikroskopischen Bilde fast garnichts. Läßt man die Flüssigkeit stehen, so klärt sie sich nach etwa 4—5 Stunden, läßt aber dann noch immer längere Zeit eine Trübung erkennen.

Was diese Körperchen auszeichnet, ist ihre ungemein lebhafte, höchst eigentümliche Bewegung. Jedes Körperchen für sich bewegt sich in tanzender Weise, dabei immerfort unregelmäßige Zickzacklinien beschreibend, oftmals, besonders wenn zwei dieser Körperchen vereinigt sind, unstät vibrierend um eine selten erreichte Mittellage. Oft werden wir vergeblich abwarten, daß ein Körperchen zur Ruhe kommt. Auf Zusatz von Alkohol hört die Bewegung mit einem Schlage auf, ebenso in Formol, Kochen bleibt ohne Einfluß auf die Bewegung, ebenso wie Chloroform; Zusatz von Glycerin verlangsamt dieselbe bis zum völligen Stillstand. In gewöhnlichem Wasser bewegt sich nur ein Teil der Körnchen.

Man findet die Mehrzahl der Körnchen von ungefähr gleicher Größe, aber auch kleinere und Übergänge zwischen beiden. Die Schnelligkeit der Bewegung ist um so

größer, je kleiner die Körperchen sind, und die kleinsten schiefen oftmals förmlich durch das Gesichtsfeld.

Wir haben es hier also anscheinend mit der von dem berühmten englischen Botaniker Brown¹ im Jahre 1827 entdeckten Molekularbewegung zu thun, die sich in diesem Falle nur besonders intensiv äußert infolge der dick scheibenförmigen Gestalt und der ungemeinen Kleinheit der suspendierten Partikelchen. Betrachtet man einen frisch angesetzten Tropfen Kalkmilch von Aldabra mit starker Vergrößerung, so vermeint man einen Haufen wimmelnder Bakterien zu sehen.

Auf Zusatz von Salzsäure findet starke Gasentwicklung unter heftigem Aufbrausen statt, ein Zeichen, daß wir es hier mit kohlensaurem Kalk zu thun haben. Setzt man auf einmal viel Säure hinzu, so könnte angenommen werden, es würde alles ohne Rückstand gelöst; dies ist jedoch ein Irrtum. Glüht man nämlich auf dem Platinblech etwas von dem Kalkpulver, so erhält man einen grauen organischen Rückstand; auch wenn man ein etwas größeres Stückchen des Riffkalkes im Überschuss von Salzsäure löst, bleibt im Gefäß ein Bodensatz zurück, der durch sein bräunliches Aussehen und sein geringes spezifisches Gewicht ausgezeichnet ist, und längere Zeit in wolkiger Form in der Flüssigkeit schweben bleibt.

Erhitzt man im Nickeltiegel eine Probe des gepulverten Gesteins von Aldabra bis zum Glühen, so entweicht Ammoniak, was sich am Geruch und an der Blaufärbung von feuchtem roten Lackmuspapier zu erkennen giebt. Deutlicher hervortretend wird die Reaktion, wenn die Masse vorher etwas angefeuchtet war. Daß es sich nicht um Beigemengsel irgend woher stammender Ammonsalze handelt, geht aus einem früheren Versuch hervor, in dem N auch in jener Masse nachgewiesen werden konnte, die mit Salzsäure resp. Wasser erschöpft, und durch wiederholtes Centrifugieren von gelösten Stoffen befreit war.

Um über die Natur dieses organischen Restes Klarheit zu erhalten, und um ganz einwandfrei vorzugehen, wurde zuerst Kalkmilch in destilliertem Wasser aus innersten Teilen des Kalkes, von frisch hergestellten Bruchflächen angesetzt, und dann ein Tropfen dieser Milch auf dem Deckgläschen über Essigsäure in der feuchten Kammer solange suspendiert, bis der kohlensaure Kalk völlig gelöst worden war, was einige Minuten erforderte, und hierauf das Deckgläschen ein paarmal durch die Flamme gezogen, bis die Flüssigkeit verdampft, und der Rückstand angetrocknet war. Nun wurde die Methylprobe gemacht, und das Deck-

¹ Lehmann. Molekularphysik Bd. I. p. 264 ff. 1888.

Abhandl. d. senckenb. naturf. Ges. Bd. XXVI.

gläschen kurze Zeit mit einem Tropfen Methylviolett bedeckt und mit destilliertem Wasser ausgewaschen, worauf der Rückstand entweder in Wasser untersucht, oder in der Flamme getrocknet und in Balsam eingeschlossen wurde. Noch besser gelingt der Versuch, wenn man zuerst auf einem Deckgläschen einen Tropfen fein verteilter Kalkmilch auf dem Wärmeeofen antrocknen läßt und dann entkalkt. Es ist auf diese Weise, weil die Körnchen zum Teil am Glas haften bleiben, weniger Gefahr vorhanden, daß ihrer zu viele durch die Färbflüssigkeit fortgeschwemmt werden.

Das Resultat war in beiden Fällen dasselbe. Man erblickt nunmehr im Gesichtsfeld eine Unmenge kleinster, intensiv dunkelblau gefärbter Körnchen. Das Bild unterscheidet sich in nichts von dem sonstigen mikroskopischen Bilde einer Bakterienprobe. Um aber auch dem Einwand zu begegnen, daß das hier gefärbte auch wirklich die Rückstände jener kleinen Partikelchen der Kalkmilch seien, trotzdem natürlich alle Vorsichtsmafsregeln angewendet worden waren, um eine Verunreinigung durch Bakterien auszuschließen, wurde noch folgender Versuch gemacht.

Eine bestimmte Gruppe von Kalkkörnchen wurde nach Zusatz von verdünnter Essigsäure unter dem Mikroskop eingestellt und so lange beobachtet, bis der kohlensaure Kalk in Lösung übergegangen war. Man sah dann ganz genau, daß jene Körnchen sich allmählich lösten, und wenigstens anscheinend etwas kleinere Körperchen organischer Substanz an ihrer Stelle zurüekließen. Versuchte man dann vorsichtig die Färbung mit Methylviolett, so erzielte man den gleichen Erfolg wie oben beschrieben, nämlich eine intensiv dunkelblaue Färbung dieser Rückstände. Daß diese organischen Reste thatsächlich von den Kalkmänteln umschlossen waren, geht auch daraus hervor, daß es vor Lösung des Kalkmantels nicht gelingt diese kleinen Körnchen zu färben.

Was man hier gefärbt sieht, sind also unzweifelhaft organische Reste, die von einem Kalkmantel umgeben oder mit Kalk imprägniert waren. Man könnte nun annehmen, daß jene Kalkkörnchen dadurch entstanden seien, daß jedes Körnchen um den organischen Rest an Ort und Stelle aus einer Lösung des kohlensauren Kalkes in Wasser auskrystallisiert sei. Woher sollen aber diese organischen Reste oder besser Massen von Resten stammen, da absolut kein Bildungs-herd für sie aufzufinden ist? Es müßten doch gegebenen Falles Spuren anderer Organismen im Gestein vorhanden sein.

Um darüber Klarheit zu erhalten, wurde ein möglichst feiner Schliff durch eine Probe des Riffkalkes von einer frischen Bruchfläche angefertigt. Betrachtet man diesen

Schliß mit starken Vergrößerungen, so sieht man darin ganz deutlich die Kalkkörperchen nestartig bei einander liegend in Körnchen aufgelöst, etwa die Hälfte der Masse des Schließes bildend und sofort durch ihre sandige Struktur hervorstechend, zur andern Hälfte aber zeigt das Gestein schon Anzeichen von Krystallisation. Der Prozeß der Krystallisation ist indessen noch nicht sehr weit fortgeschritten, da es durch Druck und Pressen mit dem Deckglas gelingt diese Krystallzentren gleichfalls in die kleinen Körperchen aufzulösen, woraus hervorgeht, daß diese Körnchen nur als Fremdkörperchen wirken, um die herum die Krystallisation im Anlegen begriffen ist, ohne bis jetzt die Körperchen selbst in Mitleiden-schaft gezogen zu haben.

Sowohl die mikroskopische Untersuchung der Kalkmilch, wie die Betrachtung der Schließes erweist, daß wir es hier mit einer, wenn ich so sagen darf, fast absoluten Reinkultur zu thun haben. Es fehlen alle Beimengungen, die man zu finden erwarten sollte, wie Schalen von Foraminiferen, Kieselpanzer von Radiolarien, Nadeln von Spongien u. s. w.

Als kalciniert kann man diese Körperchen nicht bezeichnen, da, wie bemerkt, bei Behandlung mit Salzsäure die Proben einen bräunlichen Rückstand hinterlassen, an dem jedoch bei der Kleinheit eine deutliche organische Struktur nicht mehr zu erkennen ist.

Um dem Einwand zu begegnen, daß wir es hier trotz alledem mit Zerreibungsprodukten von Korallen zu thun hätten, wurden Proben frischer Korallenstöcke möglichst fein zerrieben und auf gleiche Weise untersucht. Schon im mikroskopischen Bilde zeichnete sich dieses Korallenkalkpulver durch das mehr eckige und unregelmäßige Aussehen der Kalkkörnchen aus, und auf Zusatz von Säuren löste sich das Pulver auf, ohne einen Rückstand zu hinterlassen.

Man könnte nun vermuten, wir hätten es mit kalkfressenden, also mit kalkzerstörenden Organismen zu thun. Da aber das ganze Gestein eine Art Reinkultur darstellt und sich nur selten eine Muschel oder Schneckenschale darin eingebettet vorfindet, während Korallen ganz fehlen, so ist eine solche Annahme kaum aufrecht zu erhalten. Es ist demnach kein Material vorhanden, dessen sich diese Organismen zum Aufbau ihres Mantels oder Gerüsts bedienen könnten und auch deshalb unwahrscheinlich, weil die eingeschlossenen Konchylien-schalen sich in gutem Erhaltungszustand befinden und keine Zeichen von Zerstörung ihrer Oberfläche erkennen lassen. Auch das ist wohl ausgeschlossen, daß das Auftreten der Organismen eine sekundäre Erscheinung sei, und daß sie nur die leeren Gehäuse oder Kalk-schalen bewohnten.

Wir haben es hier meiner Meinung nach mit kalkbildenden Organismen zu thun, die ihr Kalkgerüst aus dem Meereswasser entnehmen.

Die organischen Reste haben sich erhalten, weil bei dem Mangel an Porosität die eingeschlossenen Reste nicht verwesen und sich auch sonst nicht verändern konnten. Wie früher bemerkt, können Kalklager von großer Mächtigkeit ihre Struktur nur verlieren und in strukturlosen Kalk umgewandelt werden, wenn darin Wasser zu zirkulieren imstande ist. Diese Metamorphose kann aber nicht vor sich gehen, wenn die Zirkulation innerhalb des Lagers erschwert, oder wie auf Aldabra gänzlich verhindert wird.

Deshalb wohl sehen wir im vorliegenden Falle die Organismen fast unverändert, denn wenn sich hier auch ein Beginn der Krystallisation erkennen läßt, so muß man bedenken, daß die Proben doch immer verhältnismäßig oberflächlichen Partien des Riffkalkes, die schon längere Zeit atmosphärischem Einfluß ausgesetzt waren, entnommen wurden und es nicht unwahrscheinlich sein dürfte, daß wir bei Proben aus dem Innern des Gesteins, also z. B. bei Bohrproben, vielleicht noch geringere oder gar keine Anzeichen von Krystallisation finden würden.

Möglich wäre es aber auch, daß schon bei der Ablagerung, ehe eine Verfestigung erfolgte, zur Zeit also, als die obersten Schichten jeweils eine lockere Lage bildeten und vom Wasser durchtränkt wurden, die Krystallisation einsetzte, die aber dann mit dem Festerwerden der Ablagerung und der dadurch hervorgerufenen Verringerung der Porosität ihren Abschluß fand. Ein sicheres Urteil darüber läßt sich nur fällen, wenn man tiefere Lagen durch Bohrungen zu erschließen und die Proben zu untersuchen imstande ist.

Die obersten Partien des Riffkalkes erfahren unter den atmosphärischen Einflüssen, in erster Linie durch die Einwirkung des Regenwassers sowie unter dem Einfluß der Gezeiten eine eigentümliche Umwandlung. Sie werden hart und undurchlässig gegen Wasser und klingen unter dem Hammer. Es beruht dies, wie die Betrachtung eines Schliffes dieser Teile ergibt, auf einer stärkeren Krystallisierung, durch welche die obersten Partien infolge Zwischenlagerung von Kalkkrystallen gefestigt werden. Im Schliff äußert sich dieses eigentümliche Verhalten, indem die innern Schichten sich von den obern durch die größere Anzahl unveränderter oder noch unvollständig umgewandelter Körnchen unterscheiden.

Es lag nahe, an eine beginnende Dolomitisierung des Riffkalkes zu denken, jedoch ergab trotz mehrfacher Versuche die Analyse nur Spuren von Magnesia, so daß also von einer Umwandlung in Dolomit hier nicht die Rede sein kann.

Ob wir es nun hier auf Aldabra bei dem Kalkschlamm der Lagune nur mit Zerreibungsprodukten des austehenden Riffkalkes zu thun haben, die gerade infolge der besonderen Zusammensetzung des Gesteins eine derartig mehlartige Feinheit erlangen, oder ob hier vielleicht noch jetzt andauernd eine Neubildung des Schlammes durch die Thätigkeit lebender Organismen stattfindet, vermag ich nicht zu entscheiden, da ich versäumt habe an Ort und Stelle den Kalkschlamm mikroskopisch zu untersuchen und mir außerdem die ihm entnommenen Proben abhanden gekommen sind. Die Möglichkeit, dafs wir bei Aldabra den Kalkschlamm noch in statu nascendi nachweisen könnten, wäre ja nicht ausgeschlossen. Immerhin dürfte man wohl vermuten, durch Grundproben des umgehenden Meeresbodens Aufklärung darüber zu erhalten.

Soweit war die Untersuchung gediehen, als ich durch die kreideartige Beschaffenheit ähnlicher Bildungen bei Stampitsy in West-Madagaskar dazu geführt wurde, die Kreide¹ in den Bereich meiner Untersuchung zu ziehen, und die dabei erhaltenen Aufschlüsse führten mich dann weiter zum Studium des Tiefseeschlammes, besonders der in so vielen marinen Sedimenten in reicher Menge vertretenen Coccolithen, da sich sofort deren Übereinstimmung mit den kleinsten Elementen des Riffkalkes von Aldabra dem Blick aufdrängte.

Zum besseren Verständnis will ich in nachfolgendem kurz unsere Kenntnis über die Bestandteile der Kreide und des Tiefseeschlammes, speziell des Globigerinenschlickes ins Gedächtnis zurückrufen.

Betrachtet man eine der in den geologischen Handbüchern wiedergegebenen Abbildungen einer Kreideprobe², so erhält man ein vollkommen falsches Bild von der prozentualen Beteiligung der verschiedenen Organismen und anderer Elemente an der Zusammensetzung einer Kreidebank, denn was wir dort abgebildet sehen, sind gewöhnlich Präparate geschlammter Kreide, die uns keinen sicheren Anhalt für die wahre Beschaffenheit der Kreide geben können, da in der Regel die feineren Teile, um die zierlichen Kalk- und Kieselpanzer der Foraminiferen und Radiolarien u. s. w. deutlicher hervortreten zu lassen, fortgeschlammmt worden sind. Vorteilhafter ist es, anstehende Kreide zur Untersuchung heranzuziehen: will man jedoch ganz sicher vorgehen, so ist es das beste, möglichst dünne Schiffe durch rohe Kreide anzufertigen und mit starken Vergrößerungen zu betrachten.

¹ Eine ganze Reihe derartiger Proben verdanke ich der Liebenswürdigkeit des Herrn Direktor Stümcke in Lüneburg, wofür ich mir erlaube ihm an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank abzustatten.

² Credner, Elemente der Geologie, p. 307, Fig. 91.

Man sieht dann sofort, dafs wenn auch die gröfseren Foraminiferen, wie *Globigerina*, *Textularia*, *Rotalia* und andere besonders in die Augen fallen, wir es in der Hauptmasse doch mit kleinsten Kalkkörperchen zu thun haben, die sich bei stärkerer Vergröfserung als mikroskopische, mehr oder weniger dicke Scheibchen von kohlensaurem Kalk erweisen, die ein helleres Centrum einschließen. Ihr massenhaftes Vorkommen in der Kreide war schon Ehrenberg¹ im Jahre 1836 aufgefallen; sie wurden jedoch von ihm für krystallähnliche Konkretionen gehalten und als Krystalloide bezeichnet. Ihre wahre Natur wurde erst 1861 von Sorby² nachgewiesen, der auch ihre Identität mit den aus den Tiefseeschlammproben bekannten kleinsten, als *Coccolithen* bezeichneten Körperchen, erkannte.

Diese *Coccolithen* wurden im Tiefseeschlamm im Jahre 1858 von Huxley³ entdeckt, der ihnen wegen ihrer Ähnlichkeit mit *Protococcus*-Zellen den Namen *Coccolithen* beilegte und uns später auch mit ihrer genaueren Struktur bekannt machte. Neben diesen *Coccolithen* findet man auch gröfsere kugelige Körperchen, jedoch in viel geringerer Menge, die aussehen als ob sie aus vielen *Coccolithen* zusammengesetzt seien und von ihrem Entdecker Wallich⁴ deshalb *Coccosphaeren* genannt wurden. Später zog auch Haeckel⁵ bei seinen Forschungen über den *Bathybius* diese der *Bathybius*gallerte eingelagerten Körperchen in den Bereich seiner Untersuchungen.

Huxley l. c. unterschied unter den *Coccolithen* zweierlei Formen: erstens die einfachen scheibenförmigen, oben konvexen, unten ausgehöhlten, konzentrisch wie Stärkemehl-

¹ Ehrenberg. Monatsberichte der Berliner Akademie; 1836. Mikrogeologie, Leipzig 1854, Taf. XXV. Fig. B. 16.

² Sorby. On the organic origin of the so-called „Chryssaloids“ of the Chalk: *Annals and Magazine of Natural History*, Vol. VIII, Third series, p. 193 ff. London 1861.

³ Huxley. Appendix to: Deep-Sea Soundings in the North Atlantic Ocean, between Ireland and Newfoundland, made in H. M. S. „Cyclops“, Lieutenant Commander Joseph Dayman, in June and July 1857, published by order of the Admiralty.

— On some Organisms living at Great Depths in the North Atlantic Ocean: *Quarterley Journal of microscopical Science*, Vol. VIII. New Series, p. 203—221. Mit 1 Taf. London 1868.

⁴ Wallich. Remarks on some novel Phases of Organic Life, and on the Boring Power of minute Annelids at great Depths in the Sea: *Annals and Magazine of Natural History*, Vol. VIII. Third Series, p. 52—59. London 1861.

— On the Vital Functions of the Deep-sea Protozoa: *The monthly microscopical Journal*, Vol. I, p. 32—41, London 1869.

— Observations on the Cocosphere: *Annals and Magazine of Natural History*, Vol. XIX. Fourth series, p. 342—350. Mit 1 Taf. London 1877.

⁵ Haeckel, E. Beiträge zur Plastidentheorie: *Jenaische Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaft*, Bd. V. p. 499—519 und 1 Taf. Leipzig 1869.

körner geschichteten Discolithen, und zweitens die aus zwei eng verbundenen Scheiben von verschiedener Größe, in der Form einem Manschettenknopf ähnelnden Cyatholithen oder Napfsteine.

Eine Erweiterung unserer Kenntnis dieser Gebilde verdanken wir Oskar Schmidt¹, der geneigt ist, die Discolithen nur für eine besondere Form der Cyatholithen aufzufassen und im Bathybiusschleim des Adriatischen Meeres außer den Coccolithen noch stabförmige, an einem Ende mit einer Scheibe versehene oder mit Kugeln besetzte Körperchen entdeckte, welche er Rhabdolithen benannte.

Während die früheren Beobachter geneigt waren, diese Körperchen für anorganische Gebilde zu halten, gingen später die Anschauungen dahin, daß man es mit lebenden Organismen zu thun hätte, über deren Natur sich jedoch nichts sicheres aussagen ließe, die aber wohl als Algen anzusprechen sein dürften.

Durch die Entdeckung der Coccospaeren durch Wallich l. c., der von Anfang an die organische Natur dieser Gebilde hervorhob und in seinen späteren Abhandlungen stets aufs neue betonte, wurde zwar die Frage ihrer Lösung nähergeführt, der Zusammenhang zwischen Coccolithen und Coccospaeren blieb jedoch in Dunkel gehüllt. Hatte man in den Coccolithen Fragmente der Coccospaeren, oder in den Coccospaeren zusammengeballte Coccolithen vor sich, und welche Beziehungen bestanden zwischen beiden in Hinsicht auf die Entwicklung und Vermehrung?

Seitdem es der Challenger-Expedition gelang im Plankton der tropischen und subtropischen Meere von neuem Coccospaeren aufzufinden und sie ebenso wie die ihnen verwandten Rhabdosphaeren lebend zu untersuchen, werden nach dem Vorgange von Murray² sowohl Coccolithen wie die gleichfalls im Tiefseeschlamm in großer Menge enthaltenen Rhabdolithen als isolierte und zu Boden gesunkene Fragmente der an der Oberfläche des Meeres lebenden Coccospaeren und Rhabdosphaeren angesprochen.

Diese letzteren sind Sphäroide, deren Inneres mit durchsichtiger Gallertmasse angefüllt ist, und deren äußerer Seite Kalkkörper verschiedener Gestalt eingebettet oder aufgesetzt sind, und die als pelagisch lebende Algen betrachtet werden.

¹ Schmidt, O. Über Coccolithen und Rhabdolithen. Sitzungsberichte d. K. Akad. d. Wiss. zu Wien, Jahrg. 1870. Bd. LXII, I. Abt. math. naturw. Klasse. Mit 2 Taf.

² Murray and Renard, Report on Deep-Sea Deposits 1897: Report on the scientific results of the Voyage of H. M. S. Challenger.

Murray and Blackmann. On the nature of the Coccospaeres and Rhabdosphaeres: Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B., Vol. 190 (1898), p. 427—441. Mit 2 Taf.

Die Untersuchungen der letzten Jahre bestätigen zwar die weite Verbreitung dieser Organismen, wenigstens der Coccospaeren, während die Rhabdospaeren bis jetzt nicht wieder aufgefunden wurden; sie ergeben aber auch deren ungemeine Seltenheit im pelagischen Plankton, die in keinem Verhältnis zu den fragmentären Resten in den Sedimenten steht. In allerneuester Zeit wird von Dixon¹ und Ostenfeld² die pflanzliche Natur dieser Gebilde bestritten, und sie werden als Organismen betrachtet, die in die Nähe der Foraminiferen zu stellen seien.

Um nun zu meinen eigenen Untersuchungen überzugehen, so wurden sie, da mir pelagisches Material nicht zur Verfügung stand, an Proben des Tiefseeschlammes angestellt, die von den Lotungen der Challenger-Expedition herstammten, und an Proben, entnommen aus dem Darm verschiedener Tiefseeechinodermata. Erstere verdanke ich dem Entgegenkommen des Herrn Prof. Gerland in Straßburg i. E., der sie seinerzeit von dem Leiter der Expedition Herrn Murray selbst erhalten hatte, letztere Herrn Prof. L. Döderlein in Straßburg i. E., der mir für meinen Zweck in gewohnter Liebenswürdigkeit gestattete, aus dem Darm der ihm von den verschiedenen Tiefseee Expeditionen zur Bearbeitung übergebenen Echinodermen Proben zu entnehmen.

Die Proben in Alkohol wurden entweder in Alkohol untersucht oder, was sich als sehr praktisch erwies, in verdünntes Glycerin übergeführt. Die trockenen Proben wurden mit destilliertem Wasser angesetzt und solange bewegt, bis sich die größeren Bestandteile, hauptsächlich aus Fragmenten von Foraminiferen und anderen kalkschalentragenden Organismen, zu unterst angeordnet hatten. Von den sich nun bei leisem Klopfen wolkenartig erhebenden und das Wasser trübenden feinsten Schlamnteilchen wurden dann mit der Pipette Tropfen auf den Objektträger übertragen und hierauf mit starken Systemen untersucht.

Fast stets erwiesen sich die feinsten Schlamnteilchen der Proben in ihrer Masse aus Coccolithen verschiedener Größe bestehend, jedoch fanden sich auch in manchen Proben Rhabdolithen in so reicher Menge vertreten, daß man bei jeder Einstellung des Mikroskopes mit starker Vergrößerung sicher darauf rechnen konnte eine Anzahl derselben im Gesichtsfeld aufzufinden, während Rhabdospaeren niemals beobachtet wurden. Zuerst schien es, als wären Coccospaeren in Übereinstimmung mit den Beobachtungen früherer Untersucher

¹ Dixon. On the structure of Coccospheres and the Origin of Coccolithes: Proceedings of the Royal society of London, Vol. LXVI (1900), p. 305—316. Mit 1 Taf.

