©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ueber die Betheiligung mikroskopischer Organismen an der Zusammensetzung der Gesteine.

Von

Dr. VICTOR UHLIG.

Vortrag, gehalten am 19. März 1884.

Mit einer Tafel.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Unter den Gegenständen, die den Menschen in der Natur umgeben, erregen wohl die Gesteine im Allgemeinen das geringste Interesse. Es ist ganz selbstverständlich, dass die dem Menschen im Gesammtbau so nahestehenden Thiere und die wenigstens mit Lebenserscheinungen begabten Pflanzen die Aufmerksamkeit schon viel früher und in höherem Grade in Anspruch nahmen, als das todte Gestein. Nichtsdestoweniger erstreckte sich der Forschungstrieb des Menschen auch auf die feste Erdkruste, und es wurde schon verhältnissmässig frühzeitig die Beobachtung gemacht, dass auch die Gesteine Spuren ehemaligen Thierlebens verrathen; aber es dauerte sehr lange, bis derartige, stets nur vereinzelt verlautbarte Angaben Glauben fanden. Erst seit ungefähr einem Jahrhundert widmete man sich in intensiverer Weise der Erforschung der festen Erdrinde, und da erkannte man bald, dass sich aus den Gesteinen derselben ein, wenn auch theilweise verwischtes und lückenhaftes Bild des ganzen Entwicklungsganges unseres Planeten und seiner Thier- und Pflanzenwelt herauslesen lasse.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Man häufte Beobachtungen auf Beobachtungen über die versteinerten Reste längst ausgestorbener Floren und Faunen vergangener Zeiten, diese selbst theilte man der leichteren Uebersicht halber in kleinere Perioden und Epochen, die sogenannten Formationen ab und fand, dass jede derselben durch gewisse Thier- und Pflanzenformen ausgezeichnet ist. Die Versteinerungen erhielten nun eine hohe Bedeutung, man ging ihnen mit Eifer und Ausdauer nach, und so konnte es nicht fehlen, dass man bald zu der Einsicht gelangte, dass sich auch mikroskopische Organismen in grosser Häufigkeit und manchmal vortrefflicher Erhaltung in den Gesteinen vorfinden, und zwar zuweilen in so erstaunlicher Menge, dass sie das ganze Gestein ausschliesslich oder fast ausschliesslich zusammensetzen.

Als eine solche aus mikroskopischen Schälchen bestehende Bildung kannte man z. B. schon seit sehr langer Zeit die weisse Schreibkreide. So lange es jedoch nicht gelungen war, in den heutigen Meeren noch jetzt vor sich gehende Ablagerungen zu entdecken, welche entsprechende oder ähnliche Verhältnisse darboten, so lange konnte man keine ganz sicheren und klaren Vorstellungen über die ganze Bedeutung derartiger Gebilde gewinnen.

Diese Lücke wurde nun in neuerer Zeit durch zahlreiche, mit Eifer, Ausdauer und Geschick durchgeführte Tiefseeuntersuchungen in glänzender Weise ausgefüllt und dadurch dem Studium der mikroskopischen Lebewelt im Allgemeinen, als auch im Besonderen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

den Beziehungen derselben zur Sedimentbildung ein neuer Reiz und eine erhöhte Bedeutung verliehen. Es wird nun die Aufgabe dieses Vortrages sein, über den letzteren Gegenstand das Wissenswertheste und Wichtigste mitzutheilen.

Bevor wir uns jedoch dieser unserer Hauptaufgabe nähern können, wird es nothwendig sein, mit den biologischen und zoologischen Verhältnissen derjenigen mikroskopischen Lebensformen, die hier in Betracht kommen, etwas näher vertraut zu werden. Es wird dies um so dankbarer sein, als dieselben jener Abtheilung von Lebewesen angehören, die die Lebenserscheinungen in ihrer allereinfachsten Form darstellen und schon deshalb ein hohes Interesse darbieten.

Wir wollen uns zunächst mit denjenigen Formen beschäftigen, die wir nach ihrem Bau und ihren Lebensverrichtungen als Thiere anzusprechen haben. Manche von den niedersten Thieren sind ziemlich allgemein bekannt, wie z. B. die Infusorien oder Aufgussthierchen. Aber gerade diese sind für uns gänzlich unwichtig, da sie einen weichen, nicht versteinerungsfähigen Körper besitzen. Andere hingegen scheiden Harttheilchen und Schälchen von kalkiger oder kieseliger Beschaffenheit ab, und diese sind es, die hier beachtet werden müssen.

Es bilden diese Formen zwei besondere Gruppen der Classe der Rhizopoden oder Wurzelfüsser, die Gruppe der Thalamophoren (Kammerträger) oder, wie sie häufiger, wenn auch nicht richtiger genannt werden,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Foraminiferen und die der Radiolarien oder Polycystinen. Den Foraminiferen kommt als Gesteinsbildner eine grössere Bedeutung zu als den Radiolarien, und wir müssen sie daher in erster Linie berücksichtigen.

Der weiche, lebendige Körper dieser Thiere ist von höchst einfacher Beschaffenheit, obwohl er Gehäuse von manchmal bewunderungswürdigem Baue abzusondern vermag; er besteht aus einem einfachen Klümpchen jener eiweisshältigen, beweglichen, schleimigen Substanz, an welche alle Lebenserscheinungen geknüpft sind und die man als Protoplasma oder Sarkode bezeichnet.

Eine bestimmt abgegrenzte äussere Umhüllungshaut ist nicht vorhanden; von der Oberfläche des gallertigen Protoplasmaleibes strahlen zahllose äusserst feine Fäden aus, welche als Scheinfüsschen oder Pseudopodien bezeichnet werden und sich durch hohe Empfindlichkeit und Beweglichkeit auszeichnen. Diese Scheinfüsschen sind mit vielen in beständiger Bewegung befindlichen Körnchen besetzt, sie verästeln sich, bilden mit einander verschmelzend förmliche Netze und können jederzeit in die gemeinsame Körpermasse zurückgezogen werden (Fig. 1). Gelangt irgend ein anderes mikroskopisches Thierchen oder Pflänzchen, etwa eine Infusorie oder eine Diatomee, in den Bereich dieser Scheinfüsschen, so wird es von ihnen ergriffen und in den Protoplasmaleib als Nährkörper eingeführt. Hier wird ihm der Nährstoff entzogen und die etwa vor-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

handene Schale des Nährkörpers wird nach vollendeter Verdauung wieder nach aussen abgestossen. Die Scheinfüsschen haben auch eine locomotorische Bedeutung, indem sie durch Zusammenziehungen eine kriechende oder schwimmende Ortsbewegung des Thierchens vermitteln.

Im Inneren des Protoplasmaleibes befinden sich ein oder auch mehrere Zellkerne, d. i. rundlich begrenzte Sarkodepartien von etwas dichterer Zusammensetzung als der übrige Plasmaleib. Die Fortpflanzung der Foraminiferen, bei denen sich noch kein Geschlechtsunterschied herausgebildet hat, geht in sehr einfacher Weise vor sich. Der protoplasmatische Mutterkörper zerfällt in eine Anzahl von Theilstücken, von welchen sich jedes zu einem neuen Individuum heranbildet und eine neue Schale abscheidet. Die Tochterindividuen verlassen theils einzeln, theils mehrere gleichzeitig das mütterliche Gehäuse.

Alle die vielfältigen Lebensvorgänge und Verrichtungen eines thierischen Wesens gestalten sich hier in höchst einfacher Weise. Ein und dasselbe Protoplasmatheilchen kann, als Scheinfüsschen ausgestreckt, Empfindungen vermitteln, zum Ergreifen der Nahrung und zur Fortbewegung dienen, es kann, in die Körpermasse eingezogen, die Verdauung besorgen und zur Bildung eines Tochterindividuums verwendet werden. Jeder Theil des kleinen Zellkörpers vermag alle Functionen zu übernehmen, deren der Gesammtkörper überhaupt nur fähig ist, eine Differenzirung des Körpers

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

und Bildung besonderer, nur einem bestimmten Zwecke dienstbarer Organe ist hier noch nicht zur Ausbildung gelangt.

