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

Untersuchungen an Foraminiferen

I. Calcituba polymorpha Roboz.

Von

Dr. **Fritz Schaudinn,**
Assistenten am zoologischen Institut zu Berlin.

(Aus dem zoologischen Institut der Universität Berlin.)

Mit Tafel XIV und XV.

Einleitung.

In der ausgezeichneten Bearbeitung der Foraminiferen von Max Schultze (20) wurden zum ersten Male die wichtigsten Organisationsverhältnisse dieser Protozoen in mustergültiger Weise dargestellt, und es ist bisher nicht gelungen, einen wesentlichen Irrthum in dem Werke dieses Forschers aufzufinden; vielmehr gilt der »Organismus der Polythalamien« noch heute als Grundlage unserer Kenntnisse von der Foraminiferenorganisation. Nur bezüglich der Fortpflanzung und der Kernverhältnisse musste Max Schultze eine Lücke in seiner Bearbeitung lassen, die trotz der Bemühungen zahlreicher Forscher bisher noch nicht in genügender Weise ausgefüllt ist.

Obwohl es gewagt erscheint, mitten im Binnenlande die Organisation von Meeresorganismen, und im Besonderen ihr Leben und ihre Fortpflanzung zu studiren, habe ich trotzdem auf den Rath meines hochverehrten Lehrers, des Herrn Geheimrath Prof. Dr. F. E. Schulze, die Untersuchung von Foraminiferen begonnen, in der Absicht, vielleicht einen kleinen Beitrag zur Ausfüllung der oben erwähnten Lücke zu liefern.

Wenn es mir gelungen ist, bei einigen Foraminiferen die Fortpflanzung und Entwicklung direkt zu beobachten, so verdanke ich dies vor Allem dem Umstande, dass mir durch das hiesige kgl. zoologische Institut ein überaus reiches Material an lebenden und konservirten Thieren

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

zur Verfügung gestellt wurde und in der liebenswürdigsten Weise jede Unterstützung bei meinen Untersuchungen gewährt wurde.

Meinem verehrten Lehrer Herrn Geheimrath Prof. Dr. F. E. Schulze bin ich nicht nur für die Überlassung dieser Hilfsmittel, sondern auch besonders für die mir im reichsten Maße erwiesene Anregung und Belehrung zu aufrichtigem Dank verpflichtet. Auch Herrn Prof. C. Heider und Herrn Dr. von Maehrenthal spreche ich für das meinen Untersuchungen entgegengebrachte Interesse meinen herzlichsten Dank aus.

Hier in Berlin hatte ich Gelegenheit, die Fortpflanzung und die Kernverhältnisse bei Repräsentanten folgender Gattungen zu studiren: Gromia, Calcituba, Miliolina, Peneroplis, Ammodiscus, Textularia, Discorbina, Planorbulina, Patellina, Polystomella. Hierüber liegt eine vorläufige Mittheilung vor (18).

Während des verflossenen Sommers war mir durch eine Unterstützung der kgl. preußischen Akademie der Wissenschaften die Möglichkeit geboten, mich längere Zeit an der Meeresküste aufzuhalten und habe ich zu Bergen in Norwegen meine Untersuchungen hauptsächlich auf die sandschaligen Foraminiferen ausgedehnt. Meine sämmtlichen Resultate hoffe ich zu einer monographischen Darstellung der Foraminiferenorganisation vervollständigen zu können; doch da hierzu längere Zeit gehört, werde ich die auf Fortpflanzung, Kernverhältnisse und Dimorphismus bezüglichen Resultate in einer Reihe kürzerer Abhandlungen schon vorher veröffentlichen. Die vorliegende erste dieser Abhandlungen, Calcituba polymorpha Roboz wurde schon vor einem Jahre vollendet und als Dissertation von mir benutzt (19); die Veröffentlichung der mit Tafeln versehenen Untersuchung habe ich absichtlich so lange hinausgeschoben, weil ich hoffte, am Meere noch einmal das Leben der Calcituba studiren zu können. Leider war dies nicht möglich, weil ich nicht, wie ursprünglich beabsichtigt, an das Mittelmeer, in dem Calcituba lebt, sondern nach der nordischen Küste ging.

Die Lebensgeschichte und Organisation von Calcituba polymorpha Roboz.

Material.

Calcituba polymorpha wurde aus Aquarien des Grazer zoologischen Instituts im Jahre 1883 durch Zoltán v. Roboz (15) beschrieben und konnte die Identität meines Materials mit den damals beschriebenen Organismen um so leichter konstatirt werden, als Herr Geheimrath Professor Dr. Schulze, der damals Leiter des zoologischen Instituts in Graz war, mir Originalpräparate aus seinem Privatbesitz zum Vergleich freundlichst zur Verfügung stellte. Dieser Rhizopode wurde immer,

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

sowohl in Graz, wie hier in Berlin, in Aquarien gefunden, die mit Wasser und Schlamm aus der Adria gespeist waren. Die hiesigen Aquarien, die mir zur Verfügung standen, hatten ihre Füllung ausschließlich durch die zoologische Station in Rovigno erhalten und kann ich daher als Herkunftsort meiner Exemplare die Adria bei Rovigno angeben. Überdies habe ich bei jeder Sendung lebender Foraminiferen aus Rovigno einige Calcitubaschalen auf den beigegebenen Ulven gefunden. Das Vorkommen der Thiere ist, wie es scheint, an größere Algen geknüpft, wie Ulven oder flächenhaft ausgebreitete Filzwerke von Fadenalgen. Meine Kulturen gediehen am besten in einem Glase, dessen Wände mit einem dichten, zusammenhängenden Filzwerk von Fadenalgen aus der Gruppe der Siphoneen bedeckt waren. Diese Algen sind durch Entwicklung eines intensiven Veilchengeruches ausgezeichnet, der bei lebhafter Assimilation, an der Sonne, am stärksten ist. Zwischen der Glaswand und diesem Algengeflecht, auf letzterem festsitzend, gediehen die Calcituben ausgezeichnet und vermehrten sich stark, so dass ich während der ganzen Dauer meiner Untersuchung über reiches Material verfügte.

Die Beobachtungen über das Leben, Wachsthum und die Fortpflanzung wurden nur ermöglicht durch Anwendung des von F. E. Schulze konstruirten Horizontalmikroskops, auf dessen große Bedeutung für die Protozoenuntersuchung ich schon früher hingewiesen habe (17).

Die Fixirung der Thiere zum Zweck der genaueren Untersuchung ihrer Organisation, erfolgte mit 1%iger Osmiumsäure oder mit einer Mischung von wässriger Sublimatlösung mit absolutem Alkohol im Verhältnis 1 : 2. Diese beiden Mittel sind die einzigen, welche sich nach langem vergeblichen Suchen als geeignet erwiesen haben. Die Entkalkung der Schale wurde mit schwach salzsaurem 63%igen Alkohol bewirkt. Als vorzüglichste Kernfärbemittel haben sich Grenacher's Boraxkarmin und Hämatoxylin gezeigt; ersteres für Totalpräparate, letzteres für Schnittfärbung. Die Objekte wurden 24 Stunden im Wärmeofen in der Farbe belassen und dann mit salzsaurem Alkohol ausgezogen, bis die Kerne genügend differenzirt waren. Als Einbettungsmittel wurde Kanadabalsam, in Xylol gelöst, und für einige, der mit Hämatoxylin gefärbten Schnittserien, essigsaures Kali gewählt. Die Einbettung der Objekte zum Schneiden geschah in Paraffin.

Die Untersuchung der feineren Bauverhältnisse des Plasmas, der Schale und der Kerne erfolgte mit den besten optischen Hilfsmitteln, den homog. apochromat. Objektiven 2 mm Brw. Ap. 1,30 und den Kompensationsocularen 4, 6, 8, 12 von Zeiss. Zur Beleuchtung wurde ein vertikal verstellbarer Abbé'scher Beleuchtungsapparat mit Irisblende benutzt.

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

Biologisches, Wachsthum und Fortpflanzung.

Calcituba ist eine festsitzende kalkschalige gekammerte Foraminifere, deren Hauptcharakter im Gegensatz zu den meisten übrigen Polythalamien, das Fehlen einer konstanten Schalenform ist. Die durch unvollständige Scheidewände getrennten Kammern stellen Röhren dar, die nicht nur in Größe und Gestalt sehr variiren, sondern auch in der verschiedensten Weise an einander geordnet sind. Die Kammerwände sind imperforirt, und es kommunicirt der Weichkörper nur durch einfache, große Öffnungen an den Enden der Röhren mit der Außenwelt.

Als ich das oben beschriebene Gefäß erhielt, fanden sich nur unten, in der Nähe des Bodens, eine Anzahl lebender Individuen. Die Stelle, auf der sie saßen, war in einer unregelmäßig kreisförmigen Fläche von Algen ganz gesäubert; der Durchmesser dieser Stelle betrug ungefähr 2 cm. In der Mitte des Kreises, auf der nackten Glaswand saßen nur wenige Exemplare, um so dichter waren sie aber auf der Peripherie gedrängt, wo sie zum größten Theil auf den Algen befestigt waren. Die Einzelthiere schienen in diesem dichten Kranz eine bestimmte Anordnung zu haben, wenigstens lagen sehr viele, gerade, wie verästelte, in der Richtung der Radien des Kreises. Die Gestalt der einzelnen Individuen war sehr verschieden, kugel-, birn-, röhrenförmig, verästelt, ganz unregelmäßig durch einander geknäuelt, kurz man konnte sicher sein, unter 10 Thieren auch nicht ein Paar gleich gestaltete zu finden. Bezüglich der äußeren Morphologie der Schale verweise ich auf die Arbeit von Zoltán von Roboz, in der dieser Gegenstand ziemlich eingehend behandelt wird.

Das Plasma, welches die Kammern oft nicht ganz erfüllt, ist intensiv rothbraun gefärbt und schimmert daher auch bei auffallendem Licht durch die nur dünne Kalkschale durch. Die leeren Stellen erscheinen, wohl weil der Kalk krystallinisch ist, schön azurblau, und es gewähren die roth, blau und weiß schimmernden, zierlichen Röhren auf dem grünen Untergrunde im Spiel der Sonne einen wundervollen Anblick.

Bei der Untersuchung mit dem Horizontalmikroskop zeigte es sich, dass aus den großen Mündungen der Schale an vielen Stellen Pseudopodien ausgesandt wurden. Meistens ist ein Theil des Plasmas vor die Öffnung in Gestalt eines Klumpens herausgeflossen und von ihm strahlen dann erst die sehr zahlreichen, feinen Pseudopodien aus, die sich in nichts von denjenigen der anderen Foraminiferen unterscheiden. Die Körnchenströmung ist lebhaft, auch die Neigung zur Anastomosenbildung in hohem Grade vorhanden. Die größte beobachtete Länge der

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

Pseudopodien betrug ungefähr 2 cm, gewöhnlich sind sie jedoch sehr kurz, was natürlich von der Nähe der Nahrungsstoffe abhängt, da sie nur zum Herbeischaffen derselben und nicht zur Lokomotion dienen. Niemals habe ich bemerkt, dass Algenfäden in das Innere der Schale gezogen wurden, obwohl es bei der großen Weite der Mündung mit Leichtigkeit hätte geschehen können. Vielmehr zogen die Pseudopodien die Nahrungsstoffe aus der Umgebung in den vor der Öffnung liegenden Plasmahaufen, der nicht nur diese herzugetragene Nahrung, sondern auch seine Unterlage verdaut; und so gründlich geschieht dies, dass auch nicht eine Spur des an manchen Stellen 1 bis $1\frac{1}{2}$ mm dicken Algenfilzes übrig bleibt. In der Nähe der Mündung finden sich dann meistens noch spärliche Reste der Mahlzeit, in Form von Cellulosefetzen und die Exkrete, jene scharf kontourirten Körner, die als Inhaltsgebilde des Rhizopodenplasmas schon so häufig beschrieben sind.

Bei reichlicher Nahrung wird der Plasmaklumpen vor der Mündung allmählich größer und rückt überdies, um neue Nahrung zu gewinnen, vor. An seinem hinteren Theil, wo er an die Schalenöffnung grenzt, wird immer neue Schalensubstanz — Kalk mit chitinöser Grundlage — abgesondert. Dass diese Kalkschale sich der Gestalt des Plasmaklumpens anschmiegt, ist selbstverständlich und da der letztere die mannigfaltigsten Formen annehmen kann, ist dadurch die Fülle der verschiedenen Schalengestalten bedingt.

Doch nicht fortwährend nehmen die Thiere Nahrung auf und bilden neue Substanz; es finden auch Ruhepausen statt, die oft ganz beträchtliche Zeit dauern können; so habe ich Individuen beobachtet, die eine ganze Woche keine Pseudopodien aussandten, dann aber wieder Nahrung aufnahmen. Während dieser Ruhestadien ist der oben beschriebene Plasmaklumpen sammt den Pseudopodien mehr oder minder tief in die Schale zurückgezogen. Häufig wird eine dünne, chitinöse Schicht, die sich durch scharfe Kontouren und gelbe Farbe vom Plasma abhebt, an der freien Oberfläche des zurückgezogenen Plasmas als eine Art von Deckel abgeschieden. Wenn dann wieder Pseudopodien ausgesandt werden, so wird das Häutchen in der Mitte, wo es am dünnsten ist, durchbrochen und es beginnt das Wachsthum und damit die Schalenbildung von Neuem. Mit der Bildung dieses Häutchens ist gleichzeitig die Entstehung der Kammerscheidewände einfachster Art erklärt (Fig. 5, 6). Die freien Ränder derartiger Scheidewände zeugen meist noch durch ihre unregelmäßigen, zerrissenen Kontouren von dem gewaltsamen Durchbruch der Pseudopodien (Fig. 6). — In anderen Fällen kann man beobachten, dass im Ruhestadium das Plasma an der Mündung sich kalottenförmig abrundet. Von dem Rand der Mündung

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

aus wird dann auf der Oberfläche noch etwas Schalensubstanz abgeschieden, die nach der Mitte der Mündung zu allmählich dünner wird, bis im Centrum nur noch die sogenannte chitinöse Schalenbasis übrig bleibt.

Beim Ausfließen des Plasmas wird das Häutchen in der Mitte zerstört und es entsteht eine stark verengte Mündung mit scharfem Rande. Der die neue Kammer bildende Plasmaklumpen besitzt einen größeren Durchmesser als die verengte Mündung der alten. Daher erscheint dann die auf diese Art entstandene Kammerscheidewand (Fig. 7) als tiefe Einschnürung der Schale. Und wenn das Plasma nach hinten über die Wand der alten Kammer zurückfließt und dann die neue bildet, so macht es den Eindruck, als ob in die letztere die Spitze der alten Kammer hineingesteckt wäre (Fig. 8). Die Scheidewände stehen in diesem Fall schräg nach vorn auf den Kammerwänden. Die Stärke des Wachsthums und damit der Kalkabsonderung wechselt, wahrscheinlich nach der Art und dem Reichthum der Nahrung. Doch habe ich durchschnittlich als Bildungszeit einer Kammer von mittlerer Größe 3 Tage gefunden.

Schon beim Beginn meiner Beobachtungen waren mir auf dem Algenflechtwerk große, nackte Klumpen rothen Plasmas aufgefallen, doch konnte ich dieselben nicht mit Calcituba in Zusammenhang bringen, da sie gar nicht in der Nähe derselben saßen und häufig sehr groß waren (Fig. 3). Vielmehr glaubte ich einen neuen Rhizopoden vor mir zu haben, da diese Organismen zahlreiche Pseudopodien aussandten und ziemlich lebhaft auf den Algen umherkrochen.

