





## Beiträge zur Plastidentheorie.

Von

**Ernst Haeckel.**

---

Hierzu Taf. XVII und XVIII.

### 1) Die Plastidentheorie und die Zellentheorie.

Die biologische Theorie, welche ich als Plastidentheorie im dritten Buche meiner generellen Morphologie, und vorzüglich im neunten Capitel begründet habe, ist entsprungen aus dem Bedürfniss, die Zellentheorie auf dem gegenwärtigen Standpunkte ihrer Entwicklung mit der Descendenztheorie in Verbindung und Einklang zu setzen<sup>1)</sup>.

Fast alle Naturforscher, die nach dem Erscheinen von DARWIN'S Werk über die Entstehung der Arten sich zu Gunsten desselben aussprachen und in der Descendenztheorie die einzig mögliche Lösung aller morphologischen Fragen erblickten, gingen zunächst auf die organische Zelle, als auf das gemeinsame Formelement zurück, aus welchem durch unendlich mannichfaltige Anpassung und Umbildung der ganze unermessliche Formenreichtum des Thier- und Pflanzenreichs entsprungen sei. Die Thatsache, dass fast alle Thiere und Pflanzen ihren individuellen Ursprung einer einfachen Zelle verdanken, dass fast alle Sporen und Eier von Thieren und Pflanzen<sup>2)</sup> wirklich einfache Zellen sind, rechtfertigte unmittelbar den höchst wichtigen Schluss, dass auch die Arten und Stämme, alle grösseren und kleineren Formengruppen

---

1) HAECKEL, Generelle Morphologie der Organismen. 1866. Vol. I, Cap. IX: Morphologische Individuen erster Ordnung: Plastiden oder Plasmastücke. p. 269 bis 289.

2) Unter Pflanzen-Ei verstehe ich hier natürlich nicht das, was die Botaniker bisher meistens unpassenderweise so nannten, sondern vielmehr die echte Eizelle, welche bei den Phanerogamen «Keimbläschen» oder Embryobläschen genannt wurde.

von Organismen, ihren gemeinsamen historischen oder phyletischen Ursprung einer einzigen einfachen Zelle verdanken. Dieser höchst bedeutende Rückschluss von dem einzelligen Ursprung der Individuen auf den einzelligen Ursprung der Phylen oder Stämme ist unmittelbar gerechtfertigt durch das biogenetische Grundgesetz, welches ich im XX. Capitel der generellen Morphologie (im fünften Buche) mit den folgenden Thesen ausgesprochen habe: »40. Die Ontogenese oder die Entwicklung der organischen Individuen, ist unmittelbar bedingt durch die Phylogenese, oder die Entwicklung des organischen Stammes (Phylum), zu welchem dieselben gehören. 41. Die Ontogenese ist die kurze und schnelle Recapitulation der Phylogenese, bedingt durch die physiologischen Functionen der Vererbung (Fortpflanzung) und der Anpassung (Ernährung). 42. Das organische Individuum wiederholt während des raschen und kurzen Laufes seiner individuellen Entwicklung die wichtigsten von denjenigen Formveränderungen, welche seine Voreltern während des langen und langsamen Laufes ihrer paläontologischen Entwicklung nach den Gesetzen der Vererbung und Anpassung durchlaufen haben. 43. Die vollständige und getreue Wiederholung der phyletischen (paläontologischen) durch die ontetische (individuelle) Entwicklung wird verwischt und abgekürzt durch secundäre Zusammenziehung, indem die Ontogenese einen immer geraderen Weg einschlägt; daher ist die Wiederholung um so vollständiger, je länger die Reihe der successiv durchlaufenen Jugendzustände ist. 44. Die vollständige und getreue Wiederholung der phyletischen durch die ontetische Entwicklung wird gefälscht und abgeändert durch secundäre Anpassung, indem sich das Bion während seiner individuellen Entwicklung neuen Verhältnissen anpasst; daher ist die Wiederholung um so getreuer, je gleichartiger die Existenzbedingungen sind, unter denen sich das Individuum und seine Vorfahren entwickelt haben.« (Vergl. auch FRITZ MÜLLER, »Für Darwin«).

Ich habe mir erlaubt, dieses biogenetische Grundgesetz von dem wirklichen Causalnexus der Ontogenie und Phylogenie, der individuellen und paläontologischen Entwicklungsgeschichte hier wörtlich zu wiederholen, weil ich dasselbe für höchst wichtig halte und auch für die nachfolgenden Erörterungen stets im Gedächtniss zu behalten bitte. Denn die physiologischen Gesetze der Vererbung und Anpassung und ihre Wechselwirkung im Kampfe ums Dasein gestatten uns, mit Hülfe jenes Grundgesetzes die Vorgänge der organischen Entwicklung wirklich zu verstehen und als die nothwendigen Folgen von mechanisch wirkenden Ursachen (Causae efficientes) zu erklären. Ohne

jenes Grundgesetz dagegen ist ein wirkliches Verständniss der Erscheinungen in der Entwicklungsgeschichte überhaupt nicht möglich.

Wenn es nun also durch die Anwendung jenes Gesetzes unmittelbar möglich wurde, auf eine einfache organische Zelle, als auf die ursprüngliche gemeinsame Wurzelform aller Organismen zurückzugehen, und wenn demgemäss die einfache Zelle nicht blos das anatomische Formelement, der gemeinsame Baustein aller Thiere und Pflanzen blieb, sondern auch ihre historische Urform, ihre gemeinsame Stammwurzel wurde, so mussten sich doch alsbald neue Schwierigkeiten für diese Theorie aus den beiden Fragen ergeben: Wo kam die erste Zelle her, welche die Stammform aller folgenden wurde? Und wie verhalten sich jene zahlreichen niederen Organismen, die weder selbst den Formwerth einer Zelle besitzen, noch aus echten Zellen zusammengesetzt sind? Indem wir die Beantwortung der ersten Frage einer nachfolgenden Betrachtung über Moneren und Urzeugung vorbehalten, wollen wir hier zunächst die Erörterung der zweiten Frage in Angriff nehmen.

Als Ausgangspunkt für diese Erörterung muss immer die Thatsache festgehalten werden, dass noch gegenwärtig eine grosse Anzahl von niederen Organismen existirt, auf welche wirklich der Begriff der Zelle in dem üblichen Sinne durchaus nicht angewendet werden kann. Den Begriff der Zelle halten wir dabei in derselben Umgrenzung fest, in welcher er nach dem Vorgange von MAX SCHULTZE gegenwärtig von der grossen Mehrzahl der Histologen angenommen und beibehalten worden ist. Diese Feststellung des heutigen Zellen-Begriffs, die bedeutendste und folgenreichste Reform der Zellenlehre seit SCHLEIDEN und SCHWANN, war zwar schon durch REMAKS wichtige Untersuchungen über die hüllenlosen Furchungskugeln und Embryonalzellen (1850—1855) angebahnt, bestimmt und mit dem vollen Bewusstsein ihrer weitreichenden Tragkraft jedoch erst von MAX SCHULTZE 1860 in seinem Aufsätze über: »Die Gattung Cornuspira unter den Monothalamien etc.« mit den Worten ausgesprochen: »Die Zelle auf dem ursprünglichen membranlosen Zustande stellt nur ein nacktes Protoplasma-Klümpchen mit Kern dar.« (l. c. p. 299). Die ausführlichere Begründung dieses Satzes gab derselbe dann 1861 in dem Aufsätze: »Ueber Muskelkörperchen und das, was man eine Zelle zu nennen habe.« Der Hauptsatz desselben: »Eine Zelle ist ein Klümpchen Protoplasma, in dessen Innerem ein Kern liegt« (l. c. p. 41) ist daselbst ausführlich begründet und durch Beispiele erläutert.

Ich selbst hatte mich schon, gelegentlich meiner in Neapel (im Sommer 1859) und in Messina (im Winter 1859/60) angestellten histologischen Untersuchungen, bei vielen niederen Thieren davon überzeugt,

dass wirklich vollkommen membranlose Zellen existiren, die geformte fremde Körper mittelst amoeboider Bewegungen in ihren nackten, weichen Protoplasmaleib aufnehmen können. An einer *Thetis fimbria*, welche ich behufs Untersuchung des Gefässsystemes mit in Wasser fein zertheiltem Indigo injicirt hatte, machte ich am 10. Mai 1859 in Neapel die Beobachtung, dass die Indigokörnchen in das Innere der Blutzellen massenhaft aufgenommen wurden, und lieferte damit zum ersten Male den thatsächlichen Nachweis, dass feste Körper von nackten Zellen nach Art freier Amöben »gefressen«, in das Innere ihres hüllenlosen Protoplasma-Leibes aufgenommen werden können<sup>1)</sup>.

Den Fortschritt, welchen die Zellentheorie durch den wirklichen Nachweis vollkommen membranloser Zellen und durch die von MAX SCHULTZE darauf begründete Reform des Zellenbegriffes machte, war höchst bedeutend, und viel folgenreicher, als damals von den meisten Histologen geahnt wurde. Unter allen Fortschritten, welche sowohl die Morphologie, als die Physiologie der Zelle in dem letzten Decennium gemacht haben, kann sich keiner an folgenschwerer Wichtigkeit mit jener Reform messen. Mit der Hülle, welche nach der herrschenden, von SCHLEIDEN und SCHWANN überkommenen Anschauung jede Zelle umschliessen sollte, mit diesem Dogma von der Bläschen-Natur der Zelle fielen die wichtigsten Schranken, welche bis dahin den freien Fortschritt und die weitere Entwicklung der Zellentheorie gehemmt hatten.

Allerdings entstanden schon gleich im Beginn dieser weiteren Entwicklung neue Schwierigkeiten. Die umfassenden Studien, welche grade in jenen Jahren über viele bis dahin wenig oder gar nicht bekannte niedere Organismen angestellt worden waren, die Untersuchungen von MAX SCHULTZE über verschiedene Rhizopoden, von DE BARY über die Myxomyceten, von CLAPARÈDE und LACHMANN über die Infusorien, meine eigenen Arbeiten über die Radiolarien, lehrten eine Menge von Organismen kennen, bei denen der kaum gewonnene neue Zellenbegriff aufs Neue durch die Thatsachen gefährdet oder überhaupt nicht anwendbar erschien. Indessen war MAX SCHULTZE, der diese neuen Schwierigkeiten wohl erkannte, auch sogleich bemüht, sie aus dem Wege zu räumen. Er führte schon in der Arbeit über *Cornuspira* den Nachweis, dass die contractile, festflüssige, eiweissartige Substanz, welche den wichtigsten Leibesbestandtheil der genannten Organismen und insbesondere aller Rhizopoden bildet, und welche seit DUJARDIN unter dem Namen Sarcode bekannt war, mit dem Zellen-Protoplasma der höheren

1) HAECKEL, Monographie der Radiolarien (1862), p. 104.

Thiere und Pflanzen identisch sei. SCHULTZE nahm an, dass dieses Protoplasma oder die Sarcode der Rhizopoden, welche, nackt in das umgebende Wasser hineinragend, die bekannten formwechselnden Pseudopodien bildet, aus Zellen entstanden sei, und glaubte damit den »Triumph der Zellentheorie auch über diese niedersten organischen Gebilde ausgedrückt zu haben«. In seiner trefflichen Schrift über »das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen« (1863) ist diese Anschauung ausführlich begründet. Ich werde darauf nachher in dem Abschnitt über »die Plastiden und das Protoplasma der Rhizopoden« noch näher zurückkommen.

Die Theorie, dass die früher sogenannte Sarcode der Rhizopoden und anderer Protisten wirklich als freies, nacktes, hüllenloses Protoplasma, gleich demjenigen der Thier- und Pflanzenzellen zu betrachten sei, und dass also in allen Organismen ohne Ausnahme überall eine eiweissartige, festflüssige, contractile Substanz, das Plasma oder Protoplasma, der wichtigste Körperbestandtheil und der eigentliche Träger der Lebenserscheinungen sei, diese »Protoplasma-Theorie« kann jetzt als fast allgemein anerkannt gelten. Denn in der That hat sich bei allen Organismen, ohne eine einzige Ausnahme, dieses Protoplasma im ersten Beginne der individuellen Existenz des Organismus, im Eizustande oder im Sporenzustande, als der wesentlichste, wenn nicht einzige Körperbestandtheil herausgestellt. Anders aber verhält es sich mit dem zweiten Theile von SCHULTZE's Theorie, dass das nackte Protoplasma oder die Sarcode vieler niederen Organismen in allen Fällen »aus Zellen entstanden« sei. Für viele der niedersten Organismen ist dieser Satz nicht haltbar und grade dieser Umstand hat mich zu meiner Plastiden-Theorie geführt.

Es sind nämlich inzwischen, zum grossen Theile durch meine eigenen Untersuchungen, eine grosse Anzahl von niedersten Organismen bekannt geworden, deren Sarcodekörper oder Plasmaleib zu keiner Zeit des Lebens eine Spur von Kernen zeigt, und bei denen demgemäss nach SCHULTZE's eigener Zellendefinition von einem Zusammenhange mit einer Zelle überhaupt nicht die Rede sein kann. Vergeblich suchen wir nach Kernen in dem structurlosen Körper der Moneren, der zeitlebens einzig und allein aus homogenem Protoplasma besteht. Vergeblich suchen wir nach Kernen in dem Sarcode-Körper der meisten Polythalamien und vieler anderen Aeyttarien oder niederen Rhizopoden. Ebenso assen sich keine Kerne auffinden in dem Protoplasma von vielen anderen Organismen aus jener zweifelhaften, zwischen Thierreich und Pflanzenreich mitten inne stehenden Gruppe von niederen Organismen, die weder echte Thiere, noch echte Pflanzen sind, und die ich als

»Reich der Protisten« im siebenten Capitel der generellen Morphologie aufgestellt und in meiner Monographie der Moneren näher erörtert habe.

Dass dieser absolute Mangel von Zellkernen in dem Protoplasma zahlreicher Protisten eine Thatsache von schwerem Gewichte ist und nothwendig eine Modification der Zellentheorie bedingen muss, habe ich schon an jenen Orten ausgeführt und in meiner Plastidentheorie ausgedrückt. Denn ich bin mit SCHULTZE, GEGENBAUR und anderen Histologen der Ansicht, dass der Zellkern ein histologisches Element von grösster Bedeutung bleibt, wenn uns auch seine specielle Function noch heute fast eben so dunkel ist, wie zu SCHLEIDENS und SCHWANN'S Zeiten. Vielleicht vertheilen sich in der kernhaltigen Zelle die beiden formbildenden Functionen des elementaren Organismus in der Weise auf ihre beiden activen Hauptbestandtheile, dass der innere Kern die Fortpflanzung und Vererbung, das äussere Protoplasma die Ernährung und Anpassung vorzugsweise und oft vielleicht ausschliesslich vermittelt (Gen. Morph. I, p. 287). Vielleicht ist die Arbeitstheilung zwischen Nucleus und Plasma von anderer Bedeutung. Wenn wir aber bedenken, dass der Kern in den wichtigsten organischen Zellen, in denjenigen, welche ursprünglich den ganzen individuellen Organismus für sich repräsentiren, in den Eiern und Sporen aller höheren Thiere und Pflanzen niemals fehlt, und wenn wir ferner erwägen, dass in allen echten Zellen der Kern und das Plasma ursprünglich die beiden einzigen Formbestandtheile sind, und oft zeitlebens die einzigen bleiben, so geht schon hieraus die fundamentale Bedeutung des Kernes unzweifelhaft hervor. Dieselbe hier besonders zu betonen erscheint deshalb passend, weil in neuerer Zeit von mehreren Seiten Versuche gemacht worden sind, den Nucleus als einen ganz unbedeutenden und untergeordneten Bestandtheil der Zelle in seinem morphologischen und physiologischen Werthe herabzudrücken und etwa den Fettkörnern, Stärkekörnern und anderen secundären »Zelleninhaltstheilen« oder »Plasma-Producten« an die Seite zu stellen. Wenn in neuester Zeit sogar einzelne Beobachter so weit gegangen sind, den Kern als ein »Kunstproduct«, als einen in natura nicht präexistirenden Bestandtheil hinzustellen, so lässt sich dagegen nur erwidern, dass diese Histologen niemals durchsichtige Theile von lebenden Thieren untersucht haben müssen, in denen man, vorzüglich in den ganz durchsichtigen pelagischen Seethieren, den Kern innerhalb der Zellen, in den unverletzten lebenden Thieren jederzeit mit Leichtigkeit nachweisen kann.

Wenn man nun einerseits diese hohe Bedeutung des Zellkernes und seine allgemeine Verbreitung in den Zellen der höheren Organis-

men, andererseits aber die Thatsache erwägt, dass in dem Protoplasma-Leibe vieler niederer Organismen wirklich jeder Nucleus zeitlebens fehlt, so lässt sich meiner Ansicht nach dieses Verhältniss nur dadurch einfach und klar in die Zellentheorie einfügen, dass man die echten, d. h. kernhaltigen Zellen als höher entwickelte Elementar-Organismen betrachtet und scharf unterscheidet von den niederen, kernlosen Plasmastücken, für welche ich in meiner Individualitätslehre die Bezeichnung Cytoden oder Cellinen vorgeschlagen habe.

Beide verschiedenen Formen von Elementar-Organismen betrachte ich als selbständige »Individuen erster Ordnung« und fasse sie als solche unter dem Namen der Bildnerinnen oder Plastiden zusammen. Für die phyletische Entwicklungsgeschichte der Organismen ist aber diese Unterscheidung der kernlosen von den kernhaltigen Plastiden von der grössten Bedeutung. Denn die ersteren, die Cytoden oder Cellinen, stellen den ursprünglichen und niederen Zustand der Plastide dar, die letzteren, die Zellen, den späteren und höher entwickelten Zustand. Durch Urzeugung können ursprünglich nur ganz einfache Cytoden, wie die Moneren sind, entstanden sein. Erst später haben sich im Laufe der phyletischen Entwicklung aus den kernlosen Cytoden durch Differenzirung des inneren Kernes und des äusseren Cytoplasma die Zellen entwickelt. Diesen phyletischen Entwicklungsprocess würden uns noch gegenwärtig im Laufe ihrer individuellen Entwicklung jene Plastiden wiederholen, und dem oben angeführten ontogenetischen Grundgesetz entsprechend recapituliren, welche aus dem ursprünglichen kernlosen Cytoden-Zustande später in den kernhaltigen Zellenzustand übergehen. Durch diese Plastiden-Theorie wird die Zellentheorie in einer Weise modificirt, welche es gestattet, dieselbe mit dem Beginne der Phylogenie, mit der Urzeugungshypothese und mit der ganzen natürlichen Geschichte der Erde in Zusammenhang zu bringen, und ein wirkliches historisches Verständniss von der paläontologischen Entwicklung des Zellenlebens zu gewinnen.

Bei allen denjenigen Organismen (und das ist die grosse Mehrzahl), welche ihren individuellen Ursprung aus einer kernhaltigen Zelle nehmen, sei dieselbe nun Ei oder Spore, können echte und ursprüngliche Cytoden natürlich nicht mehr vorkommen. Denn alle später den Körper zusammensetzenden Plastiden müssen von jener ersten echten Zelle abstammen und gleich dieser ursprünglich kernhaltige Zellen sein. Wenn also auch hier später oft kernlose Plastiden sich vorfinden, so müssen dieselben durch Rückbildung, durch Verlust des Kernes, aus echten kernhaltigen Zellen hervorgegangen sein. Solche Schein-Cytoden sind

z. B. die rothen Blutzellen und die verhornten Epidermisplatten der Säugethiere. Um diese rückgebildeten kernlosen Zellen von den ursprünglich kernlosen Cytoden zu unterscheiden, ist es vielleicht passend, die ersteren mit dem Namen Dyscytoden zu belegen.

Die grösste Bedeutung messen wir natürlich unserer Plastidentheorie für das Verständniss der Entwicklungsgeschichte oder Biogenie der Plastiden bei, und auch hier muss nothwendig wieder das biogenetische Grundgesetz von dem Causalnexus der phyletischen und ontetischen Entwicklung zur Geltung kommen. Vielleicht werden uns hier die ersten Vorgänge bei der Entwicklung des individuellen Organismus mit Hülfe jener Theorie noch zu sehr wichtigen Erkenntnissen verhelfen. Wie bekannt, sind noch gegenwärtig die Ansichten über das Verhalten der Eizelle und ihres Kerns bei dem Beginne der Furchung getheilt. Die Einen behaupten, dass die Kerne der Furchungszellen directe Abkömmlinge des Eikernes sind und aus dessen Theilung hervorgehen. Dies Verhalten ist von BÄR bei Echinus, von JOHANNES MÜLLER bei Entoconcha, von GEGENBAUR bei Sagitta und verschiedenen Siphonophoren, von LEYDIG bei verschiedenen Wirbellosen und neuerdings von mir selbst wieder bei mehreren Siphonophoren positiv beobachtet worden. Die Anderen behaupten dagegen, dass in vielen (keineswegs in allen) Fällen das Keimbläschen verschwinde und dann nachher ein neuer Kern entstehe, aus dessen wiederholter Theilung die Kerne der Furchungszellen hervorgehen. Wenn diese letztere, negative Beobachtung richtig ist, so wäre dieser Vorgang vielleicht als ein Rückschlag der Zellenform in die ursprüngliche Cytodenform aufzufassen. Der individuelle Entwicklungscyclus würde dann mit einem ontetischen Zurückgehen auf jenes primitive Cytoden-Stadium des einfachen Moneres beginnen, welches wir rückbeziehen müssen auf den phyletischen Anfangszustand des ganzen Stammes, aus dem sich der betreffende Organismus entwickelt hat.