So einfach demnach die Beschaffenheit des weichen Zellkörpers ist, so complicirt ist zuweilen der Bau der von der Sarkode abgeschiedenen Schälchen. Ihrer Substanz nach bestehen dieselben meist aus kohlensaurem Kalk, manche sind aber aus lauter einzelnen feinen Sandkörnchen und dergleichen zusammengesetzt, welche Körnchen durch ein dichtes helles Cement verkittet erscheinen. Bald ist die Schale porzellanartig dicht und besitzt nur eine grössere Oeffnung oder Mündung, durch welche ein Bündel von Pseudopodien ausgesendet wird, bald ist die Schale glasig, durchsichtig und wird überall von sehr zahlreichen feinen Poren durchbrochen. Diese Poren vermitteln nebst der grösseren Oeffnung den Austritt von Scheinfüsschen und haben zur Bezeichnung Foraminifera (Porenträger) Anlass gegeben. Manchmal ist nur eine einzige Kammer vorhanden, wie bei der Gattung *Lagena*, meist werden jedoch mehrere, oft sehr zahlreiche Kammern abgesondert, welche einen meist gesetzmässigen Aufbau erkennen lassen. Die einzelnen Kammern folgen entweder in einer geraden (z. B. *Nodosaria*, Fig. 2) oder bogenförmig gekrümmten Reihe aufeinander, oder sie sind vollkommen spiral eingerollt (z. B. *Cristellaria*, *Rotalia* etc., Fig. 3, 4). Einzelne von den spiral eingerollten Formen, wie *Nummulites*, *Fusulina*, *Alveolina* u. A. lassen mehrere Spiralen neben einander im

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Gehäuse erscheinen, die einzelnen Kammern werden durch secundäre Scheidewände in mehrere Abtheilungen gebracht und zwischen den Kammerwänden verläuft ein complicirtes Canalsystem (Fig. 5). Auf diese Weise gestaltet sich der Schalenbau dieser Formen zu einem überaus verwickelten, und es ist wunderbar, wie so hoch organisirte Gehäuse von einem gleichartigen Plasmakörper vom Werthe einer einfachen Zelle abgeschieden werden können.

Die Grösse der Foraminiferen ist meist sehr gering, viele Formen können nur bei hundert- und mehrfacher Vergrösserung deutlich ausgenommen werden, andere hingegen, wie die Nummuliten, können sogar zuweilen die Grösse eines Zweithalerstückes erreichen. Zwischen diesen beiden Extremen sind alle Zwischenstufen vorhanden.

Die zweite Hauptgruppe von Wurzelfüssern, die uns hier interessirt, bilden die Radiolarien, Polycystinen oder Gitterthierchen. Der weiche, lebendige Leib dieser Lebewesen ist schon etwas höher organisirt als bei den Foraminiferen, denn im Innern desselben erscheint hier eine besondere, von einer festen Membran umschlossene Kapsel, die sogenannte Centralkapsel. Diese wird von einer Protoplasmaschichte umhüllt, die wie bei den Foraminiferen zahlreiche feine Scheinfüsschen austreten lässt. Im ausserhalb der Centralkapsel gelegenen Plasma liegen zahlreiche gelbe Zellen unbekannter Bedeutung und Fettkügelchen. Bei einigen Radiolarien bilden sich überdies

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

im Umkreise des Körpers grosse, helle Wasserblasen aus, die von einer dünnen Gallerte umgeben sind.

Die Centralkapsel steht mit der Fortpflanzung in Beziehung. Aus dem Inhalte derselben entstehen Keimkugeln, welche später die Kapsel durchbrechen, ausschwärmen und sich zu selbstständigen Tochterindividuen umgestalten. Wir können also bei den Radiolarien bereits eine beginnende Differenzirung des Plasmaleibes wahrnehmen (Fig. 6).

Manchmal sind mehrere Centralkapseln vorhanden, die zu einem schaumigen Klumpen verbunden sind. Sehr merkwürdig sind die Gehäuse der Radiolarien, die ihrer Substanz nach aus Kieselsäure bestehen. Der geniale Häckel, der beste Kenner dieser Lebewesen, meint, dass wir hier „die grösste Mannigfaltigkeit von zierlichen und sonderbaren Formen antreffen, die überhaupt in der organischen Welt zu treffen ist. Wenn schon bei den merkwürdigen Polythalamien die formbildende Kunst des formlosen Protoplasma unsere höchste Bewunderung erregt, so wird dieselbe noch gesteigert, wenn wir die nahe verwandten Radiolarien betrachten".

Bei vielen Formen besteht die Kieselschale aus einer einfachen Gitterkugel (Fig. 6), von welcher häufig regelmässig vertheilte Stacheln abgehen (z. B. *Heliosphaera*). Manchmal erscheinen mehrere (bis zu 20) solcher Kugeln concentrisch in einander geschachtelt und durch radiale Stäbe verbunden, die im Mittelpunkte zusammentreffen (z. B. *Actinomma*, Fig. 7). Bei den Acanthometren sind zwanzig radiale Stacheln vorhan-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

den, deren Stellung von bestimmten mathematischen Gesetzen abhängt. Die Helmradiolarier oder Cyrtiden sind durch helm- oder haubenförmig gestaltete, siebförmig durchlöcherte Kieselschalen ausgezeichnet, während noch andere die Form eines Ordenskreuzes, einer Sanduhr oder eines Prismas besitzen (Fig. 8, 9, 18). Die Grösse der Gehäuse ist meist noch viel geringer als bei den Foraminiferen.

Ausser Foraminiferen und Radiolarien erkennt man bei der mikroskopischen Untersuchung von Gesteinen häufig noch Reste von höher organisirten Thiergruppen, so von Spongien, Echinodermen, Bryozoën und manchen Anderen. Es sind dies meist undeutliche, kleine Schalenbruchstücke, die oft kaum einen Schluss auf die Gruppe erlauben, der sie angehören. Manchmal liegen aber besondere, mehr minder selbstständige Skelettheile vor, die zwar zu Thierformen von bedeutender Grösse gehören, aber doch eine geringe, oft nur mikroskopische Grösse besitzen. Dies ist z. B. bei den Spongien und den Holothurien der Fall. Da die geologische Rolle namentlich der Spongien eine bedeutende ist, wird es nicht überflüssig sein, mit einigen Worten auf die Beschaffenheit dieser merkwürdigen Thiergruppe einzugehen.

Die Spongien sind weitaus höher organisirt als die Wurzelfüsser. Die Körperwandung der meist schlauchförmig gestalteten Individuen besteht aus zwei verschiedenen Zellenlagen, einer äusseren (Ectoderm) und einer inneren (Entoderm), und umschliesst einen grossen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

centralen Nahrungshohlraum. Auf der Oberfläche befinden sich zahlreiche Poren, die durch ein fein verzweigtes Canalsystem in die innere Magenhöhle führen. Dadurch kann Wasser in die letztere aufgenommen werden, welches durch eine oder mehrere grosse Mündungen wieder nach aussen befördert wird. Durch Verwachsung benachbarter Individuen oder Sprossung und Knospung können zusammengesetzte Stöcke oder Colonien entstehen. Die Fortpflanzung geschieht zuweilen ungeschlechtlich durch Keimkörperchen, die normale Fortpflanzung ist jedoch die geschlechtliche, indem bereits differenzirte, männliche und weibliche Generationsorgane in einem und demselben Individuum oder in verschiedenen Individuen oder Stöcken zur Ausbildung gelangen.