Durch andere Arbeiten verhindert, musste ich die kontinuirliche Beobachtung der Calcituba eine kurze Zeit unterbrechen. Als ich dann wieder nachsah, war 5 cm von dem alten Calcitubakranz ein neuer Herd oder vielmehr, wie es sich herausstellte, ein einziges großes Individuum entstanden (Fig. 17). Die Algenlage war unversehrt und auf ihr saß die sehr große Calcituba mit vielen Kammern, die alle von einem Mittelpunkt ausgingen. Bei näherer Untersuchung erkannte ich, dass im Centum eine mehrfach verästelte Kammer von enormer Größe lag und von ihr gingen nach allen Seiten die ebenfalls vielfach meist dichotomisch verästelten Kalkröhren aus. Die Größe der centralen Kammer und ihre Entfernung vom alten Kranz ließ nun die Vermuthung aufkommen, dass die vorhin beschriebenen, rothbraunen Plasmamassen in irgend einer Beziehung zu dem ganzen Vorgang stehen müssten; denn dass eins der beschalten Individuen so weit gewandert sei, war schwer denkbar, da ich niemals eine Bewegung an ihnen bemerkt hatte. Ich wandte daher meine ganze Aufmerksamkeit den Plas-

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

modien zu und hatte auch bald die Freude, ein sternförmiges Individuum aus ihnen entstehen zu sehen. Um ganz sicher zu sein, isolirte ich mehrere Plasmaklumpen, indem ich sie auf Fetzen des Algenfilzes legte und diese in flache Schalen mit Meerwasser vertheilte. Auch hier fingen einige der Plasmodien nach kurzer Zeit an, Schalensubstanz an der Oberfläche abzuscheiden. Bei auffallendem Licht erscheint das Thier dann mit einem feinen, weißen Niederschlag bedeckt; der Kalk wird also in Form feiner Körnchen ausgeschieden; ob zuerst diese Körnchen oder das organische Häutchen abgeschieden wird, konnte ich nicht ermitteln, da das letztere erst, wenn es eine gewisse Dicke erreicht hat, scharf vom Plasma zu unterscheiden ist, während der Kalkbelag auch in feinster Vertheilung bei auffallendem Licht auf dem dunkel rothbraunen Grunde zu erkennen ist (cf. hierüber den Abschnitt über die feinere Struktur der Schale). Die erste Abscheidung der Schale erfolgt in einem Ruhestadium, d. h. wenn keine Pseudopodien ausgesandt werden. Vor dem Beginn der Schalenbildung sind die Gestaltveränderungen des Plasmodiums, wie es sich bei einem nackten Plasmaklumpen denken lässt, sehr mannigfaltig, und kann man die abenteuerlichsten Formen beobachten.

Nachdem das Plasmodium eine Zeit lang umhergewandert ist, zieht es seine Pseudopodien ein, rundet sich ab und es beginnt die Schalenabscheidung. Die kleinsten Plasmodien nehmen Kugelgestalt an, größere haben bruchsackartige Ausstülpungen, kurz es herrscht auch hier die größte Mannigfaltigkeit. Von besonderem Interesse ist die Thatsache, dass die aus kleinen, kugeligen Plasmodien entstehenden Centralkammern nicht selten in ihren jüngsten Entwicklungsstadien die Spuren eines spiraligen Wachsthums zeigen. Nachdem sich nämlich die Oberfläche der Kugel mit Schalensubstanz bedeckt hat, bricht an einer Stelle das Plasma diese Bedeckung durch, fließt heraus und lagert sich in Form eines rundlichen Stranges auf die Oberfläche der Kugel (Fig. 4); derartige Stadien besitzen eine auffallende Ähnlichkeit mit jungen, zweikammerigen Milioliden, wie sie Max Schultze (15, Taf. VI, Fig. 2) abbildet. Ich kann daher von Roboz vollkommen beistimmen, wenn er Calcituba auf Grund der Schalenmorphologie in die Abtheilung der Milioliden stellt. Es dürften die nächsten Verwandten wohl in der Gattung Nubecularia zu finden sein. Von den bekannten Arten dieser Gattung zeigt Nubecularia tibia P. u. J. in der Kammerung und Art des Wachsthums am meisten Ähnlichkeit mit Calcituba (cf. 1, Taf. I).

Mehrmals habe ich gefunden, dass die den Algen aufliegende Fläche des Plasmodiums keinen Kalk abschied; und dieses große Loch

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

in der Schale blieb bestehen, bis die ganze Unterlage verzehrt war. In manchen Fällen dauert es überhaupt sehr lange, bis die Schalenbildung beginnt; ja sie kann ganz unterbleiben. Ich besitze ein Plasmodium, welches vor 3 Monaten isolirt wurde, und noch immer nackt ist. Am Anfang wurde hier und da auf der Oberfläche an Stellen, wo gerade keine Pseudopodien gebildet wurden, eine dünne, kontinuirliche Schalenschicht gebildet; aber am folgenden Tage hatten die Pseudopodien wieder das Häutchen zerstört. Dann hörte die Abscheidung ganz auf und das Thier fraß sich allmählich tief in ein dickes Algenpolster hinein, das seine Unterlage bildete. Die Lebensfähigkeit des Organismus hat bisher noch nicht gelitten, vielmehr hat er beträchtlich an Größe zugenommen und seine Höhle bedeutend vertieft und erweitert. An den Rändern des Lochs sind reichliche Mengen von Celluloseresten und Exkretkörnern angehäuft. Dass dieses Plasmodium wirklich zu Calcituba gehört und nicht etwa ein fremder Eindringling ist, hat sich bei der Konservirung und Färbung desselben gezeigt, die dreiviertel Jahre, nachdem das Obige niedergeschrieben war, erfolgte. Es unterscheidet sich in nichts von den übrigen Plasmodien, die sich in beschalte Thiere umwandelten. Der Grund für das Nacktbleiben dieses Plasmodiums ist wohl in Kalkmangel zu suchen, wofür auch der Umstand spricht, dass Anfangs Spuren einer Schalenbildung sich zeigten.

Der Umstand, dass ein Jugendstadium einer Foraminifere so lange Zeit als selbständiger Organismus lebt, legt den Gedanken nahe, dass manche zweifelhaften oder wenig bekannten marinen Rhizopoden sich bei anhaltender Beobachtung ihres Lebens nur als Entwicklungsstadien anderer schon bekannter Formen ausweisen werden. Für die von mir beschriebene Myxotheca (17) habe ich diese Möglichkeit in einem Zusatz zu der betreffenden Mittheilung ausgesprochen. In der That besitzt Myxotheca in der Mannigfaltigkeit der Gestaltung und der Variabilität der Schalenbildung genug Vergleichspunkte mit unserem Plasmodium, um die Anschauung, dass erstere nur ein Entwicklungsstadium einer Foraminifere ist, nicht unmöglich erscheinen zu lassen. Unter diesen Gesichtspunkten gewinnt folgende Beobachtung, die ich einmal an einem Calcitubaplasmodium machen konnte, besonderes Interesse. Dasselbe war sehr groß und hatte sich in die Länge gestreckt, so dass seine Gestalt am besten wurstförmig genannt werden konnte. An den beiden Enden wurden zahlreiche Pseudopodien ausgesandt, die sich ganz allmählich in entgegengesetzter Richtung ausbreiteten. Durch diesen Zug der Pseudopodien wurde der Körper in der Mitte immer dünner; das Plasma floss nach den beiden entgegengesetzt liegenden Ernährungs-

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

centren hin. Schließlich riss der dünne Verbindungsstrang in der Mitte durch und die beiden durch Theilung entstandenen Plasmodien entfernten sich immer mehr von einander (Fig. 11—16). Ich bin fest davon überzeugt, dass jeder Zoologe, der einen solchen Organismus etwa aus Grundproben erhält und seine Fortpflanzung durch Theilung beobachtet, daraufhin eine neue Art begründen wird. Dieses Beispiel zeigt deutlich, wie schwierig bei so niederen Organismen die Abgrenzung einer Species ist, wenn man nicht ihren ganzen Zeugungskreis kennt. Ich will noch erwähnen, dass ich mehrmals mit dem Messer Plasmodien in zwei Theile schnitt, oder dass beim Herausholen mit dem Glasrohr große Plasmodien in mehrere Stücke zerfielen. Alle größeren, kernhaltigen Theilstücke entwickelten sich eben so, wie die ganzen, unversehrten Plasmodien zu Calcituben.

So viel über die Plasmodien selbst; nun galt es noch, ihre Herkunft zu ermitteln. Dies wollte mir lange Zeit nicht glücken, obwohl ich überall und besonders zahlreich auf dem ganz von Algen befreiten Boden des Gefäßes die schon mit bloßem Auge sichtbaren Gebilde fand. Endlich, nachdem ich das Horizontalmikroskop schon eine ganze Woche auf ein besonders großes beschaltes Individuum in der Mitte des zu Anfang beschriebenen Kranzes eingestellt hatte, gelang es mir den Vorgang direkt zu beobachten. Aus einer der großen Mündungen floss fast sämmtliches Protoplasma, bis auf einen kleinen kugelig zusammengeballten Theil in einer der hintersten Kammern heraus, und zwar geschah dies unter lebhafter Pseudopodienbildung. Es hatte der ganze Vorgang eine große Ähnlichkeit mit der gewöhnlichen Art der Nahrungsaufnahme, nur dass der Plasmahaufen vor der Mündung hier immer größer wurde und die Pseudopodien sich immer weiter ausdehnten. Das Herausfließen ging sehr langsam vor sich, es dauerte ungefähr zwei Stunden. Am anderen Tage hatte sich der Klumpen schon einige Centimeter weit entfernt, den Kranz seiner Artgenossen überschritten und wanderte, bevor er sich festsetzte, mehrere Tage ruhelos, wenn auch sehr langsam, auf dem Algenbelag umher.

Als sich später die Calcituben reich vermehrt hatten, konnte ich den Vorgang der Plasmodienbildung noch mehrmals beobachten, doch niemals bei Kammern, die auf Algen befestigt waren, sondern stets bei isolirt an der Glaswand sitzenden oder abgefallenen, am Boden liegenden Thieren. Letztere wurden auch in anderen Gefäßen isolirt, doch habe ich das Auswandern des Plasmas nur bei Thieren gesehen, die ich ohne Nahrung ließ. Wenn ich sie auf Algen legte, blieben sie längere Zeit ruhig liegen, ohne Pseudopodien auszusenden, doch nach drei bis vier Tagen fraßen sie wieder und wuchsen in der gewöhn-

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

lichen Weise weiter. Aus diesen Beobachtungen darf man vielleicht schließen, dass die Auswanderung des Plasmas nur bei Nahrungsmangel erfolgt. Jedenfalls ist nur durch diese Fähigkeit des Plasmas eine Ausbreitung der Organismen über weitere Nahrungsgebiete ermöglicht, weil die beschalten Thiere sich nicht bewegen und zweitens ist, wenn letztere in ungünstige Lebensbedingungen gerathen, die Erhaltung der Art in so fern gesichert, als ja die Plasmodien wandern und neue günstigere Verhältnisse aufsuchen können.

In allen beobachteten Fällen blieb bei dem Austreten des Plasmas ein kleiner Theil desselben in der Schale zurück und zog sich kugelig zusammen. Meine Versuche, künstlich durch gewaltsame Eingriffe Plasmodien herzustellen, müssen als misslungen gelten. So häufig ich den Weichkörper der Calcituba durch Zerbrechen der Schale isolirte, niemals blieb derselbe lange am Leben, geschweige dass er umherkroch. In den ersten Tagen wurden noch feine Pseudopodien an einzelnen Stellen gebildet, doch dann zerfiel das Plasma in unregelmäßige Brocken und auch diese wurden allmählich aufgelöst. Bemerkenswerth ist noch die Thatsache, dass nur ein sehr geringer Procentsatz der isolirten Thiere Plasmodien bildete. Zu Hunderten habe ich die Thiere vom Boden des Gefäßes genommen und in Glasschalen versetzt, aber im Ganzen habe ich nur sieben Plasmodien aus ihnen sich bilden gesehen. Die meisten Individuen verschlossen ihre Mündungen mit einem chitinösen Häutchen, und es blieb der Weichkörper in diesem gewissermaßen encystirten Zustand noch lange (auch ohne Nahrung) am Leben. Seitdem diese Zeilen niedergeschrieben wurden, habe ich in demselben Glase vier auf einander folgende Generationen verfolgt. Nachdem nämlich die ganze Algenlage verzehrt war, wurde der größte Theil der Calcituben herausgefangen und nur wenige Exemplare gelassen. Sobald sich dann ein neuer Algenüberzug gebildet hatte, wurde er stets wieder ganz von den Nachkommen der wenigen zurückgebliebenen Individuen bevölkert. Die Fortpflanzung erfolgte niemals in anderer Weise als sie in dieser Abhandlung geschildert wird, d. h. durch Theilung des Plasmas in plasmodienähnliche Theilstücke, welche die Schale des Mutterthieres verlassen und sich dann zu einem beschalten Thiere umbilden. Besonders bemerkenswerth ist im Hinblick auf andere Foraminiferen, die später geschildert werden sollen, dass die Größe und Zahl der auswandernden Plasmodien äußerst verschieden ist. Fig. 18 zeigt eine Schale, aus welcher eine Anzahl Plasmodien auswandern, die sehr verschiedene Größe besitzen. Während häufig, wie oben geschildert, nur ein Plasmodium abgeschnürt wird, konnte ich,

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

besonders in der Zeit, wenn die Algen fast ganz verzehrt waren, sogar 20 Plasmodien aus einer Kammer auswandern sehen.

Verfolgen wir jetzt noch das Wachsthum der aus Plasmodien entstandenen Individuen weiter. Schon vorher wurde gesagt, dass die von der Centralkammer (Plasmodium) ausgehenden Röhren radiär angeordnet sind. Ich brauche erst kaum zu erwähnen, dass dieses nicht in geometrischem Sinne aufzufassen ist, denn auch hier spielt die Variabilität eine große Rolle. Je mehr sich die Kalkröhren während des Wachthums vom Mittelpunkt entfernen, desto reicher verzweigen sie sich, was ja selbstverständlich erscheint, wenn man bedenkt, dass bei radiärem Wachsthum die Kammerenden sich immer mehr von einander entfernen und dabei reiche Nahrungsgebiete zwischen sich freilassen. Die aus den distalen Kammermündungen austretenden Pseudopodien werden gelegentlich auch seitlich Nahrung aufnehmen können, ohne auf eine Nachbarröhre oder deren Pseudopodien zu stoßen. Mit dieser seitlichen Nahrungsaufnahme wird auch der vor der Mündung lagernde Plasmaklumpen nach der betreffenden Seite verzogen und schließlich, wenn auf der anderen Seite die Pseudopodien in entgegengesetzter Richtung wirken, gegabelt. Da nun, wie wir wissen, dieser Klumpen die Schale abscheidet, resultirt aus dieser Gabelung eine dichotomische Verästelung der Schale. Die dem Centrum des Thieres näher gelegenen freien Röhrenenden haben weniger Nahrung und beschränkteren Raum und wachsen daher auch wohl langsamer und unregelmäßiger. Daher ist bei älteren Individuen die periphere Partie stets ziemlich regelmäßig verästelt, während das Centrum häufig ein ganz unentwirrbares Knäuel bildet. Diese Beobachtungen wurden in der Weise angestellt, dass ein Theil eines Individuums genau gezeichnet und gemessen wurde und nach einer Woche die neu hinzugewachsenen Stücke mit anderer Farbe auf der Zeichnung hinzugefügt wurden. So erhält man ein anschauliches Bild der Wachsthumsdifferenzen der einzelnen Röhrenenden (Fig. 10 giebt eine kleine Probe hiervon, die leider des Platzes wegen verkleinert werden musste).

In unmittelbarer Nähe der Centralkammer befinden sich auch freie Röhrenmündungen, aus denen Pseudopodien ausgesandt werden, ja es kann, wie wir gesehen haben, sogar das Plasma der Centralkammer selbst dem Algenfilz direkt aufliegen und ihn verzehren. Daher ist dann nach einigen Wochen das Algenflechtwerk im Centrum, als der ältesten Stelle, aufgezehrt und die Centralkammer schwebt frei im Wasser, nur von den von ihr abgehenden Röhren gehalten. Allmählich erweitert sich die Lücke im Algenschleier und schließlich kommt ein Zeitpunkt, wo die ganze centrale Schalenmasse den tragenden Ästen

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

zu schwer wird; dieselben brechen ab und zwar an den die Kammerscheidewände bildenden Einschnürungen der Schale, da letztere, wie wir gesehen haben, an diesen Stellen besonders dünn ist. Die meisten Kammern der centralen Partie fallen in mehr oder minder zusammenhängenden Komplexen zu Boden. Nur wenige, die außer auf dem Algenfilz auch auf der Glaswand befestigt waren, bleiben auf letzterer sitzen. Auf diese Weise hat sich dann wieder ein Kranz gebildet gleich dem, von welchem wir bei unsern Betrachtungen ausgingen.

