

*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Zur Kenntnis der Thalamophoren.

I. Untersuchung über Peneroplis pertusus (FORSKÄL)

VON

F. W. Winter (Frankfurt a. M.).

(Hierzu Tafel I u. II und 10 Textfiguren.)

FRITZ SCHAUDINN gewidmet,
ein Beitrag zur Microbiologie.

Übersicht des Inhalts.

	Seite
<u>Gedrängte Literaturgeschichte über Peneroplis pertusus (FORSKÄL)</u>	<u>2</u>
<u>Material der Untersuchung und deren Technik</u>	<u>4</u>
<u>Kurze Übersicht des Inhalts</u>	<u>7</u>
<u>I. Biologisches:</u>	
<u>1. Lebensweise, Ernährung und Ausscheidung (Defécation und Stercom-</u>	
<u>bildung)</u>	<u>9</u>
<u>2. Fortpflanzung:</u>	
<u>Geschichte der Fortpflanzung der Thalamophoren (speziell der</u>	
<u>polythalamen)</u>	<u>14</u>
<u>Fortpflanzungszyclus von Peneroplis</u>	<u>17</u>
<u>II. Morphologisches:</u>	
<u>A. Schale:</u>	
1. Dimorphismus der Foraminiferen	25
2. Vergleich der macro- und microsphärischen Schale von Peneroplis	26
3. Beiträge zur Kenntnis der Schalenzusammensetzung	35
<u>B. Weichkörper:</u>	
1. Verteilung innerhalb der Schale	43
2. Zusammensetzung:	
a) Flüssige Substanzen	47
b) Pseudopodien	49
c) Feste Substanzen	52
d) Stercome	55

	Seite
<u>3. Commensale Algen:</u>	
a) Historisches	57
b) <i>Cryptomonas schaudinni</i> n. sp., Gestalt und Lebensweise	61
c) Ergebnisse mittels Färbetechnik und Reaktion	72
d) Anschließende und vergleichende Betrachtungen und theoretische Erwägungen	75
<u>4. Chromatine und deren Wachstum</u>	
a) Einleitende Literatürübersicht	81
b) Schilderungen der Chromatinverhältnisse von <i>Peneroplis</i>	82
I. des Gamonten	83
1. Macronucleus	84
2. Extracnuclear Kernsubstanx	89
II. des Agamonten	93
Reifezustand des Agamonten	99
c) Übersicht über die Kernverhältnisse und deren Be- zeichnung	101
Schlußbetrachtung	103
Literaturverzeichnis	107
Tafelerklärung	112

Gedränzte Literaturgeschichte

über *Peneroplis pertusus* (FORSKÅL).

Peneroplis [MONTFORT] stellt sich bezüglich der Reichhaltigkeit der Literatur den verwandten Genera *Orbitolites* und *Miliola* würdig an die Seite. Die erste Angabe über diese Gattung findet sich 1767 bei LINNÉ (p. 1163) von PETRUS FORSKÅL unter *Nautilus*. 1775 tritt uns von dem gleichen Autor unter *Nautilus pertusus* (p. 125) die unserer Untersuchung zugrunde liegende Spezies zum ersten Male als solche entgegen. „Apertura poris pertusa“ gab den Anlaß zur Speziesbezeichnung, weil die Mundöffnung mehrfach durchlocht war, gegenüber dem Siphon von *Nautilus*. Derselbe Umstand gab ja auch zur Bildung Foraminifera Veranlassung gegenüber Siphonifera (D'ORBIGNY 1826). 1808 wurde der Genus „*Peneroplis*“ von DENYS DE MONTFORT gebildet; aus *πένης* (dürftig ärmlich) und *ὄπλιζω* (ausrüsten) gebildet (p. 258), wie ich annehme, um nämlich eine Reihe kleiner polythalamer Schalen den großen Nautiliden gegenüber zu stellen mit dem spezifischen Charakter: „bouche de toute la longueur de la base est percée sérialement par une file de pores“. Somit entspricht *Peneroplis* MONTFORT und *Peneroplis pertusus* (FORSKÅL) unseren jetzt gültigen Gesetzen der Nomenklatur.

Die erste gute Abbildung mit zwei Varietäten von *Peneroplis pertusus* als *Nautilus planatus* oder „der flache Schiffer“ (p. 91) wurde 1803 tab. 16 von FICHEL und MOLL gegeben.

Auf die vielen Synonima vor und nach dieser Namengebung einzugehen, würde nur eine dies betreffende Rekapitulation der vollkommenen Zusammenstellung von BRADY auf p. 203 ff. der Challenger Foraminiferen sein und ganz besonders von SHERBORN, 1896 p. 294—296.

Die bis 1883 exklusive zusammengefaßten Arbeiten beziehen sich fast ganz ausschließlich auf systematische Unterscheidungsmerkmale und gröbere Schalenmorphologie.

In letzter Hinsicht hat besonders CARPENTER die Kenntnis über *Peneroplis* gefördert. 1882 kommt zum ersten Male über Fortpflanzung von *Peneroplis* eine Mitteilung: „Über Vorkommen vollkommen ausgebildeter Embryonen bei einer Rhizopode, *Peneroplis proteus* D'ORB.“, indem SCHACKO aus dem Darm einer Holothurie Schalen von *Peneroplis* isolierte, worunter ein Exemplar mit 118 Stück Embryonen sich befand. Er bemerkt hierzu p. 130: „dieselben sind von derselben Größe und Form der Embryonalkammer des Muttertieres“ (auch 1883 p. 444 tab. 12 fig. 1). Kerne werden zuerst beim *Peneroplis* erwähnt und abgebildet 1886 von BÜTSCHLI p. 79 tab. 6 fig. 1—4. In der gleichen Mitteilung besprach BÜTSCHLI die Commensalen im Plasma des *Peneroplis* (p. 93) und bildet sie tab. 6 fig. 11 ab. 1894 entdeckt RHUMBLER die „Perforation der Embryonalkammer von *Peneroplis pertusus* (FORSKÄL)“ an jungen Exemplaren. SCHAUDINN erwähnt 1895 p. 93 den Namen *Peneroplis* im Zusammenhang mit der Fortpflanzung von *Polystomella*, woraus hervorgeht, daß diesem Autor der Dimorphismus schon bekannt war, indessen liegt Publiziertes hierüber nicht vor.

1898 stellt FRIEDRICH DREYER die Schalenwachstumsvariationen und die Monstra von *Peneroplis* als zu einem Formenkomplex dieser Gattung gehörig zusammen und rechtfertigt noch mehr wie BRADY die Arteinheit von *Peneroplis pertusus* (FORSKÄL). 1903 p. 481 tab. 24 fig. 1—4 werden von S. AWERINZEW einige Untersuchungen über Schalenstruktur von *Peneroplis pertusus* veröffentlicht und zugleich wird die Beobachtung RHUMBLER's von 1894 bestätigt.

Das sind die hauptsächlichsten Literaturquellen, die über den Bau von *Peneroplis* MONTFORT Wesentliches enthalten.

Material der Untersuchung und der Technik.

Die vorliegende Arbeit wurde schon im Herbst 1900 begonnen, aber wegen vielfacher Unterbrechungen durch andere Arbeiten nur langsam gefördert. Die Untersuchung weist auch jetzt noch einige Lücken auf, die ich bald auszufüllen hoffe. Das erste gut konservierte Foraminiferenmaterial verdanke ich Herrn Dr. F. RÖMER, Direktor des Senckenberg'schen Museums zu Frankfurt a. M. Es bestand in einer Sandprobe, die Herr Dr. RÖMER im Frühjahr 1900 an der Andria konserviert hatte. Das Material enthielt reichlich Penetropen, auch microsphärische, und ergab hinsichtlich der Kernfärbungen gute Resultate. Für meine speziellen Studien war es indessen doch nicht ausreichend. Aus diesem Grunde besuchte ich im Herbst 1902 und Frühjahr 1903 die Zoologische Station zu Rovigno, wo um diese Zeit Dr. FRITZ SCHAUDINN weilte.

Es ist mir eine hohe und ernste Pflicht, auch an dieser Stelle zu bekennen, daß das Andenken an meinen hochverehrten Lehrer FRITZ SCHAUDINN mit dauerndem Dank verknüpft ist. Herr Dr. F. SCHAUDINN kam mir bei meinem Aufenthalt in Rovigno in weitgehendster Weise entgegen und unterstützte mich aus seinem reichen Schatz von Erfahrung bei meinen Untersuchungen. Aus seinen anregenden damaligen und späteren Gesprächen verdanke ich in erster Linie mein tieferes Eindringen in das Gebiet der Protozoenforschung.

Ein späterer Aufenthalt an den Zoologischen Stationen zu Villefranche (1904) und wieder Rovigno (1905) ergänzten die zuerst in Rovigno gewonnenen Untersuchungen. Durch das liebenswürdige Entgegenkommen des Direktors der Zoologischen Station zu Rovigno, Herrn Dr. O. HERMES, welchem ich für die gütig dort überlassenen Arbeitsplätze meinen aufrichtigen Dank ausspreche, verdanke ich, daß mir während der Dauer eines Jahres in 14tägigen Intervallen Thalamophoren frisch nach dem Fang, nach meinen Angaben konserviert, zugesandt wurden, so daß ich über eine Jahresserie Thalamophoren der Bucht von Rovigno verfügte, die auch anderen Untersuchungen zugrunde gelegt werden konnten. Diese Fänge wurden nach zwei Methoden behandelt. Die eine Hälfte des Materials wurde sofort in heißem Sublimataalkohol (2 T. konc. Subl.-Lös., 1 T. Alk. abs.) konserviert, die andere Hälfte, nachdem die Foraminiferen in flachen Schalen mit Seewasser angestreut wurden, auf gleiche Weise erst nach 5 Tagen. Das letztere Material erwies sich für Weichkörperuntersuchungen als das günstigere. Außerdem erhielt ich öfters

lebende Thalamophoren nach Frankfurt, die sich längere Zeit hielten und meine biologischen Beobachtungen erweiterten.

Zur Untersuchung der extrathalamen Vorgänge an lebenden Peneropen legte ich auf den Boden der Gefäße Deckgläser aus, die von Zeit zu Zeit abgesucht wurden. Mit dem Aufhängen von „Sporenfallen“ erhielt ich indessen bis jetzt keine positiven Resultate. Zur Erkenntnis vieler vitaler und struktureller Einzelheiten, sowie zum Studium der Commensalen zerquetschte ich die Peneropen zwischen Deckglas und Objektträger. Die zur Beobachtung isolierten Individuen setzte ich in kleine Glaszylinder, die vertikal freischwebend, unten mit feinsten Müllergaze verschlossen, in großen Aquarien mit fließendem Seewasser aufgehängt waren. In den Glaszylindern befanden sich Algen und Ulven, die mit ihren Microorganismen reichlich Nahrung für die Foraminifere gaben. Von Zeit zu Zeit wurde diese auf einem hohlen Objektträger untersucht.

Unter den verschiedenen Reagentien, die ich zum Fixieren ausprobierte, erwies sich die heiße Konservierung bei ca. 45° mit Subl.-Alk. nach den Angaben von SCHAUDINN als die beste, da sie das Kontrahieren des Weichkörpers nach dem Fmdus der Schale zu verhindern. Bei nicht ganz plötzlicher Abtötung erfolgt dies, da die Flüssigkeit zuerst in die Mundporen eindringt. Diese Art der Konservierung ist als eine gelungene zu bezeichnen, wenn man die einzelnen Plasmastränge in den letzten Kammeru ohne Quellung erhält. Zerquetschte Peneropen ergeben bei Konservierung mit Osmiumdämpfen kurze Zeit nach dem Zerquetschen ebenfalls gute Resultate, besonders für Vorgänge der Gamogonie. Bei der Entkalkung vor den Färbungen ist ein möglichst rasches Entkalken das günstigste. Ich entkalkte schließlich nur noch, indem ich zu 60 Proz. Alkohol soviel Salzsäuretropfen zugab, daß hier und da kleine Kohlensäureblasen auf den Kalkschalen sichtbar wurden, die gleich in Lösung gingen. Nach 8—20 Minuten, je nach Masse des Kalkes, war dieser verschwunden. In keinem Fall darf so rasch entkalkt werden, daß die Schalenhäntchen platzen, oder, daß eine größere Kohlensäureblase sich innerhalb der Schale entwickeln kann.

Zur Totalktion wurden immer wieder u. a. verwandt Alaun-, Pikro- und Boraxkarmin, auch Hämatoxyline, sowie verschiedene alkoholische und wässrige Methylenblaulösungen.

Bei Massendurchsicht verfuhr ich folgendermaßen: Von den angelegten Deckgläsern und von der Wand der hohen Kulturgläser wurden die geeigneten Exemplare abgesucht und gemeinsam 20—50 Stück konserviert, unter Beobachtung entkalkt und gefärbt;

alle entweder in Nelkenöl oder Immersionsöl oder Balsam zwischen zwei großen Deckgläsern eingeschlossen zur zweiseitigen Immersionbetrachtung. So wurden über 3000 größere Individuen behandelt.

Zum Schneiden wurden teils einzelne Exemplare aus diesem Material, teils besonders ausgesuchte verwandt.

Der eigentliche Zweck der Untersuchung wurde in außerordentlicher Weise behindert durch die ungeheure Zahl der im Plasma dicht gestellten commensalen Algen, deren Untersuchung ursprünglich nicht beabsichtigt war und die Arbeit nach anderer Richtung beeinflusste.

Durch gewisse Farbstoffaffinitäten verdunkelten und verschoben die Algen das chromatische Bild des Peneroplis sehr, was sich sowohl bei Toto- als auch bei Schnittpräparaten geltend machte. Ich arbeitete daher mit Doppelfärbungen. Es kam mir zu statten, daß bei rascher Behandlung das Chromatophor der Alge mit Vorliebe Karmine an sich zieht. Ich färbte deshalb vielfach Totopräparate ca. 15 Minuten mit starkem Alaunkarmin vor, mit Boraxkarmin nach. Ich erhielt so rotviolette Chromatophoren und rein boraxkarminrote Peneroplenchromatine. Oder ich verwandte Boraxkarmin zum Vorfärben und Methylenblau zur Weiterbehandlung. Letztere Methode gab außerordentlich gute Übersichts- und auch Detailpräparate. In beiden Fällen blieb der Kern der Algen ungefärbt. Bei den Schnittpräparaten gestalteten sich die Verhältnisse, obwohl ich die Chromatophoren stark vorfärbte, ungünstiger. Bei längerer Färbung mit Hämatoxylinen, die sich für die Chromatine in der bekannten Güte erwiesen, färbten sich auch die Kerne der Algen. Da dieselben oft durch Strömungen sehr lang gezerrt sind, so gibt es gelegentlich Bilder, in denen Thalamophorenkerne und Algenkerne einander bis zum Verwechseln ähnlich sind. Ich besitze Agamonten-Schnittpräparate, die nach Vorfärbung mit Boraxkarmin nicht ganz genügend ausgezogen wurden, in denen Foraminiferen- und Algenkernbilder vielfach nicht zu unterscheiden sind. Hier zeigte sich klar die grundlegende Notwendigkeit, wie sehr differentes Färben und Überfärben mit differentem Ausziehen mit salzsaurem Alkohol oder bei Hämatoxylin auch Ferriammoniumsulfat zur Erkenntnis von Chromatinen beitragen kann.

Schließlich unterstützte mich sehr eine Methode, die Herr Geh. Rat WEIGERT in Frankfurt a. M. für gewisse Nervenfärbungen seinerzeit anwandte. Ich färbte die Foraminiferen mit Boraxkarmin toto vor, schnitt sie dann nach üblichen Methoden, um sie einer abermaligen 10 Minuten langen Vorfärbung — gleiche Teile wässrige

Pikrinsäure unter Zusatz von wässrigem Säurefuchsin bis zur granatroten Färbmischung — zu unterziehen. Dann wandte ich HEIDENHAIN'Sches Hämatoxylin an. Die Kerne der Algen hatten hiernach eine ziemlich stark rote Fuchsinfärbung angenommen, das Chromatophor einen leichten Boraxkarminton und die Chromatine der Foraminifere hoben sich blauschwarz ab, der Macronucleus nimmt hierbei in späterem Alter eine trübrote Färbung an. Der Säurefuchsinfarbstoff blaßte aber bei meinen Präparaten bald nach.

Zum Schluß will ich noch erwähnen, daß *Peneroplis* für Kurszwecke leicht außerordentlich gute und hübsche Totoppräparate abgibt. Wenn man sehr rasch mit heißem Subl.-Alk. abtötet, auswäscht und aufwärts führt, so daß nach ca. 6 Minuten das Präparat durch guten Alkohol nach Xylol in Kanadabalsam sich befindet, so ist die rote Farbe des Chromatophors der Alge durch den Alkohol nicht ausgezogen. Man besitzt dann ein Präparat von *Peneroplis*, Schale mit Weichkörper, in welchem sich die Commensalen mit ihrem roten Chromatophor, in dessen Mitte der Kern als heller Fleck liegt, deutlich abheben, außerdem sieht man neben vielen anderen unter Umständen als helle Schliere den Macronucleus in dem Centalkammergebiet. Ich besitze solche Präparate, in denen die Chromatophoren heute, nach mehr als 4 Jahren, noch nicht nachgeblaßt sind.

Kurze Übersicht des Inhalts.

Bei Besprechung der Fortpflanzungsverhältnisse verwende ich die von M. HARTMANN 1903 vorgeschlagene teilweise Neubenennung der Fortpflanzungsarten der Organismen, welche ich als einen erheblichen Fortschritt der Nomenklatur der Fortpflanzungserscheinungen betrachte.

Peneroplis tritt wie viele Foraminiferen in zwei Formtypen auf, die äußerlich übereinstimmen, eine macrosphärische und eine microsphärische Schalenform. Dieser Dimorphismus ist auch hier, wie bei *Polystomella*, durch die Verschiedenheit des Chromatinbestandes und seiner Vermehrung bedingt.

Die Vermehrung des *Peneroplis* geschieht einerseits durch Gamogonie, andererseits durch Agamogonie. Gamogonie, die Entsendung der Isogameten aus propagatorischem Chromatin unter Untergang des somatischen, ist typisch für den macrosphärischen *Peneroplis*,

den Gamonten; Agamogonie, der Simultanzerfall einer amphinuclearen Chromatinmasse mit Umhüllung von Plasma und Schale, in Agameten charakterisiert den microsphärischen *Peneroptis*, den Agamonten. Dieser Dimorphismus des Chromatinbestandes kommt durch seine Vermehrung in dem Dimorphismus der Schale zum Ausdruck. Die microsphärischen Schalen besitzen bedeutend kleinere Anfangskammern, als die macrosphärischen. Kammer 1 des Gamonten nimmt den gleichen Raum ein wie Kammer 1—10 des Agamonten. Der Polymorphismus der microsphärischen Primärkammer ist gering, der der macrosphärischen bedeutend. Typisch ist der lange Verbindungskanal von Kammer 1 auf 2 der macrosphärischen, welcher der microsphärischen Form fehlt.

Die microsphärische Form entsteht aus der Copulation zweier eingeißeliger Isogameten von verschiedener Herkunft. In das jugendliche Alter fällt die Aufnahme der Zooxanthelle *Cryptomonas schaudinni* n. sp., wodurch der ganze Lebenszyklus der Foraminifere infiziert wird. Aus dem Copula-Syncaryon entstehen viele Kerne amphinuclearen Chromatins, die im ca. 45. Kammerstadium in zahlreiche kleine Chromatinpartikel, in ein amphinucleares Chromatinnetz, zerfallen. Durch Simultanteilung des Plasmas und Chromatins, Agamogonie, in über 100 Teilstücke, bilden sich die Agameten innerhalb der mütterlichen Schale ans. Ehe dies zustande kommt, werden die Kammersepten von ca. der 27. Kammer ab durch das Plasma teilweise aufgelöst, dann tritt die Agamogonie unter gleichzeitiger Bildung der perforierten Agametenschalen mit einem langen Halsanhang ein. Bei dem Zerfall werden die Commensalen in die Agameten mit verteilt. Um auszuwandern, brechen die Agameten teils die alte Schale auf, teils vermögen sie die mütterliche Schale mittels ihrer Pseudopodien aufzulösen.

Die Agameten wachsen rasch heran. Von ca. dem dritten Kammerstadium ab spaltet sich das amphinucleare Chromatinnetz. Ein Teil lokalisiert sich in den mehr peripheren Kammern, der andere Teil bleibt unter Beibehaltung des morphologischen Aufbaues in der Centalkammer. Der distale Teil entwickelt sich zu einem echten somatischen Kern, dem Macronucleus, der unter Bildung von Nucleolen im Reifestadium zugrunde geht. Die central gelegene Chromatinmasse vermehrt sich ebenfalls selbständig und formiert aus den einzelnen Chromatinpartikeln, den propagatorischen Chromidien, die bläschenförmigen Kerne, die unter wahrscheinlich zweimaliger caryokinetischer Teilung die Kerne der Isogameten darstellen. Es konnte nicht nachgewiesen werden, daß während des Wachstums

oder gegen Schluß desselben der Macronucleus einen Teil seines Bestandes in Gestalt von Chromidien an das extranucleare Chromatinnetz abgab. Es ist mir wahrscheinlich, daß dies nicht der Fall ist.

Während des Wachstums der Foraminifere vermehren sich die Zooxanthellen außerordentlich und produzieren reichliche Stärkemengen. Es konnte niemals beobachtet werden, daß normale Commensalen oder deren Stärke von dem Plasma der Foraminifere aufgelöst und verdaut werden. Die Stärke wird von den Commensalen selbst wieder gelöst, wobei die Algen kleiner werden und eine dickere Membran abscheiden. In diesem Zustande werden die Commensalen wie Fremdkörper behandelt und von dem Wirte angestoßen. Aus der früheren Zooxanthelle schlüpft ein *Cryptomonas*-ähnliches Flagellat aus, das als nova species *schaudinni* bezeichnet wurde.

I. Biologisches.

1. Lebensweise, Ernährung und Ausscheidung (Defécation und Stercumbildung).

Peneroplis ist, wo er vorkommt, ziemlich häufig. Meine Beobachtungen stammen aus Buchten des Mittelmeeres bei Rovigno und Villefranche.

Wo die Wirkung der Wogen weniger heftig ist, findet man *Peneroplis* in der Litoralzone in kleinen Buchten, an Rasen von *Zostera* auf kalkreichen Sandfeldern, die mit vereinzelt Steingruppen, kleinen Wäldern aus *Cystosira*, Siphonen und den verschiedensten Algen bewachsen langsam gegen das Ufer ansteigen. In diesem zarten Gewirr von Pflanzen, das eine Welt kleiner Organismen birgt, kriecht *Peneroplis* mit vielen anderen Foraminiferen gern umher. Und zwar findet man häufig oben die jüngeren Individuen, während die vielkammerigen sich am Fuß dieser Wälder aufhalten oder oft an *Zosteren* flach angelehnt festhaften. Sammelt man solche Pflanzenbüschel und schüttelt sie in einem flachen See- wasserbecken ans, so verraten sich die *Peneroplen* in dem niedergesunkenen Material beim Suchen leicht durch ihre bläulich-violette Farbe von den übrigen Thalamophoren. In Kulturgläser gebracht, kriechen sie bald munter an der Glaswand umher und lassen sich leicht beobachten. Doch ist *Peneroplis* eine der empfindlichsten Mittelmeer-Foraminiferen, sie geht am frühesten ein. Am längsten

halten sich Rotalien, ich fand sie noch nach zwei Jahren in Gläsern, die unverändert stehen geblieben waren.

Kleine und mittelgroße *Peneroplen* kriechen am raschesten, größere erheben sich kaum 1 cm über den Boden. Das Kriechen geschieht mit den sich fächerartig ausbreitenden Pseudopodien, die bis zu einer Länge von 14 mm ausgestreckt werden können. Die schnellste und längste Bewegung, die ich bei einem 22kammerigen *Peneroplis* beobachtete, waren über 12 cm in 4 Stunden.