Der so beschaffene Weichkörper ist entweder skeletlos oder er scheidet, und dies ist meistens der Fall, ein besonderes Skelet im Ectoderm aus, welches entweder aus Hornfasern, aus Kieselnadeln und Kieselgerüsten oder aus Kalknadeln besteht. Die Horngerüste, von denen der gemeine Badeschwamm ein Bild gibt, sind nur sehr selten fossil erhalten, häufiger liegen die Reste von Kalkschwämmen und am häufigsten die von Kieselschwämmen vor. Das Skelet der Kieselschwämme besteht entweder nur aus einzelnen Nadeln, oder es ist ein grösseres zusammenhängendes Gerüst von grosser Zierlichkeit und regelmässigem Bau vorhanden, neben welchem noch isolirte Nadeln, die sogenannten Fleischnadeln, frei zwischen den Zellen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

liegen. Die Fleischnadeln sind gewöhnlich sehr klein, oft erst bei 200—300facher Vergrösserung deutlich erkennbar, während die zusammenhängenden Skeletgerüste schon bei geringerer Vergrösserung bestimmt werden können. Die Kieselnadeln zeichnen sich durch sehr mannigfaltige Formen aus, sie sind bald als einfach gerade, gebogene, glatte, dornige oder knotige Nadeln, bald als Walzen oder Haken entwickelt, bald haben sie die Ankerform mit drei oder mehr einfachen und gegabelten Zinken, oder sie erscheinen als schildförmige Gebilde und Sterne (Fig. 10). Die Nadeln der Kalkschwämme zeigen weniger variable Formen und sind meist kleiner als die der Kieselschwämme. Das zusammenhängende Gerüst der Kieselschwämme besteht meist aus gitterförmig verschmolzenen Nadeln von sechsstrahliger Form, die rechtwinkelig zusammenstossen, oder aus einem mehr unregelmässigen Flechtwerk von knorrig verdickten Nadeln (Fig. 11). Das Gerüst der Kieselschwämme bietet demnach ein äusserst zierliches Aussehen dar, ist jedoch in fossilem Zustande seiner zarten Beschaffenheit wegen nur selten gut erhalten.

Andere Thiergruppen von zuweilen mikroskopischer Grösse besitzen eine nur geringe geologische Bedeutung und brauchen daher hier nicht ausführlicher besprochen zu werden, so z. B. die Ostracoden oder Schalenkrebse. Es sind dies winzige Krebschen, deren Körper chitinöse Schälchen nach Art der Muscheln absondert. In manchen Gesteinen kommen sie in sehr

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

grosser Menge vor, doch sind diese Fälle sehr vereinzelt und erregen kaum ein bedeutenderes Interesse.

Wenden wir uns nun dem Pflanzenreiche zu, so tritt uns in den Diatomeen oder Bacillarien eine in geologischer Beziehung nicht unwichtige Formengruppe entgegen. Die Diatomeen gehören zu den niedrigst organisirten Pflanzen, sie bestehen aus einer einfachen Zelle von mikroskopischer Grösse, deren äussere Haut durch Infiltration mit Kieselsäure zu einem festen Kieselpanzer umgestaltet erscheint. Die äussere Form ist ziemlich einfach, länglich, oval, scheiben- oder puppenförmig, dafür aber die Oberflächenzeichnung um so zierlicher und feiner. Die Diatomeen besitzen ein gewisses Bewegungsvermögen, dessen Ursachen noch nicht erkannt sind, und erscheinen dadurch den niedersten Lebensformen des Thierreichs genähert. Manche von ihnen sind gestielt. Das Innere der Diatomeenzelle besteht aus Protoplasma mit einem hellen Zellkern.

Bei näherer Betrachtung unter sehr starker (mehrhundert bis tausendfacher) Vergrösserung erkennt man, dass der Kieselpanzer aus zwei mit den Rändern in einander geschachtelten Schalen besteht (Fig. 12). Die Vermehrung dieser Formen geht in der Weise vor sich, dass die beiden Schalen auseinanderrücken, der Zellinhalt sich in zwei Theile theilt und jeder Theil eine neue, kleinere Wand zur Vervollständigung des Panzers entstehen lässt. Die Diatomeenhülle besteht demnach aus einer älteren, grösseren Schale und einer

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

kleineren, eingeschachtelten, jüngeren. Da bei den nach einander folgenden Theilungen stets die eingeschachtelte kleinere Hälfte neu gebildet wird, so ist es klar, dass durch den Vorgang der vegetativen Vermehrung die Grösse der einzelnen Individuen immer abnehmen muss. Ist aber ein gewisses Extrem der Verkleinerung erreicht, dann wird dadurch eine Verjüngung eingeleitet, dass die Inhalte zweier kleiner Zellen austreten und sich mit einander verbinden, oder dadurch, dass nur eine Zelle ihren Inhalt frei werden lässt, welcher aber durch rasches Wachsthum bald eine bedeutende Grösse erlangt. Ein Individuum kann in Folge der ungemein raschen Vermehrung durch Theilung bei günstigen Lebensverhältnissen im Laufe eines Monats gegen tausend Millionen Nachkommen ergeben.

An die Diatomeen schliesst man in der Regel die sogenannten Bactryllien an, eigenthümliche, 2—4 Millimeter lange, 0·5—0·8 Millimeter breite, flache, hohle gestreifte Körperchen von kieseliger Beschaffenheit. Sie mögen hier deshalb Erwähnung finden, weil sie gewisse Lagen der triassischen und rhätischen Formation namentlich in den Südalpen fast ausschliesslich zusammensetzen. Ihr Vorkommen ist jedoch nur ein örtlich beschränktes, und es lässt sich darüber wenig mittheilen, da die wahre Natur dieser Körperchen noch nicht erkannt ist.

Von grosser geologischer Bedeutung ist eine Abtheilung fossiler Seealgen, die aus vielzelligen, einfachen oder verzweigten Gewebefäden bestehen und im

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

fossilen Zustande sich deshalb erhalten haben, weil ihre Zellen dicke cylindrische Kalkkrusten absetzen. Es sind dies die sogenannten Dactyloporen und die Lithothamnien. Die Formen dieser beiden Gruppen sind ziemlich niedrig organisirt, erreichen aber eine so bedeutende Grösse, dass man nur zur Untersuchung der genaueren Structur der Hilfe des Mikroskops bedarf. Sie sollen daher hier nicht mehr ausführlich besprochen werden; es mag nur erwähnt werden, dass die ersteren, die Dactyloporen, welche früher irrthümlich für Foraminiferen gehalten wurden, namentlich im mesozoischen Zeitalter der Erde nicht unbeträchtliche Gebirgsmassen zusammensetzten. Namentlich in den Alpen kennt man mächtige Kalklagen, die grösstentheils daraus bestehen und daher Dactyloporenkalke genannt werden.

Die Lithothamnien, Nulliporen oder Steinalgen bilden krusten- oder strauchartige Körper, die so stark verkalkt sind, dass der Binnenraum der Zellen ausserordentlich eingeengt erscheint. Sie kommen gegenwärtig fast an allen Meeresküsten vor und in der Tertiärformation treten sie in hohem Maasse gesteinsbildend auf. Gerade im Wiener Tertiärbecken kommen derartige Lithothamnienkalke in grosser Verbreitung vor und viele von den grossen und schönen Prachtbauten der Residenz wurden zum nicht geringen Theil aus diesem Gesteine aufgebaut.