Die Bruchstellen werden meistens von den durch Zerfall des großen sternförmigen Thieres entstandenen Individuen wieder zugebaut. Die auf den Algen zurückgebliebenen Thiere wachsen vorn weiter, während die hinteren, älteren Kammern, wenn die Unterlage verzehrt ist, abbrechen. So geht es fort, bis sich die Kränze so erweitert haben, dass sie einander berühren. An den Berührungsstellen bilden die von entgegengesetzten Seiten auf einander zuwachsenden Röhren zunächst ein labyrinthisches Knäuel, das schließlich, nachdem die Unterlage verzehrt ist, zu Boden fällt. Natürlich ist auf diese Weise ein Kranz von größerem Durchmesser, als die beiden alten waren, entstanden. Durch Verschmelzen zahlreicher Kränze bilden sich immer größere Kreise, bis zuletzt nur noch eine unregelmäßig verlaufende Linie von annähernd parallel gelagerten Individuen auf dem Rand des Algenschleiers übrig bleibt und nun geschlossen gegen denselben vorrückt (Fig. 2).

Es ist leicht erklärlich, dass man in diesem Stadium des Wachsthums nicht sehr vielkammerige Exemplare vorfindet, weil ja die hintersten Kammern immer abbrechen. Da es nun dem Zufall überlassen ist, ob die Bruchstücke ein- oder mehrkammerig werden und, wie oben gesagt, die proximal zum Centrum des Kreises gelegenen Mündungen zugebaut sind, so findet man auf dem Boden des Gefäßes sowohl, als auch auf der Wand, außer mehrkammerigen Thieren auch einkammerige, die nur eine Öffnung haben. (Die andere ist eben zugebaut.) Jemand, der die Entwicklungsgeschichte der Calcituba nicht kennt und solche einkammerigen Individuen findet, wird dieselben nach Analogie mit anderen Foraminiferen für die jüngsten Entwicklungsstadien der Calcituba halten. So thut es v. Roboz, der offenbar nur dies eine Stadium des Calcitubawachsthums kannte, was auch aus seiner Behauptung, dass diese Polythalamie nie mehr als sechskammerig wäre, hervorgeht. Indessen vermag man bisweilen noch an solchen einzelnen Kammern eine Andeutung ihrer Entstehungsart zu erkennen. Bei solchen Thieren nitzt nämlich auf dem Grunde der sackförmigen Schale ein kleines uhrschälchenähnliches Gebilde, welches so zu Stande gekommen ist,

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

dass die Spitze der anstoßenden Kammer, die, wie wir gesehen haben, häufig die Kammerscheidewand bildet, beim Abbrechen stecken blieb und dann zugebaut wurde (Fig. 9).

Hiermit sind meine Beobachtungen über das Leben der Calcituba beendet. Mit Absicht habe ich dieselben in der Reihenfolge mitgetheilt, in der sie angestellt wurden, weil ich glaube, dass man so am leichtesten einen Einblick in den etwas komplicirten Entwicklungsgang unseres Thieres bekommt. Zum Schluss fasse ich noch einmal die Lebensgeschichte der Calcituba in kurzen Worten zusammen:

Aus nackten Plasmodien entstehen große, vielkammrige, sternförmige Individuen auf folgende Weise: Das Plasmodium setzt sich auf flächenhaft wachsenden Algen fest und umgiebt sich mit Schale; von der so entstandenen ersten Kammer wachsen in radiärer Richtung, dichotomisch sich verästelnde gekammerte Kalkröhren aus. Während die peripheren Röhrenenden weiter wachsen, zerfällt die centrale Partie, wenn die Algenunterlage verzehrt ist, in Bruchstücke von verschiedener Kammerzahl, die auf den Boden sinken. Es ist auf diese Weise aus dem großen, sternförmigen Individuum ein Ring radiär angeordneter kleinerer Individuen entstanden; die letzteren bauen an ihren peripheren Enden immer neue Kammern, während die centralen älteren Theile abbrechen und zu Boden fallen, ein Vorgang, der eine gewisse Ähnlichkeit mit der Strobilation besitzt, in so fern als auch hier die älteren Theile sich ablösen, während das Thier weiterwächst. Das Schicksal der auf den Boden gefallenen Bruchstücke ist verschieden; wenn sie Nahrung erlangen, z. B. auf Algen fielen, bauen sie neue Kammern und wachsen in der gewöhnlichen Weise weiter. Wenn sie keine Nahrung haben, so verschließen sie entweder ihre Mündungen mit chitinösen Häutchen und warten in diesem encystirten Zustand auf günstigere Lebensbedingungen, oder sie bilden Plasmodien durch Theilung des Plasmas innerhalb der Schale und Auswanderung der Theilstücke. Die Plasmodien können günstigere Nahrungsgebiete aufsuchen. Aus ihnen entstehen in der oben geschilderten Weise sternförmige Individuen, entweder direkt oder nachdem eine Theilung des Plasmodiums vorausgegangen ist. Bisweilen leben die Plasmodien lange als selbständige Organismen.

Ich will auch die Möglichkeit nicht unerwähnt lassen, dass die Individuen, welche ihre Schalenmündungen verschließen, später noch andersartige Fortpflanzungskörper entwickeln. Indessen bieten meine Beobachtungen hierfür keine Anhaltspunkte. — Es wäre sehr wichtig, zu konstatiren, ob alle diese Entwicklungsstadien der Calcituba auch unter natürlicheren Verhältnissen, d. h. im Meere vorkommen.

Bei anderen Foraminiferen sind ähnliche Erscheinungen meines Wissens noch nicht beobachtet worden.

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

Das Protoplasma.

Während bei den meisten Foraminiferen die Dicke der Schale das Studium des in ihr enthaltenen Weichkörpers mit starken Vergrößerungen unmöglich macht und man sich hier auf die aus der Schale hervortretenden Theile beschränken muss, bietet Calcituba weitaus günstigere Verhältnisse. Die Schale derselben ist so dünn und kalkarm, dass man bei tausendfacher und stärkerer Vergrößerung noch ziemlich gut die Zusammensetzung und die Bewegungserscheinungen des Plasmas, ohne die Schale zu zerstören, beobachten kann. Um die Thiere längere Zeit unter dem Deckglas lebensfähig zu erhalten, was besonders für das anhaltende Studium der Bewegungserscheinungen des Plasmas nothwendig ist, muss man kontinuirlich das Meerwasser erneuern, da sonst der Salzgehalt durch Verdunsten zu schnell erhöht wird. Zu diesem Zweck benutzte ich einen oder mehrere dünne Wollfäden, deren eines etwas abgeplattete Ende unter das Deckglas gebracht wurde, während das andere in einem höher stehenden Gefäß mit Meerwasser hing; durch Kapillarität steigt natürlich das Wasser auf dieser Leitung herunter. An der anderen Seite des Deckglases wird ein ableitender Wollfaden herunter gelegt, der an seinem freien Ende mit einem Stückchen Fließpapier in Verbindung gebracht wird. Mit Hilfe dieses Apparates ist unter dem Deckglas stets ein Strom vorhanden, dessen Stärke man natürlich leicht durch Vermehrung oder Verminderung der Fäden reguliren kann. Der Zweck dieser Veranstaltung ist als erreicht anzusehen, wenn nach Verlauf mehrerer Stunden sich noch keine Salzkrystalle am Rande des Deckglases abgesetzt haben.

Bei schwacher Vergrößerung und durchfallendem Licht erscheint der Weichkörper der Calcituba als eine grobkörnige, dunkelrothbraune, ziemlich gleichartige Masse, in der an einzelnen Stellen größere Vacuolen bemerkbar sind. Derselbe erfüllte bei den von mir untersuchten Exemplaren die Kammern der Schale häufig vollständig, während von Roboz niemals die Kammern ganz von Plasma ausgefüllt fand; er schildert vielmehr das Plasma in folgender Weise: »Vom Protoplasma gehen fadenförmige Stränge ab, die an der Innenwand der Schale inseriren, wodurch die ganze protoplasmatische Masse im Innenraum der Kammer aufgehängt erscheint.« Dies kann ich nicht bestätigen. Als Gegensatz zu der vollständigen Erfüllung der Kammern habe ich einen dünnen aber kontinuirlich protoplasmatischen Wandbelag gefunden, der leicht übersehen werden kann, weil er in manchen Fällen sehr dünn ist und erst mit starken Linsen sichtbar wird; freilich waren dann in zahlreichen derartigen Fällen die gegenüberliegenden Wände durch dünne

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

Plasmabrücken verbunden, so dass der ganze Kammerinhalt eine auffallende Ähnlichkeit mit dem Primordialschlauch der Pflanzenzellen besaß. Dass zwischen den erwähnten Extremen sich leicht alle Übergänge finden lassen, brauche ich wohl kaum zu erwähnen; doch habe ich immer gefunden, dass bei Zunahme des Plasmas dasselbe an den Wänden und nicht im Centrum angehäuft wurde, daher kann man von einem Aufgehängtsein des Plasmas, wie es z. B. bei Arcella bekannt ist, kaum sprechen.

Bei den großen sternförmigen aus Plasmodien entstandenen Individuen findet man häufig Kammern, die zwischen zwei gefüllten gelegen, bei oberflächlicher Betrachtung leer erscheinen; doch habe ich in allen untersuchten Fällen auch in ihnen einen dünnen protoplasmatischen Wandbelag gefunden. Desshalb glaube ich, dass der Weichkörper sämmtlicher Kammern auch bei den größten sternförmigen Thieren ein zusammenhängendes Ganze bildet, was für die Auffassung dieser Stadien als Individuen von Bedeutung ist.

Bei Betrachtung mit stärkerer Vergrößerung verliert das Plasma seinen gleichartigen Charakter. Es zeigt sich, dass dasselbe aus einer Anzahl verschiedener Bestandtheile zusammengesetzt ist, die in Form einer Emulsion in einer scheinbar homogenen Grundsubstanz eingebettet sind. Ich will nun zunächst die einzelnen Inhaltsgebilde, die ich zu erkennen vermochte, beschreiben, dann das über die Grundsubstanz Ermittelte mittheilen und zuletzt einige Bewegungserscheinungen des Plasmas besprechen.

1. Die Inhaltsgebilde des Plasmas.

Zunächst fallen zahlreiche helle Vacuolen auf, die mit wasserklarer Flüssigkeit erfüllt zu sein scheinen. Dieselben sind von sehr verschiedener Größe und Gestalt und auch verschieden dicht an einander gelagert, d. h. durch dickere oder dünnere Grundsubstanzbrücken getrennt. Ihre Kontouren sind stets scharf und glatt; doch ist dies Verhalten nicht auf das Vorhandensein einer eigenen Wandung zurückzuführen, was die gelegentliche Gestalt und Größenveränderung dieser Gebilde verbietet. Vielmehr sind sie als dünnflüssige Tropfen in einer zähflüssigen Masse aufzufassen. Diese hellen Tropfen verleihen dem Plasma ein blasiges Aussehen, ähnlich wie dies von Pelomyxa bekannt ist; nur erscheint in unserem Falle die Masse kompakter, weil die Vacuolen im Allgemeinen kleiner und die trennenden Grundsubstanzmassen dicker als bei Pelomyxa sind. Über die chemische Zusammensetzung des Vacuoleninhalts habe ich nichts ermittelt.

Die rothe Färbung des Weichkörpers rührt von zwei verschieden-

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

artigen Inhaltsgebilden her, nämlich von größeren gelbrothen, glänzenden Tröpfchen und minutiösen intensiv rothbraunen, stark lichtbrechenden Körnchen. Die Tröpfchen liegen zwischen den Flüssigkeitsvacuolen des Plasmas zerstreut und unterscheiden sich von letzteren durch Farbe und Lichtbrechungsvermögen, während Größe und Gestalt übereinstimmen. Geformte Bestandtheile habe ich bei stärkster Vergrößerung nicht in ihnen wahrnehmen können. Ihre Zahl ist bei den einzelnen Individuen sehr verschieden. Oft sind sie so dicht angehäuft, dass sie vollständig die Stelle der hellen Vacuolen einnehmen; in andern Fällen sind sie spärlich vertreten und schließlich findet man Kammern, in denen sie ganz fehlen. Die außer diesen Tröpfchen vorkommenden, rothbraunen Körnchen erfüllen dicht die Grundsubstanz des Plasmas, sind aber von fast unmessbarer Kleinheit. Beide Farbstoffe, Tröpfchen wie Körner, lösen sich in absolutem Alkohol, Äther und Nelkenöl bei längerer Einwirkung auf. Wenn man diesen Vorgang unter dem Mikroskop beobachtet, so zeigt es sich, dass zunächst aus den Körnern Tropfen entstehen, in der Weise, dass die in der Grundsubstanz eingebetteten Körnchen in dem Inhalt der farblosen Flüssigkeitsvacuolen gelöst werden; die letzteren gleichen dann in Farbe und Lichtbrechungsvermögen vollständig den im Leben vorhandenen Farbstofftröpfchen; bei mehrfachem Alkoholwechsel wird auch aus ihnen der Farbstoff ausgewaschen und sie sind dann wieder hell wie zuvor. Hat man eine große Anzahl Calcituben in einer Uhrschale, so nimmt der Alkohol selbst eine gelbrothe Färbung an, ein Beweis, dass die Farbstoffe in ihm gelöst enthalten sind.

Wenn man Calcituben durch plötzliche Erhitzung tödtet und den Weichkörper in Meerwasser liegen lässt, so werden, wie bei der Einwirkung des absoluten Alkohols, zuerst die Körnchen in Vacuolen gelöst und dann erst diese entfärbt. Auch lebende Thiere verlieren ihre Farbe, wenn man sie längere Zeit ohne Nahrung lässt; indessen habe ich hier nicht beobachtet, dass die Körnchen in Vacuolen gelöst wurden; nur ihre Anzahl wurde geringer, woraus man wohl schließen muss, dass dieselben beim Stoffwechsel verbraucht wurden. Derartig entfärbte Exemplare wurden wieder roth, wenn sie einige Tage auf dem Algenflechtwerk gelegen hatten.

Aus diesen Versuchen schließe ich, dass die Körnchen und Tröpfchen bei der Ernährung aus der Algensubstanz gebildet werden und Reservestoffe darstellen, die bei Nahrungsmangel verbraucht werden.

Max Schultze (20) hat den braunen Farbstoff, den er bei Polystomellen und Gomien ebenfalls in Tropfen- und Körnchenform vorfand, untersucht und glaubt, dass er dem Diatomin entspricht und von der

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

in Diatomeen bestehenden Nahrung herrührt. Eben so, wie wir es gethan haben, ließ er Polystomellen hungern und sah, dass der Farbstoff verschwand, während reichliche Fütterung mit Diatomeen ihn wieder anhäufte.

In unserem Falle kann es nun wohl nicht Diatomin sein, da sorgfältig darauf geachtet wurde, dass in den betreffenden Kulturgefäßen keine Diatomeen vorhanden waren. Vielmehr bestand die Nahrung nur aus den am Anfang erwähnten grünen Fadenalgen — Siphoneen, deren grüne Farbe durch Chlorophyll bedingt ist. Wenn diese Algen in das Plasma aufgenommen werden, so büßen sie während der Verdauung ihre grüne Farbe schnell ein. Ich vermuthe nun, dass der gelbrothe Farbstoff seine Entstehung der Zersetzung des Chlorophylls verdankt, was zu beweisen freilich zur Zeit nicht möglich ist, weil wir über die chemische Zusammensetzung des Chlorophylls fast nichts wissen. Meine Gründe für diese Annahme sind pflanzenphysiologischer Art und will ich ganz kurz darauf eingehen.