² Ostenfeld. Über Cocosphaera und einige neue Tintinniden im Plankton des nördlichen Atlantischen Oceans: Zoologischer Anzeiger Bd. XXII (1899), p. 433—436 und Bd. XXIII (1900), p. 198—200.

stets in geringer Menge vorhanden, bis es nach Feststellung des Entwicklungsganges der Coccolithen gelang, auch Coccosphaeren in reichlicher Anzahl aufzufinden. Da die Coccolithen und Coccosphaeren den wichtigsten Bestandteil dieser Sedimente bilden, müssen wir sie einer genaueren Besprechung unterwerfen, und wollen zur Ergänzung die in neuerer Zeit von Murray und Blackman, Dixon und Ostenfeld an den pelagisch lebenden, durch ihre bedeutendere Größe ausgezeichneten Formen gewonnenen Einblicke in den Organismus dieser kleinsten Lebewesen herbeiziehen.

Die Coccosphaeren stellen sich bei oberflächlicher Betrachtung als kleine, anscheinend aus einer gelatinösen Kugel bestehende Sphäroide dar, deren Außenseite mit einer Art Panzerung kalkiger Körperchen von gleicher Größe und runder oder oval schüsselförmiger Gestalt besetzt ist. Diese Körperchen unterscheiden sich in ihrer Struktur nicht von Coccolithen und werden deshalb auch von allen Beobachtern als solche angesprochen.

Die Untersuchung dieser Coccolithen, die durchsichtig und ungefärbt sind, wird durch das ihnen eigentümliche Lichtbrechungsvermögen, besonders der zentralen Teile, sehr erschwert, und gelingt erst, nachdem man sie durch Zerdrücken der Mutterkugel isoliert hat. Man erkennt dann, daß sie eine flach schüsselförmige oder scheibenförmige, ovale oder runde Gestalt besitzen und auf einer Seite leicht konvex, auf der anderen leicht konkav sind mit kleinem, klarem Zentrum. In der Mitte der inneren konkaven Seite befindet sich eine verdickte Partie, mit der sie in die Oberfläche der Coccosphaera eingebettet sind.

Allenthalben findet man in den Proben gleiche Scheibchen frei vor und überzeugt sich ohne Mühe von der Zusammengehörigkeit der freien Coccolithen mit denjenigen auf der Coccosphaera. Wir können deshalb mit vollem Recht diese freien Scheibchen zu unserer Untersuchung heranziehen. Ehe wir jedoch ihr ferneres Schicksal und die Verwandlungen, die sie erleiden, weiter verfolgen, was sich natürlich nur durch Kombination der in den Proben vorhandenen verschiedenen Stadien erreichen läßt, wollen wir zuvor den Bau dieser embryonalen Coccolithen unter Zuhilfenahme der stärksten Vergrößerungen genauer studieren.

Wir haben vor uns uhrglasförmige Scheibchen von konvex-konkaver Form, die von oben gesehen einen stark lichtbrechenden Ring mit zentraler Vertiefung einschließen. Von innen gesehen erkennen wir eine mehr oder weniger stark ausgesprochene knopfförmige, sich nach unten wie bei einem Manschettenknopf etwas verbreiternde Verdickung. Haeckel l. c. und nach ihm andere Autoren haben diese mittlere, stark lichtbrechende Partie als

Zentralkorn bezeichnet, doch haben wir es hier mit nichts anderem als mit einer Lichtbrechungserscheinung zu thun.

Wallich l. c. hat dies schon früher betont und durch folgende einfache Betrachtung erläutert. Man denke sich aus farblosem Glas einen Manschettenknopf hergestellt und seine Achse von oben nach unten durchbohrt, und dann in irgend eine Flüssigkeit von hohem Lichtbrechungsvermögen wie Glycerin oder Balsam gelegt und von der Fläche betrachtet. Beim Blick von oben fällt uns zuerst ein kleiner zentraler Ring in die Augen, das Zentralkorn der Autoren, dessen innerer Rand durch den Außenrand des zentralen Ganges gebildet wird und dessen äußerer der Außenlinie des Knopfstieles entspricht. Daran schließt sich nach außen eine sich schwach abhebende, bald schmalere bald breitere Partie, die durch eine zarte aber bestimmte ringförmige Außenlinie abgegrenzt ist, entsprechend der kleineren der zwei Scheiben des Knopfes und bei den Coccolithen in späteren Stadien als granulirte Zone bezeichnet wird; endlich die äußere Randlinie, die der Peripherie der größeren Scheibe entspricht. Auch der Blick von unten ergibt bei der Durchsichtigkeit aller Theile im wesentlichen das gleiche Bild.

Bei der Betrachtung von der Oberfläche läßt die Außenseite der oberen Schale radiäre Streifen erkennen, die bald mehr bald weniger deutlich hervortreten und in sanfter Bogenlinie vom Centrum nach dem Rande der Scheibe verlaufen. Oftmals erscheint auch der Rand der Platte der Streifung entsprechend eingekerbt. Ob wir es hier mit Rinnen oder mit Gängen zu thun haben, läßt sich bei der Kleinheit der Objekte und der Unmöglichkeit Durchschnitte anzufertigen schwer entscheiden. Ich wäre nach Analogie mit dem Zentralkanal geneigt anzunehmen, daß wir es mit Gängen zu thun haben; dafür spricht, daß an Coccolithen, bei denen ein Theil der inneren Schale fortgebrochen und deshalb eine Beobachtung der oberen Schale von innen ermöglicht ist, man diese Streifung ebenso deutlich wahrnehmen kann wie bei der Betrachtung von außen. Eine Streifung der inneren Schale habe ich nicht wahrgenommen.

Diese Coccolithen sind in gewissen regelmäßigen, gleichbleibenden Intervallen zu einander angeordnet und mit der im Centrum ihrer inneren konkaven Seite befindlichen, verdickten Partie auf der Oberfläche der Mutterkugel befestigt; dabei greifen die Ränder ihrer äußeren Schalen derart übereinander, daß jeweils die äußere Schale eines Coccolithen mit ihrer einen Randhälfte frei die nächste überragt, während die andere Hälfte sich unter die vorhergehende schiebt. Jedoch wird dadurch keine lückenlose Panzerung hergestellt, sondern nach Ostenfeld l. c. im gegebenen Falle zwischen drei zusammenstoßenden

Coccolithen ein kleiner Theil des Coccospaerenkörpers freigelassen. Infolge dieser eigenthümlichen gegenseitigen Überdeckung der Coccolithen steht einer Größenzunahme derselben nichts im Wege, ebensowenig wie einer Größenzunahme der Coccospaera selbst.

In welcher Weise sind nun diese Coccolithen auf der Coccospaera befestigt? Als nächstliegendes könnte man vermuten, daß sie von einer den ganzen Organismus umgebenden gemeinsamen Membran eingeschlossen und mit ihrer verdickten inneren zentralen Partie in das Plasma der Coccospaera eingebettet wären. Dies trifft auch das Richtige.

Ich selbst habe zwar diese äußere Membran nicht absolut sicher nachweisen können, da die Untersuchungen bei der außerordentlichen Kleinheit der Objekte (Durchmesser einer Coccospaera der Grundproben etwa $10\ \mu$) mit großen Schwierigkeiten verknüpft sind, indessen spricht für meine Ansicht die Beobachtung von Dixon l. c., der in neuester Zeit Gelegenheit hatte, lebende Coccospaeren des Planktons, die eine bedeutendere Größe besitzen, im Hafen von Valencia an der irischen Küste zu untersuchen. Es lassen sich nach ihm, wenn Coccospaeren gelöst und gefärbt werden, Anzeichen für die Existenz eines außerordentlich feinen Häutchens entdecken, das die Coccolithen bedeckt und die ganze Kugel einschließt.

Unter dem Häutchen finden wir eine lockere Plasmaschicht, in welcher die Coccolithen eingebettet liegen. Nach Ostefeld l. c. erblickt man bei Behandlung mit verdünnter Salzsäure, wobei die Coccolithen verschwinden, nach der Färbung bisweilen in dieser Schicht eine Anzahl Löcher, die in Zahl und Lage den aufgelösten Coccolithen entsprechen, so daß die ganze äußere Schicht des Plasmas der Coccospaera nunmehr ein grobmaschiges Netz bildet.

Das eigentliche Plasma der Coccospaera ist nach Dixon l. c. gegen diese äußere Schleimschicht durch eine durchsichtige Membran ziemlich scharf abgesetzt; sie läßt aber nach aufsen keine ausgesprochene Grenze erkennen, sondern geht unmerklich in die schleimige Masse über, in welche die Coccolithen eingebettet sind. Die inneren Schalen der Coccolithen ruhen auf dieser Membran, die im optischen Durchschnitt manchmal Unterbrechungen erkennen läßt, die aller Wahrscheinlichkeit nach mit den Durchbohrungen, oder vielmehr mit dem Zentralkanal der Coccolithen korrespondierten, so daß also eine Kommunikation des inneren Plasmas der Coccospaera mit dem Plasma der einzelnen Coccolithen durch den Zentralkanal ermöglicht wäre, und dadurch deren Ernährung und Wachstum in die Wege geleitet werden könnte.

Auch ist eine Weiterverbreitung des Plasmas vom Zentralkanal der Coccolithen nach ihren peripherischen Theilen wohl anzunehmen; es erfährt diese Vermutung eine Stütze durch die an lebenden Coccolithen gemachte Beobachtung Dixon's, daß dort, wo der Körper des

Coccolithen mit dem abgeflachten Teil der äußeren Schale in Berührung kommt, man eine Anzahl sehr feiner Durchbohrungen bemerkt, die, soweit herausgebracht werden konnte, mit den radiären Rinnen zwischen den Streifungen der Schale korrespondieren. Es wäre deshalb sehr gut möglich, daß diese Punkte die Enden feiner Gänge darstellen, die auf der Außenseite des Körpers und innerhalb der Schale des Coccolithen verlaufen.

Die lebenden Coccusphaeren erscheinen nach Dixon im Seewasser völlig farblos und lassen keine Anzeichen einer selbständigen Bewegung beobachten. Auch konnten keine Protoplasmafortsätze, weder aus den Öffnungen der Coccolithen noch aus den Lücken zwischen ihnen hervortretend, entdeckt werden.

In welcher Weise haben wir uns nun den Entwicklungsgang dieser Organismen vorzustellen, oder genauer ausgedrückt, wie verwandelt sich der Coccolith in die Coccusphaera?

Wie wir sahen, besteht der Coccolith nach seiner Ablösung von der Mutterkugel aus einem manschettenförmigen Gebilde mit größerer konvexer äußerer Scheibe und verhältnismäßig kleiner unterer Scheibe und äußerst kurzem Verbindungsstück, oder wie man auch sagen kann, aus einem pilzförmigen Gebilde mit sehr kurzem, sich an der Basis scheibenförmig verbreiternden Stiel.

Die Veränderungen, die zunächst zu beobachten sind, betreffen in der Hauptsache die untere Platte und bestehen in einer allmählichen Verbreiterung derselben, so daß sie nunmehr fast bis an den inneren Rand der oberen glockenförmigen Scheibe heranreicht. Mit Ausnahme der zentralen, als Markring und Zentralkorn von früheren Beobachtern beschriebenen Partie sind die übrigen Teile fast völlig durchsichtig, was darauf schließen läßt, daß sie kalkärmer und protoplasmareicher sind als die mittleren Partien.

Die Vorgänge, die mit der Vermehrung in Beziehung stehen, werden damit eingeleitet, daß nach dem Heranwachsen des ausgebildeten Coccolithen zu einer gewissen, innerhalb weiter Grenzen schwankenden Größe, sich die zwischen oberer und unterer Scheibe vorhandene protoplasmareiche Schicht verstärkt und an Breite gewinnt, und nunmehr in sich Granulationen oder einzelne Körnchen erkennen läßt. Es sind derartige Stadien schon von früheren Beobachtern, wie Huxley, Haeckel und Schmidt bemerkt und beschrieben worden; es wurde diese Partie von ihnen als Körnerring, granuliert Zone oder Körnerscheibe bezeichnet. Diese Körnchen nehmen an Deutlichkeit zu und zeigen eine gewisse radiäre Anordnung in ihrer Stellung, die jedoch später nicht mehr hervortritt. Schon frühzeitig sind die Körnchen durch ihr hohes Lichtbrechungsvermögen ausgezeichnet und lassen sich nunmehr als die Zentralkörper der Coccolithen deutlich erkennen.

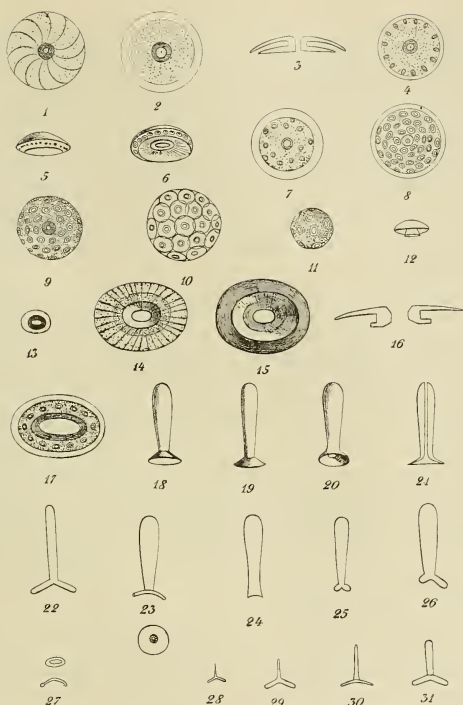


Fig. 1. Coccolithen und Rhabdolithen. Vergr. 1550 fach.

- 1—17. *Coccolithen und Coccospaeren*. 1 Coccolith von oben, 2 von unten, 3 im optischen Durchschnitt, 4 Auftreten radiär gestellter Embryonalcoccolithen, 5 und 6 Coccolithen mit Embryonalcoccolithen von der Seite, 7 und 8 Embryonalcoccolithen verteilen sich über die ganze untere Scheibe, 9 Coccospaera vor der Ablösung mit Zentralteil, 10 größere, 11 kleinere freie Coccospaera, 12 kleiner Coccolith von der Seite, 13 Embryonalcoccolith von der Fläche, 14—17 ovale Coccolithen, 14 von oben, 15 von unten, 16 im optischen Durchschnitt, 17 mit Embryonalcoccolithen.
- 18—31. *Rhabdolithen*. 18—26 Rhabdolithen in natürlicher Lage, 21 im optischen Durchschnitt, 27 Embryonalrhabdolithen, 28—31 Umwandlung in Rhabdolithen durch Hervorsprossen eines zur Keule sich umbildenden Stieles.

Zu gleicher Zeit wächst die Plasmaschicht, welche zwischen den beiden Scheiben hervorquillt und auch die äußere Fläche der unteren Scheibe überdeckt, an Masse, schwillt also gleichsam an und gewinnt die Form eines flachen Kuchens. Bei noch stärkerer Verdickung der Plasmaschicht, die dabei unter der oberen Scheibe eine Art flachgedrückter Halbkugel darstellt, sieht man die äußere Fläche der unteren Scheibe dadurch, daß auch hier Körnchen auftreten, granuliert erscheinen und infolge davon undeutlicher werden. Ob wir es hier mit einer Neubildung von Körnchen zu thun haben oder ob nur durch die stärkere Ansammlung des Plasmas auf der Außenseite der unteren Platte die Körnchen gleichsam von der Peripherie auf die Platte herangezogen werden, müßte an den größeren Formen der Küste untersucht werden.

Wir haben also nunmehr ein flach kuchenförmiges Gebilde von Protoplasma vor uns, in dessen äußere Schicht in gewissen Abständen eine Anzahl stark lichtbrechender Körnchen, die Embryonalcoccolithen, eingebettet sind. An der einen flachen Seite dieses Gebildes finden wir die innere Platte des Muttercoccolithen eingebettet, der durch den Zentralkörper oder Hals des Coccolithen mit der, das Ganze überragenden äußeren Schale des Coccolithen in Verbindung steht.

Ich glaube übrigens nicht, daß man sich die Verbindung beider Schalen als eine absolut starre zu denken hat, sondern es ist eher zu vermuten, daß sie zwar fest, aber dabei doch elastisch sein dürfte, so daß eine Loslösung des Halses mit unterer Scheibe oder der unteren Scheibe allein nicht zu sehr erschwert wäre. Thatsächlich löst sich zuletzt die untere Schale oder auch Scheibe mit dem Hals des Coccolithen und der umhüllenden Protoplasma-masse vom oberen Schild ab.

Es ist dieser Ablösungsprozefs natürlich schwer zu beobachten, und auch künstlich schlecht einzuleiten, weil das Rückenschild sich der Plasmamasse als feine Platte von oben anschmiegt und deshalb kaum zu isolieren ist. Jedoch ist diese Ablösung dadurch sicher gestellt, daß man sowohl diesen unteren losgelösten Teil frei für sich im Sediment vorfindet, wie auch häufig jene obere Glocke ohne untere Scheibe antrifft.

Aus dieser Ablösung geht klar hervor, daß das Rückenschild nichts als ein Deckstück ist und zur Fortpflanzung in keine Beziehung tritt.

Die untere abgelöste Partie haben wir ihrem ganzen Bau nach als jugendliche Coccospaera zu betrachten. Sie besitzt eine flach kuchenförmige oder etwas halbkugelige Form, was daraus hervorgeht, daß wenn man einen Flüssigkeitsstrom auf sie ein-

wirken läßt, sie längere Zeit still liegt und sich dann mit einem Ruck auf die andere Seite dreht; bald jedoch nimmt sie eine mehr sphärische Form an.

Bei der Ablösung besteht die jugendliche *Coccosphaera* aus dem Zentralteil oder Markring des Halses oder der unteren Scheibe, während diese selbst anscheinend durch Auflösung fast ganz unsichtbar geworden ist, und einer kuchenförmigen Masse von Plasma, in deren äußerer Lage eingebettet eine Anzahl kleiner ovaler oder runder Körper von Scheibenform und hohem Lichtbrechungsvermögen liegen, die embryonalen *Coccolithen*. Indem sich nun über der Ablösungsstelle gleichfalls Plasma anhäuft, wird der Rest der unteren Scheibe vom Plasma ebenfalls völlig umschlossen; vorläufig ist er noch nahe am äußeren Rande gelegen, wird aber schließlich völlig nach innen verlagert und scheint der Auflösung anheimzufallen.

Dixon hat derartige Stadien bei den von ihm untersuchten pelagischen Formen beobachtet, bezeichnet aber den Rest der unteren Platte oder des Halses des Muttercoccolithen als inneren Coccolithen und bringt ihn mit der Fortpflanzung in Beziehung.

Nach Dixon l. c. soll dieser innere Coccolith, der bei etwa 80 Prozent der *Coccosphaeren* vorhanden ist, als einfacher ovaler Ring oder ovaler Kragen innerhalb der *Coccosphaera* entstehen; nach seiner Angabe waren in dem von ihm untersuchten Material an litoralen Coccolithen alle Übergänge bis zum kompletten Coccolithen aufzufinden. Seine Beobachtung läßt sich ohne Schwierigkeit mit den oben beschriebenen Entwicklungsvorgängen in Einklang bringen, nur hat seine Deutung der Erscheinungen eine Umkehrung und Berichtigung zu erfahren.

Wie er besonders betont, ist die Stellung dieses inneren Coccolithen eine wechselnde. Im frühesten Stadium der Entwicklung liegt er dem Zentrum der Kugel näher; wenn er reifer wird, kommt er in Berührung mit der inneren gelatinösen Membran und schließlich, wenn seine Bildung vollendet ist, erscheint er in nächster Nähe der äußeren Coccolithen.

Dies ist genau der Vorgang, den wir oben beschrieben haben, nur geht Dixon in der Deutung desselben von einer falschen Voraussetzung aus. Was er als jüngstes Stadium bezeichnet, ist die in Auflösung begriffene untere Scheibe mit Zentralteil oder Hals, die sich, wie wir sahen, ins Innere der *Coccosphaera* verlagert hat; sein älteres Stadium ist die untere Scheibe kurz nach ihrer Ablösung von der oberen, glockenförmigen Platte des Muttercoccolithen.

Dixon zieht aus seiner Beobachtung den Schluss, daß die Coccolithen innerhalb der *Coccosphaera* abgesondert würden und zwar in naher Nachbarschaft des Kernes, dann bei weiterer Ausbildung nach der Pheripherie rückten und schließlich auf die Ober-

fläche ausgestoßen würden, um ihre Stellung unter den Vorgängern einzunehmen. Abgesehen davon, daß man sich dieses Einrücken eines neu gebildeten Coccolithen von innen bei dem festen Bau der Coccospaera mechanisch nicht vorstellen kann, denn es müßte ja dabei naturgemäß eine Verschiebung oder Umlagerung der bereits vorhandenen, ziemlich dicht zu einander gruppierten Coccolithen stattfinden, spricht schon allein dagegen, daß wie Dixon zugiebt, als allgemeine Regel in jeder Coccospaera nur ein innerer Coccolith gefunden wird, manchmal auch ein reifer Coccolith und ein zweiter in sehr frühem Stadium. Da Dixon selbst zugesteht, daß letztere Beobachtung nicht sicher gestellt ist und auf einer falschen Deutung eines Fremdkörpers, oder eines von der Ablösung herrührenden Bruchstückes beruhen kann, so ist auf diese Bemerkung kein großer Wert zu legen. Viel wichtiger dagegen ist, daß nach Dixon der innere Coccolith stets etwas größer ist als die Coccolithen auf der Coccospaera. Er schließt daraus, daß die Coccolithen, welche von einer Coccospaera in früheren Stadien gebildet werden, kleiner sind als jene später entwickelten in älteren Stadien.

Wie wir sahen, erklärt sich jedoch der innere Coccolith Dixon's ganz ungezwungen als Überrest der unteren Platte und des Zentralteiles des Muttercoccolithen, und muß daher auch naturgemäß größer sein als die embryonalen Coccolithen auf der Oberfläche der Coccospaera.

Die Coccospaeren scheinen nach ihrer Ablösung vom Muttercoccolithen keine besondere Größenzunahme mehr zu erfahren, sondern ihre Thätigkeit auf die Ausbildung ihrer Coccolithen zu konzentrieren, während sie selbst zu gleicher Zeit allmählich eine mehr sphärische Gestalt annehmen, Messungen ergaben, daß die größten Coccospaeren denselben Durchmesser aufweisen wie die großen reifen, freien Coccolithen.

Die Größe der ausgebildeten Coccospaeren beträgt im Durchschnitt etwa 10 μ , jedoch findet man vereinzelt auch solche von 13—15 μ Durchmesser, ebenso kleinere bis zu 4 μ herab, was auch gut mit den Angaben von Huxley und Haeckel übereinstimmt. Dementsprechend weisen auch die freien Coccolithen die gleichen Größenverhältnisse auf, nur ist ihre Grenze nach unten eine unbeschränkte.

Die Coccolithen einer Coccospaera haben stets die gleiche Größe, in Bezug auf die Anzahl der Coccolithen einer Coccospaera jedoch findet ein ziemlich weiter Spielraum statt, und dementsprechend tragen gleich große Coccospaeren oftmals verschieden große Coccolithen. Eine Vermehrung der Coccolithen nach der Abtrennung der jugendlichen Coccospaera vom Muttercoccolithen findet anscheinend nicht mehr statt. Da auch außerdem,

wie oben bemerkt, die reifen Coccospaeren in der GröÙe beträchtlich variieren, so erklärt es sich, daß wir nicht nur freie Coccolithen in allen GröÙen, sondern auch verschieden große Coccolithen auffinden, die den gleichen Entwicklungsstand aufweisen.

Während nun die Coccolithen der großen Coccospaeren in sämtlichen Teilen eine große Übereinstimmung mit den typischen Coccolithen aufweisen, zeigen die Coccolithen der kleinen Coccospaeren einige abweichende Verhältnisse. Es ist dies nicht etwas in der besonderen Kleinheit überhaupt bedingtes, sondern es scheint, als ergäben sich Beziehungen zwischen der Anzahl der Embryonalcoccolithen und ihrer Gestalt.

Die größern Coccospaeren tragen 10—12—15 Coccolithen von wohl ausgebildeter, charakteristischer Gestalt. Die kleineren Coccospaeren, die oftmals nur $\frac{4}{10}$ des Durchmessers der großen erreichen, tragen dagegen 30—50 Coccolithen, die jedoch erst nach ihrem Freiwerden die typische Gestalt annehmen.