---

## 2) Bathybius und das freie Protoplasma der Meerestiefen.

Hierzu Taf. XVII.

### 1. HUXLEY'S Untersuchung des Bathybius.

Unter allen bisher beobachteten Moneren-Formen vielleicht die wichtigste und merkwürdigste ist der von HUXLEY entdeckte und als

*Bathybius Haeckelii* beschriebene Organismus<sup>1)</sup>. Dieses höchst interessante Moner scheint in ungeheuren Massen die tiefsten Abgründe des Meeres, gewöhnlich von 5000 Fuss an bis über 25,000 Fuss hinunter zu bedecken, bald in Form von amoeboiden Cytoden, gleich der *Protamoeba*, bald in Form von netzförmigen Plasmodien, gleich einem ausgebreiteten *Protogenes* oder *Myxodictyum*, und gewöhnlich in Verbindung mit den eigenthümlichen Körperchen, welche HUXLEY als *Discolithen*, *Cyatholithen* und *Coccosphaeren* beschrieben hat.

Die wichtigste Thatsache, die aus HUXLEY's sehr sorgfältigen Untersuchungen des *Bathybius* hervorgeht, ist, dass der Meeresgrund des offenen Oceans in den bedeutenderen Tiefen (unterhalb 5000 Fuss) bedeckt ist mit ungeheuren Massen von freiem lebenden Protoplasma, und dieses Protoplasma verharret hier in der einfachsten und ursprünglichsten Form, d. h. es hat überhaupt noch gar keine bestimmte Form, es ist noch kaum individualisirt. Man kann diese höchst merkwürdige Thatsache nicht ohne das tiefste Staunen in nähere Erwägung ziehen, und muss dabei unwillkürlich an den »Urschleim« OKENS denken. Dieser universale Urschleim der älteren Naturphilosophie, der im Meere entstanden sein und der Urquell alles Lebens, das productive Material aller Organismen sein sollte, dieser berühmte und berüchtigte Urschleim, dessen umfassende Bedeutung eigentlich schon implicite durch MAX SCHULTZE's Protoplasma-Theorie begründet war, — er scheint durch HUXLEY's Entdeckung des *Bathybius* zur vollen Wahrheit geworden zu sein!

Die äussere Veranlassung zur Entdeckung dieser submarinen Urschleim-Lager gaben die grossartigen Untersuchungen des Tiefseegrundes, welche seit dem Jahre 1857 in dem Nord-Atlantischen Ocean behufs Legung des transatlantischen Telegraphen-Kabels angestellt wurden. Zuerst stiess man darauf bei der Untersuchung des atlantischen »Telegraphen-Plateau«, jener mächtigen Tiefsee-Ebene, welche mit einer durchschnittlichen Tiefe von 12,000 Fuss sich von Irland bis Neufundland erstreckt und nach Süden gegen die Azoren hin in noch beträchtlichere Tiefen abfällt. Capitän DAYMAN, der Commandant des englischen Kriegsschiffes »Cyclops«, welcher 1857 zuerst dieses Telegraphen-Plateau genauer untersuchte, fand seinen Boden überall mit einem äusserst feinpulverigen, zähen und klebrigen Schlamm bedeckt. HUXLEY, der einen Theil dieses Schlammes zur Untersuchung erhielt, fand darin grosse Mengen von eigenthümlichen runden Körperchen, die

1) HUXLEY, On some organisms living at great depths in the north-atlantic ocean. *Journal of microscopical science*, Vol. VIII, N. S. 1868; p. 4, Pl. IV.

er Cocolithen nannte. Dieselben waren meist elliptische Scheiben und bestanden aus concentrisch geschichteten Lagern von Kohlensäurem Kalk, die ein helleres Centrum einschlossen; sie zeigten eine gewisse Aehnlichkeit mit Protococcus-Zellen oder mit gewissen Formen von Amylum-Körnern.

Dieselben Cocolithen wurden sodann von Dr. WALLICH wieder gefunden, welcher die Expedition des englischen Kriegsschiffes »Bulldog« begleitete, die unter Führung von Capitän Mc. CLINTOCK 1860 den atlantischen Tiefgrund zwischen den Far-Oer, Grönland und Labrador zu untersuchen hatte. Auch hier enthielt der feinkörnige klebrige Meereschlamm Massen von Cocolithen, und ausserdem grössere kugelige Körperchen, die fast aussahen, als ob sie aus vielen Cocolithen zusammengesetzt seien. Dr. WALLICH nennt diese Kugeln Coccusphaeren und vermuthet, dass die Cocolithen aus Coccusphaeren hervorgegangen, und dass sie identisch seien mit ähnlichen Körperchen, welche schon früher SORBY in der Kreide beobachtet hatte.

In der That enthält die Kreide Mengen von Cocolithen und Coccusphaeren, welche nach den übereinstimmenden Untersuchungen von SORBY und HUXLEY ganz denjenigen gleichen, die noch jetzt so massenhaft in dem klebrigen Schlamm der grössten Meerestiefen vorkommen. Schon SORBY hatte behauptet, dass dieselben nicht etwa krystallinischer, sondern organischer Natur seien.

Im Jahre 1868 nun nahm HUXLEY eine erneute Untersuchung jenes Tiefseeschlammes mit Hülfe eines ausgezeichneten Mikroskops von ROSS vor, und die höchst bedeutsamen Resultate dieser Untersuchung sind in dem vorher erwähnten Aufsätze mitgetheilt und durch eine Tafel Abbildungen illustirt.

Das Wichtigste, was HUXLEY bei der erneuten, gründlichen und durch sorgfältige mikrochemische Analyse erweiterten Untersuchung des atlantischen Tiefseeschlammes entdeckte, war der Nachweis, dass dieser Schlamm zu einem sehr grossen Theile aus nackten, freien Protoplasma-Klumpen besteht. »Diese Klumpen sind von allen Grössen, von Stücken, die mit blossem Auge sichtbar sind, bis zu äusserst kleinen Partikelchen. Wenn man sie der mikroskopischen Analyse unterwirft, zeigen sie — eingebettet in eine durchsichtige, farblose und structurlose Matrix — Körnchen, Cocolithen und zufällig hineingerathene fremde Körper.« Die Körnchen variiren in Grösse vom vierzigtausendsten bis zum achttausendsten Theile eines Zolles und sind in Haufen von verschiedener Grösse und Beschaffenheit versammelt. Die einen Haufen sind ganz unregelmässige Streifen, während die anderen eine bestimmt umgrenzte, ovale oder rundliche Form besitzen. Einige

Haufen erreichen einen Durchmesser von ein Tausendstel Zoll und mehr, während andere nicht mehr als den dritten oder vierten Theil so gross sind. Die kleinsten Körner sind rund. Von den grösseren sind manche biconcave ovale Scheiben, andere ruthenförmig, die grössten unregelmässig. Jod färbt die Körner gelb, während sie die Matrix nicht afficirt. Verdünnte Essigsäure löst rasch alle Körnchen bis auf die feinsten, scheint aber die Matrix nicht zu verändern. In mässig starken kaustischen Alkalien schwillt die Matrix auf. Die Körnchen werden durch schwache Alkalien wenig afficirt, aber durch starke gelöst. HUXLEY konnte an den Körnerhaufen weder eine Spur von einem eingeschlossenen Kern, noch von einer umhüllenden Membran entdecken. In der Mehrzahl der Körnerhaufen fand er einzelne oder mehrere Coccolithen liegen, bald mehr oberflächlich, bald mehr in der Mitte der Körnerhaufen; im letzteren Falle sind sie fast immer klein und unvollkommen entwickelt.

HUXLEY unterscheidet zwei verschiedene Formen von Coccolithen, welche er Discolithen und Cyatholithen nennt. Die Discolithen sind ovale, concentrisch geschichtete Scheiben, plan- oder etwas concav-convex, mit einem schmalen vorspringenden Rande auf der convexen Seite, so dass sie die Form eines Spucknapfes oder einer Blumentopf-Unterschale annehmen. Die Cyatholithen haben eine noch auffallendere Gestalt. Sie gleichen nämlich ganz den gewöhnlichen Hemdenknöpfchen oder Manchettenknöpfchen und bestehen aus zwei parallelen, ovalen oder kreisrunden Scheiben, welche durch einen sehr kurzen, cylindrischen Mitteltheil fest miteinander verbunden sind. Wie gewöhnlich bei den Manchettenknöpfchen, ist die eine von den beiden parallelen Scheiben plan, die andere concav-convex.

Die Coccolithen bestehen keineswegs bloss aus kohlen-saurem Kalk, sondern zugleich immer aus einer gewissen Menge organischer Substanz, die auf das Innigste mit ersterem verbunden ist; wie die chemische Reaction ergibt, ist diese organische Substanz als mehr oder weniger verändertes Protoplasma aufzufassen. Durch starke Säuren werden die Coccolithen rasch und vollständig aufgelöst. Wenn man aber langsam schwache Essigsäure einwirken lässt, so wird der kohlen-saure Kalk allmählich ausgezogen und es bleibt ein äusserst zarter, fein granulirter Rest von organischer Substanz zurück, der in Form und Grösse ganz dem ursprünglichen Coccolithen gleicht. Durch starke Lösungen von kaustischen Alkalien werden die Cyatholithen ebenso wie die Discolithen vollständig zerstört.

Die Coccusphaeren fand HUXLEY immer sehr spärlich im Verhältniss zu den Coccolithen. Er unterscheidet von ersteren zwei verschie-

dene Formen, einen lockeren und einen compacten Typus. Die compacten Coccusphaeren scheinen aus dicht zusammengedrängten, die lockeren Coccusphaeren dagegen aus lose zusammengehäuften Cyatholithen zusammengesetzt zu sein. Während SORBY glaubt, dass die Cyatholithen durch Zertrümmerung der Coccusphaeren entstehen, hält HUXLEY es umgekehrt für mehr wahrscheinlich, dass die Coccusphaeren durch Aggregation von Cyatholithen zu Stande kommen. Vielleicht haben aber auch beide Formen nichts mit einander zu thun. Jedenfalls würde nicht eine von beiden Formen als nothwendiges Entwicklungsstadium der anderen anzusehen sein, da man sowohl von den Coccusphaeren als von den Cyatholithen Formen von allen verschiedenen Grössen findet.

Was nun endlich die Deutung dieses höchst merkwürdigen Befundes betrifft, so glaubt HUXLEY, dass alle diese verschiedenen Formen von Kalk-Körperchen, und zwar die Coccusphaeren sowohl als die Coccolithen (Discolithen und Cyatholithen) als verkalkte Protoplasmastücke zu betrachten sind, und morphologisch vergleichbar den Spicula der Radiolarien und Spongien. Die massenhaft im Tiefseeschlamme zerstreuten Protoplasmaclumpen, welche HUXLEY unter dem Namen *Bathybius* als eine besondere Monerenform beschreibt, würden sich demnach zu den darin enthaltenen Coccolithen und Coccusphaeren ähnlich verhalten, wie die Weichtheile von Sphaerozoen oder von Spongien zu den von ihnen producirtten Spicula.

Dem Exemplare der genannten Abhandlung über den *Bathybius*, welche mir HUXLEY freundlichst übersendete, hat der Verfasser noch eigenhändig am 16. October 1868 die sehr wichtige Bemerkung beige-fügt: »In einer der Tiefsee-Grundproben, welche ich soeben durch CARPENTER und WYVILLE THOMSON aus der Nordsee erhalten habe, finde ich den *Bathybius Haeckelii* in Form eines Netzwerks von Protoplasma.«

Bei der ausserordentlichen Bedeutung, welche der merkwürdige *Bathybius* für die Plastiden-Theorie und die Urzeugungsfrage besitzt, musste es mir natürlich äusserst erwünscht sein, diese wichtige Monerenform selbst untersuchen zu können. Im letzten Herbste wurde mir dazu unverhoffte Gelegenheit. Mein verehrter College, Herr Professor PREYER, hatte die Güte, mir ein Gläschen mit Tiefseeschlamm zu überlassen, welches er durch Herrn Randropp in Thorshavn auf den Faroer erhalten hatte. Dieses Gläschen trägt die Aufschrift: »Dredged of Professor THOMSON and Dr. CARPENTER with the Steamer Porcupine on 2435 fathoms. 22. Juli 1869. Lat.  $47^{\circ} 38''$ . Long.  $12^{\circ} 4''$ .«

Der Schlamm, welcher dieses Gläschen in Weingeist wohl conser-

virt erfüllte, zeigte die bereits bekannten Charaktere und zeichnete sich namentlich durch seine enorm klebrige Beschaffenheit aus. Selbst in dem Weingeist war diese zähe Adhäsionskraft, die offenbar vorzugsweise, wenn nicht ausschliesslich, den darin enthaltenen Protoplasma-massen zuzuschreiben ist, noch so auffallend, dass der Schlamm an eingestochenen Nadeln beim Herausziehen eben so fest haftete, wie etwa eine dickflüssige Lösung von Canada-Balsam oder Honig. In Weingeist zeigte der äusserst feinkörnige Schlamm eine blass bräunlich graue Farbe und eine scheinbar ganz homogene Beschaffenheit. Getrocknet bildete er ein äusserst feines, grauweisses Pulver, sehr ähnlich feiner Schlemmkreide.

Ueber die Resultate meiner Untersuchung dieses Schlammes, welche ich mit möglichster Sorgfalt und Vorsicht auszuführen bestrebt war, kann ich mich im Ganzen ziemlich kurz fassen. Im Wesentlichen kann ich alle Angaben von HUXLEY bestätigen, doch auch nach einigen Richtungen hin dieselben vervollständigen und erweitern. In Betreff des wichtigsten Verhältnisses, nämlich des freien Protoplasma, habe ich namentlich durch die Anwendung der Carmin-Tinction, die von HUXLEY nicht versucht worden zu sein scheint, einige wichtige ergänzende Resultate erhalten.

## 2. Zusammensetzung des Bathybius-Schlammes.

Meine ersten Versuche mit dem Bathybius-Schlamm waren darauf gerichtet, die Qualität und Quantität des freien Protoplasma in demselben näher zu bestimmen. Die Behandlung desselben mit ammoniakalischer Carminlösung gab in dieser Beziehung die überraschendsten Resultate. Es zeigte sich sofort, dass die Quantität der durch Carmin roth gefärbten Substanz, die ich auch auf Grund anderer ergänzender Reactionen entweder als eigentliche Protoplasma-körper, oder doch als diesen nächstverwandte, stickstoffhaltige und sicher zum grössten Theile eiweissartige Verbindungen ansehen musste, höchst beträchtlich war. In der mir übersendeten Grundprobe scheinen diese durch Carmin sich roth färbenden Substanzen sehr gleichmässig durch die ganze Schlamm-masse verbreitet zu sein, in den verschiedenen Formen, die ich sogleich beschreiben werde. Soweit eine annähernd sichere Schätzung in diesem Falle möglich ist, scheint mir in den meisten von mir untersuchten Theilen der Grundprobe die gesammte Quantität der durch Carmin sich roth färbenden Substanz mindestens ein Zehntel bis ein Fünftel des Gesamtvolums zu betragen. An manchen Präparaten betrug sie selbst die grössere Hälfte. Daher erscheint der mit Carmin gefärbte Schlamm auch für das blosse Auge grau-röthlich oder blass-bräunlich-

roth (selbstverständlich nach sorgfältigem Auswaschen der gefärbten Masse). Noch viel intensiver tritt die röthliche Farbe hervor, wenn man durch verdünnte Salzsäure allen kohlensauren Kalk entfernt hat. Die Menge der geformten, in dem Protoplasma zerstreuten Kalkkörperchen, der Coccolithen und Cocosphaeren, war in meiner Grundprobe höchst beträchtlich. Nach ganz ungefähren Schätzungen mag sie bald etwa ein Drittel oder ein Viertel, bald nur ein Zehntel bis ein Zwanzigstel von der Quantität des Protoplasma betragen. Bevor ich nun die verschiedenen Formen beschreibe, welche die durch Carmin sich roth färbenden nackten Körperchen des Schlammes darbieten, will ich erst noch die übrigen geformten Bestandtheile anführen, die ausserdem den Schlamm constituiren. Es sind folgende:

1. Globigerinen in sehr grosser Menge, und in allen Grössen und Stadien der Entwicklung, zum grössten Theile noch vollständig mit Protoplasma erfüllt. Auch HUXLEY fand in seinen Grundproben, dass die Globigerinen einen sehr anschlichen Theil des Schlammes ausmachen, und wirft dabei die Frage auf: »In Erwägung, dass alle Spuren von Reproductionsvorgängen bei den Globigerinen zu fehlen scheinen, ist es vielleicht möglich, dass diese einfach mit Schalen versehene Abkömmlinge von so einfachen Lebensformen wie *Bathybius* sind, der sich gewöhnlich nur in seiner nackten, einfachsten Form fortpflanzt?«

2) Acyttarien (Monothalamien und Polythalamien) aus verschiedenen Familien, in sehr geringer Menge, insbesondere einzelne Rotalien, Textilarien und Polystomellen; ferner einzelne sehr grosse Monothalamien. Unter diesen sind bemerkenswerth mehrere Formen von Cornuspiren, Ovulinen und Verwandten.

3) Radiolarien in ziemlich grosser Menge, obwohl viel spärlicher als die Globigerinen, meistens leere Kieselschalen, selten mit wohl erhaltener Centralkapsel und übrigen Weichtheilen. Die meisten Radiolarienformen gehören den Familien der Cyrtiden, Ommatiden und Disciden an. Selten sind dazwischen einzelne Schalen von anderen Familien und zerstreute Spicula von Sphaerozoen.

4) Diatomeen in ziemlich grosser Menge, jedoch zum grössten Theile nur *Coscinodisken*, sehr wenige andere Formen, *Navicula*, *Surirella* etc.

5) Spicula von Spongien, und zwar nur Kieselnadeln, in sehr geringer Menge und meist zertrümmert.

6) Anorganische Fragmente, theils krystallinischer, theils nicht krystallinischer Natur, in ansehnlicher, jedoch verhältnissmässig nicht bedeutender Menge. Einerseits sind dieselben meistens

nur sehr klein, und andererseits treten sie auch im Ganzen gegen die überwiegende Masse der genannten organisirten Bestandtheile auffallend zurück.

Bei dieser ganz eigenthümlichen und wie es scheint sehr constanten Zusammensetzung des von mir untersuchten Tiefsee-Grundschlammes ist es vielleicht nicht ohne Interesse, alle diejenigen harten Skelettheile von Seethieren namhaft zu machen, die man mit mehr oder minder grosser Wahrscheinlichkeit noch in demselben erwarten sollte, die sich aber merkwürdigerweise entweder gar nicht oder nur in sehr geringen Spuren, in ganz vereinzelt Fragmenten vorfinden. Diese vermissten Bestandtheile sind:

- 1) Knöcherne Skelettheile von Fischen.
- 2) Chitin-Skelettheile von Crustaceen.
- 3) Kalkschalen von Mollusken.
- 4) Kalkskelete von Echinodermen.
- 5) Kalkskelete von Korallen.

Was nun den Ursprung der verschiedenen vorher aufgeführten Bestandtheile des Bathybiusschlammes anbelangt, so darf nicht übersehen werden, dass ein grosser Theil derselben wahrscheinlich die Skelettheile oder Skelete von pelagischen Organismen sind, die an der Oberfläche des offenen Meeres lebten, die aber nach dem Tode auf den Boden sanken. Dies gilt namentlich, wie schon HUXLEY hervorhebt, wahrscheinlich von allen Radiolarien und Diatomeen (mit Ausnahme der Coscinodisken?), vielleicht auch von einem Theile der Globigerinen. (?)

Ich komme nunmehr zur Beschreibung der verschiedenen Formen von Protoplasmakörpern in diesem Schlamm, welche ich als solche mit Recht in Anspruch nehmen zu dürfen glaube. Alle diese Formen zeigen die chemischen Reactionen, welche allgemein als charakteristisch für das Protoplasma angesehen werden.

### 3. Structur und Form des Bathybius-Protoplasma.

Obgleich das Protoplasma von Bathybius wie, von den übrigen Moneren, in gewissem Sinne als »formlos und structurlos« zu bezeichnen ist, so zeigen sich dennoch einerseits in den äusseren Umrissen der Plasmastücke, andererseits in der histologischen Beschaffenheit derselben mehrfache Verhältnisse, die eine besondere Erörterung nöthig machen. Die Structur- und Formverhältnisse des Protoplasma von Bathybius zeigten sich in der von mir untersuchten Grundprobe mannichfaltiger und zum Theil auch anders, als es nach HUXLEY'S Angaben in dem von ihm untersuchten Grundschlamm der Fall war. Ich werde dieselben daher hier so genau als möglich schildern.

HUXLEY unterscheidet in dem Protoplasma seines Bathybius zweierlei Substanzen, nämlich erstens eine farblose, formlose und structurlose durchsichtige Matrix, und zweitens verschieden geformte Haufen von Körnern, welche in diese eingebettet sind. Obwohl er beide zusammen für Protoplasma erklärt, so giebt er doch selbst bemerkenswerthe Unterschiede in dem chemischen Verhalten derselben an. Die »Körnerhaufen« färbten sich durch Jod gelb und wurden durch verdünnte Essigsäure rasch gelöst, während die gallertartige »Matrix« durch beide Reagentien nicht afficirt wurde. Dagegen bewirkte eine mässig starke Lösung von kaustischem Alkali eine Anschwellung der Matrix, während sie die Körnerhaufen wenig veränderte. HUXLEY vergleicht fernerhin diese gallertartigen Protoplasamassen einem »Meerqualster« von Sphaerozoen, aus dem man die »Centralkapseln« entfernt hat. Dieser Vergleich ist in der That ziemlich zutreffend.