Im jungen Alter wandert *Peneroplis* viel, im späteren weniger. Verfolgt man ihn auf seinem Weg, so sieht man ihn alles mit den Pseudopodien umspannen, zum Teil auch aufnehmen, was ihm an kleinen Algen, Diatomeen, Sporen, den verschiedensten Fremdkörpern, auch kleinen Krustern begegnet. Sind die Gegenstände sehr klein, so werden sie halb oder kaum verdaut in die Mündungsporen aufgenommen. Sind die Fremdkörper größer, so werden sie eine Zeitlang vor der Mündung hergeschleift, von wo sie sich allmählich verlieren. *Peneroplis* nimmt im Vergleich zu *Vertebralina* niemals größere Gegenstände in die Schale auf, woran sie schon durch die Mündungsporen behindert ist. Sehr oft verharrt *Peneroplis* bei der Nahrungsaufnahme in Ruhe und entsendet fächerartig nach verschiedenen Richtungen ihre Pseudopodienbüschel. Mit Vorliebe verzehrt er kleine Kruster. Ein *Nauplius* kommt des Weges und berührt ungeschickter Weise oft ganz entfernt von der Mündung des *Peneroplis* einige Pseudopodienfäden, sofort zuckt er heftig zusammen, bleibt aber an der berührten Stelle kleben. Je mehr er arbeitet, um sich loszureißen, wobei die Pseudopodien sehr gedehnt werden, sich aber immer wieder zusammenziehen, desto mehr verwickeln sich seine Extremitäten mit den Nachbarpseudopodien und er ist immer mehr gefesselt. Nur noch Zuckungen verraten seine Anstrengungen; indes nach einigen Momenten erlahmen auch diese, die Beinchen werden einwärts gekrümmt und er ist tot. Der ganze Prozeß dauert $\frac{4}{5}$ — $1\frac{1}{2}$ Minuten für ein Krebschen, das sich nicht losreißen kann, aber oft größer als die Foraminifere selbst ist. Größere Kruster reißen sich nach der Berührung mit einem Sprung wieder los. Wir konstatieren daraus für die Pseudopodien eine gewisse Klebrigkeit, sowie eine starke Zähigkeit und Elastizität, außerdem eine bedeutende Giftigkeit für kleine Crustaceen; alles kommt der Nahrungsaufnahme entschieden zugute. Ist ein kleiner Kruster zur Beute geworden, so nähert sich diese und die Schale durch Contraction der sie verbindenden Plasmamasse, und in wenigen Minuten liegt die Beute der Mundporenplatte vorgelagert. Eine heftige Körnchen-

strömung ist im Gange. Das Innere des Beutetieres wird vollständig mit Pseudopodiensträngen durchzogen, die sich plattenartig an die nahrungspendenden Teile anheften. Die Nahrungsaufnahme ist also eine extrathalame. In noch nicht 2 Stunden ist nur noch der glashelle Chitinpanzer übrig, bis in die äußersten Spitzen der Antennen, Borsten und Extremitäten ist der ganze Weichkörper der Beute aufgelöst und fortgeführt. Die Klebrigkeit des Plasmas zeigt sich sehr hübsch bei Peneropen, die man mittels Glasröhren durch Sagen im Wasser emporgehoben hat und die wieder entschlüpft sind und herabsinken; man braucht sie nur leicht mit der Glasröhre zu berühren, dann bleiben sie haften und man kann sie herausnehmen. Infusorien und Flagellaten schadet die Klebrigkeit und Giftigkeit der Pseudopodien weniger; sie nähern sich bis beinahe zur Berührung, hasten zurück und ziehen weiter. Wahrscheinlich sind sie für die chemische Influenz sehr empfindlich. Berühren sie die Pseudopodien, so bleiben sie haften und werden ebenfalls aufgenommen. Das Infusor *Stylonychia* sp. macht eine Ausnahme. Es läuft munter zwischen den Pseudopodien und auf der Schale umher und scheint eine Reinigungsrolle zu spielen, ähnlich wie *Trichodina* bei *Hydra*.¹⁾ Bei älteren Individuen, deren Plasma gelegentlich etwas zurückgezogen ist, läuft *Stylonychia* sp. selbst in den letzten Kammern umher.

Schon EHRENBERG (1838 p. 303) und MAX SCHULZE (1854 p. 23) erwähnen die Giftigkeit der Pseudopodien. Ersterer bei *Actinophrys sol.*, letzterer bei *Gromia* und *Polystomella* und bei vielen anderen Rhizopoden ist diese Eigenschaft auch beobachtet.

Von Zeit zu Zeit, wenn der Plasmaleib durch immer mehr angenommene Fremdkörper, durch eigenes Wachstum und auch durch Vermehrung der Commensalen in der Hülle keinen Platz mehr findet, entleert er eine Wolke von Detritus. Der Vorgang der „Defäcation“ geschieht also, um das Plasma zu reinigen, oft zeigt er auch einen neuen Kammerbau an. Die Defäcation wird mit einer Ruhepause eingeleitet und nimmt bis zur vollständigen Entleerung mehrere Stunden in Anspruch. Bei der Ausstoßung der Fäcalsmassen sitzt die Foraminifere gewöhnlich senkrecht zur Unterlage. Ältere Tiere liegen oft horizontal. Nachdem eine Zeit der Ruhe vorangegangen, fangeu die Pseudopodien an zu spielen, die Körnchenströmung wird langsam heftiger, die Pseudopodien sind weit angestreckt und es

¹⁾ Kürzlich habe ich beobachtet, daß *Stylonychia* sp. sich zum Teil von den commensalen Algen nährt, die verdaut werden, wobei die Stärkekörner ausgestoßen werden.

beginnt ein Hinanstragen oder vielmehr ein Ablanen der einzelnen Brocken auf den Pseudopodien. Die Stücke gleiten auf ihnen entlang, quer und längs gestellt, manchmal rotierend, und sind von einer flüssigen Grundsubstanz umgeben. Daß die kleinsten Stücke in einer Vacuole liegen, ist nicht der Fall. Beim Fließen auf der Unterlage wird das einzelne Detritusstückchen sozusagen verloren, anfangs entfernter, später näher, größere früher, kleinere später, so daß bald die von den Pseudopodien bestrichene Fläche mit einer Lage von Fäces verschieden dicht besät ist. Diese Fläche gibt ungefähr das Territorium an, auf dem dann die Detrituswolke aufwächst. Die Pseudopodien endigen auf dieser ersten Anlage mit verbreiterten Endplatten, die miteinander kommnizieren. In dem undefinierbaren Detritus kleiner und kleinster Bestandteile heben sich n. a. hervor Reste zerknitterter Cellulosehüllen vielzelliger und einzelliger Algen, chitinische Hüllen kleiner Teile von Krustern, kleinere und größere Diatomeenschalen, daneben Kalk- und Kieselsäure, Fragmente aus den verschiedensten Gruppen Kalk- und Kieselsäure bauender Organismen. Alles dies bestätigt die Beobachtung, daß *Peneroplis* in der Nahrungsaufnahme nicht wählerisch ist. Noch erwähne ich zur Vollständigkeit der ausscheidenden Fäcalien zahlreiche, durch ihr stärkeres Lichtbrechungsvermögen uns entgegenblitzende polyedrische Gebilde, blaßgrün, gelbbraun, die sich als Excretkörner identifizieren lassen. Immer mehr Fäcalien werden auf den dicken Pseudopodialsträngen auf die schon hinausbeförderten aufgelagert. Sie kleben dabei vielfach an das schon vorhandene Material fest, was wohl auf die erhärtende wässrige Grundsubstanz zurückzuführen ist. Große Zwischenräume werden dabei zum Teil ausgefüllt und eine verschieden dichte Fäcalwolke schließt bald durch ihre Höhe die Mündung der Thalamophore. Bei beginnender Defäcation ist die Geschwindigkeit des Transportes, sowie die Lebhaftigkeit der Erscheinung eine bedeutend größere als gegen Ende des Vorganges. Wenn die Foraminifere in einem hohen Wall von Fäcalmassen sitzt, die verschieden dicht zusammengeballt sind, wird die einzelne Ballen noch durchziehende Pseudopodial-Plasmamasse vollends zurückgezogen. Mit ausgetretene Vacuolen, ein Teil des feineren Detritus, vor allem aber mit hinausbeförderte Commensalen, soweit sie nicht etwa modifiziert sind, werden wieder zurückgenommen. Die Dauer der Ausscheidung kann 2—5 Stunden und mehr, je nach Alter, in Anspruch nehmen. Als Folge der angestrengten Plasmataktivität tritt eine Ruhepause ein, die ebenfalls, je nach Alter der Tiere, verschieden lang ist. Junge *Peneroplen* kriechen oft schon

nach einer halben Stunde weiter, mittelgroße nach 3–5 Stunden, ältere nach einigen Tagen, alte Individuen bleiben bis zu einer Woche an derselben Stelle. Dem Ausstoßen der Fäkalballen folgen vielfach physiologische Vorgänge, wie Kammerbau, Entsendung der Schwärmer, Zerfallsteilung und auch Absterben macrosphärischer alter Individuen mit großer Kammerzahl.

An die Betrachtung der Defäcation knüpft sich gleich die der Stercumbildung, da diese von der Defäcation abhängig ist. Die Stercome sind hier keine eigentlichen Inhaltsgebilde wie bei *Saccammina* (RHUMBLER, 1899 p. 494), *Hyalopus* (SCHAUDINN, 1894 p. 14) und *Trichosphaerium* (SCHAUDINN, 1899 p. 43) u. v. a. Auf die Bildung dieser Fäkalpakete will ich einige Worte verwenden, denn diese Gebilde haben in der Geschichte der Rhizopodenforschung eine große Rolle gespielt und waren sehr verschiedenen Deutungen unterworfen. Ihre Entstehung und Zusammenfassung ist von RHUMBLER (1894 p. 563 ff.) und SCHAUDINN (1900 p. 43 ff.) klargelegt worden. SCHAUDINN verwendet (l. c.) zuerst den Ausdruck „Stercom“ für „Ballen unverdauter Nahrungsreste“. Beim *Peneroplis* entstehen diese Gebilde niemals innerhalb der Schale, sondern werden außerhalb derselben aus den Fäcalmassen allmählich gebildet, wenn nämlich die Foraminifere längere Zeit nach der Defäcation auf derselben Stelle verbleibt, aber die Pseudopodien zwecks Nahrungsaufnahme in Tätigkeit sind. Auch hier sind die Stercome von rotations-ellipsoidaler Gestalt mit einem Längendurchmesser von 20 bis ca. 350 μ . Die Stercome entstehen aus Fäcalmassen, die ballenartig vor der Mundporenplatte des *Peneroplis* liegen. Durch den Druck, den die Pseudopodialmasse seitlich ausübt, durch das beständige Vorwärts- und Rückwärtsumfließen, wobei kleinere im Wege liegende Brocken seitlich abgelagert werden, werden die einzelnen Fäcalhaufen mehr und mehr in sich zusammengepreßt und erhalten eine ziemlich gleichmäßige Oberfläche. Die die einzelnen Bestandteile umgebende klebrige Plasmasubstanz verkittet dieselben untereinander immer fester. Sind die zusammengepreßten Haufen lange dem Umlauf des Pseudopodialplasmas ausgesetzt, so werden sie schließlich zu typischen Stercomen, indem sie durch die kontinuierliche umrollende Bearbeitung rotations-ellipsoide Gestalt angenommen haben. Die Stercome sind also mechanisch entstandene Abfallgebilde aus ausgeschiedenen, unverdaulichen Bestandteilen und tatsächlichen Ausscheidungsprodukten, wie Excretkörner. Ich möchte ihre mechanische Bildung teilweise vergleichen mit den ausgeworfenen Gewöllen der Randvögel oder den zusammengeballten Kugeln, welche die vor- und zurücklaufenden

Wellen aus den verschiedensten Resten an dem Gestade des Meeres zusammenschweißen. Wie die Bildung der Stercome eine zufällige ist, so hängt auch ihre Größe von Zufälligkeiten ab. Kleine Stercome werden aus kleinen Fäcalinseln gebildet, große aus größeren. Ich habe gesagt, Stercome entstehen aus Fäcalmassen, die der Mundporenplatte direkt vorgelagert sind. Ich habe öfters ruhende Peneroplen gefunden, die parallel der letzten Kammer ein einreihiges Stercomlager hatten, und dabei zeigte sich, daß die großen Stercome da lagen, wo zwischen zwei Mundporen ein größerer Abstand war, und kleine Stercome zwischen naheliegenden Pori.

2. Fortpflanzung.

Ehe ich die Fortpflanzung des *Peneroplis* schildere, will ich eine knrze geschichtliche Übersicht über die Fortpflanzungsverhältnisse der Foraminiferen vorausschicken, wobei ich mich nnr auf Angaben beschränke, die Tatsächliches und Förderndes gebracht haben. Da gebührt es zunächst GERVAIS zu erwähnen (1847), dessen Mitteilungen in der Academie des Sciences zu Paris von MAX SCHULZE anfangs skeptisch angenommen, 1856 aber schon von ihm bestätigt und in der Verteidigungsschrift gegen EHRENBURG (M. SCHULZE, 1860) erweitert werden konnten. Da die Mitteilung von GERVAIS tatsächlich die erste über Fortpflanzung bei Foraminiferen ist, citiere ich das in Betracht kommende. Er berichtet p. 467: „En tenant des Miliolles du groupe des Triloculines . . . j'ai réussi à les voir se reproduire. Elles sont vivipares, et chaque mère peut donner à la fois une certaine de petits. Ceux-ci sont tous doués de la propriété d'émettre des filaments byssiformes (les expansions sarcodiques de M. DUJARDIN), et ces filaments sont semblables, quoique d'abord moins nombreux, à ceux des miliolles adultes, des cristellaires, etc. Les jeunes Triloculines n'ont alors, comme les Gromies, comme les Diffflugies et quelques autres, qu'une seule loge oviforme, et elles ressemblent si fort aux Gromies, que je ne vois entre mes jeunes Triloculines et le *Gromia oviformis*, d'autre difference que celle de la taille, qui est moindre dans les animaux que j'ai observés . . . On peut donc assurer que, si la Gromie n'est pas le premier âge d'une miliolle, multiloculaire à l'état adulte, ce que je n'affirme pas, il est du moins certain que les miliolles et les Gromies ne sauraient plus être réparties dans deux ordres different de la classe des Foraminifères.“ GERVAIS beobachtete noch, daß die Jungen sich bald zerstreuen, indem sie einen Weg von kaum 15—20 mm in 24 Stunden zurück-

legten. Seine übrigen Angaben beruhen auf Täuschung. Die Beobachtung GERVAIS' war also von M. SCHULZE an der Miliolide *Triloculina* sp. (1856 p. 165) und (1860 p. 308) an *Rotalina* bestätigt, bei welcher „nach möglichst vollständigem Zerdrücken und Zerzupfen der Mutter 20—30 kleine Polythalamien ans Licht der Welt gebracht wurden“. Bis nach dem Tode M. SCHULZE's ruhten die Forschungen, abgesehen von einer Mitteilung SEMPER's (1863 p. 562, tab. 27 fig. 1—c) über Austreten von jungen Tieren aus dem Rande der Schale eines Nummuliten [vermutlich *Orbitolites*] und sichere Ergebnisse wurden nicht gezeitigt. 1876 gibt R. HERTWIG einer Mutmaßung anlässlich der Kernuntersuchungen Ausdruck, indem er sagt (p. 49): „Wahrscheinlich zerfällt der protoplasmatische Mutterkörper nach Anzahl der Kerne in Teilstücke, und jedes dieser letzteren bildet sich innerhalb der mütterlichen Schale seine eigene Umhüllung“. 1882 kommt dann der Fund von G. SCHACKO, der eingangs erwähnt ist. 1888 beschreibt BRADY von den Fidjis einen *Orbitolites*, dessen äußere Grenzkammer mit jungen Schalen gefüllt waren, und gibt verschiedene Abbildungen. 1890 erwähnt HOFER an Stelle des großen Kerns bei *Polystomella* eine Menge kleiner und schließt an beginnenden Vorgang der Fortpflanzung (p. 149). Es folgen die Resultate in den Jahren 1894 und 1895 von LISTER und SCHAUDINN, die für die Erforschung der Foraminiferen für alle Zeiten grundlegende sind.

1894 gibt SCHAUDINN zugleich mit der Beobachtung einer „neuen Art der Kernvermehrung“ (p. 163 fig. 1—8) eine Zusammenstellung der Teilungsmodifikationen der Foraminiferen. Er unterscheidet drei Typen der Zerfallsteilung: 1. Teilung des Weichkörpers, Formgestaltung der Teilstücke und Absonderung der Schale vollzieht sich innerhalb der Mutterschale (*Ammodiscus*, *Discorbina* und *Peneroptis*). 2. Teilung des Weichkörpers erfolgt innerhalb der Schale, Formgestaltung und Schalenabsonderung der Teilstücke aber außerhalb (*Calcituba*). 3. Teilung, Formgestaltung der Teilstücke und Schalenbildung erfolgen außerhalb der mütterlichen Schale, d. h. nachdem der Weichkörper der Mutter als zusammenhängende Masse die Schale verlassen hat (*Miliolina*). 1895 erfolgt die genauere Schilderung der Teilungsfortpflanzung von *Calcituba polymorpha* [ROBOZ] (1895) und etwas später (1895a) die Klarstellung der Ursache des Dimorphismus durch SCHAUDINN, durch die Entdeckung der Schwärmer bei *Polystomella* von LISTER (1894) und SCHAUDINN (1895a), ebenso durch den Nachweis der Schwärmer bei *Hyalopus* neben der Zerfallsteilung (SCHAUDINN, 1894b). Es schließt sich noch an (1895b) die Schilderung

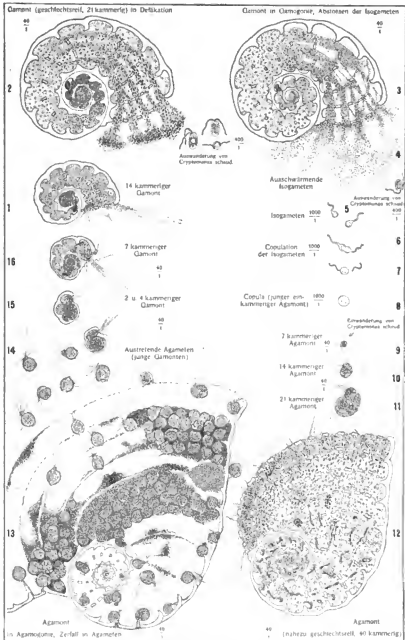


Fig. A. Übersicht über die Fortpflanzung von *Penicopsis pertusus* (FORSKÄL).

der „Embryonenbildung“ von *Discorbina*, *Patellina* und *Saccamina*. Der Entwicklungszyclus von *Polystomella* wird 1903 geschlossen, indem es SCHAUDINN gelingt, die Schwärmer zweier Individuen zur Copulation zu bringen und weiter zu züchten (1903 p. 551). Das ist meines Wissens die letzte Mitteilung über Fortpflanzung polythalamer Thalamophoren, der ich hier die Fortpflanzung von *Peneroplis* anschlieÙe. Diese ist im Prinzip gleich der von *Polystomella*. Das nebenstehende Schema Fig. A wird zur Erläuterung beitragen.

Beginnen wir bei der Schilderung der Verhältnisse mit der allgemein bekannten Form, dem Gamonten (Fig. A1), wie wir ihn im Sommer beim Suchen von Peneroplen finden. Er kriecht munter zwischen den Algen oder an der Kulturglaswand umher. Seine Farbe ist blauviolett. Nach ein paar Tagen wird das Kriechen langsamer, er verharrt längere Zeit in Ruhe, oft mehr als einen Tag, je größer er ist desto länger. Die Wachstumsebene steht hierbei auf der Unterlage senkrecht, der Gamont sitzt mit der Mundporenplatte auf. Es ist die Stellung zur Defécation, die dann bald erfolgt, und eine Wolke von Detritus nmlagert dann mehr und mehr die Mundöffnung. Die Farbe des Gamonten wird hierbei etwas heller, die zwei oder drei letzten Kammern sind weißlicher, da das Plasma mit den Commensalen zurückgezogen ist. Nach energischer Ernährung werden darauf bei kleineren Individuen eine, auch zwei, manchmal drei Kammern angebaut, gewöhnlich jedoch nur eine. Die Foraminifere lebt dann ungestört eine Zeitlang fort, 1—2 Wochen, worauf der Defécationsprozeß sich wiederholt. Es erfolgt wieder ein Kammeranbau, und das Ganze kann sich noch mehrmals wiederholen, bis der Gamont 20—30kammerig ist. Gewöhnlich im 23.—27. Kammerstadium ist der Gamont auf Grund der Kernverhältnisse, die wir später besprechen, reif zur Gamogonie. Diesem Prozeß geht eine energische Defécation voraus, der eine gewissermaßen regenerative, längere Ruhepause folgt, worauf, durch heftige Plasmaströmung eingeleitet, das Austreten der Gameten erfolgt (Fig. A2—4).

Die Gameten (Fig. A 5 u. 6) von gleicher Größe, also Isogameten, besitzen nur eine Geißel, die stumpf wie abgeschnitten endigt. Der Kopf des Gameten ist nahezu kugelig, etwas birnförmig. Der Durchmesser der Gameten ist ungefähr $1\ \mu$. in der Mitte, mehr nach vorn zu gelegen, sieht man als stark lichtbrechenden Körper einen großen Kern von kugeligter Form. Die Länge der Geißel beträgt ca. $2\ \mu$, ihr Durchmesser ist ca. $\frac{1}{2}$ des Gameten. An der Basis, wo sie in die Spitze der Birne übergeht, scheint die Geißel ein wenig verdickt. Der Isogamet von *Polystomella* (Zoosporen LISTER'S, 1894 p. 425;

Schwärmsporen SCHAUDINN's, 1894 b p. 21; 1895 a p. 96; 1903 p. 552; Flagellosporen LANG's, 1901 p. 207) besitzt zwei Geißeln, ebenso wie die Isogameten von *Trichosphaerium* (SCHAUDINN 1899), *Hyalopus* (SCHAUDINN, 1894 c p. 169), sowie *Miliola*, bei der ich gelegentlich Gamogonie beobachten konnte, besitzen mit *Peneroplis* eingeißelige Gameten. Bei *Vertebralina*, die ebenfalls Gamonten und Agamonten auf Grund der Kernverhältnisse besitzt, habe ich den Vorgang der Gamogonie bis jetzt noch nicht beobachtet. Aus der Gametenähnlichkeit auf Verwandtschaft schließen zu wollen, erscheint mir vorläufig unzulässig.

Der Vorgang der Gametenentsendung dauert ca. 10 Stunden, man findet aber gelegentlich noch nach 3 Tagen nach Beginn der Gamogonie Gameten an den Mundporen herumwackeln. Die Bewegung der Schwärmer ist eine schlagende, wobei die Geißel S-förmige Krümmungen macht, was jedoch so schnell geschieht, daß eine tanzende, wackelnde Vorwärtsbewegung sich ergibt. Gametenbildende *Peneroplen* sind leicht zu finden. Wenn man gegen Ende Sommer mittelgroße macrosphärische *Peneroplen* findet, die eine große Wolke Müllmaterial vor sich gelagert haben, dann sind sicher einige darunter, die das Reifestadium haben. Nach der Methode von SCHAUDINN bei *Polystomella* (1903 p. 552) zerquetschte ich verschiedene Gamonten und konnte so leicht die näheren Vorgänge verfolgen.