Nach neueren Untersuchungen von Hansen (9) besteht das Chlorophyll aus zwei Farbstoffen, die an eine fettähnliche Substanz gebunden sind, und zwar ist dies ein grüner und ein gelber, ersterer jedoch in überwiegender Menge. Nur der grüne Farbstoff kommt bei der Assimilation in Betracht und was für uns von besonderer Wichtigkeit ist, derselbe besitzt weniger Widerstandskraft gegen physikalische und chemische Einflüsse, als der gelbe Farbstoff. Auf letzterer Thatsache beruht beispielsweise die Verfärbung der Blätter unserer Laubbäume im Herbst. Wenn die Temperatur abnimmt, zerfallen die Chlorophyllkörper und hierbei geht der grüne Farbstoff zu Grunde, oder er wandert sammt der Stärke in gegen Wärmeausstrahlung geschützte Reservestoffbehälter. Der gelbe Farbstoff bleibt in den Blättern zurück und verleiht ihnen die gelbrothe oder rothbraune Herbstfärbung. Nach Untersuchungen von Sachs (16) besteht dieser zurückgebliebene Farbstoff aus kleinen, stark lichtbrechenden, intensiv gelbrothen Körnchen, die nicht selten zu größeren, ölartigen Tröpfchen zusammenfließen. Ich habe mich nun selbst von der Richtigkeit dieser Beobachtungen an vergilbten Blättern von Robinien und Pappeln überzeugt und konnte außerdem die Thatsache konstatiren, dass diese Pflanzenfarbstoffe in Gestalt, Größe und Farbe genau mit den bei Calcituba vorkommenden übereinstimmen. Dieser Umstand und die Thatsache, dass das Chlorophyll der Algen nach der Aufnahme in den Weichkörper verschwindet, legte nun die oben erwähnte Annahme, dass der Farbstoff des Plasmas der Calcituba durch Zersetzung des Chlorophylls entstehe, sehr nahe; wir brauchen nur als Ursache des Chlorophyllzerfalls an die Stelle der

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

Wärmeausstrahlung bei den Blättern, bei Calcituba die Einwirkung verdauender Fermente zu setzen, so sind die übrigen Vorgänge bei der Verfärbung der Blätter und der Färbung der Calcituba identisch.

Außer den oben erwähnten Beobachtungen Max Schultze's liegen noch Angaben über den Ursprung des Pigments bei Rhizopoden von Cienkowsky (6) vor. Derselbe giebt an, dass der ziegelrothe Farbstoff der Vampyrellen vom Chlorophyll grüner Algen oder Euglenen herrührt, was Géza Entz (8) bestätigen konnte. Von der Färbung der Infusorien sagt schon Stein (25), dass dieselbe durch Zersetzungsprodukte der Nahrung bedingt wird.

Außer diesen Farbstoffen sind noch andere, eben so kleine, stark lichtbrechende aber farblose Körnchen in großer Zahl im Plasma der Calcituba vorhanden, die nach der Behandlung mit absolutem Alkohol erhalten bleiben; über ihre Natur habe ich nichts ermitteln können, doch glaube ich, dass sie identisch sind mit den Körnchen, welche auf den Pseudopodien das Phänomen der Körnchenströmung hervorrufen. Der Umstand, dass bei Behandlung mit Osmiumsäure einige Körnchen schwarz werden, während andere farblos bleiben, weist darauf hin, dass sie nicht alle dieselbe Zusammensetzung haben.

In sehr feiner Vertheilung können auch die schon bei unsern biologischen Betrachtungen erwähnten, dunkel kontourirten Exkretkörner auftreten. Doch werden dieselben in den meisten Fällen größer und liegen dann in Form ganz unregelmäßiger eckiger Körper meistens im Inneren von Vacuolen des Plasmas. Die chemische Natur dieser Gebilde betreffend, bin ich nicht über die Resultate anderer Forscher hinausgekommen. In Alkohol und Äther sind sie unlöslich, eben so in verdünnten Säuren, während sie in koncentrirten Säuren sich auflösen. Ihre häufig krystallinische Beschaffenheit führte Bütschli (4) zur Annahme, dass es oxalsaure Salze seien, während Entz (8) sie für harnsaure Konkretionen hält. Jedenfalls stimmen beide Autoren darin überein, dass es Endprodukte des Stoffwechsels sind. Einen Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme bildet auch unsere schon früher mitgetheilte Beobachtung, dass diese Körper außerhalb der Thiere abgelagert werden und hier sich allmählich anhäufen.

Größere Nahrungskörper finden sich verhältnismäßig selten im Inneren des die Kammern erfüllenden Plasmas, was sich dadurch erklärt, dass, wie wir gesehen haben, die Algenfäden durch den vor der Kammeröffnung gelegenen Plasmaklumpen verdaut werden, und zwar in der Weise, dass das Plasma auch größere Algenstücke umfließt. Die wenigen leeren und zusammengeschrumpften Zellhäute, welche man

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

im Weichkörper findet, liegen stets in einer Flüssigkeitsvacuole (sogenannte Nahrungsvacuole).

Über die Kerne der Calcituba wird in einem späteren Kapitel Einiges mitgetheilt werden.

2. Die Grundsubstanz.

Bis vor kurzer Zeit galt die Substanz, welche alle auf den vorigen Seiten beschriebenen Inhaltskörper verbindet, als durchaus gleichartig, wesshalb man sie mit dem Namen »homogene Grundsubstanz« belegte. Neuere Untersuchungen, die mit verbesserten optischen Hilfsmitteln angestellt wurden, haben aber gezeigt, dass auch diese Substanz in vielen Fällen noch zusammengesetzter Art ist, oder wie man sich ausdrückte, eine feinere Struktur besitzt. Unter diesem Gesichtspunkt wurde auch das Plasma einiger Foraminiferen besonders eingehend von Bütschli studirt und kam dieser Forscher zu dem Resultat, dass bei allen untersuchten Foraminiferen die Grundsubstanz des Weichkörpers einen wabigen Bau besitzt. Da meine Beobachtungen nur das von diesem Autor Gefundene im Wesentlichen als auch für Calcituba gültig bestätigen, kann ich mich im Folgenden um so kürzer fassen.

Will man die feinere Zusammensetzung des Plasmas am lebenden unversehrten Thier studiren, so kann man hierzu nur Kammern wählen, die wenig Plasma enthalten, da sonst die Fülle der Inhaltskörper das Objekt zu undurchsichtig macht. Am besten eignen sich daher die Kammern, in denen der Weichkörper nur einen dünnen Wandbelag bildet. Natürlich wird man sich die von geringstem Querdurchmesser aussuchen, um überhaupt mit starken Systemen herankommen zu können. Zweckmäßig ist es auch, mit einem feinen Glasfaden das Deckglas zu unterstützen, weil häufig die dünne Schale nicht den Druck desselben verträgt.

Der protoplasmatische Wandbelag derartiger Exemplare zeigt nun deutlich, dass die Grundsubstanz des Plasmas nicht homogen, sondern aus zwei optisch-differenten Bestandtheilen zusammengesetzt ist. Eine stärker lichtbrechende und eine hellere Substanz sind in Form einer Emulsion durch einander gemengt, doch in äußerst feiner und gleichmäßiger Weise. Die hellere Substanz erfüllt in Tröpfchenform die stärker lichtbrechende so vollständig, dass die letztere optisch nur als das Fadenwerk eines feinen Netzes erscheint, während die hellen Tropfen die Maschenräume bilden. Dass die stärker lichtbrechende Substanz nicht eine feste Struktur besitzt, und etwa ein spongiöses Gerüstwerk darstellt, beweist die Thatsache, dass die hellen Tröpfchen fortwährend ihre Gestalt und Anordnung, wenn auch äußerst langsam,

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

ändern, was nur möglich ist, wenn sie in eine flüssige Masse eingebettet sind. Das starke Lichtbrechungsvermögen dieser Substanz deutet wohl eine zähflüssige Konsistenz an. Über die chemische Beschaffenheit dieser beiden optisch differenten Stoffe ist nichts bekannt, und habe auch ich nichts ermittelt. Der Durchmesser der hellen Tröpfchen beträgt ungefähr 0,0005—0,001 mm, indessen ist dies nur eine ganz allgemeine Durchschnittsgröße, die aus zahlreichen Messungen herausgerechnet ist und aus dem Grunde keinen besonderen Werth beanspruchen darf, weil es unmöglich scheint, eine scharfe Grenze zwischen diesen kleinsten Tröpfchen und den größeren vorher beschriebenen Flüssigkeitsvacuolen zu ziehen; vielmehr scheinen beide in einander überzugehen. Ich sage ausdrücklich »scheinen«, denn es ist nicht leicht, einen solchen Übergang, also etwa das Verschmelzen mehrerer kleiner Tröpfchen zu einem größeren direkt zu beobachten. Wie später ausführlich erörtert werden soll, sind alle Vacuolen, überhaupt das ganze Plasma in steter Bewegung. Daher ist es schwierig, einen bestimmten Komplex von Vacuolen längere Zeit genau im Auge zu behalten. Doch glaube ich bestimmt in einzelnen Fällen beobachtet zu haben, dass an einer Stelle, an der eben noch zahlreiche kleine Vacuolen waren, plötzlich eine größere auftauchte. Andererseits kann man bei aufmerksamer Betrachtung bisweilen sehen, wie größere Vacuolen langsam während ihrer Wanderung kleiner werden; es macht den Eindruck, als ob alle angrenzenden kleinen Flüssigkeitstropfen ganz allmählich nach dem Centrum des größeren zusammenrücken.

Von besonderem Interesse sind die schmalen Plasmabrücken, die sich häufig zwischen den gegenüberliegenden Kammerwänden in querer oder schräger Richtung ausspannen. Auf diesen oft sehr schmalen Fäden ist meistens die Plasmaströmung etwas stärker, daher drängen sich die Vacuolen an einander und werden in der Stromrichtung in die Länge gezogen, so dass in extremen Fällen das Plasma ein fein fibrilläres Aussehen erhalten kann. Doch sind, wie gesagt, die einzelnen spindelförmigen Fibrillen nur in die Länge gezogene Vacuolen. Beim Übergang in das Wandplasma gehen auch sie allmählich wieder in die rundliche Tropfenform über. Dieselbe Beobachtung kann man häufig an Kammereinschnürungen machen (Fig. 19—20).

Mit Absicht habe ich zuerst unversehrte Thiere zu diesen Beobachtungen gewählt, um zu zeigen, dass auch hier die beschriebenen Erscheinungen zu erkennen sind. Deutlicher und leichter zu studiren sind dieselben aber am isolirten Plasma. — Wenn man Kammern zerdrückt oder mit feinen Nadeln die Schale unter dem Mikroskop zerbricht, so kann man dieselben Phänomene beobachten, die Bütschli (5, p. 65)

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

bei Miliola schildert; und zwar in so übereinstimmender Weise, dass fast Alles, was dieser Forscher über Miliola sagt, auch für Calcituba gilt. Ich will daher nur das Wichtige hervorheben. Da das Plasma der Calcituba sehr zähe ist, spannt sich ein Theil desselben zwischen den Schalenfragmenten in feinen Fäden aus. Das übrige Plasma zerfällt bei fortgesetztem Druck in gesonderte Stücke, die sich bei Nachlassen desselben kugelig abrunden. Nach ungefähr einer Viertelstunde beginnen die größeren dieser kugeligen Klumpen, nachdem minutenlang unregelmäßig wogende oder amöboide Bewegungen vorausgegangen waren, allseitig zarte Pseudopodien auszusenden. Dieselben sind häufig an ihren Basen schwimmhautartig verbunden. Namentlich diese dünnen flächenhaften Verbreiterungen zeigen das vorher beschriebene Netzbild als Ausdruck einer vacuolären Beschaffenheit außerordentlich deutlich, wohl weil das Plasma sich hier in relativer Ruhe befindet (Fig. 21 *b*). Doch zeigt auch jeder Wulst, der sich bei einer Strömungsstörung auf den Pseudopodien bildet, oder die kleinen durch Verschmelzung von Pseudopodien entstandenen Ausbreitungen, deutlich die Zusammensetzung aus mehreren Waben. An den kleinsten abgesprengten Plasmakugeln sind die oberflächlichen Wabenkörper stets ziemlich regelmäßig radiär angeordnet, daher erscheint der Rand einer solchen Kugel im optischen Durchschnitt als regelmäßiger Alveolarsaum. Bei günstiger Beleuchtung und etwas seitlicher Abblendung kann man häufig sehen, dass außerhalb dieses Alveolarsaumes noch ein ganz feiner Kontour verläuft, der nur durch eine dünne vollkommen hyaline Plasmaschicht bedingt sein kann, die sich auf der Oberfläche des wabigen Plasmas ausbreitet.

Während die Anfangstheile der Pseudopodien häufig das fibrillär maschige Bild zeigen, das vorhin bei den Plasmabrücken beschrieben wurde, erscheinen die dünnsten Enden derselben bei centraler Beleuchtung als scharfe stark lichtbrechende Linien (Fig. 21 *a*). Die Körnchen, die sich an ihnen bewegen, springen seitlich als Buckel hervor. In manchen Fällen aber laufen sie gar nicht auf der Linie, sondern in einer kleinen Entfernung von derselben oder auch eine Zeit lang sie mit ihrer Oberfläche berührend, dann aber im Bogen ablenkend, um nach dieser Exkursion wieder zu ihr zurückzukehren. Bei seitlicher Abblendung sieht man nun bisweilen auch hier zu beiden Seiten der stark lichtbrechenden Linie in wechselnder Entfernung einen zarten Kontour verlaufen; daher glaube ich, dass auch hier der starklichtbrechende, zähe Pseudopodienfaden von einer hyalinen, leichter flüssigen Plasmamasse umhüllt ist, in der dann die Körnchen eingebettet sind. Nur bei dieser Annahme ist die Erscheinung, dass sich die Körnchen vom Pseu-

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

dopodienfaden entfernen, erklärbar. Dass ich an manchen Tagen den feinen hyalinen Saum nicht gesehen habe, ist, wie ich glaube, nicht auf das Fehlen desselben zurückzuführen, sondern darauf, dass das Auge nicht immer gleich gut disponirt ist, um Dinge, die an der Grenze des Wahrnehmbaren stehen, zu erkennen. Ob die Bewegung der Körnchen aktiv oder passiv ist, lässt sich vorläufig nicht entscheiden. Auch bei der von mir beschriebenen Myxotheca bin ich zu der Ansicht gekommen, dass in den Pseudopodien ein zäher Achsenfaden vorhanden sei. Doch basirte dort diese Annahme nicht auf dem feineren Bau der Pseudopodien selbst, der gar nicht untersucht wurde, sondern auf der Thatsache, dass bei Erschütterung die Pseudopodien häufig in Form einer unregelmäßigen Spirale eingezogen wurden. Bei Calcituba erfolgt nun die Einziehung der Pseudopodien in etwas anderer Weise, doch ist dieselbe auch mit der Annahme eines zäheren Achsenfadens vereinbar. Es bilden sich bei Erschütterung in wechselnden Abständen spindelförmige Verdickungen (Fig. 21 *v*), die alle mit einander durch einen dünnen Faden (Fig. 21 *f*) verbunden sind und allmählich unter centripetaler Strömung, zu immer größeren Klumpen zusammenfließend, in den Weichkörper eingezogen werden. Bei sehr heftiger plötzlicher Erschütterung kommt es aber vor, dass der dünne Verbindungsfaden an mehreren Stellen zugleich reißt; es entsteht dann eine Reihe gesonderter Plasmakugeln von verschiedener Größe, was sich wohl dadurch erklärt, dass die Zähigkeit des Achsenfadens nicht dem Streben des Plasmas, sich bei mechanischem Reiz abzurunden, die Wage halten konnte. Diese kleinen Kugeln (Fig. 21 *c*) zeigen eben so, wie die vorhin beschriebenen, alveolären Bau und einen hyalinen Saum. Das Plasma beginnt nach einer kurzen Ruhepause wieder Pseudopodien zu bilden. Wenn die letzteren nun zufällig eine der isolirten Plasmakugeln berühren, so verschmelzen beide an der Berührungsstelle sofort mit einander und der Plasmaklumpen, der seine regelmäßige Kugelgestalt hierbei einbüßt, wird mit der centripetalen Strömung langsam dem Weichkörper zugeführt. Eine mechanische Erklärung lässt sich für alle diese Erscheinungen vorläufig eben so wenig geben, wie für die Fähigkeit des Weichkörpers, sich bei der Fortpflanzung spontan zu theilen. Dass die Kerne hierbei keinen sichtbaren Einfluss, etwa als Attraktionscentren, haben, soll später gezeigt werden.