Die Verhältnisse, unter welchen die beschriebene mikroskopische Lebewelt gedeiht, sind ziemlich mannigfaltig. Die Wohnstätte der echten Foraminiferen und

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Radiolarien ist das Meer, während von den Diatomeen gewisse Gattungen und Arten das Meer bewohnen, andere hingegen das süsse Wasser, feuchte Erde, Schlamm u. dgl. Manche Foraminiferen bewohnen ausschliesslich die Meeresküsten und werden in grösserer Entfernung vom Ufer niemals lebend angetroffen, so z. B. die zierlichen Polystomellen, die Alveolinen, Amphisteginen etc., und spielen da anderen Thierformen gegenüber manchmal eine nur untergeordnete Rolle, häufig entwickeln sie sich aber so üppig, dass uns ihre Zahl in Staunen versetzt. So berechnete einer ihrer ersten Beobachter, Bianchi, im Jahre 1739 ihre Zahl in einem Esslöffel Seesand von Rimini auf 6000 Individuen, der berühmte Max Schultze konnte in einem Esslöffel Seesand von Gaëta mehr als hunderttausend Stück zählen. Denken wir uns, es würde ein derartiges Ufersediment gehoben werden — in Folge von Vorgängen und physikalischen Veränderungen, deren Erörterung hier nicht unsere Sache ist — und würde in mehr minder lockerer oder bereits verfestigter Gestalt als Sand, Sandstein, Thon u. dgl. einen Theil des Festlandes bilden, so würden wir in einem solchen Sedimente wohl eine mehr oder minder erhebliche Beimengung von Foraminiferen und anderen mikroskopischen Organismen bemerken; allein der Gesammtcharakter eines solchen Sedimentes würde nicht durch die organischen Einschlüsse, sondern durch die Beschaffenheit der anorganischen thonigen, sandigen, kalkigen oder vulcanischen Theilchen bedingt sein,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

welche die Flüsse dem Meere zubringen, die Brandung von der Küste loslöst oder die Vulcane ausstreuen. Für den Geologen ist die Anwesenheit der Foraminiferen in solchen Ablagerungen nichtsdestoweniger sehr wichtig; da nämlich in verschiedenen Meerestiefen verschiedene Gruppen dieser Lebewesen vorkommen, ist es möglich, aus der Beschaffenheit der Mikrofauna einer Ablagerung einen Schluss auf die Tiefe zu ziehen, in welcher dieselbe zum Absatze gelangt ist.

Nur in wenigen Ablagerungen der Küsten und der geringen Meerestiefen können Foraminiferen in so überwiegendem Maasse gedeihen, dass sie den petrographischen Charakter derselben bestimmen. Dies ist z.B. bei den sogenannten Nummulitenkalken der Fall. Es sind dies Kalksteine, die ausschliesslich aus den bereits im Vorhergehenden erwähnten Nummuliten [1]) bestehen (Fig. 13) und in der eocänen Erdperiode abgelagert wurden, also jener Periode, welche durch das erste massenhafte Auftreten von Säugethieren ausgezeichnet ist. Die Mächtigkeit und Verbreitung der Nummulitenkalke ist eine erstaunliche. Wir sehen aus ihnen ganze Bergzüge und Felsmassen in den verschiedensten Gegenden aufgebaut. Wir kennen sie im ganzen Alpen- und Karpathengebiet, auf der Balkanhalbinsel, in Kleinasien, Nordafrika, im Kaukasus, Himalaya, auf Sumatra, kurz in so vielen Gegenden, dass wir dem Nummulitenkalk eine fast universelle Verbreitung zuschreiben

[1]) So benannt nach ihrer münzenähnlichen Gestalt, Nummulites = Münzenstein.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

müssen. Sehr bemerkenswerth ist der Umstand, dass die Nummuliten einerseits bereits aus der Kohlenformation bekannt sind, die ein unendlich höheres geologisches Alter besitzt als die Eocänformation, und andererseits als Seltenheiten auch noch in der heutigen Fauna vorkommen. Diese höchst organisirten und grössten Rhizopoden haben also durch viele Formationen und unendliche Zeiträume hindurch gelebt, während in derselben Zeit viele andere Gattungen ausgestorben, ja mehrere Faunen nach einander erstanden und wieder verschwunden sind. Und doch hat die Gattung *Nummulites* zu keiner anderen Zeit irgend welche grössere Bedeutung gehabt als zur eocänen, in dieser aber ist sie zu einer beispiellos üppigen Entwicklung gelangt. Wie ich nebenbei bemerken will, ist es uns vollkommen räthselhaft, was dieses plötzliche Aufblühen dieser Gattung verursacht hat. Es gibt kaum ein anderes Beispiel aus der Entwicklungsgeschichte der organischen Welt, dass eine vorhin unbedeutende Gattung plötzlich zu einer so dominirenden Stellung gelangt wäre und dieselbe so rasch wieder verloren hätte, wie das Geschlecht der Nummuliten.

Zu ihrer vollen Geltung als Felsbildner gelangen indessen die Foraminiferen der Hauptsache nach erst da, wo der Einfluss der mechanisch gebildeten anorganischen Sedimente geringer wird oder gänzlich aufhört, also in grösserer Entfernung von der Küstenlinie und in grösseren Meerestiefen. So sehen wir, dass der Boden des atlantischen und pacifischen Oceans in den

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Tiefen zwischen 400 und 2000[1]) Faden ausschliesslich von einem eigenartigen grauen Kalkschlamm bedeckt ist. Dieser Kalkschlamm besteht zum nicht geringen Theile aus Foraminiferen der Gattung *Globigerina* und wird daher Globigerinenschlamm genannt. Er breitet sich über viele Tausende von Quadratmeilen Meeresboden aus und weicht nur in noch grösseren Tiefen als 2000 Faden einem eigenthümlichen rothgefärbten Schlamme. Der Globigerinenschlamm hat frisch aus der Tiefe herausgeholt das Ansehen eines gelblichgrauen Breies, getrocknet erscheint er als hellgraues kreideähnliches Pulver. Unter dem Mikroskop erkennt man, dass dieser Schlamm fast ausschliesslich aus Schälchen und Skelettheilchen organischer Herkunft besteht. In erster Linie fallen zahlreiche Vertreter der Gattung *Globigerina* auf, die mit ihren unregelmässig oder undeutlich spiral angeordneten grobporigen, runden Kammern leicht zu erkennen sind, und neben diesen machen sich namentlich die einkammerigen, kugelrunden *Orbulinen* und die schön spiral gebauten *Pulvinulinen* und einige andere Gattungen bemerkbar (Fig. 14). Sehr bezeichnend für den kalkigen Tiefseeschlamm sind ferner gewisse sonderbar geformte, manchmal ziemlich grosse Foraminiferen, deren Schale aus lauter einzelnen feinen Sandkörnchen zusammengekittet ist (Fig. 14 *d*) und deren Formenreichthum erst durch die neuesten Tiefseeuntersuchungen, namentlich die des englischen Schiffes

---

[1]) 1 Faden ungefähr = 1 Wiener Klafter.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

„Challenger“ (der Herausforderer) erkannt wurde. Ausserdem fehlen fast nie in mehr oder minder reicher Vertretung die zierlichen Schälchen der Kieselalgen oder Diatomeen und die bizarren oder mathematisch regelmässigen Kieselgerüste der Radiolarien. Eine nicht unwichtige Rolle spielen auch die Nadeln oder Gerüsttheile von Kieselschwämmen, die schon im Vorhergehenden beschrieben wurden.

Von höheren Thierformen finden sich allerdings nur sehr selten Vertreter vor; die enormen Tiefen von 1000—2000 und mehr Faden mit ihrem riesigen hydrostatischen Drucke und Mangel an Licht und Wärme bieten eben keineswegs günstige Bedingungen für die Entwicklung einer reichlichen Fauna von höher organisirten Thierformen dar, obwohl solche, wie man lange gemeint hat, durchaus nicht gänzlich fehlen.

Der nebst den Foraminiferen wichtigste Bestandtheil des Globigerinenschlammes wurde aber noch nicht genannt; es sind dies nämlich eigenthümliche scheiben-, kugel- und stabförmige Kalkkörperchen von ausserordentlich geringer Grösse, die man unter den Namen Coccolithen, Coccosphaeren, Discolithen und Rhabdolithen beschrieben hat.

Einige derselben erscheinen unter Fig. 14 *e*, *f* abgebildet. Die zoologische Natur dieser merkwürdigen Körperchen ist gänzlich räthselhaft, obwohl sie in allen Meeren und allen Tiefen in zahllosen Exemplaren vorgefunden werden. Man hat sie längere Zeit für das Absonderungsproduct des sogenannten Tiefseeschleims

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

(*Bathybius Häckeli* Huxley) gehalten. Der berühmte englische Zoologe Huxley fand nämlich in einer in Alkohol aufbewahrten Tiefseeprobe eingebettet, einen gallertartigen protoplasmaähnlichen Schleim, welcher zahlreiche Coccolithen eingeschlossen enthielt. Er betrachtete ihn als einen neuen Vertreter der Gruppe der niedersten Lebewesen, zu welchen auch Foraminiferen und Radiolarien gehören und deren Körper nur aus einfachem Protoplasma besteht. Seine Beobachtungen wurden von mehreren hervorragenden Forschern bestätigt, und es wurde angenommen, dass der *Bathybius* die tiefsten Gründe der Oceane weithin belebe.