Durch die zahlreichen chromatischen Partikelchen erscheint das Plasma, das außerordentlich stark in Strömung ist, kristallartig glänzend und erinnert an das Plasma von *Pelomyza* mit seinen Glanzkörpern. Die einzelnen Chromatinpartikelchen haben znnächst eine längliche Form und sind von einem hellen Hof reineren Plasmas umgeben. Ehe die Teilung erfolgt, runden sie sich kugelig ab. Die Teilung erfolgt „primitiv mitotisch“, indem das Chromatinpartikelchen, mit etwas Plasma umgeben, in der Äquatorialebene sich spaltet und auseinander schiebt. Darauf runden sich die beiden Teilstücke so ab, daß ein bläschenförmiger Kern vorliegt. Ob die Teilung zweimal geschieht, konnte ich am lebenden Objekt nicht sehen, vermute es aber aus anderen unten gestreiften Gründen. Während der Gamogonie schleudert das Plasma mit großer Gewalt peitschenartig hin- und herschlagende Pseudopodien aus, aus denen sich bläschenähnliche Kerne, mit Plasma umgeben, abschütteln, wobei sich zugleich die Geißel unter vibrierender Bewegung aus dem den Kern umgebenden Plasma heraushebt. Die Gamonten, die man auf Grund der Defäcation und Größe aussucht, sind natürlich nicht alle auf dem gleichen Reifestadium. Die gametenreifen Gamonten lassen

Gameten austreten, die geringe Größenunterschiede aufweisen. Solche Individuen, die den vollen Reifezustand noch nicht erreicht haben, bilden nach dem Zerquetschen Gameten pathologischer Natur, die Kerne bleiben aneinander haften, lösen sich mit Plasma umgeben los, größere tanzen als Gameten mit zwei oder drei Geißeln lebhaft zwischen kleineren Schwärmern und Schwärmergruppen umher, so daß eine erhebliche Größendifferenz unter den einzelnen Gameten vorliegt. Oft teilt sich ein solcher Schwärmer im Wasser noch ganz regelrecht, so daß zwei annähernd normale Gameten daraus hervorgehen. Äußerst häufig findet man bei zu früh zerquetschten einen tetradenartigen Knäuel, aus dem sich noch vier ungefähr gleiche Gameten entwickeln. Die zweimalige Teilung schien mir deshalb hier wahrscheinlich. Auf solche Weise werden sich wohl die Anisosporen LISTER'S (1894 p. 426) erklären lassen.

Nach meinen bis jetzt vorgenommenen Untersuchungen starben die Gamonten nach erfolgter Gamogonie ab. Über die Lebensgeschichte der macrosphärischen vielkammerigen *Peneroplengreise* kann ich vorläufig nichts aussagen, ich vermute, daß sie gametenlos bleiben. (Tatsache ist, daß sie ein nur sehr unvollkommenes extranucleares Kernnetz haben, aber einen oder mehrere große Macronuclei besitzen. Im letzteren Fall liegen einige in Kammern weiter nach vorn. Vielfach fand ich auch solche, deren Centralkammern plasmafrei oder plasmaarm sind. Ich werde später an anderer Stelle auf diese Frage zurückkommen.)

SCHAUDINN gelang es (1903 p. 552), die Copula der Isogameten von *Polystomella* weiter zu züchten. Mir ist dies bei *Peneroptis* nicht gelungen. Copulation konnte ich ebenfalls beobachten, indem ich nach der Methode SCHAUDINN'S die Gameten verschiedener Individuen mittels einer Kapillare abzog und sie auf dem Deckglas einer feuchten Kammer in einem Tropfen Seewasser verteilte. Ehe die Verbindung der Isogameten erfolgt, umgaulen sich die Schwärmer eine Zeitlang, 15—20 Minuten, ziehen sich an und stoßen sich wieder ab, dabei sind sie in so vibrierender Bewegung, daß man sie kaum sieht, dann plötzlich fahren sie gegeneinander, bleiben haften, noch eine Zeit sind sie in zitternder Bewegung, dann hört dieselbe auf, wobei zugleich die starke Lichtbrechung des Kernes mir an Intensität nachzulassen schien. Nur in zwei Fällen konnte ich das Entstehen der Copula beobachten, was sehr langsam vor sich geht. Ich will die Beobachtungen über die Kernverschmelzung, die infolgedessen sehr unsicher sind, hier noch nicht niederlegen, da ich hoffe, später die Copula nochmals züchten zu können, und u. a. auch die Aufnahme

der Commensalen experimentell zu beobachten. Die Copula ist nach ungefähr einem halben Tage schon sehr groß, kugelig, 3—4 μ im Durchmesser.

Das nächste Stadium dieser Generation, das ich hier anknüpfend fand, war ein 7- und ein 9kammeriger microsphärischer *Peneroplis* mit mehreren verschieden großen kernähnlichen Chromatinbrocken. Der 7kammerige *Peneroplis* enthielt zwei commensale Algen, dagegen der 9kammerige circa sieben. Hierdurch scheint es mir sicher, daß in diesem Alter und zu dieser Zeit die Aufnahme von *Cryptomonas schaudinni* erfolgt, wodurch der ganze Entwicklungscyclus dieser Foraminifere infiziert ist. Das nächste Stadium der microsphärischen Generation, das ich fand, war ein 14kammeriges Exemplar, das schon eine größere Anzahl commensaler Algen hatte, weit über einige Hundert.

Die Agamonten bewegen sich mitten unter den Gamonten und sind, besonders im mittleren Alter lebend, schwerer voneinander zu unterscheiden als ihre leeren Schalen. Doch hebt sich der Centralkammerkomplex bei Agamonten immer, wenn auch wenig schärfer ab als bei Gamonten (siehe S. 30). In Benehmen und Lebensweise, Ernährung, Wachstum und Defécation unterscheiden sich beide Formen nicht. Wenn die Agamonten älter werden, halten sie sich mehr am Boden auf, den sie zuletzt kaum noch verlassen, oder sie erheben sich nur wenig, an Algen oder Steinen emporklettern, über ihn. Die Gamonten steigen höher, was im Reifestadium mir besonders charakteristisch schien. Nähert sich der Agamont seinem Reifestadium, das bezüglich der Größe, der Kammerzahl auch verhältnismäßig weiter hinangeschoben ist wie bei Gamonten, so werden seine Ortsbewegungen zunehmend langsamer. Zwischen dem 42. und dem 49. Kammerstadium tritt der Zerfall in Agameten ein. Der Prozeß der Agamogonie wird äußerlich eingeleitet, indem der Agamont bei aufrechter Stellung, die Wachstumsebene senkrecht zur Unterlage in Ruhe verharret und sich seines überflüssigen Inhaltes entledigt. Langandauernde Plasmaströme befördern das Material nach außen. Die Defécationsstoffe sind so gewaltig, daß die Foraminifere wie in einem Wall fast bis zur halben Höhe eingebettet in ihnen sitzt. Gegen Ende des groben Defécationsvorganges, denn die Reinigung dauert bis zum Augenblick der jugendlichen Schalenbildung, beginnen pseudopodienartige Plasmastränge die Septen von der 26.—32. Kammer ab abzunagen, d. h. regelrecht aufzulösen. Während die Septen von hier ab gewöhnlich alle bis auf wenige Reststücke abgerissen werden,

um einen Brutraum zu schaffen, werden die übrigen nur teilweise abgetragen (siehe Fig. A 13 und Taf. I Fig. 1.)

Das Schalenhäutchen und der Kalk werden hierbei aufgelöst, wodurch Material zu den dicken Schalen der entstehenden Agameten geliefert wird. In dem Abschnitt über Schalenbau werden wir sehen, welche Resistenz das Schalenhäutchen besitzt, deshalb erscheint das Abtragen und Anflösen einigermaßen verwunderlich, indessen macht schon RHUMBLER 1892 p. 526 darauf aufmerksam, daß das „Wachstum der Gehäuse mit protoplasmatischer Kittsubstanz“ durch Anflösen der letzteren erfolgt. Ein Abtragen der peripheren Kammerwände bei *Orbitolites* durch die „Spores“ konnte BRADY (1892 p. 119) bei der Fortpflanzung dieser Foraminifere beobachten. Allmählich zieht sich nun der größere Teil des Plasmas mehr proximal zusammen, die Centalkammern, die noch Septen tragen, fast vollständig freilassend. Verteilt finden sich noch außerdem einige kleinere zusammengezogene Plasmaherde zwischen Resten des letzten ausgestoßenen feineren Detritus. Das gesamte Plasma mit den kleinen Resten von Fäkalien nimmt dann höchstens $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{8}$ des inneren Raumes der Foraminiferenschale ein. Nachdem die heftigen Plasmaströmungen nachlassen, gewahrt man in einzelnen Plasmaherden kugelige Abgrenzungen, deren Zahl von der Größe der Plasmainsel abhängt. Zugleich mit der Anlage der äußeren Haut, die eine Plasmaugel umschließt, erkennt man die Stellung und Lage des Agameten durch eine feine radiale Streifung, die lange vorher sichtbar ist, ehe die zu bildende Schale erhärtet. Es ist die „Perforation der Embryonalkammer“, die RHUMBLER an größeren Exemplaren zuerst (1894 a) nachwies. Die Halsröhre des entstehenden Agameten ist da angelegt, wo der meiste Platz seitens der Nachbarn gelassen wurde, so daß möglichst wenig Raum in dem Plasmahaufen bei der Teilung verloren geht. Bis die äußerste Haut der Schale erkennbar wird, kann man oft noch langsame Strömungen beobachten, die das kleinste Detritusmaterial nach außen befördern, so daß, nachdem die Gestalt des Agameten deutlich wird, in den Lücken zwischen den Agameten hauptsächlich Detritus- und Plasmareste verbleiben. Bleibt eine größere Plasmainsel übrig, so kann sie benachbartes Material, wenn die inzwischen angebildeten Agameten etwas auseinandergerückt sind, zusammenziehen, sich in später Stunde mit einer Schale umgeben, um noch als „Embryo“ davonzukommen. Gelegentlich fließt das Plasma aus einer schon beinahe fertigen Schale wieder heraus, vereinigt sich mit benachbarten Plasmateilen und zerfällt unter neuer Schalenabscheidung in neue Agameten. Teils dadurch

oder auch durch das Ausbilden der Schale unter möglicher Raumausnutzung ist die Ausbildung der Agameten keine gleichmäßige, sowohl in der Form als in der Größe nicht. Gelegentlich sind die Septen nicht ganz abgenagt worden, wodurch dann aberrante Formen durch Zwängen entstehen, wie sie SCHACKO (1883 tab. 12) abbildet. Die Abbildungen SCHACKO's sind jedoch dem tatsächlichen Verhalten nagenau entnommen. Bei den über 30 ausgewachsenen Agamontenschalen, die ich fand und die ihre Agameten zum Teil oder ganz entlassen hatten, ist keine, die die Kammerwände nicht eingerissen hätte. Anormal werden auch die Agameten, die in den Kammercken sich entwickelt haben, oder außergewöhnlich klein solche, die aus einzelnen Plasmaresten in dem Centrakammergebiet sich aufbauten. Durch solche Divergenzen der Agameten erklärt sich jener Polymorphismus dieser Generation (vgl. auch A. GÜES, 1889), den wir nicht in so hohem Maße finden bei Formen, die außerhalb der Mutterschale den Prozeß der Agamogonie verlaufen lassen (*Polystomella*, *Miliola* u. a.). Der Zerfall der Agameten kann allgemein und zugleich erfolgen oder allmählich. Das auf der Tafel abgebildete Exemplar zeigte das erste Auftreten von jungen Schalenhäutchen am 31. Juli 1903 mittags und wurde konserviert am 4. August um 11 Uhr mittags, in diesem Stadium ist es abgebildet. An einigen Stellen ist das Plasma noch nicht ganz zerfallen. Der Vorgang der Agamogonie geht rasch vor sich, wenn das Plasma nur zu einem Klumpen zusammengezogen ist, er dauert lange, wenn verschiedene Plasmahaufen vorhanden sind. Die Ausbildung der jungen Schale, die von außen nach innen abgelagert wird, beansprucht ca. einen halben Tag. Dann ruht der junge Agamet noch einige Zeit, wobei die Schale erhärtet, streckt seine Pseudopodien aus, es beginnen Ortsverschiebungen, die bei dem dichten Zusammenliegen der Agameten anfangs ruckweise Stöße sind. Dadurch wird die Schale an den Anwachsnähten gelockert, oft gesprengt, wie ein Schädel beim Sprengen in den Suturen. Die Pseudopodien werden büschelweise aus der Mundöffnung des Halses ausgestreckt und dehnen sich hierbei bis auf das Siebenfache der Länge des Agameten aus, so daß sie durch mehrere Kammern hindurchragen, das Innere der alten Schale kreuz und quer, wie Spinnweben durchziehen. Auch aus den Poren erstrecken sich feine Plasmafäden, welche die echte Perforation der Schale vollends bestätigen. Diese Pseudopodien sind so fein, daß sie fast hyalin erscheinen, nur hier und da konnte ich bei stärkerer Vergrößerung ein kleines Körnchen an ihnen ablaufen sehen. Die an der Peripherie des Haufens liegenden Agameten gelangen natur-

gemäß zuerst auf die Wanderung. Sie kriechen in der alten Schale umher und suchen ins Freie zu gelangen, indem sie mit den Pseudopodien heruntasten. Findet ein Pseudopodium eine Lücke, dann werden bald größere Plasmamassen nachgeschickt, welche die Lücken durch Pressen und Auflösen erweitern. Gewöhnlich geschieht dies in den Anwachsnturen, wodurch die Schale sich seitlich aufblättert. Ist sie indessen zu fest gefügt, dann nagen die Agameten durch Lösen mit den Pseudopodien ein kreisrundes Loch, durch das sie sich hindurchzwängen. Ein Teil der Agameten geht bei der Auswanderung auch durch die Mundporenplatte, die, falls sie nicht zu Beginn der Agamogonie genügend zum Ausgang abgetragen wurde, jetzt aufgelöst wird (siehe Fig. B). Da die alte Schale längsstreifig sich aus dicken und dünnen Leisten zusammensetzt, so erscheinen die Erosionskanten gezähnt, indem die dünneren Zwischenlamellen leichter weichen als die dickeren Streifen. Obwohl die jungen Agameten eine außerordentliche Lebhaftigkeit zeigen, kann das Verlassen der mütterlichen Schale 8 Tage dauern. Gewöhnlich geht dies rasch vonstatten, wenn nämlich der Zerfall in Agameten ein gleichmäßiger war. Sobald der Agamet ins Freie gelangt, beginnt er sofort eifrig Nahrung anzunehmen und schon nach einem Tage den Bau einer oder zweier neuer Kammern. Bei guter Belenchtung vermehren sich hierbei die Commensalen sehr rasch, was durch erhöhte Kohlensäureausscheidung seitens des sehr beweglichen Wirtes verständlich erscheint. Trotz der unmittelbar vorausgegangenen starken Defécation enthalten die jungen Agameten zahlreiche kleine Excretkörner.

Beim Anbau der Kammer wird zuerst als innere Anheftung der Milio-linenzahn angelegt, der mit breiter Basis aufsitzt; daran legt sich als große Blase das Plasma bis zum äußeren Rand der alten Kammer, hier also an das Halsstück des Agameten. Die Wand dieser Blase ist der äußere Rand eines grobmaschigen Alveolar-



Fig. B.

Einseitig in das obere Ende der Mundöffnung von *Peneloplis* nach Agamogonie. Am oberen Ende drei noch normale Mundporen.

Vergr. 90.

saumes des vorgeschobenen Plasmas, das durch außerordentlich zahlreiche Stränge mit dem der alten Kammer vorgelagerten Plasma in Verbindung steht. Wenn eine Kammer angebaut wird, so ist das damit beschäftigte Plasma außerordentlich wässrig, die Plasmastränge sind sehr dünnflüssig. Da, wo ein Mundporus entsteht, zieht sich das Plasma der Blase mit der Wandung zurück. Nach ein paar Stunden erscheint der Kontur der äußeren Alveolarwand etwas verdickt und zeigt eine kaum merkliche gelbe Färbung. Diese Haut gibt das äußere Schalenhäutchen ab. Dann gehen die Plasmastränge langsam zurück, es bleibt die wässrige Flüssigkeit in der dicken Schale, an deren inneren Wand wieder das Schalenhäutchen auf gleiche Weise abgelagert wird. Die angebaute Kammer erscheint zunächst farblos, nach 2—3 Tagen ist sie indessen vollständig verkalkt und hart. Oft wird noch, ehe die Schale erhärtet ist, eine zweite Kammer angelegt und unter Umständen nach dieser noch eine dritte, so daß vierkammerige Gamonten mit drei neuen Kammern gelegentlich angetroffen werden. Zu diesem Zeitpunkt, in welchem die Schale noch des Kalkes entbehrt, läßt sich durch wässriges Methylenblau und durch Hämatoxyline nach vorangegangener Konservierung außerordentlich gut die Zwischensubstanz sowie das Schalenhäutchen färben. Der Gamont wird nach 2—3 Monaten geschlechtsreif in warmer Temperatur, bei guter Belichtung und Ernährung. In den Monaten Juni—Oktober konnte ich dies an Material aus Rovigno und Villefranche beobachten. In den kälteren Monaten geht Wachstum und Reife langsamer vonstatten. Auf Grund von Präparaten eines Jahres mit 14-tägigen Intervallen kann ich jedoch sagen, daß Gamogonie das ganze Jahr stattfindet, hingegen vermte ich den Vorgang der Agamogonie nur in den wärmeren Monaten, da ich nur während dieser Zeit dahingehende Reifestadien fand. Allerdings genügte das von mir untersuchte Material nicht. Die untersuchte Anzahl der microsphärischen, da sie sehr selten sind, ist zu gering. Aus den geringen Befunden scheint mir die erwähnte Annahme indessen trotzdem wahrscheinlich. Jedenfalls hat ein agamogonisch zerfallendes Individuum ein Alter von mindestens $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Jahr hinter sich, was ich an Exemplaren in Kulturgläsern feststellen konnte. Da in dem Wachstum größere Ruhepausen eintreten können, wobei gelegentlich die Mundporen mit Kittsubstanz verklebt werden, so steht der anscheinend zeitlich gebundene agamogonische Zerfall nicht in Widerspruch zu der jederzeit erfolgenden Gamogonie.

II. Morphologisches.

A. Schale.

1. Dimorphismus der Foraminiferen.

Der Dimorphismus ist bei fast allen genauer untersuchten fossilen wie recenten polythalamen Thalamophoren nachgewiesen und fortgesetzt mehr sich die Zahl der Genera, welche die Erscheinung der Doppeltgestalt der Schale angibt. Von den letzten Mitteilungen führe ich an SILVESTRI (1903), der auch *Spiroplecta* als dimorph bezeichnet, ferner die neueren Untersuchungen RHUMBLER's.¹⁾ 1905 zeigte dieser Autor für *Psammonyx vulcanicus* [DÜDERLEIN], eine Form, die wahrscheinlich zwischen Rhabdamminiden und Ammodisciden zu stellen ist, die dimorphe Schalengestalt. Von allen bisher bekannten dimorphen Formen ist diese als die niedrigste anzusehen. 1906 gab RHUMBLER in der Schalengestalt als dimorph bekannt: *Cornuspira involvens* [REUSS] und *Spirillina vivipara* [EHRBG.] var. *revertens* [RHUMBLER]. Ich füge noch hinzu, daß ich n. a. für *Nubecularia lucifuga* und *Vertebratina striata* ebenfalls Dimorphismus der Schale nachweisen konnte. 1895 a gab SCHAUDINN eine kurze Zusammenstellung der hauptsächlichsten Literatur über den Dimorphismus der Foraminiferenschale und dessen Erklärungsversuche (p. 87—90). Zugleich bezeichnet LISTER (1895 p. 406) die Genera, die bis dahin als dimorph bekannt waren. Ich will mit dem Hinweis auf diese Literaturquellen mich begnügen und in dieser kurzen Arbeit nicht auf eine breite geschichtliche Schilderung des Schalendimorphismus und der dieser Erscheinung unterzogenen Genera eingehen, was ich bis auf später verschieben möchte, sondern nur erwähnen, daß Schalendimorphismus außer bei den Rhabdamminen bei vielen Vertretern aus allen übrigen 8 Familien der Thalamophoren nachgewiesen ist.

Beim *Peneroplis* beruht der Schalendimorphismus lediglich in der Verschiedenheit der Primärkammer, die das nachfolgende Wachstum beeinflußt. Da aber die Wachstumsgesetze (vgl. RHUMBLER, 1902) für beide Formen die gleichen sind, so ist das Endresultat

¹⁾ Die Arbeiten LISTER's „On the relation in size between the megalosphere and the microspheric tests in the Nannulites“ in *Proc. Cambridge phil. soc.* 1905 v. 13 p. 92—93 und „On the Dimorphism of the English Species of Nannulites“, *ibid.* v. 16 p. 1—2, waren mir nicht zugänglich.

ebenfalls das gleiche; Form- und Struktur Aufbau ist gleich; wenn ich daher von der Schale des *Peneroplis* spreche, so gilt das für beide Formen.

Ein genaueres Vergleichen der beiden Schalenformen ist indessen bis jetzt, so weit mir bekannt, nicht vorgenommen worden. SCHLUMBERGER gebührt das Verdienst, die Kenntnis der dimorph gestalteten Genera erheblich erweitert zu haben. Dieser Forscher begnügt sich aber lediglich mit kurzen Angaben und mit Abbildungen von Durchschnitten. Ich habe deshalb versucht, zur tieferen Erkenntnis des Schalendimorphismus die beiden Schalenformen des *Peneroplis* eingehender vergleichend gegenüberzustellen. Durch seinen Polymorphismus (FRIED. DREYER, 1898) könnte man für eine solche Untersuchung *Peneroplis* leicht als nicht geeignet halten. Demgegenüber fand ich einen gut ausgeprägten Schalendimorphismus und eine vollständige Übereinstimmung des Aufbaues der Schale und ihrer Zusammensetzung. Der Schalendimorphismus ist jedoch hier als ein mäßiger zu bezeichnen im Vergleich zu den Formen, wie *Adelosina polygonia* [BRADY] (SCHLUMBERGER, 1891), bei welchen die A-Form mehr dreieckig, die B-Form hingegen mehr viereckig ist, oder wie *Planispirina bucculenta* BRADY, bei der in Anordnung und Lage die ersten 16 Kammern außerordentliche Verschiedenheiten zwischen beiden Formen zeigen und erst ganz allmählich eine Übereinstimmung der äußeren Form eintritt (SCHLUMBERGER, 1892).

2. Vergleich der macro- und microsphärischen Schale des *Peneroplis* (Fig. C).

Bei der Durchsicht von Individuen variieren die Formen in der segmentweisen Aufeinanderfolge der Kammern zwischen weniger ansteigend spiralg und stark ansteigend spiralg aufgerollten. Parallel spiralg gewachsene Typen finden sich nicht vor. Bei der macrosphärischen ist die Verschiedenheit der logarithmischen Spiralansteigung größer als bei der microsphärischen, analog der größeren Variabilität der Primärkammer macrosphärischer gegenüber der immer ziemlich kugeligen microsphärischer Formen. Die Durchschnittsansteigung der Wachstumsspirale der macrosphärischen ist auch die der microsphärischen, so daß die Spiralansteigung der letzteren für beide die normale ist. Auffallend ist, daß unter den alten macrosphärischen vom ca. 30. Kammerstadium und mehr meist solche Individuen sich vorfinden, die der normalen Wachstumsspirale im Wachsen am meisten entsprechen.

Ausgewachsene oder vielmehr sehr große macro- und microsphärische Peneropenen stimmen bei oberflächlicher Betrachtung äußerlich im Gesamtaussehen ungefähr überein. Durch den Polymorphismus der ersteren kann die Übereinstimmung eine ziemlich weitgehende sein. Immerhin ist der Unterschied zwischen macrosphärischer mit

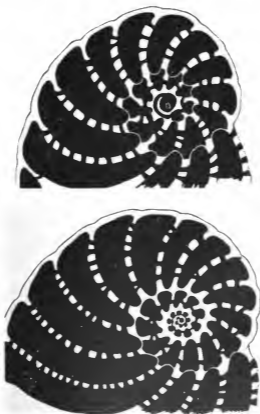


Fig. C.