Diese Embryonalcoccolithen stellen beim Zerfallen der Coccospaera und dem Beginn ihres selbständigen Lebens nichts dar als ausgehöhlte, nhrglasartige, kleine, ovale oder runde Schälchen, von der Form eines Blumentopfuntersatzes etwa, von der Fläche gesehen also flache Scheiben mit ringförmig verdicktem, nach außen etwas ausgebogenem Rand, wie einer bei 13 in der Textfigur 1 abgebildet ist. Im wesentlichen haben wir es nur mit dem Zentralteil der unteren Scheibe und dem Hals zu thun. Von einer Ausbildung der zwei Scheiben des reifen Coccolithen ist noch nichts zu bemerken; sie sind bis jetzt nur durch eine schwache Einkerbung und Umbiegung des Randes nach außen angedeutet. Durch Verdickung der zentralen Partien und Weiteransbildung des umgebogenen Teiles des Randes wird schließlich auch hier die Gestalt des ausgebildeten Coccolithen erreicht.

Diese Embryonalcoccolithen sind in außerordentlich großer Anzahl in den Tiefseegrundproben enthalten, jedoch ist es bei ihrer ungemeinen Kleinheit — sie besitzen im Durchschnitt $\frac{1}{2} \mu$ Durchmesser — äußerst schwer, sich über ihren Bau und ihre Struktur Anklärung zu verschaffen.

Charakteristisch ist für sämtliche Körperchen die eigentümliche Art, in welcher sich bei ihnen nach Behandlung mit destilliertem Wasser die Molekularbewegung äußert. Während ihres fast ununterbrochenen Umhertanzens vollführen sie infolge ihrer etwas schüsselförmigen Gestalt häufig schnelle Wendungen. Für gewöhnlich sieht man sie von der Fläche, manchmal aber stellen sie sich plötzlich auf die hohe Kante und legen sich mit einem Ruck wieder um. Dies im Verein mit der Molekularbewegung giebt ihnen eine eigentümliche Art der Bewegung, an welcher man sie stets wiedererkennt.

Wir haben also anscheinend zwei verschiedene Arten der Entwicklung zu unterscheiden. Erstens die Anlage weniger großer Coccolithen und deren Ausbildung zur typischen Coccolithenform während ihres Verweilens auf der Coccospaera; zweitens die Anlage sehr vieler, aber sehr kleiner Coccolithen und frühzeitiges Freiwerden dieser schüsselförmigen Embryonalcoccolithen und Ausbildung zur typischen Form erst nach dem Verlassen der Coccospaera.

Neben den Coccolithen finden sich in vielen Grundproben in reicher Anzahl stäbchen- oder keulenförmige Gebilde, die im Jahre 1870 von Oscar Schmidt in den Sedimenten des Adriatischen Meeres entdeckt und von ihm Rhabdolithen benannt wurden.

Diese ausgebildeten Rhabdolithen stellen Stäbchen dar von 4—6 μ Länge — vereinzelt kamen auch größere bis zu 10 μ zur Beobachtung —, besitzen eine mehr oder weniger stark ausgeprägte keulenförmige Gestalt und tragen an ihrem dünneren Ende eine scheibenförmige Platte, oder in die Platte eingelagert einen Kranz von vier oder sechs rosettenförmig angeordneten, kurzen Stäbchen. Häufig erblickt man auch derartige Keulen ohne Platte. Oscar Schmidt¹ hat in seiner Arbeit eine ganze Reihe verschiedener Formen abgebildet, und im allgemeinen kann ich seinen Angaben beistimmen.

Über den feineren Bau vermag ich nichts Näheres anzugeben, sondern kann nur die Beobachtung genannten Autors bestätigen, daß anscheinend die Keulen ihrer ganzen Länge nach von einem Zentralkanal durchsetzt sind, der sich in der Scheibe trichterförmig nach außen erweitert. Für gewöhnlich erblickt man die Rhabdolithen nur von der Seite, die Platte also ebenfalls nur von der schmalen Seite, und es ist deshalb sehr schwer dieselbe einer genauen Untersuchung zu unterwerfen, da auch beim Einschluf in Balsam oder Glycerin die Rhabdolithen ihre horizontale Lage beibehalten; nur durch mühevolleres Ausharren gelingt es hin und wieder, bei einem sich auf den scheibenfreien Scheitel stellenden Rhabdolithen einen Blick auf die Fläche der Platte zu werfen.

Man überzeugt sich dann, daß auch bei der Stern- oder Rosettenform die Grundlage durch die Platte dargestellt ist, in welcher die Stäbchen als eine Art Rippen verlaufen, und daß wir es nicht etwa mit frei hervorragenden Spitzen, wie es bei Seitenansicht erscheinen könnte, zu thun haben, sondern daß dieselben in die Masse der Scheibe eingelagert und auch in der Peripherie durch einen zarten Saum miteinander verbunden sind. Für

¹ Schmidt, Oscar. Über Coccolithen und Rhabdolithen: Sitzungsberichte d. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. LXII (1870), I. Abt.

gewöhnlich beträgt die Anzahl dieser Stäbchen 4—6, jedoch findet man auch anscheinend häufig deren nur zwei vor. Nach meinen Beobachtungen beruht dieses Bild auf einer Lichtbrechungserscheinung, und haben wir es in diesem Falle nur mit einer tellerförmigen, etwas ovalen Platte zu thun, deren Seitenteile stärker als gewöhnlich entwickelt sind.

Diese Stäbchen, die bei der Ansicht von der Seite in der Mitte eine leichte Einknickung erkennen lassen, stellen sich bei ihrer Isolierung in Wirklichkeit als in der Mitte etwas vertiefte Scheibchen oder Tellerchen dar, und da man von ihnen bis zu den ausgebildeten Rhabdolithen alle Übergänge aufzufinden imstande ist, haben wir wohl ein Recht sie als Embryonal-Rhabdolithen zu bezeichnen. Nach meinen Untersuchungen dürfte der Entwicklungsvorgang etwa in folgender Weise verlaufen.

Wie vorher bemerkt, besitzt der ausgebildete Rhabdolith eine keulenförmige Gestalt und trägt am verjüngten Ende eine tellerförmige Platte.

Die erste Andeutung von Veränderungen, die mit der Vermehrung in Beziehung zu setzen sind, scheint nun darin zu bestehen, daß in der Wandung des Tellers sich radiär gestellte, ovale, in der Mitte etwas vertiefte Körperchen oder Scheibchen auszubilden beginnen, die in der Ansicht von der Seite als rippenartige Verdickungen sich dem Blick darbieten und die Embryonalrhabdolithen darstellen.

Nach dem Freiwerden nehmen diese Embryonalrhabdolithen etwas an Größe zu, und es beginnt in der Mitte ihrer konvexen Seite eine zarte Spitze hervorzusprossen, oder besser gesagt, es zieht sich hier die äußere Wandung des Tellers stachelförmig aus, nimmt an Stärke mehr und mehr zu und wächst schließlich zu einer Keule aus, während das kleine Tellerchen sich vergrößert, eine mehr rundliche Form annimmt und sich in die Platte des Rhabdolithen umbildet.

Ob nun die Stiele der ausgebildeten Rhabdolithen nach dem Abwerfen oder dem Zerfall der Platten zu Grunde gehen, oder ob sie durch Neubildung einer Platte wiederum zur Vermehrung in Beziehung treten, vermag ich nicht sicher zu sagen, möchte es aber fast vermuten. Es erweckt nämlich häufig den Anschein, als bilde sich nach Abwerfen der Platte am schwächeren Ende der Keule von neuem eine tellerförmige Verbreiterung aus, die zu einer Platte heranwächst, jedoch ist diese Beobachtung nicht ganz sicher gestellt.

Nach Oscar Schmidt besitzen die isolierten Teile des Stäbchenkranzes des Rhabdolithen, also unsere Embryonalrhabdolithen, eine stabförmige oder cylindrische Gestalt, und es erfolgt ihre Umwandlung in den ausgebildeten Rhabdolithen in der Weise, daß während

ihrer Größenzunahme diese Stäbchen an ihrem einen Ende eine knopf- oder kugelförmige Endanschwellung erlangen, um welche herum dann ein Kranz von Kugeln entsteht, die aber selten die Zahl von sechs übersteigen. Für diese Art der Bildung habe ich bei meinem Material keine Anhaltspunkte gefunden, ich hoffe jedoch diese Angaben bei geeigneter Zeit an frischen Grundproben aus den Sedimenten des Adriatischen Meeres auf ihre Richtigkeit prüfen zu können.

Betrachten wir aufmerksam nebeneinander Coccolithen und Rhabdolithen, so drängt sich dem Blick trotz der Verschiedenheit beider Formen doch eine Verwandschaft zwischen ihnen auf, worauf schon Oscar Schmidt in ein paar bisher unbeachtet gebliebenen Zeilen aufmerksam gemacht hat.

Wie wir bei der Beschreibung der Coccolithen sahen, haben wir die größere Schale der Coccolithen nur als ein die übrigen Teile überwölbendes und schützendes Deckstück aufzufassen, das in keine Beziehungen zur Vermehrung tritt. Denken wir uns einmal dieses uhrglasförmige Deckstück fort, so erhalten wir ein Gebilde, das sich ohne weiteres auf einen Rhabdolithen beziehen läßt, nämlich eine Scheibe mit einer auf der Rückseite befindlichen Verlängerung, dem früheren Verbindungsstück der beiden Schalen oder Hals des Coccolithen. Dieses Gebilde entsteht, wenn man von einem Manschettenknopf die obere Platte vorsichtig absprengt; es unterscheidet sich von einem Rhabdolithen nur durch die gedrungene Gestalt, also durch den kürzeren Hals oder Stiel. Auch in Bezug auf die Vermehrung läßt sich eine gewisse Gemeinsamkeit nicht verkennen. Bei beiden ist die untere Scheibe der Ort der Vermehrungsthätigkeit und bei beiden löst sie sich vom Schaft ab.

Wir dürfen also trotz der auf den ersten Blick anscheinend großen Verschiedenheit in der äußeren Form eine Verwandschaft zwischen Rhabdolithen und Coccolithen nicht ohne weiteres von der Hand weisen, und vielleicht bringt uns ein genaueres Studium der Fortpflanzung der Rhabdolithen an frischem Material endgültige Sicherheit über die Beziehungen beider Organismen zu einander.

Von der Challenger-Expedition wurden nun an der Oberfläche der tropischen Meere sphärische, aus einer gelatinösen Kugel bestehende Körperchen entdeckt, die auf ihrer Aufsenseite regelmäßig angeordnete, mit langen Auswüchsen versehene, durch Zwischenräume voneinander getrennte Kalkplatten tragen. Nach der Gestalt der Stacheln unterschieden Murray und Blackman l. c. zwei Arten, *Rhabdosphaera claviger* mit keulenförmigen Auswüchsen und *Rhabdosphaera tubifer* mit scheibentragenden Auswüchsen am distalen Ende.

Die Rhabdolithen der Tiefseesedimente sollen nun nach Auffassung jener Autoren isolierte und zu Boden gesunkene Fragmente dieser pelagischen Organismen sein, und sie unterscheiden dementsprechend in den Grundproben zwei Formen derselben, und zwar *Rhabdolithes claviger* und *Rhabdolithes tubifer*.

Ich kann auf Grund der oben gegebenen kurzen Übersicht über den Entwicklungsgang der Rhabdolithen die Ableitung der Rhabdolithen der Tiefsee von den pelagischen Rhabdosphaeren nicht für erwiesen halten. Zur endgültigen Entscheidung ist es unbedingt notwendig Rhabdosphaeren zur Untersuchung heranzuziehen. Leider fehlte mir das erforderliche Material.

Es scheint mir ausserdem noch manches gegen die Murray'sche Annahme zu sprechen. Erstens einmal sind die Rhabdolithen in vielen Bodenproben in sehr grosser Anzahl vorhanden, und trotzdem wird von der Challenger-Expedition die überaus grosse Seltenheit der Rhabdosphaeren im pelagischen Plankton betont; auch weder von der deutschen Plankton-Expedition, noch von der deutschen Tiefsee-Expedition, noch von anderen neueren Untersuchern des Planktons sind diese Organismen wieder aufgefunden worden. Es läßt sich dies nicht etwa durch ihre besondere Kleinheit erklären, auf Grund deren sie der Beobachtung sich entzogen hätten, denn sie besitzen die gleiche Grösse wie die Coccosphaeren, und hätten deshalb ebensogut wie diese sich in den Fängen vorfinden müssen. Auch ihre bisher behauptete Beschränkung auf die tropischen Meere kann unmöglich zur Erklärung dieser seltsamen Thatsache herbeigezogen werden, denn gerade im Adriatischen Meer sind in den Grundproben Rhabdolithen in ungeheurer Menge vorhanden und dennoch sind bis jetzt in dessen schon vielfach untersuchten pelagischen Plankton Rhabdosphaeren nicht gefunden worden. Man könnte nun einwenden, wir hätten es vielleicht mit Formen zu thun, deren Auftreten einer gewissen Periodicität unterläge, vielleicht im Zusammenhang stehend mit der Vermehrung, oder in periodischen Wanderungen nach der Höhe und Tiefe zu seine Erklärung fände; ich glaube indessen nicht, dafs sich auf diese Weise ihr völliges Fehlen deuten läßt, da sie dann doch wenigstens zu bestimmten Zeiten, oder in gewissen Tiefen, wenn auch selten, hätten aufgefunden werden müssen.

Ferner spricht dagegen, dafs mir in Bezug auf *Rhabdolithes tubifer*, und zwar gerade in Probe 338 der Challengerlotungen, aus der Murray und Blackman eine Probe des Schlammes mit trompetenförmigen Elementen abbilden, die sie als Fragmente von *Rhabdosphaera tubifer* ansprechen, der Nachweis gelang, dafs diese Tuben sich von stacheltragenden Globigerinen herleiten, die in der gleichen Probe vertreten sind, also nicht Fragmente

der *Rhabdosphaera tubifer*, sondern abgelöste Stacheln einer Globigerine darstellen. Damit ist diese Form von der Betrachtung auszuschneiden, und es dürfte auch für die zweite Form die Ableitung in Zweifel gestellt sein, bis ein strikter Beweis für die Zusammengehörigkeit beider Organismen erbracht ist.

Wollten wir wirklich mit Murray alles was als Rhabdolithen und Coccolithen bezeichnet wird, als isolierte und niedergesunkene Fragmente der an der Oberfläche des Meeres lebenden Rhabdosphaeren und Cocosphaeren betrachten, so wären wir gezwungen neben einer Anzahl verschiedener Arten auch eine große Variabilität derselben, und außerdem Verschiedenheiten je nach dem Alter und dem Entwicklungsgrad anzunehmen. Merkwürdig wäre es dann, daß wir so viele Jugendformen in den Sedimenten vorfinden, was sich doch nur durch vorzeitiges Zugrundegehen jugendlicher Rhabdosphaeren und Cocosphaeren erklären ließe, eine Annahme die durch die Beobachtung der pelagischen Formen in keiner Weise begründet wird.

Ich möchte noch bemerken, daß bisher in den Ablagerungen wohl Rhabdolithen aber noch niemals Rhabdosphaeren angetroffen wurden. Murray sucht dies dadurch zu erklären, daß die Rhabdosphaeren sehr leicht in Rhabdolithen zerbrechen, und infolge ihres zarteren Baues und ihrer Verbreitung in den tropischen Meeren rascher in ihre Elemente zerfallen, als die kompakteren Cocosphaeren.

Ich glaube es ist näherliegend, sowohl Rhabdolithen wie Coccolithen als selbständige Organismen aufzufassen, welche einen eigenen Entwicklungsgang durchmachen, den wir zwar nicht direkt beobachten, aber durch Nebeneinanderstellen einer Reihe aneinander-schließender Formen mit einer gewissen Sicherheit folgern können.

Neben den sich bei genauerer Betrachtung als Coccolithen, Rhabdolithen, Globigerinen etc. ausweisenden Bestandteilen enthalten die leichter schwebenden Partien des Tiefseeschlammes häufig noch flockige Klumpen von körnigem Aussehen, die den Eindruck erwecken, als beständen sie aus zusammengeballten oder geronnenen Häufchen von Protoplasma, denen in Unmenge Körnchen eingelagert seien.

Ob wir es dabei mit natürlichem Bathybius zu thun haben, oder mit jenem amorphen gallertartigen Niederschlage von schwefelsaurem Kalk, der wie Buchanan¹ nachgewiesen hat durch Einwirken größerer Mengen starken Alkohols auf Seewasser entsteht, vermag ich nicht zu sagen, will auch auf diese ganze Frage an dieser Stelle nicht eingehen; bemerken will ich dagegen, daß es gelingt, die eingelagerten Körnchen auf kleinste Coccolithen und

¹ Buchanan. Preliminary Reports on Chemical Works done on board H. M. S. Challenger: Proceed. of the Royal Society, Vol. XXIV (1876), p. 605—606.

Embryonalcoccolithen zurückzuführen, denn beim Druck auf das Deckgläschen zerfällt die ganze Masse, und es lassen nunmehr diese Körnchen ihre Natur als Coccolithen erkennen.

Es dürfte nach allem was wir sahen wohl außer Frage sein, daß wir bei Rhabdolithen und Coccolithen lebende Organismen vor uns haben, und nicht kalkige Niederschläge in abgestorbenem organischen Plasma, wie auf Grund der Harting'schen Versuche von einigen Seiten angenommen wurde. Harting¹ hat nämlich in künstlicher Weise, durch langsame Fällung von kohlen saurem Kalk bei Gegenwart von eiweißartigen tierischen Substanzen, zahlreiche Kalkgebilde hergestellt, die eine große Ähnlichkeit mit Coccolithen besitzen sollen. Abgesehen davon, daß man vergebens nach einer Erklärung suchen würde für die Herkunft der nötigen Eiweißmassen am Grunde des Meeres, die man früher vielleicht in der seitdem hinfällig gewordenen Annahme der Anwesenheit des den Meeresboden in großen Tiefen überall überziehenden Bathybius hätte finden können, besitzen die von Harting abgebildeten Calcosphärite fast gar keine Ähnlichkeit mit typischen Coccolithen, und ließen sich allerhöchstens mit Embryonalcoccolithen vergleichen. Harting gesteht übrigens selbst (p. 67), daß er niemals Gelegenheit gehabt hätte natürliche Coccolithen aus den Ablagerungen am Meeresboden zu untersuchen.

Man ist auch durch nichts berechtigt diese Organismen als Algen anzusehen, wie es in neuerer Zeit besonders von Murray und Blackman l. c. geschehen ist.

Nicht nur, daß es bisher nicht möglich war, die Angaben genannter Autoren zu bestätigen, und etwas in jenen Organismen aufzufinden, was sich als Chromatophor ansehen ließe, ist es im Gegenteil vor kurzem Dixon² und zu gleicher Zeit Ostenfeld³ gelungen, in den Cocosphaeren einen Kern nachzuweisen, während die Nachforschungen nach Chromatophoren erfolglos waren. Gerade Ostenfeld verdanken wir den Nachweis eines großen, etwa kugeligen Zellkernes, der durch Färbung (Safranin oder besser Hämatoxylin) deutlich hervortritt, und mit dunkeln, regelmäßig verteilten Punkten versehen, in dem eigentlichen Plasma gelegen ist.

¹ Harting, P. Recherches de morphologie synthétique sur la production artificielle de quelques formations calcaires organiques: Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen. XIII. Deel. Amsterdam 1873.

² Dixon, H. On the structure of Cocosphaeres and the Origin of Coccoliths: Proceedings of the Royal Society of London, Vol. LXVI (1900), p. 305—315.

³ Ostenfeld. Über Cocosphaera und einige neue Tintinniden im Plankton des nördlichen Atlantischen Oceans: Zoolog. Anzeiger 1899, Bd. 22, p. 434—436, und 1900, Bd. 23, p. 198—200.

Es liegt deshalb wohl näher sie mit *Ostenfeld* als den Foraminiferen verwandte Rhizopoden anzusprechen, in deren Gemeinschaft sie auch stets gefunden werden, und die vielleicht am besten in die Nähe der Globigerinen zu stellen wären. Natürlich darf man dann die Coccolithen nicht als Kalkplatten des Gehäuses dieser Organismen auffassen, sondern man muß sie als Primordialzellen oder Embryonalzellen der *Coccosphaeren* betrachten.

Gegen die pflanzliche Natur spricht von vornherein auch die ausgedehnte Verbreitung dieser Organismen nach der Tiefe zu.

Nur bis zu der Tiefe, bis zu welcher das Sonnenlicht eindringt, ist eine assimilatorische Thätigkeit ermöglicht, und soweit wir bis jetzt Kenntniss von dem Vordringen des Lichtes in tiefere Wasserschichten besitzen, dürfen wir annehmen, daß unterhalb 500 Meter absolute Finsternis herrscht; man kann deshalb mit Sicherheit behaupten, daß die untere Grenze für die Verbreitung lebender pflanzlicher Organismen zwischen 300—400 Meter gelegen ist. Es ist ein Verdienst der deutschen Tiefsee-Expedition, gerade auf die Frage über die Tiefenverbreitung des pflanzlichen Planktons eingehendes Studium verwendet zu haben, und ich folge daher in nachstehendem der von Prof. Chun gegebenen Schilderung der Ergebnisse dieser Untersuchungen.

Die niederen pflanzlichen Organismen bedürfen für ihre assimilatorische Thätigkeit des Lichtes und gedeihen deshalb bei etwa 80 m Tiefe in großer Üppigkeit; nur wenige Formen finden ihre Lebensbedingungen in größerer Tiefe und vermögen unter der stark abgedämpften Beleuchtung zu existieren, und unterhalb 400 m bis zum Grunde vermögen keine pflanzlichen Organismen mehr zu gedeihen. Es ist also das pflanzliche Plankton auf eine außerordentlich dünne Schicht angewiesen und schwindet unterhalb 400 m völlig. Der massenhaft an der Oberfläche gebildete pflanzliche Detritus sickert langsam in tiefere Schichten hinab. Der konservierenden Kraft des kalten Seewassers ist es zuzuschreiben, daß das Protoplasma nicht sofort zersetzt wird, sondern mehr oder weniger verändert und von der Schale umschlossen auch noch in tiefere Schichten gelangt, häufig noch so wohl erhalten, daß nur die veränderte Gruppierung der Chromatophoren darauf hindeutet, daß es sich um bereits abgestorbene Organismen handelt.

Diese Reste ermöglichen es den in mittleren Tiefen lebenden pelagischen tierischen Formen ihr Dasein zu fristen. Auch diese in den mittleren Wasserschichten reichlich vorkommenden Organismen sterben ab und sinken zu Boden, ihre Leiber sind es, die nun wieder den in den tiefsten Schichten lebenden Arten zur Beute fallen. So giebt es sich,

dafs keine Wasserschicht vollständig der organischen Stoffe entbehrt, welche den dort lebenden Organismen die Existenz ermöglicht.

Eine unversiegle Nahrungsquelle fließt auf diese Weise den auf dem Grunde angesiedelten Tiefseeorganismen zu. Alles was aus oberflächlichen, mittleren oder tiefen Schichten abgestorben und halb oder ganz zersetzt bis zur Tiefe gelangt, ebenso was unmittelbar über dem Meeresboden lebend flottiert, fällt der Grundfauna zur Beute. Je größer das Quantum an organischer Substanz ist, welches an der Oberfläche produziert wird und wie ein feiner Regen in tiefere Schichten niederrieselt, desto üppiger entfaltet tritt uns die pelagische Tiefseefauna entgegen, desto reichhaltiger ist das Leben auf dem Grunde ausgebildet. Alle Wahrnehmungen weisen unzweifelhaft darauf hin, dafs die Grundfauna in direktem Abhängigkeitsverhältnis zu der Produktivität der oberflächlichen Schichten steht, und dafs in letzter Linie der gesamte Bestand der Tiefseefauna des Meeres auf die von den meist pflanzlichen, mikroskopisch kleinen Organismen, an der Oberfläche gebildete Ernährung angewiesen ist. Der Meeresboden ist deshalb eine riesenhafte Grabstätte für alles was an der Oberfläche seine Lebensart verrichtete.

Die organische Substanz zwar wird beim Niedersinken umgewandelt und fällt zum größeren Teil tiefer lebenden Organismen zur Beute, denen sie die Existenzfähigkeit sichert, aber die anorganischen Schalenreste erweisen sich als widerstandsfähiger und sinken fast unverändert in die Tiefe¹. Die etwaige Annahme nun, dafs durch diesen Regen von anorganischen Bestandteilen, der seit unvordenklichen Zeiten niederrieselt, alles organische Leben in dem sich derart am Boden anhäufenden feinen Schlamm ersticken müßte, wäre unzutreffend.