In dem von mir untersuchten Grundschlamm ist das Protoplasma zum grössten Theil in anderer Form enthalten, nämlich ohne die »gallertige Matrix« von HUXLEY. Allerdings kommen daneben auch vielfach structurlose Gallertstücke vor, welche Protoplasmahaufen einschliessen und das von demselben beschriebene Verhalten zeigen (Fig. 5). Allein die grössere Hälfte der von mir untersuchten Plasmastücke (— ich glaube annehmen zu dürfen, mehr als zwei Drittel derselben —) zeigt keine Spur von jener Matrix. Keineswegs ist dieselbe ein constanter Begleiter der »Körnerhaufen«, vergleichbar einer »Grundsubstanz«, in welche die letzteren eingebettet sind.

Was nun zunächst die eigentliche Beschaffenheit dieser »gallertigen structurlosen Matrix« betrifft, so kann dieselbe nach HUXLEY's eigenen Angaben nicht als wirkliches Protoplasma betrachtet werden. Schon allein der Umstand, dass dieselbe durch Jod nicht gelb gefärbt wird, scheint mir dies hinreichend zu beweisen. Denn wie verschiedenartige Modificationen auch das Protoplasma zeigt, so verliert es doch als solches niemals die Eigenschaft, durch Jod mehr oder minder intensiv gelb oder gelbbraun gefärbt zu werden. Dazu kommt nun aber noch, dass, wie meine oft wiederholten Versuche zeigen, jene Matrix auch durch Carmin nicht roth, durch Salpetersäure nicht gelb gefärbt wird. Auch Salzsäure und verdünnte Schwefelsäure bringen keinen besonderen Effect hervor, ausser einer mässigen, offenbar durch Wasserentziehung bedingten Schrumpfung. In Alkalien dagegen quillt sie auf. Alle diese Reactionen beweisen, dass die Matrix jenen wasserreichen, indifferenten Gallertformen ziemlich nahe steht, wie sie die Hauptmasse des Medusenkörpers bilden. HUXLEY selbst vergleicht sie auch ganz passend der structurlosen, in ihren Reactionen sich ähnlich verhaltenden Gallert-

masse, welche von den sterbenden Radiolarien ausgeschwitzt wird. Ich möchte daher auch annehmen, dass diese Gallertmatrix beim lebenden Bathybius gar nicht existirt, und vielmehr ein »Leichenphänomen« ist, ein Plasmaproduct, welches beim Absterben desselben entsteht. In dieser Vermuthung bestärkt mich der Umstand, dass die meisten Plasmastücke, welche von einer solchen Gallertschicht umgeben sind, nicht die Form von amoeboiden Stücken, netzförmigen Strängen u. s. w. zeigen, sondern von abgerundeten Klumpen, welche mehr oder minder zusammengezogen oder bröckelig erscheinen (Fig. 5).

Als echtes Protoplasma des Bathybius betrachte ich nur diejenigen Stücke, welche folgende, für diese Substanz charakteristische Reactionen zeigen: 1) Rothe Färbung durch ammoniakalische Carminlösung; 2) gelbe Färbung durch Jod (Jod in Jodkalium gelöst); 3) gelbe Färbung durch Salpetersäure. Diese drei Reactionen, die zuverlässigsten und unfehlbarsten unter allen für Protoplasma angegebenen, fand ich bei allen den Protoplasmastücken, welche ich in den folgenden Zeilen als solche beschreiben werde. Die in der mikrochemischen Praxis wichtigste Reaction, die rothe Carminfärbung, trat bei Bathybius bald mehr, bald minder intensiv ein, besonders schön, nachdem das Präparat vorher mit verdünnter Essigsäure oder Salzsäure behandelt war.

Gegen saure und alkalische Lösungsmittel verhalten sich bekanntlich die verschiedenen Modificationen des Protoplasma ziemlich verschieden. Dasjenige des Bathybius wurde durch verdünnte Essigsäure stark afficirt. HUXLEY giebt an, dass an seinen Präparaten die Protoplasmakörner, mit Ausnahme der kleinsten, dadurch rasch gelöst wurden. Eine Lösung derselben habe ich an meinen Präparaten niemals beobachtet, wohl aber eine sehr starke Quellung. Unmittelbar nach der Einwirkung der Essigsäure werden die Plasmastücke oder Cytoden sehr blass, wasserhell und sehr schwach lichtbrechend, so dass man die zarten Contouren oft kaum mehr wahrnimmt. Wenn man dann aber das Präparat wieder mit Wasser auswäscht, so ziehen sich die aufgequollenen Plastiden wieder zusammen und gewinnen nahezu ihre frühere Form und Grösse. Ebenso wie verdünnte Essigsäure wirkt auch verdünnte Salzsäure. Aehnlich wirken auch verdünnte kaustische Alkalien und kohlen-saure Alkalien ein. Die Cytoden quellen und werden durchsichtiger, blasser contourirt. Durch concentrirte kaustische Alkalien quellen sie noch stärker und werden bei nachfolgendem Wasserzusatz völlig aufgelöst. Durch concentrirte Schwefelsäure werden die Plasmastücke unter blass rosenrother Färbung gelöst.

Wenn man die Protoplasmastücke oder Cytoden des Bathybius,

welche durch die angegebenen Reactionen sich als solche documentiren, mit Hülfe der stärksten Vergrösserungen genau untersucht, so gewinnt man in einigen Fällen ein Bild, als ob die scheinbar structurlose Masse aus einer Menge sehr kleiner runder Körnchen (jedenfalls von weniger als 0,001 Mm. Durchmesser) zusammengesetzt sei, welche durch eine minimale Quantität heterogener Substanz verbunden seien. In vielen anderen Fällen dagegen ist man nicht im Stande, von einer derartigen Zusammensetzung irgend eine Spur wahrzunehmen, und es ist daher wohl leicht möglich, dass jenes Bild durch leichte Unebenheiten auf der Oberfläche der Cytoden veranlasst wird.

Die Grösse der Bathybius-Cytoden unterliegt sehr beträchtlichen Schwankungen. Doch habe ich in der von mir untersuchten Probe keine Protoplasmastücke isoliren können, welche mehr als 0,3 Mm., oder höchstens 0,5 Mm. Durchmesser erreicht hätten. Die grösseren Stücke, insbesondere die von HUXLEY schon erwähnten Klumpen, die mit blossen Auge sichtbar sind, ergeben sich bei genauerer Untersuchung als lockere Aggregate von mehreren zusammengeklebten, aber nicht wirklich verschmolzenen Massen. Die Mehrzahl der grösseren Cytoden hat einen Durchmesser von 0,05—0,08 Mm. Doch gehen sehr viele bis zu 0,1 Mm. Die kleineren Cytoden haben die verschiedensten Dimensionen, bis unter 0,005 Mm. hinab.

Was nun die Gestalt der Protoplasmastücke des Bathybius betrifft, so ist dieselbe durchaus unregelmässig, wie schon ein Blick auf die Figuren 1—10 ergibt. Im Allgemeinen kann man compacte Klumpen und netzförmig verbundene Stränge unterscheiden. Die compacten Klumpen (Fig. 5—10) haben sehr häufig ganz dieselben Umrisse, wie gewöhnliche Amoeben. Die Protoplasmnetze dagegen haben dieselben Conturen, wie viele Myxomycetenformen. Meistens sind die Stränge des Sarcodenetzes breit (Fig. 1, 2), seltener schmal (Fig. 3), und sehr selten so fein fadenförmig, wie es bei den Rhizopoden gewöhnlich der Fall ist. Die Pseudopodien, die unregelmässigen Fortsätze des Protoplasma, die an der Peripherie der Klumpen und Netze hervortreten, sind gewöhnlich stumpf abgerundet und sehr unregelmässig, sehr selten spitz.

Ausser den unregelmässigen Stücken und Netzen des Protoplasma, welche man als eigentlichen Bathybius betrachten muss, finden sich in dem Schlamme dazwischen auch spärlich Kugeln von Protoplasma zerstreut, von 0,005 bis zu 0,03 Mm. Durchmesser. Bald sind diese nackt (Fig. 11), bald von einer ziemlich dicken (bis 0,002 Mm. Dicke erreichenden) hellen, structurlosen Cyste umschlossen (Fig. 12). Niemals habe ich in diesen Protoplasmakugeln Discolithen oder Cyatholithen ange-

troffen. Ob dieselben zu den Cytoden des Bathybius in genetischer Beziehung stehen, bleibt dahin gestellt.

Das Mengenverhältniss, in welchem die Discolithen und Cyatholithen in die Protoplasmakörper des Bathybius eingebettet sind, ist sehr wechselnd. Das gewöhnliche Durchschnittsverhältniss stellt Fig. 4 dar. Es giebt aber auch Cytoden, welche von Coccolithen so vollgepfropft sind, dass das Volum derselben sich zu dem des Protoplasma wie 4 : 3, oder selbst wie 2 : 3 verhalten mag. Andererseits ist jedoch hervorzuheben, dass auch viele grössere und kleinere Cytoden zu finden sind, welche gar keine Coccolithen enthalten. Solche sind in Fig. 2 und 3 dargestellt. Ausser den Coccolithen und ausser den zufälligen fremden Einschlüssen enthalten die meisten Protoplasmastücke noch eine gewisse Quantität von sehr kleinen, ganz unregelmässig geformten Körnchen, welche zum Theil weder in Säuren, noch in Alkalien löslich sind (Fig. 6).

Sehr zahlreiche Coccolithen, sowohl Discolithen als Cyatholithen, sind in dem Bathybiusschlamm stets frei, nicht in Protoplasmastücke eingeschlossen, zu finden. Dasselbe gilt von allen Coccusphaeren, welche ich beobachtet habe.

#### 4. Die Coccolithen und Coccusphaeren.

Die kleinen geformten Kalkkörperchen, Coccolithen und Coccusphaeren, welche man in so ungeheuren Mengen in den Grundproben der grössten Meerestiefen antrifft, sind äusserst merkwürdige Körper. Die Coccolithen sind, wie schon bemerkt, zuerst 1858 von HUXLEY, die Coccusphaeren dagegen 1860 von WALLICH entdeckt und benannt worden. Beide Körperchen sind dadurch noch von besonderem Interesse, dass sie ebenso massenhaft, wie in dem heutigen Tiefseegrund, auch fossil in der Kreide vorkommen, wie zuerst von SORBY nachgewiesen worden ist. Uebrigens sind die Coccusphaeren immer viel seltener als die Coccolithen, und treten ganz gegen letztere zurück. In den von mir untersuchten Tiefseegrundproben sind die Coccusphaeren äusserst selten; es kommen hier vielleicht auf hunderttausend oder selbst auf eine Million Coccolithen höchstens eine oder einige wenige Coccusphaeren. Den von HUXLEY, WALLICH und SORBY gegebenen Beschreibungen der Coccusphaeren vermag ich nichts wesentlich Neues hinzuzufügen; dagegen bin ich durch sehr ausführliche Untersuchungen, welche ich mit Hülfe einer Vergrösserung von 700—1200 über die Coccolithen ausgeführt habe, in den Stand gesetzt, die Kenntniss dieser sonderbaren Gebilde mehrfach zu erweitern. Ich werde jetzt zunächst bloss

die Beschreibung der Coccolithen geben und erst nachher ihre Bedeutung für den *Bathybius* erläutern.

HUXLEY unterscheidet von den Coccolithen zwei verschiedene Formen, welche er Discolithen und Cyatholithen nennt. Die Discolithen (Fig. 43—49) sind einfache Scheiben (*Monodisci*). Die Cyatholithen (Fig. 54—80) dagegen sind Doppelscheiben (*Amphidisci*), zusammengesetzt aus zwei einfachen Scheiben, welche sehr nahe bei einander und mit ihren Flächen parallel liegen, und im Centrum durch eine kleinere Mittelscheibe oder eine dicke centrale Axe fest miteinander verbunden sind. Sehr treffend vergleicht sie HUXLEY mit einem Hemdeknöpfchen oder Manchettenknöpfchen. Im Bau gleichen sich beide Formen von Coccolithen übrigens ganz, wie sich so gleich aus der näheren Beschreibung ergeben wird. Man kann jedenfalls anatomisch (und wahrscheinlich auch genetisch) die Cyatholithen als paarweise verbundene Discolithen betrachten, in gleicher Weise wie die *Coccosphaeren* kugelige Haufen von verwachsenen Coccolithen darstellen.

Im Allgemeinen lassen sich an den Coccolithen (sowohl Discolithen als Cyatholithen) bei sehr genauer Untersuchung von innen nach aussen folgende fünf verschiedene Theile unterscheiden, die wegen ihrer verschiedenen Lichtbrechung sich scharf von einander abheben: 1) Ein einfaches oder doppeltes Centralkorn (*a*), stark lichtbrechend. 2) Ein heller, dünner, das Centralkorn umgebender Ring, das Markfeld (*b*), schwach lichtbrechend. 3) Ein dunkler, dicker, das Markfeld umschliessender Ring, der Markring (*c*), stark lichtbrechend. 4) Ein matter, granulirter, breiter, den Markring umgebender Ring, der Granularring oder Körnerring (*d*), schwach lichtbrechend. 5) Endlich zu äusserst ein dunkler, structurloser, schmaler Ring, der Aussenring (*e*). Wir werden diese fünf Zonen sogleich bei deneinzeln Formen der Coccolithen noch näher betrachten, wollen jedoch schon hier die Bemerkung vorausschicken, dass nicht immer alle fünf Zonen entwickelt sind. Am stärksten lichtbrechend ist der Markring (*c*), nächstdem das Centralkorn (*a*); dann folgt der Aussenring (*e*); noch schwächer lichtbrechend ist der Körnerring (*d*) und am schwächsten das Markfeld (*b*).

In chemischer Beziehung verhalten sich alle drei Formen von Concretionen wesentlich gleich. Sowohl die Discolithen, als die Cyatholithen und *Coccosphaeren* bestehen aus kohlensaurem Kalk, verbunden mit organischer Substanz. Die Verbindung der beiderlei Substanzen ist so innig, dass die Form der Concretion ziemlich unverändert bleibt, wenn man sehr vorsichtig

durch allmähliche Einwirkung sehr verdünnter Säuren den Kalk auszieht. Durch plötzlichen Zusatz starker Säuren werden sie dagegen völlig zerstört. Ebenso werden sie durch caustische Alkalien, welche sie in der Kälte wenig oder gar nicht angreifen, beim Erhitzen zerstört. Die organische Grundlage der Concretion, welche bei vorsichtiger Extraction des Kalks zurückbleibt, als ein sehr zartes, biegsames Häutchen, wird durch Jod blass gelb, durch Carmin blass roth gefärbt, durch Alkalien gelöst. Am stärksten färbt sich diejenige Schicht der Concretion, welche wir sogleich als Granularzone beschreiben werden.

Die *Discolithen* (Scheibensteinchen) oder die *monodischen Coccolithen* sind entweder kreisrunde oder elliptische, einfache Scheiben (Fig. 43—49). Die kleinsten erkennbaren Anfänge derselben messen kaum 0,004, die grössten ausgebildeten Formen 0,02 Mm. Die Mehrzahl der grösseren *Discolithen* hat einen Durchmesser von ungefähr 0,04—0,045 Mm. Fig. 43—25 zeigt die kreisrunden, Fig. 26—40 die elliptischen Scheiben in der Flächenansicht. Fig. 41—49 giebt die verschiedenen Profilansichten.

HUXLEY giebt von den *Discolithen* folgende Beschreibung: Die *Discolithen* sind ovale scheibenförmige Körper mit einem dicken, stark lichtbrechenden Rand und einem dünneren Centralstück, das zum grössten Theil von einem matten, wolkenähnlichen Fleck eingenommen wird. Der Contur dieses Fleckes entspricht dem der inneren Kante des Randes, von dem er durch eine helle durchsichtige Zone getrennt ist. Gewöhnlich sind die *Discolithen* leicht convex auf der einen, leicht concav auf der anderen Seite, und der Rand springt auf der convexen Seite in Form und Gestalt eines dünnen Riffes vor (ganz ähnlich wie bei einem gewöhnlichen Untersatz von einem Blumentopf).

Diese Beschreibung passt nicht auf alle *Discolithen*, sondern bloss auf einen Theil der Körperchen, die ich als solche hier zusammenfasse. Ich glaube mich überzeugt zu haben, dass auch ein grosser Theil der kreisrunden Scheiben einfache *Discolithen*, und nicht amphidiske *Cyatholithen* sind, wie HUXLEY anzunehmen scheint. Die kreisrunden Scheiben sind jedoch von etwas anderer Structur als die ovalen oder elliptischen, wesshalb sie eine besondere Betrachtung verdienen. Indessen ist zu bemerken, dass beide Formen nicht scharf zu trennen, vielmehr durch allmähliche Uebergänge miteinander verbunden sind.

Die kreisrunden *Discolithen* (Fig. 43—25) lassen in ihrer am meisten entwickelten Form (Fig. 24, 25) von innen nach aussen die vorher schon angeführten fünf Theile unterscheiden. 1) Ein centrales Stück, das *Centralkorn* (*a*) von kugelig oder unregelmässig rundlicher, bisweilen etwas eckiger Form, von ungefähr 0,004 Mm. Durch-

messer, stark lichtbrechend. 2) Ein heller, schwach lichtbrechender Ring, das Markfeld (*b*), structurlos, blass, anscheinend dünner, als der übrige Theil der Scheibe, ungefähr, 0,001 Mm. breit, oder noch etwas breiter. 3) Ein dunkler, stark lichtbrechender Ring, der Markring (*c*), anscheinend der dickste Theil der Scheibe, jedoch oft nur ungefähr 0,0005 Mm. dick, anderemal mehr als doppelt so dick. 4) Ein körniger, schwach lichtbrechender Ring, der Körnerring (*d*), durch seine granulirte Beschaffenheit von der übrigen Scheibe auffallend verschieden, ebenso durch den unregelmässigen, oft fast wellenförmigen Contur, durch welchen er sich von dem fünften Ringe absetzt, gewöhnlich 0,003—0,004 Mm. breit. 5) Zu äusserst ein schmaler heller, structurloser Aussenring (*e*) von 0,001—0,002 Mm. Breite, bisweilen deutlich radial gestreift.

Die grosse Mehrzahl der kreisrunden Discolithen zeichnet sich vor der Mehrzahl der elliptischen dadurch aus, dass das Centralkorn (*a*) fehlt (Fig. 20—22). Das Centrum der Scheibe wird also von dem Markfeld (*b*) gebildet, welches von dem Markring (*c*) umschlossen ist. Die stufenweise Entwicklung dieser Discolithen lässt sich leicht verfolgen (Fig. 13—19). Zuerst entsteht bloss das Markfeld (Fig. 13). Um dieses lagert sich der Markring ab (Fig. 14). Um den Markring herum bildet sich der Körnerring (Fig. 15, 16, 21, 22). Endlich zuletzt entsteht der Aussenring (Fig. 19, 20).

Die elliptischen oder ovalen Discolithen (Fig. 26—40) haben selten einen ganz regelmässig elliptischen, meist einen etwas unregelmässigen, länglich runden Umriss. Die Ränder sind gewöhnlich etwas verbogen. Der längere Durchmesser ist in der Mehrzahl nahezu doppelt so gross, als der kürzere, selten noch grösser. Oft verhält sich aber der längere zum kürzeren auch nur = 3:2, oder selbst = 4:3. Die länglich-runde Gestalt dieser Scheiben wird offenbar schon durch die längliche, stäbchenförmige Gestalt des Centralkorns (*a*) bedingt, um welches sich dann die vier anderen Zonen in entsprechend gestreckter Gestalt anlagern. Auch hier bei den elliptischen (ebenso wie bei den kreisrunden) Discolithen lässt sich die Entstehung der Concretion leicht von Anfang an verfolgen. Man begegnet vielen in dem Protoplasma vertheilten kleinen stäbchenförmigen Kalkkörperchen, die 0,002—0,004 Mm. lang und etwa ein Viertel so dick sind. Das sind die Centralkörner (Fig. 26). Viele von diesen zeigen bereits einen hellen, schmalen Rand, das Markfeld (Fig. 27). Um dieses letztere bildet sich dann ein dunkler dickerer Ring, der Markring (Fig. 28, 29). Diese letzteren Formen sind die von HUXLEY als Discolithen beschriebenen Formen. Nun kommen aber auch noch grössere Scheiben

vor, welche man bei Betrachtung von der Fläche mit ausgebildeten Cyatholithen verwechseln könnte (Fig. 30—32). Wenn man sie aber auf den Rand stellt (Fig. 45—49), zeigt sich, dass sie keine Doppelscheiben, sondern einfache Scheiben sind. Der Markring (*c*) ist hier noch von einem breiten, granulirten Körnerring (*d*) umgeben, der sich ganz wie bei den Cyatholithen verhält, und einen unregelmässig höckerigen oder wellenförmigen äusseren Contur zeigt. Um diesen letzteren legt sich endlich bei den grössten Formen (Fig. 31, 32) noch ein dunkler schmaler Aussenring (*e*).