Nicht unerwähnt will ich lassen, dass außer Bütschli auch Max Schultze (21) für die Miliolidenpseudopodien einen kontraktilen Achsenfaden annimmt.

Das Plasma der Calcituba scheint noch größere Lebenszähigkeit zu besitzen, als das der Miliola, welche Bütschli untersuchte. Während

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

dieser Forscher den zerdrückten Weichkörper nur $^3/_4$ Stunden in dem oben geschilderten Zustand beobachten konnte, erhielt sich das Calcitubaplasma einen ganzen Tag mit ausgebreiteten Pseudopodien. Einige größere Klumpen zeigten sogar noch am folgenden Morgen schwache Strömungserscheinungen. Indessen ist zu erwägen, dass mein Objekt weit günstigere Lebensbedingungen durch den kontinuirlichen Wasserwechsel besaß.

Beim Absterben verlieren die Plasmaklumpen ihre rundliche Gestalt; sie bekommen unregelmäßige Höcker und gewinnen meistens einen größeren Durchmesser, was vielleicht auf Quellung zurückzuführen ist. Für die letztere Annahme spricht auch der Umstand, dass der wabige Bau des Plasmas nach dem Absterben für kurze Zeit deutlicher wird, um dann freilich ganz zu verschwinden. Eine Erscheinung, die man auch durch Zusatz eines Quellung bewirkenden Mittels, wie der Essigsäure, hervorrufen kann. Das Plasma wird zuletzt grobkörnig und löst sich allmählich auf oder es wird von anderen Mikroorganismen (Bakterien etc.) verzehrt.

Auch bei geeigneter Fixation des Plasmas wird der vacuoläre Bau desselben deutlicher, was darauf beruht, dass die störende Bewegung aufhört, weil die vorher zähflüssige Masse fest wird. Ich habe unter dem Mikroskop die Einwirkung verschiedener Fixationsmittel verfolgt und gefunden, dass nächst der Osmiumsäure, die von mir schon früher empfohlene Mischung von Alc. absolutus und Sublimat am schnellsten die Bewegung des Plasmas hemmt und zugleich am wenigsten die Größe und Anordnung der Vacuolen verändert. Osmiumsäure ist desshalb weniger geeignet, weil sie, wie vorhin erwähnt, manche Einschlüsse des Plasmas schwarz färbt. Bei Anwendung von reinem Alkohol absolutus schrumpft das Plasma so stark, dass die Kontouren der Vacuolen ganz zackig erscheinen.

3. Die Plasmaströmung.

Bei dem Studium des feineren Baues des Plasmas war mir aufgefallen, dass die einzelnen Bestandtheile des Weichkörpers fortwährend ihre Lage wechseln, dass also eine Strömung im Plasma vorhanden sein müsse. Indessen achtete ich Anfangs nicht weiter darauf, weil ich glaubte, dass diese Erscheinung irgendwie mit der Pseudopodienbildung in Zusammenhang stände. Da nun die fortwährende Bewegung die Beobachtung etwas störte, begann ich nach ruhendem Plasma zu suchen und wählte mir zur Untersuchung Exemplare, von denen ich wusste, dass sie seit längerer Zeit keine Pseudopodien mehr ausgesandt hatten, nämlich die Thiere, welche auf dem Boden des Gefäßes lagen und ihre

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

Mündungen mit chitinösen Häutchen verschlossen hatten. Hier glaubte ich sicher den Weichkörper in Ruhe zu finden und bei Betrachtung mit schwacher Vergrößerung schien es auch so. An den Kammermündungen war das Plasma meistens kalottenförmig abgerundet und konnte man bei längerer Beobachtung keine Veränderung der Kontouren wahrnehmen. Bei starker Vergrößerung (1200) zeigte sich aber auch hier dieselbe Bewegung der Plasmabestandtheile, und so viele Kammern ich auch untersuchte, niemals befand sich der Weichkörper in seinem Innern bewegungslos. Daher glaube ich diese Erscheinung für einen normalen Lebensprocess des Calcitubaweichkörpers halten zu müssen.

Da meines Wissens konstante Strömungen im Plasma anderer kalkschaliger[1] Foraminiferen noch nicht beobachtet sind, habe ich dieselben bei Calcituba näher verfolgt und theile im Folgenden meine Resultate mit.

Die Bewegung des Plasmas ist natürlich nur an den einzelnen Formbestandtheilen desselben, wie Vacuolen, Kernen, Körnern etc. sichtbar, doch erfolgt die Wanderung der letzteren so langsam, dass man erst bei längerem Zuschauen eine bestimmte Bewegungsrichtung erkennt. Indessen ist gerade diese Langsamkeit der Bewegung für das Studium der Strömungsrichtung und die Verfolgung der einzelnen Theile auf ihren Bahnen sehr günstig.

In den meisten beobachteten Fällen erfolgte die Strömung parallel der Längsachse der Kammer und beginne ich mit der am leichtesten zu verfolgenden Art, der einfachen Rotation (Fig. 26).

Stellt man den Tubus auf die Oberfläche des Kammerinhalts ein, so bemerkt man, dass alle größeren Inhaltsgebilde des Plasmas sich mit ziemlich konstanter Geschwindigkeit in der Längsrichtung der Kammer nach der Mündung zu bewegen; diese Richtung wird, wie man beim Senken des Tubus bemerkt, bis zur Mitte der Kammer eingehalten, dann zeigt sich aber plötzlich die entgegengesetzte Strömung und diese bleibt bis zur unteren Oberfläche der Kammer bestehen. Verfolgt man eine bestimmte Vacuole der Oberfläche, so bemerkt man, dass sie bis zum Ende der Kammer in einer Richtung verläuft, dann in die Tiefe hinabgeht und nun in entgegengesetzter Richtung zurückströmt, um am Ende wieder in die erste Richtung einzubiegen. Wenn man um 90° die ganze Kammer um ihre Längsachse dreht, so zeigt sich die Strömung in folgender Weise (cf. Fig. 26). Auf der linken Seite fließen alle oberflächlichen (schwarze Pfeile) wie tiefen Theile (rothe Pfeile) des Plasmas in einer Richtung, biegen dann am Ende der Kammer nach der rechten

[1] Bei der weichschaligen Shepheardella beschreibt Siddall (24) ebenfalls Rotation des Plasmas.

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

Seite um und laufen in entgegengesetzter Richtung zurück. In der Mittelebene zwischen dem links- und rechtsseitigen Strom müssten sich theoretisch Theile in Ruhe befinden, in Wirklichkeit sieht man aber nichts hiervon, vielmehr strömen die Vacuolen direkt in entgegengesetzter Richtung an einander vorbei oder es wird auch eine Vacuole, die eben noch mit dem linksseitigen aufsteigenden Strom fortgeführt wurde, plötzlich vom rechtsseitigen ergriffen, kurz es kann in der Mitte zwischen den beiden Hauptströmen die Bewegungsrichtung wechseln. Wenn die Ströme auf beiden Seiten gleich breit sind und auch mit gleicher Geschwindigkeit verlaufen, so ist es klar, dass eine Fortbewegung des Plasmas innerhalb der Kammer nicht erfolgt, dass vielmehr der Weichkörper an derselben Stelle in sich rotirt. Häufig kommt es aber vor, dass der Strom auf der einen Seite schneller ist, als auf der andern; wenn in diesem Falle das Plasma trotzdem seine Gestalt und Stellung in der Kammer behält, so wird dies dadurch erreicht, dass die schnellere Strömung sich in einem engeren Bett bewegt, als die entgegengesetzte langsamere.

Das bisher Gesagte gilt von einer Kammer, in welcher der Weichkörper eine solide Masse darstellt. Ähnliche Beobachtungen kann man nun auch an Kammern machen, in denen das Plasma nur einen dünnen Wandbelag bildet, während der centrale Hohlraum nur von dünnen Plasmasträngen in querer oder schräger Richtung durchzogen wird (Fig. 29). Der Wandbelag rotirt hier ebenfalls als zusammenhängende Masse mit annähernd konstanter Geschwindigkeit um den centralen Hohlraum. Es besitzt der ganze Vorgang in diesem Falle eine frappante Ähnlichkeit mit der Rotation, wie sie in zahlreichen Pflanzenzellen bekannt ist, z. B. bei Characeen oder den Wurzelhaaren von Hydrocharis morsus ranae. Der Hauptunterschied besteht nur darin, dass in unserem Falle die Strömung sehr langsam vor sich geht.

In den die Kammer durchsetzenden Strängen strömt das Plasma meistens etwas schneller als auf den Wänden und auch in sehr wechselnder Richtung; die Formbestandtheile der gegenüberliegenden Wände können z. B. auf beide Enden der Verbindungsstränge zugleich übergehen und tritt dann die Erscheinung ein, dass in diesen dünnen Fäden zwei gerade entgegengesetzt verlaufende Ströme sich kreuzen. Wie denkbar herrscht hierbei die größte Mannigfaltigkeit.

Die bisher beschriebene Art der Strömung habe ich verhältnismäßig selten gefunden und nur bei Kammern von geringem Querdurchmesser. Viel häufiger findet sich eine Rotation, die man vielleicht als springbrunnenartige bezeichnen kann (Fig. 27). Während bei der ersteren die Bestandtheile des Plasmas in Ebenen rotiren, die einander

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

annäherd parallel sind, schneiden sich bei der jetzt zu besprechenden Bewegung alle Rotationsebenen in der centralen Achse der Kammer.

Auf der Oberfläche hat man eine bestimmte Strömungsrichtung, im Centrum die entgegengesetzte und an der unteren Fläche des Plasmas wieder die erste. Man kann die Kammer beliebig um ihre Längsachse drehen, immer findet man dieselbe Aufeinanderfolge der Strömungen, nämlich überall an der Oberfläche die gleiche Richtung und im Centrum die entgegengesetzte. Betrachtet man nun ein Ende der Kammer, so bemerkt man, dass alle mit dem centralen Strome herbeigeführten Formbestandtheile mit centrifugaler Strömung in radiärer Richtung abbiegen, sich an die Oberfläche begeben und zurückströmen; am anderen Ende der Kammer lenken sie dann wieder mit centripetaler Strömung in den centralen Strom ein.

Wenn im Centrum und an der Peripherie die Strömungsgeschwindigkeit gleich ist, rotirt der Weichkörper auf derselben Stelle. Anders ist es, wenn einer der Ströme mit größerer Schnelligkeit sich bewegt als der andere. Ich habe nur beobachtet, dass die centrale Masse schneller strömte als die periphere; der centrale Strom führt dann in der Zeiteinheit mehr Plasmatheile an das vordere Ende des Weichkörpers, als der langsamere periphere an das hintere Ende zurückführen kann, daher häuft sich das Plasma an dem vorderen Ende in demselben Maße an, als es am entgegengesetzten verschwindet; das heißt der Weichkörper bewegt sich in der centralen Stromrichtung vorwärts. Eine ganz ähnliche Art der Plasmabewegung ist schon von F. E. Schulze bei Pelomyxa (22, p. 136) eingehend geschildert worden und will ich daher hier nicht näher darauf eingehen [besser als eine lange Beschreibung macht den ganzen Vorgang Fig. 28 verständlich, in der die Länge der Pfeile der Geschwindigkeit der Strömung proportional ist].

Die beiden auf den vorigen Seiten geschilderten Arten der Rotation kommen auch in derselben Kammer vereint vor (Fig. 28) und nicht nur 2, sondern 5—6 und mehr verschiedene Strömungen können den Weichkörper zugleich durchziehen, so dass ich viele Seiten mit der Schilderung der einzelnen Modifikationen ausfüllen könnte. Indessen ist dies zwecklos, da sämmtliche Bewegungsarten auf die beiden beschriebenen zurückzuführen sind. Erwähnen will ich noch, dass die kleinsten Körnchen, welche das Plasma erfüllen, oft Bewegungen ausführen, die von der Plasmaströmung ganz unabhängig sind, so dass ich annehmen muss, dass dieselben eine durch andere Kräfte bedingte Bewegung besitzen. Dass übrigens häufig auch echte Molekularbewegung eine Rolle spielt, kann ich nicht in Abrede stellen.

Die mitgetheilten Beobachtungen wurden mit Hilfe des Winkel-

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

schen Zeichenapparates angestellt. Es wurde zuerst der Umriss des Weichkörpers gezeichnet und dann successive von der Oberfläche bis zur Tiefe einzelne Vacuolen auf den verschiedensten Seiten der Kammer bei ihrer Bewegung mit der Bleifederspitze verfolgt und ihre Richtung durch einen Pfeil angedeutet, was wegen der Langsamkeit der Strömung sehr leicht geht; die oberflächlichen Vacuolenwege wurden von den tiefen durch verschiedene Farben unterschieden. Wenn so das ganze Bild ausgefüllt war, stellte es ein der Natur möglichst entsprechendes Schema der Strömungsrichtungen dar (Fig. 26—29). In ähnlicher Weise wurde auch die Geschwindigkeit der Strömung gemessen. Man verfolgt eine Vacuole mit dem Bleistift und zählt zugleich die Sekundenschläge einer Uhr. Den wirklich durchlaufenen Weg kann man natürlich leicht aus der Länge der Linie berechnen. Die beiden Grenzwerthe der Geschwindigkeit, die ich bei zahlreichen Messungen erhielt, waren 0,3—2,5 μ in der Sekunde. Nehmen wir eine Geschwindigkeit der Plasmaströmung von 2 μ in der Sekunde an und lassen die Strömung nur in einer Richtung erfolgen, so würde das Plasma ungefähr $5^1/_2$ Tage brauchen, um eine Strecke von 1 m zu durchlaufen; diese Rechnung hat nur den Zweck, eine Vorstellung von der Langsamkeit der Plasmaströmung zu geben. In Wirklichkeit bewegen sich die Organismen ja mit Hilfe der Pseudopodien.

In der Foraminiferenlitteratur habe ich keine Angabe über konstante Plasmaströmungen bei kalkschaligen Reticulosa gefunden; vielleicht ist die Wanderung des Kerns aus einer Kammer in die folgende, die F. E. Schulze zuerst bei Polystomella (23) beschrieben hat, durch ähnliche Strömungen im Inneren der Kammern bedingt. Mir ist es sehr wahrscheinlich geworden, dass bei allen Foraminiferen sich ähnliche langsame Bewegungen im Weichkörper bei genauerer Untersuchung finden werden.

Rotation oder Cirkulation des Plasmas ist bei Infusorien und Noctiluca schon lange bekannt (cf. 3) aus dem Grunde, weil sie hier bedeutend schneller, als in unserem Falle erfolgt und daher sofort den Beobachtern auffiel.

Über die Kräfte, welche alle diese Bewegungen hervorbringen, ist nichts Thatsächliches bekannt.

Die Schale.

Die Schale von Calcituba besitzt nicht ein porzellanartiges Aussehen, wie die der anderen Milioliden, weil die Wandung zu dünn und kalkarm ist, so dass auch bei auffallendem Licht noch die rothe Farbe des Weichkörpers durchschimmert. Da Poren und regelmäßige Skulp-

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

turen nicht vorhanden sind, erscheint die Oberfläche der Schale bei Betrachtung mit schwächerer Vergrößerung im Allgemeinen glatt. Auf optischen Durchschnitten sieht man meistens beide Kontouren der Wandung als zusammenhängende, glatte, nahezu parallele Linien verlaufen; ein Beweis, dass die Schale fast überall die gleiche Dicke besitzt. Eine Ausnahme hiervon machen nur die Einschnürungen an den Kammerscheidewänden und die Mündungen, wo, wie wir schon früher gesehen haben, die Schale allmählich dünner wird.