Man darf sich nur den kleinsten Teil der Grundfauna als direkt an das Leben im Schlamm angepaßt denken, deren weitaus größere Masse lebt, wie man sich vorstellen muß, nicht im Schlamm selbst, sondern bewohnt nur die oberflächlichsten Schichten desselben, schwebt zum Teil über dem Boden und bildet eine Art Bodenplankton. Es ist also diese ganze Schicht nicht starr und tot, sondern bei dem andauernden Bestreben aller lebenden Organismen sich der niedersinkenden Sedimente zu erwehren, in steter Bewegung und Umwandlung, wobei naturgemäß die feinen Sedimente tiefer und tiefer gelagert werden. Es werden daher, um ein Beispiel herauszugreifen, die lebenden Foraminiferen stets die oberflächlichsten Schichten des Meeresgrundes einnehmen und die abgestorbenen.

¹ Chun, C. Aus den Tiefen des Weltmeeres. Schilderungen von der deutschen Tiefsee-Expedition.

Jena 1900, p. 260.

Abhandl. d. Senckenb. naturf. Ges. Bd. XXVI.

von der Oberfläche herabgesunkenen Schalen und Schalenreste in tieferen Lagen zur Ruhe gelangen.

In gleicher Weise haben wir uns die Lebensbedingungen der in der Tiefe lebenden Coccolithen und Rhabdolithen vorzustellen, also weniger im Schlamm selbst lebend als in gewisser Höhe über demselben schwebend und dem Bodenplankton zugehörend.

Neben dem Leben in der Tiefe darf auch das Vorkommen unserer Organismen, wenigstens der Coccospaeren und Coccolithen, an der Oberfläche des Meeres als gesichert gelten. Jedoch möchte ich zu bedenken geben, ob nicht die allgemein gültige Annahme, daß diese Oberflächenformen dem pelagischen Plankton zuzurechnen seien, eine Einschränkung zu erfahren hätte, und wir nicht vielmehr Organismen vor uns haben, die normalerweise an die Nähe der Küste und des Meeresbodens gebunden seien. Natürlich ist dies nicht so zu verstehen, als müßten diese Formen direkt im Schlamme der Küstensedimente leben, sondern sie könnten ihren Stützpunkt besitzen an Algen, Seegras u. s. w.

Gegen die Auffassung als pelagische Form der Hochsee spricht, daß wie Murray l. c. selbst zugesteht, die Seltenheit der Coccospaeren in keinem Verhältnis steht mit der Häufigkeit der Fragmente in der Tiefe. Auch der deutschen Plankton-Expedition gelang der Nachweis dieser Organismen im Plankton nicht, ebensowenig wie derselbe trotz der geradezu ungeheuren Menge der Coccolithen im Schlamme des Adriatischen Meeres sich bis jetzt für das Plankton des Mittelmeeres hätte führen lassen.

Dagegen wurde gerade in neuerer Zeit durch Joly und Dixon¹ das Vorkommen von Coccolithen in den Küstengewässern von Dublin nachgewiesen, und es wird von den Verfassern der Reichtum dieser Organismen an gewissen Stellen betont. So ergab an einem ruhigen Tage eine Probe, drei englische Meilen von der Küste, 200 Coccolithen in jedem Kubikzentimeter des Seewassers. Auch Coccospaeren wurden gefunden, jedoch erschienen diese sehr selten im Vergleich mit dem Überflus an Coccolithen. Später entdeckte Dixon l. c. im Hafen von Valentia (Grafschaft Kerry) diese Organismen in großer Menge auf marinen Algen. Nach ihm enthält jede aufs Geratewohl gesammelte Probe der Seegewächse verschiedene Hunderte von Coccospaeren und unzählige Coccolithen. Am besten verschafft man sich dieselben, indem man von den Seegewächsen das Sediment in Seewasser, Formol, Alkohol, oder in Seewasser und Osmiumsäure abwäscht, und den Bodensatz untersucht.

¹ Joly und Dixon. Coccolithes in our Coastal Waters, Nature, Bd. LVI, London 1897, p. 468.

Diese Beobachtung ist nicht neu, denn schon G ü m b e l¹ gelang es 1870 bei Durchsicht der an seichten Küstenrändern fast aller Meere vorkommenden Algen, Hydrozoen, Korallen u. s. w. wie sie jede zoologische Sammlung beherbergt, in der Unterlage, welcher diese Organismen aufgewachsen sind, in zahlreichen Fällen Coccolithen aufzufinden. Auch Haeckel l. c. hat vor dem Hafen der kanarischen Insel Lanzerote in den Armen der Myxobranchien in Mengen Gebilde beobachtet, die ihrem Aussehen nach vollkommen Coccolithen und Cocosphaeren gleichen, und ich möchte mich seiner Vermutung anschließen, daß wir es hier vielleicht mit Ablagerungen von Cocosphaeren und Coccolithen zu thun haben, die mit der Nahrung aufgenommen worden sind.

Für die Auffassung als litorale Form spricht auch die Neigung dieser Organismen sich an anderen Organismen festzuheften. Es wurden zwar von der Challenger-Expedition Cocosphaeren freischwimmend auf der Hochsee angetroffen, für gewöhnlich jedoch dem protoplasmatischen Körper der Radiolarien und Foraminiferen angeheftet, und wenn man über Nacht in einem Eimer mit Seewasser ein paar Fäden hängen liefs, so konnte man am Morgen bei sorgfältigem Nachsuchen gewöhnlich einzelne Exemplare entdecken, die an ihnen hafteten. Auffällig war auch, daß so viele leere Schalen, also abgestorbene Cocosphaeren aufgefunden wurden.

Wenn wir, trotzdem wir es mit einer Küstenform zu thun haben, dennoch im pelagischen Plankton diese Organismen auffinden, so läfst sich das leicht verstehen. Durch die Bewegung des Wassers infolge der Brandung und besonders bei Stürmen, werden sie von ihrem Standort losgespült und vermöge ihres, dem des umgebenden Wassers annähernd gleichen spezifischen Gewichtes, weit in die See hinausgetrieben, wo sie sich mit dem pelagischen Plankton vermischen.

Während die Coccolithen fast überall nachzuweisen sind, eine durch fast nichts behinderte Verbreitung besitzen, und sich anscheinend unempfindlich zeigen gegen die verschiedenen Existenzbedingungen, wie sie durch die Temperatur, den Salzgehalt, die Belichtung, das spezifische Gewicht und den Druck bedingt werden, der nach Chun in 5000 Meter Tiefe etwa 500 Atmosphären beträgt, scheinen die Rhabdolithen mehr an die Tiefe gebunden zu sein. Ich halte es jedoch für recht gut möglich, daß auch sie bei genaueren Nachforschungen sich als Bewohner der Küstengewässer herausstellen und dürften darauf hinizielnde Untersuchungen in erster Linie in den Küstengewässern des Adriatischen Meeres, in dessen Sedimenten der

¹ G ü m b e l. Coccolithen (Bathybius) in allen Meerestiefen und in den Meeresablagerungen aller Zeiten: Das Ausland, 43. Jahrg., 1870, p. 763—764.

große Reichtum von Rhabdolithen durch Oscar Schmidt l. c. nachgewiesen wurde, einzusetzen haben.

Die Coccolithen und Rhabdolithen haben zwar eine ungemein weite, aber keine unbegrenzte geographische Verbreitung. Sie sind nicht nur auf die tropischen Meere beschränkt, sondern finden sich auch in den gemäßigten Regionen und bilden dort einen großen Prozentsatz des Globigerinenschlammes, fehlen aber in den Polar- und Südpolargegenden, denn sie nehmen nach den Sondierungen des Challenger vom Cap der guten Hoffnung an rapide an Zahl ab, um endlich ganz zu verschwinden. Den Coccolithen scheint eine weitere Verbreitung zuzukommen als den Rhabdolithen. Letztere finden sich zwar in großer Menge in den Sedimenten des Adriatischen Meeres, werden aber weder von Haeckel l. c. noch von Huxley l. c. erwähnt, denen Grundproben aus dem nördlichen Atlantischen Ocean vorlagen. Übersehen worden können sie von beiden Beobachtern wohl kaum sein, da die einzelnen Bestandteile des Globigerinenschlickes angeführt werden, und diese merkwürdigen Gebilde, wenn vorhanden, sicher eine Erwähnung gefunden hätten. Es wäre deshalb sehr erwünscht, auf Grund des Materials der Lotungen, besonders der des Challenger und der deutschen Tiefsee-Expedition, ein Bild über die tatsächliche Verbreitung dieser Organismen zu gewinnen.

Auch in Bezug auf die Tiefe ist die Verbreitung unserer Organismen an eine gewisse Grenze gebunden, die sie nicht überschreiten können, denn wenn auch die Coccolithen und Rhabdolithen in sehr große Tiefen hinabgehen, so fehlen sie doch in den tiefsten Abgründen des Meeres.

Es hat dies seinen Grund darin, daß, wie bekannt, das Wasser unter starkem Druck die Fähigkeit besitzt, größere Mengen von Kohlensäure als sonst in Lösung zu behalten, und diese in größeren Tiefen reichlich vorhandene Kohlensäure löst nun sämtliche kalkigen Elemente auf.

Infolge dessen wandelt sich nach Thomson l. c. in Tiefen von etwa 5000 Metern an die Beschaffenheit des Tiefseeschlammes allmählich um und geht unter gleichmäßiger Verminderung der kalkigen Bestandteile in einen äußerst feinen, rotbraunen Thon über, der für die größten Tiefen charakteristisch ist. Es müssen daher nach diesen Tiefen zu die kalkschalentragenden Organismen des Bodenplanktons mehr und mehr zurücktreten und für die Bildung der Sedimente endlich völlig an Bedeutung verlieren, bis sie schließlich ganz verschwinden, sodas wir uns die Sedimente der größten Tiefen gebildet denken müssen aus den von oben herabgesunkenen unlöslichen Resten von Organismen, die in größerer Höhe über dem Grunde leben mit nur geringer Beteiligung eines Bodenplanktons oder ohne ein solches.

Wie wir sahen, bilden neben Foraminiferen die Rhabdolithen, und besonders die Coccolithen in ihren verschiedenen Entwicklungsstadien einen wesentlichen, je nach der Region an Bedeutung wechselnden Bestandteil des Globigerinenschlammes, der große Gebiete des Meeresbodens bis zu gewissen Tiefen bedeckt. Die gleiche Beteiligung dieser Organismen ist man imstande an der Zusammensetzung der Kreide zu konstatieren, und G ü m b e l¹ gelang durch systematisch darauf gerichtete Untersuchungen der Nachweis der Coccolithen in fast allen Modifikationen der verschiedenen Kalkgesteine und aufschlammbaren Mergel, zum Teil in solcher Menge, daß sie, wenn nicht die Hauptmasse bildend, so doch unzweifelhaft einen sehr wesentlichen Anteil an der Zusammensetzung des Kalkes oder Mergels nehmen.

Diese Beobachtung hat auch ihre praktische Seite. Bis jetzt ist es nämlich nicht gelungen, Coccolithen etc. in Süßwasserablagerungen aufzufinden, auch fehlen dieselben nach G ü m b e l, der eingehend die Ablagerungen am Grunde unserer Gebirgsseen untersucht hat, in dem Tiefseeschlamm unserer Alpenseen. Wir haben es daher wohl unzweifelhaft mit einer marinen Form zu thun. Man kann deshalb das Vorhandensein von Coccolithen in den Mergelablagerungen etc. als sicheren Beweis ihrer Entstehung im Meere ansehen, und gewinnt dadurch ein Hilfsmittel, wenn auch vielleicht nur für die lockeren tertiären Ablagerungen, um bei Zwischenschichten mit Meereskonchylien inmitten von Süßwasserschichten beurteilen zu können, ob die Meerestierreste nur eingeschwemmt sind, oder ob die sie beherbergenden Ablagerungen aus einer Überdeckung durch Meeresfluten entstanden sind.

Diese Organismen sind, wie bemerkt, in den oben genannten Sedimenten marinen Ursprunges nicht bloß nachzuweisen, sondern dokumentieren sich durch ihr massenhaftes Vorkommen und ihre erstaunlich weite Verbreitung als eins der wesentlichsten Glieder der gesteinsbildenden Substanzen. Wenn sie auch heutzutage in manchen erhärteten kalkigen Meeresablagerungen, besonders den älteren, nicht mehr wahrgenommen werden können, so ließe sich dies ja durch die Umwandlungen erklären, welche sie erfahren haben und durch die sie unkenntlich gemacht oder auch völlig zerstört worden sind, und der Schluß ist nicht von der Hand zu weisen, daß sie auch hier ursprünglich einen mehr oder weniger wesentlichen Teil der Kalkmasse ausgemacht hätten. Man darf daher der Meinung G ü m b e l's zustimmen, daß neben Foraminiferen die Coccolithen die wichtigsten Erzeuger mariner Kalksteine sind.²

¹ G ü m b e l, C. W. Vorläufige Mitteilungen über Tiefseeschlamm: Neues Jahrbuch f. Mineralogie etc., Jahrg. 1870, p. 753–763.

² — — Coccolithen im Eocän, fehlen dem Tiefseeschlamm unserer Alpenseen: Ibidem, Jahrg. 1873, p. 299–302.

Ich möchte diesen Ausspruch jedoch zu folgender Fassung erweitern: Ein großer Teil der marinen Kalksteine wurde gebildet unter wechselnder prozentualer Beteiligung der Foraminiferen und der Coccolithen und ihrer Elemente; je nach dem Überwiegen oder auch völligen Fehlen einer Gruppe erhalten wir Globigerinenkalk, Kreide oder homogenen Riffkalk wie auf Aldabra.

Ich nehme nämlich keinen Anstand jene kleinsten Organismen, die den Riffkalk von Aldabra zusammensetzen, gleichfalls für Coccolithen zu erklären, denn sie zeigen die charakteristischen Eigenschaften derselben, auch das den fossilen Formen eigentümliche Lichtbrechungsvermögen, und besitzen wie diese die Form flacher Schalen oder Tellerchen oder dicker flacher Scheibchen mit zentraler Verdickung. Ausgezeichnet sind sie durch ihre ungemeine Kleinheit und ihre gedrungene Gestalt. Das gleiche findet sich übrigens auch in der Kreide und anderen marinen Kalken. Es wäre immerhin möglich, daß beim Fossilwerden der Coccolith eine kompaktere Form erhält, dadurch nämlich, daß das protoplasmareichere Deckstück zum größeren Teil schwindet, und nur die zentralen Teile, wie Hals und Mitte der Scheiben, erhalten werden, auch ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß sie sich beim Fossilwerden reichlicher mit Kalk imprägnieren und daher ihr dunkleres Aussehen und ihre kompaktere Form herrühren könnte.

Die einfachste Erklärung jedoch findet man, glaube ich, wenn man annimmt, daß wir es tatsächlich in der Hauptsache nur mit kleinsten Coccolithen und Embryonalcoccolithen zu thun haben mit geringen Beimengungen der zentralen Teile größerer Coccolithen. Eine Stütze erfährt diese Annahme durch folgenden Versuch. Verteilt man Kalkmilch einer Grundprobe der Tiefsee-Expeditionen auf dem Objektträger und läßt dieselbe unter dem Deckgläschen langsam eintrocknen, so daß die ganze Masse ein fein verteiltes Pulver darstellt und betrachtet dann das Präparat, so wird man erstaunt sein über das nunmehrige Hervortreten von Embryonalcoccolithen, von denen man vorher fast nichts bemerkte. Besonders in den ausgebildeten größeren Coccolithen, bei denen man vorher infolge ihrer Durchsichtigkeit von ihrer Anwesenheit nichts wahrnahm, drängen sie sich nunmehr dem Blick förmlich auf, und erst jetzt erhält man einen richtigen Begriff von dem großen Anteil, den sie an der Zusammensetzung der Sedimente haben. Auch in der Kreide sind sie in gleicher Massenhaftigkeit vorhanden, nur wird ihre Wichtigkeit dem Blick etwas verschleiert durch die Anwesenheit der Schalen anderer Organismen, die die Aufmerksamkeit von ihnen ablenken. Durch Druck gelingt es

dann häufig die größeren Cocolithen zum Verfall zu bringen, also zu einer Art Auflösung in ihre Embryonalcocolithen.

Ich glaube, daß auch beim Fossilwerden ein ähnlicher Vorgang stattfinden dürfte, und daß infolge der beginnenden Krystallisation die größeren Cocolithen eine Umwandlung und einen Zerfall erfahren haben, und dadurch zum größeren Teil verschwunden sind, während sich die Embryonalcocolithen und kleinsten Cocolithen durch ihren einfacheren Bau ziemlich unverändert erhalten haben.

Wie es sich nun erklären läßt, daß wir auf Aldabra eine Art Reinkultur der Cocolithen vor uns haben, vermag ich vorerst nicht anzugeben. Thatsache ist, daß jene Beinnungen von Resten kalkschalentragender Organismen, die in der Kreide und im Globigerinenschlamm einen bedeutenden Bruchteil des Sedimentes bilden, hier nicht nachzuweisen sind. Sie sind wohl auch niemals vorhanden gewesen, denn gegen die Annahme, daß die Schalen der Kalkbildner durch die Thätigkeit der Cocolithen aufgebraucht und gelöst worden wären, spricht außer deren gemeinsamen Vorkommen in den übrigen Sedimenten auch der gute Erhaltungszustand der spärlich im Aldabrariffkalk eingeschlossenen Konchylienschalen. Aber auch die Kieselpanzer der Radiolarien und Diatomeen etc. fehlen. Es sind dies zum größten Teil Bewohner des pelagischen Planktons, und es läge, um diese Erscheinung zu erklären, immerhin die Möglichkeit nahe, daß dieselben im Plankton des großen Ostpassatstromes in so geringer Menge vorhanden wären, daß sie bei der Bildung der Sedimente überhaupt nicht in Betracht kämen, und sich auf diese Weise ihr Fehlen erklären ließe. Aufschluß darüber könnte nur zu erlangen sein durch Untersuchung des Planktons des großen Passatstromes bei gleichzeitigem Studium von Grundproben aus diesem Teil des Indischen Oceans.

Murray l. c. p. 436 hält in den Sedimenten und in der Kreide und anderen marinen Ablagerungen nur das als Cocolithen erwiesen, was eine doppelte Struktur aufweist, also zwei durch einen zentralen Hals verbundene Glieder besitzt, und verwirft alles, was sonst als Discolithen etc. aufgefaßt wird, als nicht hierher gehörig. Wie uns jedoch die Entwicklung dieser Organismen gelehrt hat, dürfte sich diese Auffassung nicht aufrecht erhalten lassen.

Bemerken möchte ich noch, daß meiner Meinung nach gerade Aldabra ein Beispiel dafür ist, daß sich Ansammlungen in Gestalt ausgedehnter, aber isolierter Kalkbänke überhaupt nicht erklären lassen durch die Thätigkeit pelagischer Organismen, sondern daß dabei lokale, an Ort und Stelle in der Tiefe wirksame Kräfte in Aktion getreten sein müssen. Gehen wir von der Ansicht aus, daß alle Elemente der Kalkbildner der Tiefsee von der

Oberfläche des Meeres herstammen, so läßt sich wohl, solange die Lebensbedingungen an der Oberfläche dieselben bleiben, durch die herabsinkenden Reste kalkschalentragender oder kalkabsondernder Organismen eine gleichmäßige Anhäufung über weite Strecken des Meeresbodens verstehen, aber niemals die Entstehung mächtiger Bänke im offenen Meer erklären. Es müßten vielmehr, gerade weil die niederen Organismen in den pelagischen Strömungen des offenen Meeres flottieren, auch ihre außerordentlich feinen Reste, die eine gewisse Zeit brauchen um hinabzusinken, in gleichmäßiger Weise im Passatstrom z. B. und infolge dessen auch in den Sedimenten verteilt sein und einer lokalen Ansammlung an einer Stelle vorgebeugt werden. Ganz etwas anderes wäre es natürlich, wenn derartige Ablagerungen sich in einer ruhigen Bucht vorfänden, in welche die Meeresströmung fortgesetzt pelagische Tiere hineintreibt; dies ist aber hier nicht der Fall, da sich gerade diese Bänke im Bereich der großen Meeresströmungen vorfinden.

In welche Tiefen haben wir nun den Vorgang der einstigen Bildung solcher fossiler Kalklager im Meere zu verlegen? Einen Maßstab für die untere Grenze dafür erhalten wir durch die früher erwähnte Eigenschaft des kohlensäurehaltigeren Wassers der größeren Tiefen die Gehäuse kalkabsondernder Organismen aufzulösen. Es ist daher bei dem guten Erhaltungszustand der Coccolithen und Foraminiferen anzunehmen, daß wir die Hauptbildungsstätte dieser marinen Kalkablagerungen nicht in den bedeutendsten Tiefen des offenen Meeres zu suchen haben, sondern daß wir es mit Ablagerungen zu thun haben, bei denen eine Tiefe von etwa 5000 Metern nicht überschritten wurde.

Es scheint übrigens das Auftreten der Coccolithen allein, als Bildner großer Kalklager eine Erscheinung zu sein, die in früheren geologischen Epochen eine größere Rolle gespielt hat, und der besonders auf Madagaskar und im westlichen Indischen Ozean überhaupt eine weite Verbreitung zukommen dürfte. Stets finde ich in meinem Tagebuch bei den Wanderungen auf den weiten Ebenen der Westküste Madagaskars den Vermerk wiederkehrend „versteinerungsfreier Korallenkalk“ oder „verwitterter Korallenkalk ohne Versteinerungen“ und stets bot das Äußere dieser Bänke dasselbe Aussehen dar wie die Oberfläche des Riffkalkes von Aldabra. Ich gebrauchte dafür die Bezeichnung Korallenkalk, mit einem Fragezeichen, da ich zu jener Zeit noch der Meinung war, wir hätten es mit umgewandelten und unkenntlich gewordenen Korallenriffen zu thun, besonders da sich hin und wieder der Oberfläche aufgesetzt vereinzelte gut erhaltene Korallenblöcke erkennen ließen, während ich jetzt nicht anstehe, auch für diese Ebenen die gleiche Entstehung und Struktur der Kalkbänke und eine stellenweise wie auf Aldabra erhaltene spätere Übrerrindung mit Korallen anzunehmen.

Die gleiche Bildung wie auf Aldabra findet sich anscheinend auch auf den etwa 70 Seemeilen östlich von Aldabra gelegenen Comoleo-Inseln, ebenso wie auf der etwa 25 Seemeilen südöstlich von Aldabra gelegenen kleinen Insel Assumption. Auch erinnern die kleinen Inselchen vor dem Hafen von Sansibar, wie Bawi z. B., auf das täuschendste an die Riffpartien von Aldabra; da ich jedoch zu jener Zeit glaubte metamorphosierten Korallenkalk vor mir zu haben, unterließ ich es Handstücke davon zu schlagen.

Durch meine oben erwähnten Notizen aufmerksam gemacht, unterwarf ich Proben von eigentümlich halbkugelig geformten nackten Bergen bei Stampitsy in West-Madagaskar, die mir durch ihre absolute Kahlheit und ihre merkwürdige weiche kalkige Oberfläche aufgefallen waren, und von denen ich deshalb Handstücke entnommen hatte, der Untersuchung. Es stellte sich heraus, daß wir es bei ihnen im großen und ganzen mit der gleichen Bildung wie auf Aldabra zu thun haben. Durch Schlämmen der zerriebenen Proben ließ sich die charakteristische Kalkmilch herstellen, und auch die Probe mit Methylviolett ergab die gleichen kleinsten, sich intensiv färbenden organischen Reste wie die Proben von Aldabra.

Wenn trotz der fast gleichen Zusammensetzung die äußeren Lagen des Kalkes auf Aldabra verhärten, in Stampitsy aber nicht, so ist diese Erscheinung einestheils durch die ungleichen klimatischen Verhältnisse, andererseits durch die verschiedene Form der Oberfläche bedingt. Auf Aldabra ist infolge seiner insularen Lage die Luft nie ganz trocken, und es findet bei der Flachheit des Riffee eine starke und andauernde Einwirkung durch den Regen statt, der in kleinen Mulden sich sammelt und nicht sofort verdunstet. In West-Madagaskar dagegen fehlt während längerer Monate der Regen völlig, und die Sonne brennt mit ungehinderter Kraft auf die nackten Kalkberge. Der häufig nur kurz andauernde Regen der plötzlichen Gewitter hat keine Zeit einzudringen und für die Umkrystallisation und Verhärtung der obersten Schichten in Thätigkeit zu treten, sondern wird gerade im Gegenteil infolge der Heftigkeit der tropischen Güsse und der halbkugeligen Form der Berge, sowie bei dem Mangel einer schützenden Humusdecke und dem dadurch bedingten Fehlen jeder Vegetation, stets einen Teil der äußersten ausgedörrten Partien mit herabschwemmen, sodass es zu keiner Verhärtung kommen kann.