Die elliptischen Discolithen zeichnen sich sehr häufig dadurch aus, dass das Centralkorn doppelt ist (Fig. 33—40). Das Markfeld, welches die beiden Centralkörner umschliesst, zeigt dann häufig in der Mitte zwischen beiden eine Einschnürung (Fig. 34), die oft als eine scharfe Querlinie auftritt (Fig. 37, 38) und dann wohl als Verwachsungsnath der beiden Hälften zu deuten ist. In diesem letzteren Falle scheinen also die beiden Centralkörner erst miteinander zu verwachsen, nachdem schon das Markfeld um beide sich gebildet hat. Anderemale dagegen bildet sich letzteres vielleicht gleichzeitig um zwei nahe beisammenliegende Centralkörner (Fig. 33, 34). Die weitere Entwicklung der concentrischen Ringe lässt sich auch hier ebenso wie bei den kreisrunden Discolithen leicht verfolgen (Fig. 26—40).

Die Cyatholithen (Napfsteinchen) oder die amphidischen Coccolithen haben eine höchst sonderbare Gestalt (Fig. 54—80). Dieselbe ist bereits von HUXLEY richtig erkannt und vortrefflich beschrieben worden. Doch bleibt immerhin noch manches hinzuzufügen, und wie ich glaube, auch anders zu deuten. Wie schon bemerkt, besteht jeder Cyatholith aus zwei Scheiben, welche mit ihren Flächen parallel und sehr nahe aneinander liegen, und in der Mitte durch eine kurze und dicke, im Centrum beider angebrachte Axe fest verbunden sind. Wenn man die Profilansicht (Fig. 64—69) mit der Flächenansicht (Fig. 70—80) vergleicht, wird dies vollkommen klar werden. Gewöhnlich ist die eine Scheibe kleiner, flach und kreisrund, die andere Scheibe grösser, convex vorgewölbt und elliptisch. Somit haben die gewöhnlichen Cyatholithen ganz die Form eines ordinären Hemdeknöpfchens oder Manchettenknöpfchens.

Wenn man die Cyatholithen von der Fläche betrachtet (Fig. 70—80), so scheinen sie genau die Structur der eben beschriebenen Discolithen zu haben. Auch hier liegt im Centrum der Concretion ein stark lichtbrechendes Centralkorn (*a*), entweder einfach (Fig. 72, 79) oder doppelt (Fig. 73, 78, 80). Das helle Markfeld (*b*), welches das Centralkorn umschliesst, wird nach aussen von dem dunkeln Markring (*c*) umgeben.

Dann folgt die breite Körnerzone (*d*) und endlich der dunklere schmale Aussenring (*e*), letztere beide oft deutlich radial gestreift. Von der Fläche betrachtet, sind also die monodischen und amphidischen Coccolithen nicht zu unterscheiden. Sobald man sie jedoch auf den schmalen Rand stellt und nun im Profil betrachtet, gewahrt man, dass die ersteren einfache, die letzteren paarweise verbundene Scheiben sind.

Die Randansicht der Cyatholithen gewährt übrigens keineswegs immer dasselbe Bild, sondern variirt mannichfach (Fig. 64—69). Gewöhnlich allerdings ist die kleinere Scheibe eben, oder nur wenig convex gegen die grössere gewölbt; die grössere dagegen ist stärker nach aussen vorgewölbt, concav-convex (Fig. 62, 65, 66). Seltener sind beide Scheiben eben (Fig. 64, 68). Es kommt aber auch vor, dass beide Scheiben nach aussen convex vorgewölbt sind, und somit ihre Concavitäten gegen einander kehren (Fig. 69). Der seltenste Fall scheint zu sein, dass beide Scheiben nach aussen concav, dagegen mit den convexen Flächen gegen einander gewölbt sind (Fig. 63).

Am schwierigsten zu beurtheilen ist die Natur der Zwischensubstanz und der centralen Axe, welche die beiden Scheiben miteinander verbindet. HUXLEY spricht sich darüber nicht näher aus. Er unterscheidet ein centrales, ovales, dickwandiges Körperchen in der Axe zwischen beiden Scheiben, und rings um dieses herum eine körnige »intermediate substance«, von der Ausdehnung der kleineren Scheibe, wahrscheinlich Protoplasma. Auch meine sehr sorgfältige und geduldige Untersuchung von Tausenden von Cyatholithen hat mir darüber keinen sicheren Aufschluss gegeben. Doch glaube ich, die körnige »intermediate Substanz«, welche der breiten »Körnerzone« (*d*) beider Scheiben entspricht, und mit derselben wirklich zusammenhängt, als eine Lage von modificirtem Protoplasma mit ziemlicher Sicherheit deuten zu dürfen. Das centrale Körperchen dagegen ist ein Kalkzapfen, welcher die Centra beider Scheiben fest verbindet.

Bei der ganz ausserordentlichen Schwierigkeit, welche die Deutung des mikroskopischen Bildes bei so kleinen und schwer zu untersuchenden Körperchen darbietet, ist es gerathen, selbst die subjective Auffassung der einfacheren Verhältnisse nur mit grosser Vorsicht provisorisch hinzustellen. Das gilt auch von der folgenden Ansicht über die Entstehung der Cyatholithen, welche von HUXLEY'S Deutung abweicht, welche aber noch sehr der weiteren Prüfung bedarf. Es scheint mir nämlich bei der Mehrzahl der Cyatholithen die kleinere flachere Scheibe aus einem kreisrunden Discolithen ohne Centalkorn, die grössere convexe Scheibe dagegen aus einem elliptischen Discolithen mit Centalkorn gebildet zu sein. Das zapfenförmig verlängerte und konisch vor-

springende Centrkorn der letzteren ist eingesenkt in das centrale Markfeld der ersteren, welches entweder eine verdünnte Scheibenmitte, oder selbst ein centrales Loch enthält. Wahrscheinlich entstehen die Cyatholithen von Anfang an, wenigstens zum grössten Theil, als Doppelscheiben. Vielleicht aber verbinden sich in vielen Fällen auch später erst zwei schon ausgebildete Discolithen durch centrale Verwachsung miteinander.

Neben den gewöhnlichen Cyatholithen, welche aus einem kleineren kreisrunden und einem grösseren elliptischen Discolithen zusammengesetzt sind, kommen übrigens auch vielfach Cyatholithen vor, welche aus zwei ovalen oder elliptischen, und noch zahlreicher kleinere Cyatholithen, welche aus zwei kreisrunden Discolithen zusammengesetzt zu sein scheinen. Bei der grossen Schwierigkeit aber, welche die Isolation der winzig kleinen Cyatholithen und ihre Betrachtung auf dem schmalen Rande darbietet, ist es zur Zeit sehr misslich, etwas Bestimmtes über das Verhältniss dieser verschiedenen Formen zu einander zu sagen.

Aus demselben Grunde ist auch ihre Genese so schwer zu beurtheilen. Man findet in jeder Probe von Bathybiusschlamm massenhaft Coccolithen von allen Entwicklungsstadien durcheinander, kreisrunde und elliptische, einfache und Doppelscheiben. Man kann den Ansatz der vier äusseren concentrischen Ringe um das Centralstück sehr leicht verfolgen. Wie sich aber die monodischen zu den amphidischen Coccolithen bezüglich ihrer Entstehung verhalten, ist sehr schwer zu sagen.

Ueber die Coccusphaeren oder Kernkugeln kann ich mich sehr kurz fassen. In der von mir untersuchten atlantischen Grundprobe von 44,600 Fuss Tiefe, welche die Bathybius-Cytoden mit ihren Coccolithen in so ungeheuren Mengen enthält, sind die Coccusphaeren dagegen nur äusserst spärlich vorhanden. Einige derselben habe ich in Fig. 50—53 abgebildet. Vielleicht kommt hier auf eine Million Coccolithen kaum eine Coccusphaere. Der Bau dieser Kugeln ist sehr schwierig zu untersuchen. Sie erscheinen ziemlich undurchsichtig und stark lichtbrechend; und da sie so selten und schwer zu isoliren sind, so kann man nicht viel Versuche mit ihnen anstellen. Ich glaube jedoch, dass die Coccusphaeren weiter nichts, als Aggregate von Discolithen (vielleicht auch von Cyatholithen) sind, die erst secundär durch Verklebung und Verkittung von mehreren vorher getrennten Coccolithen entstanden sind. Die entgegengesetzte Ansicht von SORBY und WALLICH, dass die Coccolithen durch Zerbrechen von Coccusphaeren entstünden, halte ich mit HUXLEY für unwahrscheinlich.

Die einzelnen Kalkscheiben, welche in tangentialer Lagerung die Coccusphaeren zusammensetzen (Fig. 50—53), sind in ihrer Structur nicht von Discolithen zu unterscheiden. Ich glaube an solchen Stücken, welche ich durch Zerdrücken der Kugeln isolirte, alle fünf Theile der Coccolithen wahrgenommen zu haben, auch die Granularzone, welche HUXLEY vermisste. Für die Identität der einzelnen Coccusphaerentheile mit den Coccolithen scheint mir auch der Umstand zu sprechen, dass man alle verschiedenen Formen der Discolithen in den ersteren wiederfindet. Manche Coccusphaeren sind aus kreisrunden Discolithen zusammengesetzt (Fig. 52), andere aus ovalen oder elliptischen; und bei diesen letzteren sind die Discolithen bald mit einem einfachen Centrakorn versehen (Fig. 50, 51), bald mit einem doppelten (Fig. 53). Sehr bemerkenswerth erscheint jedoch der Umstand, dass die Scheiben einer und derselben Coccusphaere meistens (nicht immer!) von einerlei Art sind. Wichtig für die Identität der Coccolithen und der Coccusphaerenstücke erscheint mir endlich die Thatsache, dass die ähnlichen (oder identischen?) Concretionen der *Myxobrachia* ebenfalls zum Theil Coccolithen, zum Theil Coccusphaeren sind.

##### 5. Ursprung und Natur des Bathybius.

Die Thatsache, dass ungeheure Massen von nacktem lebendem Protoplasma die grösseren Meeresstiefen in ganz überwiegender Quantität und unter ganz eigenthümlichen Verhältnissen bedecken, regt zu so zahlreichen Reflexionen an, dass man darüber ein Buch schreiben könnte. Was ist dieser Bathybius für ein Organismus? Wovon lebt er? Wie entstand er? Was wird aus ihm? Welche Bedeutung hat er für die Oekonomie der Natur in diesen ungeheuren Abgründen, die ausserdem nur von wenigen Protisten bewohnt werden?

Dass die Cytoden des Bathybius, welche gewissermaassen eine lebendige Schleimdecke auf dem Boden der Meeresabgründe bilden, hier wirklich leben, geht aus allen eben beschriebenen Verhältnissen mit Sicherheit hervor, und ist ausserdem im letzten Sommer von CARPENTER und WYVILLE THOMSON direct beobachtet worden. Dieselben nahmen die charakteristischen Protoplasma-Bewegungen an dem eben heraufgehobenen Bathybius wahr. »This mud was actually alive; it stuck together in lumps, as if there were white of egg mixed with it; and the glairy mass proved, under the microscope, to be living sarcode<sup>1)</sup>.« Auch sind die wohl erhaltenen Formen der todten, in Weingeist aufbe-

<sup>1)</sup> WYVILLE THOMSON, On the depths of the Sea: Ann. and Mag. of nat. hist., 1869. Vol. IV, p. 124.

wahrten Protoplaststücke ganz dieselben, wie die bekannten amoeboiden Formen der Myxomyceten, Protamoeben u. s. w.

Die vielleicht sich zunächst aufdrängende Vermuthung, dass die freien Protoplastkörper des Bathybius von irgend einem andern Organismus herrühren, wird bei eingehender Betrachtung durch Nichts bestätigt. Wovon sollen sie herkommen? Der einzige Mithewohner der Meeresgründe, der hierbei noch in Frage käme, würde die Globigerina sein. Doch lässt sich keinerlei genetischer Zusammenhang zwischen dieser und dem Bathybius nachweisen. WYVILLE THOMSON meint, dass die freien Protoplastlager des Bathybius »eine Art von diffusem Mycelium der verschiedenen Spongien seien«, die sich bisweilen in grösseren Meerestiefen vorfinden. Aber diese letzteren sind viel zu selten, um jene Massen zu erklären, abgesehen davon, dass jene Vermuthung an sich sehr künstlich und gezwungen erscheint. Wie wäre dann der Zusammenhang der Coccolithen und Coccusphaeren mit den Bathybius-Cytoden zu erklären? Auch enthalten ansehnliche Mengen des Tiefgrundschlammes oft keine Spur von Schwammnadeln, die man doch sonst in beträchtlicher Quantität finden müsste.

Es bleibt demnach nichts übrig, als die von HUXLEY ausgesprochene Ansicht, dass die Protoplastkörper des Bathybius selbstständige lebende Organismen von denkbar einfachster Art seien, mögen nun die Coccolithen und Coccusphaeren dazu gehören oder nicht. Jedenfalls wird dann Bathybius nach HUXLEY'S Vorgang zu meinen Moneren zu stellen sein, und diese niederste Protistenklasse mit einer höchst interessanten und wichtigen neuen Gattung vermehren.

Dass die Coccolithen und Coccusphaeren als Ausscheidungen des Bathybius - Protoplasta zu betrachten und also den Spicula der Schwämme und Radiolarien zu vergleichen sind, wie HUXLEY meint, halte ich zwar für sehr wahrscheinlich, aber doch nicht für ganz sicher ausgemacht. Ich habe nämlich in dem atlantischen Ocean bei den canarischen Inseln eine höchst sonderbare Radiolarienform, den Thalassicolle nächstverwandt, beobachtet, die sich durch den Besitz von Kalkspicula auszeichnet, welche den Coccolithen und Coccusphaeren jedenfalls höchst ähnlich, wenn nicht mit diesen identisch sind. Ich werde diese merkwürdige Protistenform in dem folgenden Abschnitt als Myxobranchia näher beschreiben (Vergl. Taf. XVIII).

Die schwierigsten Räthsel bieten die Verhältnisse der Ernährung und Fortpflanzung des Bathybius und der mit ihm gesellig lebenden Globigerinen dar. Wo kommen alle diese Protoplastmassen her? Wie erhalten sie sich am Leben? Was wird aus ihnen? Den herkömmlichen

Anschauungen folgend, werden die Meisten sowohl den Bathybius als die Globigerinen für Thiere halten. Wenn dieselben aber als Thiere leben und sich ernähren sollen, wo nehmen sie das Protoplasma her, das sie zu ihrer Ernährung brauchen? Das Pflanzenreich, aus welchem das Thierreich direct oder indirect seine Protoplasma-Nahrung bezieht, kommt hierbei gar nicht in Betracht; denn obgleich die neueren Tiefgrund-Untersuchungen dargethan haben, dass das Thierleben tiefer hinabgeht, als man bisher glaubte, dass viele Thiere bis 3000 Fuss und einzelne bis unter 5000 Fuss hinabgehen, so stimmen doch alle Beobachter darin überein, dass das Pflanzenleben schon bei 1000 Fuss höchst spärlich und bei 2000 Fuss Tiefe gänzlich erloschen ist. Wenn nun auch für jene Thiere die erforderliche Nahrungszufuhr aus den zahlreichen aufgelösten organischen Stoffen angenommen werden kann, die bis in jene Tiefe hinab im Meerwasser vertheilt vorkommen, so erscheint diese Annahme doch kaum mehr möglich für die ausgedehnten Abgründe des offenen Oceans, die zwischen 20,000 und 30,000 Fuss Tiefe erreichen. Und was wird dann weiter aus dem Bathybius, selbst wenn seine Ernährung sich so erklären liesse? Entsteht nicht hier vielleicht fortwährend das Protoplasma durch Urzeugung? Hier stehen wir vor einer Reihe von dunkeln Fragen, auf welche erst von späteren Untersuchungen Antwort zu hoffen ist.

### 3. Myxobrachia von Lanzerote.

Hierzu Taf. XVIII.

Die Coccolithen und Coccusphaeren, welche in so ungeheuren Massen den Boden der Meeresabgründe bedecken und so wesentlichen Antheil an der Kreidebildung nehmen, sind bisher noch nirgend anderswo angetroffen worden. Ein Zusammenhang derselben mit irgend einem anderen Organismus, als den Cytoden des Bathybius, war bisher völlig unbekannt. Um so mehr scheint es gestattet, hierin zwar noch dunkles aber jedenfalls sehr merkwürdiges Verhältniss zu beschreiben, welches ich im Februar 1867 auf der canarischen Insel Lanzerote beobachtete. Ich fand dort nämlich Kalkkörperchen, welche den Coccolithen und Coccusphaeren höchst ähnlich — wenn nicht identisch! — sind, eingebettet in den extracapsularen Sarcodkörper eines Radiolars, welches den Thalassicollen nächstverwandt ist.

Wenn man bei Windstille und glatter See aus dem Hafen der Insel Lanzerote (Puerto del Arrecife) eine Strecke weit hinausrudert, so be-

merkt man bisweilen schon vom Boote aus an der Oberfläche schwimmend sonderbare farblose Gallertkörperchen von ungefähr einem halben Zoll Länge, welche bald die Form einer langgestreckten Keule haben (Fig. 1, 2), bald gewissen Echinodermenlarven ähnlich sehen (Fig. 3, 4). Die letzteren zeigen einen länglich-runden Körper, von welchem eine Anzahl kegelförmiger schlanker Arme herabhängen. Jeder Arm ist von einem gelben Axenstreifen durchzogen. Diese Streifen vereinigen sich in einem gelben Flecke, welcher die Mitte der ovalen Gallertmassen einnimmt. Durch die Axe der einfachen keulenförmigen Gallertmassen geht nur ein gelber Streifen der Länge nach hindurch. Das untere dünne Ende dieser letzteren und ebenso die Armspitzen der ersteren Form sind trüb weisslich, undurchsichtig, mit einem Knopf besetzt.

Beim ersten Anblick weiss man nicht, was man aus diesen sonderbaren Körpern machen soll. Bringt man dieselben jedoch unter das Mikroskop, so erkennt man sofort, dass die gelben Streifen aus Massen von gelben Zellen der Radiolarien zusammengesetzt sind, dass in der Mitte eine Centralkapsel liegt und dass von der Oberfläche der Gallertmasse dichte Pseudopodienbündel ausstrahlen. Man weiss jetzt, dass man ein Radiolar aus der Gruppe der Thalassicollen vor sich hat, aber durch seine sonderbaren Fortsätze ganz von der gewöhnlichen Form abweichend. Wir wollen vorläufig dasselbe als Repräsentanten einer besonderen Gattung, *Myxobrachia* (Schleimarm) betrachten, und die vielarmige Form *M. pluteus*, die einarmige *M. rhopalum* nennen. Um jeden Verdacht, dass die sonderbaren Formen Kunstproducte seien, zu vermeiden, bemerke ich, dass sie mit der grössten Vorsicht, ohne sie irgend zu berühren, mittelst eines geräumigen Glashafens von der Oberfläche des Meeres geschöpft wurden, und sich darin mehrere Tage lebendig erhielten. Sie schwammen beständig an der Oberfläche, indem die abgerundete obere Seite des Körpers den Wasserspiegel (*M.* bis *N.* Taf. XVIII.) berührte, während die Arme frei herabhingen.

*Myxobrachia rhopalum* (Fig. 1, 2) ist eine keulenförmige Gallertmasse, welche bald mehr birnförmig (Fig. 1), bald mehr langgestreckt keulenförmig erscheint (Fig. 2). Das dicke Ende der Keule berührt mit seiner Wölbung die Oberfläche des Wasserspiegels, während das dünne Ende senkrecht herabhängt. Die beiden abgebildeten Formen stellen zwei Extreme der Keulengestalt dar. Die gedrungene Form (Fig. 1) war 8 Mm. lang, bei 6 Mm. grösster Breite. Die gestreckte Form (Fig. 2) besass 14 Mm. Länge bei 5 Mm. grösster Breite.

*Myxobrachia pluteus* (Fig. 3—10) stimmt in den meisten wesentlichen Verhältnissen, namentlich im Bau der Centralkapsel und der diese umschliessende Alveolenhülle ganz mit *M. rhopalum* überein und

unterscheidet sich wesentlich nur dadurch, dass die Sarcodé-Gallerte sich nicht in einen herabhängenden Fortsatz oder Arm verlängert, sondern in sechs Armen, welche ihr ein höchst sonderbares Aussehen geben. Die länger gestreckte Form von *M. pluteus* (Fig. 3) ist 12 Mm. lang und 6 Mm. breit; die flacher ausgebreitete Form (Fig. 4) ist ungefähr 8 Mm. breit und 6 Mm. lang.

Die kugelige Centralkapsel (Fig. 4—4c, Fig. 6) ist in beiden Myxobrachiaformen von derselben Grösse und Zusammensetzung. Sie hat einen Millimeter Durchmesser, ist ziemlich fest, ganz undurchsichtig und bei auffallendem Lichte schneeweiss gefärbt. Bei schwacher Vergrösserung erscheint ihre Oberfläche sehr regelmässig von blutrothen Punkten besetzt. Die Membran der Centralkapsel ist sehr fest und derb, 0,004 Mm. dick, structurlos, und dicht von sehr feinen radialen Porenkanälen durchsetzt.