Bei stärkerer Vergrößerung kann man indessen einige Unregelmäßigkeiten auf der Schalenoberfläche entdecken; meistens sind es flache Höcker und Wülste oder kurze, erhabene Kalkleisten. Letztere kann man besonders häufig an den die Kammerscheidewände andeutenden Einschnürungen beobachten. Aus der tiefen Ringfalte entspringend, verlaufen sie auf der Schalenoberfläche sich allmählich verschmälernd oder auch knotig angeschwollen, parallel oder wirr durch einander. An solchen Stellen kann die Schale ein ganz unregelmäßig gefaltetes und gerunzeltes Aussehen erhalten. Niemals habe ich aber an der inneren Schalenoberfläche entsprechende Erhabenheiten und Vertiefungen nachweisen können, sondern dieselbe war stets glatt.

Selten findet man auf der äußeren Schalenoberfläche Fremdkörper festgekittet; in den beobachteten Fällen waren es Bacillariaceen und kleine Bruchstücke von Diatomeenpanzern.

Untersucht man Schalenfragmente mit stärkster Vergrößerung (1000—1500), so zeigt sich eine Struktur, die im Anschluss an die Beobachtungen über den feineren Bau des Plasmas unser besonderes Interesse verdient. Bei Einstellung auf die Oberfläche erscheint auf derselben eine äußerst zarte, polygonale Felderung oder besser, das Bild eines Netzwerkes (Fig. 22). Die Maschen desselben, die verschiedene Größe und Gestalt besitzen, erscheinen heller und weniger lichtbrechend als die Fäden. Letztere bestehen aus feinen, in einer Reihe angeordneten Körnchen, die sehr starkes Lichtbrechungsvermögen besitzen und daher als dunkle Pünktchen zu erkennen sind; jedoch sind sie zu klein, um eine bestimmte Gestalt unterscheiden zu lassen. In den Knotenpunkten scheinen dieselben zahlreicher neben einander zu liegen. Das größte beobachtete Maß der Maschenräume betrug 1,5 μ. — Bei etwas tieferer Einstellung verändert sich das Bild; wo eben noch Maschenräume waren, befinden sich jetzt Knotenpunkte oder kleine, mit Körnchen besäte Flächen, und so verschieben sich die Maschen bis zur inneren Schalenoberfläche mehrmals; jedenfalls aber zeigt sich bei jeder beliebigen Einstellung ein Netzbild. Wenn man eine bestimmte Masche im Auge behält und den Tubus schnell ein we-

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

nig auf und ab bewegt, so hat man nicht mehr den Eindruck einer Masche in einem flächenhaft ausgebreiteten Netze, sondern man glaubt einen hellen, scharfkontourirten Tropfen gesehen zu haben. — Stellt man ganz scharf auf die Oberfläche der Schale ein und bemüht sich, auch mit dem Auge nicht tiefer zu dringen, sondern nur das in einer optischen Ebene gelegene zu betrachten, was nicht ganz leicht ist, so bemerkt man, dass die Oberfläche mit einer kontinuirlichen Lage von Körnchen bedeckt ist und dass das Netzbild nur ganz schwach durchschimmert, während es unter der Oberfläche viel deutlicher ist. — Dieselbe Erscheinung zeigt sich auch auf der inneren Schalenoberfläche.

Wenn man ferner leere Schalen durch einen kurzen, starken Druck auf das Deckglas zertrümmert, so werden die Bruchstücke sehr klein. Es finden sich daher immer einige so gelagert, dass man auf einen Querschnitt der Schalenwand sieht, und man überzeugt sich leicht, dass auch hier das Netzbild vorhanden ist, mit derselben Maschenweite wie bei der Oberflächenbetrachtung. Die Maschen sind in vier bis fünf Reihen in der Querrichtung neben einander geordnet. Die beiden äußeren Reihen machen den Eindruck eines regelmäßigen Alveolarsaumes, so weit sich dies bei der Kleinheit der Maschen und dem starken Lichtbrechungsvermögen der Ränder erkennen lässt (Fig. 24).

Aus diesen Beobachtungen scheint mir ohne Zweifel hervorzugehen, dass die Schale aus vier bis fünf Schichten wabenartig an einander gelagerter Kästchen besteht, deren Wände mit stark lichtbrechenden Körnchen dicht besetzt sind. Dass nur die letzteren aus kohlensaurem Kalk bestehen, lehrt die Entkalkung der Schale. Lässt man nämlich unter das Deckglas vorsichtig sehr verdünnte Salpetersäure fließen, so bemerkt man, dass die glänzenden Körnchen allmählich ihr starkes Lichtbrechungsvermögen einbüßen, bis sie schließlich ganz verschwunden sind; mit ihnen ist dann aber auch das Netzbild ausgelöscht und es ist ein vollständig homogenes, gelbliches Häutchen, die bekannte chitinöse Schalenbasis, zurückgeblieben, die sich durch große Resistenz gegen Säuren und Alkalien auszeichnet. Dieselbe besitzt die gleiche Dicke, wie die unentkalkte Schale, jedoch nur bei langsamer, vorsichtiger Entkalkung. Setzt man koncentrirte Säuren zu, so erfolgt die Kohlensäureentwicklung mit großer Intensität, explosionsartig, was sich durch Aufsteigen zahlreicher Gasblasen dokumentirt und in Folge dessen wird das organische Häutchen zerrissen oder zum mindesten stark geschrumpft und gefaltet; eine Thatsache, die schon Max Schultze bekannt war, der andererseits auch hervorhebt, dass bei vorsichtiger Entkalkung die organische Grundlage der Schale trotz ihrer Durchsich-

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

tigkeit alle Poren und Höcker der unverletzten Schale in Gestalt und Größe genau wiedergiebt.

Nicht überall zeigt sich das Netzbild so regelmäßig, wie es oben beschrieben wurde, häufig sind alle Maschen in einer Richtung in die Länge gezogen und es erhält die Schale an solchen Stellen ein streifiges Aussehen (Fig. 23).

An den Unregelmäßigkeiten und erhabenen Leisten der Schale (Fig. 25), die zu Anfang erwähnt wurden, habe ich eine feinere Struktur nicht zu erkennen vermocht, wohl aus dem Grunde, weil diese Gebilde wegen ihrer stark gewölbten Oberfläche das Licht zu stark brechen. So weit meine Beobachtungen; vergleichen wir nun die Struktur der Schale mit der im vorigen Kapitel geschilderten, feineren Zusammensetzung des Plasmas, so zeigt es sich, dass die mit chitinöser Substanz erfüllten Kalkwaben der Schale dieselbe Größe und Gestalt haben, wie die kleinsten Vacuolen des Plasmas. Noch mehr als dies, weist der Umstand, dass bei Schale wie Plasma Streifenbilder durch In-die-Länge-Strecken von Waben vorkommen, darauf hin, dass ein ursächlicher Zusammenhang zwischen beiden Strukturen besteht; welcher Art derselbe aber ist, entzieht sich der Beobachtung. Trotzdem sei es mir gestattet, die Vorstellung, die ich mir von der Bildung der Schale gemacht habe, obwohl sie nur hypothetisch ist, hier darzulegen.

Wir haben gesehen, dass der Weichkörper in seinen feinsten Theilen eine Emulsion von zwei verschieden stark lichtbrechenden, also wohl auch verschieden konsistenten Flüssigkeiten darstellt, die im Leben in steter Strömung begriffen ist; nach der Fixirung erscheint sie jedoch als festes Wabenwerk, was darauf beruht, dass wahrscheinlich die Substanz der Vacuolenwände gerinnt. Hiernach stelle ich mir nun vor, dass die oberflächlichen Vacuolen des Plasmas in ihrem Inneren feinste Kalkkörnchen ausscheiden, die dann an der Grenze des zäher- und leichterflüssigen Plasmas sich ablagern. Dadurch wird die Verschiebbarkeit der einzelnen Flüssigkeitstropfen gegen einander geringer werden und die Oberfläche des Plasmas wird zum Stillstand kommen; mitunter freilich — bei starker Strömung — unter Verzerrung der Tropfen, woraus dann die streifige Struktur der Schale resultirt. Durch den Umstand, dass die oberflächlichen Plasmavacuolen nicht mehr cirkuliren, hört vielleicht die Assimilationsfähigkeit in denselben auf und es ist damit der Anstoß zur Ausscheidung chitinöser Substanz gegeben, die dann den ganzen Raum zwischen den Kalkkörnchen ausfüllt.

Bei dieser Annahme sind, wie ich glaube, die Bauverhältnisse der

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

Schale einigermaßen verständlich. Einen genaueren Einblick in die bei der Schalenbildung sich abspielenden Vorgänge wird man wohl ohne Kenntnis der chemischen Verhältnisse des Plasmas nicht gewinnen können.

Die unregelmäßigen Höcker und Kalkleisten, namentlich die an den Einschnürungen der Kammerscheidewände gelegenen, kann man wohl mit ziemlicher Sicherheit als sekundäre Auflagerungen von Schalensubstanz auffassen, einmal weil ihnen keine Skulpturen an der Innenwand entsprechen und dann, weil wir ja wissen, dass das Plasma von der Mündung aus sich häufig über die Schale nach rückwärts verbreitet.

Bei Foraminiferen findet sich eine polygonale Felderung der Schale noch bei einigen Lageniden, die Dreyer (7, p. 396) auch auf die sekretorische Thätigkeit einer Vacuolenschicht des Plasmas zurückführt. Sonst ist mir in der Litteratur nichts Ähnliches bekannt geworden; indessen ist es fraglich, ob überhaupt schon die feinere Struktur der Schale mit sehr starken Vergrößerungen in vielen Fällen studirt ist.

Nicht unerwähnt will ich lassen, dass bei anderen Protozoen Cuticularbildungen beschrieben worden sind, die eine ähnliche wabige Struktur, wie die Calcitubaschale besitzen, ich erinnere nur an die Pellicula der Infusorien, die in zahlreichen Fällen einen alveolären Bau zeigt (4, p. 1258—1270), vielleicht ist auch die Felderung der Cuticula von Leptodiscus medusoides, die Hertwig (10) beschreibt und die mosaikartige Zeichnung der Peridineenpanzerplatten auf die sekretorische Thätigkeit eines vacuolären Plasmas zurückzuführen.

Die Kerne.

Schon von Roboz hat einige Mittheilungen über die Kernverhältnisse der Calcituba gemacht. Er konnte in den einzelnen Kammern 4 oder 6 bis 8 Kerne konstatiren; einkammerige Exemplare sollen nach ihm stets einkernig sein. Die Kerne selbst fand er immer nach dem bläschenförmigen Typus gebaut, das heißt mit Membran und einem deutlichen Kernkörperchen. So einfache Verhältnisse habe ich nun nicht finden können, wie im Folgenden ausführlich dargelegt werden soll.

Schon im Leben sind die Kerne der Calcituba als helle, scharfkontourirte Bläschen im rothen Plasma zu erkennen, am deutlichsten bei flach ausgebreiteten Plasmodien, in denen man mit schwacher Vergrößerung häufig 50 und mehr Kerne zählen kann. Doch ist es unmöglich, eine feinere Struktur an denselben wahrzunehmen, ohne das Thier zu verletzen. Das Plasma ist ja mit Farbstoffen meist so erfüllt, dass diese

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

schon ein genaueres Beobachten der Kerne unmöglich machen; außerdem ändern die letzteren fortwährend ihre Lage, da sie, wie wir gesehen haben, mit den Strömungen des Plasmas hin- und hergetragen werden, wesshalb es unmöglich ist, bei stärkerer Vergrößerung einen bestimmten Kern längere Zeit zu verfolgen.

Beim Zerdrücken von Kammern gelingt es bisweilen, einzelne Kerne zu isoliren und vermag man dann eine undeutliche Struktur an ihnen zu erkennen; meistens sind es dunklere Granulationen im Inneren oder auch die Spuren eines Gerüstwerks, das optisch als Netzbild erscheint; indessen sind, wie gesagt, diese Strukturen nie deutlich ausgeprägt. Etwas schärfer treten dieselben zwar bei Essigsäurezusatz hervor, doch dauert dieser Process nur kurze Zeit, da sich die Kerne sehr schnell auflösen.

Von einem genauen Studium der lebenden Kerne musste ich demnach absehen und mich auf konservirtes Material beschränken.

Die nachfolgenden Beobachtungen sind an Exemplaren, die mit Sublimatalkohol fixirt und mit Boraxkarmin resp. Hämatoxylin gefärbt waren, gemacht worden. Es wurde stets eine größere Anzahl von Individuen zugleich fixirt und gefärbt, um ein möglichst gleichartig behandeltes Material zu erhalten. Alle an Totalpräparaten erhaltene Resultate wurden an Schnittserien kontrollirt.

Zunächst ist zu bemerken, dass sich bezüglich der Zahl und Größe der in den einzelnen Kammern gelegenen Kerne kein gesetzmäßiges Verhalten auffinden lässt. Erstens findet man Kammern, in welchen ein einziger, ziemlich ansehnlicher Kern liegt (20—30 μ Durchmesser (Fig. 30); dann solche, die wenige (5—6) Kerne von ähnlicher Größe (Fig. 31), oder auch wenige Kerne von mittlerer Größe (15—20 μ) und eine größere Anzahl von ganz kleinen (3—5 μ) Kernen enthalten (Fig. 32). Schließlich kann eine große Zahl kleiner Kerne ziemlich gleichmäßig durch das Plasma vertheilt sein (Fig. 33—35). So habe ich in einer kleinen Kammer auf einer Schnittserie über 500 Kerne gezählt (Fig. 35).

Die Größe der Kammern steht in keinem bestimmten Verhältnis zur Anzahl der Kerne; ich habe große Kammern mit wenigen (Fig. 31) und ganz kleine Kammern mit sehr vielen Kernen gefunden (Fig. 35) und umgekehrt. Eben so wechselnd wie bei den ausgebildeten Thieren ist die Zahl der Kerne bei den Plasmodien. Man findet ein-, wenig- und mehrkernige Formen, selbst wenn die Fixirung sofort nach der Auswanderung des Plasmas aus der Kammer erfolgte, woraus folgt, dass bei den vielkernigen Plasmodien eine nachträgliche Vermehrung der Kerne nicht angenommen werden kann. Diese Variabilität der

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

Kernverhältnisse bei den Plasmodien macht nun die Vorstellung, dass der Kern bei der Theilung des Plasmas innerhalb der Kammer als Attraktionscentrum fungirt, unmöglich; um so mehr als auch hier die Zahl der Kerne unabhängig von der Größe der Plasmodien, das heißt der Masse des abgeschnürten Plasmas ist.

Die geschilderten Verhältnisse der Kerne fanden sich in gleicher Weise bei Kammern von sternförmigen Individuen, bei solchen, die kranzförmig radiär angeordnet auf dem Algenfilz saßen und bei den abgebrochenen Stücken, die auf dem Boden des Gefäßes liegend ihre Kammermündungen verschlossen hatten.

Die einzige Gesetzmäßigkeit, die vorzuliegen scheint, besteht darin, dass die Kerne, wenn sie einzeln oder in geringer Anzahl in den Kammern vorkommen, größer sind, als wenn sie in großer Zahl vorhanden sind.

Obwohl ich eine große Menge von Kammern untersucht habe, konnte ich niemals auch nur die Andeutung einer Kernvermehrung durch Zweitheilung wahrnehmen; trotz eifrigen Suchens habe ich nicht ein einziges Mal eingeschnürte, hantelförmige Kernstadien gefunden. Dies führte mich auf den Gedanken, dass eine andere Art der Kernvermehrung vorliegen könne, was sich bei der Untersuchung mit starken Vergrößerungen nach langem, vergeblichen Mühen auch schließlich herausstellte. Im Folgenden gebe ich in Kürze eine Darstellung der hierauf bezüglichen Beobachtungen, indem ich eine genauere Erörterung dieser Verhältnisse und einen Vergleich derselben mit den Kernvermehrungsarten anderer Protozoen und der Metazoen auf meine Gesammtdarstellung der Foraminiferenorganisation verschiebe, in der die Kernverhältnisse aller untersuchter Foraminiferen im Zusammenhang behandelt werden sollen.