Ich glaube überhaupt annehmen zu dürfen, daß die weiche Beschaffenheit des Kalkes von den Bergen bei Stampitsy nicht etwa, wie man im ersten Augenblick zu glauben geneigt sein könnte, einen Verwitterungszustand andeutet, sondern, da sie sich auch an inneren, zufällig durch Abbrüche aufgeschlossenen Partien nachweisen läßt, auf ein ursprünglicheres Verhalten dieser Ablagerungen zurückzuführen ist. Der Krystallisationsprozeß, durch

den auf Aldabra schon mehr als die Hälfte der Kalkmasse umgewandelt worden ist, hat hier noch nicht in gleichem Maße oder fast noch garnicht eingegriffen, was schon der Vergleich von Schliffen aus Kalkproben beider Fundstellen bestätigt.

Es wäre meines Erachtens zu überlegen, ob nicht auch in der Jetztzeit die Verbreitung und Bedeutung dieser Organismen als Kalkbildner eine viel allgemeinere und gröfsere sein könnte, als auf den ersten Blick erscheinen möchte. Ich denke dabei ausser dem Globigerinenschlamm in erster Linie an den eingangs besprochenen feinen Kalkschlamm, der von vielen Seiten als charakteristisch bei der Beschreibung von Korallenriffen angegeben wird, und über dessen Zusammensetzung wir fast garnichts genaueres wissen.

Ich will deshalb nachfolgend die von mir in der Litteratur aufgefundenen, darauf bezüglichen Angaben zusammenstellen, weil vielleicht ein Beobachter, dem sich die Gelegenheit dazu bietet, dadurch veranlaßt wird, sein Augenmerk auf diesen Punkt zu richten, und den Kalkschlamm an Ort und Stelle in frischem Zustande mit starken Vergröfserungen zu untersuchen, um so möglicherweise über die Beteiligung der Coccolithen an der Bildung und Entstehung dieses Schlammes, und über seine Umwandlung in Riffkalk ein abschließendes Urteil zu gewinnen.

So giebt Rein¹ bei der Beschreibung der Bermuda-Riffe folgende Beobachtung an: „Innerhalb des Riffes nun breitet sich die herrliche Lagune aus mit einer durchschnittlichen Tiefe von 5—6 Faden. Ihr Wasser zeigt in gewöhnlichen Zeiten grofse Ruhe, auferordentliche Klarheit und eine prächtig grüne Farbe. Wenn aber ein Hurricane (Drehsturm) es peitscht und den Kreideschlamm des Bodens aufwirbelt, sieht es wie kochende Milch aus.“ Proben des Lagunenschlammes von Bermuda wurden in London nach Darwin² von erfahrenen Geologen für Schreibkreide gehalten, ferner wurde in einer Tiefe von 25 Fufs am Eingang des Hamilton Harbour³ fünf Fufs mächtiger Kalkschlamm festgestellt.

Major Hunt⁴ betont, dafs das weisse Wasser ein ausgezeichnetes Erkennungszeichen für die Nähe eines Korallenriffes ist.

¹ Rein, J. J. Die Bermudas-Inseln und ihre Korallenriffe nebst einem Nachtrage gegen die Darwin'sche Senkungs-Theorie: Verhandlungen des ersten deutschen Geographentages. Berlin 1881, p. 29—46.

² Darwin. Über den Bau und die Verbreitung der Korallen-Riffe. II. Auflage übersetzt von Vetter, Stuttgart, 1876.

³ Suefs. Das Antlitz der Erde. Bd. II, p. 396.

⁴ Walther. Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. Bd. III. Lithogenesis der Gegenwart, p. 929.

Nach den Untersuchungen von Dana,¹ Darwin² und des Challenger³ scheint der Kalkschlamm das häufigste Sediment in den Atollagunen zu sein. Im Hafen von Tongatabu ist das Sediment bläulich-thonig, auf den Malediven, im Keeling-Atoll, auf den Marshall-Inseln und den Bermudas ist es Sand und weicher Thon. Auf Keeling-Atoll besteht die Hälfte der Lagunenfläche aus Korallen, die andere Hälfte aus Schlamm; solange das Sediment nass war, erschien es kalkig, nach dem Trocknen aber sandig. Große weisse Bänke von sandigem Schlamm kommen an der Südküste der Lagune vor und bieten eine dicke Vegetation von See gras den darauf weidenden Schildkröten dar. Auch für Aldabra ist das See gras auf der Westseite der Lagune und der davorliegenden Strandterrasse charakteristisch.

Nach Agassiz⁴ wird der feine Korallenschlamm oft noch in einer Entfernung von 10—20 Kilometer vom Rifl wahrgenommen; auch dies entspricht meinen Beobachtungen, da nach Sturm bei Ebbe das milchig gefärbte Wasser der Lagune durch den Hauptkanal in das Meer hinausgeführt wird und dasselbe weithin trübt. Agassiz bemerkte nach einem längeren Sturm, dafs innerhalb zweier Gezeiten 4—5 cm Korallenschlamm abgesetzt wurde.

Auf den Malediven⁵ bestehen große Strecken des Bodens aus Sand und weichem Thon. Dieser Thon ist nach Darwin kalkiger Schlamm, ähnlich dem auf der Keeling-Insel gefundenen und dem von den Bermudas, die von zerfallener Kreide nicht zu unterscheiden sind. Auf Enderbury war der Lagunenschlamm so zähe, dafs der Fuß 30—40 cm tief einsank und nur sehr schwer wieder herausgezogen werden konnte.

Auf den Marshall-Inseln fand Chamisso in der Lagune große Flächen Kalkschlamm; auch Kotzebue⁶ spricht davon, dafs Thon innerhalb der Marshall-Inseln gefunden worden sei.

Nach den Berichten des Challenger⁷ ist der Korallenschlamm meist so zähe, dafs nur selten der Schiffsanker darin schleppt. Zwischen dem Muschelsand, der die Lücken zwischen den wachsenden Korallenstöcken ausfüllt, und den Sedimenten, welche die umgebende Tiefsee als Pteropodenschlick oder Globigerinenschlick bedecken, lagert als Übergangszone ein feiner Kalkschlamm, der die Abhänge der Riflböschungen überzieht. Dieser

¹ Dana. Coral-Islands, p. 183.

² Darwin l. c. p. 13.

³ Challenger. Narrative I, p. 138.

⁴ Agassiz. Three Cruises of the Blake I, p. 84.

⁵ Moresby. Über die nördlichen Atolle der Maledivas: Geographical Journal Vol. V., p. 400.

⁶ Kotzebue's Erste Reise. Vol. III, p. 144.

⁷ Challenger. Deep Sea Deposits, p. 244 f.

sogenannte Korallenschlamm findet sich von 250—3327 m Tiefe. Der nach abwärts gleichbleibende Kalkgehalt beträgt 77—90 %. Der Lösungsrückstand ist eine braune oder rote thonige Substanz, in der stets Spongiennadeln, Diatomeen und Radiolarien enthalten sind.

An der Küste von Brasilien fand Rousin¹ in der Nähe der dortigen Korallenriffe kieseligen Sand mit vielen Kalkstückchen. Weiter ins offene Meer hinaus wird auf einer Strecke von 2500 km der Küste entlang von den Abrolhos bis Marahau der Boden des Meeres an vielen Stellen von weißem Kalkschlamm bedeckt.

Nach Agassiz zerkleinern an der Küste von Florida Sturm und Brandung die organischen Gebilde, zermalmen sie zu weißer Trübung, und diese Trübung wird durch die Keys und durch die Lücken vom Sturm hinübergetragen in die große ruhige Florida-Bay, wo sie von den Gezeiten ausgebreitet werden und als Kalkschlamm zu Boden sinken. Diese jüngste Anhäufung von Kalk zieht sich an der Westküste von Florida weit gegen Norden; sie ist nur an ihrer oberen Fläche von Korallen wie von einer Rinde überzogen, und diese werden häufig erstickt und getötet, indem der Korallenschlamm in die Kelche dringt. Nicht der Boden hat sich gehoben bis die Höhe erreicht war, welche Korallen die Ansiedlung gestattet, sondern das Sediment wurde angehäuft bis zu dieser Höhe; es ist dies ein Beispiel heutiger Bildung einer Tafel von Kalkstein.² Gerade diese Bank von Kalkschlamm wäre wohl einer näheren Untersuchung wert, da sie genau dem Befund auf Aldabra entspricht, wenn man von der hypothetischen Annahme über die Entstehung dieses Kalkschlammes absieht.

Auch Möbius³ erwähnt von Mauritius für den Kanal, welcher das Fougnetts-Dammriff von dem Küstenriff trennt (20—30 m), einen meistens aus feinem, weißen oder grauen Kalkschlamm bestehenden Grund; daselbst ist ferner das Wasser der Grande-Baie fast immer durch schwebende Kalkteilchen getrübt.

Ebenso fand v. Pourtalès⁴ an den Bahama-Bänken, die freilich nur an wenigen Punkten berührt wurden, den sehr steilen Abhang mit weichem, weißen Kalkschlamm bedeckt.

¹ Darwin. Korallenriffe, p. 27 Anmerkung.

² Agassiz. The Tortuga and Florida Reefs: Mem. Americ. Acad. Sc., Centennial Volume. Cambridge 1885, XI. p. 107—133. (Angeführt in: Suess, Antlitz der Erde, Bd. II. p. 394.)

³ Möbius, K. Beiträge zur Meeresfauna der Insel Mauritius und der Seychellen. Berlin 1880.

⁴ Pourtalès. Der Boden des Golfstromes der Atlantischen Küste Nord-Amerika's: Petermann's Geogr. Mitt. 1870, p. 293—298.

Zu unterscheiden von dem Kalkschlamm sind natürlich Sedimente wie der Bodenbelag des Golfstromes, der zwar auch als kreideartige Schicht den Meeresboden bedeckt, sich aber unter dem Mikroskop als fast gänzlich aus den Schalen von Polythalamien (hauptsächlich Globigerinen, dann Rotalinen, Textularien, Marginulinen und andere Rhizopoden) bestehend erweist.

Vielleicht wären hierher auch noch folgende Angaben zu rechnen. Nach Darwin l. c. p. 62 ist bei St. Jago in den Kapverdischen Inseln kohlenaurer Kalk nicht blofs in grofser Menge an den Ufern vorhanden, sondern er bildet auch den hauptsächlichen Bestandteil einiger emporgehobener posttertiärer Schichten. Bei *Ascension* schlagen nach ihm ferner die bis zum Überschufs mit Kalk geschwängerten Wellen eine dicke Schicht kalkiger Masse auf die zwischen den Flutgrenzen liegenden Felsen nieder. Es ist wohl wahrscheinlich, dafs wir es in diesen Fällen mit Abscheidungen von schwefelsaurem Kalk, also mit Gipsniederschlägen zu thun haben; jedoch wären auch diese Angaben näher zu prüfen.

Allgemeiner Teil.

Wir wollen nunmehr versuchen, ob sich nicht an der Hand der besprochenen That-sachen auch ein Bild über den Aufbau und die Entstehung des Aldahrariffes gewinnen läfst; zu diesem Zweck müssen wir uns die Lage und Gestalt der *Aldabra-Inseln* vergegenwärtigen.

Die *Aldabra-Inseln* liegen unter $9^{\circ} 22' 35''$ südlicher Breite und $46^{\circ} 14' 41''$ östlicher Länge, ungefähr 240 Seemeilen nordwestlich von der Nordspitze Madagaskar's entfernt, im Indischen Ozean. *Aldabra* besteht nun nicht, wie der Name vermuten liefse, aus einer Gruppe zerstreut liegender Inseln, sondern es stellt sich, wie ein Blick auf die Karte erkennen läfst, dar als ein eiförmiges Atoll von 30 Kilometer Längsdurchmesser bei einer gröfsten Breite von 12 Kilometern, das durch drei schmale Eingänge in drei gesonderte Teile zerfällt.

Der Haupteingang, der eine Breite von etwas über $\frac{1}{2}$ Kilometer hat, liegt der Nord-westseite genähert. Es ist nicht ratsam, daselbst vor Anker zu gehen, denn das Wasser strömt dort mit einer Geschwindigkeit von 6 Knoten die Stunde aus und ein, so dafs selbst Dampfer Mühe haben bei Ebbe gegen die Strömung aufzukommen. Der westliche Eingang ist fast eine Seemeile breit, aber durch eine Reihe von Inseln versperrt; es bleibt nur ein schmaler Eingang übrig, in welchem genügend Wassertiefe für ein kleineres Schiff vorhanden

ist, während sofort dahinter die Lagune bei niedrigem Wasser teilweise trocken läuft und auch zu anderen Zeiten nur für flache Boote passierbar ist.

Der an der Nordostseite gelegene Kanal ist schmal und nur bei Hochwasser zu benutzen, außerdem existiert blofs noch ein dem Haupteingang genäherter, ganz schmaler, seichter Durchbruch.

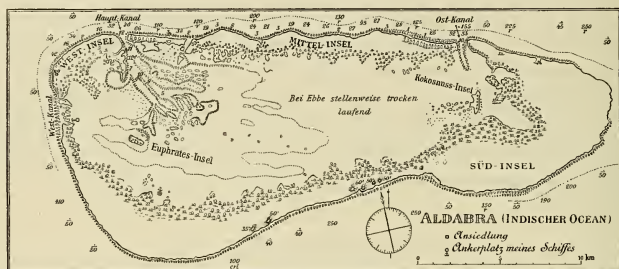


Fig. 2.

Wie ein Blick auf die Karte ergibt, umzieht ein Landgürtel von einer Breite, die zwischen 1—5 Kilometer wechselt, in fast kontinuierlichem Zuge, nur von den Kanälen durchschnitten, die große Lagune und erweckt bei flüchtiger Betrachtung den Anschein, als hätten wir ein echtes Atoll vor uns; es wird sich indessen später zeigen, daß wir es mit einer andern Art der Bildung zu thun haben.

Die Lagune selbst ist nur seicht und läuft bei Ebbe stellenweise trocken, mit Ausnahme der dem Hauptkanal genähernten Partien, die eine Tiefe von 5—9 Faden aufweisen.

Charakteristisch für die Lagune sind die pilzförmigen Inseln, die mit verhältnismäßig dünnem Stiel aus dem gewachsenen Riffeln aufsteigen und sich etwas über dem Bereich der höchsten Flut schirmförmig ausbreiten. Man findet sie in verschiedenen Größen, bis zu 10 und mehr Metern im Durchmesser haltend. Von weitem gesehen erwecken sie bei Hochwasser den Eindruck als schwammen sie auf dem Wasser. Daß derartige Pilzinseln in früherer Zeit in größerer Anzahl vorhanden waren, geht aus den vielen Untiefen in der Lagune hervor: stellenweise sieht man auch frisch in der Mitte auseinander gebrochene Inselchen.

Von einem reichen Tierleben ist in der Lagune nichts vorhanden, da der Boden mit feinem Kalkschlamm bedeckt ist, der alles Lebende erstickt und das Wasser trübt. Nur an besonders günstigen Stellen trifft man vereinzelt lebende Korallen (*Madrepora palifera* Lam.) an, so in der Nähe der Kanäle, an deren Grunde sich natürlich lebende Korallen vorfinden; aber auch hier ist die übrige Fauna nicht reich, was wohl seinen Grund in der starken Strömung haben mag, die alle Larven in das Meer hinaus trägt.

Aldabra ist flach, im Durchschnitt 3—4 Meter über der Flutgrenze erhaben. Nur auf Cocos-Inland und auf der Südseite der Insel finden sich vereinzelt hügelartige Dünenbildungen, die 15—17 Meter Höhe erreichen.

Der Landgürtel wird zum größten Teil durch eine Bank homogenen Kalkes gebildet, der sich schon äußerlich durch seine glattere Struktur kenntlich macht, und sich anscheinend in ebener, ungestörter Lage ausbreitet. Nach dem Meere zu stürzt der Rand ganz plötzlich etwa 4—5 Meter senkrecht ab und geht an seinem Fuße ohne Unterbrechung in eine horizontale, nach der See zu leicht geneigte Fläche desselben Gesteins über, die bei Ebbe trocken läuft. Vom Meere gesehen stellt sich der Fuß der Insel als ein hohlkehlig geformter Wall mit oft weit überhängenden Klippen dar, in denen sich das Meer zur Zeit der Flut mit großer Gewalt fangt und weiter und tiefer hineinfrisst, bis die Unterhöhlung zu weit vorgeschritten ist, und die Kuppe ihrer Schwere folgend in das Meer hinabstürzt. Dafs derartige Abstürze nicht selten sind, ersieht man aus den Trümmerwällen, besonders der Südseite, die daselbst halb im Wasser liegend den Fuß der Insel umsäumen; manchmal bemerkt man Abstürze von über 10 Meter Durchmesser von dem unterhöhlten Rand abgebrochen. Bei Flut steht man am Rande dieser überhängenden Kante, unter welcher die Brandung sich mit Getöse bricht; nur selten jedoch erreichen die Spritzer den Rand, da man durch den Überhang wie durch einen Boden geschützt ist.

Dem gleichen Vorgang, der zur Bildung dieser überhängenden Klippen geführt hat, verdanken auch die Pilzinseln in der Lagune ihre eigentümliche Gestalt, die sich durch die Einwirkung des Meeres von allen Seiten erklärt. Es ist dabei nicht allein die durch den Wechsel der Gezeiten erzeugte starke Strömung wirksam, sondern auch die Brandung, die bei starkem Sturm in der Lagune erzeugt wird.

Von einem Einfressen tiefer Löcher in die Felswand ist nirgends etwas zu bemerken. Es ist dies wohl darauf zurückzuführen, dafs das ganze Riff eine gleichmäfsig feste und dichte Zusammensetzung aufweist.

Auch die Bildungen über dem höchsten Wasserstande gehören der Riffformation an, und sind nicht etwa äolische Bildungen, mit Ausnahme der Dünen, die zum Teil aus losem Flug-sand bestehen. Von einer Verfestigung durch Einwirkung des Regenwassers, indem dasselbe das Kalkkarbonat der Oberfläche löst und tiefer wieder ausscheidet, und so den Cement bildet, welcher die losen und heterogenen Sandkörner verbindet und zu Stein verwandelt, habe ich an diesen Dünen nichts bemerkt. Auch bei Nachgrabungen läßt sich bis zur Rifffläche ihr unveränderter dünenartiger Charakter stets nachweisen.

Der Landgürtel ist nur spärlich bewaldet, und fast überall tritt der nackte Kalkfels zu Tage, der an seiner Oberfläche schüsselförmig ausgehöhlt und durch den Regen verfestigt ist. Seine scharfen Ränder erschweren das Begehen ungemein und sind deshalb sehr ermüdend.

Auch nach der Lagune zu zeigt der Landgürtel an einigen Stellen, die auf der Karte markiert sind, steile Abstürze; im allgemeinen senkt sich aber das Ufer hier ganz allmählich und ist in breiter Zone dicht mit Mangroven bewachsen, die ein Eindringen außer auf vorher gebahnten Wegen fast zur Unmöglichkeit machen.

Die geognostische Beschaffenheit des Landgürtels ist zwar im großen und ganzen gleichförmig, läßt aber doch einzelne Verschiedenheiten erkennen.

Dem Landring aufgesetzt findet man auf der Nordseite nur vereinzelt Korallenblöcke, dagegen häufiger auf der Südseite, deren Oberfläche so wenig korrodiert ist, daß sogar die Septen noch sichtbar sind; auch das innere Gefüge ist wenig metamorphosiert. Sie sind bedeutend härter als der Riffkalk selbst und nicht miteinander verkittet oder durch Sinterkrusten übrerrindet und verklebt; kurz es ist an ihnen keine strukturelle Veränderung zu bemerken. Es dürfte dies wohl ein Beweis dafür sein, daß wir es hier mit Korallenblöcken zu thun haben, die an Ort und Stelle gewachsen sind.

Die Südseite überhaupt, auf welche die Passatströmung mit voller Kraft trifft und auf der bei Süd-Ost-Passat eine furchtbare Brandung steht, zeigt ein mehr zerfressenes Aussehen. Die Abbrüche sind hier steiler, überall liegen am Fuße derselben die abgestürzten Blöcke umher, nur an einzelnen Stellen ist der überhängende Wall etwas eingeschnitten und es finden sich einige sandige Stellen vor. Der Bau dieses Teils des fossilen Riffes ist überhaupt lockerer und der Riffkalk tritt in ihm etwas mehr in den Hintergrund. Die Oberfläche eweist sich als stark zerklüftet, zum Teil aus abgestorbenen Korallenblöcken bestehend, die Brunnen von 2—3 m Tiefe umfassen, deren Boden mit zerriebenen und zerbröckelten Korallenfragmenten übersät ist. Diese Brunnen sind von Anfang an vorhandene Lücken zwischen den Korallenblöcken, die nicht mit Sedimenten ausgefüllt worden sind,

vielleicht auch ausgefüllt gewesen und nachträglich ausgewaschen worden sind. Hier kann sich fast gar kein Humus ansammeln, weil durch den Regen alles sofort in die Tiefe gerissen wird. Der Fels ist deshalb fast gänzlich nackt und nur mit niedrigem Strauchwerk bewachsen. Vor dem Fulse dieses Teils der Insel ist alles mit grobem Trümmerwerk bedeckt.

An den Riffufus schließt sich überall nach aufsen eine ebene Fläche an von wechselnder Breite, die zur Ebbezeit trocken läuft, fast völlig gerade und nackt ist und sich als die Fortsetzung des Riffufus aufweist. Die Oberfläche ist nahezu horizontal und endet seewärts mit einem steilen Absturz von 2 bis 3 Faden, worauf eine Zone mittlerer Senkung bis etwa 50 Faden und dann ein steiler Absturz in Tiefen von 250 Faden erfolgt. Man findet auf dieser Strandterrasse kaum eine einzige lebende Koralle, selbst nicht am äußeren Rande. Sie ist in der That nur eine plateauartige Fortsetzung des fossilen Riffes, mit dem sie ein kontinuierlich zusammenhängendes Ganzes bildet, in das sie übergeht, und mit dem sie dasselbe Höhnenniveau besitzt wie der Boden der Lagune.

Auf der West- und Nordwestseite finden wir eine etwas abweichende Bildung. Die Strandterrasse erreicht hier eine Breite von mehr als $\frac{1}{2}$ km und wird seewärts von einem kleinen Randwall begrenzt, von dem aus dann das Meer zwar tiefer wird, ohne jedoch hier jenes rasche Sinken zur Tiefe von 250 Faden erkennen zu lassen. Auf die Gründe für diese Erscheinung werden wir noch später eingehen. Der Strandwall ist niedrig, etwa $\frac{1}{2}$ m hoch und fällt nach dem Meere zu schräg ab. Er wird aus zahlreichen, mehr oder weniger großen, manchmal mit der Unterlage verkitteten, abgestorbenen Korallenblöcken, oder lose bei einander liegenden, stark zerfressenen und durchhöhlten Blöcken gebildet, deren Spitzen bei Niedrigwasser ein wenig vom Wasser entblößt werden, und dann einen kräftigen Wellenbrecher bilden, der durch ein weißes Schaumband gekennzeichnet wird. Jenseits dieses Walles beginnt die Region der lebenden Korallen, die mit der Tiefe immer zahlreicher werden.

Der eben besprochene Teil der Strandterrasse, auf dem die Korallen gleichfalls gänzlich fehlen, ist nicht wie sonst die Strandterrasse nackt, sondern es finden sich auf ihm ansehnliche Detritusmassen von ziemlicher Härte angesammelt, aus Schichten abgeriebener Bruchstücke von Korallen, Fragmenten von Konchylienschalen und Echinodermenpanzern bestehend, und durch Korallensand und Kalkschlamm miteinander verkittet. Ich glaube, daß sich dieselben, trotzdem sie Spuren der Abrasion erkennen lassen, im Bereich der Gezeiten gebildet haben und noch bilden, namentlich in jenen Partien des Strandes, die längere Zeit vom Wasser entblößt werden. Es ist wohl anzunehmen, daß ihre Entstehung dadurch erfolgt, daß während der Ebbezeit das mit Kalkkarbonat gesättigte Meerwasser der oberflächlichen

Schichten infolge der intensiven Erwärmung durch die Tropensonne rasch verdunstet und den Kalk in krystallinischer Form als Kittmasse niederschlägt. Dieser Infiltration verdanken dann diese Partien ihre grössere Festigkeit.