Seither hat es sich aber gezeigt, dass der *Bathybius* keineswegs ein lebender Organismus ist, sondern ein chemischer Niederschlag von Kalksulphat oder Gyps, welcher Stoff im Meerwasser in gelöstem Zustand enthalten ist und durch den absoluten Alkohol, in welchem die Tiefseeproben aufbewahrt werden, gefällt wird. Der gefällte Gypsniederschlag, der die Coccolithen nur als Fremdkörper enthält, nimmt nun zufällig die Gestalt von Protoplasma an, und so entstand der erwähnte Irrthum, der hier hauptsächlich aus dem Grunde Erwähnung finden musste, weil die Beschreibung des *Bathybius* vielfach auch in allgemeiner gehaltene, gemeinverständliche Darlegungen Eingang gefunden hat.

Nebst den organischen Schälchen enthält der Globigerinenschlamm auch noch einige wenige Partikelchen unorganischer Entstehung, Feldspaththeilchen,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Spuren vulcanischer Asche u. dgl. von unwesentlicher Menge und Bedeutung. Die chemische Analyse des Globigerinenschlammes ergibt einen Gehalt von über 60 % kohlensauren Kalkes, entsprechend der vorwiegenden Vertretung kalkiger Foraminiferen und Coccolithen. Daneben machen sich jedoch nicht unbeträchtliche Mengen von Kieselsäure (20—30 %) und etwas Thonerde, Bittererde (Magnesia), Eisenoxyd und Alkalien geltend. Der ziemlich hohe Kieselsäuregehalt wird natürlich hauptsächlich durch die Anwesenheit der Kieselschwämme, der Radiolarien und Diatomeen bedingt.

Als man den Globigerinenschlamm zuerst kennen lernte, meinte man, dass alle die darin enthaltenen Organismen auf dem Grund und Boden des Meeres, also in höchst beträchtlichen Tiefen auch thatsächlich ihr Dasein führen. Dies kann gegenwärtig nur für einige derselben, wie z. B. die Foraminiferen mit kieseligsandiger Schale, mit Sicherheit behauptet werden. Die Hauptmenge der kalkschaligen Foraminiferen, wie namentlich die *Globigerinen* und *Pulvinulinen*, hingegen lebt höchst wahrscheinlich nicht in grosser Tiefe, sondern führt eine oceanische Lebensweise in den oberflächlichsten Theilen der Hochsee. Die hohe See wird zeitweilig, besonders in der Nacht, von überaus zahlreichen Thierschwärmen bevölkert, unter denen die grossen wasserhellen Quallen, die Pteropoden, d. i. Mollusken mit dünnen, wasserhellen Schalen, und zahlreiche Foraminiferen, Radiolarien und Diatomeen be-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sonders auffallen. Genau dieselben Arten von Globigerinen und Pulvinulinen, deren Schalen die Tiefseegründe bedecken, sind es auch, die eine pelagisch flottirende Lebensweise führen. Da man nun bei den aus der Tiefsee ans Tageslicht geholten Exemplaren der pelagischen Arten noch niemals zweifellos lebende Weichkörper mit ausgestreckten Pseudopodien vorgefunden hat, liegt es sehr nahe, anzunehmen, dass die Schälchen der pelagischen Formen nach dem Absterben der Thiere oder überhaupt nach einer gewissen Zeitperiode allmälig zu Boden sinken und sich dort anhäufen. Eine Beobachtung steht jedoch dieser Annahme scheinbar entgegen; die Schälchen aus der Tiefsee sind nämlich stets viel dicker als die Schälchen derselben Arten der Hochsee, ferner sind die auf der Oberfläche lebenden Exemplare der *Globigerina bulloides* stets über und über mit überaus feinen und langen Nadeln (Fig. 15) bedeckt, während die Exemplare der Tiefsee von dieser stacheligen Bekleidung nichts erkennen lassen. Man kann jedoch diese Verschiedenheiten durch die Annahme erklären, dass die Exemplare der Hochsee erst dann allmälig in die Tiefe sinken, wenn ihre Schalen schwer und dick geworden sind. Dann können auf der Hochsee nur dünnschalige in der Tiefe nur dickschalige Formen gefunden werden. Ebenso konnte der feine, äusserst gebrechliche Stachelpelz der oceanischen *Globigerina bulloides* nach dem Tode des Thieres und allmäligem Versinken leicht ab fallen. Gegenwärtig kann übrigens die interessante

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

und wichtige Frage nach der eigentlichen Lebensweise der Tiefseeformen des Globigerinenschlamms noch nicht als endgiltig entschieden betrachtet werden. Für unsere Betrachtung ist dies indessen ein nebensächlicher Factor, es genügen uns die mitgetheilten Thatsachen über die Vertheilung und Zusammensetzung des Globigerinenschlammes.

Mit diesem Gebilde zeigt nun die vorhin erwähnte weisse Schreibkreide in der mikroskopischen Zusammensetzung die auffallendste Aehnlichkeit. Die Uebereinstimmung ist eine so grosse und in die Augen springende, dass man den Globigerinenschlamm häufig geradezu als Kreide der gegenwärtigen Erdperiode angesprochen hat. Man kann sich davon jederzeit leicht überzeugen, wenn man ein beliebiges Kreidestückchen verkleinert, in Wasser auflöst, das milchige Pulver abgiesst und eine solche Probe in geeigneter Weise bei 100—300 facher Vergrösserung unter dem Mikroskop betrachtet. Man erblickt dann ein Gemenge von Foraminiferen, Spongiennadeln und anderen nicht näher deutbaren Bruchstückchen von Kalkschalen. Unterzieht man auch die abgegossene und eingetrocknete Kalkmilch einer mikroskopischen Untersuchung, doch unter Anwendung viel stärkerer Vergrösserung (1000 bis 1500), so erkennt man die früher erwähnten Coccolithen, und diese sind es, welche fast ausschliesslich die feinste Grundmasse der Kreide bilden, gerade so wie beim Globigerinenschlamm. Die Anhäufung der in der Kreide vorhandenen Mikroorganismen ist eine

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

so grosse, dass Ehrenberg, einer der frühesten und eifrigsten Erforscher der kleinsten Lebewesen, die Zahl der in einem Kubikzoll Kreide enthaltenen Foraminiferen auf mehr als eine Million berechnete. Man kann sagen, dass jedes Kreidestückchen ein wahres Museum von wunderbaren Mikroorganismen beherberge und wir mit jedem Striche Tausende von Coccolithen und Hunderte von Foraminiferen abstreifen.

So gross nun auch die Uebereinstimmung zwischen Kreide und Globigerinenschlamm ist, so ist sie doch keine vollständige. Während im kalkigen Tiefseeschlamm die Gattung *Globigerina* die dominirende Stellung einnimmt, tritt sie in der Kreide mehr zurück und überlässt diesen Posten den Textilarien und Rotalien (Fig. 16). Ferner zeichnet sich der Tiefseeschlamm durch einen ziemlich hohen Kieselsäuregehalt aus, welcher in der Kreide nur in geringer Menge nachweisbar ist. Wir haben indessen Grund zu der Annahme, dass dieser Unterschied kein ursprünglicher ist.