Oben Innenraum der macrosphärischen Schale, unten Innenraum der microsphärischen Schale von *Peneroplis pertusus* (FORSKÄL). Vergr. 75:1.

kleiner Primärkammer und microsphärischer mit großer ein bedeutender; typisch bleibt für die macrosphärische der lange Verbindungskanal, der „Hals des Embryo“, welcher die Primärkammer als seitlich angelagerte schmale, gebogene Röhre mit der 2. Kammer

verbindet und bis 115μ lang werden kann; für die microsphärische würde die entsprechende Zahl nur 15μ betragen. Bringen wir einen macrosphärischen und einen microsphärischen *Peneroplis* zur Deckung, d. h. legen wir sie so aufeinander, daß die Achsen, die durch den Mittelpunkt der Centalkammern gehen und auf der Wachstumsebene senkrecht stehen, eine Gerade bilden, und drehen wir die Tiere so, daß sie sich decken, dann konstatieren wir, daß der erste Umgang des macrosphärischen, Kammer 1—8, $2\frac{1}{8}$ Umgang, Kammer 1—20, des microsphärischen entspricht. Dann deckt der nächste Umgang des macrosphärischen mit Kammer (19) 20 den gleichen mit Kammer 35 des microsphärischen. Ein abermaliger Umgang stößt bei dem macrosphärischen auf Kammer 35, während es bei dem microsphärischen zu einem ganzen nicht mehr kommt. Von der 38.—46. Kammer ab greifen die Kammern auf der konvexen Seite der Foraminifere — der Kriechart nach der unteren — nicht mehr ganz herum, sie stoßen nicht an die Außenseite der Spirale. Ein ganzer Umgang würde rekonstruiert ca. Kammer 55 als abschließende bezeichnen, indessen war die höchste Kammerzahl, die ich fand, Kammer 49 (s. Fig. 1 der Tafel).

Macrosphärische mit ganzem 3. Umgang sind indessen selten, solche Fälle gelten für kleinere Formen, für Formen, die durch kleine Primärkammer von vornherein kleiner angelegt werden. Für die macrosphärische Form gilt bezüglich der Umgänge von der ca. 30. Kammer ab, das gleiche, was für die microsphärische von der ca. 42. ab zutrifft.

Betrachten wir die Kammerumgänge der beiden Formen einzeln, so ergibt sich folgende Verteilung für die macrosphärischen *Peneroplis*: I. Umgang Kammer 1—8, II. Umgang 9—19 (20), III. Umgang 21—35. Für den microsphärischen: I. Umgang 1—7 (8), II. Umgang 8—16 (17), III. Umgang 17—29 (31), IV. Umgang 30—45 (49). Es entsprechen somit drei Umgänge des macrosphärischen mit 35—37 Kammern vier Umgängen des microsphärischen *Peneroplis* mit ca. 47 Kammern.

Bei der Betrachtung analoger Kammern für genaue Maßangaben beginnen wir mit den beiden Primärkammern. Bei unseren Maßen handelt es sich um Durchschnittswerte von normalen *Peneroplen*, und zwar von 100 macrosphärischen und 50 microsphärischen. Dieselben wurden aufs Geradewohl herausgesucht, wobei jedoch Monstra und entartete Formen, wie sie DREYER 1898 abbildet, nicht berücksichtigt sind. Um die Maße genauer zu legen, wurden die Kammerräume, also ohne Schale, gemessen. Es handelt sich also um Innenmaße. Macrosphärische Primärkammer: Länge 62μ , Höhe $52,8 \mu$

Breite 47 μ , Länge des Halses, des Verbindungsstückes zur nächsten Kammer (Achsenmaß) ca. 100 μ , Durchmesser dieses Kanals 13 μ . Die Variationen dieser Maße schwanken für: Länge 38,5—114,4 μ , Höhe 36,3—80,3 μ , Breite 37,4—81,4 μ , Länge des Halses 66—118 μ , Dicke 10—17 μ . Die Durchmesser der immer ziemlich kugeligen, seitlich etwas abgeplatteten microsphärischen Primärkammern schwanken nur von 15—26 μ . Die Durchschnittsgröße beträgt 17,5 μ . Die größeren Schwankungen der Dimensionen (s. Maßtabelle) der macrosphärischen Primärkammer lassen die größere Verschiedenheit der Individuen jener Formenreihe gegenüber der microsphärischen verständlich erscheinen.

Maße in μ
von *Peneroplis pertusus* [FORSKÄL].
der macrosphärischen und der microsphärischen Form

Kammer	Länge	Höhe	Breite	Kammer	Länge	Höhe	Breite
7.	50 var. 37—55	80 var. 53—105	48 var. 45—55	19.	46 var. 35—52	78 var. 60—110	48 var. 44—52
8.	52 var. 40—58	93 var. 88—143	48 var. 40—60	20.	50 var. 38—59	82 var. 70—132	52 var. 48—60
13.	64 var. 50—74	168 var. 119—330	62 var. 50—77	26.	66 var. 40—78	176 var. 100—275	64 var. 60—70
14.	66 var. 50—77	176 var. 127—370	62 var. 55—85	27.	68 var. 51—90	200 var. 110—330	70 var. 64—85
20.	—85	432 var. 220—1100	70—100	35.	60—85	640 var. 340—1350	70—106
23.	70—90	620 var. 340—1250	70—115	38.	70—90	1190 var. 700—1550	70—115
30.		1680 var. 1400—2200		49.		2100	

Eine auffallende Übereinstimmung zeigen Macro- und Microformen zueinander in dem Größenverhältnis der ersten fünf Kammern. Immer ist die zweite Kammer bis ca. um $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{2}$ kleiner als die erste. Von der zweiten Kammer ab nehmen die weiteren gleichmäßig zu, bis ca. die fünfte wieder die Inhaltsgröße der ersten erreicht. Bei der macrosphärischen steigt die Wachstumsspirale bis zur 16.—23. Kammer gleichmäßig an, um von da an mehr oder

minder rasch sich auszubreiten. Für die microsphärischen gilt das gleiche von der 28.—36. Kammer.

Während bis zu diesem fixierten Punkt Macro- und Microformen sich ungefähr deckend wachsen, steigt von nun ab die Wachstums- spirale der microsphärischen rascher, wodurch die Kammerhöhe, die gerade Verbindung (*h*) zwischen den beiden Kammerenden, eine größere wird. Dieser Unterschied, der das Sortieren von Macro- und Microformen mit erleichtert, wird gesteigert, indem die centrale Kammermasse der microsphärischen im allgemeinen etwas kleiner ist wie die der macrosphärischen Form.

Die Größenmaße sind nach nebenstehendem Schema (Fig. D.) gemessen. Für eine 32—37 kammerige macro- und 45—49 kammerige microsphärische Form sind größere Zahlen ungefähr die gleichen: Länge 1800—2200 μ , Höhe 1850—2450 μ ; bei den Microformen ist die Länge gewöhnlich kleiner und die Höhe größer, bis ca. 2550 μ . Breite (= Dicke) der Mundplatte bei großen Individuen ca. 165—180 μ .

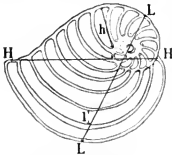


Fig. D. Maßschema.

- L = Länge des ganzen Tieres.
- H = Höhe des ganzen Tieres.
- l = Kammerlänge.
- h = Kammerhöhe.

Bei oberflächlicher Betrachtung unterscheiden sich macro- und microsphärische Peneropen znnächst nicht. Bei mehr Aufmerksamkeit fallen die Microformen unter den regelmäßiger gebanten Peneropen auf durch ein stärkeres Abheben der Centalkammern von den

übrigen Kammern. In der Microform finden wir ja viel mehr der weißlich aufleuchtenden Kammersepten, wie auf dem gleichen Areal der Macroform. Es gesellt sich dazu die öftere, seitlich den Nabel überfließende Überdeckung mit Kalklamellen, die das Weiterwachsen mit sich bringt. Während die Kammern der macrosphärischen Form an und für sich größer sind, kommt hier hinzu, daß die Plasmamasse die darunter liegende Kammer, gleich einen Umgang zurück, seitlich überfließt, demnach unten mit zwei seitlichen Flügeln abschließend auf der Rückenante der Spirale reitet (vgl. RUMBLEY 1894 a p. 338). Das inwendige, durch die Algen rot gefärbte Plasma scheint mehr durch, der Übergang des äußeren Farbentons von den späteren Kammern bis zu den mehr centralen ist bei der macrosphärischen bedeutend weicher als bei der microsphärischen Form,

die ihre viel weißlicher erscheinende, kompakte Centalkammermasse bedeutend schärfer heraustreten läßt. Sortiert man Peneroplen auf schwarzem Untergrnd, so läßt sich der Schalendimorphismus leicht erkennen; handelt es sich um leere Schalen, so ist der Unterschied ein ganz auffälliger, denn leere microsphärische haben ja die Kammersepten von ca. der 27. ab eingerissen.

Über die Oberflächenstruktur der Schale des Peneroplis hat man verschiedentlich sich geäußert; am eingehendsten CARPENTER (1856 u. 1862), der die besten Abbildungen gibt. FR. DREYER (1898) geht am genauesten auf die „Reliefstruktur“ der Schale ein. RHUMBLER wies (1894 a) an jüngeren und älteren Individuen die Perforation der Embryonalkammer bei *Peneroplis* nach, was zur weiteren Erschütterung des systematischen Einteilungsprinzips, perforiert oder unperforiert, beitrug.

Wir konstatieren in beiden Formen, daß bei Betrachtung mit unbewaffnetem Auge die Kammersepten äußerlich auf der Schale zum Ausdruck gelangen, und daß eine feine Längsstreifung in der Wachstumsrichtung unter günstigen Umständen eben noch mit dem Auge wahrgenommen werden kann. Das Größenmaß der Kammern schwankt in der Längswachstumsrichtung von 90—120 μ , die Dicke der Septen zwischen 16—30 μ , die Längsstreifung entsteht durch Wachstumsverdickungen in regelmäßigen Abständen, was auf dem Querschnitt deutlich hervortritt. Die distal breiteren Streifen erscheinen längsfaserig strukturiert, während die zwischenliegende Schale unregelmäßig und mit oft länglichen Grübchen versehen ist. Diese oberflächliche Verschiedenheit bedingt eine optische, welche sich in starkem, total reflektorischem Aufblitzen der Streifen gegenüber den mehr durchlässigen Zwischenleisten bei Beleuchtungseffekten äußert.

Das Hervortreten der Streifen wird gehoben durch ein Flankieren derselben mit starken, unregelmäßigen, länglichen, flachen Grübchen, die gegen das Ende der Kammer vielfach die Form kleiner Rillen annehmen und sehr zahlreich werden, sich über das Ende der Streifen verteilen und nun in einem breiten, rauhen Gürtel der Kammer den schrägen Verbindungsstreifen bilden zu der senkrecht stehenden Mündporenpalte oder das Schlußseptum. Dieser schräge vordere Abschnitt der Kammer dient beim Neubau in einer Breite von 40—60 μ als eine vorzügliche Anlehneleiste vermöge seiner oberflächlich rauhen Beschaffenheit.

Durch Zertrümmern der Schale zwischen zwei Deckgläsern und langsames Klopfen gelingt es, eine Einsicht in die innere Auskleidung

der Schale zu erhalten. Die strukturellen Details entsprechen den äußeren, die feinen Längsrippen heben sich ebensogut ab. Gegenüber der rauhen Oberfläche der Schale, innen wie außen, zeigen die Septen eine gewisse Glätte, man sieht nur eine feine längsfaserige Struktur nach den Mundporen zu, um diese selbst verläuft die Struktur konzentrisch. Die Mundporen sind ein- oder zweireihig angeordnet. Bei der zweireihigen Anordnung alternieren die Poren beider Reihen. Die in der Mitte gemessene lichte Weite der Poren ist die engste, $d = 18-25 \mu$, nach innen und außen erweitern sich die Poren bis um die Hälfte ihres Durchmessers. Oft sind die Poren durch verdickte Wälle am Ein- und Ausgang begrenzt, so daß sie gegenüber der Dicke der Septen von $16-28 \mu$ eine Länge bis 35μ und mehr erreichen. Nahestehende Poren verschmelzen leicht miteinander, sowohl solche der gleichen Reihe als auch gegenüberliegende, die wallförmigen Umränderungen stauen sich aneinander und verschmelzen zum Teil, es entstehen groteske, zapfenförmige Gebilde und so treten uns die Mundporen als unregelmäßige Ausflußöffnungen entgegen, vielfach einen einreihigen Charakter aufzwingend. Möglich, daß die zapfenförmigen Gebilde, die hauptsächlich nach außen zu entwickelt sind, bei Ortsbewegungen zum Anheften der Plasmamasse Vorteile gewähren, wie andererseits die innere engere Ankleidung sehr geglättet ist, um das rasche Zurückfließen des Plasmas zu erleichtern. Durch Weiterwachsen wird das Mundporenseptum zur Kammerscheidewand, und die ehemaligen Mundporen zu Verbindungskanälen der Kammern.

Da die Abstände der Mundporen untereinander ungefähr die gleichen bleiben oder nur ganz allmählich wachsen, ergibt sich durch Wachsen in rasch aufsteigender Spirale, daß ihre Zahl nach vorn immer mehr zunimmt (vgl. Fig. C). Die microsphärische Form besitzt bis ca. zur 15. Kammer nur eine Pore, die macrosphärische nur eine bis ca. zur 5., dann verdoppeln sich die Poren usw. Die Abstände der Poren von Mitte zu Mitte gemessen betragen anfangs ca. $36-45$, später ca. $50-65 \mu$, die großen microsphärischen weisen daher an ihren Schlußsepten bedeutend mehr Porendurchbrechungen auf.

Unter Zusammenfassung des Voranstehenden haben wir gesehen, daß Macro- und Microformen im wesentlichen übereinstimmen. Der fundamentale Unterschied betrifft den Centalkammerkomplex, resultierend in der verschiedenen Primärkammer. Daran schließen sich die übrigen Veränderungen als Verschiebungen an. Als eine Verschiebung läßt sich auch bezeichnen, daß bei der allmählichen

größeren Entwicklung der macrosphärischen Embryonalkammer, wobei die Quantität des Plasmaleibes die gleiche blieb oder bleiben mußte, die Kammern, welche die microsphärische Form mehr hat, bei jener wegfallen. Ein weiterer Unterschied bestand in der größeren Höhe der späteren Kammern bei der microsphärischen, in einer später rascher ansteigenden Spirale. Detail und Struktur waren gleich, ebenso gleich ist die Anlage des Miliolinenzahnes.

Eines Unterschiedes muß noch erwähnt werden, der freilich erst durch feinere Methoden erkannt wird; die Primärkammer der Macrosphärischen ist perforiert (RUMBLEE 1894 a p. 335, AWERINZEW 1903 p. 479), was bei 12kammerigen Individuen noch deutlich zu sehen ist, während die der Microsphärischen nicht perforiert ist. Ich habe wenigstens bei einer 7kammerigen und bei anderen mehrkammerigen, die ich zwischen Deckgläsern zertrümmerte, färbte usw., eine Perforation nicht entdecken können. Möglich, daß sie so fein ist, daß man sie nur bei ausgebildeten einkammerigen microsphärischen *Peneroplen* erkennen kann, möglich, daß die Perforation verloren gegangen ist, indem die ursprünglich größere microsphärische Primärkammer durch allmähliche Größenreduktion die Poren so nahe aneinander brachte, daß sie zuschmolzen. Vielleicht auch möglich, daß die Perforation nie vorhanden war, daß sie das Specificum einer Neuerwerbung der Macrosphärischen ist. Die Frage wird erst gelöst werden, wenn wir phylogenetisch und verwandtschaftlich hier klar sehen.

Gelegentlich findet man Exemplare, die eine sogenannte Scheinperforation tragen; d. h. die Oberfläche der Schale ist mit großen Poren besetzt, von rundlicher oder länglicher Gestalt, die bis $1\frac{1}{2} \mu$ lang, bis 1μ breit sind; diese Poren dringen nur höchstens $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{3} \mu$ in die Schale hinein. Sie sind manchmal sehr unregelmäßig gestellt, oft aber läßt sich eine Anordnung in der Wachstumsrichtung herauslesen. Sind die Scheinporen stark ausgeprägt, wie in beistehenden Zeichnungen (Fig. E u. F), dann entbehrt die Schale vollständig der Längsrippen, sie ist gleichmäßig dick, 7—11 μ . Bei unregelmäßiger Anordnung der Poren (Fig. E) erscheint die Schale oberflächlich unregelmäßig, sehr fein rundlich punktiert. Bei mehr regelmäßiger Anordnung, der Wachstumsrichtung entsprechend, zeigt die Schale sich längsfaserig strukturiert (Fig. F). Einmal fand ich einen microsphärischen *Peneropsis*, welcher sehr schwach die Längsrippen zeigte und zwischen diesen eine Andeutung der Scheinperforation mit den großen Poren.

Individuen mit Scheinperforation sind selten, ca. 3 aufs Hundert. Sie finden sich leicht aus den übrigen *Peneroplen* heraus, lebende besonders gut, da sie, wegen der hier immer grünen Commensalen, grün erscheinen, während die normalen *Peneroplen* immer violett gefärbt sind und opalisieren. Besonders das letztere fällt bei den scheinperforierten Individuen weg, weil die Längsstreifung fehlt, und der faserige Charakter nicht so stark ist; auch ist die Schale hier mehr durchlässig und weniger stark porzellanartig glänzend, wohl weil sie neben der oberflächlichen Strukturveränderung auch etwas dünner ist; morphologisch ist sie anders, histologisch ist sie genau so beschaffen.

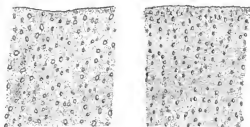


Fig. E.

Fig. F.

Fig. E u. F. Stücke scheinperforierter Schalen aus Kammerenden. Vergr. 500:1.

D'ORBIGNY (1840) war der erste, der scheinperforierte *Peneroplen* abbildete (tab. 7 fig. 7—11), die er *Peneroplis proteus* nannte. CARPENTER (1858 u. 1862) bildet die Scheinperforation genauer ab (tab. 7 fig. 2, 3) und erwähnt, daß sie auch bei *Dendritina* [d'ORBIGNY] sich vorfindet, ein Genus, das als Varietät von *Peneroplis* in der gleichen Arbeit eingezogen wird.

Peneroplis proteus wird nicht wieder mit besonderen Bemerkungen genannt, bis 1883 SCHACKO ein scheinperforiertes Exemplar mit Embryonen fand, das er abbildete. Leider erwähnt SCHACKO nichts darüber, ob die Embryonen scheinperforiert oder nichtscheinperforiert waren, offenbar hat er dies übersehen, das Ergebnis wäre von außerordentlichem Interesse gewesen.

BRADY (1884) zog die Species *proteus* stillschweigend ein, indem er alle *Peneroplen* synonym unter *Peneroplis pertusus* FORSKÅL (FORSKÅL 1775) stellte, und mit Recht, denn *Peneroplis pertusus* ist kein streng definierter Typus, der nur eine Form fesselt. Die sieben „Typen“, *Peneroplis planatus* [FICHEL & MOLL] 1803, *P. pertusus* [FORSKÅL] 1775, *P. arietinus* [BATSCH] 1791, *P. cylindraceus* [LAMARK]

1804, *P. lituus* [GMELIN] 1788, *P. carinatus* [d'ORBIGNY] 1839 und *P. laevigatus* [KARRER] 1868, die BRADY 1884 aus 48 Synonyma (I p. 204—8) entnimmt, lassen sich alle ineinander überführen. *Peneroplis pertusus* [FORSKÅL] schwankt zwischen Formen in der Richtung *Vertebralina* und mehr noch eigentlich miliolidenähnlichen nach solchen in der Gestaltung von *Orbiculina* (s. auch DREYER 1898 p. 45—47, 112).

Mögen auch die Formen von *Peneroplis* in Gestalt und Struktur noch so sehr auseinander gehen, in der Perforation der Embryonal-kammer findet sich überall ein durchgreifender gemeinsamer Zng. Die Dichtstellung der Poren ergibt hier auf 400 μ ca. 80 echte Poren bei normalen und scheinperforierten Formen, während auf die gleiche Zahl μ nur ca. 27—29 Scheinporen kommen. Es liegen noch zu wenig genaue und eingehende Untersuchungen vor, um die Beziehungen der Formen *Nubecularia*, *Vertebralina*, *Peneroplis*, *Orbiculina*, *Orbitolites* und den Milioliden zueinander, sowie über den Zusammenhang der echten Perforation von *Peneroplis* mit der Scheinperforation klar zu sehen. Die Formen *Nubecularia*, *Vertebralina* und verschiedene Milioliden, die ich auf Perforation der Primärkammer untersuchte, ermangelten derselben. An *Orbiculina* und *Orbitolites*-Material fehlte es mir. RHUMBLEA (1894 a) konnte ebenfalls keine Perforation der Primärkammer bei *Vertebralina* und *Orbitolites* und anderen Formen finden. AWERINZEW (1903) fand bei der spiraligen Varietät von *Orbitolites complanatus* eine Perforation der Primärkammer, dies ist auch bis jetzt der einzige Fall von echter Perforation neben *Peneroplis* bei diesen Milioliden.

3. Beiträge zur Kenntnis der Schalenzusammensetzung.

Zur weiteren Erkenntnis der Struktur und des Baues der Schale ist es notwendig, mit schwach salzsäurehaltigem Alkohol zu entkalken.

Vorsichtig entkalkte Peneroplen zeigen die Kalkschale äußerlich und innerlich mit einem feinen Häutchen bekleidet, das an verdickten Stellen ockergelb anglänzt und allen Vertiefungen und Erhöhungen der eigentlichen Kalkschale fest angeschmiegt ist. Die Dicke des Häutchens beträgt viel weniger als $\frac{1}{2} \mu$; $\frac{1}{2} \mu$ dicke Stellen gehören zu den Ausnahmen bei normaler Bekleidung. Während die äußere Schalenhaut immer gleichmäßig stark ist, kann die innere, die an und für sich schon stärker ist, bis zu sehr dicker Lage sich abscheiden. Hier und da trifft man jedoch die untere Schalenhaut lokal monströs entwickelt, entweder als dicke Lamelle bis 3 μ oder als Propf bis zu 4 und viel mehr μ . Sie zeigt dann

von dem ihr eigentümlich gelben hellen Ton, welcher der Kalkmasse anliegt, einen oft schnellen Übergang zu gelbbraun bis braun.

In den nebenstehenden Zeichnungen, die mit dem Zeichenapparat nach Präparaten gezeichnet wurden, sind einige Fälle zur Anschauung gebracht, welche eine außerordentlich starke innere Ankleidung der chitinähnlichen Hant bei gewissen Momenten demonstrieren.

Fall 1 Fig. G: Beim Bau der Kammer B, die sich an A anlehnt, geschah es, daß durch irgend eine Störung der hintere Abschnitt,



Fig. G.

Querschnitt durch den Rücken der Schale an einem Septum. Zu schwache Anheftung der jüngeren Kammer B, als Kompensation stark verdickte chitinähnliche Basallamelle. Vergr. 500.

der A berührt, nicht ganz fertig gebant wurde. Die Dicke der abgelagerten Kalksubstanz beträgt nur ca. die Hälfte, und auch die Breite der Anlehnungsfläche nur ca. $\frac{2}{3}$ der normalen.

Wir sehen, daß als kompensatorisches Element die chitinähnliche innere Hant in starkem Maße an jener Stelle abgeschieden wurde, zwecks größerer Befestigung der Kammer B an A; denn an dieser Stelle trennt sich die Schale von *Peneroplis* leichter voneinander als anderswo.

Die beiden nächsten Fälle zeigen nun, daß auch andere Momente eine Rolle spielen als der angegebene; mag sein, daß der erste für jenen Fall zum Teil zutrifft.

Fall 2 u. 3 (Fig. H u. J) zeigen je an einer Stelle der Schale eine Perforation, die durch irgend einen Umstand, vielleicht durch winzige Bakterien, nachdem oben auf der Schale durch eine Ruptur ein Stückchen der Schalenhant abhanden gekommen ist, hervorgerufen wurde. Fall 3 (Fig. J) ist das weiter fortgeschrittene Stadium von Fall 2 (Fig. H). Im ersten Stadium ist noch wenig der chitinähnlichen Basallamelle gegen die Austrittsstelle der Perforation zwecks Verklebung ausgeschieden worden. Die Boraxkarminfärbung ergibt, daß von dem Kanal aus nach allen Seiten eine organische Invasion in der Schale stattfand, die nach innen zu noch nicht so weit vorgeschritten

ist wie in dem älteren Teil des Kanals. Im Fall 3 sehen wir unter gleicher Bedingung den Kanal noch eben so stark, aber die Boraxkarminfärbung ergibt eine viel weiter in die Schale ziehende Rotfärbung; das Plasma hat in außerordentlich heftiger, fast pathologischer Weise reagiert, ein ganz gewaltiger Pfropf gegen die Anmündungsstelle des Perforationskanals ist abgeschieden worden. Ob es sich hier um ein toxisches Bakterium handelt, das durch sein Toxin das Plasma zu einer so heftigen mechanischen Autireaktion



Fig. H.