Im Centrum der Centralkapsel liegt die ansehnliche Binnenblase (*Vesicula intima*), deren Durchmesser ein Drittel von dem der ersteren beträgt (Fig. 5). Diese Binnenblase zeigt ganz dieselbe eigenthümliche Beschaffenheit, welche bis jetzt nur bei meiner *Thalassicola pelagica* bekannt war (Radiolarien, p. 248, Taf. I, Fig. 5). Der kugelige Mittelkörper der Binnenblase ist nämlich mit sehr zahlreichen fingerförmigen Ausstülpungen besetzt, welche in radialer Richtung von dem ersteren abgehen. Die Zahl dieser radialen Blindsäcke ist auf ungefähr 100 (bei verschiedenen Individuen 80—120) zu schätzen, also viel bedeutender, als bei *Thalassicola pelagica* (30—40). Auch sind die Blindsäcke viel länger, als bei letzterer, indem ihre Länge dem Durchmesser des kugeligen Mittelkörpers gleichkommt, oder ihn sogar noch übertrifft. Die ganze Binnenblase sammt ihren fingerförmigen Ausstülpungen ist von einer eiweissartigen (?) Substanz erfüllt, welche structurlos, zähflüssig, wachsähnlich, schwach lichtbrechend und von gelblicher Farbe ist. Die Membran der Binnenblase ist sehr zart und dünn, aber doch ziemlich fest.

Die Zwischenräume zwischen den Blindsäcken der Binnenblase sind von zähflüssigem, trübkörnigem Protoplasma erfüllt, das sich auch in geringer Quantität zwischen den kugeligen Zellen findet, die den hauptsächlichsten Inhaltsbestandtheil der Centralkapsel bilden. Diese Zellen sind hier von zweierlei Art. Der äussere, peripherische Theil des Kapselraums wird von sehr kleinen, hellen kugeligen Zellen eingenommen (Fig. 6i, Fig. 12), welche mit den bei allen Radiolarien in der Centralkapsel constant vorkommenden »wasserhellen, kugeligen Bläschen« identisch sind (Radiolarien, S. 71). Dieselben sind echte, kernhaltige Zellen von 0,008 Mm. Durchmesser, mit klarem Inhalt, von

einer zarten Membran umschlossen (Fig. 12). Wahrscheinlich haben sie die Bedeutung von Sporen oder Keimkörnern. Weiter nach innen, in der unmittelbaren Umgebung der Binnenblase, liegen statt deren drei bis viermal grössere, dunklere, stark lichtbrechende kugelige Zellen, welche einen grossen Nucleus und Nucleolus einschliessen (Fig. 7). Oft sieht man sie in der Theilung begriffen, paarweise oder zu vierten verbunden (Fig. 7 B, C). Endlich befindet sich noch unmittelbar an der inneren Fläche der Centralkapsel, ihrer Membran fest anliegend und durch dieselbe hindurch schimmernd, eine grosse Anzahl von kleinen blutrothen Oelkugeln (Fig. 6 l). Diese haben nur 0,006 Mm. Durchmesser und sind in Zwischenräumen von 0,012 Mm. sehr regelmässig vertheilt, wodurch die zierliche rothe Punktirung der Kapseloberfläche entsteht.

Die Hauptmasse des Körpers wird bei beiden Myxobrachiaarten von einer structurlosen Sarcodē-Gallert (*d*) gebildet, deren ganze glatte Oberfläche dicht mit sehr zahlreichen, feinen und kurzen Pseudopodien bedeckt ist (*e*). Das Volum dieser gallertig aufgequollenen Protoplasmamasse ist so bedeutend, wie man es bisher nur bei den Polycyttarien (den Radiolarien mit zahlreichen Centralkapseln) kannte. Bei einem lebenden Monocyttarium (einem Radiolar mit einfacher Centralkapsel) war eine so ansehnliche Quantität von Sarcodēgallert bis jetzt noch nicht beobachtet. Excentrisch in dem oberen Theile dieses ziemlich festen und consistenten Gallertkörpers liegt die Centralkapsel (*c*). Sie ist rings umschlossen von einer voluminösen Hülle, gebildet aus jenen sonderbaren hellen Blasen, die ich (1862) in meiner Monographie der Radiolarien als extracapsulare Alveolen beschrieben habe (Fig. 4—4 a, Fig. 6 a). Dieselben erscheinen hier als kugelige oder ellipsoide, oft auch eiförmige Blasen, die kleineren von 0,4 Mm., die grössten von 1—1½ Mm. Durchmesser. Sie scheinen aus einer dünnen Protoplasmahülle, die einen Kern enthält und eine wässrige Flüssigkeit umschliesst, zu bestehen und demnach den Formwerth von echten, kernhaltigen Zellen zu haben. Vielleicht ist der Vergleich dieses Alveolengewebes mit derjenigen grosszelligen Modification des Bindegewebes, welche bei niederen Thieren (Würmern, Mollusken, Crustaceen) als »Blasengewebe« so verbreitet ist, nicht unpassend. Die Alveolen bilden bei beiden Arten von Myxobrachia dicht zusammengedrängt eine birnförmige Masse, welche in ihrem dünnen, nach unten gekehrten Ende die excentrische Centralkapsel umschliesst. Die Oberfläche der birnförmigen Alveolenmasse, welche 4 Mm. lang, 3 Mm. breit ist, erscheint ganz scharf von der Sarcodēgallert abgegrenzt, von welcher sie rings umschlossen ist. Die Centralkapsel ist unten, in dem dünnen

Ende der birnförmigen Alveolenhülle, nur von einer dünnen Schicht sehr kleiner Alveolen bedeckt, während sich oberhalb derselben die grossen Alveolen zu einem dicken Haufen aufthürmen (Fig. 4—4 a).

Rings um die Centralkapsel, innerhalb der Alveolenhülle und zwischen deren Blasen zerstreut, liegt eine sehr grosse Menge von gelben Zellen und von Oelkugeln. Die extracapsularen Oelkugeln oder Fettkugeln (*f*) sind im Ganzen bei den Radiolarien sehr selten zu finden. Ich habe sie zuerst bei *Collozoum pelagicum* beschrieben (Radiolarien, p. 525; Taf. XXXII, Fig. 4). Beide Formen von *Myxobrachia* besitzen sie in grosser Menge, mindestens einige hundert. Es sind stark lichtbrechende, farblose und structurlose Fettkugeln, alle von nahezu gleicher Grösse (0,018—0,024 Mm. Durchmesser). Von den kleinsten Alveolen, die dieselbe Grösse haben, unterscheiden sie sich auffallend durch ihre viel stärkere Lichtbrechung. Sie sind so angeordnet, dass sie von der oberen Fläche der Centralkapsel in radialen Reihen nach oben hin ausstrahlen. Je näher der Centralkapsel, desto dichter gedrängt liegen die Oelkugeln in den radialen Reihen, deren man zwischen 30 und 50 zählen kann; auf jede Reihe kommen 5—10 Oelkugeln. Die obere (von der Centralkapsel entfernte) Hälfte der Alveolenhülle ist frei von Oelkugeln. Auch in der Sarcogallert sind die letzteren nicht zu finden.

Die extracapsularen gelben Zellen (*g*) welche Amylumkörner enthalten und welche ungefähr halb so gross wie die Oelkugeln sind (von 0,012—0,015 Mm. Durchmesser) liegen in dichten Haufen um die Centralkapsel herum und strahlen von da reihenweise in die Alveolenhülle aus. Jedes Individuum von *Myxobrachia* enthält mindestens tausend, oft wohl mehr als zehntausend gelbe Zellen. Die gelben Zellen, welche mit den Protoplasmaströmen durch den Körper wandern, beschränken sich zu Zeiten auf die Alveolenhülle, in der sie radiale Streifen bilden (Fig. 4); zu anderen Zeiten dagegen, und zwar gewöhnlich, erstreckt sich bei *M. rhopalum* ein dicker Axenstreifen, welcher aus hunderten von gelben Zellen zusammengesetzt ist, aus der Alveolenhülle in den Keulenstiel, in den langen Fortsatz der Sarcogallert hinein, welcher nach unten frei hinabhängt (Fig. 2). Ebenso läuft bei *M. pluteus* ein dicker, aus zahlreichen gelben Zellen zusammengesetzter Strang in der Axe jedes der sechzehn Arme bis zur Spitze (Fig. 3, 4). Die Vermehrung der gelben Zellen zeigt Fig. 44.

Der Sarcokörper oder das extracapsulare Protoplasma bildet, wie bei allen Radiolarien, eine dicke Schleimschicht (*Matrix*), welche unmittelbar die Centralkapsel umschliesst und von welcher zahlreiche Ströme von Sarcod oder Protoplasma ausstrahlen. Diese ver-

zweigen sich zwischen den Alveolen und treten schliesslich an der Aussenfläche der Alveolenhülle in die mächtige Sarcodegallert über, welche die letztere umschliesst (*d*). Niemals bilden die Protoplasmafäden zwischen den Alveolen die sonderbaren grossen Sarcodeplatten, welche die nahe verwandte *Thalassicolla pelagica* auszeichnen (Radiolarien, S. 247, Taf. I, Fig. 1). Die dicke Masse der Sarcodegallert (*d*), welche ungefähr die Consistenz eines mässig derben Medusenschirms besitzt, erscheint structurlos, jedoch fein und dicht radial gestreift. Bei starker Vergrösserung erscheinen die strahlenden Streifen aus sehr kleinen Sarcodekörnchen zusammengesetzt. Die Sarcodegallert besitzt äusserlich eine glatte Oberfläche, von welcher tausende von sehr feinen und kurzen Pseudopodien (*e*) dichtgedrängt ausstrahlen. Diese zeigten an den lebend im Glase gehaltenen Myxobranchien tagelang das Phänomen der Protoplasmaabewegung, das Verästeln und Verschmelzen der Fäden, die Körnchenbewegung etc. in sehr klarer Weise.

Der sonderbarste und eigenthümlichste Körpertheil der Myxobranchia sind die langen Arme, die Fortsätze der Sarcodegallert, von denen einer bei *M. rhopalum*, sechzehn bei *M. pluteus* in das Wasser hinabhängen. Wie schon bemerkt, ist die Axe derselben von einem Strange von dicht gedrängten gelben Zellen durchzogen, welche von der Alveolenhülle aus bis in die Spitze der Arme hineingehen. Am Ende der letzteren befindet sich eine knopfförmige kugelige Anschwellung, welche undurchsichtig und bei auffallendem Lichte weiss ist. Bei starker Vergrösserung ergiebt sich, dass dieser weisse Knopf aus sehr zahlreichen (mindestens mehreren hundert) Kalkconcrementen besteht, welche den Coccolithen und Coccusphaeren des *Bathybius* höchst ähnlich, und vielleicht mit ihnen identisch sind (Fig. 9, 10).

Bei *Myxobranchia pluteus* erhält der Körper durch die kuppelförmige Wölbung des oberen Theils, welcher den Wasserspiegel des Meeres berührt und durch die regelmässige Vertheilung der sechzehn herabhängenden Arme ein höchst sonderbares Aussehen, das sehr an gewisse Echinodermenammern (*Pluteus*, *Brachiolaria*) erinnert (Fig. 3, 4). Die Form wechselte übrigens bei einem und demselben Individuum im Laufe eines Tages mehrmals, indem der Körper vermöge seiner Contractilität bald länger und schmaler (Fig. 3), bald kürzer und breiter wurde (Fig. 4). Dabei blieb jedoch während der beiden Tage, an denen ich das Radiolar in meinem Glase lebendig hielt, die Zahl, Grösse und Beschaffenheit der sechzehn Arme unverändert. Diese letzteren waren dergestalt vertheilt, dass man durch den ganzen Körper

zwei auf einander senkrechte Ebenen legen konnte, von denen jede den Körper in zwei congruente Gegenstücke oder Antimeren zerlegte. *Myxobrachia pluteus* hat demnach die stereometrische Grundform der Orthostauren oder der Rhombenpyramide (Generelle Morphologie, I, S. 488). Die sechzehn Arme sind in der Weise vertheilt, dass zwei bedeutend längere Arme in der Mitte parallel neben einander herabhängen. Die übrigen vierzehn Arme bilden zwei übereinander liegende Gürtel, von denen der obere acht, der untere sechs Arme trägt. Jeder Arm ist kegelförmig und am Ende mit einem Knopfe versehen. Die zahlreichen gelben Zellen, welche von der Alveolenhülle ausgehend, in Form eines centralen Axenstranges jeden Arm durchziehen, erscheinen gegen die Spitze hin dichter zusammengehäuft.

Die Concretionen von kohlensaurem Kalk, welche dicht zusammengedrängt die knopfförmige Anschwellung am Ende jedes Armes von *Myxobrachia pluteus*, und ebenso die einfache untere Anschwellung von *M. rhopalum* erfüllen, verdienen jedenfalls besondere Aufmerksamkeit, mögen dieselben nun mit den Coccolithen und Cocosphaeren des *Bathybius* identisch sein oder nicht. Zu meinem grossen Bedauern kann ich diese wichtige Frage nicht entscheiden, da ich leider keine Präparate von *Myxobrachia* mehr besitze und auf Lanzerote versäumt habe dieselben zu messen und möglichst genau auf ihre Structur zu untersuchen. Nach den mitgebrachten Zeichnungen (Fig. 8, 9, 10) wird bei beiden Formen von *Myxobrachia* die grössere Hälfte der Kalkkörperchen von Scheiben gebildet, welche den Coccolithen ganz ähnlich sind (Fig. 9 A—C), die kleinere Hälfte dagegen von kugeligen Conglomeraten solcher Scheiben, die die grösste Aehnlichkeit mit Cocosphaeren zeigen (Fig. 10 B—C). Unter den ersteren sind sowohl kreisrunde (9 A), als ovale Scheiben, und die letzteren theils mit einfachem (9 B), theils mit doppeltem Centralkorn (9 C). Im Uebrigen laufen die concentrischen Ringe ganz ähnlich wie bei den Coccolithen um das Centralkorn herum. Ob die Scheiben alle Monodisken waren (wie die Discolithen des *Bathybius*), oder ob auch Amphidiskien (wie die Cyatholithen) darunter vorkamen, habe ich leider festzustellen versäumt. Die kugeligen Concretionen (Fig. 10), welche den Cocosphaeren höchst ähnlich waren, zeigten sich gleich diesen bald aus wenigen (6—8), bald aus zahlreichen (20—40) scheibenförmigen Concretionen zusammengesetzt. Wenn man die beiderlei Bildungen mit verdünnter Essigsäure oder Mineralsäuren behandelt, so bleibt (ganz ebenso wie bei den Coccolithen und Cocosphaeren des *Bathybius*) ein organischer Rückstand von derselben Form und Grösse zurück, jedoch geschrumpft und unregelmässig.

Was sind und was bedeuten nun diese räthselhaften Kalkkörperchen in den canarischen Myxobranchien? Als ich dieselben auf Lanzerote untersuchte, glaubte ich sie als eine eigenthümliche Form von Spicula deuten zu müssen, wie dergleichen bei so vielen anderen Radiolarien (Thalassosphaeren und Sphaerozoen) vorkommen. Allerdings waren Kalkausscheidungen bei den Radiolarien bisher nicht mit Sicherheit bekannt. (Das angebliche kalkschalige Radiolar, welches ALEXANDER STUART als *Coscinosphaera ciliosa* beschrieben hat, ist die längstbekannte Polythalamienform *Globigerina*). Indessen bestehen auch nicht alle Radiolarien-Skelete aus Kieselerde. Ferner finden sich ähnliche Concretionen als Spicula bei *Thalassosphaera morum* (Radiolarien, S. 260). Freilich muss ich gestehen, dass ich jetzt etwas zweifelhaft bin, ob jene Kalkspicula wirklich der Myxobranchia angehören, und nicht vielmehr aus einem anderen Organismus aufgenommen sind. Wäre das Letztere der Fall, so würde die regelmässige und auffallende Gestalt der *Myxobranchia pluteus* schwer zu erklären sein.

Dafür, dass die Kalkconcremente mit der Nahrung aus einem anderen Organismus aufgenommen sind und möglicherweise erst in Folge ihrer Ansammlung an bestimmten Körperstellen die sonderbare Form des Ganzen hervorgebracht haben, spricht vielleicht noch der Umstand, dass bei Lanzerote ziemlich häufig eine echte *Thalassicolla* (Radiolarien, S. 246) vorkommt, welche in der Bildung der Centralkapsel und der Alveolenhülle vollständige spezifische Uebereinstimmung mit der Myxobranchia zeigt. Ich will dieselbe wegen der rothpunktirten Centralkapsel *Thalassicolla sanguinolenta* nennen. Insbesondere ist die Form der Binnenblase, der Inhalt der rothpunktirten, milchweissen Centralkapsel, ferner der Mangel des extracapsularen Pigments; an dessen Stelle in der Alveolenhülle die sonst so seltenen extracapsularen Oelkugeln liegen, bei beiden Radiolarien ganz übereinstimmend. Die sonderbaren Arme aber und die an ihren Enden befindlichen Knöpfe mit Kalkconcretionen, welche den eigentlichen Charakter der Myxobranchia bilden, fehlen der *Thalassicolla sanguinolenta* gänzlich. Vielmehr ist hier der ganze Körper, wie bei den anderen echten *Thalassicollen*, eine regelmässige Kugel ohne alle Fortsätze und ohne Spicula. Die Alveolenhülle umgiebt die Centralkapsel in Form einer concentrischen Kugel und die Pseudopodien, sowie die begleitenden radialen Streifen von gelben Zellen, ebenso die radialen Reihen von extracapsularen Oelkugeln an der Oberfläche der Centralkapsel, strahlen nach allen Richtungen hin gleichmässig aus. Da jedoch alle beobachteten Exemplare der *Thalassicolla sanguinolenta* kleiner als die ausnehmend grossen Myxobranchien waren, so wäre es immerhin möglich,

dass die ersteren die Jugendform der letzteren bilden, und dass die *Myxobrachia* erst secundär, durch Entwicklung der Arme und Bildung der *Spicula* aus der *Thalassicolla* entsteht.

Wenn die Kalkkörperchen der *Myxobrachien* wirklich mit den *Coccolithen* und *Coccosphaeren* identisch sein sollten (was jedenfalls noch des Beweises bedarf), so wird die räthselhafte Natur der letzteren dadurch nicht aufgeklärt. Wie kommen sie an die Oberfläche des Meeres? Und in welcher Beziehung stehen sie einerseits zu dem nur die Abgründe bewohnenden *Bathybius*, andererseits zu den rein pelagischen *Myxobrachien*? Dass die ungeheuren Massen der alle Abgründe bedeckenden *Coccolithen*- und *Coccosphaeren*-Myriaden weiter nichts seien, als die *Spicula* von pelagischen *Myxobrachien*, welche nach deren Tode auf den Meeresboden gesunken sind, ist wohl höchst unwahrscheinlich. Jede weitere Speculation aber über den Zusammenhang und die Bedeutung dieser sonderbaren Formen erscheint gegenwärtig verfrüht. Licht ist erst von ferneren Beobachtungsreihen zu hoffen.

Wenn die *Myxobrachia* mit ihren sonderbaren Armen und *Spicula*-knöpfen eine constante Radiolarienform und nicht bloss eine zufällige Bildung sein sollte, so würde sie eine besondere neue Gattung in der Familie der *Colliden* und in der Subfamilie der *Thalassosphaeriden* bilden, mit folgendem Gattungscharakter: *Myxobrachia*: Centralkapsel kugelig, mit Binnenblase (*Vesicula intima*). Der extracapsulare Sarcodkörper in einen oder mehrere herabhängende armartige Fortsätze verlängert, deren knopfförmige Enden Haufen von Kalkconcretionen (*Spicula*) umschliessen. Die Centralkapsel liegt excentrisch in der birnförmigen Alveolenhülle, welche nach dem oberen (den Armen entgegengesetzten und kuppelförmig gewölbten) Theile des Sarcodkörpers hin kolbenförmig angeschwollen ist.

#### 4) Die Plastiden und das Protoplasma der Rhizopoden.

Eine der wesentlichsten Stützen für meine Plastidentheorie liefert die höchst interessante und formenreiche Classe der Wurzelfüßer oder Rhizopoden. Ich verstehe hier diese Protistenclasse in demselben Umfange, in welchem ich sie 1866 in der generellen Morphologie begrenzt habe. Ich scheidet also aus der Rhizopodenclasse aus die Moneren, die Protoplasten oder Amoeboiden (*Amoeben*, *Arcellen*, *Gregarinen* etc.) und die *Myxomyceten*. Demnach bleiben als echte Rhizopoden übrig

die beiden grossen Subclassen der Acyttarien (Monothalamien und Polythalamien) und der Radiolarien (Monocyttarien und Polycyttarien), sowie auch die kleine, zwischen beiden Subclassen in der Mitte stehende Gruppe der Heliozoen (*Actinosphaerium Eichhornii*, von STEIN, *Cystophrys Haeckeliana* und *C. oculo* von ARCHER) und deren Verwandte.

Die Veranlassung, das Verhältniss dieser echten Rhizopoden zur Plastidentheorie hier noch besonders hervorzuheben, liegt für mich einerseits darin, dass diese Protisten mir ganz besonders für das Verständniss meiner Theorie wichtig und lehrreich zu sein scheinen und andererseits darin, dass ich gegenwärtig, der letzteren entsprechend, meine früher ausgesprochenen Ansichten über die Sarcode oder das freie Protoplasma der Rhizopoden etwas modificiren muss.