Bei starker Vergrößerung zeigt es sich, dass die einzelnen Kerne sehr verschiedenen Bau besitzen und lässt sich auf den ersten Blick ein genetischer Zusammenhang aller dieser Stadien nicht erkennen. Da es nun unmöglich ist, die Strukturveränderungen der Kerne im lebenden Organismus zu verfolgen und andererseits angenommen werden muss, dass alle Kerne dieselben Entwicklungsstadien durchlaufen, weil bei verschiedenen Individuen sich gleich strukturirte Stadien finden, so muss man zwischen den einzelnen differenten Stadien Übergangsformen zu finden suchen, um eine einheitliche Entwicklungsreihe der Kerne aufstellen zu können. Dies wird wesentlich dadurch erleichtert, dass in den einzelnen Kammern sich häufig Kerne zusammen vorfinden, die nur durch geringe Strukturdifferenzen unterschieden sind, während diese letzteren trotzdem genügen, um eine Beziehung zu an-

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

dern Kernstadien herzustellen. Das Unsichere und Subjektive, das derartige Schlussfolgerungen naturgemäß haben, bin ich bemüht gewesen, durch Variiren der Untersuchung und häufige Wiederholung derselben an zahlreichem Material nach Möglichkeit zu eliminiren. Auf diese Weise wurde die im Folgenden zu schildernde Entwicklungsreihe der Kerne gewonnen.

In allen Stadien findet sich in den Kernen eine Substanz, welche sich mit den Kernfärbungsmitteln intensiv färbt — das Chromatin —, Kernsaft ist nicht in allen Fällen zu konstatiren. In gewissen Stadien findet man außer Chromatin und Kernsaft noch ein Gerüstwerk, welches aus ungefärbt bleibender, aber stärker als der Kernsaft das Licht brechender Substanz — Linin — besteht.

I. Stadium: Homogene, sich intensiv färbende, membranlose Kerne, von großer Gestaltsveränderlichkeit, Größe 2—10 μ (Fig. 37—42).

Dieses Stadium findet sich sehr häufig in den Kammern aller Individuen; ungefähr 30 % aller untersuchten Kerne zeigte den angedeuteten Bau. Weil die kleinsten Kerne (Fig. 37) sich auf diesem Stadium befinden, habe ich es als Ausgangspunkt der Beschreibung gewählt. Von einer Membran ist bei stärkster Vergrößerung nichts wahrzunehmen, sondern der Kern stellt einen intensiv und ganz gleichmäßig gefärbten Körper dar, an dem keinerlei Struktur wahrzunehmen ist. Im einfachsten Falle sind derartige Kerne kugelig (Fig. 37, 38), doch findet man sie selten in so regelmäßiger Form; meistens zeigen sie an ihrer Oberfläche spitz auslaufende Fortsätze, die mit rundlichen Einbuchtungen abwechseln (Fig. 39—42). Die große Ähnlichkeit dieser Bilder mit den, amöboide Fortsätze aussendenden, Zellkernen der Metazoengewebe, wie sie Korschelt (13) in seiner bekannten Abhandlung »Über die Morphologie und Physiologie des Zellkerns« abbildet und beschreibt, veranlassten mich, zu untersuchen, ob auch in unserem Falle sich vielleicht ähnliche Beziehungen des Kernes zum Plasma, wie sie Korschelt erwiesen hat, auffinden ließen. An gut gefärbten Schnitten überzeugt man sich leicht, dass in jeder Ausbuchtung des Kernes eine sie genau ausfüllende Vacuole des Plasmas liegt; es macht den Eindruck, als ob die rundlichen Vacuolen in die Kernsubstanz hineingedrückt wären. Oft kann man an demselben Kern sämmtliche Grade der Ausbuchtung beobachten; an der einen Stelle liegt eine Vacuole der Kernoberfläche so dicht auf, dass sie schon einen flachen Eindruck hervorbringt (Fig. 40, 41), eine andere ist zur Hälfte in den Kern hineingerückt und schließlich findet man solche, die schon ringsum von gefärbter Kern-

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

substanz umgeben sind und thatsächlich innerhalb des Kernes liegen (Fig. 42). Diese Beobachtungen habe ich so häufig und in den feinsten Abstufungen gemacht, dass eine Täuschung ausgeschlossen ist, eben so wenig können es Kunstprodukte sein, da sich dieselben Bilder bei verschiedener Behandlungsweise wieder finden. Ob die Vacuolen des Plasmas durch amöboide Bewegungen des Kernes in denselben hineingezogen werden, oder ob dieselben nur durch die Plasmaströmung in die Kernsubstanz hineingedrückt sind, vermag ich nicht zu entscheiden. Jedenfalls ist durch diese Beobachtungen die Möglichkeit erwiesen, dass Bestandtheile des Plasmas in den Kern aufgenommen werden, ein Verhalten, das auch Korschelt (13, p. 114) für nicht unwahrscheinlich hält.

Brandt (2) bildet bei Sphaerozum punctatum ähnliche homogene, membranlose Kerne ab, die durch Plasmavacuolen tief eingebuchtet sind, indessen scheint er die etwaigen Beziehungen der Vacuolen zu den Kernen nicht weiter verfolgt zu haben.

Unter den eben geschilderten Kernen findet man auch solche, die im Inneren schon mehrere Vacuolen enthalten, an der einen Seite aber noch Fortsätze zeigen, während die andere vollständig glatt ist (Fig. 42) und schließlich solche, die Vacuolen enthalten, aber schon ringsum eine glatte Oberfläche zeigen (Fig. 43). Die Gestalt der letzteren ist verschieden, kuglig, oval oder häufig scheibenförmig (Fig. 43 *b*).

Es lassen sich demnach sämmtliche Übergänge von homogenen, glattrandigen (Fig. 37, 38), durch ausgebuchtete, vacuolenlose (Fig. 39, 40), ausgebuchtete, vacuolenhaltige (Fig. 41, 42) bis zu vacuolenhaltigen, glattrandigen Kernen (Fig. 43) auffinden. Bei letzteren glaubt man bisweilen schon eine optisch differente Oberflächenschicht — Membran? — zu erkennen; jedenfalls verlaufen die Kontouren derartiger Kerne sehr glatt und scharf abgesetzt gegen das Plasma. Während in den Anfangsstadien der Ausbuchtung die Kernsubstanz einen durchaus gleichartigen Eindruck macht, zeigen die Kerne, welche Vacuolen enthalten, häufig nicht mehr einen ganz homogenen Charakter; vielmehr kann man an einzelnen Stellen eine äußerst feine Körnelung bemerken. Diese Thatsache ist vielleicht darauf zurückzuführen, dass die mit den Vacuolen aufgenommene Flüssigkeit zwischen die vorher dicht an einander gelagerten Chromatinpartikel eingedrungen ist und so die ganze Chromatinmasse aufgelockert hat. Indessen ist dies nur eine Annahme, während es feststeht, dass, je mehr Vacuolen sich im Kern befinden, desto deutlicher die Körnelung ist. — Die Abrundung der Kernoberfläche, die Ausbildung einer optisch differenten Oberflächenschicht, die Vacuolisirung des Kerninnern und die damit Hand in Hand gehende deutlichere Körnelung führen durch ganz allmähliche Übergänge,

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

die schon kurz angedeutet wurden, zu einem zweiten Kerntypus, der sich kurz folgendermaßen charakterisiren lässt:

II. Stadium: Kerne mit einem vacuolären (optisch als Netzwerk erscheinenden) Gerüstwerk, welches stärker lichtbrechend ist als der Kernsaft; in dem ersteren sind feine Chromatinkörnchen suspendirt; zarte Kernmembran vorhanden (Fig. 44—47).

Diese Stadien habe ich eben so häufig, wie die vorigen gefunden; sie sind durchschnittlich etwas größer (5—17 μ). Die hauptsächlichsten Strukturveränderungen, die von der ersten Kernform zu dieser überleiten, sind schon erwähnt. Den überzeugendsten Beweis für den Zusammenhang beider Stadien bilden aber Kerne, bei welchen die eine Seite noch vollkommen homogen ist, während die andere schon den oben charakterisirten Bau zeigt (Fig. 44—45); in der Mitte gehen beide Strukturen ohne scharfe Grenze in einander über; das Netzbild wird nach der homogenen Hälfte zu immer engmaschiger und undeutlicher, bis nur noch eine feine Körnelung und zuletzt auch diese nicht mehr zu erkennen ist. Zwischen diesem Kern und dem typischen zweiten Kernstadium vermitteln Formen, bei welchen nur ein kleiner Theil von feinkörnigem, dicht gelagertem Chromatin erfüllt ist, während der übrige Inhalt schon das Gerüstwerk zeigt. Mit allen diesen Übergangsstadien wird auch successive die Membran deutlicher.

Ich glaube, dass die mitgetheilten Beobachtungen genügen, um folgende Vorstellung einigermaßen plausibel erscheinen zu lassen: In unserem Ausgangsstadium ist der Kern vollständig homogen, das Chromatin verdeckt die Gerüstsubstanz, das Linin, so vollständig, d. h. es ist so fein darin vertheilt, dass die beiden Substanzen optisch nicht unterscheidbar sind. Nun wird Flüssigkeit mit den Vacuolen in die Kernsubstanz aufgenommen und diese vertheilt sich in derselben zunächst so fein, dass eine gleichmäßige Auflockerung des Chromatins erfolgt, es werden Körnchen unterscheidbar. Dann aber sammelt sich die Flüssigkeit wieder in gleichmäßiger Weise in Form feinster Tröpfchen in dem Träger des Chromatins, dem Linin, an und vacuolisirt daher die ganze Kernmasse.

In dem die Flüssigkeitströpfchen trennenden Linin, das sich als solches durch sein etwas stärkeres Lichtbrechungsvermögen dokumentirt, sind die Chromatinkörnchen suspendirt.

Dass das erwähnte Kerngerüst vacuolärer und nicht spongiöser Natur ist, lässt sich bei der Kleinheit dieser Bildungen natürlich nicht mit Sicherheit entscheiden, weil ja beide Strukturen optisch das Bild

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

eines Netzwerks ergeben; indessen spricht die mitgetheilte Herleitung dieser Stadien von den homogenen Kernen durch Aufnahme von Plasmavacuolen zweifellos mehr für eine vacuoläre Struktur. — Von besonderem Interesse ist der Umstand, dass die oberflächlichen, an die Membran anstoßenden Vacuolen des Kerns meistens radiär zum Centrum des Kerns angeordnet sind und daher im optischen Durchschnitt das Bild eines regelmäßigen Alveolarsaums ergeben (Fig. 46, 47).

Der Reichthum des Kerns an Chromatinkörnchen ist sehr verschieden; je weniger dicht dieselben liegen, desto deutlicher ist das Kerngerüst zu erkennen. Andererseits kann es aber vorkommen, dass bei sehr starker Zunahme des Chromatins dasselbe einen Theil des Liningerüstes vollkommen verdeckt; man bemerkt dann im Centrum oder an die Membran angelegt eine grobkörnige, sich stark färbende Masse, die ziemlich scharf von dem vacuolären Theil des Kerns abgegrenzt sein kann und daher das Bild eines Nucleolus vortäuscht (Fig. 48). Derartige Kerne leiten nun zum nächstfolgenden Stadium über.

III. Stadium: Kerne, in welchen das Chromatin zu einem unregelmäßigen Klumpen verdichtet ist, welcher im Centrum oder an einer Seite der Membran angeheftet liegt; von demselben gehen radiär nach allen Richtungen Lininfäden aus, die, den Kernraum durchsetzend, sich an die Membran anheften (Fig. 49, 50).

Den direkten Übergang vom vorigen Stadium bilden Kerne, in welchen das Chromatin so dicht gelagert ist, dass es den ganzen Kernraum erfüllt, bis auf die oberflächliche Vacuolenlage, die, wie vorhin erwähnt, im optischen Durchschnitt das Bild eines regelmäßigen Alveolarsaums hervorbringt; diese Schicht ist von Chromatin frei (Fig. 49). Da, wie schon bemerkt, es sich nicht entscheiden lässt, ob dies Bild eines Alveolarsaums durch regelmäßig angeordnete Vacuolen oder durch ein fädiges Gerüstwerk bedingt ist, lässt sich über die Entstehung der auf diesem Stadium zweifellos fädigen Lininstruktur auch nichts Bestimmtes aussagen. Bei unserer Annahme eines vacuolären Baues lässt sich die Entstehung der Lininfäden nur so erklären, dass die zwischen drei benachbarten Vacuolen gelegenen Scheidewände so resorbirt werden, dass nur ein in der Mitte gelegener Faden oder Balken übrig bleibt. Indessen muss dies dahingestellt bleiben. Jedenfalls führen ganz allmähliche Übergänge von dem eben geschilderten Kern zu den typischen Kernen des III. Stadiums in der Weise, dass das Chromatin immer mehr centralisirt oder lokalisirt wird und zuletzt im peripheren Theil nur noch Kernsaft und radiär vom Chro-

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

matin zur Membran verlaufende, chromatinlose Lininfäden übrig bleiben (Fig. 50).

Nun beginnt der umgekehrte Process, nämlich die Theilung der centralisirten Chromatinmasse und die Auseinanderlagerung an die Peripherie des Kernes, d. h. an die Membran. Von der lokalisirten Chromatinmasse begeben sich Körnchen auf den durch die Lininfäden gebildeten Bahnen nach der Membran und sammeln sich hier an den Anheftungsstellen der Lininfäden, mit einander verschmelzend, zu kugeligen Körpern an (Fig. 51—53); auf diese Weise wird das centrale Chromatin immer geringer, während die peripheren nucleolenähnlichen Körper größer werden, bis schließlich alles Chromatin regelmäßig getheilt und an die Membran verlagert ist. Der eben geschilderte Vorgang ist von einer lückenlosen Reihe von Übergangsstadien abstrahirt und er führt zum

IV. Stadium: Kerne, in denen das Chromatin in Form homogener, kompakter Kugeln von verschiedener Größe (1—5 μ) und Zahl (20—100 und mehr) der Membran anliegt, während die centrale Partie nur von farblosem, strukturlosem Kernsaft erfüllt ist. Auf diesem Stadium sind die größten Kerne zu finden (10—35 μ) (Fig. 54 bis 55).

Die Vermittelung zwischen diesem und dem vorigen Stadium bilden Kerne, welche im Inneren noch einen größeren Chromatinklumpen von unregelmäßiger Gestalt enthalten, während in die von ihm ausstrahlenden Lininfäden schon Chromatinkörnchen eingelagert sind und an den Anheftungsstellen der Fäden an die Kernmembran sich schon kugelige Anhäufungen von Chromatin befinden (Fig. 51—53).

Die große Ähnlichkeit, welche die an der Membran liegenden Chromatinkugeln des IV. Stadiums mit den kleinsten frei im Plasma liegenden Kernen, von welchen wir bei unseren Betrachtungen ausgingen, in Größe und Gestalt zeigen, lässt auf einen Zusammenhang dieser beiden Stadien schließen. Und in der That zeigte es sich, dass die Kerne des ersten Stadiums aus denen des vierten durch Zerfall der letzteren entstehen. Die überzeugendsten Bilder liefern Kerne, bei denen die eine Hälfte noch vollständig normal erscheint, d. h. die Chromatinkugeln liegen in regelmäßiger Weise an der Oberfläche einer von strukturlosem Inhalt erfüllten Höhle des Plasmas, die sich scharf gegen das Plasma absetzt, obwohl von einer doppeltkontourirten Membran nichts mehr zu bemerken. Die andere Hälfte zeigt nicht mehr die Abgrenzung gegen das Plasma, vielmehr ist hier das Vacuolenwerk

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

des letzteren in den Kern eingedrungen und geht ganz allmählich in den farblosen Kernsaft der anderen Hälfte über; die Chromatinkugeln liegen schon unregelmäßig zerstreut zwischen den Vacuolen des Plasmas (Fig. 55). Derartige Erscheinungen habe ich so oft beobachtet, dass ein Zweifel an der normalen Natur dieser Art der Kernvermehrung ausgeschlossen ist. Nach den mitgetheilten Beobachtungen kann man nur annehmen, dass der Zerfall der Kerne durch die Auflösung der Membran herbeigeführt wird.