Fig. J.



Fig. K.

Fig. H—K. Vergr. 1040. Querschnitte [durch die Schale an perforierten Stellen. Punktirt die Ausdehnung der Färbung durch Boraxkarmin in der Schale. Innere chitinähnliche Basallamelle an den kranken Stellen verdickt. — Fig. H. Beginnende Verstärkung der Basallamelle. — Fig. J. Monströse Pfropfbildung an der erkrankten Stelle. — Fig. K. Pfropfbildung der Einströmungsrichtung der Perforation entgegengestellt.

veranlaßt, oder ob Störungen allgemeiner Natur, Hereinschwemmen von Fäulnisprodukten, die sich auf der Schale aufgelagert immer vorfinden oder ähnliches, jene Reaktion der mechanischen Abschließung bedingend, ist für uns gleich. Wir sehen, daß die äußere und besonders die innere Auskleidung der Schale, die wohl auch zur größeren Festigung der Schale beitragen mag, besonders dazu dient, den Plasmaleib in höchstem Maße gegen außen zu emanzipieren, Diffusionen zu vermeiden, vielleicht auch die organische Zwischensubstanz der Kalkschale vor Bakterienzerstörungen zu bewahren. Neben dem natürlichen Daraufrutschen von Fäulnis- und Detritusmaterial, das auf der rauhen und gerippten Oberfläche der Schale günstig haftet und in dem sich zahlreiche und verschiedene Bakterien, Diatomeen und auch Infusorien tummeln, mögen noch durch Stoffwechsel bedingte Diffusionen Bakterien heranziehen.

Daß solche Diffusionen stattfinden, lassen gewisse farblose

Diatomeen vermuten, die sich vorzugsweise nach den äußeren Nähten der Kammersuturen hinziehen und sich dort anhalten. Wenn sie vorhanden sind, befinden sie sich mit solcher Regelmäßigkeit an diesen für Durchlässigkeit geeigneten Stellen, auf denen sie Ortsbewegungen ausführen und sich auch vermehren, daß die Annahme, sie gehen den von innen kommenden Diffusionsströmen nach, schon einige Wahrscheinlichkeit hat. Daß an diesen Kammverbindungen eine geringe Schalendichte herrscht, geht erstens beim Pressen von *Peneroplis*-Schalen daraus hervor, daß sie an den Suturen sich leicht voneinander trennen und hier das Plasma zuerst austritt, und zweitens, daß, wenn auch die Schale normale Dicke hat, doch in der Kammerecke sehr häufig eine dickere Basallamelle ausgeschieden wird. Und so vermuten wir, daß in unserem Fall 1 weniger die geringe Dicke der Schale das ausschlaggebende Moment zur Abscheidung jener dickeren chitinähnlichen Haut gab, als vielmehr der Einfluß jener Faktoren, die durch die geringe Verwachsungsnähe maßgebend waren.

Fall 4 (Fig. K) mag mit die Annahme stützen, daß der allmählich abgeschiedene Pfropf den eintretenden Strömungen entgegengestellt wird.

Die später abgeschiedene Substanz zeigt eine gelbliche bis bräunliche Färbung. Die intensiv braune Färbung geht allmählich in die hellere Basallamelle der Schale über, so daß eine gewisse Identität beider Substanzen nahe liegt. Je jünger die abgeschiedenen Pfropfen sind, desto heller erscheinen sie; die Braunfärbung ist ein Zeichen des Alters und ist natürlich auch von der Dicke abhängig. RHUMBLER hat zuerst über diese eigentümliche Ausscheidung nach Untersuchungen bei *Saccammina* ausführlich berichtet und ihr den Namen „Kittsubstanz“ beigelegt (1891 n. 94).

RHUMBLER fand bei *Saccammina* 1894, daß die Gehäusewand zusammengesetzt wird von großen Steinchen, die an den zusammenstoßenden Rändern durch eine „Kittsubstanz“ verbunden sind, welche eine braune Farbe zeigt. Zwischen den Lücken der großen Steine zeigten sich ferner kleine Steinchen eingebettet in eine Kittsubstanz, die er „Mörtelmasse“ nannte. Die mit Säuren, Alkalien und Färbungen vorgenommenen Reaktionen ergaben zunächst, daß eine Beiordnung zum Chitin aus gewissen Gründen unzulässig sei, und zweitens, daß beide Kittsubstanzen untereinander einige Unterschiede aufweisen. Analog der Untersuchungen RHUMBLER'S an *Saccammina* behandelte ich die Schale von *Peneroplis* nach ähnlichen Methoden.

Reine Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure in kaltem Zustand hellen die chitinähnlichen Schalenhäutchen sowie die ausgeschiedenen Verkittungssubstanzen auf, lösen jedoch beide Substanzen selbst nicht nach 24 Stunden auf. Unverdünnte Kalilauge in kaltem Zustand bräunt die dickeren Verkittungssubstanzen etwas dunkler, löst sie aber beide selbst nach 24 Stunden nicht.

Unverdünntes Ean de Javelle in kaltem Zustande bräunt anfangs die abgeschiedene Verkittungssubstanz, um sie bald zu lösen. Die Brannfärbung verschwindet erst mit dem Lösen. Der gelbe Ton schwindet bald, aber die gänzliche Anflösung erfolgt viel später. Während die branne Masse sich nach wenigen Stunden löst, bedarf es bis zum vollständigen Verschwinden der chitinähnlichen Haut bis zu 24 Stunden.

Wendet man die genannten Säuren längere Zeit kochend an, so löst sich alles; Schwefelsäure färbt die abgeschiedene Verkittungssubstanz vorher branner, nicht aber das chitinähnliche Häutchen, das in allen Fällen seinen gelblichen Ton bald verliert, um eine bläuliche wasserhelle Farbe anzunehmen. Kochende konzentrierte Kalilauge löst bald die gelbbraune Verkittungssubstanz, das Schalenhäutchen viel später.

Kochendes Ean de Javelle löst sehr rasch die gelbbraune Verkittungssubstanz, nach ca. 10 Minuten auch die chitinähnliche Haut.

Reine Essigsäure, kalt wie kochend, zeigt selbst nach längerem Einwirken keinen sichtlichen Einfluß.

Aus dem Voranstehenden geht mit Überzeugung hervor, daß äußere und innere Schalenhaut und die nachträglich gelieferte Verleimungssubstanz trotz ihrer großen Ähnlichkeit doch verschieden sind, verschieden durch ihre Resistenz.

Einen weiteren Unterschied zeigt die Metylgrün-Eosinfärbung, die RUMBLER (1893 p. 47) angibt. Nach dieser Methode färben sich organische Substanzen, die während des Lebens konserviert wurden, rot, während solche, die schon tot oder abgeschieden sind, eine violette, blau bis blaugrüne Tinktion annehmen. Die bei *Penelopis* später abgeschiedene gelbbraune Verkittungsmasse nimmt, wenn sie jüngeren Datums ist, eine grüne bis blaue Färbung an. Ältere Abscheidungen, die schon ein stark gelbbraunes Aussehen haben, nehmen jedoch keine Färbung an. Das gelbliche Schalenhäutchen nahm entgegen dem hier Angeführten niemals eine Tinktion an, auch wenn es ganz frisch abgeschieden war. Vielleicht daß durch größere Dichte oder differente Beimengungen dieser Unterschied bedingt wird.

Erwähnen will ich noch, daß SCHAUDINN (1899 p. 28) für *Trichosphaerium* anführt: „Im allgemeinen sind junge und eben abgeschiedene Hüllen noch leichter lösbar in Säuren und Alkalien als alte.“

Durch das verschiedene Verhalten gegen Säuren und Alkalien, sowie durch die Methylgrün-Eosinfärbung wurde festgestellt, daß ein gewisser Unterschied zwischen dem hellgelblichen Schalenhäutchen und der später hier und da abgeschiedenen Verkittungssubstanz besteht. Auch RHUMBLER kam, allerdings nur auf Grund der Methylgrün-Eosinfärbung, bei *Saccammina* (1894) zu dem Resultat, daß die beiden Kittsubstanzen der Schale eine ebensolche Differenz zeigen, wie das Schalenhäutchen und die gelbbraune Verkittungssubstanz von *Peneroplis*. RHUMBLER unterscheidet bei der *Saccammina*-Schale eine eigentliche hier braune „Kittsubstanz“, welche die Ränder der großen Steine zum Gehänse verbackt, und eine Zwischensubstanz, in der kleine Steinchen eingebacken liegen, welche als „Mörtelmasse“ die Lücken anskittet. Die Kittsubstanz RHUMBLER's bei *Saccammina* nach ihrem Verhalten würde für Methylgrün-Eosinfärbung unserer gelblichen Schalenhäutchen entsprechen, obwohl sie bei *Peneroplis* keine braune Farbe zeigt, wie dies RHUMBLER für *Saccammina* angibt; möglich, daß die geringe Dicke sie bei *Peneroplis* heller erscheinen läßt; jedenfalls haben wir gesehen, daß durch verschiedene Säuren ein gelber Ton angezogen werden kann.

Der „Mörtelzement“ RHUMBLER's, die Verkittungsmasse der kleineren Steinchen, entspräche dann unserer braunen Masse, die zum nachträglichen Verkleben abgeschieden wird. Auch bei *Saccammina* kommt nach RHUMBLER die Kittsubstanz „meist früher zum Abscheiden als die Mörtelmasse“.

An einer gewissen Identität beider Substanzen bei *Saccammina* und *Peneroplis* ist meines Erachtens nicht zu zweifeln. Kittsubstanzen finden sich bei allen Foraminiferen vor. Ob sie jedoch und wie weit sie für einzelne Familien modifiziert sind und ob durch die Erkenntnis ihres Verhaltens gegen verschiedene Reagentien sie zur phylogenetischen Systematik beitragen können, ist vorläufig nicht zu diskutieren.

Für die Braunfärbung der Kittsubstanzen bei *Saccammina* wies RHUMBLER mit Hilfe der Berlinerblau-Reaktion ein Umfärben in Blau nach, d. h. das Vorhandensein eines Eisenoxydsalzes. Auch ich konnte für *Peneroplis* bei Vorbehandlung mit Salzsäure und Nachbehandlung mit gelbem Blutlaugensalz eine helle Blaufärbung für das sonst gelbliche Schalenhäutchen nachweisen, nicht jedoch in gleich starkem Sinne für die gelbbraune Verkittsubstanz; sie behält im allgemeinen ihr gelbbraunes Aussehen, nimmt manchmal einen

grünlichen Ton an. Da, wo sie lamellenartig auftritt, färbt sie sich oft etwas bläulicher, erreicht in der Blaufärbung bei *Peneroplis* jedoch nur selten die Intensität wie das Schalenhäutchen.

Daß ältere Verkittabscheidungen dunkler werden, sieht man immer wieder, ob dies aber, wie RUMBLER annimmt, durch erhöhte Aufnahme eines Eisenoxyds bedingt ist, kann ich bei *Peneroplis* nicht entscheiden. Ältere branne Verkittabscheidungen färbten sich überhaupt nicht blau. Ihre dunklere Farbe ist vielleicht durch größere Verdichtung, stärkere Erstarrung bedingt. Allerdings färbt sich die äußere Umrandung eines solchen Pfropfes oft bläulich, so daß die Erklärung plausibel erschiene; die starke Verdichtung erlaube nicht mehr ein Durchdringen der Salzsäure und besonders des gelben Blutlangensalzes. Wir sehen aber bei genauer Durchsicht der gelbbrannen Abscheidungen, daß Abscheidungen an derselben Stelle einmal heller, einmal dunkler gelb gefärbt sind. Ich habe vielmehr gesehen, daß die heller gelb gefärbten Abscheidungen, die einen mehr an die Schalenhäutchen anlehnenden Eindruck machen, sich viel intensiver blau färben.

Aus dem Angeführten geht hervor, daß wir es mit zwei Substanzen zu tun haben, die nahe verwandt sind und getrennt auftreten. Ob sie gemischt auftreten, scheint durch Blaufärbung der zweiten, die sich in ihrer Blauannahme vom Alter unabhängig erwies, wahrscheinlich; ob die zweite Substanz in verschiedenen Affinitäten zur Annahme von Eisenoxyden abgeschieden wird, konnte ebenso wenig nachgewiesen werden.

Mit Hilfe der Berlinerblau-Reaktion fand ich ferner, daß die organische Zwischensubstanz der Schale dem äußeren Schalenhäutchen in ihrer Zusammensetzung nahe steht, oder Substanzen beigemischt enthält, die auch dem Schalenhäutchen zukommen. Sie zeigt eine erkennbare Blaufärbung. Der Durchmesser der einzelnen Kittleisten ist allerdings außerordentlich dünn, die Blaufärbung wird dadurch eine schwach merkliche. Mit Methylenblau und langandauernder Färbung von Hämatoxylinen läßt sich an Toto- und Schnittpräparaten des entkalkten *Peneroplis* diese organische Zwischensubstanz sehr gut nachweisen. Sie verteilt sich in der Form eines regelmäßigen heterogonales Maschengewebes, das zwischen den beiden Schalenhäutchen in längfaseriger Struktur sich anspannt und in den einzelnen Wabenzellen einen kohlenanren Kalk enthält. Über den Aufbau der Schale von *Calcutuba* gibt SCHAUDINN (1894) eine eingehende morphologische Beschreibung (p. 218 ff.); die hier angeführten Verhältnisse sind denen bei *Peneroplis* sehr ähnlich. Weiter hat

AWERINZEW (1904 p. 356) seine Ansichten zur Beantwortung der Frage nach der Bildung der Kalkschalen mitgeteilt. An der *Peneroplis*-Schale konnte ich beobachten, daß an den Eckpunkten der Wabenwände und auch zum Teil in denselben knotenartige Verdickungen erscheinen, die durch die Färbungen besonders deutlich hervortreten. Unterhalb des Schalenhäutchens färbte sich die organische Zwischensubstanz am stärksten, ebenso färben sich die Wabenwände stärker, welche den Schalenrändern parallel laufen, so, daß oft der Eindruck erweckt wird, als würden Längsfasern in der Kalkschale verlaufen. Zugleich färbten sich mit den erwähnten Farbstoffen ebenfalls deutlich die Schalenhäutchen.

Eine organische Grundlage der Foraminiferenschale war schon MAX SCHULTZE bekannt. Erst SCHAUDINN zeigte ihr Verhalten genauer an *Calcituba* (l. c.). 1903 zeigte dann AWERINZEW für *Peneroplis*, daß eine organische Substanz die Kalkschale ganz durchdringe. Einwirkung von MILLON's Reagenz mit nachfolgender Rotfärbung, sowie die Gelbfärbung der organischen Substanz nach Erhitzen mit Salpetersäure und Zufügen von Ammoniak, ein Experiment, das ich bestätigen kann, ließen ihn ein Albuminoid erkennen. 1904 p. 350 ff. gibt AWERINZEW weitere Reaktionen über die „Chemische Beschaffenheit der organischen Substanz in den Gehäusen mariner Rhizopoden“ bekannt, wobei dieser Autor schließlich sagt (p. 356): „Auch das verschiedene Verhalten der Gehäuse einer und derselben Art in bestimmten Reagentien läßt sich sehr leicht erklären, wenn man ihnen die Eigenschaften der Keratinsubstanzen zuerkennt, die ja (wie alle Albuminoide) je nach ihrem Alter sich verschieden zu Säuren, Alkalien und selbst zu verdauenden Fermenten verhalten“, eine Ansicht, der ich beistimme.

Ich muß noch erwähnen, daß die Zwischensubstanz sich in den verschiedenen Säure- und Alkali-Reaktionen früher auflöste als das Schalenhäutchen, mit dem sie ja, durch die Berlinerblau-Reaktion, Substanzbeziehungen zeigt. Die Beziehungen zu der zweiten leimartigen Kittsubstanz, sowie die Färbbarkeit nach Entkalkung mit verdünnten Säuren lassen über die organische Natur von Schalenhäutchen, Zwischensubstanz und leimartige Verkittsubstanz ebenso keinen Zweifel mehr, wie über das Ergebnis, daß wir es nicht mit chitinschen Zusammensetzungen zu tun haben.

B. Weichkörper.

Ehe ich zur Beschreibung des Weichkörpers des *Peneropsis*, d. h. des Aufbaues des Plasmas übergehe, verweise ich auf die vortrefflichen Schilderungen BÜTSCHLI's (1892 p. 64 ff.) über das Plasma von *Miliola*, ferner SCHAUDINN's über den Weichkörper von *Calcutuba* (1895 p. 204 ff.) und *Trichosphaerium* (1900 p. 39 ff.).

Eine eingehende Beschreibung der Plasmazusammensetzung und des Aufbaues beim *Peneropsis* würde eine teilweise Wiederholung der Angaben jener Autoren sein. Andererseits hier eingehender einzudringen könnte nur in der vielversprechenden Richtung der verdauungsphysiologischen Fragen geschehen und würde dann nach ganz anderen Gebieten hinüberleiten und den Umfang vorliegender Betrachtung weit über das Gewollte hinausdehnen. *Peneropsis* ist für verdauungsphysiologische Untersuchungen insofern ein günstiges Objekt, als seine Stercome vollständig die Restsubstanzen der Verdauungsrückstände wiedergeben. Die außerordentlich zahlreichen und verschiedenartigen Excretkörner dürften bei microchemischen Analysen wertvolle Schlüsse über die verdauenden Fähigkeiten und über den Stoffwechsel des Weichkörpers zulassen. Ich beschränke mich aus oben genannten Gründen in meinen Schilderungen über das Plasma von *Peneropsis* im wesentlichen auf die Wiedergabe morphologischer Abweichungen und besonderer Eigentümlichkeiten gegenüber den bisherigen einschlägigen Angaben.

1. Verteilung innerhalb der Schale.

Der Weichkörper des *Peneropsis* nimmt nicht vollständig das Schalenlumen ein. Bei Zusatz von Süßwasser zieht sich der Plasmaleib soweit zurück, daß die jüngsten Kammern vollständig frei werden. An mittelgroßen Individuen gewahrt man, daß bis auf die 2—3 jüngsten Kammern das Plasma die Schale prall erfüllt, die letzten Kammern aber nur einen wandständigen Belag an Plasma enthalten. Die vorhandenen Lumina werden von verschiedenen starken Plasmasträngen in immer wechselnden Richtungen vielfach durchkreuzt und fortwährend verändert. Nach einer Defäcation verschieben sich solche Lumina etwas weiter nach rückwärts.

Das Plasma des *Peneropsis* ist fast immer in Strömung. SIDDAL hat schon 1880 (p. 131) eine solche für *Shepherdella taeniformis* angegeben. und BÜTSCHLI gibt 1886 (p. 87 tab. 6 fig. 10a) eine gute

Wiedergabe der Strömungsverhältnisse bei *Calcarina*. Ferner beschreibt SCHAUDINN (1895 p. 213 ff.) sehr genau die Plasmaströmungen bei *Calcutuba polymorpha* (ROBOZ) und bildet sie ab (tab. 15 fig. 26—29); auch vermutet dieser Autor, daß langsame Weichkörperbewegung allen Foraminiferen zukommt (ibid. p. 217). Ich schließe mich dieser Ansicht teilweise an. U. a. konnte ich besonders bei *Spirillina* und *Cornuspira* die Weichkörperbewegung außerordentlich gut beobachten. Hier fließt das Plasma im Zeitraume von 3—4 Minuten vom Centralende der Spiralaröhre bis beinahe zur Mündung, während zugleich an der gegenüberliegenden Wand der Strom zurückgeht. Nach kurzer Zeit ist die Bewegung umgekehrt. Von einer Bewegung des Weichkörpers wie bei *Calcutuba* und zum Teil auch *Spirillina* kann man beim *Peneroplis* indessen nicht sprechen, da nur das Plasma strömt, nicht aber die Inhaltsgebilde — Commensalen, Detritus, Excretkörner — mitströmen. Diese werden je nach der Größe verschieden lang mitgeführt. Größere werden wenig verschoben, während kleinere länger mitgenommen werden. Plasmaströmung ist immer vorhanden, auch dann, wenn keine Pseudopodien spielen und die Foraminifere scheinbar in vollständiger Ruhe verweilt. Die Bewegung kann hierbei so langsam sein, daß man erst nach längerem Ansehen an der Verschiebung der Commensalen sie bemerkt. An jungen Exemplaren läßt sich die Strömung gut beobachten, an älteren nur an den Endkammern, da die hinteren Kammern durch die dicke Kalkhülle jeglichen Einblick verbieten.

Der Stromverlauf ist in den einzelnen Kammern ein kreisender. Dann biegt der Strom in die nächste Kammer, um hier ebenfalls an der Wand entlang zu laufen und entweder durch einen Verbindungskanal hinauszugehen oder quer durch die Kammer nochmals umzubiegen. Der Strom hat keinen vorgeschriebenen Weg, vielmehr wechselt die Route beständig. Immer aber kann man beobachten, besonders gut bei jüngeren Individuen, daß ein Flüssigkeitsstrom durch alle Kammern dauernd hindurchfließt. Die Stromstärke ist verschieden. Sie kann gelegentlich ziemlich heftig sein, so daß vorzugsweise in den centralen Kammern starke Pressungen und Wirbel entstehen, die so außerordentlich sein können, daß die Commensalen Spindelgestalt annehmen und der Macronucleus vielfach zertrennt und zerknetet wird. Der Macronucleus kann gelegentlich ein oder zwei Kammern weit geschleift werden, bleibt aber im allgemeinen gegenüber z. B. *Shepherdella* immer örtlich bestimmt. Auch aus diesem Grunde kann man beim *Peneroplis* nicht von Weichkörperbewegung reden, wie es SCHAUDINN bei *Calcutuba* tun konnte. Die

Stromstärke des Plasmas ist nicht so bedeutend, daß die Inhaltsgebilde überall hin verstreut werden; auch ist das Plasma an Quantität gegenüber der gewaltigen Menge von Einlagerungen viel zu gering, um diese Energie ständig zu leisten. Es finden sich daher Territorien im Weichkörper vor, die nach einem Entkalken der Schale deutlich sichtbar werden. Beim Agamonten kann man zwei, beim Gamonten kann man auch sagen drei Gebiete unterscheiden. In beiden Formen dient der vordere Abschnitt der Ernährung. Er ist mit zahlreichen Fremdkörpern angefüllt und enthält die größten Excretkörner; alles dies wird bei der Defäcation ausgestoßen. Auch die Fremdkörper sind in den jüngsten Kammern gewöhnlich am größten. Diese Zone, die Fremdkörperzone, nimmt mehr als ein Drittel der Zahl der Kammern in Anspruch. Beim Agamonten ist sie räumlich etwas weiter nach hinten verschoben und ihre Grenze bestimmter. Mit knappem Übergang schneidet die Zone der zahlreichen Einlagerungen gegen den zweiten Abschnitt ab, der den Rest des Schaleninnern ausfüllt. Derselbe enthält viel reineres Plasma und, wie die Färbungen ergeben, die Chromatine, ich bezeichne ihn deshalb als den reproduktiven Abschnitt. Beim Gamonten lokalisiert er sich nur auf die Centralkammern 1 bis ca. 5. Infolgedessen kann man hier als zweite Zone diejenige bezeichnen, die in dem hinteren Abschnitt der animalischen Zone bei beiden Formen verläuft, die Zone, in der die Commensalen sich am dichtesten gestellt vorfinden. Der reproduktive Teil ist bei Gamonten verhältnismäßig arm an Commensalen, vermutlich deshalb, weil er in dem von mehreren Kalklamellen gegen das Licht geschützten Teil der Schale liegt. Außerdem verhindert wohl die üppige und konzentrierte Entwicklung der Chromatine ein reichliches Aufkommen der Commensalen. Die Commensalen sind in allen nicht überdeckten Kammern zahlreich vorhanden, am dichtesten immer in der distalen Kammerecke, da hier drei Seiten unmittelbar Licht durchlassen.

Um einen Einblick in den lebenden Weichkörper ausgewachsener Individuen zu erhalten, ist es notwendig, die Schale zu zertrümmern. Am zweckmäßigsten geschieht dies auf dem Objektträger durch Drück auf das Deckglas. Durch Klopfen gelingt es, die einzelnen Schalenfragmente aneinander zu treiben.