Was zunächst diesen letzteren Punkt betrifft, so habe ich 1862 in meiner Monographie der Radiolarien den Beweis zu führen gesucht, dass das Protoplasma sämtlicher Rhizopoden (sowohl der Radiolarien, als der Heliozoen und Acyttarien) entstanden sei aus der Verschmelzung von mehreren Zellen (l. c. p. 107, 165 etc.). Diese Auffassung befand sich in voller Uebereinstimmung mit MAX SCHULTZE'S Protoplasmatheorie, in welcher sich derselbe mit folgenden Worten über dieses Verhältniss ausspricht: »Als nacktes, freies, contractiles Protoplasma deute ich die contractile Substanz aller grösseren Rhizopoden. Ob sie aus einer Zelle oder aus mehreren Zellen entstanden ist, bleibt zunächst gleichgültig. Sie ist Protoplasma und damit ist ihr Wesen und ihr Ursprung bezeichnet. — Man hat sie bisher Sarcode genannt. Wenn ich jedoch vorschlage, sie von jetzt ab Protoplasma zu nennen, so liegt darin der Triumph der Zellentheorie auch über diese niedersten organischen Gebilde ausgedrückt. — Bei allen Protozoen, und das möchte ich für charakteristisch halten, waltet wenigstens in gewissen Bezirken des Körpers und behufs Erfüllung gewisser Functionen die Neigung der Zellen vor, zu einer grösseren Protoplasma-masse zusammenzuschmelzen, in welcher dann nur die Zahl der persistirenden Kerne etwa noch den Ursprung der Masse aus Zellen andeutet.« (MAX SCHULTZE, die Gattung *Cornuspira* etc., p. 300).

Diese Auffassung der Rhizopoden-Sarcode ist zum Theil gewiss richtig und gilt wahrscheinlich für alle jene Rhizopoden, deren Körper wirklich aus echten Zellen, d. h. aus kernhaltigen Protoplasma-klümpchen ganz oder theilweise besteht und also wahrscheinlich auch aus einer echten Zelle hervorgeht. Solche Zellen finden sich in der centralen Körpermasse von *Actinosphaerium*. Solche echte Zellen kommen aber auch im Körper aller ausgebildeten Radiolarien vor.

Als unzweifelhafte Zellen des Radiolarienkörpers habe ich schon in meiner Monographie (1862) eine Anzahl von verschiedenen Formelementen nachgewiesen. Dahin gehören vor allen die merkwürdigen, ausserhalb der Centralkapsel befindlichen und an den Fäden der extracapsularen Sarcodien fortbewegten gelben Zellen (l. c. p. 84), über deren kürzlich von mir entdeckten Amylumgehalt der nächstfolgende Abschnitt nähere Angaben bringen wird. Dahin gehören ferner die intracapsularen Pigmentzellen und Alveolenzellen (l. c. p. 77), die centripetalen Zellgruppen von *Physematium* u. s. w. Dagegen habe ich mich damals über die Zellennatur der »kugeligen, wasserhellen Bläschen«, welche den wichtigsten und allein constanten Inhaltsbestandtheil der Centralkapsel bilden, sehr vorsichtig und zurückhaltend ausgesprochen (l. c. p. 71). Ich erklärte es zwar für »sehr wahrscheinlich, dass sie in der That als Zellen, und zwar als zur Fortpflanzung dienende Keime (Eier- oder Keimzellen) anzusehen sind« und führte als Argument für ihre Zellennatur besonders ihre regelmässige Grösse und Vermehrung durch Theilung an. Indessen vermochte ich doch den wichtigsten Beweis, die Erkenntniss des Zellkerns, damals nicht mit Sicherheit zu führen. Neuere Untersuchungen, die ich mit Hilfe stärkerer Vergrösserungen und vielfacher mikrochemischer Versuche an lebenden Radiolarien auf der canarischen Insel Lanzerote ausführte, haben jenen Beweis vollständig geführt. Insbesondere eingehende Untersuchungen an verschiedenen Thalassicollen, an der vorher beschriebenen *Myxobrachia* und an mehreren Arten von *Collozoum* und *Sphaerozoum* haben mich vollständig von der Anwesenheit eines genuinen Zellkerns in jenen »Bläschen« überzeugt<sup>1)</sup>. Sowohl dieser Nucleus, als das umgebende wasserhelle, hyaline Protoplasma des ganzen kugeligen Bläschenkörpers färben sich durch Carmin intensiv roth, durch Jod dunkelgelb. Der Kern wird dunkler als das Plasma gefärbt. Die in der Centralkapsel aller Radiolarien vorkommenden »kugeligen wasserhellen Bläschen« sind also in der That echte Zellen. Meine schon 1862 ausgesprochene Vermuthung, dass diese Zellen Fortpflanzungszellen seien, ist mir zwar durch meine neueren canarischen Untersuchungen bis zur vollen persönlichen Ueberzeugung wahrscheinlich geworden; jedoch habe ich leider den objectiven Beweis für diese subjective Ueberzeugung noch nicht führen können, da auch meine neueren Bemühungen, die fast ganz unbekannte Ontogenie der Radiolarien aufzuklären, resultatlos

1) Taf. XVIII, Fig. 12 zeigt drei von den kleinen intracapsularen kugeligen Zellen der *Myxobrachia*; die grösseren sind in Fig. 7 abgebildet.

geblieben sind. Das Wahrscheinlichste ist, dass jene in der Centralkapsel enthaltenen Zellen Sporen sind, welche entweder innerhalb derselben, oder nachdem sie durch Bersten der Kapsel frei geworden sind, sich durch wiederholte Theilung zu einem vielzelligen Körper entwickeln. Von den Zellen dieses letzteren und ihren Abkömmlingen werden sich einige zu gelben Zellen, andere zu Pigmentzellen, andere zu Sporen ausbilden, während noch andere wahrscheinlich durch völlige Verschmelzung den Sarcodkörper oder das freie Protoplasma der Radiolarien bilden werden. Bei Jugendformen von Radiolarien aus verschiedenen Familien, insbesondere verschiedenen Acanthometren, Acanthodesmiden und Sponguriden, welche ich 1866 auf Lanzerote beobachtete, habe ich mich überzeugt, dass eine Centralkapsel noch nicht existirt, dass der centrale Theil des Protoplasmakörpers aber dennoch eine Anzahl von Zellen umschliesst. Die jugendlichen Radiolarien, denen die Centralkapsel noch fehlt, sind also morphologisch den Heliozoen (*Actinosphaerium*, *Cystophrys* etc.) äquivalent.

Während es nun einerseits nicht zweifelhaft sein kann, dass im Körper aller Radiolarien, sowohl innerhalb als ausserhalb der Centralkapsel echte, kernhaltige Zellen vorkommen, so steht es andererseits eben so fest, dass mindestens einem Theile der Acyttarien (*Monothalamien* und *Polythalamien*), ja vielleicht allen Acyttarien echte Zellen völlig fehlen. Wenn wir die Anwesenheit eines Kernes für den Begriff der Zelle als unentbehrlich ansehen, so suchen wir bei den meisten Acyttarien ganz vergeblich nach solchen. Allerdings finden sich in der Sarcode oder dem freien Protoplasma bei einigen Formen von *Gromia* und *Globigerina*, sowie bei einigen anderen Acyttarien rundliche granulirte Körperchen, welche gewöhnlichen Zellkernen sehr ähnlich sehen. Allein abgesehen davon, dass die wahre Nucleusnatur dieser »Kerne« noch nicht näher untersucht und sicher bewiesen ist, müssen wir auf der anderen Seite die Thatsache hervorheben, dass bei der grossen Mehrzahl der Acyttarien keine Spur von solchen »Kernen« im Protoplasma zu finden ist. Dasselbe erscheint entweder vollkommen homogen und structurlos, wie bei *Protogenes*, oder es beginnt sich in eine differente Rinden- und Marksicht zu sondern. Echte Zellkerne oder Nuclei kommen dabei nirgends zum Vorschein. Auch in der Ontogenie der Acyttarien, soweit man diese bis jetzt kennt, ist von Kernen, und mithin von Zellen, nirgends die Rede. Die *Polythalamien*, welche die Hauptmasse der Acyttarien bilden, scheinen sich in der einfachsten Weise durch Sporenbildung fortzupflanzen, indem einzelne kleine Stückchen ihres homogenen Plasmaleibes sich von dem

umgebenden Protoplasma sondern und (oft noch innerhalb des Mutterleibes) zu neuen Individuen entwickeln. Diese Keimkörner oder Sporen sind aber auch kernlose Cytoden, keine kernhaltigen Zellen.

Da nun der Protoplasmakörper aller oder doch der meisten Acyttarien (sowohl Monothalamien als Polythalamien) zu keiner Zeit ihres Lebens Kerne enthält, so kann weder von einer »Zusammensetzung« desselben aus Zellen die Rede sein, noch dürfen wir sagen, derselbe sei »durch Verschmelzung von Zellen entstanden«. Dieser Satz gilt sowohl in ontogenetischer, als in phylogenetischer Beziehung. Sowie der individuelle Sarcoderkörper der Acyttarien nicht »durch Verschmelzung von Zellen entstanden« ist, so ist auch diese ganze Abtheilung von Rhizopoden nicht aus einer oder mehreren Zellen hervorgegangen. Vielmehr haben wir es hier überall nur mit Cytoden, mit kernlosen Plastiden zu thun. Phylogenetisch betrachtet sind demnach die Acyttarien auf der primitiven Stufe einfacher Cytoden oder Cellinen stehen geblieben und repräsentiren somit den ursprünglichen Stamm der Rhizopodenclasse. Erst später können aus ihnen durch Differenzirung von Kernen im Protoplasma, also durch wirkliche Zellenbildung, die höheren Rhizopoden entstanden sein. Unter diesen bilden aber noch heute die Heliozoen (*Actinosphaerium*, *Cystophrys* etc.) eine vortrefflich vermittelnde Uebergangsstufe zu den echten Radiolarien, die sich durch den Besitz der Centrankapsel so wesentlich auszeichnen.

Für die Systematik der Rhizopoden ergeben sich hieraus folgende Reflexionen: Das künstliche System, welches eine streng logische Classification erstrebt, muss die Acyttarien (wenigstens die grosse Mehrzahl der Monothalamien und Polythalamien) von den übrigen Rhizopoden trennen und mit den Moneren vereinigen, weil ihr Protoplasma keine Kerne enthält, also auch nicht aus »Zellen« zusammengesetzt ist; dagegen würden hiernach die Heliozoen und Radiolarien, als wirklich zellige Organismen, mit den ebenfalls zelligen Myxomyceten verbunden werden können. Jedoch entsteht hierbei die Schwierigkeit, dass das freie Plasmodium der Myxomyceten späterhin kernlos ist, obwohl die Sporen echte, kernhaltige Zellen darstellen. Der kernhaltige Protoplasmakörper, welcher hier wirklich durch Verschmelzung echter Zellen entstanden ist, geht später, durch Verlust der Kerne in einen homogenen Sarcodeleib über, welcher, streng morphologisch betrachtet, keinen Zellencomplex mehr darstellt, sondern einen Cytodencomplex, oder genauer: einen »Dysectodencomplex« (s. oben S. 499).

Das natürliche System der Rhizopoden dagegen, welches eine wahre genealogische Classification erstrebt (und dabei häufig keines-

wegs logisch die Charaktere der Gruppen feststellen muss!) wird immerhin, auf Grund der sonstigen nahen Verwandtschaftsbeziehungen, die cytodigen Acyttarien mit den zelligen Heliozoen und Radiolarien in derselben Classe vereinigt lassen können und die ersteren einfach als die früheren phyletischen Entwicklungszustände der letzteren betrachten. Die Stufenleiter, welche von den Acyttarien aufwärts durch die Heliozoen zu den Radiolarien empor steigt, stellt eine phylogenetische Fortschrittsreihe dar.

### 5) Amylum in den gelben Zellen der Radiolarien.

Als ich im Laufe des letzten Herbstes meine Radiolariensammlung durchmusterte, um womöglich noch einiges Genauere über die Beschaffenheit der Zellen im Körper dieser Protisten festzustellen, wurde ich nicht wenig durch die ganz unerwartete Entdeckung überrascht, dass die sonderbaren extracapsularen »gelben Zellen« derselben Stärkemehlkörner enthalten. Als ich nämlich Radiolarien aus verschiedenen Familien mit Jodlösung behandelte, um das Protoplasma der Zellen in den Centralkapseln gelb zu färben, wurden zu meinem Erstaunen die gelben Zellen ausserhalb der Centralkapsel dunkel violett-blau gefärbt und die nun vorgenommenen Versuche mit anderen Reagentien ergaben, dass der Inhalt dieser Zellen sich auch in jeder anderen Beziehung wie echtes Stärkemehl verhält.

Die extracapsularen »gelben Zellen« der Radiolarien habe ich in meiner Monographie derselben ausführlich beschrieben und durch Abbildungen erläutert<sup>1)</sup>. Sie finden sich constant bei allen ausgebildeten Radiolarien, mit Ausnahme der Acanthometriden, und liegen stets ausserhalb der Centralkapsel. Hier findet man sie bald unmittelbar an der äusseren Oberfläche der Centralkapsel, eingeschlossen in die Schleimschicht der »Matrix«, welche die letztere umhüllt, bald weiter ausserhalb an den Pseudopodien, die von diesem Sarcodemutterboden ausstrahlen. Durch die strömenden Bewegungen, welche in der Sarcode oder dem Protoplasma der lebenden Radiolarien beständig stattfinden, werden die gelben Zellen passiv mit fortgerissen, und finden sich daher

1) HAECKEL, Radiolarien p. 84—87. Vergl. die Abbildungen der gelben Zellen von Thalassicolla (Taf. I, Fig. 2, Taf. II, Fig. 3), von Thalassosphaera (Taf. XII, Fig. 4), von Rhizosphaera (Taf. XXV, Fig. 4, 8), von Sphaerozoum (Taf. XXXIII, Fig. 2, 4), von Collosphaera (Taf. XXXIV, Fig. 3, 5) und von Collozoum (Taf. XXXV, Fig. 8, 11—14).

in der mannichfaltigsten Weise innerhalb der Strahlenzone, die durch die Pseudopodien gebildet wird, zerstreut.

Die Zahl und Grösse der gelben Zellen ist bei den verschiedenen Radiolarien sehr wechselnd, und auch bei einem und demselben Individuum zu verschiedenen Zeiten verschieden. Bisweilen ist jede einzelne Centralkapsel von mehr als hundert gelben Zellen umgeben, während andermale nur zwei bis fünf, oder selbst nur eine einzige sich findet. Die grössten haben 0,025, die kleinsten 0,005 Mm. Durchmesser. Der gewöhnliche Durchmesser beträgt zwischen 0,008 und 0,012 Mm. Die Form der gelben Zellen ist meistens rein kugelig, seltener abgeplattet oder ellipsoid verlängert (Taf. XVIII. Fig. 44). Die derbe Membran der kugeligen Zellen umschliesst einen festflüssigen Protoplasmakörper von ziemlicher Consistenz, der sich durch constant gelbe Färbung auszeichnet. Das Gelb variirt von blassem Schwefelgelb bis zu dunkeln Braungelb, ist aber meistens lebhaft citrongelb oder goldgelb. Das gelbe Protoplasma umschliesst einen Zellkern, dessen Durchmesser gewöhnlich die Hälfte oder ein Drittel des Zellendurchmessers beträgt. Der Kern ist ein scharf contourirtes, helles, gewöhnlich kugeliges Körperchen, welches oft noch einen deutlichen Nucleolus enthält. Neben dem Kern findet sich in dem Protoplasma der gelben Zellen eine gewisse Anzahl von Körnern, meistens 3—6 grössere und 20—30 kleinere Granula. Die grössten Körner übertreffen bisweilen den Kern an Durchmesser und erreichen ungefähr die Hälfte des Zellendurchmessers. Die Form dieser Granula ist verschieden, bald kugelig, bald scheibenförmig, bald unregelmässig rundlich oder vieleckig. J. MÜLLER beschrieb schon 1855 diese »äusserst kleinen Körnchen« und erklärte dieselben für die Ursache der gelben Farbe. In meiner Monographie bin ich dieser Annahme gefolgt (p. 85), fügte jedoch hinzu: »dass ausser den gelben Pigmentkörnchen auch der übrige flüssige Zelleninhalt (das Protoplasma) noch (gelb) gefärbt sei, habe ich bisweilen mit Bestimmtheit ermitteln können.« (p. 86). Durch meine neueren Untersuchungen bin ich zu der Ansicht gelangt, dass die gelbe Färbung nicht von den Körnern herührt, sondern auf Rechnung einer gelben Pigmentlösung zu setzen ist, welche das ganze Protoplasma der Zellen durchtränkt.

Dass die gelben Zellen der Radiolarien echte Zellen im strengsten histologischen Wortsinne sind, und zwar von einer Haut umschlossene kernhaltige Zellen, darüber kann nicht der geringste Zweifel obwalten. Auch sind dieselben von allen Beobachtern der Radiolarien als solche anerkannt, mit einziger Ausnahme von ALEXANDER STUART, welcher dieselben »eher als Kerne zu betrachten geneigt ist«. Diese Differenz erklärt sich sehr einfach daraus, dass STUART gar keine gelben Zellen gesehen

hat. Denn das Radiolar (*Coscinosphaera ciliosa*), von welchem er dieselben beschreibt, ist kein Radiolar, sondern ein Polythalamium<sup>1)</sup>.

Nichts beweist sicherer die unzweifelhafte Zellennatur der gelben Zellen, als ihre jederzeit leicht zu beobachtende Fortpflanzung, welche schon von JOHANNES MÜLLER und später von mir ausführlich beschrieben worden ist (l. c. p. 86). Man kann fast an jedem Radiolar neben den einfachen gelben Zellen solche antreffen, die in Theilung begriffen sind. Zuerst zerfällt der Kern in zwei Stücke, dann das Protoplasma. Noch innerhalb der Mutterzellen umgiebt sich jede der beiden kugeligen Tochterzellen mit einer Membran und wird dann frei, indem die Haut der Mutterzelle gesprengt wird. Nicht selten sah ich auch vier Tochterzellen in einer Mutterzelle (vergl. Taf. XVIII, Fig. 44 A—C, ferner meine Monographie, Taf. XXXIII, Fig. 2; Taf. XXXV, Fig. 44—43).

Wenn man die gelben Zellen der Radiolarien mit carminsaurem Ammoniak behandelt, so färbt sich der ganze Inhalt der kugeligen Zellen lebhaft roth, jedoch der Kern viel intensiver als das Protoplasma. Wenn man aber dann die gefärbten Zellen in Wasser zerdrückt, so sieht man, dass die den Kern umgebenden Körner, die angeblichen »Pigmentkörner« sich nicht durch das Carmin gefärbt haben. Der Nucleus tritt auch durch Essigsäure deutlich hervor. Auch in allen übrigen Reactionen verhält sich Kern und Protoplasma der gelben Zellen, wie bei jeder gewöhnlichen Zelle. Nur der gelbe Farbstoff, welcher an dem Protoplasma zu haften scheint, bedingt gewisse Eigenthümlichkeiten. Durch concentrirte Mineralsäuren wird derselbe blass grünlich gelb.

Ganz eigenthümlich ist das Verhalten der gelben Zellen gegen Jod. Schon 1855 gab JOHANNES MÜLLER an, dass die gelben Zellen durch Jod intensiv gelbbraun oder dunkelbraun gefärbt werden, im Gegensatz zu den »Nestern« (Centralkapseln), deren Inhalt durch Jod heller oder dunkler gelb wird. Er fand ferner, dass Jod und Schwefelsäure, oder Jod und Salzsäure die Färbung der gelben Zellen in ein intensives Schwarzbraun verwandelt, während die Centralkapseln dadurch nicht dunkler werden. Setzt man dann aber kaustisches Kali oder Natron hinzu, so werden die gelben Zellen ganz hell, farblos und durchsichtig. Wird nun wieder das Alkali durch Schwefelsäure oder Salzsäure neutralisirt, und nochmals Jod zugesetzt, so tritt wiederum die intensiv

1) Die von STUART (Zeitschr. f. w. Z. 1866. XVI, p. 328; Taf. XVIII) in Fig. 2 und 3 abgebildete Form von *Coscinosphaera* ist die längst bekannte, mit feinen Kalkstacheln besetzte *Globigerina echinoides*, welche in grossen Mengen an der Oberfläche des Mittelmeers schwimmt; die in Fig. 4 abgebildete Form ist die abgelöste letzte Kammer derselben (*Orbulina echinoides*). Natürlich hat sie keine Centralkapsel. Die angeblichen »gelben Kerne« sind Pigmentkörner.

dunkelbraune oder schwarzbraune Färbung ein. Wie schon MÜLLER fand, kann man diese abwechselnde Behandlung der gelben Zellen mit Alkalien, welche sie entfärben, und mit Jod und Schwefelsäure, welche sie schwärzlich färben, mehrmals wiederholen.

Ich habe die Versuche MÜLLER's an den lebenden Radiolarien, welche ich in den Jahren 1856—1867 in Nizza, Neapel, Messina und auf der canarischen Insel Lanzerote untersuchte, vielfach wiederholt und bestätigt gefunden. Jedoch fiel mir schon damals auf, dass die Färbung der gelben Zellen durch Jod und Schwefelsäure häufig nicht »intensiv dunkelbraun oder schwarzbraun«, sondern vielmehr violettbraun, rein violett, oder selbst violettblau erschien. Aber im Hinblick auf die sehr geringe Grösse des Objectes wagte ich nicht, daraus auf einen Gehalt an Amylum oder Cellulose zu schliessen.