Eine ähnliche Bildung einer Bank aus derartigem Trümmersediment findet sich auch innerhalb der Lagune auf Cocos-Island. Ich habe davon Proben entnommen, aus denen man ganz gut die Zusammensetzung aus Bruchstücken ersieht. Es ist dies eine feste Bank von etwa 1 m Höhe, zur Hälfte über Hochwasser erhaben, und durch die Gezeiten ebenso wie der Riffkalk unterhöhlt und stellenweise abgebrochen; jedoch erkennt man deutlich, daß diese Bank dem Riffels des Lagunenbodens aufgelagert ist.

Auf dieser vorher erwähnten weiten Fläche der Strandterrasse auf der Nordwestseite nun, die bei Ebbe als trockene Ebene daliegt, findet durch die Sonnenstrahlung eine überaus starke Erwärmung statt, und eine Folge davon ist wohl die, daß die Oberfläche in große schollenartige Platten mit ranher Oberfläche und Kanten zerspringt, die oft von Löchern und Höhlen durchzogen sind.

Am westlichen Kanal zeigt diese Terrasse eine wiesenartige Vegetation von Seegras: aber auch hier sind an tieferen Stellen keine lebenden Korallen zu sehen, mit Ausnahme im Kanal selbst.

Daß an diesen Stellen lebende Korallen fehlen, ist nicht zu verwundern, denn man findet hier häufig Sandgrund, der ebenso wie der Detritus zur Flutzeit durch die Brandung aufgewühlt wird, und dem Meer bei Hochwasser stets eine gelbliche Farbe verleiht. Infolge dieser Trübung finden die an klares Wasser gewöhnten Korallen keine geeigneten Existenzbedingungen, außerdem ist auch die Vegetation von Seegras einer Ansiedlung von Korallen überhaupt nicht förderlich. Was sonst an Tieren etwa vorhanden ist, verkriecht sich bei Ebbe oder zieht sich in den Sand oder in Vertiefungen zurück.

Nach dem Lande zu verschwindet auf der Westseite diese Strandterrasse allmählich unter den Sandmassen, die sich sanft zu einem geneigten Strand erheben, der eine Art Dünenbildung darstellt, auf welcher die paar Hütten der Ansiedlung aufgebaut sind.

Landeinwärts davon treffen wir in einer parallel dem Strand verlaufenden Senkung dann wieder auf den von dichtem Busch bedeckten, nackten Riffkalk. Hier findet sich zur Regenzeit stehendes Wasser in den Vertiefungen, ein Beweis dafür, daß der Riffkalk undurchlässig ist.

Am Ufer dieses westlichen Strandes sind zahlreiche Fragmente von Korallen an das Land gespült, fast sämtlich einer blauen Art angehörend (*Heliopora caerulea*) und so

dicht bei einander liegend, dafs sie die Färbung des Strandes bestimmen. Alle Stücke sind stark deformiert und erscheinen fast formlos und abgerieben. Ich möchte hier dazu bemerken, dafs, wenn wir in einem fossilen Riff gut erhaltene Korallenstücke finden, dieselben wohl immer an jener Stelle gewachsen sein werden, denn wenn sie angetrieben worden wären, so dürfte man wohl als sicher annehmen, dafs sie, wie die am Strand umherliegenden Bruchstücke eine oft bis zur Unkenntlichkeit gehende Umwandlung und Abreibung erfahren hätten.

Wie früher bemerkt, wird der Landgürtel von einigen Kanälen durchbrochen, denen für den Zu- und Abflufs des Lagunenwassers die grölste Bedeutung zukommt, da bei der Undurchlässigkeit des Untergrundes der Lagune die gesamte Wassermasse der Gezeiten durch sie allein ihren Weg nehmen mufs.

Es ist ein alter Erfahrungssatz, dafs in Atollen, welche den Passatwinden ausgesetzt sind, die Kanäle in die Lagunen beinahe immer auf der Seite unter dem Winde, oder auf der weniger exponierten Seite des Riffes liegen. Dies finden wir auch für Aldabra bestätigt. Der Ost-Passat, und der von ihm erzeugte Süd-Ost-Passatstrom trifft, da Aldabra sich in der Längsrichtung von Ost nach West erstreckt, etwas schräg auf die Südseite der Insel. Wir finden deshalb nicht hier die Kanäle, sondern auf der entgegengesetzten Seite, und den Hauptkanal fast genau in der Luftlinie des Süd-Ost-Passates. Wir werden darauf später noch zurückkommen.

Der westliche Eingang ist fast eine Seemeile breit, sieht stark zerfressen aus, da er durch stehengebliebene, inselartige Partien des Riffes in eine ganze Anzahl von Kanälen geteilt wird, von denen nur einer genügend Wassertiefe aufweist, um für ein kleineres Schiff passierbar zu sein. Der sich daran schließende Teil der Lagune ist mit Seegras bedeckt und zeigt dieselbe Bildung, wie die äussere Strandterrasse und läuft ebenso wie diese trocken. In der Nähe des Einganges ragen aus der Bank eine Reihe felsiger Partien hervor, die sich bei näherer Untersuchung, soweit sie nicht abgestürzte Riffmassen darstellen, als aus dem Untergrunde, also aus dem Riffkalk gewachsene Partien erweisen, und nicht als lose darauf liegende Blöcke.

Der nordwestliche Eingang ist flach und nur bei Flut zu benutzen, dagegen besitzt der Haupteingang eine Breite von über $\frac{1}{2}$ km und ist als tiefe Rinne weit in die Lagune hinein zu verfolgen; auch scheint es, als setze er sich nach aufsen tief in den Riff- fuß eingeschnitten fort, wenigstens findet man dicht vor seiner Mündung die Tiefe von 80 Faden angegeben, während beiderseits nur Tiefen von 32 und 26 Faden notiert sind

Wie wir sahen, ist Aldabra von einem sich sanft bis etwa 30—40 Faden neigendem Sockel umgeben, ehe das Riff steil in Tiefen von 100—200 Faden abstürzt, und in dieses Tiefplateau hat der Kanal anscheinend sein Bett eingegraben.

Es ist dies ja nicht verwunderlich, wenn man erwägt, daß die gesamte Wassermasse der Gezeiten durch diese Kanäle ihren Weg nehmen muß, und daß diese Strömungen je nach Ebbe und Flut zwar in entgegengesetzter Richtung, aber, wenn auch mit wechselnder Stärke, so doch stets in gleichen erodierenden Sinne wirken. Verstärkt wird natürlich diese Wirkung noch, wenn der Südost- oder Südwest-Monsun ihre volle Kraft erreicht haben. Die Strömung im Hauptkanal ist so stark, daß sogar Dampfer Mühe haben dagegen aufzukommen, soweit ich mich entsinne, etwa 6 Knoten in der Stunde. Das Hauptmoment der Austiefung des Hauptkanals liegt jedoch wohl darin, daß, wie später näher begründet werden wird, Aldabra in früheren Zeiten bedeutend höher über den Meeresspiegel emporragte, und auch einen größeren Umfang besessen hatte als zur Jetztzeit, und daß schon damals die Bildung des Hauptkanals und besonders seines Bettes in dem jetzt unter dem Meeresspiegel liegenden, erodierten Teil des Sockels der Insel einsetzte.

Im allgemeinen ist das Wachstum der Korallen darauf gerichtet, die Kanäle durch ein Riff zu verstopfen. Wir finden dementsprechend auch den Boden des Hauptkanals mit Blöcken lebender Korallen besetzt. Daß jedoch dieser Prozeß nicht weiter fortschreitet, mag einerseits an der ungemein starken Strömung liegen, zum größeren Teil wohl aber die Ursache darin zu finden sein, daß naturgemäß ein beträchtlicher Teil der Sedimente durch diese Kanäle abgeführt wird und der feine Schlamm, der das Wasser trübt, sich auch auf die Kelche der Korallen niederschlägt und besonders die jüngeren Kolonien zum Absterben bringt. Dadurch finden nur besonders widerstandsfähige Arten genügende Daseinsbedingungen im Kanal, und zu diesen Formen gehört *Madrepora palifera* Lam., welche man auch sonst an günstigen Stellen in der Lagune antrifft.

Betrachten wir die Karte von Aldabra, so fällt uns sofort die große vom Landgürtel ringförmig umfaste Lagune in die Augen, die eine größte Länge von fast 28 km und eine mittlere Breite von 10 km besitzt.

Während der größere Teil der Lagune den nackten Riffels als Boden aufweist, ist deren östlicher Abschnitt vielfach versandet, was ja auch erklärlich ist, wenn man bedenkt, daß da, wo kein Kanal existiert, auch die erodierende Tätigkeit der Gezeitenströme nur eine sehr geringe sein kann. Es ist deshalb hier auch zu einer Inselbildung

gekommen, die zum Teil durch ihre Dünen sich als sekundäre Bildung darstellt. Am Westrand dieser Insel, welcher der Strömung, die durch den Ostkanal ein- und austritt, stärker ausgesetzt ist, zeigt sich teilweise derselbe lockere Bau wie auf der Südseite von Aldabra. Auch hier begegnen wir bis auf die Riffläche der Lagune reichenden brunnenartigen Vertiefungen, in denen das Wasser mit den Gezeiten steigt und fällt und absolut salzig ist, da poröse Verbindungen vorhanden sind, welche dem Eindringen des Lagunenwassers keinen Widerstand entgegensetzen. Dieser ganze Teil ist derartig versandet, daß man bei Niedrigwasser zu Fuß von der Cocos-Insel zur Süd-Insel gelangen kann. Der Insel vorgelagert sind einige kleinere Pilzinseln, besonders auf der Ostseite, deren Fuß bei Ebbe trocken läuft.

Der Boden der Lagune ist an geschützten Stellen mit einem weichen Kalkschlamm bedeckt, in den man das Ruder hineinstecken kann, wobei man fühlt, daß er nach unten zu fest wird. Dieser Schlamm nun, der bei starkem Wind und Wellenschlag heftig aufgewühlt wird, verwandelt dann das Wasser der Lagune in eine milchige Flüssigkeit und beeinträchtigt naturgemäß auch das Wachstum der Korallen. Der feine Kalkschlamm schlägt sich auf die lebenden Polypen nieder und bringt sie zum Absterben, sofern nicht durch die starke Strömung der Gezeiten der Schlamm wieder von ihnen entfernt wird. Dies ist wohl auch der Grund, weshalb nur im Bereich der großen Kanäle sich lebende Korallen vorfinden. Vereinzelt vermag an weniger trüben Stellen, an denen infolge steter Strömung sich reineres Wasser vorfindet, wie im Nord-Osten von Cocos-Insel, eine *Madrepora* und eine *Fungia* ihr Dasein zu fristen. Im allgemeinen ist aber die Lagune arm an organischem Leben mit Ausnahme der Schildkröten, die hier geeignete Weidegründe vorfinden. Groß ist zu gewissen Zeiten der Reichtum an Fischen, besonders der pflanzenfressenden Arten, die, aus dem gleichen Grunde wie die Schildkröten, mit den Gezeiten wandernd die Lagune aufsuchen und der Raubfische, besonders der Haifische, die ihnen folgen.

Wie haben wir uns nun die Entstehung der Lagune zu denken, denn es gab auch für Aldabra eine Zeit, in welcher diese große inselreiche Lagune nicht existierte, und wo alle die Inselchen und isoliert aus dem Wasser sich erhebenden Felszacken zusammenhingen. Daß dies thatsächlich einmal der Fall gewesen, ersieht man aus den Abstürzen, die wir als charakteristisch für die unterhöhlten Ufer des Außenstrandes erkannt hatten, und die an einigen Stellen des Lagunenstrandes in gleicher Weise zu beobachten sind. Einen strikten Beweis dafür liefern uns aber die Inselchen von Pilzform in der Lagune, die eine wechselnde Größe besitzen. Ihr Fuß geht sanft in den Kalkfels der Bai über, über den sie sich etwa

3—4 m erheben, um sich dann schirmförmig auszubreiten, oftmals nach jeder Seite ein paar Meter überhängend. Bei Niedrigwasser läuft ihr Fuß trocken; aber ihre Form macht es unmöglich sie zu besteigen, ausgenommen bei Hochwasser und auch dann ist die Besteigung mit Gefahr verbunden.



Fig. 3. Pilzinsel der Lagune.

Man könnte vielleicht ohne nähere Untersuchung einwenden, man hätte es dabei nur mit besonders stark entwickelten Ansätzen von *Madrepora horizontalis* zu thun, die ja einige Meter im Durchmesser erreichen können. Dafs indessen diese Inselchen und das Riff aus demselben massiven homogenen Kalk bestehen wie die übrige Bank, ersieht man am besten an ihren frischen Abbrüchen, bei denen man sogar manchmal in der Mitte auseinander geborstene Pilzinseln trifft. Während sonst diese Inselchen aus dem gewachsenen Riffkalk der Lagune emporsteigen und in ihn übergehen, begegnet man an den Abbrüchen natürlich auch dem Boden aufgelagerten großen Blöcken, manchmal sogar bricht wie auf Euphrates-Insel eine solche Insel derartig auseinander, dafs das niedergesunkene Stück mit seiner breiten Bruchfläche als Basis den Boden berührt und mit seiner schmalen Seite, also mit dem scharfen zerfressenen Rand, mehrere Meter hoch in die Luft ragt. Untersucht man derartige Stellen genauer, so wird man stets finden, dafs man in der That Abbrüche und nicht etwa selbständige Bildungen vor sich hat. Man trifft diese Pilzinseln in allen Stadien des Zerfalles an.

Dafs man es hier thatsächlich mit stehengebliebenen Teilen der ehemaligen Rifffläche zu thun hat, geht ferner daraus hervor, dafs alle jene Inseln dieselbe Horizontale wie der Landgürtel besitzen. Auch an den Kanälen, besonders am westlichen Eingang bemerken wir, dafs sie durch die Wirkung der Meeresfluten geschaffen worden sind, und dafs das Land hier einstmals eine zusammenhängende Masse bildete, denn überall gewahrt man abgebrochene Felsblöcke und unterhöhlte Ufer. Dieser Eingang wird jetzt noch ständig erweitert, da zweimal täglich mit der Flut das Wasser mit großer Macht in die Lagune dringt und zur Ebbezeit den umgekehrten Lauf nimmt. Es ist dies ein ewiges Spiel im Wechsel der Zeiten, das hier eine große mechanische Arbeit leistet; doch ist es dabei noch

nicht zur Ausbildung eines derartig tiefen Kanals gekommen wie auf der Nordwestseite im Hauptkanal.

Durch die unausgesetzte Thätigkeit und den starken Strom der Gezeiten werden die Abstürze nach und nach zerkleinert und durch gegenseitiges Reiben der Blöcke zu einem feinen Schlamm zerrieben, und diese Detritusmassen werden dann festgeschwenmt und in das Meer hinausgeführt, zum Teil aber auch an ruhigen Stellen der Lagune abgelagert. Man findet deshalb an geschützten Partien der Bai den Boden mit einem Detritus bedeckt, der entsprechend seiner Entstehung aus feinen und gröberen Teilen zusammengesetzt ist, zum großen Teil jedoch einen feinen kreideartigen Kalkschlamm darstellt. Leider habe ich versäumt an Ort und Stelle damals jenen Schlamm mikroskopisch zu untersuchen, auch ist mir die davon entnommene Probe abhanden gekommen; doch ist es wohl zweifellos, daß wir in ihm das Zerreibungsprodukt des anstehenden Riffkalkes vor uns haben. Zerreibt man Proben des letzteren in Wasser, so erhält man genau den besprochenen Schlamm, dessen gröbere Bestandteile bald zu Boden sinken, während die feinen leichten Schlamnteilchen noch lange im Wasser suspendiert bleiben und ihm einige Zeit eine Trübung verursacht. Das gleiche Bild haben wir in der Lagune vor uns, wo nach starker Luftbewegung und heftigem Wellenschlag der Boden aufgewühlt wird und das Wasser der Lagune dann eine milchige Flüssigkeit darstellt, und lange diese Trübung beibehält. Stößt man mit dem Ruder in den Boden, so erhebt sich sofort eine Wolke feinen Schlammes und trübt das Wasser.

Daß wir überhaupt noch, trotz der Gezeiten, in der Lagune große Massen derartigen Schlammes antreffen, beruht darauf, daß wir keine die Lagune der Länge nach durchsetzende Strömung vor uns haben, sondern daß das Wasser stets zu denselben Kanälen der Nordseite hinein- und herausströmt, und sich dadurch natürlich auf der Südseite und auf der ganzen Süd-Ost-Seite der Lagune verhältnismäßig ruhiges Wasser vorfindet. Ein Hauptmoment ist aber wohl die schon erwähnte Eigenschaft des Kalkschlammes, sich in fester Lage abzusetzen, eine Eigenschaft, die man in einem Reagenzglaschen, in dem man Kalkmilch geschüttelt hat, gut beobachten kann. Nach kurzer Zeit ist der Bodensatz derartig fest geworden, daß man ruhig das Glaschen umkehren kann, ohne daß er seine Lage verändert. Daß noch fortgesetzt eine Vergrößerung und Vertiefung der Lagune stattfindet, ergibt sich auch daraus, daß die der Lagune durch den Wind und Regen zugeführten Verwitterungsprodukte des Landgürtels, und hauptsächlich die durch die Abbrüche der Ufer erzeugten Sedimentmassen geringer sind, als die durch die Kanäle ausgeführten. Dies geht schon aus der

Beschaffenheit der Lagune hervor; denn der Boden ist an vielen Stellen nackter Fels, ein Beweis dafür, daß chemische Lösung und mechanische Erosion an der Vertiefung der Lagune arbeiten.

Als Grundlage für das Aldabra-Riff haben wir wohl, da das Meer schon in etwa 1—2 Kilometer Entfernung vom Lande in Tiefen von 450 Metern abstürzt, einen submarinen Berg oder Höhenrücken anzunehmen. Man könnte sich denselben entstanden denken als vulkanische Erhebung; findet sich doch ein jetzt noch thätiger Vulkan in nächster Nachbarschaft, auf den Comoren. Diese Annahme ist jedoch nicht nötig, denn eine Tiefenkarte¹ des westlichen Indischen Ozeans belehrt uns, daß während Madagaskar durch ein zirka 2000 m tiefes Meer, das sich sogar zwischen die Comoren und die gegenüberliegende Küste einschiebt, vom afrikanischen Festland geschieden ist, sich im Nordosten eine lange submarine Bank vom Kap Amber bis zu den Seychellen hin ausdehnt. Westwärts erstreckt sich diese Untiefe bis zu den Comoren und nordwestlich etwas über Aldabra hinaus. Es sind also alle jene ausgedehnten Bänke und Untiefen, auf denen sich diese Inseln aufbauen, offenbar Fortsetzungen des großen Horstes von Madagaskar².

Es sollen sich übrigens, wie vielfach angenommen wird, die Inseln des ganzen Gebietes des westlichen Indischen Ozeans auf den Trümmern eines eingebrochenen alten Kontinentes aufbauen. Es sanken allmählich Teile in die Tiefe und nur einzelne Gipfel desselben, wie die Seychellen, Mascarenen, Madagaskar, blieben als Markzeichen des ehemaligen Festlandes stehen, ebenso bilden die Comoren, die dem westlichsten Teil des submarinen Plateaus aufgesetzt sind, Reste eines alten Gebirges. Andere erreichen nur annähernd die Oberfläche, und man findet nebeneinander flache Bänke und verhältnismäßig große Tiefen, ohne daß jedoch wirklich ozeanische Tiefen erreicht werden. Die Riffe bauen sich demnach in diesem Teil des Indischen Ozeans aus einem verhältnismäßig flachen Meere auf. Ausgezeichnet sind diese Riffe dadurch, daß sie nie nach außen eine derartige Steilheit aufweisen, wie besonders die Riffe der Südsee.

Es ist keine Frage, daß in diesem Teil des Indischen Ozeans ausgedehnte Senkungen stattgefunden haben, jedoch ist diese Senkung in neuerer Zeit stationär, und zum Teil wohl durch eine negative Bewegung ersetzt worden.

¹ Weltkarte zur Übersicht der Meerestiefen, herausgegeben vom Reichs-Marineamt, 1893.

² Segelhandbuch für den Indischen Ozean, herausgegeben von der deutschen Seewarte. 1892, dazu Indischer Ozean. Ein Atlas von 35 Karten. Hamburg 1891.

Spuren dieser neueren negativen Strandverschiebung finden sich im Indischen Ozean ziemlich allgemein, und zwar weitverbreitet an der ostafrikanischen Küste, wo an vielen Orten gehobene Korallenbildungen beobachtet worden sind, ferner auf Sansibar, den Mascarenen, ganz West-Madagaskar u. s. w. Für einen Teil jener Bildungen, die wie in Ostafrika viele Meter über den Meeresspiegel emporragen, sind wir gezwungen, eine Hebung des Festlandes durch geotektonische oder vulkanische Kräfte anzunehmen, was ja nicht weiter verwundern kann, da wir uns in einem Gebiet mit ausgesprochenem vulkanischen Charakter befinden. Sind doch über ganz Madagaskar eine Reihe erloschener Vulkane zerstreut und ist auf Groß-Komoro noch heute ein Vulkan in Tätigkeit.

Will man die negativen Bewegungen, die nur einen geringen Betrag erreichen, gleichfalls durch eine Hebung erklären, so muß man annehmen, daß diese Hebung nur ganz allmählich vor sich gegangen ist, da an sämtlichen Riffen sich keine Verwerfungserscheinungen erkennen lassen; die fossilen Riffe, wie überhaupt die ganze Westküste von Madagaskar, zum Teil auch die Küste von Ostafrika, auf denen man stets anstehenden Korallenkalk findet, weisen vielmehr ein fast gleichmäßiges, nur um einige Meter schwankendes Niveau von gleicher Höhe, ohne jede Störung auf.

Nehmen wir für diese negativen Bewegungen keine Hebungen des Festlandes an, dann müssen die betreffenden Küstenregionen durch einen allgemeinen Rückzug des Meeres bloßgelegt worden sein, vielleicht hervorgerufen durch die Senkung oder den Einbruch einzelner Gebiete des Ozeans, wodurch eine Vertiefung des Meeres bewirkt worden ist.

Für einen großen Teil des Gebietes jedoch, in dem die negative Bewegung nur einen ganz geringen Betrag erreicht, und die fossilen Riffe sich nur wenig über die Flutgrenze erheben, würde auch eine Änderung der Strömungsverhältnisse zur Erklärung für den Rückzug des Meeres genügen.

Kehren wir nun zu Aldabra zurück, so finden wir das fossile Riff etwa 3—5 m über der höchsten Flut erhaben. Eine Verschiebung der Strandlinie läßt sich überall konstatieren, und zwar in negativem Sinne, gleichviel ob hervorgerufen durch eine Hebung des Festen oder Sinken des Meeres. Davon, daß die Insel sich derartig bedeutend über den Meeresspiegel gehoben haben sollte, ohne daß eine negative Bewegung mitgewirkt hätte, kann keine Rede sein.

Man stellt sich die Bildung einer niedrigen Koralleninsel gewöhnlich in folgender Weise vor: die durch die Brandung abgebrochenen Korallentrümmer werden von den

Wellen auf das Riff geworfen und tragen so zur Erhöhung des Riffrandes bei. Hat sich ein derartiger Trümmerwall bis über die höchste Flutgrenze erhoben, so füllen sich die Zwischenräume zwischen den Blöcken mit groben und feineren Bestandteilen, als da sind: Fragmente von Muscheln, Schnecken und besonders Bruchstückchen von Korallen aus. Das Ganze wird dann durch den Korallensand verkittet und durch Wirkung des Regenwassers und der Brandungsgischt in den tieferen Teilen verfestigt und zementiert, während sich durch das Spiel der Winde gröfsere Sandmassen anhäufen und die Dünenbildung einleiten.

Es würde also das Riff in seinen über das Meer hervorragenden Partien theils gebildet aus Bruchstücken lebender und abgestorbener Korallenstöcke, andererseits aus dem organischen Kalksand, der von den Hartgebilden der Meeresbewohner stammt.

Ein derartiger Vorgang ist für Aldabra völlig ausgeschlossen, da allein schon infolge der Unterhöhnung der Ufer ein Aufwerfen von Blöcken ein Ding der Unmöglichkeit sein würde. Der die Lagune mit kurzen Unterbrechungen als kontinuierliches Band umziehende Landring besteht aus sehr feinem, in seinen äufsersten Schichten unter dem Hammer klingenden Kalk, der nach innen etwas weicher wird und eine ungemein dichte, kreideartig amorphe Beschaffenheit aufweist. Die grofsen Bruchflächen von 3—5 m Höhe, die allein bei dem Mangel an Bohrversuchen über die Beschaffenheit des Riffes Aufschlufs geben können, zeigen durchweg eine gleichförmige Struktur; von Korallenbruchstücken oder gröfseren Korallenblöcken ist keine Spur darin zu entdecken. Das ganze Riff besteht in seiner Dicke durchweg aus einem festen weissen Kalk und stellt nicht etwa ein Konglomerat von Korallentrümmern mit Korallensand als Füllmasse dar.