Man hat nämlich die Beobachtung gemacht, dass die Kreide um so reiner, d. i. ärmer an kieseligen Beimengungen ist, je reichlicher sich darin Knollen und Lagen von Feuerstein (Kieselsäure) vorfinden. Wo dagegen die Feuersteine fehlen, ist sie meist unrein und stark kieselhältig. Da nun aus Gründen chemischer und physikalischer Natur eine directe Fällung der Kieselsäure der Feuersteine ausgeschlossen erscheint, so müssen wir wohl zur Entstehung des Feuer-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

steins aus organisirter Kieselsäure unsere Zuflucht nehmen. Die mikroskopische Untersuchung zeigt nun in der That, dass der Feuerstein Reste von Kieselschwämmen und Kieselalgen, aber in geringer Anzahl enthält. Er ist eben nicht aus einer ursprünglich vorhandenen Anhäufung von Kieselgerüsten entstanden, sondern durch nachträgliche Concentration der in der ganzen Kreidemasse zerstreuten Kieselsäure. Die Kieselsäure der Spongien-, Radiolarien- und Diatomeenskelete wurde aufgelöst, weggeführt und an gewissen Stellen durch moleculare Attraction angehäuft. Wenn diese Annahme richtig ist, wofür sehr Vieles spricht, dann würde der chemische Unterschied zwischen weisser Kreide und Globigerinenschlamm beträchtlich geringer werden oder ganz wegfallen. Das mikroskopische Bild der Kreide lässt die Radiolarien, häufig auch die Spongien vermissen, dagegen beweist uns der in der Kreide eingelagerte Feuerstein ihr ehemaliges Vorhandensein.

Sowie der kalkige Tiefseeschlamm in der Gegenwart ungeheure Flächen des Tiefseegrundes einnimmt, so besitzt auch die weisse Kreide eine ausgedehnte Verbreitung. In Südengland, Nordfrankreich, Belgien, Norddeutschland, Dänemark, Südschweden, Polen südlich bis nach Ostgalizien, Volhynien und Podolien bildet sie allenthalben den Untergrund, wird aber vielfach von geologisch jüngeren Ablagerungen der Tertiär- und Diluvialzeit verdeckt. Ihre Mächtigkeit ist eine erstaunliche, sie beträgt mehr als 150 Meter. Dieselben Kreideablagerungen, die wir heute in den

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

genannten Gegenden in Meereshöhen bis zu ungefähr 350 Meter antreffen, mussten ehemals am Grunde eines mindestens 400 Faden tiefen Oceans gelegen haben. Die weisse Schreibkreide wurde in der letzten Periode der sogenannten Kreideformation abgelagert, ganz ähnliche Gebilde kennt man aber auch unter den Ablagerungen der Tertiärzeit, welche auf die Kreidezeit folgte, und selbst unter den Diluvialgebilden.

Vielerorts nimmt die Kreide durch reichlicheren Gehalt an Thonerde und Kieselsäure eine etwas veränderte Gestalt an und geht in den sogenannten Kreidemergel über. Auch dieser Kreidemergel und viele Mergelkalke bestehen, wie die mikroskopische Untersuchung lehrt, zum allergrössten Theile aus Foraminiferen und Coccolithen (Fig. 17), allein es zeigen sich daneben schon zahlreiche dichte, kryptokrystallinische Kalkpartien, die nicht mehr die Structur der organisirten Kalkschalen haben. Von diesen Kreidekalken und Kalkmergeln zu den dichten hellen oder röthlich und gelblich gefärbten Kalken meerischer Entstehung, die einen so grossen Theil der festen Erdrinde zusammensetzen und z. B. in unseren Alpen kühne Felsmassen von hoher landschaftlicher Schönheit bilden, ist nur mehr ein Schritt.

Auch von diesen Kalken weiss man schon seit lange, dass sie zahlreiche Foraminiferen verschiedener Gattungen einschliessen. Die Untersuchung solcher Kalke ist etwas schwieriger als die der Kreide und anderer weicher Gebilde, die sich mechanisch zerkleinern

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

und im Wasser von der anhaftenden Trübung befreien lassen. Bei harten Kalken muss man sich mit der Anfertigung von sogenannten Dünnschliffen zu helfen suchen, die so dünn sein müssen, dass sie den Durchtritt des Lichtes und damit die Betrachtung unter dem Mikroskop gestatten. Untersucht man auf diese Weise z. B. einen Alpenkalk der Trias- oder Juraformation,[1]) so erkennt man häufig in einer krystallinischen Grundmasse runde Kammern von *Globigerina* und *Orbulina*. Neben diesen bemerkt man fast stets, wenn auch in geringerer Zahl, Pulvinulinen, Rotalien, Textilarien und verschiedene andere Foraminiferengattungen, sodann mehr minder sicher deutbare Reste anderer Kalkschalen und nicht selten Spuren von Radiolarien. Die Foraminiferenführung ist also der des Globigerinenschlammes und der Kreide ziemlich ähnlich, allein die physikalische Beschaffenheit und auch die übrige makroskopische Fauna ist eine sehr verschiedene. Während wir in der Kreide noch keine krystallinischen Kalktheilchen nachweisen konnten, enthält der echte Kalkstein nebst organischen Kalkschälchen eine krystallinische Grundmasse, welche die Festigkeit und Dichte des Gesteins bedingt. Da ein directer Niederschlag von kohlensaurem Kalk namentlich auf offener See aus chemischen Gründen unmöglich ist, muss wohl auch die dichte kleinkrystallinische Grundmasse der Kalksteine durch Um-

[1]) Diese beiden Formationen sind geologisch älter als die Kreideformation und gehören dem mittleren (mesozoischen) Zeitalter der Entwicklungsgeschichte der Erde an.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

krystallisation ehemaliger organischer Kalkschalen von vorwiegend mikroskopischer Grösse entstanden sein. Die mehr oder minder weit vorgeschrittene Umlagerung der feinsten Kalktheilchen ist es wohl, welche es mit sich bringt, dass in den festen Kalksteinen manchmal wenig oder gar keine, manchmal zahlreiche Foraminiferenschalen vorliegen.

Es ergibt sich demnach, dass auch die prächtigen felsigen Kalkmassen, welche durch ihre malerischen wilden Formen der Landschaft den höchsten Reiz verleihen, zum grossen Theile der stillen Thätigkeit von Mikroorganismen ihre Entstehung verdanken, wenn auch andere höher organisirte Thierformen und besonders kalkabsondernde Algen, wie die früher erwähnten Dactyloporen, mit ihren Antheil daran haben.

Bevor wir die Besprechung des kalkigen Tiefseeschlammes und der Gesteine, die sich mehr oder minder damit in Verbindung bringen lassen, abschliessen, wollen wir noch in Kurzem von den Veränderungen Kenntniss nehmen, welchen der Globigerinenschlamm in den grössten Meerestiefen unterliegt. Die „Challenger"-Expedition hat nämlich gefunden, dass der Meeresboden unter 2250 Faden Tiefe nicht mehr vom gewöhnlichen Globigerinenschlamm bedeckt ist, sondern dass sich da allmälig ein rothbrauner, aus Kieselerde, Thonerde und Eisenoxyd bestehender Thonschlamm einstellt, welcher durch allmälige Uebergänge, die durch den sogenannten grauen Schlamm vermittelt werden, mit dem echten Globigerinenschlamm verbunden ist. Die wenigen grösseren

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Kalkschalen des Globigerinenschlammes werden äusserst dünn und zerbrechlich, die Foraminiferenschalen erscheinen corrodirt und zerfallen in Trümmer, die Coccolithen verlieren ihre scharfen Ränder, kurz man erkennt, dass die Schälchen in grösseren Tiefen einem Zersetzungsprocesse unterworfen sind.

Das Ergebniss desselben bildet ein unlöslicher Rückstand in Form des rothbraunen Schlammes. Nach der Ansicht von W. Thomson, dem Zoologen des „Challenger", besitzt nämlich das Meerwasser in den grössten Tiefen einen erhöhten Kohlensäuregehalt und damit eine grosse auflösende Kraft, welcher die Kalkschalen nicht widerstehen können. Es liegt nun sehr nahe, anzunehmen, dass manche versteinerungsarme unreine Kalke und Kalkmergel etwa dem grauen Schlamme, manche Thonschiefer dem rothbraunen Schlamme entsprechen und das erhärtete Umbildungsproduct dieser Sedimente darstellen mögen. Auf diese Weise würden sich also noch zahlreiche Gesteine, die gegenwärtig keine Spur organischer Formen enthalten, doch auch auf ehemalige Foraminiferenablagerungen zurückführen lassen. Da indessen die hier beschriebene Entstehungsweise des rothen Schlammes noch nicht völlig sichergestellt ist und Manche geneigt sind, ihn als anorganisches Gebilde zu betrachten, wollen wir diese Frage, die noch den Gegenstand fernerer exacter Forschungen zu bilden hat, nicht weiter verfolgen.