Eine der geschilderten ähnliche Art der Kernveränderung ist meines Wissens noch nicht bekannt geworden; wohl aber sind bereits mehrere Fälle von ähnlicher multipler Kernvermehrung beschrieben worden. Selbst bei Foraminiferen hat vor mir schon Hofer (12) den Zerfall bläschenförmiger Kerne in zahlreiche Theilstücke beobachtet. Er schreibt über Polystomella: »Die Kerne zeigen meistens die Bläschenstruktur, bei einigen Individuen war aber ein Theil der Kerne in eine Unmenge kleiner scharf umgrenzter Körner zerfallen.« Hofer muthmaßt, dass derartige Polystomellen sich im Stadium der beginnenden Fortpflanzung befanden. In meiner nächsten Abhandlung über Polystomella crispa wird gezeigt werden, dass diese Muthmaßung richtig ist.

In neuester Zeit erschien eine große Monographie von Rhumbler (14) über Saccammina sphaerica, in welcher dieser Autor die Kernvermehrung zwar nicht direkt hat ermitteln können, doch schließt er aus den Veränderungen des Kernes, dass auch bei dieser sandschaligen Foraminifere eine multiple Kernvermehrung wahrscheinlich sei. Nach meinen Untersuchungen an Saccammina, Storthosphaera und anderen sandschaligen Formen, die später publicirt werden sollen, hat sich Rhumbler's Annahme bestätigt.

Auch bei allen anderen untersuchten Foraminiferen finde ich eine ähnliche Kernvermehrung, wie bei Calcituba, doch sind die Veränderungen, welche der Kern vor seinem Zerfall erleidet, bei den einzelnen Formen sehr verschieden und mannigfaltig, wie demnächst gezeigt werden soll.

Zum Schluss will ich noch erwähnen, dass die Kerntheilung von Calcituba einige Ähnlichkeit mit der Kernvermehrung von Thalassicolla zu haben scheint, wie sie Hertwig (11) zuerst beobachtet hat. Ursprünglich ist ein großer Kern mit einem verästelten Nucleolus vorhanden; der Nucleolus zerfällt in kleine Stücke; die Nucleolenstücke wandern aus in das Protoplasma und werden zu selbständigen Kernen (11, p. 111). Brandt (3) hat später diese Schilderung im Wesentlichen

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

bestätigt. Auf einen genaueren Vergleich werde ich erst nach Mittheilung meiner anderen Beobachtungen eingehen.

Berlin, im December 1894.

Litteraturverzeichnis.

1. H. B. Brady, Report on the Foraminifera etc. London 1884.
2. K. Brandt, Die koloniebildenden Radiolarien des Golfes von Neapel. Berlin 1885.
3. —— Neue Radiolarienstudien. Mitth. Ver. Schleswig-Holsteiner Ärzte. 12. Heft. 3. Stück. 1890.
4. O. Bütschli, Protozoa. in: Bronn's Klassen und Ordnungen des Thierreichs. 1880.
5. —— Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig 1892.
6. Cienkowsky, Über einige Rhizopoden und verwandte Organismen. Archiv für mikr. Anat. Bd. XXVI. 1879.
7. Dreyer, Die Principien der Gerüstbildung bei Rhizopoden, Spongien etc. Jen. Zeitschr. für Naturwissensch. Bd. XXXVI. 1892.
8. Géza Entz, Studien über Protisten. Budapest 1888.
9. A. Hansen, Der Chlorophyllfarbstoff. Arb. d. botan. Instit. in Würzburg. Bd. III. 1. Heft.
10. R. Hertwig, Über Leptodiscus medusoides. Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. Bd. XI. 1877.
11. —— Der Organismus der Radiolarien. Jena 1879.
12. B. Hofer, Der Einfluss des Kerns auf das Protoplasma. Jenaische Zeitschr. für Naturwissensch. Bd. XXIV. 1890.
13. E. Korschelt, Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Zellkerns. Zool. Jahrbücher. Bd. IV. 1. Heft. 1889.
14. L. Rhumbler, Beiträge zur Kenntnis der Rhizopoden. II. Saccammina sphaerica M. Sars. Diese Zeitschr. Bd. LVII. 1894.
15. Z. v. Roboz, Calcituba polymorpha n. g. n. sp. Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Wien. I. Abth. Juli-Heft. 1883.
16. J. Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig 1890.
17. F. Schaudinn, Myxotheca arenilega n. g. n. sp. Diese Zeitschr. Bd. LVII, 1. Heft. 1893.
18. —— Die Fortpflanzung der Foraminiferen und eine neue Art der Kernvermehrung. Biolog. Centralblatt. Bd. XIV. Nr. 4. 1894.
19. —— Untersuchungen an Foraminiferen. I. Calcituba polymorpha Roboz. Inaug.-Dissert. Berlin 1894.
20. M. Schultze, Der Organismus der Polythalamien. Leipzig 1854.
21. —— Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen. Leipzig 1863.
22. F. E. Schulze, Rhizopodenstudien. III. Archiv f. mikr. Anat. XI. 1875.
23. —— Rhizopodenstudien. VI. Archiv f. mikr. Anat. XIII. 1876.

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

24. J. D. Siddall, On Shepheardella, an undescribed type of marine Rhizopoda. Quart. Journ. of Micr. Sc. Tom. XX. 1880.
25. Fr. Stein, Der Organismus der Infusionsthiere nach eigenen Forschungen etc. Leipzig 1859.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XIV.

Alle Figuren beziehen sich auf Calcituba polymorpha Roboz.

Fig. 1. Zwei ringförmig angeordnete Individuengruppen auf einem Algenfilzwerk sitzend, nach dem Leben in natürlicher Größe photographirt.

Fig. 2. Auf dem Rand des Algenfilzwerks sitzende Calcituben; die unregelmäßige Individuenreihe ist durch Verschmelzen zahlreicher Individuenkränze (Fig. 1) entstanden, wovon sich noch Spuren zeigen. Auf dem Algenfilzwerk sitzen isolirte sternförmige Individuen, die aus Plasmodien entstanden sind. In natürlicher Größe nach dem Leben photographirt.

Fig. 3. Ein sehr großes Plasmodium von Calcituba polymorpha mit vielen Kernen (*n*); nach dem Leben mit dem Winkel'schen Zeichenapparat gezeichnet.

Fig. 4. Junge Calcituba, im Beginn der Schalenbildung. Nach dem Leben gezeichnet.

Fig. 5—8. Optische Durchschnitte von Kammerscheidewänden.

Fig. 6. Scheidewand von ihrer Oberfläche gesehen.

Fig. 9. Einzelne Kammer, auf deren Grund ein uhrschälchenförmiges Gebilde sitzt, welches in der Weise entstanden ist, dass die Kammer nach ihrem Abbrechen von einem größeren mehrkammerigen Individuum, die Spitze der benachbarten Kammer, welche stecken geblieben war, zubaute.

Fig. 10. Partie eines großen Calcituba-Individuums; die rothen Striche deuten die in einer Woche hinzugewachsenen Röhrentheile an.

Fig. 11—16. Die Theilung eines Plasmodiums und die Gestaltsveränderungen der Theilstücke während eines Tages.

Fig. 17. Sternförmiges Individuum von Calcituba, aus einem Plasmodium entstanden. Auf dem Algenflechtwerk sitzend.

Fig. 18. Calcituba in Fortpflanzung durch Plasmodienbildung begriffen. Nach dem Leben mit dem Winkel'schen Zeichenapparat gezeichnet.

Fig. 19. Schnitt durch eine mit Sublimatalkohol fixirte und mit Hämatoxylin gefärbte Kammer; zeigt an der Einschnürung die fibrillär-vacuoläre Plasmastruktur und den allmählichen Übergang in die regulär wabige Beschaffenheit des Plasmas in der Mitte der Kammer. *n*, Kerne vom Typus I.

Fig. 20*a*. Kleine Partie aus dem regelmäßig vacuolären Theil der vorigen Figur bei stärkerer Vergrößerung.

Fig. 20*b*. Kleine Partie aus dem fibrillär wabigen Theil desselben Schnittes bei stärkerer Vergrößerung.

Fig. 21. Theile von Pseudopodien nach dem Leben.

a, dünner Endfaden eines Pseudopodiums.

f, stärker lichtbrechender centraler Theil;

s, hyaliner Saum;

k, Körnchen.

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

b, schwimmhautartige Verbreiterung zwischen zwei Pseudopodien.

v, spindelförmige Anschwellungen, bei Erschütterung an den Pseudopodien entstanden;

f, dünner, stärker lichtbrechender Verbindungsfaden zwischen den Pseudopodienanschwellungen;

c, Plasmakugel durch Zerreißen des Verbindungsfadens aus der spindelförmigen Anschwellung eines Pseudopodiums entstanden.

Tafel XV.

Alle Figuren beziehen sich auf Calcituba polymorpha Roboz.

Fig. 22—25. Struktur der Schale. Fig. 22, von der Oberfläche gesehen; Fig. 23, Streifung der Schalenoberfläche durch In-die-Länge-Ziehen von Maschen entstanden; Fig. 24, Schalenquerschnitt; Fig. 25, leistenförmige Verdickungen an einer Schaleneinschnürung.

Fig. 26—29. Schemata der Plasmaströmung; rothe Pfeile deuten die Richtung der tiefen, schwarze die der oberflächlichen Strömung an. Bei starker Vergrößerung (1000/1) mit dem Zeichenapparat entworfen und verkleinert abgebildet.

Fig. 26. Einfache Rotation des Plasmas in einer gänzlich gefüllten Kammer.

Fig. 27. Springbrunnenartige Rotation des Plasmas.

Fig. 28. Eine Kammer, in der beide Rotationen neben einander vorkommen; die springbrunnenartige Rotation führt hier zu einer Vorwärtsbewegung des Plasmas, indem die Strömung nicht überall mit gleicher Geschwindigkeit verläuft. Die Länge der Pfeile ist der Geschwindigkeit der Plasmaströmung proportional; bei *a* größte Verlangsamung des Oberflächenstromes.

Fig. 29. Rotation einer Kammer, in welcher das Plasma nur einen dünnen Wandbelag bildet. *v*, dünne Verbindungsstränge, die den inneren Hohlraum durchsetzen.

Fig. 30—35. Verschiedene Kammern von Calcituba mit Kernen (*n*), alle bei gleicher Vergrößerung mit dem Zeichenapparat entworfen.

Diese und alle folgenden Figuren sind nach Präparaten, die mit Sublimat-Alkohol fixirt und mit Boraxkarmin gefärbt wurden, gezeichnet.

Fig. 36. Plasmodium mit mehreren Kernen (*n*).

Fig. 37—56. Kerne von Calcituba polymorpha, meist mit einem kleinen Theil des umgebenden Plasmas.

Fig. 37—42. Erstes Stadium.

Fig. 43—45. Übergang zum zweiten Stadium.

Fig. 46—47. Zweites Stadium.

Fig. 48—49. Übergänge zum dritten Stadium.

Fig. 50. Drittes Stadium.

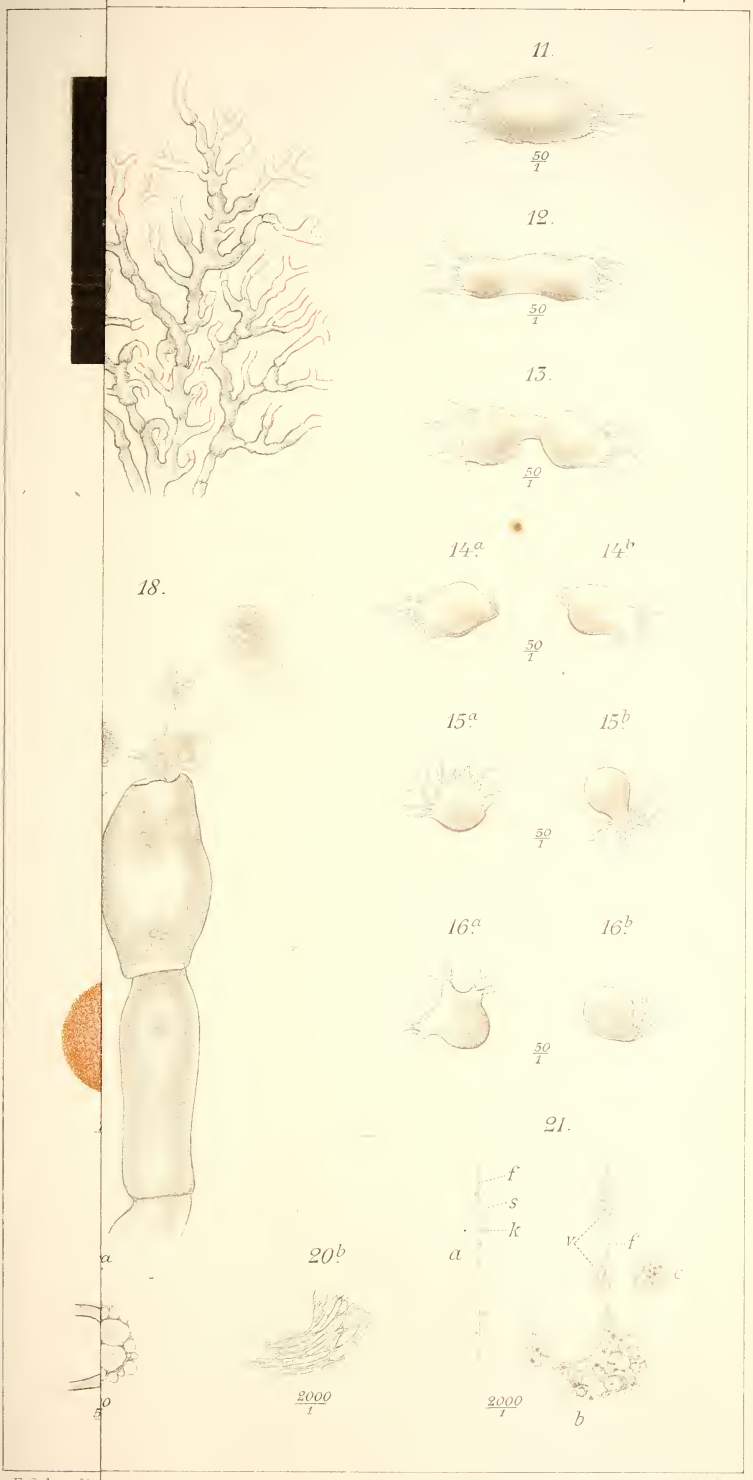
Fig. 51—53. Übergänge zum vierten Stadium.

Fig. 54—55. Viertes Stadium.

Fig. 56. Kern in Vermehrung begriffen.

Fig. 37—56 bei Zeiss' apochr. Obj. 2 mm, Brw. Ap. 1,30 und dem Kompensationsocular 12 mit dem Winkel'schen Zeichenapparat gezeichnet.

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



F. Schaudin

Lith. Anst. v. Werner & Winter. Frankfurt a/M.

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

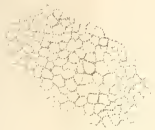
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Calcituba polymorpha Roboz

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

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

22.



2000/1

28.

500/1

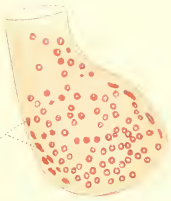
29.

500/1

30.

530/1

34.

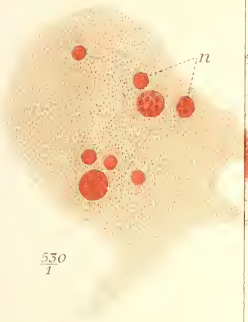


530/1

35.

530/1

36.



530/1

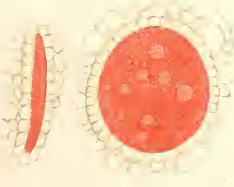
41.

1500/1

42.

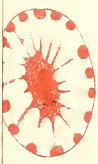
1500/1

43.



1500/1

53.



1500/1

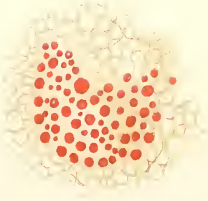
55.

1500/1

54.

1500/1

56.



1500/1

F. Schaudinn del.

Lith. Anst. v. Werner & Winter, Frankfurt a. M.

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

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

Calcituba polymorpha Roboz.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: 59

Autor(en)/Author(s): Schaudinn Fritz Richard

Artikel/Article: Untersuchnngen an Foraminiferen I. Galcituba polymorpha Roboz. 191-232