Als ich nun im letzten Herbste mit stärkeren Vergrösserungen, als mir früher zu Gebote standen, (mit Objectivsystemen von ZEISS und von HARTNACK, die ein klares Bild noch bei einer Vergrösserung von 700 bis 1000 geben) wiederum die gelben Zellen der Radiolarien untersuchte, kam ich zu der sicheren Ueberzeugung, dass die gelben Zellen wirklich echtes Amylum enthalten, oder doch eine diesem ganz nahe stehende, geformte, stickstofffreie Kohlenstoffverbindung.

Die Radiolarien, an denen ich diese histologischen Untersuchungen anstellte, waren von mir theils in Messina, theils in Arrecife (auf der canarischen Insel Lanzerote) gesammelt und gehörten folgenden Species an: *Thalassicolla pelagica* (Monographie der Radiolarien, Taf. I) *T. nucleata* (Taf. III, Fig. 4—5), *Collozoum inerme* (Taf. XXXV), *Sphaerouzoum italicum*, *S. spinulosum*, *S. ovodimare*, *S. punctatum* (Taf. XXXIII), *Rhaphidouzoum acuferum* (Taf. XXXII, Fig. 9, 10) und *Collosphaera Huxleyi* (Taf. XXXIV). Alle diese Radiolarien gehören zu jenen Gruppen, die sich wegen der besonderen Grösse ihrer gelben Zellen vorzüglich für diese Untersuchung eignen, und da das Resultat der Untersuchung bei allen Arten dasselbe war, kann ich dasselbe, ohne auf die einzelnen Species einzugehen, kurz in Folgendem zusammenfassen.

Vorausschicken muss ich, dass alle untersuchten Radiolarien in Liquor conservativus aufbewahrt waren, und ihre feineren histologischen Eigenthümlichkeiten darin trefflich erhalten hatten. Dieser Liquor, aus zwei Theilen Kochsalz, einem Theil Alaun und einer geringen Spur Sublimat zusammengesetzt, hatte vielleicht insofern chemisch ändernd auf die Präparate eingewirkt, als darin der Sublimat, wie gewöhnlich, sich zersetzt hatte, und somit wahrscheinlich eine sehr geringe Quantität Salzsäure frei geworden war. Auch war möglicherweise etwas Alaun zersetzt und dadurch eine Spur Schwefelsäure frei geworden.

Sobald ich nun ein in dieser Flüssigkeit conservirtes Radiolar mit einem Tropfen Jodlösung (Jod in Jodkalium gelöst) behandelt bei einer Vergrößerung von mindestens 700 unter das Mikroskop brachte, wurde ich stets von einer intensiv blauen Färbung der gelben Zellen überzeugt. Das Blau war ganz reines Dunkelblau, und wie bei den verschiedenen Modificationen des Amylum bald mehr indigo-, bald mehr violettblau, röthlich blau oder schwarzblau. Die Färbung haftete ganz deutlich nur an den im Protoplasma liegenden geformten Körnern, welche JOHANNES MÜLLER und ich selbst früher für gelbe Pigmentkörner gehalten hatten. Das Protoplasma selbst, sowie der Zellkern waren durch das Jod intensiv gelb gefärbt, wie sich besonders deutlich beim Zerdrücken der Zellen zeigte. Innerhalb der Zelle wurde der gelbe Kern meist ganz durch die blauen Körner verdeckt. Je zahlreicher und grösser die im Protoplasma liegenden Körner waren, je mehr sie den Zellenraum erfüllten, desto intensiver schwarzblau war die ganze Zelle. An jungen Zellen, welche bloss eines oder ein paar kleine Körner enthielten, wurden bloss diese blau gefärbt, und die übrige Zelle gelb.

Die blaue Färbung der gelben Zellen trat unmittelbar nach dem Zusatz der Jodlösung ein, und zwar ganz ebenso, wenn vorher Säuren eingewirkt hatten, als wenn dies nicht der Fall gewesen war. Auch der nachherige Zusatz von Schwefelsäure, Salzsäure, Essigsäure, veränderte die blaue, durch Jod allein hervorgerufene Färbung nicht. Die Centralkapseln wurden bei derselben Behandlung intensiv goldgelb gefärbt. Beim Zerdrücken derselben zeigte es sich, dass die grosse centrale »Oelkugel«, welche bei den Collozoen, Sphaerozoen, Collosphaeren u. s. w. in der Mitte der Centralkapsel liegt, farblos geblieben war, und dass die intensiv gelbe Färbung bloss von den kugeligen oder polyedrigen Zellen herrührte, die rings um die centrale Oelkugel den Kapselraum erfüllen, und die ich vorher als die wahrscheinlichen Sporen der Radiolarien in Anspruch genommen habe.

Die dunkelblaue Färbung der gelben Zellen durch Jod verschwand sofort nach Zusatz kaustischer Alkalien. Sobald das Kali oder Natron eingewirkt hatte, quoll die gelbe Zelle beträchtlich auf, und wurde ganz hell, farblos und durchsichtig. Die Umrisse der deutlich aufgequollenen Körner waren dann als feine Linien noch sichtbar. Wenn ich das Alkali durch eine Säure (Schwefelsäure, Salzsäure oder Essigsäure) neutralisirte, und dann wieder einen Tropfen Jod zusetzte, so trat sofort wieder die intensiv blaue Färbung der gelben Zellen ein. Dieselbe erfolgte aber ebenso, wenn ich das Alkali durch reichliches Abspülen mit Wasser von dem Präparate entfernt hatte, und dann

einen Tropfen Jodlösung hinzusetzte. Die blaue Färbung trat ebenso wieder ein, wenn ich Jodlösung in grossem Ueberschuss zu dem Alkalipräparate gesetzt hatte. Die abwechselnde Färbung durch Jodlösung und Entfärbung durch Alkali konnte ich drei bis vier Mal wiederholen, ehe die gelben Zellen mit ihrem Inhalte zerstört wurden.

In allen diesen Beziehungen verhielten sich die Körner in den gelben Zellen der Radiolarien genau wie echte Amylumkörner. Auch in allen übrigen chemischen Beziehungen konnte ich nicht den geringsten Unterschied auffinden. Zur Controlle stellte ich bei jedem Versuche mit den gelben Zellen einen parallelen Versuch mit verschiedenen Sorten von Stärkemehlkörnern an und erhielt in allen Fällen genau dasselbe Resultat. Auch die wiederholte Entfärbung durch Alkali und Blaufärbung durch Jod erfolgte bei den gelben Zellen und bei den vegetabilischen Amylumproben genau in derselben Zeit und in derselben Weise. Ich kann demnach nicht den geringsten Zweifel mehr darüber hegen, dass die geformten Körner in den gelben Zellen der Radiolarien aus einer Substanz bestehen, die nicht von dem Amylum der Pflanzen unterscheidbar ist.

Die abweichenden Angaben, die JOHANNES MÜLLER und ich selbst früher über die Jodreaction der gelben Zellen gemacht haben, erklären sich, wie ich jetzt glaube, einfach daraus, dass wir bei unseren früheren Untersuchungen zu schwache Vergrösserungen anwendeten. An den lebenden Radiolarien verdeckte bei nicht hinreichend starker Vergrösserung die intensiv gelbe Färbung des Protoplasma die durch Jod erfolgte blaue Färbung der darin versteckten Körner. Das dunkelgelbe Protoplasma zusammen mit dem violetten Blau der Körner gab eine dunkelbraune oder schwärzlichbraune Färbung. Auch bei den kürzlich von mir untersuchten Präparaten aus Liquor conservativus tritt die blaue Farbe erst bei 400 maliger Vergrösserung deutlich hervor, und wird um so klarer und reiner, je stärker die Vergrösserung wird, und je mehr sich die rein blauen Körner von dem umhüllenden gelben Protoplasma abheben. Bei so kleinen Körpern, wie es die Amylumkörner der gelben Zellen sind, ist dieser Umstand von grosser Wichtigkeit. Bei einer Vergrösserung von nur 300 und darunter erscheinen die gelben Zellen nach Jodfärbung gewöhnlich schwärzlich, weil das Violettblau der Körner mit dem Dunkelgelb des Protoplasma und des Nucleus zusammenwirkt. Vielleicht tritt aber die blaue Farbe an den in Liquor aufbewahrten Präparaten auch deshalb deutlicher hervor, weil durch den Liquor die natürliche gelbe Pigmentirung des Protoplasma vernichtet wird. An allen Liquorpräparaten erscheinen die gelben Zellen entweder ganz farblos, oder nur ganz schwach gelblich gefärbt. Wahrscheinlich ist

diese Entfärbung der Wirkung des Alaun, vielleicht auch einer Spur von freier Salzsäure zuzuschreiben. Jedenfalls erleichtert sie das Hervortreten der blauen Jodreaction.

In dieser Weise erklärt sich, wie ich glaube, die abweichende Angabe, welche JOHANNES MÜLLER zuerst von der Jodreaction der gelben Zellen machte, und welcher ich in meiner Monographie nicht zu widersprechen wagte, trotzdem mir schon damals häufig der Farbenton der durch Jod sehr dunkel oder fast schwärzlich gefärbten gelben Zellen eher blau statt braun zu sein schien. Will man diese Erklärung nicht gelten lassen, so müsste man annehmen, dass die Substanz der Granula in den gelben Zellen durch die mehrjährige Aufbewahrung in Liquor conservativus erst in Amylum umgewandelt worden sei. Diese Annahme scheint mir aber wenig Vertrauen zu verdienen, und man würde auch dann noch annehmen müssen, dass jene Körnersubstanz aus einer dem Stärkemehl sehr nahe stehenden Verbindung bestehe, die sich durch Jod allein braun oder gelb färbt, ähnlich dem Inulin der Pflanzen. Die Spur von freier Salzsäure (aus zersetztem Sublimat entstanden), oder von freier Schwefelsäure (aus zersetztem Alaun entstanden), die möglicherweise in dem Liquor conservativus vorhanden gewesen wäre, müsste dann genügt haben, jene amyloide Körnersubstanz in wirkliches Amylum überzuführen.

Es entsteht nun die Frage, wie dieser sonderbare Fund von Amylum in Radiolarienzellen physiologisch und systematisch zu verwerthen ist. Dass die gelben Zellen zu dem Organismus der Radiolarien gehören, und dass die Stärkekörner sich in den gelben Zellen erst gebildet haben, kann nicht zweifelhaft sein. Von aussen können sie in die von einer derben Membran fest umschlossenen Zellen nicht hinein gelangt sein. Sie müssen also Producte des Stoffwechsels eben dieser Zellen selbst sein. Und dass dieselben jedenfalls irgend eine bedeutende physiologische Rolle im Organismus dieser Protisten spielen müssen, scheint ebensowohl aus ihrer allgemeinen Verbreitung bei allen Radiolarien, wie aus ihrem massenhaften Entstehen und Vergehen hervorzugehen.

Wenn man erwägt, welche hohe physiologische Bedeutung, beträchtliche Anhäufung und allgemeine Verbreitung dem Amylum im Pflanzenorganismus zukommt, und wenn man andererseits bedenkt, wie selten, spärlich und bedeutungslos sein Vorkommen im Thierkörper ist, so könnte man wohl geneigt sein, in dem massenhaften Vorkommen von Stärke bei den Radiolarien einen Charakter zu finden, der ihren systematischen Platz im Protistenreiche von der animalen Grenzmarke entfernt und der vegetabilen Grenzmarke nähert. Obgleich gewiss an sich die blosse Production grosser Amylummenigen nichts für die vege-

tabilische Natur eines Organismus beweist (— so wenig als der Cellulosemantel der Tunicaten oder das Chlorophyll der *Hydra viridis* —) so darf man doch andererseits nicht vergessen, dass ein solcher chemischer Vegetabiliencharakter bei einer zweifelhaften Protistengruppe ein ganz anderes Gewicht besitzt, wie bei einer unzweifelhaften Thiergruppe. Jedenfalls wird dadurch bei den Radiolarien die Existenz von wichtigen Vorgängen des Stoffwechsels und der Ernährung dargethan, welche im Pflanzenreich fast allgemein verbreitet sind, im Thierreich sehr selten oder fast nie vorkommen. Und dabei ist ferner noch zu bedenken, dass die Quantität des Amylum, das in den gelben Zellen der Radiolarien sich bildet, in vielen Fällen höchst beträchtlich ist. Bei manchen Thalassicollen, Collozoen und Sphaerozoen, wo auf eine einzelne Centralkapsel mehr als hundert gelbe Zellen kommen, und wo die Centralkapsel selbst weniger als hundert, und viel kleinere Zellen einschliesst, wird das gesammte Volum des Amylum, das darin abgelagert ist, grösser sein, als das ganze übrige Volum des Körpers. Mehr als die Hälfte des ganzen Radiolarienorganismus wird in diesen Fällen aus Stärkemehl bestehen!

Leider sind nun zur Zeit die Mittel zur Lösung dieses Räthsels nur sehr ungenügend. Die eigentliche physiologische Bedeutung der sonderbaren gelben Zellen, die unter allen Protisten nur den Radiolarien zukommen, war uns bis heute noch so gut wie unbekannt. JOHANNES MÜLLER hatte anfänglich die Vermuthung geäußert, dass die gelben Zellen bei der Fortpflanzung betheiligte, und entweder Sporen oder Keime von jungen »Nestern« (Centralkapseln) seien. Später zeigte er selbst, dass diese Annahme unhaltbar sei, wagte jedoch keine andere Vermuthung über ihre Bedeutung auszusprechen. Nur der Curiosität halber mag hier beiläufig ein possierlicher Einfall von ALEXANDER STUART erwähnt werden, »dass das Aufsteigen und Niedersinken der Radiolarien im Meere auf plötzlichem Ortswechsel der gelben Körper beruht, die bald nach aussen auf die Pseudopodien treten, bald in das Innere des Weichkörpers sich zurückziehen«!! Diese physikalische Theorie lässt sich nur mit derjenigen MÜNCHHAUSEN'S vergleichen, der sich an seinem eigenen Zopfe aus dem Sumpfe ziehen wollte; sie schliesst sich den übrigen Ideen und Angaben STUARTS würdig an.

In meiner Monographie der Radiolarien hatte ich zu zeigen versucht, dass die einzige physiologische Function der gelben Zellen, von der man sich eine einigermaassen klare Vorstellung bilden könne, auf dem Gebiete der Ernährung oder des Stoffwechsels liegen müsse. Aus dem massenhaften Entstehen und Vergehen der gelben Zellen, aus ihrer lebhaften Fortpflanzung und aus ihrem übrigen Verhalten glaubte ich

auf eine sehr kurze Lebensdauer derselben schliessen zu können, und knüpfte daran weiter die Vermuthung, dass die gelben Zellen »secernirende Zellen« seien, gewissermaassen freie Leberzellen oder einzellige Verdauungsdrüsen, deren durch Bersten der Membran frei werdender Saft zur Auflösung der aufgenommenen Nahrung durch die Sarcodemitwirkt (l. c. p. 137). Auch jetzt noch scheint mir diese Hypothese, in Ermangelung einer besseren, nicht ganz zu verwerfen, wenn sie auch noch wesentlich zu modificiren sein dürfte. Jedenfalls hat die Entdeckung des Amylum meine Behauptung, dass die eigentliche physiologische Bedeutung der gelben Zellen im Gebiete der Ernährung zu suchen sei, nur bestätigt. Es wird dabei nicht unpassend sein, an die grosse Rolle zu erinnern, welche das Stärkemehl bei der Ernährungsthätigkeit der Pflanzen spielt.

Bekanntlich wird das Amylum im Pflanzenorganismus als einer der wichtigsten Reservestoffe betrachtet, als ein überschüssiges Product des Stoffwechsels, welches in den Pflanzenzellen abgelagert und aufgespeichert wird, um später bei gelegener Zeit wieder gelöst und als Baumaterial für die Cellulosemembranen etc. verwendet zu werden. Da jedoch die letzteren im Radiolarienorganismus fehlen und auch sonstige Theile desselben nicht bekannt sind, für deren Aufbau die aufgespeicherten Amylunkörner als Reservematerial unmittelbar verwendet werden könnten, so muss die specielle Erforschung der Rolle, welche das Stärkemehl in den gelben Zellen bei der Ernährung der Radiolarien spielt, künftigen Untersuchungen überlassen bleiben.

#### 6) Die Identität der Flimmerbewegung und der amoeboiden Protoplasmaabewegung.

Gelegentlich der Untersuchungen über lebende Kalkschwämme, welche ich im August und September 1869 bei Bergen an der norwegischen Küste anstellte, gelang es mir, die unmittelbare Verwandlung von flimmernden Epithelialzellen in amoeboiden Zellen nachzuweisen, und somit ein histologisches Desiderat zu erfüllen, welches durch die Untersuchungen der letzten Jahre immer mehr in den Vordergrund gedrängt worden war. Die neueren physiologischen Untersuchungen über die Flimmerbewegung, vor allen die sehr ausführliche und vortreffliche Arbeit von Dr. WILHELM ENGELMANN<sup>1)</sup>, ferner namentlich die früheren

1) Th. W. ENGELMANN, über die Flimmerbewegung. Vergl. diese Zeitschrift 1868, Vol. IV, p. 324, und namentlich p. 470—478.

Untersuchungen von Dr. M. ROTH<sup>1)</sup> haben die nahen Beziehungen der Flimmerbewegung zu der amoeboiden Bewegung immer stärker hervorgehoben und dargethan, dass (entgegengesetzt den früheren Annahmen) in physiologischer Beziehung die Flimmerbewegung der amoeboiden Bewegung näher steht, als der Muskelbewegung.

Die frühere Annahme, dass die Flimmerhaare äusserlich der »Zellenmembran« aufgesetzt, oder als Auswüchse der letzteren zu betrachten seien, darf jetzt als ganz beseitigt angesehen werden. Viele (vielleicht die meisten) Flimmerzellen sind nackte, membranlose Zellen. Die flimmernden Fortsätze der Zelle, seien dieselben eine einfache Geissel oder mehrfache Cilien, sind stets directe Fortsetzungen des Protoplasma der Zellen, und man sieht daher mit Recht die Flimmerbewegung als eine Folge der Contractilität an, die dem Protoplasma und seinen unmittelbaren Fortsetzungen innewohnt. Jedoch gilt es in der Histologie noch nicht als empirisch bewiesen, dass wirklich die Flimmerzellen aus contractilen Zellen sich entwickeln. ROTH sagt in seinen Untersuchungen: »Es wäre nun noch, was mir bisher nicht mit Sicherheit hat gelingen wollen, der Nachweis zu liefern, dass die Flimmerzellen aus contractilen Zellen sich entwickeln.« Auch ENGELMANN sieht die Identität der Flimmerbewegung und der Protoplasmaabewegung noch nicht als erwiesen an, obwohl er die nahe Beziehung zwischen beiden Bewegungsformen ausdrücklich hervorhebt.

Beobachtungen über verschiedene niedere Organismen, die ich im Laufe der letzten Jahre angestellt habe, führten mich schon seit längerer Zeit zu der Annahme, dass die Flimmerplastiden unmittelbar durch Verwandlung von amoeboiden Plastiden entstehen, und dass mithin die Flimmerbewegung nur eine bestimmte Modification der amoeboiden Protoplasmaabewegung ist. Gegenwärtig kann ich für diese Annahme den directen Beweis liefern. Bei der nachfolgenden Darlegung dieses Verhältnisses erscheint es von Wichtigkeit, die beiden Modificationen der Flimmerbewegung zu unterscheiden, welche ich in meinem Aufsätze über den Organismus der Schwämme etc.<sup>2)</sup> als Geisselbewegung und Flimmerbewegung getrennt habe. Denn es ist sicher nicht ohne tiefere Bedeutung, dass in einer ganzen grossen Classe von Thieren, wie die der Schwämme ist, alles Flimmerepithel aus-

1) Dr. M. ROTH, über einige Beziehungen des Flimmerepithels zum contractilen Protoplasma. Virchows Archiv B. 37, p. 184.

2) HAECKEL, über den Organismus der Schwämme etc. (Diese Zeitschrift Bd. V, p. 223).

schliesslich Geissel epithel (*E. flagellatum*) ist, dessen Plastiden nur je eine Geissel, ein isolirtes Flimmerhaar, tragen, während bei den meisten höheren Thieren das Wimperepithel (*E. ciliatum*) vorherrscht, dessen Plastiden mit je zwei oder mehreren Flimmerhaaren, Cilien oder Wimpern versehen sind. Wenn auch die Flimmerbewegung bei den einhaarigen Geisselplastiden und bei den vielhaarigen Wimperplastiden wesentlich identisch ist, so sind doch beide Formen als zwei mehr oder minder bedeutende Modificationen eines gemeinsamen Grundphänomens (*Motus vibratorius*) aufzufassen.

Die Verwandlung der Geisselbewegung (*Motus flagellaris*) in die amoeboiden Protoplasmabewegung habe ich in der einfachsten Form bei *Protomyxa aurantiaca* nachgewiesen<sup>1)</sup>; sie lässt sich ebenso bei der norwegischen *Protomonas Huxleyi* verfolgen. Die nackten Protoplasmakugeln, welche bei diesen Moneren aus dem Zerfall des encystirten kugeligen Sarcoderkörpers hervorgehen und welche nachher als »Schwärmosporen« die Fortpflanzung vermitteln, verwandeln sich noch innerhalb der Kapsel in eine birnförmige Cytode mit einem langen haarfeinen Fortsatze. Nachdem sie die Cyste verlassen haben, schwärmen sie eine Zeit lang, wie ein Flagellat, mittelst jener Geissel umher, und gehen dann unmittelbar in amoeboiden Cytoden über. Die Geissel wird nur noch als amoeboider Fortsatz benutzt und gleichzeitig treten andere ähnliche spitze Fortsätze an verschiedenen Stellen des kleinen Plasmastückes hervor.