Unter den anderen Ablagerungen, welche wir durch die Tiefseeuntersuchungen neben dem Globigerinen-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

schlamm kennen gelernt haben, nimmt eine wichtige Stelle der grüne glaukonitische Sand ein, wie er z. B. im Golf von Mexico vorkommt. Dieser Sand stellt sich unter dem Mikroskop als eine Anhäufung von Foraminiferen dar, die sich durch eine eigenthümliche Erhaltung auszeichnen. Das Innere der Schälchen der abgestorbenen Thiere erfüllte sich hier mit einem grünen kieseligen Mineral, Glaukonit, der Kalk der Kammerwände dagegen wurde aufgelöst, so dass nur mehr die Ausfüllungsmasse der Schälchen zurückblieb, welche deren Form mehr oder minder genau wiedergibt. Entsprechende urweltliche Ablagerungen kennt man aus allen Ländern und allen Formationen in Gestalt von Glaukonit-Sanden, -Sandsteinen, -Kalksteinen und -Mergeln. Alle diese Gebilde sind überaus reich an Foraminiferen, wenn auch die Form derselben durch den Versteinerungsprocess manchmal etwas verunstaltet wurde.

Als fernere hierher gehörige Meeresablagerungen, die erst in der neuesten Zeit durch eine norwegische Expedition entdeckt wurden, wären noch der sogenannte Biloculina- und der Rhabdamminaschlamm zu nennen, die einen grossen Theil des Bodens des nördlichen atlantischen Oceans bedecken. Der Biloculinaschlamm breitet sich zwischen Norwegen, Jan Mayen, Island und Spitzbergen in den Tiefen von 300—2000 Faden aus und bildet einen hellen, dicken Schlamm von gleichartiger Zusammensetzung. Er besteht zu 50% aus einer einzigen kalkigen Foraminiferenart, *Biloculina ringens,* zu 20% aus der kieselig-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sandigen Foraminifere *Haplophragmium subglobosum*, 4% bilden die uns schon bekannten Globigerinen, 20% sind Sand, 6% feinste Theilchen. Oestlich von dem Gebiete des Biloculinaschlammes breitet sich der Rhabdamminaschlamm aus, in welchem diese Foraminifere eine ähnliche Rolle spielt, wie die *Biloculina ringens* im Biloculinenschlamm.

Diesen merkwürdigen Sedimenten kann man indessen noch keine entsprechenden urweltlichen Ablagerungen entgegenstellen. Auf der anderen Seite aber sind auch zahlreiche Gesteine älterer Formationen bekannt, die fast ausschliesslich oder vorwiegend aus Foraminiferen bestehen, ohne dass es bis jetzt gelungen wäre, sie mit entsprechenden Meeresbildungen der Gegenwart in Vergleich zu bringen.

Eine viel untergeordnetere Bedeutung wie die Foraminiferen besitzen als Gesteinsbildner die kieseligen Radiolarien. Wir haben bereits bemerkt, dass diese Formen nebst den Kieselschwämmen und Diatomeen die Feuersteine und die kieseligen Beimengungen der Kreide und der Kalke bedingen, doch treten auch sie stellenweise in so grosser Menge auf, dass sie die Hauptmasse gewisser Ablagerungen und Gesteine ausmachen. So hat die „Challenger"-Expedition in der Nähe der Carolineninseln im pacifischen Ocean in der Tiefe von 4575 Faden einen rothen Schlamm entdeckt, der in so hohem Grade mit allerhand Radiolarien versetzt war, dass man ihn geradezu als Radiolarienschlamm angesprochen hat.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wie man in den heutigen Meeren den Radiolarienschlamm nur vereinzelt entdeckt hat, so kennt man auch nur verhältnissmässig wenige Ablagerungen früherer Erdperioden, in denen Radiolarien als felsbildendes Material auftreten. Als solche sind zu nennen die jungtertiären Thone der Nicobaren und die ebenfalls jungtertiären kreideähnlichen Mergel der Insel Barbados.

Radiolarien befinden sich meist mit Spongien innig vergesellschaftet. Dies ist z. B. auch der Fall bei einer sehr interessanten radiolarienreichen Ablagerung vom Schafberge bei Ischl, welche dem Lias, einer Formation aus dem mittleren Zeitalter der Erdgeschichte, angehört (Fig. 18).

Die Betheiligung der Radiolarien an der Bildung der Horn- und Feuersteine der Kreide wurde schon früher besprochen. Aehnliche Einlagerungen von Hornsteinen finden sich indessen auch in vielen anderen Gesteinen, Kalksteinen und Schiefern, und auch diese müssen als das Product von Kieselschwämmen und Radiolarien angesprochen werden.

Es bleibt uns nur noch die Bedeutung der Diatomeen zu besprechen übrig. Aehnlich wie die Radiolarien erscheinen sie wohl weit verbreitet, erreichen aber nur an einzelnen Orten eine solche übermässige Entwicklung, dass sie als Gesteinsbildner angesehen werden müssen. Die marinen Diatomeen bilden nur selten selbstständige Lager, häufiger ist dies bei den Formen des süssen Wassers der Fall. In seichten Seen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

und in den Gewässern der Torfmoore treten sie manchmal in so ungeheurer Menge auf, dass sie in verhältnissmässig kurzer Zeit Lagen von mehreren Centimetern Mächtigkeit bilden können. Die rasch und leicht vor sich gehende vegetative Vermehrung, die früher besprochen wurde, trägt hiezu unter Voraussetzung besonders günstiger Lebensverhältnisse sehr wesentlich bei. Die auf diese Weise entstehenden Anhäufungen von Diatomeen erscheinen als ein weisses mehlartiges Pulver, wie die bekannte, als Polirmittel geschätzte Kieselguhr.

Ebenso bilden auch die fossilen Diatomeen nicht selten beträchtliche Ablagerungen. So besteht z. B. der Untergrund der Stadt Berlin zum Theil aus einem Diatomeenlager. Bergmehl, Polirschiefer, Tripel sind die Bezeichnungen, die derartige bereits von vielen Orten bekannte Gebilde erhalten haben (Fig. 19). Sie gewinnen jedoch nur sehr selten eine ausgedehntere Verbreitung und demgemäss ist auch die geologische Rolle der Diatomeen viel untergeordneter wie die der Foraminiferen.

So haben wir denn gesehen, dass die mikroskopischen Organismen durch ihre stille, unbeachtete, über weite Räume verbreitete Thätigkeit Erstaunliches geleistet haben und noch immer leisten. Was ihnen an Grösse abgeht, das ersetzen sie durch ihre enorme Anzahl und ihre unausgesetzte Wirksamkeit während der unendlich langen Zeiträume, die seit dem Bestande der Organismenwelt verflossen sind. Von der Zahl der Generationen,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

die da mitgewirkt haben, uns eine auch nur annähernde Vorstellung zu machen, sind wir ebenso wenig im Stande, als wenn wir es versuchen, uns ein Bild zu entwerfen von der unendlichen Grösse, Zahl und Entfernung der Himmelskörper im Weltenraume. Einen sehr erheblichen Theil des festen Bodens, auf dem wir uns gegenwärtig bewegen, verdanken wir der unermüdlichen Thätigkeit der kleinsten Lebewesen, und sie haben zur Umgestaltung und Veränderung der Erdkruste mehr beigetragen, als so manche vom Menschen grossartig oder schreckhaft genannte Erscheinungen, wie die Vulcane oder die Erdbeben. Viele von den hochorganisirten Säugethieren setzen uns durch ihre Grösse in Erstaunen, oder sie interessiren uns wegen ihrer dem Menschen nützlichen oder schädlichen Eigenschaften, und doch ist ihre Bedeutung eine nur geringe gegenüber der wichtigen Aufgabe, welche den kleinsten Organismen von der Natur überkommen ist.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Erklärung der Tafel.