Das Plasma, das wir in lebendig zerquetschten Peneiroplien beobachten, erscheint bei schwacher Vergrößerung rotbraun; Teile aus dem vorderen Abschnitt scheinen durch den gelbgrünen Detritus mehr gelbbraun, Teile aus dem mittleren rein rotbraun gefärbt, Teile aus den Centralkammern auffallend heller und stärker licht-

brechend. Schon bei schwacher Vergrößerung löst sich die braune Farbe in jene außerordentlich große Zahl kleiner rotbrauner Körper, die commensalen Algen, anf. Hier und da erscheinen einige Plasmastellen in homogen rötlicher Färbung getönt; dies rührt von zu stark gepreßten, jetzt grünen Commensalen her, die den roten Farbstoff des Chromatophors an das Plasma abgegeben haben. Das Plasma selbst ist von etwas wasserheller grünlicher Farbe.

Schützt man das Seewasser zwischen Objektträger und Deckglas vor Verdunstung durch Abschluß mit einem Wachsrand und schließt eine Luftblase mit ein, so kann ein solcher Weichkörper 4—5 Tage lebend bleiben. Diese zähe Lebenskraft einer Foraminifere ist gegenüber den Beobachtungen anderer Autoren außerordentlich erstaunlich. BÜRSCHLI (1892 p. 65) bemerkt, daß zerquetschte Miliolen $\frac{3}{4}$ Stunden lebend bleiben, und SCHAUDINN (1894 p. 211) gibt für *Calcituba* an, daß selten bis zum nächsten Tage Strömungserscheinungen des Plasmas zerquetschter Individuen zu beobachten waren. Ich vermnte, daß für diese lange Lebensdauer so behandelter Peneropen die Sauerstoffausscheidung der Commensalen als begünstigend anzusprechen ist.

Das durch Zerquetschen zerstreute Plasma des *Peneroplis* beginnt nach kurzer Zeit in den die Chromatine enthaltenden Teil auf den vorhandenen Commissuren zurückzuströmen unter Zurücklassung von Schalenfragmenten, Detritus, Excretkörnern u. a. Berührt eine der isoliert liegenden Plasmainseln mit den spielenden Pseudopodien den großen Plasmahauf, so wandert die kleine Plasmamasse auf dem durch Plasmazufuhr verstärkten Pseudopod nach dem großen Komplex hin. Die an *Peneroplis* gewonnenen Beobachtungen bestätigen die Angaben VERWORN's bezüglich des „Verhaltens abgetrennter kernloser Pseudopodienmassen“ (1892) bei *Amphistegina* und *Orbitolites*. Unter unterbrochenem Fließen entledigt sich der Weichkörper zahlreicher Einlagerungen, lagert sie außer den Commensalen peripher ab und zieht sich langsam zur Kugelgestalt zusammen. Nach 2—3 Tagen scheidet er eine keratinähnliche Substanz ab, die dem Schalenhäutchen in Bildung, Färbung und Widerstandsfähigkeit identisch ist. Noch einige Zeit zeigen sich im Innern Strömungen und Bewegungen der wässerigen Substanzen des Plasmas, sowie Molekularbewegungen kleiner Tröpfchen; allmählich erlahmt diese und der Weichkörper stirbt ab. Der ganze Vorgang erinnert an eine Art Encystierung vor dem Tode.

a) Flüssige Substanzen.

Durch Zerquetschen des *Peneropsis* wird das Plasma mit den einzelnen Schalenfragmenten mit zerteilt. Infolge seiner zähflüssigen und klebrigen Eigenschaft spannt es sich unter reichlicher Anastomosenbildung zwischen den einzelnen Schalenbruchstücken aus, so daß einzelne Plasmainseln entstehen, die durch Fäden und Stränge untereinander verbunden sind. Nach kurzer Zeit entsenden diese Plasmainseln Pseudopodien, bilden vielfach verästelte, reticulose und amöboide Figuren und lassen ein genaues Studium der Grundsubstanzen der Sarcode und ihrer kleinsten, optisch erkennbaren Bestandteile zu. Auf den dergestalt ausgespannten Strängen beobachtet man ähnlich wie auf den Pseudopodien ein lebhaftes Hin- und Herlaufen hellerer und dunklerer, kleinerer und größerer Körnchen. Bald ist indessen die Richtung nach einem größeren Plasmakomplex entschieden und die Bewegung geht nach diesem. Die kleinen Körnchen oder Tröpfchen brechen das Licht verschieden stark. Manche erscheinen vacuolenartig, verschieden groß, einige sind mehr rötlich, andere mehr bläulich getönt. Am zahlreichsten sind kleine Körnchen, die ca. $\frac{1}{7}$ — $\frac{2}{8}$ μ Durchmesser besitzen. Die längere Achse ihres Durchmessers ist bei vielen in der Richtung der Strömung gelegen. Auf kurzen Strecken laufen die Körnchen rascher, dann stocken sie, es erfolgt ein seitliches Answeichen und dann fließen sie wieder rascher in der Strömungsrichtung. Die Geschwindigkeit der Bewegung ist sehr verschieden. Auf breiten Verbindungssträngen von ca. 5 μ Durchmesser wird eine Strecke von 100 μ in ca. 15—20 Sekunden zurückgelegt. Wenn auch der Eindruck erweckt wird, daß viele der einzelnen Plasmakörnchen auf den Strängen entlang laufen, so habe ich mich doch optisch davon überzeugen können, daß sie überall in einer wässrigen Grundsubstanz (BÜTSCHLI, SCHAUDINX) eingebettet sind. Dort, wo ein Verbindungsstrang an seinem Austritt aus einem Plasmahauf gelegentlich stark verbreitert ist, lassen sich die strömenden Körnchen, die mit den Pseudopodialkörnchen optisch identisch erscheinen, durch ihr vereinzelt Vorhandensein leichter beobachten. Man gewahrt hierbei deutlich, daß sie von einem hellen Hof umgeben sind und daß in der wässrigen Grundsubstanz eine zähflüssigere, etwas mehr lichtbrechende Substanz vorhanden ist. Diese ist in der Stromrichtung faserig und strähnig gezogen, und für mich machte es den Eindruck, als liefen die Körnchen auf dieser zähflüssigen Substanz entlang, eingebettet in wässrige Grundsubstanz. Ungleich klarer wird das Bild nach Zusatz von Methylenblaulösung in Seewasser.

Die zähflüssige Grundsubstanz ist gelegentlich nicht zu sehen, aber ihr örtliches Vorhandensein läßt sich durch die Konstanz des Weges, den die Körperchen nehmen, erkennen. Einige Körnchen fließen rasch in der Stromrichtung, andere langsamer. Die zähflüssige Grundsubstanz strömt ebenfalls, wie es die Fremdkörper erkennen lassen. Zähflüssige Grundsubstanz und Fremdkörper — verschiedene kleinere und größere Partikel, Commensalen und Stärkekörner — bewegen sich ca. $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{4}$ weniger rasch als die oben beschriebenen Körnchen. Mir wurde während dieser Beobachtungen der Eindruck aufgedrängt, als ob die am schnellsten fließenden Körnchen die aktiven der Bewegung sind, alles andere hingegen passiv mitströmt.

Bezüglich der Morphologie der Grundsubstanzen des Weichkörpers, des „Wabenanfanges“, bemerke ich, daß ich auf dem Standpunkt BÜTSCHLI's und SCHAUDINN's stehe. Beim Fließen des Plasmas in Strängen und Pseudopodien konnte ich eine Wabenstruktur nicht wahrnehmen, wohl aber im ruhenden Plasma und bei Erschütterungen. Dann zieht sich das Plasma zusammen, an der Peripherie konnte ich als optische Erscheinung deutlich Alveolarsäume wahrnehmen und im Innern wabigen Aufbau. Außerordentlich gut habe ich den schaumigen Aufbau zu erkennen geglaubt in den Stromwirbeln des Plasmas, sowie auch an Stellen der Ruhe im Weichkörper. Ich kann *Peneropsis* geradezu als klassisches Objekt zur Demonstration der Protoplasmawaben bezeichnen und die Abbildung von BÜTSCHLI (1886) für *Calcarina spengleri* teilweise für den *Peneropsis* in Anspruch nehmen. Ganz plötzlich konservierte Peneropen zeigten die wabige Struktur auch auf ungefärbten Schnitten noch deutlicher, wobei ich eine Unterstützung zu einem klaren Bilde durch eine Art Gerinnung nicht in Abrede stelle.

Neben den Grundsubstanzen und den pseudopodienkörperähnlichen Körnchen gehören zu den flüssigen Substanzen des Weichkörpers kleine Tröpfchen, die in ständiger tanzender Bewegung, „Molecularbewegung“, sind und über die ich nichts aussagen kann. Weiter gehören hierher die Vacuolen. Ob kleine gasenthaltende vorhanden sind, konnte ich nicht entscheiden, größere gasenthaltende habe ich niemals beobachtet. Vacuolen finden sich in der verschieden feintropfig durchsetzten Grundsubstanz am zahlreichsten von unmeßbar kleinen bis 1μ großen Durchmesser, weiterhin viele bis zu 5μ Durchmesser, noch größere hingegen selten. Die Vacuolen sind äußerst verschiedenartig. Es zeigen sich Unterschiede durch verschieden starke Lichtbrechung, sowie in der Eigenfärbung. Einige sind reine Flüssigkeitsvacuolen, andere enthalten die mannigfaltigsten

Einschlüsse. Ein Unterschied zeigt sich noch auffallender bei Zusatz von dünner Methylenblaulösung in Seewasser. Es lassen sich hiermit mehrere Tinktionsnuancen erzielen. Auch bei Zusatz von Indigo-lösung in Seewasser findet man nach ein paar Stunden Vacuolen von verschieden starker Indigoaufnahme. Einige haben einen intensiven Indigoton angenommen, andere sind nur schwach gefärbt, andere enthalten ein paar Indigokörnchen, die mit einem hellen Hof umgeben sind. Andere sind ziemlich dunkel und besitzen eine noch dunklere Granulation von nicht sehr vielen Granula. In den meisten der größeren Vacuolen, die zum Teil rosa, zum Teil gelblich und grünlich nuanciert sind, befinden sich Inhaltsgebilde. Wasserhelle schwach lichtbrechende Vacuolen enthalten vielfach ein oder mehrere stark lichtbrechende Körner. Gelbliche Vacuolen haben oft gelbe Inhalts-körnchen, die wie kleine Excretkörner aussehen und sich zum Teil als solche erweisen. Sehr selten trifft man Vacuolen, die grünlich gefärbt erscheinen und einen grünen deformierten Commensalen bergen. Gesunde braune Commensalen fand ich dagegen niemals in Vacuolen oder in einem Zustand, der an Verdauung erinnern könnte.

Vacuolen finden sich überall im Weichkörper, vorzugsweise da, wo die zahlreichen fremden Inhaltskörper einigermaßen Platz zwischen sich lassen. Da diese Einlagerungen aber immer sehr eng gestellt sind, so kommt es nicht zu einer sehr großen dimensionalen Ausdehnung der Vacuole gegenüber Vacuolen anderer Thalamophoren, so z. B. der systematisch nahestehenden *Vertebralina striata* (d'ORB.), bei welcher Vacuolen bis zu 16 μ Durchmesser zu finden sind, die sich in Osmiumsäure schwärzen. Am größten sind beim *Peneropsis* die Vacuolen entwickelt hinter dem ersten Abschnitt, dem Gebiet der Ernährung.

b) Pseudopodien.

Zu dem flüssigen Teil des Weichkörpers gehören schließlich noch die Pseudopodien, mit denen der Weichkörper nach außen durch die Mundporen in Verbindung steht. Die Pseudopodien sind sehr selten ganz außer Tätigkeit. Sie spielen, wenn auch die Foraminifere in Ruhe verweilt, in kleinen dünnen Fäden aus den einzelnen Mundporen nach außen. Zum Zwecke der Ortsbewegung oder nach einer Nahrungsquelle hin werden die Pseudopodien büschelweise schwach divergierend entsandt. Die Entsendung der Pseudopodien kann aus allen Mundporen zugleich erfolgen oder nur von einem Teil derselben ausgehen. Auch können Pseudopodienbüschel nach

zwei oder mehr Richtungen hin getrennt voneinander entsandt werden, so daß ein Bild sich kreuzender Fächer erscheint. Die einzelnen Pseudopodien sind im allgemeinen gerade, gelegentlich vielfach untereinander verbunden. Sie können nach rückwärts greifen, wenn nämlich die ranhe Schale, die ein Tummelplatz zahlreicher Organismen ist, äußerlich gereinigt wird oder hier eine Nahrungsquelle vorliegt. Wenn die Pseudopodien austreten, kommniziert das Pseudopodialplasma so vor der Mundporenplatte, daß die aus den einzelnen Mundporen austretenden Pseudopodien an ihrer Basis mit vielen dünnen und dicken Brückensträngen verbunden sind, auf denen ein reicher Plasmaaustausch stattfindet.

Tritt ein Pseudopod aus dem Plasma, so entsteht an dieser Stelle zunächst eine lichtere Anhäufung zugleich mit der Erhebung eines kleinen Hügels. Aus diesem schießt sehr rasch ein Tropfen Plasma heraus mit kngelig verdicktem Vorderteil und sich verjüngendem Ende. Ans der Frontfläche des dickknopfigen Vorderendes erheht sich fast unmittelbar darauf eine schwer sichtbare Plasmaspitze, die schwache nntierende Bewegungen ansführt und in der Richtung der Ausschlenderung vorwärts kommt. Dabei zieht sich das ausgeschossene Plasma zu einem Faden von verschiedener Dicke aus, an dem zähflüssige Tröpfchen von verschieden starker Lichtbrechung auf und ab laufen. Ist der ausgeschleuderte Plasmotropfen als „Pseudopodium verbrannt“, so wird von der Basis aus Material nachgeführt. BÜTSCHLI gibt 1883 p. 114 hierüber ausgezeichnete Schilderungen, und zahlreiche Untersuchungen (auch 1892 p. 64) sind von verschiedenen Forschern über Pseudopodien angestellt.

Bei stärkerer Vergrößerung hemerkt man an der Spitze des gerade dahinstrehenden Pseudopods eine knopfartige Verdickung. Ich fand diese hesonders dentlich hei sehr lang und dünn ausgezogenen Pseudopodien, deren Ende hyalin erscheint und viel langsamer nntiert. Die nntierenden Endschwingungen sind schlagend rotierende, von verschiedener Schnelligkeit, mit kleiner Amplitude. Sie erinnern an gewisse Geißelbewegungen bei einer Geißellänge von ca. 5—10 μ . Der Durchmesser des nicht sehr lichtbrechenden hyalinen Endknopfes ist nur der Bruchteil eines μ . Die Geißelschwingung des Pseudopodienendes gewahrte ich nnr an solchen Pseudopodien, die in Vorwärtsbewegung waren. Es scheint mir nicht unwahrscheinlich, daß diese Endnutation zur Vorwärtsbewegung beiträgt. Bei langausgezogenen, langsam dahingleitenden Pseudopodien erschien mir diese Nutation langsam, hei rasch dahinziehen-

den rascher. Ich kann allerdings nicht entscheiden, ob die Endbewegung eine aktive oder passive ist, die im letzteren Falle durch den Widerstand des Wassers beim Vorwärtsgleiten bedingt wäre. Wird ein Pseudopod zurückgezogen, so hört die Endnutation an und das Pseudopodium zieht sich schraubenartig zusammen. An den Punkten größerer Culmination entstehen hierbei schwimhautartige Ausbreitungen aus flüssigerem Plasma.

Ich konnte mit ziemlicher Deutlichkeit wahrnehmen, daß auch die Pseudopodien sich aus zwei Grundsubstanzen zusammensetzen, einer stärker lichtbrechenden, mehr zähflüssigen und einer etwas mehr wässrigflüssigen. Die Unterscheidung beider zeigt sich deutlicher, wenn zwei Pseudopodien ineinander überfließen, nachdem sie sich eine kurze Zeitlang gekreuzt haben und an der Stelle des Zusammenflusses eine plattenartige Verbreiterung entsteht, oder wenn die spiralenähliche Contraction des sich zurückziehenden Pseudopods erfolgt. Plattenartige Verbreiterungen bilden sich immerwährend, auch leicht dadurch, daß die büschelstrahlig austretenden Pseudopodien untereinander anastomosieren. Dann spannt sich eine Flüssigkeitshaut zwischen zwei Pseudopodien aus mit konkavem Meniscus. Hierbei hebt sich eine geringere, wellenartig-schlierig fließende, zähere Substanz aus einer dünnflüssigen Grundsubstanz in gleicher Weise ab, wie der centrale Teil eines starken Pseudopodiums sich von einer solchen abhebt. Die dünnflüssige, zwischen zwei Pseudopodien sich ausspannende Grundsubstanz geht in die Pseudopodialflüssigkeit, d. h. die Flüssigkeit, die das Pseudopod äußerlich umgrenzt, unmittelbar über. Bei Bewegungsströmungen verschiebt sich eine solche aufgehängte Flüssigkeitsplatte leicht an den sie tragenden Pseudopodien hin und her, ohne irgend eine Störung, die an Substanz- oder Konsistenzunterschied gegenüber der die Pseudopodien peripher umhüllende hyaline Substanz gemahnen würde. Diese Bilder lassen einen zähflüssigeren Centralfaden „Achsenfaden“, der von vielen Forschern anerkannt wird, deutlicher sehen, als es in dem gerade dahinfließenden Pseudopod geschieht. Bei aufmerksamere Beobachtung der Körnchenströmung wird man leicht gewahren, daß die Körnchen — oder noch leichter zu sehen an größeren Fremdkörpern bei der Defäcation — in einer Flüssigkeit schwimmen, die hyalin wässrig ist und welche die periphere Umhüllung des Pseudopods abgibt. SCHAUDINN ist an *Calcutuba* zu gleichem Resultat gekommen (1895 p. 211). Sehr günstig gestalten sich die Beobachtungsverhältnisse bei Zusatz von Metbylenblau, das in Seewasser gelöst ist, wobei sich einige Körnchen ganz intensiv blau färben;

die vitale Farbstoffaufnahme der Körnchen ist indessen eine äußerst verschiedene. In einer angehängten, anfangs hyalinflüssigen Sarkodeplatte verbreitert sich gelegentlich der zähflüssigere Achsenfaden und ist dann von der zähflüssigeren Substanz in der dünnflüssigeren nicht zu unterscheiden. Die Beobachtungen machen sehr wahrscheinlich, daß die Grundsubstanzen des Weichkörpers und die Substanzen, mit welcher die Pseudopodien sich aufbauen, beim *Peneropsis* in der Zusammensetzung nahestehen oder vielmehr identisch sind. Ob die Pseudopodienkörperchen und die diesen ähnlichen Körnchen, welche auf den Verbindungssträngen auseinandergesprengter Plasmastücke entlang laufen, identisch sind, kann ich nicht entscheiden. Optisch konnte ich keinen Unterschied wahrnehmen. Auch konnte ich zwischen dem Pseudopodialplasma und dem eigentlichen Weichkörperplasma nur insoweit einen Unterschied erkennen, als ersteres ungleich reiner ist.

c) Feste Substanzen.

Nach Betrachtung der flüssigen Substanzen des Weichkörpers — die Chromatine werden gesondert behandelt — wende ich mich zu den festen desselben.

Hierzu gehören kleinste Partikelchen von hellgelber bis dunkelbranner Färbung; größere Körper, die teils wie Konglomerate gestaltet sind, und verschiedene das Licht doppeltbrechende Excretkörner. Ferner ähnlich gestaltete Körner, die braungrün sind, schließlich chromorange gelbe Körperchen von ziemlich regelmäßiger ovaler bis kugelförmiger Gestalt, peripher mit stärker lichtbrechenden, mehr dunkelgelben Partikeln besetzt.

Als Einlagerungen kommt noch das reichliche Detritus- und Fremdkörpermaterial hinzu, das schon bei der Defécation geschildert wurde, und die Commensalen. Letztere nehmen mit ihren Stärkekörnern allein wohl über die Hälfte des Schaleninhaltes in Anspruch. Das eigentliche Protoplasma des *Peneropsis* erscheint durch sie so vollständig zurückgedrängt, daß es nur als grobes Netz vorliegt, welches die zahlreichen eingelagerten Gebilde umspannt.

Neben den Commensalen sind die Excretkörner und die excretkörnerähnlichen Gebilde am häufigsten. Diese Einlagerungen finden sich überall im Plasma verteilt, auch in den Primärkammern. Am häufigsten und größten sind sie in dem Gebiet des größten Stoffumsatzes, wo sich auch die Vacuolen am größten und zahlreichsten finden. In dem reproduktiven Teil des Gamonten und auch des

Agamonten erreichen die Excretkörner selten bedeutende Größe; sie werden von hier bald nach vorn befördert und es scheint mir wahrscheinlich, daß sie unterwegs an Größe zunehmen. Der Unterschied zwischen der Größe der Excretkörner des animalischen Teiles und des dahinterliegenden ist oft auffallend.

Die wahrscheinlich bei allen Protozoen auftretenden Excretkörner sind vielfach auf Herkunft und chemische Zusammensetzung untersucht worden, und eine Reihe von Einzelbetrachtungen liegen über sie vor. SCHEWIAKOFF gibt 1893 (p. 33) eine ziemlich vollständige geschichtliche Übersicht über die Literatur der Excretkörner, „Excretkristalle“ oder „Secretkörnchen“ (BÜTSCHLI 1878 p. 251).

Chemisch untersucht wurden die Excretkörner am genauesten von SCHEWIAKOFF 1893 (p. 32). SCHAUDINN berichtet 1900 über die Excretkörner von *Trichosphaerium* (p. 50). AWERINZEW (1903 p. 358) war meines Wissens der letzte, der Reaktionen an Excretkörnern aus verschiedenen Protozoen vornahm. Die verschiedenen Untersuchungen haben das Verhalten der Excretkörner gegenüber organischen und anorganischen Säuren und Lösungsmitteln klargestellt, auch das Vorhandensein von Phosphorsäure und Calcium in ihnen erwiesen. Auch ich konnte die früheren Angaben bestätigen und habe nach diesem Verhalten und auf Grund der Doppelbrechung sehr verschiedengestaltete Körper als Excretkörner diagnostiziert.

GEZA ENTZ sprach 1879 die Vermutung aus, daß die Excretkörner ein harnsaures Salz enthalten, (er kam durch Vergleich mit den Harnkonkrementen in den MALPIGHI'schen Gefäßen der Insekten zu dieser Ansicht). Durch die Kleinheit dieser Gebilde und durch den Mangel an exakten microchemischen Reaktionen konnte diese Frage bisher nicht gelöst werden.

Beim *Peneroplis* sind die Excretkörner sehr mannigfaltig an Zahl, Gestalt und Farbe. Sie können sehr klein und kaum zu finden sein, aber auch klein und zahlreich, groß und spärlich, groß und häufig usw. Wie ihre Formen, so schwanken auch ihre Färbungen, es kommen hellgelbe, hellgrüne bis dunkelbraune und blaugrüne vor, auch finden sich rotbraune, die zum Teil in Drusen kristallisieren und an Formen erinnern, wie sie SCHEWIAKOFF 1894 (tab. 3 fig. 3 d) abbildet. Wenn auch von noch so mannigfacher Gestalt, so zeigen die Excretkörner doch an ihrer polyedrischen, vielfach scharfwinkligen Silhouette, daß sie von kristallinischem Aufbau sind. Sie sind nicht durchscheinend, blitzen durch starke Lichtbrechung auf und brechen das Licht doppelt. Da die Excretkörner sehr verschiedene Gebilde sein können, so dürfte die Klarstellung der einzelnen Erscheinungen

ausgedehnte Einzelanalysen erfordern. Zwischen den Excretkörnern finden sich Gebilde, die diesen ähnlich sehen, aber nicht doppeltbrechend sind, ich spreche sie daher vorläufig als Xanthosome (RHUMBLER 1894 p. 566) an. AWERINZEW hat 1903 (p. 363) und 1904 (p. 358 ff.) einige Reaktionen an ihnen zusammengestellt, konnte jedoch zu keiner genügenden Aufklärung über ihre chemischen Eigenschaften kommen, er bezweifelt aber ihre Entstehung aus Excretkörnern, die RHUMBLER annimmt.