Die betreffenden »Schwärmosporen« der *Protomyxa* sind kernlose Plastiden, also Cytoden. Aber auch bei Schwärmosporen, welche einen Kern enthalten, also echte Zellen sind, ist derselbe Uebergang aus der Geisselzelle in die amoeboiden Zelle schon mehrfach constatirt worden. Die erste und älteste, hierher gehörige Beobachtung dürfte von DE BARY herrühren, welcher in seiner Monographie der Myxomyceten<sup>2)</sup> ausführlich beschreibt, wie die nackten Fortpflanzungszellen dieser Protisten aus ihrer Sporenhülle in Gestalt einfacher Amöben hervorschlüpfen, dann eine Geissel hervorstrecken und in Form von Flagellaten umherschwimmen, und endlich in den Amöbenzustand zurückkehren, um darin zu verharren. In gleicher Weise sah CLARK einzelne Flagellaten ihre Geissel einziehen und sich nach Art der Amöben durch Ausstrecken und Einziehen formveränderlicher Fortsätze umherbewegen<sup>3)</sup>.

1) HAECKEL, Monographie der Moneren. S. 85.

2) DE BARY, Die Mycetozen, Zeitschr. für wiss. Zool. 1860, Vol. X, S. 155.

3) JAMES CLARK, Spongiae ciliatae as Infusoria Flagellata. Memoirs of Boston Society nat. hist. 1867, Taf. IX, X.

Man könnte diesen Beobachtungen entgegenhalten, dass es sich hier um einzelne, selbstständig lebende Plastiden handle, nicht aber um solche Plastiden, wie sie schichtenweis aggregirt in den Flimmerepithelien auftreten. Um so wichtiger war es mir, durch die Eingangs erwähnte Beobachtung feststellen zu können, dass auch an flimmernden Epithelialzellen dieselbe Umwandlung vorkommt. Als ich nämlich bei Bergen an lebenden Kalkschwämmen aus der Gattung *Leucosolenia*, BOWERBANK (*Grantia*, LIEBERKÜHN) das Flimmerepithel untersuchte, welches dort in Form einer einzigen Lage von Geisselzellen das ernährende Canalsystem auskleidet, bemerkte ich zu meiner grossen Ueberraschung, dass die durch Zerzupfen isolirten Geisselzellen nach einiger Zeit in amoeboiden Zellen übergingen. Die lange und ziemlich starke Geissel, welche jede Epithelialzelle des Entoderm trägt, und welche sich während des Lebens lebhaft schlagend bewegt, fing zuerst an, langsamer zu schwingen. Allmählich wurden die Schwingungen sehr langsam und ganz unregelmässig. Zugleich wurde der geisselförmige Fortsatz des Protoplasma kürzer und dicker, und endlich ganz in den nackten Protoplasmaleib der Zelle zurückgezogen. Gleichzeitig aber begann der letztere, eine grössere Zahl (bis gegen 20 und 30) von spitzen, geisselartigen Fortsätzen an verschiedenen Stellen seiner Oberfläche hervorstrecken, diese bewegten sich langsam und wurden wieder eingezogen, während neue spitze Fortsätze an anderen Stellen der Oberfläche vortraten. Kurz, die einzelnen Zellen nahmen die Form einer kleinen *Amoeba radiosa* an und krochen in dieser wechselnden Form lange Zeit umher. Aber auch bei solchen Epithelialzellen der *Leucosolenia*, die noch reihenweis oder selbst in grösseren Lappen zusammenhängen, war gleicherweise der Uebergang der Flimmerzellen in amoeboiden Zellen wahrzunehmen, nur mit dem Unterschiede, dass hier die amoeboiden Fortsätze nur an den beiden freien Flächen des Lappens oder Streifens hervortraten, der durch die noch fest zusammenhängenden, zahlreichen Geisselzellen gebildet wurde. Ich werde diesen Vorgang in meiner, in der Ausführung begriffenen »Monographie der Kalkschwämme« ausführlich beschreiben und durch Abbildungen erläutern.

Die Entstehung der Wimperbewegung (*Motus ciliaris*) aus der amoeboiden Protoplasmabewegung habe ich zuerst 1866 auf der canarischen Insel Lanzerote beobachtet, und zwar an den Furchungskugeln, welche aus der Eifurchung der Siphonophoren hervorgehen<sup>1)</sup>. Diejenigen Zellen, welche an der Oberfläche des kugeligen,

1) HAECKEL, Entwicklungsgeschichte der Siphonophoren. Utrecht, 1869. Taf. VI, Fig. 36; Taf. XIV, Fig. 93.

aus gleichartigen nackten Furchungszellen zusammengesetzten Zellenhaufens sich befinden, beginnen nach Art der Amoeben zahlreiche, formwechselnde Fortsätze hervorzustrecken. Diese langsam sich bewegenden Fortsätze der nackten amoeboiden Zellen gehen nachher direct in schlagende Wimpern oder Cilien über. So überzieht sich der ganze kugelige Zellenhaufen mit einem zusammenhängenden Flimmerepithel. Jede Epithelialzelle trägt mehrere Flimmerhaare, und diese gehen unmittelbar aus den stumpfen fingerförmigen Fortsätzen der amoeboiden Zellen hervor.

Die gleiche Beobachtung habe ich im letzten Herbste an einer sehr sonderbaren neuen Protistenform gemacht, die ich demnächst unter dem Namen *Magosphaera planula* beschreiben werde. Dieselbe repräsentirt eine neue selbstständige Gruppe des Protistenreichs. Die mit vielen Wimpern bedeckten birnförmigen Zellen, welche den kugeligen Körper zusammensetzen, gehen aus amoeboiden Zellen hervor und gehen nachher selbst wieder in amoeboiden Zellen über.

#### 7) Die Plastidentheorie und die Kohlenstofftheorie.

Die lebhaften Kämpfe, welche gegenwärtig noch über die Entwicklungstheorie geführt werden, und welche früher oder später mit ihrem vollständigen Siege endigen müssen, bringen schon jetzt den grossen Vortheil, dass die flach gewordene empirische Naturforschung sich wieder zu vertiefen und auf die philosophischen Grundfragen der Erkenntniss zurückzugehen beginnt. Unter diesen Grundfragen drängt sich eine immer mehr in den Vordergrund. Giebt es nur eine Natur, in der überall und jederzeit dieselben nothwendigen Gesetze gelten? Oder giebt es zwei grundverschiedene Naturgebiete, eine anorganische Natur, in welcher nothwendig wirkende Ursachen (*Causae efficientes*) ausschliesslich thätig sind, und eine organische Natur, in welcher daneben noch zweckmässig schaffende Ursachen (*Causae finales*) wirksam sind? Die Anhänger der Entwicklungstheorie bejahen die erstere, die Gegner die letztere Frage. Die ersteren stützen sich auf ihre monistische und mechanische, die letzteren auf ihre dualistische und teleologische Naturanschauung.

Die Gründe, welche für die monistische Ansicht von der Einheit der Natur sprechen, habe ich im zweiten Buche meiner generellen Morphologie, und namentlich im fünften Kapitel derselben ausführlich behandelt. Als letzte Consequenz der universalen Entwicklungstheorie,

durch welche zugleich jene monistische Weltanschauung auf das Festeste gestützt wird, habe ich daselbst meine Kohlenstofftheorie begründet. Da diese Kohlenstofftheorie eben so entschiedenen Beifall bei den Anhängern der Entwicklungslehre<sup>1)</sup>, als lebhaften Widerspruch bei ihren Gegnern<sup>2)</sup> hervorgerufen hat, sei es mir hier schliesslich gestattet, nochmals auf den innigen Zusammenhang hinzuweisen, welcher zwischen der Kohlenstofftheorie und der Plastidentheorie besteht. Es genügt dafür die denkende Erwägung der nachstehenden Sätze, für welche die ausführlichen Beweise im zweiten und dritten Buche der generellen Morphologie enthalten sind.

1. Die Formen der Organismen und ihrer Organe entstehen sämtlich durch ihre Lebensthätigkeit und zwar allein durch die Wechselwirkung, welche zwischen zwei physiologischen Functionen, der Vererbung und Anpassung besteht.

2. Die Vererbung ist eine Theilerscheinung der Fortpflanzung, die Anpassung dagegen eine Theilerscheinung der Ernährung der Organismen. Diese beiden physiologischen Functionen beruhen aber, wie alle anderen Lebensthätigkeiten, auf der Beschaffenheit der physiologischen Organe, durch welche sie bewirkt werden.

3. Die physiologischen Organe des Organismus sind entweder einfache Plastiden (Cytoden oder Zellen); oder sie sind Theile von Plastiden (z. B. Kerne der Zellen, Flimmerhaare des Protoplasma); oder sie sind aus mehreren Plastiden zusammengesetzt (die grosse Mehrzahl der Organe). In allen diesen Fällen sind die Formen und Leistungen der Organe auf die Formen und Leistungen der Plastiden zurückzuführen.

4. Die Plastiden sind entweder einfache Cytoden (structurlose und kernlose Protoplaststücke) oder Zellen; da aber auch diese letzteren durch Differenzirung des inneren Kerns und des äusseren Protoplasma ursprünglich erst aus Cytoden entstanden sind, so lassen sich die Formen und Lebenseigenschaften aller Plastiden auf einfachste Cytoden als ihren ersten Ausgangspunkt zurückführen.

5. Die einfachsten Cytoden, aus denen alle übrigen Plastiden (Cytoden und Zellen) erst durch Vererbung und Anpassung entstanden sind, bestehen wesentlich und nothwendig aus weiter nichts, als aus einem Stückchen von structurlosem Protoplasma, einer eiweissartigen, stickstoffhaltigen Kohlenstoffverbindung; alle übrigen Bestand-

1) GEORG SEIDLITZ, die Bildungsgesetze der Vogeleier in histologischer und genetischer Beziehung, und das Transmutationsgesetz der Organismen. Leipzig 1869.

2) HEINRICH BUFF (Professor der Physik in Giessen): Ueber den Entwicklungsgang der Naturwissenschaften. Giessen, 1868.

theile der Plastiden sind erst secundär aus dem Protoplasma entstanden (»Plasmaproducte«).

6. Die einfachsten selbstständigen Organismen, welche wir kennen, und welche überhaupt denkbar sind, die Moneren, bestehen in der That zeitlebens aus weiter nichts, als aus einer einfachsten Cytode, einem structurlosen Stückchen Protoplasma; und da sie dennoch alle Lebens-thätigkeiten (Ernährung, Fortpflanzung, Reizbarkeit, Bewegung) vollziehen, sind diese letzteren hier offenbar an das structurlose Protoplasma gebunden.

7. Das Protoplasma oder der Bildungsstoff (auch Zellstoff oder Ur-schleim genannt) ist daher die einzige materielle Grundlage, an welche ausnahmslos und nothwendig alle sogenannten »Lebenserscheinungen« ursprünglich geknüpft sind; will man die letzteren als Ausfluss einer besonderen, von dem Protoplasma unabhängigen Lebenskraft ansehen, so muss man nothwendig auch die physikalischen und chemischen Eigenschaften jedes anorganischen Naturkörpers als Ausfluss einer besonderen, nicht an seinen Stoff gebundenen Kraft ansehen.

8. Das Protoplasma aller Plastiden ist, gleich allen anderen eiweiss-artigen oder Proteinkörpern, aus vier unzerlegbaren Elementen, Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff zusammengesetzt, zu denen sich häufig, jedoch nicht immer, als fünftes Element noch Schwefel gesellt.

9. Die Formen und Lebenseigenschaften des Protoplasma sind bedingt durch die eigenthümliche Art und Weise, in welcher sich der Kohlenstoff mit den drei oder vier anderen genannten Elementen zu verwickelten Verbindungen zusammengesetzt hat; kohlenstofflose Verbindungen zeigen niemals jene eigenthümlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften, welche nur einem Theile der Kohlenstoffverbindungen (den sogenannten »organischen Verbindungen«) ausschliesslich zukommen; desshalb hat auch die neuere Chemie die Bezeichnung »organische Verbindungen« durch die tiefer greifende Bezeichnung: »Kohlenstoffverbindungen« ersetzt.

10. Der Kohlenstoff ist demnach dasjenige Element, derjenige unzerlegbare Grundstoff, welcher vermöge seiner eigenthümlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften den verschiedenen Kohlenstoffverbindungen ihren eigenthümlichen »organischen« Charakter aufprägt und insbesondere das Protoplasma, den »Lebensstoff«, zur materiellen Basis aller Lebenserscheinungen gestaltet.

11. Die eigenthümlichen Eigenschaften, welche das Protoplasma und die davon secundär abgeleiteten übrigen Gewebe und Körperbestandtheile der Organismen auszeichnen, insbesondere ihr festflüssiger

Aggregatzustand, ihr beständiger Stoffwechsel (einerseits die leichte Zersetzbarkeit, andererseits die leichte Assimilationsfähigkeit) und ihre übrigen »Lebenseigenschaften« sind also einzig und allein durch die eigenthümlichen und verwickelten Verhältnisse bedingt, in denen sich unter gewissen Umständen der Kohlenstoff mit den übrigen Elementen zu verbinden vermag.

12. Die sämtlichen Eigenschaften der Organismen sind demnach in letzter Instanz durch die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Kohlenstoffs und der mit ihm verbundenen übrigen Elemente ebenso mit Nothwendigkeit bedingt, wie die sämtlichen Eigenschaften jedes Salzes und jeder anorganischen Verbindung durch die physikalischen und chemischen Eigenschaften der sie zusammensetzenden Elemente bedingt sind.

Wenn diese zwölf, in der generellen Morphologie ausführlich begründeten Thesen richtig sind, wenn demnach mit Hülfe meiner Plastidentheorie und Kohlenstofftheorie die »Einheit der Natur« erwiesen ist, so dürfte damit, wie SEIDLITZ (l. c.) hervorgehoben hat, ein Fortschritt zu dem hohen Endziel der Biologie gethan sein, welches CARL ERNST BAER in seiner klassischen Entwicklungsgeschichte der Thiere mit den Worten bezeichnet hat: »Die Palme aber wird der Glückliche erringen, dem es vorbehalten ist, die bildenden Kräfte des thierischen Körpers auf die allgemeinen Kräfte oder Lebensrichtungen des Weltganzen zurückzuführen.«

## Erklärung der Abbildungen.

### Taf. XVII.

#### Bathybius Haeckelii (HUXLEY).

- Fig. 4—12. Protoplasmakörper von Bathybius.
- Fig. 4. Eine grössere Cytode von Bathybius mit eingebetteten Coccolithen. Das Protoplasma, welches viele Discolithen und Cyatholithen enthält, bildet ein Netzwerk mit breiten Strängen. Vergr. 700.
- Fig. 2. Eine grössere Cytode von Bathybius, ohne eingelagerte Coccolithen. Das Protoplasma, welches viele sehr kleine unregelmässige Körperchen enthält, bildet ein Netzwerk mit breiten Strängen. Vergr. 700.
- Fig. 3. Eine kleinere Cytode von Bathybius ohne eingelagerte Coccolithen. Das Protoplasma bildet ein weitmaschiges Netzwerk mit schmalen Strängen. Vergr. 700.
- Fig. 4. Eine grössere Cytode von Bathybius, deren eingelagerte Coccolithen durch Säure gelöst sind. In dem Protoplasma, das ein Netzwerk mit breiten Strängen bildet, sind viele unlösliche kleine Körperchen zurückgeblieben. Vergr. 700.
- Fig. 5. Eine kleinere Cytode von Bathybius, deren Protoplasmakörner theilweise durch ausgeschwitzte Gallertmasse (»Matrix«) getrennt sind. Vergr. 700.
- Fig. 6. Eine kleinere Cytode mit verzweigten Fortsätzen (Pseudopodien). Vgr. 700.
- Fig. 7. Eine amoebenförmige grosse Cytode, welche zwei Cyatholithen umschliesst.
- Fig. 8. Eine amoebenförmige kleine Cytode, welche einen kreisrunden Discolithen umschliesst. Vergr. 700.
- Fig. 9. Ein Haufen von grösseren Protoplasmakörnern. Vergr. 4000.
- Fig. 10. Ein Haufen von kleineren Protoplasmakörnern. Vergr. 4000.
- Fig. 11. Eine nackte Protoplasmakugel (Plasmosphaera). Vergr. 4000.
- Fig. 12. Eine encystirte Protoplasmakugel (Plasmocystis). Vergr. 4000.
- Fig. 13—25. Kreisrunde Discolithen auf verschiedenen Entwicklungsstufen, von der Fläche gesehen. Vergr. 4000.
- Fig. 26—40. Elliptische Discolithen auf verschiedenen Entwicklungsstufen, von der Fläche gesehen. Vergr. 4000.
- Fig. 41—49. Kreisrunde und elliptische Discolithen, von dem schmalen Rande gesehen. Vergr. 4000.
- Fig. 50—53. Coccusphaeren. Vergr. 4000.

Fig. 54—60. Cyatholithen, halb von der Fläche (der kleineren Scheibe), halb von dem Rande gesehen, auf der grösseren Scheibe schräg aufliegend. Vergr. 4000.

Fig. 64—69. Cyatholithen, von dem schmalen Rande gesehen. Vergr. 4000.

Fig. 70—71. Cyatholithen, von der Fläche der unteren, kreisrunden, kleineren Scheibe gesehen. Vergr. 4000.

Fig. 72—80. Cyatholithen, von der Fläche der oberen, elliptischen, grösseren Scheibe gesehen. Vergr. 4000.

Die Buchstaben bedeuten von Fig. 43—80 dasselbe, nämlich: *a*) Centrankorn, *b*) Markfeld, *c*) Markring, *d*) Körnerring, *e*) Aussenring.

### Taf. XVIII.

#### Myxobrachia.

Fig. 1, 2. *Myxobrachia rhopalum*.

Fig. 3—10. *Myxobrachia pluteus*.

Die Buchstaben bedeuten in allen Figuren dasselbe, nämlich:

- a*) Extracapsulare Alveolen.
- b*) Binnenblase (*Vesicula intima*).
- c*) Centralkapsel.
- d*) Sarcodegallert (extracapsulares Protoplasma).
- e*) Pseudopodien an deren Oberfläche.
- f*) Extracapsulare farblose Oelkugeln.
- g*) Gelbe amyllumhaltige Zellen.
- h*) Concretionen (*Coccolithen* und *Coccosphaeren*?).
- i*) Intracapsulare kleine helle Zellen (*Sporen*?).
- k*) Intracapsulare grosse dunkle Zellen.
- l*) Intracapsulare rothe Oelkugeln.
- M N* Der Wasserspiegel des Meeres.

Fig. 1. *Myxobrachia rhopalum*, die zusammengezogene, gedrungene Form. Vergr. 40.

Fig. 2. *Myxobrachia rhopalum*, die langgestreckte schlanke Form. Vergr. 40.

Fig. 3. *Myxobrachia pluteus*, langgestreckt, mit herabhängenden Armen. Vergr. 40.

Fig. 4. *Myxobrachia pluteus*, abgeflacht, mit ausgebreiteten Armen. Vergr. 40.

Fig. 5. Die Binnenblase (*Vesicula intima*). Vergr. 480.

Fig. 6. Die Centralkapsel, links geöffnet, so dass man in der Mitte die Binnenblase und nach aussen davon die kleinen Zellen sieht. Rechts sieht man die Oberfläche der Centralkapsel, durch welche die intracapsularen Oelkugeln (*l*) als rothe Punkte durchschimmern. Oben ist noch ein Theil der extracapsularen Sarcode erhalten, und der Alveolenhülle, zwischen deren Alveolen sie sich ausbreitet. Vergr. 60.

Fig. 7. Grosse Zellen aus der inneren Zone des Inhaltes der Centralkapsel, welche zunächst die Binnenblase umgeben. *A*. Eine einzelne Zelle. *B*. Zwei zusammenhängende Zellen (*Theilung*?). *C*. Vier zusammenhängende Zellen (*Viertheilung*?). Vergr. 400.

- Fig. 8. Das Ende eines armartigen Fortsatzes der Sarcodé-Gallert; mit dem terminalen Knopfe, der mit kalkigen Concretionen (Coccolithen und Coccospaeren?) erfüllt ist. Vergr. 100.
- Fig. 9. Scheibenförmige Kalkkörper, welche den Coccolithen sehr ähnlich sind. *A.* Kreisrunde Scheibe. *B.* Ovale Scheibe mit einfachem Centalkorn. *C.* Ovale Scheibe mit doppeltem Centalkorn. Vergr. 500?
- Fig. 10. Kugelige Concretionen, aus scheibenförmigen Kalkkörpern zusammengesetzt, welche den Coccospaeren sehr ähnlich sehen. *A.* Kleinere, *B.* mittlere, *C.* grössere Form der kugeligen, Coccospaeren ähnlichen Kalkkörper. Vergr. 500?
- Fig. 11. Extracapsulare, amyllumhaltige gelbe Zellen. Die Körner rings um den Kern der Zellen sind Stärkemehlkörner. *B.* Zwei gelbe Tochterzellen in einer Mutterzelle. *C.* Vier Tochterzellen in einer Mutterzelle. Vergr. 400.
- Fig. 12. Drei kleine helle Zellen (Sporen?) aus dem peripherischen Theile des Inhalts der Centalkapsel. Vergr. 400.