Fig. 1. *Gromia oviformis* Duj. mit ausgestreckten Pseudopodien. Im Innern des Körpers liegen zahlreiche Diatomeen der Gattung *Navicula,* ein Exemplar erscheint von den Pseudopodien ergriffen. Die letzteren wurden wegen Mangel an Raum bedeutend kürzer gezeichnet, als es der 300maligen Vergrösserung entsprechen würde. Vom Lido von Venedig (nach Max Schultze).

„ 2. *Nodosaria prima* Orb. Aus dem jurassischen Thon des Gouvernement Rjaesan in Russland.

„ 3. *Cristellaria rotulata* Lam. Ebendaher.

„ 4. *Rotalia Beccari* Lin. Ebendaher.

„ 5. Ein Nummulit vom Kressenberg in Baiern, durchschnitten, um den complicirten spiralen Bau zu zeigen (nach Zittel und Schwager).

„ 6. *Heliosphaera inermis.* Im Innern sieht man die kugelige Centralkapsel, umgeben von gelben Zellen (nach Häckel).

„ 7. *Actinomma asteracanthion.* Das Gehäuse dieser Form besteht aus drei concentrischen Gitterkugeln, welche durch sechs radiale Stäbe verbunden sind.

„ 8. *Dictyophimus Challengeri.* Aus dem Pacifischen Ocean (nach W. Thomson).

„ 9. *Xiphacantha Murrayana* Häck. Aus dem Pacifischen Ocean (nach W. Thomson).

„ 10. Verschiedene Spongiennadeln aus der oberen Kreide von Haldem (Westfalen) nach Zittel.

„ 11. Gitterskelet des Kieselschwammes *Cratica luria* (nach Zittel).

„ 12. *Pinnularia viridis* Ehrenb. In zwei Ansichten; die eine Figur lässt die Einschachtelung der kleineren

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Schale (*a*) in die grössere (*b*) erkennen (nach Schimper).

Fig. 13. Nummulitenkalk von Pojana Stampi, Bukowina.

„ 14. Bezeichnende Formen des Globigerinenschlammes. *a) Pulvinulina Menardi, b) Orbulina universa, c) Globigerina bulloides, d) Rhabdammina,* eine kieselig-sandige Foraminifere, *e) Coccosphaere, f)* Coccolithen.

„ 15. *Globigerina bulloides.* Auf der Oberfläche des Oceans lebende Form, über und über mit feinen langen Stacheln bedeckt, die wegen Mangel an Raum kürzer gezeichnet wurden, als sie bei der angewendeten Vergrösserung erscheinen müssten (nach W. Thomson). Die feinen Stacheln sind bei den aus der Tiefe geholten Exemplaren derselben Art (Fig. 14, *c*) abgebrochen.

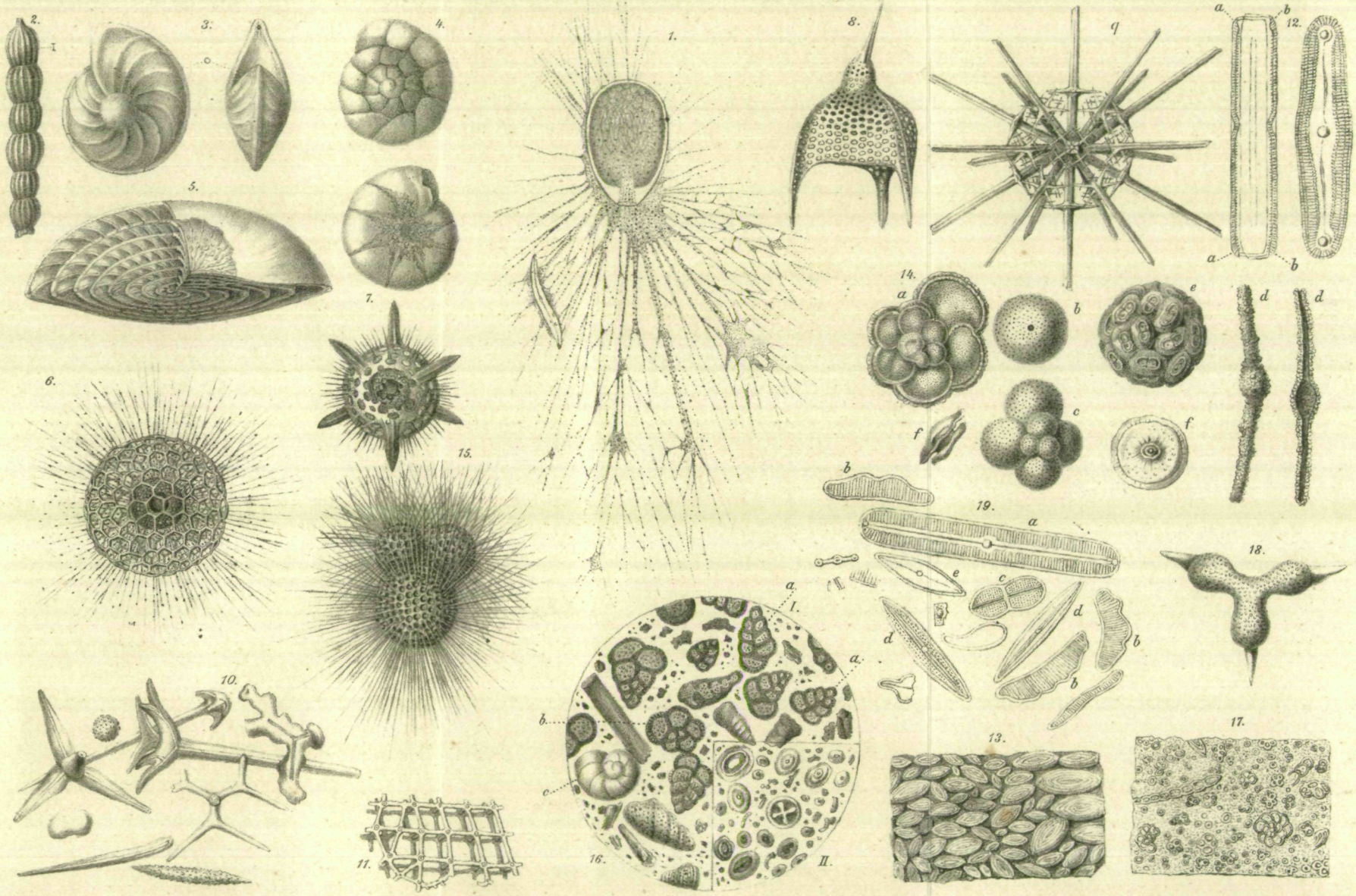
„ 16. Mikroskopische Ansicht des Schlemmrückstandes der Schreibkreide von Rügen. I. *a) Textilaria, b) Discorbina, c) Cristellaria* bei ungefähr 100facher Vergrösserung. II. Coccolithen der Schreibkreide bei circa 1000facher Vergrösserung.

„ 17. Dünnschliff eines böhmischen Plänerkalkes mit Durchschnitten von *Nodosaria, Rotalia* und vielen isolirten Globigerinenkammern (nach Zittel und Schwager).

„ 18. *Triactinosphaera Zitteli.* Eine Radiolarie aus dem Lias vom Schafberge bei Salzburg (nach v. Dunikowski).

„ 19. Bergmehl (Diatomeenerde) von Helsingfors (Schweden). *a) Pinnularia viridis, b) Eunotia zygodon, c) Achnanthes brevipes, d) Navicula lineolata, e) Navicula fulva.*

©Ver. zur Verbr. naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Rud. Schönn Lith.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1885

Band/Volume: 25

Autor(en)/Author(s): Uhlig Viktor

Artikel/Article: Ueber die Betheiligung mikroskopischer Organismen an der Zusammensetzung der Gesteine. (1 Falttafel.) 1-38