Ohne vorläufig bestimmte Anhaltspunkte geben zu können, vermte ich, daß die Verschiedenheit der Excretkörner und ihr oft jeweilig gleichartiger Charakter für ein Individuum auf verschiedene Ernährungsquellen zurückzuführen ist, an denen *Peneroplis* so reich ist. AWERINZEW (1903 p. 359) vermutet ebenfalls eine Abhängigkeit der Excretkörner von der Qualität der Nahrung. 1894 zeigte SCHEWIAKOFF, daß Paramäcien größere Excretkörner besitzen, wenn in der Heuinfusion Fleisch gekocht wurde (p. 45). SCHAUDINN konnte experimentell nachweisen, daß bei Copepoden- und Infusoriennahrung *Trichosphaerium* reichlich mit Excretkörnern erfüllt waren, die bei Diatomeennahrung verschwanden (1900 p. 52). Der gleiche Autor gibt dasselbe schon (1895 b) für *Patellina corrugata* [WILL.] (p. 182) an.

Die kleinsten Excretkörner fand ich zum Teil frei im Plasma, zum Teil auch in Vacuolen. Größere fand ich immer frei im Plasma. Es wäre nicht ausgeschlossen, falls die Excretkörner ihre Entstehung in Vacuolen nähmen, diese bald ins freie Plasma gelangen, indem durch die zahlreichen Einlagerungen und heftigen Strömungen die Vacuolen zerplatzen. SCHEWIAKOFF vermutete für die Excretkörner des *Paramaecium* (1894 p. 53), daß sie in Vacuolen gelöst werden, deren Inhalt nach außen tritt; dagegen fand ich, daß die Excretkörner in die Stercome eingebacken werden.

Zwischen den Excretkörnern fielen mir vereinzelt vorkommende, 1—2 μ große, chromorange gelbe, rundliche Gebilde auf, die peripher mit stärker lichtbrechenden Partikeln besetzt sind. Sie scheinen mir für den *Peneroplis* charakteristisch zu sein, wenigstens vermißte ich sie im Plasma benachbarter Foraminiferen, wie *Vertebralina* und den Miliolinen. Über die Herkunft dieser gelben Körperchen kann ich nichts ansagen. Doch vermute ich, daß sie Erzeugnisse des Plasmas sind, obwohl sie gegen Säuren und Alkalien widerstandsfähiger sind als die Excretkörner. In Jodalkohol wird ihre Farbe goldgelbbraunlich, durch Ausziehen des Jods mit Sublimat wieder hell. MILLON'S Reagenz blieb dagegen ohne Einfluß. Da sich die Farbe in 1 Proz. Osmiumsäure trübte, vermutete ich, daß es fett-

artige Ausscheidungen seien. Indessen blieben Ochsen-galle, Beuzin, Terpentin Xylol und Alkohol ohne Einfluß. Die nähere Untersuchung zeigte, daß die gelben Körperchen keinen kristallinen Aufbau haben, wie die Excretkörner, sondern Konglomerate aus der gleichen Substanz wie die peripheren Partikelchen darstellen. Da ich vielfach unregelmäßige Ausammlungen solcher gleichartigen Partikel fand, vermute ich, daß die kleinen gelben Körperchen diesen Häufchen ihre Entstehung verdanken. Ich nehme an, daß durch Gleichheit ihrer Konsistenz und einer gewissen Klebrigkeit die einzelnen Partikelchen sich beim Zusammengeraten aneinander heften, um später durch die Bewegung des Plasmas mechanisch kugelig zusammengedrückt zu werden (vgl. auch RHUMBLER 1893).

d) Stercome.

Ans diesen Plasmaeinlagerungen und einer außerordentlichen Menge Detritus setzt sich das Stercom zusammen, dessen Entstehung und Aufbau im Anschluß an die Defäcation (S. 13) geschildert wurde.

Es finden sich also in den Stercomen alle jene Inhaltsgebilde des Plasmas, außer Algen, wieder; die verschiedenen Excretkörner und excretkörnerartigen Partikel, die gelben Körperchen und verschiedene andere kleinste Teilchen. Dazu kommt der Detritus von Nahrungsresten innerhalb der Schale und der außerhalb derselben vorgelagerte. Die Entstehung und der Aufbau der Stercome haben gezeigt, daß die die Stercome zusammensetzenden Substanzen bis zu ihrem Zusammenbacken von Plasma umflossen sind. Eine Membran, wie sie RHUMBLER als eine „Glasmembran“ für die Fäcalballen von *Saccammina* fand, sah ich bei den Stercomen von *Peneropsis* nicht. Allerdings sind auch nach außen die zum Stercom ausgestoßenen Substanzen von jenem ursprünglichen, wässrigflüssigen Plasmarest überzogen, der alle diese Gebilde kittartig zusammenhält. RHUMBLER (1894 p. 565) nahm auf Grund der Färbung des Methylgrün-Eosin-gemisches für die „Glasmembran“ an, daß sie ein „Derivat der Hüllschicht“ sei. Dadurch, daß diese Fäcalballeu im frischen Zustande reiner und heller in der Farbe sind, mit der Zeit aber brännlicher werden, wurde mir wahrscheinlich, daß die bindende Substanz mit dem Schalenhäutchen und der Kittsubstanz eine gewisse Ähnlichkeit besitzt. In dieser Vermutung wurde ich auch durch den ungefähr gleichen Ausfall der Reaktionen, wie ich sie bei den Schalenhäutchen und den Kittsubstanzen ausstellte, nicht getäuscht. Auch die Berlinerblau-Reaktion ergab bei älteren Stercomen eine deutliche Blaufärbung

der protoplasmatischen Restsubstanz, die als Verkittungssubstanz dient. Mit MILLON's Reagenz konnte ich jedoch, abgesehen von einem Hellerwerden der allgemeinen Färbung, keine Einwirkung erkennen; allerdings weiß ich nicht, wie alt die Stercome waren, die ich untersuchte. Die Stercome werden mit der Zeit langsamer spröder. Anfangs besitzen sie eine Beschaffenheit, die an Kautschuk erinnert. Drückt man sie leicht zusammen, so platten sie sich etwas ab und richten sich beim Nachlassen des Druckes in ihre ursprüngliche Gestalt zurück. Ältere Stercome dagegen, die in der Färbung mehr schmutzighraun sind, zerbröckeln beim Pressen.

Da die Resistenz der Stercome gegen Säuren und Alkalien, die seit Entdeckung dieser Gebilde die Forscher in Erstaunen setzte, eine ganz bedeutende ist, so halten sich diese zusammengehackenen Fäcalsmassen lange Zeit. In meinen ruhig stehenden Foraminiferengläsern, in denen ein reiches Protozoenleben ist, finden sich noch Peneropenstercome in gutem Zustande, obwohl deren Produzenten schon über 3 Jahre verschwunden sind. Durch diese Widerstandsfähigkeit der Stercome ist es mir verständlich geworden, daß da, wo sich Peneropen finden, der Boden mit ihren Abfallsprodukten geradezu übersät ist, nmsomehr, als sich diese Gebilde durch mehrere Generationen hindurch unverändert halten. — Wie schon bemerkt, finden sich in Stercomen Excretkörner, was schon RUMBLER 1894 (p. 568) besonders für die Xanthosome von *Saccamina* erwähnt. Ich versuchte, da die Stercome wegen ihrer Größe leichter als die Excretkörner zu erlangen sind, verschiedentlich die Murexidreaktion auf Harnsäure. Teils an isolierten möglichst großen Stercomen, teils an größeren Mengen bis zu 100 Stück. Die Ergebnisse sind indessen zweifelhaft geblieben. Nach Zusatz der Salpetersäure branst explosiv die Kohlensäure aus den mitverhackenen Kalkstückchen auf, die Stercome bekommen eine helle Farbe. Durch die Ammoniakbeigabe erlangen sie wieder eine dunklere Färbung, die weniger schmutzighraun ist als die ursprüngliche. Hier und da, an wenigen Stellen, war die Färbung etwas mehr rötlich geworden, gelegentlich sogar rothraun, indessen bin ich weit davon entfernt, diese Reaktion als einen einwandfreien Nachweis von Harnsäure in den Stercomen hinzustellen; dies nur so mehr, als die Reaktion mit Salpetersäure-Natronlauge [für mich] fast vollständig indifferent verlief. Es muß hierzu bemerkt werden, daß diese Reaktionen an Material gemacht wurden, das 1½ Jahr alt war.

Von den im Weichkörper so massenhaft vorkommenden Algen habe ich nur in zwei Fällen Algen mit verdickter Membran in den

Stercomen beobachtet. Stärkekörner finden sich dagegen häufiger in wenig verändertem Zustande in den Stercomen vor.

Nach Betrachtung der dem Weichkörper zuzurechnenden Stercome wende ich mich zu den besonderen Einlagerungen, den commensalen Algen, die in ihrer Gestalt und Masse für den *Peneroplis* charakteristisch sind.

3. Commensale Algen.

Die commensalen Algen werden hier nur insoweit besonders berücksichtigt, als sie zu der Foraminifere in morphologische Beziehung treten. Eine eingehende vollständige Beschreibung dieses interessanten Flagellaten des *Peneroplis* und des ähnlichen von *Ornitolites* werde ich später anderen Ortes geben, wo ich auch auf bisherige Mitteilungen über Commensalen genauer eingehen werde. Hier soll dies nur in den wichtigsten Daten und Ergebnissen Berücksichtigung finden, um gegenüber den zahlreichen Befunden und Ergebnissen meine Stellungnahme zu beleuchten. Auch gibt OLTMANN'S 1903 (p. 361 ff.) in dem 2. Band seines ausgezeichneten Algenwerkes eine ziemlich vollständige Zusammenstellung der Literatur über „gelbe und grüne Zellen“ und eine kurze wertvolle Gegenüberstellung der verschiedenartigen und widersprechenden Ergebnisse über die Algen selbst und ihr Verhältnis zum Wirt.

a) Historisches.

Für *Peneroplis* wies zuerst BÜTSCHLI 1886 nach, daß die im Plasma dieser Foraminifere vorkommenden rundlichen Gebilde, die CARPENTER 1862 als Zerfallsprodukte des Plasmas deutete, commensale Algen sind, indem er Chromatophor und Amyla in ihnen nachwies (p. 95). Sonst ist mir keine Mitteilung über die Commensalen des *Peneroplis* bekannt geworden.

In der Literatur finden sich vielfach sehr zerstreute Angaben über das Vorkommen von „algenähnlichen Gebilden“ bei Protozoen. Die „gelben Zellen“, „yellows cells“, bei Vertretern aus der Familie der Radiolarien entdeckte 1851 HUXLEY. 1855 (p. 234) teilte JOH. MÜLLER mit, daß die gelben Zellen von *Thalassicola* sich mit Jod bräunen und durch Einschnüren innerhalb der Membran sich in zwei, selten in vier Zellen teilen (p. 237). Ein Jahr später wurden zuerst bei Foraminiferen, bei *Rotalia*, von MAX SCHULZE ähnliche Gebilde gefunden, die er wie HUXLEY und andere Forscher ebenfalls für Erzeugnisse des Plasmas hielt. 1870 wies dann HÄCKEL nach, daß

die gelben Zellen der Radiolarien Stärke enthielten. Aber erst CIENKOWSKI brachte 1871 gewichtige Gründe für eine selbständige Algennatur jener Gebilde in Radiolarien. Seine Ansicht wurde gestützt durch R. HERTWIG, GEDDES und verschiedene andere Forscher, bis 1879 MOSELEY bei *Orbitolites* die Algennatur jener kleinen Zellen außer Frage stellte.

Für die „grünen Zellen“, deren Teilung BALBIANI schon 1863 sah, hat GEZA ENTZ 1876 vermutet, daß es sich um „Chlorophyllkörperchen“ handelt, die auch außerhalb des Körpers der Infusorien als selbständige Organismen weiter leben können, „oder . . ., daß sie eingedrungene selbständige Wesen sind, welche zeitweilig die Gastfreundschaft der Infusorien genießen“. Letzteres wurde für GEZA ENTZ „zur vollen Gewißheit“. [Diese in magyarischer Sprache gehaltene Untersuchung wurde erst 1882 nach den Veröffentlichungen von K. BRANDT bekannt (GEZA ENTZ 1882).]

Die zahlreichen vereinzelt Mitteilungen über „gelbe und grüne Zellen“, die „algenähnlichen Gebilde“, sammelte BRANDT 1881—83 zu einer vollständigen und geschichtlichen Zusammenstellung (1883), der er selbst zahlreiche, unsere Kenntnisse erweiternde Beiträge hinzügte. 1881 unterschied BRANDT Zoochlorellen und Zooxanthellen und legte p. 571 die Formen *Zoochlorella conductrix* und *Zoochlorella parasitica* BRANDT fest. Die meisten in den verschiedenen Organismen gefundenen Zooxanthellen werden von ihm zu *Zooxanthella nutricola* BRANDT zusammengefaßt. Aus den morphologischen und physiologischen Untersuchungen seiner Arbeiten sei hervorgehoben, daß er in den meisten dieser Commensalen, die er als selbständige Organismen erkannte, Kerne homogener, differenzierter und granulierter Struktur (bei *Convoluta*) nachwies. Auch machte er (1883 p. 241) für die Zooxanthellen Rehezustände von Schwärmern wahrscheinlich. Bei Reinkulturen erhielt BRANDT zum Teil Formen, die Zoosporen glichen. 1885 stützt BRANDT in seiner Sphärozoöen-Arbeit (p. 70) seine schon 1883 (p. 297) geäußerte Ansicht, „daß die gelben Zellen wahrscheinlich . . . eine besondere Gruppe der Flagellaten neben den braunen Algen bilden“. BRANDT vermutet hier, daß *Zooxanthella* zu den Peridineen oder Dinoflagellaten gehört, und bildet tab. 2 fig. 19—22 einen *Zooxanthella*-Schwärmer ab. BRANDT's ausgedehnte Betrachtung über das symbiotische Verhältnis zwischen Algen und Tieren wurde von besonderer Bedeutung (1881—83). Sie gab Anregung zu einer Reihe von Arbeiten auf diesem Gebiet. Während der Arbeiten BRANDT's war 1882 eine kritische Zusammenstellung über *Zooxanthella*

VON BÜTSCHLI erschienen, in welcher (p. 455 ff.) teilweise gegen die BRANDT'schen Auffassungen Stellung genommen wird.

BRANDT gab an, daß die Zoochlorellen und Zooxanthellen in morphologischer Hinsicht von Chlorophyllkörnern ganz verschieden sind — sie stellen ja selbständige Organismen dar —, daß sie aber in der Leibessubstanz der Tiere wie Chlorophyllkörner funktionieren. Als Ernährer der Wirtstiere sollen diese Algen große Bedeutung haben. Junge Sphärozoen mit wenig Commensalen (0—3 auf eine Centalkapsel) nehmen noch selbständig Nahrung an, während für koloniebildende ältere Radiolarien, die zahlreiche gelbe Zellen enthielten (6—30 auf eine Centalkapsel, bei einem *Sphaerosom* bis 100), „eine rein animalische Ernährung sicher ausgeschlossen ist“ und eine vegetabilische Ernährung wie echte Pflanzen durch Assimilation von anorganischen Stoffen nahezu gewiß. Dies glaubte BRANDT in verschieden hohem Maße für die „Phytozoen“ allgemein annehmen zu können. Nächste BÜTSCHLI begann GRAFF 1884 verschiedene Angaben BRANDT's zu widerlegen und zeigte, daß grüne Hydren trotz ihrer Zoochlorellen bei Nahrungsentziehung verhungerten; weitere Einwände machte später FAMINTZIN.

BÜTSCHLI, der 1886 den Kern des Commensalen von *Orbitolites* als „deutlich fein punktiert von netzartiger Beschaffenheit“ geschildert hatte, gab 1889 (p. 1832 ff.) eine gute historische und kritische Zusammenstellung über Zoochlorellen.

Zugleich war eine Mitteilung von SCHEWIAKOFF erschienen, in der gesagt wurde, daß auch die Zoochlorellen selbständige Organismen sind (1889 p. 40). SCHEWIAKOFF infizierte experimentell *Frontonia leucas* mit *Zoochlorella conductrix*; auch erkannte er die Teilung von Kern und Chromatophor als Vorläufer der Zoochlorellen-Teilung (p. 40). Erweiternd für die Kenntnis der gelben und grünen Zellen wirkte die schon erwähnte Arbeit von FAMINTZIN. In seinem II. Beitrag zur Symbiose von Algen und Tieren (1889) modifiziert und widerlegt er zum Teil die Ansichten BRANDT's bezüglich des Verhältnisses der gelben Zellen zu Radiolarien und Actinien. FAMINTZIN kommt entgegen BRANDT zu dem Ergebnis, „daß auch koloniebildende Radiolarien animalische Nahrung und hauptsächlich Infusorien und kleine Crustaceen verzehren“ (p. 30). BRANDT (s. oben) hatte angenommen, daß Stärkekörner nur durch Diffusion aus den Algen in das Assimilationsplasma gelangten und mit dem Überfluß der Assimilationsprodukte die Polyzoenkolonie sich ernähren könnte. Die gelben Zellen sollen nicht als Nahrung hierbei verdaut werden. Dagegen zeigte FAMINTZIN, daß die gelben Zellen verdaut werden,

und weiter, daß die frei sich vorfindenden Stärkekörner aus untergegangenen gelben Zellen stammen.

Die Mitteilungen von DANGEARD (1890), BEYERINCK (1890) und LE DANTEC (1892) bestätigen mehr oder weniger vollkommen auch für andere Infusorien das SCHEWIAKOFF'sche Ergebnis.

DANGEARD, der unter anderem die Cellulose-Reaktion bei *Zoochlorella* bestätigte, fand in den Cysten von *Ophridium versatile* die grünen Zellen, die der nächsten Generation intakt überliefert werden. KLEINENBERG hatte schon 1872 für *Hydra viridis* nachgewiesen, daß die „Chlorophyllkörner“ sich in den Eiern der *Hydra* finden (p. 38). HAMANN (1882) konnte die Einwanderung zeigen.

BEYERINCK fand eine den Zoochlorellen morphologisch gleichstehende Alge freilebend, *Chlorella vulgaris*, eine Protococcacee, die sich nach seinen Kulturversuchen im wesentlichen nur biologisch von den Zoochlorellen von *Hydra*, *Stentor* und *Paramecium* unterschied. Wegen der morphologischen Identität faßt er sie als einen Ahnen der *Zoochlorella conductrix* BRANDT auf (p. 759). Die Resultate BEYERINCK's wurden in dem „III. Beitrag zur Symbiose von Algen und Tieren“ von FAMINTZIN 1891 bestätigt und für Kern, Membran und Teilung der Zoochlorellen erweitert, besonders aus isoliert gezüchteten von *Paramecium bursaria*, *Stylonychia* und *Stentor*. Die Zoochlorellen vegetierten in verschiedenen anorganischen Salzlösungen weiter und vermehrten sich durch Teilung. Außerdem bringt FAMINTZIN eine dritte *Zoochlorella* aus Infusorien zur Kenntnis, die 12 μ Durchmesser erreicht, *Zoochlorella maxima* n. sp.

Wie für die Zooxanthellen, so nimmt FAMINTZIN auch für die Zoochlorellen an, daß sie verdaut werden; und weiter, wie andere Forscher, daß die grünen Zellen durch Zerlegung von Kohlensäure und Abgabe von Sauerstoff an das umgebende Plasma dem Wirt Gewinn bringen. 1882 schon hatte GEDDES an der „chlorophyll-green Planarian“ *Convoluta schultzei* [O. SCHN.] gezeigt, daß das infolge des Sonnenlichtes reichlicher angeschiedene Gas 45—55 Proz. Sauerstoff enthielt. Ähnliche Resultate fand er auch für andere „Chlorophyll“-tragende Organismen. Über die grünen Zellen von *Convoluta* liegen verschiedentlich Beobachtungen vor. Unter anderem glaubte HABERLANDT für *Convoluta roscoffensis* feststellen zu können, daß von den nackten Zellen ohne Membran Plasmastücke in das Plasma des Wirts gelangen, die dann der Verdauung anheimfallen. Auch beobachtete HABERLANDT, daß die Zoochlorellen mit ihrem Träger zugrunde gehen. HABERLANDT verneint im übrigen ein Verdauen der grünen Zellen. Demgegenüber geben GAMBLE und KEEBLE (1903)

an, daß bei mangelnder Nahrung die grünen Zellen verdant werden und sich als braune Klumpen im Darm vorfinden. Nach diesen Forschern ist *Convoluta* sehr gefräßig und ernährt sich unabhängig von den grünen Zellen.

Eine schöne Beobachtung, „daß Organismen, welche sich sonst wie Tiere ernähren, unter Umständen viele Jahre hindurch ein rein pflanzliches Leben zu führen vermögen,“ ist von GRUBER 1899 niedergelegt, der eine Kultur von grünen Amöben und Paramäcien in einem Glase von $\frac{1}{4}$ Liter Wasser 7 Jahre ohne Nahrungszufuhr hielt. Diese *Amoeba viridis* [LEIDY] hielt sich noch bis 1903, dann ging sie an einer Pilzinfektion zugrunde.

Einen weiteren Beitrag zur Zoochlorellen-Kennntnis brachte AWERINZEW 1900. Nach seinen Versuchen „lebten *Stentor polymorphus* und *Diffugia pyriformis* bis zu 4 Wochen in absoluter Dunkelheit, wobei die Infektion durch Zoochlorellen von Anfang bis Ende des Versuches dieselbe Intensität behielt. Unter anderem berichtet AWERINZEW von einer neuen, auffallend großen Zoochlorelle, *Z. actinosphaerii* n. sp., aus dem Ectoplasma von *Actinosphaerium*.

Aus diesem kurzen Literaturauszug geht hervor, daß die Angaben über „grüne Zellen“, trotz der Lücken, die der Kenntnis dieser Wissenschaft noch anhaften, ausgiebiger sind als die über „gelbe Zellen“.

Die letzte eingehende und meines Wissens auch vollständigste Mitteilung über eine Zooxanthelle ist von SCHAUDINN 1899 gegeben. Er fand eine Zooxanthelle als gelegentlichen Mitbewohner des Rhizopods *Trichosphaerium sieboldi*, aber nur in den vegetativen Stadien des Sporonten und Schizonten. Eine Zooxanthella-Verdauung konnte SCHAUDINN niemals feststellen, selbst bei Hungern des Rhizopoden wurden die Zooxanthellen angestoßen, ebenso wahrscheinlich bei der Fortpflanzung. Sehr genau gegenüber früheren Angaben beschreibt und bildet SCHAUDINN den Kernteilungsvorgang ab und schildert ferner die Verwandlung des Commensalen in einen Flagellaten beim Verlassen des Wirtstieres. Diesen Flagellaten, der *Cryptomonas* nahesteht, legte SCHAUDINN als *Cryptomonas brandti* fest.

b) *Cryptomonas* [Zooxanthella] *schaudinni* n. sp., Gestalt und Lebensweise.

Die Zooxanthelle von *Peneroplis* steht der von *Trichosphaerium* sehr nahe. Auch ich konnte die Entstehung eines *Cryptomonas*-ähnlichen Flagellaten beobachten. Die Zooxanthelle besitzt im

commensalen Zustände meist nur ein Chromatophor, während jene zwei besitzt. Ferner ist die Membran ungleich schwächer als bei *Cryptomonas brandti*, bei der sie immer sehr derb ist; vor allem ist aber der morphologische Aufbau des *Peneroplis*-Commensalen während des Wachstums innerhalb des Wirtstieres ein so vollständig anderer, daß das Aufstellen einer neuen Species berechtigt erscheint. Ich nenne deshalb den Commensalen von *Peneroplis pertusus Cryptomonas schaudinni* n. sp., zu Ehren dessen, der zuerst die erfolgreichsten Beobachtungen über die Morphologie und Stellung einer Zooxanthelle anstellte. Ob der Gattungsname *Cryptomonas* bei näherer Kenntnis dieser Gruppe von Flagellaten sich erhalten wird, ist vorläufig noch ungewiß.