Die gewöhnliche Art der Bildung des fossilen Riffkalkes soll ja die sein, dafs das Regenwasser den Kalk in den oberen Regionen auflöst und ihn in den tieferen wieder abgelagert; es würden also durch eine Art Sinterbildung die unteren Partien in festes Gestein verwandelt. Notwendig ist dazu in erster Linie, dafs das ganze Riff porös ist, und ferner müfste man in dem Riff über dem Meeresspiegel Konglomerate von Korallentrümmern und Resten organischer Kalke, oder wenigstens in den obersten Partien Fossilien auffinden, deren Erhaltungszustand natürlich ein wechselnder sein könnte.

Auf Aldabra findet aber gerade das Gegenteil statt. Erstens fehlen in den oberen Schichten Konglomerate vollständig und das Riff zeigt bis zur Oberfläche eine gleichmäfsige, homogene Struktur, zweitens wirkt zwar das Regenwasser auf den Kalk der obersten Regionen ein, aber gerade dadurch tritt eine eigentümliche Verfestigung der äufsersten

Teile ein; es scheint als würde in ihnen unter dem Einfluß des Regens die Krystallisation beschleunigt und diese Partien rasch in klingenden Kalkstein umgewandelt. Eine Umkrystallisation durch die geringen Mengen der in der Salzlufte und in dem Regenwasser enthaltenen Kohlensäure reicht natürlich nur hin, um oberflächliche Strukturveränderungen zu bewirken, jedoch würde für Umwandlung der ganzen Bank in einen homogenen Kalk schließlich die vom Gestein selbst, also von den Coccolithen etc. gelieferte Kohlensäure hinreichen. Da indessen hier durch Umkrystallisation der obersten Partien eine harte Rindenschicht erzeugt wird, durch deren Undurchdringlichkeit gegen Regen, beim Mangel jeder Porosität im Riff selbst, eine Durchsickerung von kalkhaltigem Wasser und damit eine weitere Umkrystallisierung auf wässerigem Wege nicht erfolgen kann, so wird die ursprüngliche Struktur in Form aneinander gelagerter Kalkkörnchen unverändert durch das ganze Riff erhalten.

In diesem eigentümlichen Verhalten des Riffkalkes haben wir auch den Grund für die Wasserarmut von Aldabra zu suchen. Zwar ist infolge der beständig über das Meer wehenden Winde, durch welche sich die Lufttemperatur für ein tropisches Land als niedrig und die Hitze leicht erträglich erweist, die Regenmenge nicht unbeträchtlich, trotzdem finden wir nur an einer Stelle auf der Ostseite ein ständig Süßwasser führendes Loch.

Den Grund dafür haben wir in dem wenig verwitterten Boden zu suchen. Die atmosphärischen Einflüsse bewirken eine derartige Verhärtung des Bodens, daß das Regenwasser nicht in ihn eindringen kann. Es sammelt sich in kleineren flachen Vertiefungen und verdunstet bald. An anderen lockeren Stellen dagegen, wo alte Korallenblöcke zu Tage treten, fließt der Regen sofort in den porösen Boden bis auf den Grundkalk und wird abgeleitet.

Haben wir aber wirklich Sandbildung vor uns, so stoßen wir beim Graben, schon in geringer Tiefe ($\frac{1}{4}$ — $\frac{3}{4}$ m) auf die Riffbank, und die nicht genügend dicke Sandschicht ist nicht imstande Süßwasser zu liefern. Denn da die Grundbank im Bereich des Hochwassers gelegen ist, so ist auch das bei Flut in diesen Gruben sich sammelnde, durch den Sand sickernde Wasser stark brackig; nach starken Regengüssen ist es natürlich mehr versüßt.

Beim Mangel jeglicher frischen Quelle kann auch von einem Alluvium keine Rede sein. Hin und wieder, so hinter der Ansiedlung, findet man etwas torfähnlichen, schwarzen Grund, der als Produkt einer eigentümlichen Sumpfv egetation der tiefsten Stellen der

Senkungen angesehen werden kann, wie zum Beispiel in der Nähe des oben erwähnten Wasserloches.

Die Verwitterungsprodukte, die wir sonst vorfinden, entstammen zum größten Teil den dem Riff aufsitzenden Korallenblöcken, wie auf der Südseite. Es mag dieses auf den ersten Blick befremden, da ja der Korallenkalk bedeutend härter ist als der Riffkalk, wird aber verständlich durch jene eigentümliche Verfestigung der Riffoberfläche, durch welche diese der Abrasion ungemein starken Widerstand entgegensetzt, während die porösen Korallenblöcke unter wechselndem Einfluß der Sonne und des Regens stärker angegriffen werden.

Um die Bildung der äußeren Form von Aldabra zu verstehen, muß man sich die Wind- und Strömungsverhältnisse in diesem Teil des Indischen Ozeans vergegenwärtigen.

Wir unterscheiden stationäre und wechselnde Winde. Erstere, hervorgerufen durch die Umdrehung der Erde, nennen wir Passate, letztere durch lokale Ursachen bedingt, wie für den Indischen Ozean durch die Erwärmung der großen Landmassen von Asien und Afrika, bezeichnen wir als Monsune.

Die Aldabra-Inseln liegen noch im Bereich des Passates, der sich jedoch hier abzuschwächen beginnt, so daß auch die Monsune zur Wirksamkeit gelangen können.

Der Süd-Ost-Passat weht im westlichen Indischen Ozean in Ost- Süd- Ost-Richtung und trifft auf Aldabra fast in östlicher Richtung. Erst weiter westlich und nördlich biegt er in der Nähe des Äquators um, dabei schwächer werdend und geht, nach und nach einen rechten Winkel zu seiner früheren Richtung bildend, während der Monate Juni bis August bei Nord-Deklination der Sonne in den Süd-West-Monsun über. Der S.-W.-Monsun übt also zu dieser Jahreszeit nur dadurch einen Einfluß auf den herrschenden Wind aus, daß er ihn verstärkt.

Während der Monate Dezember bis Februar biegt bei Süd-Deklination der Sonne der zu dieser Zeit wehende Nord-Ost-Monsun am Äquator in W.-S.-W.-Richtung um und trifft in nahezu westlicher Richtung auf Aldabra.

Es wird also in beiden Fällen Aldabra fast in der Längsrichtung getroffen.

Die Strömungserscheinungen nun im Indischen Ozean werden hauptsächlich durch diese herrschenden Winde beeinflusst und auch hier haben wir stationäre und periodische Strömungen zu unterscheiden, insofern als in bestimmten Jahreszeiten die Strömungsverhältnisse bestimmter Gegenden durch die in ihnen herrschenden Monsune bedingt werden.

Die seit Jahrtausenden in derselben Richtung über den Ozean streichenden Winde sind die Erzeuger der großen Meeresströmungen, und diese Bewegung setzt sich auch außerhalb des Bereiches des erzeugenden Windes fort. Wir finden deshalb im Indischen Ozean entsprechend dem Süd-Ost-Passat auch eine starke Süd-Ost-Passat-Drift, die in fast genau westlicher Richtung auf Aldabra stößt. Ein Teil dieses Passatstromes gelangt westlich bei Kap Delgado auf die afrikanische Küste und wird dadurch von seiner Richtung in einen Nord- und Süd-Strom abgelenkt. Der Südstrom fließt nach Süden durch den Kanal von Mozambique ab, während der Nordstrom an der ostafrikanischen Küste entlang nach Norden geht und später dem S.-W.-Monsun folgend nach N.-O. umbiegt, nach Indien zu. Während der Monate Dezember bis Februar trifft er bei Sansibar auf den durch den Nord-Ost-Monsun erzeugten, von Norden herkommenden Sansibarstrom und beide vereinigen sich zu einem nach Osten gerichteten Strom, der nördlich von Sansibar und fernerhin der Seychellen und Chagos-Bank nach Sumatra führt.

Der südlichere Teil des Süd-Ost-Passatstromes trifft auf seinem Wege auf Madagaskar und teilt sich in einen nördlichen Teil, der um die Nordspitze Madagaskars herumgelangt und den nach Süden ziehenden Mozambiquestrom verstärkt, während der andere Teil an der Ostküste Madagaskars nach Süden zieht. Im Kanal von Mozambique ist deshalb die Strömung stets dieselbe, eine von Nord nach Süd gerichtete, besonders stark, wenn der N.-O.-Monsun während der Monate Dezember bis Februar den Strom verstärkt, etwas schwächer im Juni bis August, wenn er gegen den Süd-West-Monsun anzukämpfen hat.

Die Geschwindigkeit des Passatstromes ist ziemlich bedeutend; so herrscht z. B. an der Nordspitze von Madagaskar am Kap Amber ein starker Strom von 18—48 Seemeilen, auf der Chagos-Bank einer zwischen 12—36 Seemeilen, der in 24 Stunden bis zu 60 Seemeilen ansteigt¹.

Wie wir sahen, besteht also im ganzen Bereich des offenen Ozeans die Passatdrift als ungestörter Weststrom. Betrachten wir nun die Lage von Aldabra, so erkennen wir, daß seine Längsrichtung fast genau zusammenfällt mit der Richtung des Passatstromes, und ich möchte annehmen, daß wir es hier mit keiner zufälligen Erscheinung zu thun haben, denn wenn ein Strom immer in derselben Richtung und in genügender Stärke wirkt, so wird wohl die Hauptanhäufung der Sedimente auch in der Richtung des Stromes erfolgen.

¹ Segelhandbuch für den Indischen Ozean. Herausgegeben von der deutschen Seewarte, 1892.

Die Gestalt des fossilen Riffes genügt jedoch nicht zur Beurteilung dieser Frage, wir müssen dazu die Karte der Tiefenverhältnisse zur Hand nehmen. Wir ersehen daraus, daß sich die Aldabra-Inseln auf einer Bank von etwa 450 bis 500 m Tiefe erheben und daß sie von einer Zone, die ungefähr 1000 m tief ist, umgeben sind. Diese Zone hat im allgemeinen eine ovale Gestalt, was ja auch nicht verwundern kann, als derartig große Strömungen, wie die Passatdrift, wenn auch abgeschwächt, nach Zöppritz¹ bis in große Tiefen hinab ihre Wirkungen bemerklich machen. Dadurch wird natürlich auch die Ablagerung der Sedimente beeinflusst werden, insofern als diese sich auch schon in der Tiefe in der Richtung des kontinuierlich wirkenden Stromes anordnen.

Ob sich nun das Aldabrariff aus dieser Tiefe von 500 m aufgebaut hat, läßt sich ohne Bohrungen nicht entscheiden; es wäre ebensogut möglich, daß die Bank viel näher zur Oberfläche des Meeres gereicht und daß sich erst von da an die Tätigkeit der Kalkbildner in größerem Maße entfaltet hätte. Um darüber Klarheit zu erhalten, wäre es nötig, Grundproben des umgebenden Meeres untersuchen zu können.

Ich bin geneigt, einen Aufbau in tieferer Zone anzunehmen und glaube, daß er höchstens bis in die Zone der beginnenden Einwirkung des Passatstromes gereicht haben kann, da je näher der Oberfläche um so intensiver der Passatstrom seine Wirksamkeit bethätigt hätte. Daß sich das Riff aus größerer Tiefe aufgebaut haben kann, ist keine Frage, denn es wird aus derartigen Tiefen der feine weiche Kalkschlamm beschrieben, und überall am Meeresboden vollzieht sich die Auflagerung organischer Sedimente; ein Aufbau durch die Tätigkeit der Kalkbildner bis in die Region der Riffforallen ist indessen nicht anzunehmen, da beim Verschieben des Niveaus bis in die Region der Passatdrift sofort durch die Strömung eine Abrasion des Gipfels hätte stattfinden müssen.

Die Auseinandersetzung hat ergeben, daß wir gezwungen sind, eine Hebung des Aldabrariffes anzunehmen, die verhältnismäßig rasch vor sich gegangen sein muß, rascher als die Abrasion des Gipfels ihre Wirksamkeit ausüben konnte, da sonst das Niveau sich nicht nach oben bis in die Nähe des Wachstums der Riffforallen hätte verschieben können.

Das Hauptmoment für die Abrasion ist der starke Passatstrom, der ständig in gleicher Richtung seine Tätigkeit ausübt. Zur Zeit, als das Riff in den Bereich seiner erhöhten Tätigkeit gelangte, hatte es auch schon die Region der riffbildenden Korallen erreicht, die auf der Luvseite, der der Passatstrom fortdauernd reines Wasser zuführte —

¹ Zöppritz, K. Hydrodynamische Probleme in Beziehung zur Theorie der Meeresströmungen: Annalen der Physik und Chemie, Neue Folge. Bd. III. 1878.

dem er führt wie alle großen ozeanischen Strömungen keine Sedimente mit sich —, zur Ansiedlung günstige Lebensbedingungen zu finden vermochten, während auf der entgegengesetzten Seite deren Wachstum durch die Sedimentwasser der beginnenden Abrasion erschwert wurde. Natürlich wurde dadurch kein fester Wall gebildet, sondern die Oberfläche des Rifles wurde besonders auf der Südseite durch die Korallen nur verfestigt und über-rindet, und es strich der Passatstrom in seiner Richtung ungehindert über das Riff.

Als das Riff in den Bereich der Gezeiten emporgehoben war, war durch diese Ansiedlung von Korallen auf der Südseite schon ein starker Schutz geschaffen, der eine weitere Zerstörung durch die Brandung erschwerte, und hierin haben wir wohl den Grund zu suchen, daß wir auf der Passatseite die breiteste Seite der Insel vorfinden. Naturgemäß flossen zu dieser Zeit noch alle auf das Riff geworfenen Wassermassen in der Richtung der Passatdrift auf der entgegengesetzten Seite ab. Es ist derselbe Vorgang, den wir bei fast allen Korallenriffen finden, daß nämlich die abgestorbenen Partien gewöhnlich auf der Seite unter dem Wind liegen, da hier, wo die Gewalt der Brandungswellen geringer ist als auf der Seite gegen den Wind, die unreinen Wasser und Sedimente über diesen Teil der Lagune hinausgehoben werden. Es ist möglich, daß sich schon damals das Riff durch Auswaschen der weichen Teile der Mittelpartien muldenförmig vertiefte.

Die Passatdrift hat bekanntlich, wie jede große ozeanische Strömung, das Bestreben ihre Richtung beizubehalten und sie wird durch die Monsune nur wenig beeinflusst. Zur Zeit, wenn der Monsun gegen die Passatdrift steht, wie es während der Monate Juli und August der Fall ist, wird zwar ein oberflächlicher Gegenstrom erzeugt, der aber einen harten Kampf gegen die Passatdrift hat und keine tiefgehenden Wirkungen ausübt. Zu jener Zeit sieht das Meer um Aldabra aus, als ob es koehe.

Wir haben also eigentlich einen fortgesetzt über Aldabra streichenden Strom, der die Sedimente stets nach derselben Richtung fortführen und dadurch auch die Ausbildung von Abflußkanälen begünstigen muß.

Daß es auf der Luvseite nicht zur Ausbildung von Kanälen kam, erklärt sich wohl daraus, daß, wenn auch wirklich einmal durch Auswaschen weicherer Teile eine derartige Anlage eingeleitet wurde, die sich sofort ansiedelnden Korallen diesen Defekt in kurzer Zeit ausglich. Es ist daher wohl kein Zufall, daß der Hauptkanal genau in der Luftlinie der Richtung des Passatstromes gelegen ist.

Naturgemäß mußte sich, je weiter sich Aldabra hob, und nunmehr der Passatstrom durch das Riff geteilt wurde, auf der entgegengesetzten Seite, also der West- und Nordwestseite

des Rifles, ein verhältnismäßig stilles Dreieck ausbilden, in welchem vorzugsweise die Sedimente zur Ablagerung kamen. Dies finden wir auch durch einen Blick auf die Karte bestätigt, denn gerade hier vermissen wir den steilen Absturz des Rifles in die Tiefe und sehen eine allmähliche Senkung des Strandes nach dem Meeresboden.

Später, als sich das Riff über die Oberfläche des Meeres gehoben hatte, setzte auf der Passatseite, die mit Korallen überrindet war, die Verwitterung viel kräftiger ein als auf dem Kalkriff, welches ja gerade infolge der eigentümlichen Verfestigung seiner Oberfläche unter dem Einfluß der atmosphärischen Feuchtigkeit, einer Verwitterung nur wenig Anhalt bot. Es ist dies wohl auch der Grund, weshalb wir auf der Südseite der Insel ausgesprochene Dünenbildungen finden, die wahrscheinlich zum größten Teil Verwitterungsprodukten dieser Korallen ihren Ursprung verdanken.

Beim Höhersteigen des Rifles vertieften sich auch die Kanäle, oder besser wohl der jetzige Hauptkanal, da er allein durch seine Tiefe eine derartig frühe Anlage erkennen läßt, und als Aldabra weit über die jetzige Höhe erhaben war, müssen wir uns das Riff vorstellen als eine plateauartige Bildung, etwa doppelt so hoch wie jetzt über dem Meeresspiegel emporragend, deren Mitte eine mit Verwitterungsprodukten angefüllte flache Mulde darstellte, und versehen mit einem den Landgürtel durchsetzenden, aber nicht weit nach innen reichenden Kanal.

Dafs thatsächlich schon frühzeitig einige Stellen der Riffmitte vertieft gewesen sein müssen, geht klar aus Bildungen wie bei Cocos-Inland hervor, wo wir Gesteinsbänke von etwa einem Meter Höhe vorfinden, die aus den verschiedenartigsten Bruchstücken zusammengesetzt und fest miteinander verkittet sind. Es müssen sich diese Ablagerungen gebildet haben, als sich Aldabra noch im Bereich der Gezeiten befand, und zwar an tieferen Stellen, da auch jetzt noch ihr Niveau nicht ganz die Höhe des Landgürtels erreicht, und sind dann nach ihrer Trockenlegung unter atmosphärischen Einflüssen umgewandelt und verhärtet worden.

Die Lagune in ihrer jetzigen Ausdehnung ist aber ohne Zweifel eine neuere Bildung. Die Hebung der Bank ist anscheinend so rasch vor sich gegangen, und so schnell von einer Senkung abgelöst worden, dafs wenn es auch zu einer Vertiefung der Riffmitte kam, deren Betrag nur ein geringer war. Wohl aber konnten sich schon damals die Kanäle, besonders der Hauptkanal, anlegen, um die auf das steigende Riff geworfenen Wassermassen abzuführen.

Bei fortschreitender Hebung vertiefte der Hauptkanal sein Bett landeinwärts, ohne jedoch auf die Anlage der Lagune eine nennenswerte Einwirkung auszuüben. Zur Ausbildung der Lagune in ihrer gegenwärtigen Gestalt kam es erst als Aldabra neuerlich eine Niveauveränderung erfuhr, die wir aus folgenden Gründen anzunehmen genötigt sind:

Wie früher genauer ausgeführt wurde, stürzt der Landgürtel 3—5 m steil nach beiden Seiten zu einem Strande ab, der in der Lagune sowohl wie gegen die See hin fast in derselben Horizontale gelegen ist. Gehen wir nun auf dieser Strandterrasse meerwärts, so gelangen wir, in je nach der Örtlichkeit wechselnder Entfernung, an einen zweiten Absturz, der mauernartig senkrecht, oder auch überhängend, um etwa 5—6 m abfällt. Ich selbst bin bei meiner Ankunft auf Aldabra bei Niedrigwasser in ein paar Meter Entfernung, von der Ostspitze der Insel an, die ganze Nordseite entlang gefahren, und habe mich von diesem steilen Absturz überzeugt, der auch auf der Karte durch feine Strichelung angezeigt ist. Dieser Teil der Küste ist bei Süd-Ost-Passat durch die Insel völlig geschützt und das Meer verhält sich absolut still, so daß man ohne Gefahr dicht an dem Absturz entlang fahren kann.

An den Fufs dieses zweiten unterseeischen Absturzes schließt sich gleichfalls eine terrassenartige Fläche, die nach der See zu sich bis auf ungefähr $1\frac{1}{2}$ km Entfernung fortsetzt, sich dabei auf etwa 30—50 Faden neigt, und dann rasch in eine Tiefe von 200—250 Faden abstürzt. Wir haben hier also eine alte Strandterrasse vor uns, die einstmals, wie die jetzige Strandterrasse, bei niedrigem Wasser zum Teil entblößt worden sein wird, und wir fassen deshalb diesen zweiten Absturz als alte Strandlinie auf. Später bei der einsetzenden positiven Strandverschiebung, also beim Sinken des Festen, wurde durch die andauernden Abbrüche diese Strandlinie weiter und weiter nach rückwärts oder landeinwärts verlegt, ein Prozeß, der jetzt noch andauert, wie aus der Beschaffenheit des Landgürtels ersichtlich ist.

Es ist wohl anzunehmen, daß auch diese äußere Strandlinie nicht dem ursprünglichen Umfang des Rifles entspricht, sondern, wie aus der Steilheit ihres Absturzes hervorgeht, auch ihrerseits schon eine Zurückverlegung erfahren hat. Um welchen Betrag, das würden natürlich nur eingehende Lotungen ergeben; es wäre möglich, daß sich dabei noch eine ältere Strandlinie nachweisen ließe.

Als Sockel für das Riff haben wir anscheinend die auf der Karte punktiert gezeichnete Linie anzunehmen, welche die Insel in etwa eine Seemeile Entfernung umsäumt, denn hier stürzt der unterseeische Fufs, also die Fortsetzung der zweiten Strandterrasse, die sich nach aufsen rasch auf 30—50 Faden senkt, ganz plötzlich in Tiefen von 200—250 Faden steil ab.

Daß ich meine Absicht, die östlich von Aldabra unter $9^{\circ} 38'$ südlicher Breite und $47^{\circ} 36'$ östlicher Länge gelegenen Cosmoledo-Inseln zu besuchen, nicht habe ausführen können (wir wurden in der Nacht durch den starken Passatstrom daran vorbeigezogen),

thut mir jetzt umsomehr leid, als wir es nach dem Bericht des Kapitän Niejahr¹ dort mit derselben Bildung zu thun haben wie auf Aldabra.

Die Cosmoledo-Inseln, sieben bis acht englische Meilen im Durchmesser betragend, liegen auf einem kreisrunden Riff, das eine seichte Lagune, deren Tiefe 13 m nicht überschreitet, einschließt. Gegen die Nordostspitze der Inselgruppe hin erhebt sich die Riffbarriere an mehreren Orten zu Felsen, die um einige Meter über den Wasserspiegel emporragen, und endet zuletzt in der Nordost- oder Nord-Insel, welche etwa sechs Meter hoch ist, aber als ganz vegetationslose starre Lavamasse erscheint. Das Nordende der Menai-Insel liegt am Küstensaum etwa 1½ bis 2 m über der Hochwassermarken, und die Lavamassen, von Flächen weissen Korallensandes durchbrochen, reichen zur Hochwasserzeit bis dicht an das Meer. Zur Zeit des Niedrigwassers wird auch in einer Ausdehnung von etwa 100 m ein ganz flacher, schmutzig gelber oder weisser Strand als Fortsetzung der Sandflächen und scheinbarer Untergrund der Lavamassen sichtbar, dann aber macht die Insel wieder einen Absturz von etwa 5 m und nun beginnt eine Bank, die sich in ihrer größten Ausdehnung nahezu 2 km weit erstreckt, stellenweise aber nur 100 m breit ist. Diese Bank bildet eine ziemlich sanfte Fläche von 5—30 m Wassertiefe, die sich langsam abdacht. Hernach fällt der Boden mit einem Male steil ab, so dafs mit 200 m Leine kein Grund zu erreichen war.

Wir haben nach dieser Schilderung auf Cosmoledo fast genau die gleiche Formation des Riffes vor uns wie auf Aldabra. Absehen mufs man dabei natürlich von der Auffassung, als hätten wir es thatsächlich mit Lavamassen zu thun. Auf den Laien würde auch Aldabra den Eindruck einer starren Lavabank machen. Es beruht dies auf der schon erwähnten eigentümlichen Umwandlung der Oberfläche des Riffkalkes infolge atmosphärischer und anderer Einflüsse, wobei die äufsersten Schichten verhärten und eine schwärzliche Farbe annehmen. Erinnt man sich nun noch an die häufig völlige Vegetationslosigkeit und das zerfressene Aussehen der Bank, so wird man verstehen, wie dem Laien durch ein derartiges Riff eine Lavabank vorgetäuscht werden kann.

Nach Dr. Abbot² weist übrigens auch die kleine, etwa 25 englische Meilen süd-

¹ Aus den Reiseberichten der Brigg „Hermann Friedrich“, Kapitän Niejahr: Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie. Herausgegeben von der Kaiserlichen Admiralität. Jahrg. IV, 1876, p. 243—246.

² Abbot. Notes on Natural History of Aldabra, Assumption and Glorioso Islands, Indian Ocean: Proceedings of the United States National Museum. Vol. XVI, p. 759—764.

östlich von Aldabra gelegene Insel *Assumption*, deren Besuch ich zwar ebenfalls geplant, aber des starken Passates wegen nicht ausführen konnte, die gleiche geologische Bildung auf wie Aldabra. Es scheint mir überhaupt, als wäre dieselbe Zusammensetzung des Riffkalkes, entsprechend der auf Aldabra, eine für den westlichen Teil des Indischen Ozeans im allgemeinen übereinstimmende. Nach allem, was ich während meines Aufenthaltes auf Sansibar gesehen habe, dürfte es wohl gelingen, daselbst an manchen Stellen eine gleiche Bildung nachzuweisen. Besonders möchte ich die Aufmerksamkeit künftiger Forscher auf die kleine, vor dem Hafen von Sansibar gelegene Insel Bawi lenken, die aufs täuschendste an die Rifffartien auf Aldabra erinnert. Es geht dies soweit, daß ich ohne Vermerke unter meinen Photographien nicht imstande wäre anzugeben, welche Aufnahme sich auf die überhängenden Rifffartien auf Bawi und welche auf Aldabra bezieht. Ich habe s. Z. geglaubt, auf Bawi metamorphosierten Korallenkalk vor mir zu sehen und deshalb versäumt, Handstücke von dem gleichfalls gegen Wasser undurchlässigen, unter dem Hammer klingenden, nackten Riffkalk von dort zu entnehmen.

Wie an den vielen Abstürzen ersichtlich, findet heute noch andauernd eine Zurückverlegung der Strandlinie statt. Tritt nun in der Zukunft keine negative Strandverschiebung, also keine Hebung des Rifles ein, so wird das Endresultat dieses stetig fortschreitenden Zerstörungsprozesses das sein, daß der Landgürtel durch Abbröckelung nach außen und nach innen immer schmaler wird, während zu gleicher Zeit die schon bestehenden Kanäle an Breite und Tiefe zunehmen und neue sich ausbilden, deren Anlagen sich schon jetzt an mehreren Stellen erkennen lassen. Dadurch wird der Landgürtel in immer weitere Teile zerlegt und die Abrasion beschleunigt werden, bis schliesslich auch der letzte Rest den Wogen zum Opfer fällt und eine gleichmäÙig hohe, im Bereich der Gezeiten liegende Bank an Stelle des jetzigen Atolles entstanden ist.

Unter normalen Verhältnissen könnte die Abrasion nicht viel weiter gehen, da sonst sofort die Riffforallen ihre Thätigkeit entfalten würden und nun ihrerseits, indem sie einer weiteren Zerstörung vorbeugen, gleichzeitig der Brandung die Möglichkeit gewähren, aus ihren Trümmern einen neuen Strand aufzuwerfen, und so die Bildung einer auf dem Sockel des alten Rifles aufgebauten Koralleninsel einzuleiten.

Im vorliegenden Fall muß man sich jedoch erinnern, daß Aldabra noch im Bereich des Passatstromes liegt, und daß durch die stets in gleichem Sinne wirkende starke ozeanische Strömung alle sich neu bildenden Sedimente in das Meer hinausgeführt werden. Es ist daher wohl anzunehmen, daß die Abrasion über den Bereich der Gezeiten hinaus fort-

schreitet. Im klaren Wasser der Passatdrift finden dann die lebenden Korallen alle Bedingungen vor, um sich über den ganzen Sockel auszubreiten, und wir hätten als Endresultat nunmehr ein typisches Flachseeriff vor uns.

Man ist berechtigt, aus der Übereinstimmung der lebenden Korallenfauna mit den Resten der Korallen, die sich, besonders im Süden auf dem Landgürtel vorfinden, und aus ihrem Erhaltungszustand zu schließen, daß die negative Strandverschiebung sehr jungen Datums sein muß. Über das Alter des Riffes selbst läßt sich bei der Seltenheit der Einschlüsse, die einen Anhalt für den Zeitpunkt der Ablagerung geben könnten, nur sagen, daß diese während der Tertiärzeit erfolgte. Genauerer Aufschluß könnte erst eine eingehende Untersuchung an der Hand einer größeren Zahl von Fossilien, als jetzt vorliegen, ergeben. Ich glaube wohl, daß sich bei sorgfältigen Nachforschungen reichlicheres Material zur Klärung dieser Frage an Ort und Stelle anfinden ließe. Bei meinem Besuche jener Insel habe ich den Riffkalk für Korallenkalk gehalten und deshalb nicht nach Versteinerungen gesucht; die wenigen, die zur Verfügung stehen, haben sich nur zufällig in den von mir mitgebrachten Handstücken vorgefunden.

Thatsache ist freilich, daß die Fossilien außerordentlich selten sind, jedoch ist dies in der Zusammensetzung und Bildung des Riffes bedingt, und nicht etwa darin begründet, daß sie durch einen Umwandlungsprozeß verändert und deshalb nur schwer zu erkennen wären. Sie sind niemals in größerer Menge vorhanden gewesen, was klar daraus hervorgeht, daß die Konchylienschalen, die sich vereinzelt darin vorfinden, sich fast völlig unverändert erhalten haben. Es stellt eben das ganze Riff eine Art Reinkultur jener kleinen Organismen dar, und es fehlen in dem Riffkalk auch die sonst besonders in der Kreide so häufigen Beimengungen von Foraminiferenschalen und Kieselpanzern der Radiolarien völlig.

Daß wir hier auf Aldabra das Riff noch in seiner ganzen Mächtigkeit vor uns haben, verdanken wir in erster Linie der Übrerrindung des Riffes durch Korallen bei seiner Annäherung an die Meeresoberfläche, wodurch einer Abrasion durch den Passatstrom und die Gezeiten vorgebeugt wurde. Nach dem spätern Emporsteigen über das Meeresniveau hat auch die Verwitterung keine tiefgreifenden Veränderungen hervorgerufen; denn noch jetzt sehen wir an vielen Stellen Korallenblöcke dem Landgürtel aufsitzen; die eigentümlichen Verfestigungen, die die oberflächlichen Partien des Riffkalkes unter den atmosphärischen Einwirkungen erfahren, bilden einen Schutz gegen Verwitterung.

Gewöhnlich wurde von den älteren Autoren, wie Darwin und Dana, die Bildung von Atollen als Beweis für eine positive Strandverschiebung angesehen, später behauptete

Guppy und Murray, daß Atolle sich nur in Hebungsgebieten bilden könnten. Während Murray jedoch annimmt, daß sich schon in größerer Tiefe eine innere Einsenkung ausgebildet, entsteht nach Guppy die Lagune erst dann, wenn das Riff die Oberfläche des Meeres erreicht hat und zwar finde die Bildung derselben statt durch die auflösende Thätigkeit der im Meerwasser enthaltenen Kohlensäure und infolge der durch die Gezeiten und andere Strömungen verursachten Erosion.

Man kann sagen, die genannten Forscher haben alle recht. Die Bildung eines Atolls ist auf die verschiedenste Weise möglich. Stets wird wohl ein Atoll mit tiefer Lagune entweder einem Krater aufgesetzt oder auf Grund einer Senkung entstanden sein. Dagegen kann aber auch, wie z. B. auf Aldabra, ein Atoll mit einer Lagune entstehen, indem ein Riff gehoben wird, der Regen darin die zentralen Partien auslaugt und bei späterer Senkung die Gezeiten erodierend wirken. Eigentlich wird der Ausdruck Atoll ja nur angewendet für eine ringförmige Bildung durch die Thätigkeit von Korallen, ich möchte jedoch diesen Begriff ausdehnen auf jedes Riff mit Lagune, da ein Riff wie Aldabra durch eine jetzt einsetzende Senkung und darauf erfolgende Ansiedlung und Übrindung des heutigen Landgürtels mit Korallen sehr gut in ein echtes Atoll übergehen könnte.

Ein strikter Beweis für eine negative Bewegung gilt für erbracht, wenn wir ehemaligen Meeresboden über den Meeresspiegel hervorragen sehen. Dies ist, wie wir sahen, auf Aldabra der Fall. Davon, daß hier das Riff gebildet worden wäre durch eine Trümmerschicht von Korallenfragmenten, Korallensand und Konchylienresten, die die Wogen und der Wind angehäuft, und daß dann später dieses Detrituslager durch Sickerwasser etc. in festes Gestein umgewandelt worden wäre, davon kann hier keine Rede sein.

Als Resultat unserer Untersuchung hat sich ergeben, daß wir es auf Aldabra nicht mit einer in loco entstandenen Bank zu thun haben, bei der die Hauptbildner durch Korallen repräsentiert werden, sondern daß wir die Insel als gewachsenes, altes Riff aufzufassen haben, zusammengesetzt aus einem durch die Thätigkeit mikroskopischer Organismen erzeugten homogenen Kalk, abgelagert in einer von tektonischen Störungen anscheinend unberührten Bank.

Gleichviel ob man annimmt, die Grundlage für das Riff bestände aus einer ebenen Bank oder würde durch den Gipfel eines submarinen Berges gebildet, welcher mit einer Kuppe homogenen Kalkes übermantelt worden wäre, stets müssen wir uns überzeugen, daß wir es mit keinem dünnen Überzug zu thun haben können. Es geht dies klar daraus hervor, daß wir vom Grunde des Hauptkanales, dessen Sohle in die Bank eingeschnitten ist,

bis zur Oberfläche des Landgürtels schon allein eine Dicke des Riffkalkes von etwa 15 m konstatieren können.

Über die Stärke der ganzen Ablagerung lassen sich ohne Bohrungen natürlich nur Vermutungen aufstellen. Ich bin geneigt, eine recht beträchtliche Dicke des Riffkalkes anzunehmen aus dem Grunde, weil wir es hier mit einer ganz gleichmäßigen Zusammensetzung des Gesteins zu thun haben und weil das ganze Riff durchgängig ohne Einschluss von Korallen oder anderen Resten kalkschalentragender Organismen ein Massiv homogenen Kalkes darstellt. Von einer Durchbohrung des Untergrundes ist nirgends etwas zu bemerken.

Literatur

über Coccolithen, Rhabdolithen und Bathybius.

- Barrois, Ch. Recherches sur les terrains anciens des Asturies, Lille 1882.
- Beale, Lionel. Living matter, *Bathybius*, *Protoplasma* etc.: Journ. Roy. Microsc. Society Vol. III (1880), p. 209 ff.
- Bessels, E. Memorandum of the most important discoveries of the expedition, p. 546: Annual Report of the Secretary of the Navy on the Operations of the Department for the Year 1873. Washington, Government Printing Office, 1873.
- *Haeckelia (Astrorhiza) gigantea*. Ein Protist aus der Gruppe der Monothalamien. Mit 1 Taf.: Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Bd. IX (1875), p. 277. (*Protobathybius*).
- Die amerik. Nordpolexpedition. Leipzig 1879, p. 320—321.
- Bøggild, A. „Den danske Ingolf-Expedition“ Bd. I, Heft 2. Kjöbenhavn 1899.
- Buchanan, J. Y. Preliminary Reports on Chemical Work done on board H. M. S. „Challenger“: Proceed. Roy. Soc. Vol. XXIV (1876), p. 605—606.
- Bütschli, O. Protozoa: Bronn's Klassen und Ordnungen des Tier-Reiches Bd. I, (1880—82), p. 179—181.
- Carpenter, W. B. and Wyville Thomson. Preliminary Report on Deep-sea Dredgings: Proceed. Roy. Soc. 1868, pp. 190, 191.
- Carter, H. J. On *Melobesia unicellularis*, better known as the Coccolith: Ann. Mag. Nat. Hist. 4th series. Bd. VII (1871), p. 184—189.
- Dixon, H. On the structure of Coccospaeres and the origin of Coccoliths. With 1 Pl.: Proceed. Roy. Soc. of London, Vol. LXVI (1900), p. 305—315.
- Ehrenberg, Chr. G. Über neue Charaktere in erdigen und derben Mineralien: Monatsberichte Berliner Akademie 1836.
- Mikrogeologie. Leipzig 1854. Taf. XXV, Fig. B, 16.
- Mikrogeologische Studien über das kleinste Leben der Meerestiefengründe aller Zonen und dessen geologischen Einfluss: Abhandlungen der Berliner Akademie 1872, p. 361.

- Gümbel, C. W. *Coccolithen (Bathybius) in allen Meerestiefen und in den Meeresablagerungen aller Zeiten*: Das Ausland 43. Jahrgang (1870), p. 763—64.
- Über Nulliporenkalk und Coccolithen: Verhandlungen d. K. K. Geolog. Reichsanstalt, Wien 1870, p. 201—203.
- Vorläufige Mitteilungen über Tiefseeschlamm: Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, Jahrg. 1870, p. 753—767.
- Coccolithen im Eocän. fehlen dem Tiefseeschlamm unserer Alpenseen: *ibid.* 1873, p. 299—302.
- Haeckel, E. Beiträge zur Plastidentheorie: Jenaische Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaft Bd. V (1870), p. 492 ff.
- Das Leben in den größten Meerestiefen: Virchow-Holzendorff's Sammlung gemeinverständlicher Vorträge No. 110 (1870).
- *Bathybius* und die Moneren: Kosmos Bd. I (1877), p. 293—305.
- Das Protistenreich. Leipzig 1878, p. 68 ff.
- Harting, P. Recherches de morphologie synthétique sur la production artificielle de quelques formations calcaires organiques: Verhandelingen der Koninklijke Akademie von Westenchappen dertiende Deel. Amsterdam 1873, p. 65 ff. und Taf. 1 s.
- Huxley, T. H. Appendix to: Deep-Sea Soundings in the North-Atlantic Ocean between Ireland and Newfoundland, made in H. M. S. „Cyclops“, Lieut. Commander Joseph Dayman, in June and July 1857. London, published by order of the Admiralty, 1858.
- On some Organisms living at Great Depths in the North-Atlantic Ocean. With 1 Pl.: Quart. Journ. Micr. Sc. N. Ser. Vol. VIII (1868), p. 203—221.
- *Bathybius*, Coccoliths and Cocospheres: Discussion on Captain S. Osborn's paper „On the Geography of the Bed of the Atlantic and Indian Oceans and the Mediterranean Sea: Proceed. Roy. Geogr. Soc. Vol. XV (1870—1871), p. 38.
- Joly, J. and H. H. Dixon. Coccoliths in our Coastal Waters. With 2 Textfig.: Nature Bd. LVI, London 1897, p. 468—469.
- Jukes-Browne, A. J. and J. B. Harrison. The Geology of Barbados, Part II. The Oceanic Deposits: Quart. Journ. Geolog. Soc. of London, Vol. 48 (1892). [Coccoliths in Barbados rocks, p. 177—179].
- Mantell, G. A. Wonders of Geology. 2nd. ed. Vol. II, p. 953. [Betrachtet die Coccolithen als Infusorien].
- Möbius, C. Die äußeren Lebensverhältnisse der Sectiere: Beilage zum Tageblatt der 49. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Hamburg 1876, p. 20—25. [*Bathybius* künstlich hergestellt].
- Murray, John. Abyssal Rhizopods (*Bathybius*): Preliminary Reports on Oceanic deposits examined on board H. M. S. Challenger: Proceed. Roy. Soc. Vol. XXIV (1876), p. 529—531.
- On the Sea-bottom Deposits observed during the Cruise of the Challenger, a report to Prof. Wyville Thomson: The American Journal of Science and Arts. Third Series. Vol. XII (1876), p. 255—270. [*Bathybius*].
- Narrative of the Cruise of H. M. S. Challenger, Part II, 1885: Report of the scientific results of the Voyage of H. M. S. Challenger during the Years 1873—1876.
- Murray, John and Vernon H. Blackmann. Cocospheres and Rhabdospheres. With. 2 Textfig.: Nature 1897, p. 510—511.
- On the nature of the Cocospheres and Rhabdospheres. With. 2 Pl.: Philos. Trans. Roy. Soc. of London, Ser. B, Vol. 190 (1898), p. 427—441.

- Murray, John and A. F. Renard. Report on Deep-Sea Deposits: Report of the Voyage of the Challenger, 1891.
- Ostenfeld, C. Über Coccospheera und einige neue Tintinniden im Plankton des nördlichen Atlantischen Ozeans. Mit 1 Textfigur: Zoolog. Anz. 1899, Bd. 22, p. 434—436.
- Über Coccospheera: Zoolog. Anz. 1900, Bd. 23, p. 198—200.
- Packard, A. S. Life histories of animals. New-York 1876, p. 3. [Abbildung der Protoplasmanetze des *Protobathylus* von Dr. Bessels].
- Schmidt, Oscar. Die Coccolithen in den Ablagerungen des Adriatischen Meeres: Ausland 43. Jahrgang (1870), p. 715.
- Über Coccolithen und Rhabdolithen. Mit 2 Taf.: Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wissenschaften zu Wien. Math. naturw. Cl. Bd. LXII, 1. Abth., Jahrg. 1870, p. 669—682. Auch separ.: Wien (Gerold's Sohn) 1870.
- Schwarz, E. H. L. Coccoliths. With 1 Textfig.: Ann. Mag. of Nat. Hist. Vol. XIV, Sixth series, London 1894, p. 341—346.
- Slack, Henry J. Coccoliths and Cocospheres and Notes on Organic Bodies in Ringate Firestone. With 1 Pl.: The Student and intellectual Observer of Science, Literature and Art, Vol. III (1869), p. 29—35.
- Sollas, W. J. On the Glaucanitic Granules of the Cambridge Greensand. With 1 Pl.: Geological Magazine, New series. Decade II Vol. III, p. 539—544, London 1876.
- Sorby, H. C. On the Organic Origin of the so-called Crystalloids of the Chalk. With 1 Textfig.: Ann. Mag. Nat. Hist. 3. Ser. Vol. VIII (1861), p. 193—200.
- Thomson, Wyville. On the Depths of the Sea: Ann. Mag. Nat. Hist. Vol. IV (1869), p. 112—124.
- The Depths of the Sea, an account of the general results of the dredging cruises of H. M. S. ships Porcupine and Lightning, during the summers of 1868, 1869 and 1870, under the scientific direction of Carpenter, J. Gwyn Jeffreys and Wyville-Thomson. New-York and London 1870, p. 412 ff.
- Preliminary notes on the nature of the sea bottom procured by the soundings H. M. S. Challenger during her Cruise in the Southern Sea in the early part of the Year 1874: Proceed. Roy. Soc. of London Vol. XXIII (1874), p. 38.
- Notes from the Challenger: Nature 1875, p. 316. (Brief an Huxley aus Yeddo).
- The Atlantic. A preliminary account of the general results of the Exploring voyage of H. M. S. Challenger during the Year 1873 and the early part of the Year 1876. London 1877. Bd. I, p. 221.
- Wallich, G. C. Notes on the presence of Animal Life in vast Depths in the sea. Published for private Circulation, 1860.
- Results of Soundings in the North-Atlantic: Ann. Mag. Nat. Hist. Vol. VI (1860), p. 457. (Coccospheeren).
- Wallich, G. C. Remarks on some novel Phases of organic Life and on the boring power of minute Annelids at great Depths in the sea: ibid. Vol. VIII (1861), p. 53 ff.
- Further observations on some novel Phases of organic Life at great Depths in the sea: ibid. Vol. IX (1862), p. 30.
- On *Amoeba villosa* and other indigenous Rhizopods.: Ann. Mag. Nat. Hist. 1863, Footnote p. 445. (Vorkommen von Coccospheeren im Kanal).

- Wallich, G. C. On the structure and Affinities of the Polycistina: Quart. Journ. Micr. Sc. 1865, Footnote.
- On the Polycistina: Transact. Micr. Soc. 1865.
- Coccoliths and Cocospheres: Ann. Mag. Nat. Hist. 4. Ser. Vol. II (1868), p. 317.
- Coccoliths and Cocospheres: Quart. Journ. Micr. Sc. Vol. IX (1869), p. 77—78.
- On the vital functions of the Deep-Sea Protozoa. With 1 Fig.: Monthly Micr. Journ. Vol. I, p. 32—41, London 1869.
- On the true Nature of the so-called „*Bathybius*“ and its alleged Function in the Nutrition of the Protozoa: Ann. Mag. Nat. Hist. 4. Ser. Vol. XVI (1875), p. 322—339.
- Observations on the Cocospheres. With 1 Pl.: ibid. 4. Ser. Vol. XIX (1877), p. 342—350.
- Wrzësnowski, Aug. *Bathybius Haeckelii*: Przyroda i Przemysl. Warszawa. T. VII (1878/79), p. 253—254.
- *Bathybius* (Z 5 rys. wtkskie.): ibid. Rok V (1876), p. 109—113.
- Beale, Lionel. Is Huxley's *Bathybius* an Animal?: Amer. Naturalist Vol. IV (1871), p. 50—51. [Auszug aus Huxley. On some organisms living at great depths in the North-Atlantic Ocean].
- Schlegel, F. Huxley's *Bathybius Haeckelii*: Zoolog. Garten 19. Jahrg. (1878), p. 254—255. [Auszug aus Haeckel. *Bathybius* und die Moneren, Kosmos Bd. I (1878)].
- Schmidt, Oscar. On Coccoliths and Rhabdoliths (Transl.). With 2 Pl.: Ann. Mag. Nat. Hist. 4. Ser. Vol. X. (1872), p. 359—370.
- Williamson, W. C. What is *Bathybius*?: Popular Science Review Vol. III (1869), p. 350—357.
- What is *Bathybius*?: Amerian Naturalist Vol. III (1870), p. 651—662.
- ? Über den Meerestiefenschleim (*Bathybius*): Ausland. 42. Jahrg. (1869), p. 1099—1100. [Zusammenfassende Übersicht der bisherigen Kenntnisse].
- ? New Facts as to *Bathybius*, Coccoliths and Cocospheres: Quart. Journ. micr. sc. N. Ser. Vol. X (1870), p. 291. [Referat].
- ? *Bathybius* und das freie Protoplasma der Meerestiefen (Ref. v. F. B.): Naturforscher (Sklarek) 3. Jahrg. 1870, p. 289—290. [Auszug aus Haeckel. Beiträge zur Plastidentheorie].
- ? *Bathybius*, Coccolithen und Cocosphaeren: Gaea Bd. VI (1870), p. 477—478. [Auszug aus: Haeckel, Beiträge zur Plastidentheorie].
- ? Der *Bathybius* und die Moneren: Ausland. 51. Jahrg. (1878), p. 652—658. [Zusammenfassende Übersicht].
- ? *Haeckelina (Astrorhiza) gigantea*. (Bessels). Ein Protist aus der Gruppe der Monothalamien. Auszug daraus: Lotos 25. Jahrg. (1875), p. 106—108.
- ? Verbreitung der Coccolithen: Naturforscher (Sklarek) 4. Jahrg. (1871), p. 259. [Auszug aus Gümbel. Über Nulliporenkalk und Coccolithen].
- ? Coccoliths and Cocospheres: Quart. Journ. Micr. Sc. N. Ser. Vol. XV (1875), p. 70—71.
- ? Auszug aus Thomson, Wyville: Preliminary notes on the nature of the sea bottom procured by the soundings of H. M. S. Challenger during her Cruise in the Southern Sea in the early part of the Year 1874: Proceed. Roy. Soc. of London Vol. XXIII (1874).
- ? Notes from the Challenger: Nature Vol. XII (1875), p. 315. [Brief von Thomson aus Jeddo an Huxley].
- ? On the Genus *Bathybius*: Quart. Journ. Micr. Sc. N. Ser. Vol. XV (1875), p. 390—392. [Auszug aus dem Brief von Thomson an Huxley].
- ? *Bathybius*: The American Journal of Science and Arts 3. Ser. Vol. X (1875), p. 312. [Bemerkung Huxley's über den Brief von Thomson aus der Nature].

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1899-1902

Band/Volume: [26_1899-1902](#)

Autor(en)/Author(s): Voeltzkow Alfred

Artikel/Article: [Über Coccolithen und Rhabdolithen nebst Bemerkungen über den Aufbau und die Entstehung der Aldabra-Inseln. 467-537](#)