Die Zooxanthellen von *Peneroplis* sind bei schwacher Vergrößerung im Leben unter der Schale als kleine rote Punkte erkennbar; man sieht deutlich, besonders in den vorderen Kammern, wie sie in den ausgespannten Plasmabrücken langsam mit der Plasmabewegung gehen. Die Zahl der Commensalen ist ganz bedeutend; so zählte ich einmal in einer vollständigen Schnittserie durch den Weichkörper eines 27-kammerigen macrosphärischen *Peneroplis* über 28 000 commensale Algen. Andere habe ich geschätzt. Ein großer vielkammeriger *Peneroplis* enthält bei einigermaßen dichter Besetzung weit über 100 000 Algen. Die Algen können so dicht aneinander im Plasma liegen, daß für dasselbe nur noch sozusagen „intercellulare“ Zwischenräume bleiben.

Die Commensalen im *Peneroplis* sind ungefähr kugelig und tragen im Innern ein großes Chromatophor, das eine rot-rostbraune Färbung hat, wie man an den zerquetschten *Peneroplen* deutlich erkennen kann. Unter der Schale des *Peneroplis* erscheint die Färbung mehr violett. *Peneroplen*, die reichlich mit Algen infiziert sind, zeigen daher eine violette bis blau-violette Farbe, die Rippen heben sich dann porzellanartig weißlich und so deutlicher ab. Dies trifft zu bei *Peneroplen* mit normaler Schalegestalt. Solche, deren Schalen Scheinperforation tragen, besitzen hingegen grüne Commensalen und erscheinen auch von außen betrachtet grün. Die grünen Commensalen sind morphologisch genau so gebaut, wie die braunen. Damit wird wahrscheinlich, daß die Schale des normalen *Peneroplis* eine Absorptionsfähigkeit der Lichtstrahlen nach rot zu besitzt, während die scheinperforierte Schale die Lichtstrahlen ungehindert durchtreten läßt. Und weiterhin, daß etwa die Rotbrannfärbung des Chromatophors zwecks besserer Assimilation eine Anpassung an die rot-absorbierende Schale ist, wie die des Rhodophyll der Florideen

eine solche an das Tiefenleben im Meer, wo auch durch die anlagernden Wasserschichten rot absorbiert wird, und die Strahlen der chemischen Seite des Spectrums mehr zur Geltung kommen. Dieser Befund bei *Peneroplis* würde u. a. mit den Angaben BRANDT's (1883 p. 298) übereinstimmen, welcher nachwies, daß die roten und braunen Algen in größeren Tiefen des Meeres vorkommen, während sich grüne direkt unter der Oberfläche aufhalten. Eine gleiche Verteilung fand bei höheren Algen BERTHOLD (1881). Die voranstehenden Äußerungen über Chromatophorenfärbung und Absorptionsqualitäten der *Peneroplis*-Schale für Lichtstrahlen schließen sich an die Untersuchungen ENGELMANN's (1882 p. 227) an, der zeigte, daß die Farbe des Assimilationskörpers im Zusammenhang mit der Lichtqualität steht.

Das Rot des Chromatophors der Zooxanthellen von *Peneroplis* ist an einen roten Farbstoff gebunden, der sich durch Süßwasser ausziehen läßt und eine nahe Verwandtschaft zu dem Phycoerythrin zeigt. Nach dem Ausziehen des Rots erscheint das Chromatophor grünlich. Mit Essigsäure behandelt zeigt das Chromatophor eine ziemlich starke violette Färbung, die sich durch Ausziehen auch auf die Umgebung erstreckt. Bei Zusatz von Alk. abs. färbt sich das Chromatophor blaviolett nach vorangegangener Behandlung mit verdünnter Salzsäure.

Pyrenoide habe ich im Chromatophor nicht gefunden. Das rotbranne Chromatophor hat in der mehr oder weniger kugelförmigen Zelle eine excentrische Lage. Bei kleineren Algen scheint aus ihm ein blasser heller Körper durch, der auf Grund seines Verhaltens und der Färbetechnik sich als Kern erweist. Er erscheint von dem Chromatophor umschlossen. Im Leben ist er bei größeren Exemplaren schwerer sichtbar.

In dem dem Chromatophor in der Hauptmasse gegenüberliegenden wasserhellen Cytoplasma der Alge befinden sich Körnchen von verschiedener Farbe und Brechnng. Außerdem fallen im Cytoplasma an der Peripherie des Chromatophors durch starkes Lichtbrechungsvermögen unregelmäßig runde bis ovale, oft polygonal vieleckige Inhaltkörper an von blaßblauer bis schwach milchiger Färbung. Eine brännlich violettblau Tinktion mit Jod ergibt, daß es sich um Paramyla-ähnliche Körper handelt. Sie treten von minutiöser Kleinheit bis zur Größe von 1—1,4 μ auf. Bei großen Commensalen kann ihre Zahl bis 30 betragen.

Eine sehr dünne, im Leben schwer sichtbare Membran umgibt die Alge. Die Membran erscheint gallertartig und gleich stark lichtbrechend wie das umliegende Plasma.

Die Commensalen (Taf. I Fig. 3 a) sind von verschiedener Größe, kleinere messen im Durchmesser 5—6 μ , die größten bis 12 μ . Die größte Dimension erreichen die Algen, sobald die Stärkekörner an Größe und Zahl am höchsten entwickelt sind.

Bei der Beobachtung im Leben sind für die Gestalt der Alge die Stärkekörner optisch am bedentsamsten, auch sind morphologische Veränderungen der Alge an ihnen zuerst wahrnehmbar. Ich beginne deshalb bei der näheren Betrachtung des Commensalen mit der Beschreibung derselben.

Die Stärkekörner sind peripher anders beschaffen als im Inneren, so daß ein Hohlraum vorgetäuscht ist. Eine Struktur ist an den Stärkekörnern nicht zu erkennen; gelegentlich glaubt man an ihnen konzentrische Tonringe zu sehen. Es war aber nicht zu erweisen, ob diese auf tatsächlicher Struktur oder auf Lichtbrechungen zurückzuführen sind. Für einen konzentrischen sphäro-kristallinen Aufbau sprechen dagegen die Wahrnehmungen, die man mit dem Polarisationsapparat erzielt. Im Leben ist ein deutliches Polarisationskreuz zu sehen, das auch bei Drehung des Objektisches stehen bleibt. Bei Acetylenbelichtung fand ich es deutlicher; am stärksten bei Bogenlicht mit ZEISS' Apochromat Immersion 2 mm, Comp.-Oc. 6. Die Abbildung auf Taf. I Fig. 10 zeigt in einem Schnittpräparat die Polarisationskreuze in den Stärkekörnern in klarer Weise, eine Microphotographie bei Acetylenbelichtung aufgenommen, die in keiner Weise retouchiert ist. KESSLER bemerkt anlässlich der Untersuchungen von *Acanthocystis chaetophora* und deren Zoochlorellen (1882 p. 491), daß er „stark lichtbrechende Körnchen als Stärke ausgesprochen hat und zwar auf Grund ihres optischen Verhaltens im polarisierten Lichte. Sie zeigten hier deutlich genng das Krenz, wie es Stärke zu zeigen pflegt. Chemische Reaktionen habe ich nicht für nötig gehalten.“ Aus seinen Angaben geht aber nicht hervor, daß die polarisierte Stärke den Zoochlorellen entstammt.

Die Stärkekörner, große und kleine, liegen im Cytoplasma, dem Chromatophor mehr oder weniger dicht an. Immer liegen einige so dicht am Chromatophor, daß ich vermutete, sie würden im Chromatophor selbst ihre erste Entstehung nehmen. Bei der Kleinheit der Gebilde und der Lichtbrechung der Stärkekörner war es mir bis jetzt ohne spezielle Methode nicht möglich, dies zu ermitteln. Beobachten konnte ich an isolierten Algen, daß kleine und große Stärkekörner, von denen ich vermutete, sie seien dem Chromatophor eingelagert, sich nach einiger Zeit unzweifelhaft frei im Plasma befanden, wobei das Chromatophor sich deutlich zusammengezogen

hatte. Die Stärkekörner umgeben das Chromatophor allseitig, am zahlreichsten und größten treten sie zuerst in der an Cytoplasma reicheren Hälfte der Zelle auf. „An Cytoplasma reicher“ bezeichne ich den Zellteil, der dem etwas exzentrisch gelegenen Chromatophor gegenüber liegt, also mehr Cytoplasma enthält. An dieser Stelle wachsen sie am raschesten, so daß sie bald die Zellmembran erreichen. Immer haben die Stärkekörner nach außen einen größeren Krümmungsradius als nach dem Chromatophor zu, wo sie einen mehr konvexen Kontur haben; ihre Form kann dann vorübergehend an die der menschlichen Augenlinse erinnern. Daß auf dem inneren Kontur mehr Substanz aufgelagert wird als auf dem äußeren, erscheint augenscheinlich. Sind die Stärkekörner dem Chromatophor eingelagert, so würde die Ansicht A. MAYER'S (1895 p. 183) hiermit übereinstimmen. Ob das Chromatophor direkt den Stärkekörnern Substanz auflagert oder dieselbe erst in das Cytoplasma tritt und dann aufgelagert wird, ist zunächst für unsere Betrachtung von untergeordneter Bedeutung. Es ist nicht ausgeschlossen, daß der von außen allseitig wirkende Druck bei der Formgebung eine Rolle spielt. Das flüssig weiche Chromatophor wird eher nachgeben als die enganschließende Zellhülle, die wieder von dem umgebenden Plasma allseitig belastet ist. Einerseits sehen wir, daß in dem Maße, wie die Stärkekörner wachsen, sich die Form des Chromatophors verändert, da sich die Stärke immer mehr in das Chromatophor hineindrückt (Taf. II Fig. 11) und dasselbe verzerren. Diese Verzerrungen, die schließlich das Chromatophor nur noch als sternförmige Figur erkennen lassen, das peripher zwischen den Stärkekörnern mit vielfach verästelten protuberanzenartigen Fortsätzen eingepreßt wird, können so tiefgreifend sein, daß auch der Kern in seinem Kontur beeinflußt wird. Andererseits spricht zum Teil für die Beeinflussung der Stärkekorngestalt durch Druck der Umstand, daß den Stärkekörnern an den sich berührenden Stellen keine Stärke-substanz mehr aufgelagert wird.

Schließlich haben die früher mehr linsenförmigen Stärkekörner vielfach eine pyramidenstumpfförmige Gestalt, wobei die Basis der Pyramide nach außen gekehrt ist. Das Cytoplasma ist dann von der Peripherie aus ebenso wie das Chromatophor vom Centrum aus überall in die kleinen Vertiefungen eingepreßt, und die wasserhelle, schwer sichtbare Membran umzieht die Alge wie eine Gummibant. Eine solche Alge von außen gesehen gibt das Bild eines annähernd kugelförmigen Vielfächers mit unregelmäßiger, mosaikartiger, polygonaler Felderung. Gelegentlich, wo drei Stärkekörner sich be-

rühren, scheint rotbraun ein ausgepreßtes Stückchen Chromatophor durch (s. Fig.).

Ehe die Alge aber dies stärkereiche Stadium erreicht hat, teilt sie sich öfters. Ich habe immer nur Vermehrung durch Zweiteilung konstatieren können. Beobachtet habe ich die Teilung immer nur an mittleren und jüngeren Individuen; hierbei wurden die Stärkekörner erheblich kleiner. Beim Teilungsvorgang selbst sieht man nichts, als daß sich der Kern in die Länge zieht und in zwei Hälften zerfällt; ebenso das Chromatophor, die Stärkekörner werden hierbei ungefähr gleichmäßig verteilt. Eine genaue Einsicht verhindern sie gewöhnlich (Taf. I Fig. 3 a—d).

Bei der Teilung konnte ich niemals sehen, daß die alte Membran abgestoßen wurde und die beiden Teilprodukte eine neue Membran mitbekommen, so wie es u. a. BEYERINCK (1890) und GRANTZESCO (1903) für *Chlorella vulgaris* beschreiben. Erstens ist die Membran außerordentlich dünn, zweitens stehen die Algen in so innigem Kontakt zu dem Plasma der Foraminifere, daß man sie in den Wachstumszeiten nie vollständig isolieren kann.

Die Zweiteilung geschieht vorzugsweise gegen Abend, der Vorgang dauert mehrere Stunden. Beobachten läßt sich die Teilung einigermaßen gut an 1—6 kammerigen macrosphärischen Peneropen, auch bei scheinperforierten Individuen. Im übrigen ist sie sehr schwer zu beobachten, da die Plasmaströmungen die Bilder zu sehr verschieben, es also nicht möglich ist, eine Alge längere Zeit unter Beobachtung zu halten. Im Plasma zerquetschter Peneropen habe ich selten Teilung der Algen beobachtet. Reinkulturen habe ich bis jetzt nicht angelegt. Bei größeren Foraminiferen vereitelten Dicke und Rauheit der Schale jeglichen Einblick. Wenn die beiden Teillinge nicht durch die Plasmaströmung auseinandergeführt werden, bleiben sie noch längere Zeit so dicht aneinander liegen, daß man das Ende der Teilung noch nicht erwartet. Offenbar reicht die innere mechanische Kraft der Zelle infolge des Stärkebalastes und des allseitig wirkenden Plasmadruckes der Foraminifere nicht aus, die Teilstücke zur Abrundung, d. h. dadurch auch zur Abstoßung zu bringen.

Die Vermehrung der Algen geht ungemein rasch vor sich. Ein junger macrosphärischer *Peneropsis*, den ich am 2. August 1903 mittags aus dem mütterlichen Organismus auskriechen sah, bekam ca. 67 commensale Algen mit. Am anderen Morgen waren daraus ca. 82 geworden und am dritten Tage, an dem der Bau der dritten Kammer nahezu vollendet war, waren bereits über 100 Algen entwickelt.

Gelegentlich geschieht es, daß ein Stärkekorn bei der Teilung heransfällt und dann in dem Plasma des *Peneropsis* liegt. Auf ähnliche Weise gelangen Stärkekörner ins Freie bei Passieren der schmalen Centalkammerv verbindungen durch heftige Plasmaströmungen. Diese üben einen solchen Druck ans, daß die Algen vollkommene Spindelgestalt annehmen, bis zu mehr als 20 μ sich in die Länge strecken, wobei Stärkekörner herausgepreßt werden können. Daß in den Centalkammern die Algen am kleinsten sind und weniger Stärkekörner enthalten, dürfte hiermit zusammenhängen. Bezüglich der Kleinheit der Algen und des herabgesetzten Stärkebalastes vermte ich, daß der Mangel der Lichtintensität durch die übereinander lagernden Kalkkammern die Ursache ist. Weiter könnte in Betracht kommen die verminderte Wasserabgabe für die Stärkebildung seitens des Plasmas durch die Inanspruchnahme der Chromatine.

Im Plasma zerquetschter *Peneropen* finden sich sehr zahlreich freie Stärkekörner, bei vorsichtigem Zerquetschen ist die Zahl der freien Stärkekörner etwas geringer. Immer bleibt das Zerdrücken der Schale ein so roher Eingriff, daß es ohne Schädigung einiger Algen niemals abgeht, was sich im Anstreten der größeren Stärkekörner äußert. Außerdem tritt hierbei, wenn die Schädigung tiefgreifend ist, der rote Farbstoff in gelöster Form aus und die Alge erscheint grün. Das ist der Grund, warum rote und grüne Algen im Plasma zerquetschter *Peneropen* vorkommen.

Die Ursache des Vorhandenseins so außerordentlich zahlreicher, freier Stärkekörner, an denen ich niemals eine Spur von Einflüssen durch Verdauungsvorgänge wahrnahm, ist mir nicht recht verständlich geworden. In den mehr centralen Teilen des Foraminiferen-Weichkörpers ist es mir verständlich, daß durch die heftigen Strömungen und größere Pressungen beim Passieren der engen Verbindungskanäle die Zahl der freien Stärkekörner reichlicher ist als in den mehr peripheren Kammern. Die Zahl der freien Stärkekörner ist aber eine so hohe, daß ich mich des Eindrucks nicht erwehren konnte, die Ausbildung der Stärkekörner sei gelegentlich eine hypertrophische, vielleicht begünstigt u. a. durch eine starke Kohlensäureproduktion der energischen Lebenserscheinungen im Innern des Weichkörpers. In jüngeren Individuen ist die Zahl der freien Stärkekörner im Verhältnis zur Zahl der Commensalen eine größere, außer bei jungen Agamonten, die fast gar keine freien Stärkekörner aufweisen. In jungen microsphärischen ist die Zahl auffallend groß.

Anßerdem wurde ich zu der Annahme gedrängt, daß die Stärkehülle durch die polyedrische, keilförmige Gestalt der einzelnen Körner

zueinander, einen Schutz des Kernes gegen die verhältnismäßig gewaltigen Pressungen des Plasmas wohl abgeben könnte.

Die größten, vollständig mit Stärkekörnern umgebenen Algen und kleinere, an Zahl geringere finden sich im mittleren Teil des Weichkörpers gemischt; nach den Primärkammern zu finden sich die kleinsten, nach den jüngsten Kammern treten solche von mittlerer Größe auf. Durch die Plasmaströmungen tritt jedoch nie eine strenge räumliche Scheidung ein. Im allgemeinen kann man jedoch deutlich erkennen, daß das Plasma der Foraminifere das Bestreben hat, die Commensalen, welche die höchste Entwicklung der Stärkekörner erreicht haben, nach dem animalischen Teil abzuschleiben, während kleinere Commensalen, die eine zunehmende Stärkeentwicklung aufweisen, viel länger mit den Plasmaströmungen hin und her geführt werden.

In den Commensalen des animalischen Teiles finden sich Algen mit morphologischen Veränderungen. Ich konnte keine Gewißheit erlangen, wie lange die Commensalen in dem ausgewachsenen Zustande in den letzten Kammern verharren. Ich konnte aber beobachten, daß die morphologischen Veränderungen, welche die Verwandlung eines Commensalen in einen Flagellaten-Schwärmer nach sich ziehen, an mehreren Algen ungefähr gleichzeitig erfolgte. Vorzugsweise geschah dies dann, wenn eine Defécation eingeleitet wurde, oder vor und nach der Gametenbildung der Foraminifere. Die physiologischen und morphologischen Veränderungen der Algen werden durch andere Lichtbreungsverhältnisse in ihnen augenscheinlich. Zunächst bemerkt man das auf dem sichtlichen Kleinerwerden der Stärkekörner, die zusammenschnmpfen und matter erscheinen. Ob das Chromatophor ein der Diastase ähnliches Ferment entwickelt, welches die Lösung der Stärke bewirkt, schien mir wahrscheinlich, ich konnte es aber nicht nachweisen. Ich wurde in der Annahme bestärkt, da die Reduktion der Stärkekörner schon eintritt, wenn das Chromatophor dieselben noch zum großen Teil umgibt. Zugleich mit dem Kleinerwerden der Stärkekörner sind Veränderungen am Chromatophor wahrzunehmen, die einerseits in dem Zusammenziehen desselben bestehen, so daß die Stärkekörner frei werden, und andererseits im Nachlassen des roten Farbtones; das Chromatophor erscheint matter in der Färbung. Die Membran, die vorher mit der Chlorzink-Jod- und Jod-Schwefelsäure-Reaktion eine nur schwache, kaum sichtbare Cellulose-Reaktion gab, gibt jetzt bei gleicher Behandlung eine stärkere Blaufärbung, nachdem die Membran sich etwas verdickt hat. Die ganze Alge erscheint weniger aufleuchtend. In dem Maße,

wie die Stärkekörner kleiner werden und das Chromatophor sich zusammenzieht, wird das Cytoplasma wieder deutlicher, lichtbrechende Partikel treten auf, die hyaline Beschaffenheit verliert sich und es gewinnt immer mehr an Raum, obgleich die Alge kleiner wird. An der an Cytoplasma reichen Stelle, gegenüber dem inzwischen wieder deutlich exzentrisch gelagerten Chromatophor, das den Kern noch umfaßt, sieht man das Auftreten einer stärker lichtbrechenden Plasmamasse, die hellgrünlich aufleuchtet. Das Chromatophor nimmt mehr und mehr abgefachte, etwas lappenförmige Gestalt an und verlängert sich etwas. Die Farbe wird mehr braungelb und der Kern ist freier sichtbar. Unter amöboider Bewegung, stellenweiser Contraction und nachdem gelegentlich jetzt schon eine Vacuole auftritt, schlüpft die Zelle aus der geplatzen Membran, ähnlich wie es SCHAUDINN (1899 p. 60) schildert. Unmittelbar darauf erheben sich unter schneller Bewegung an der Stelle dichter protoplasmatischer Ansammlung mit stärkerer Lichtbrechung zwei Cilien. Die frühere Commensale hat eine Gestalt erreicht, die am meisten an ein ovales, vorn abgeschrägtes *Cryptomonas* erinnert oder auch vielleicht an Zoosporen einer Phacospore. Zuweilen sah ich in diese Entwicklungsphase rotierende Bewegung eingeschaltet. Das Chromatophor liegt als lappenförmiges Band vor, dessen Breite $\frac{2}{3}$ der Länge des Schwärmers entspricht, und ist gewöhnlich zweigeteilt. Eine unregelmäßige Zickzacklinie bezeichnet die Trennungsgrenze beider Chromatophoren. Die Geißeln, die im Centrum der Einbuchtung inserieren, sind ungefähr $1\frac{1}{2}$ mal so lang als der Schwärmer. Sie sind bis ans Ende parallel dick und dann plötzlich abgeschnitten, verjüngen sich also nicht allmählich. Etwas unter der Mitte liegt der kugelige Kern, in der vorderen Hälfte eine fast ebenso große Vacuole. Eine Membran ist nicht erkennbar. Die Form des Schwärmers ist solide und unveränderlich (Taf. 1 Fig. 4). Von den polygonalen Stärkekörnern, wie sie z. B. SENN 1900 (p. 169) bei *Cryptomonas eros* [EHRBG.] abbildet, ist an *Cryptomonas schaudinni* in diesem Stadium selten etwas zu finden. Hier und da findet sich wohl noch das eine oder das andere Korn polygonal gestaltet, im übrigen sind sie meist verschwunden und erscheinen gelegentlich als glänzend körnige Gebilde. Das Cytoplasma des Flagellaten scheint von müntiösen Partikeln reichlich durchsetzt, darunter finden sich kleine braunglänzende wie Pigmentkörner im mittleren oder hinteren Abschnitt.

Wie die Entwicklung des Flagellaten weiter verläuft, kann ich zurzeit nicht sagen, da ich bis jetzt keine Züchtungen vornahm. Ein Teil der Flagellaten setzte sich zur Ruhe, verlor die Geißeln,

umhüllte sich mit einer dicken gallertartigen Membran und ging unter Teilungen in einen typischen Palmellenzustand über. Die Palmellen vergrößerten sich durch wiederholte Zweiteilung zur Kolonie. Andere Schwärmer gingen unter sehr interessanten Degenerationserscheinungen zugrunde, wobei sie sich nach Ausstoßung vieler Inhaltsgebilde und auch des Chromatophors oft noch teilten und schließlich Kugelgestalt annahmen. Es traten hierbei radiär gestellte pseudopodienartige Strahlen auf; unter Ausschleuderung von kleinen Partikeln, wobei die Plasmastrahlen als Träger benutzt wurden, schrumpften sie schließlich ein (Taf. I Fig. 5—9).

FISCH hat 1895 Flagellatenbilder von *Bodo jaculans* [PERTY] (tab. 4 fig. 106—112) und von *Gromia ranarum* [FISCH] (tab. 2 fig. 79—85) gegeben, die diesen Degenerationserscheinungen so ähnlich sind, daß ich diese Abbildungen mit geringen Modifikationen als bildliche Wiedergabe der *Cryptomonas*-Degenerationen zum Teil hierher setzen könnte.

Andere Flagellaten verloren sich mit ungleich größerer Beweglichkeit vorwärts und rückwärts schwimmend bald aus dem Gesichtsfelde.

Mit den hier angeführten ineinander übergehenden Stadien ist keineswegs die Wiedergabe der Bilder, die ich sah, erschöpft. Ich habe verschiedentlich Erscheinungen an den Commensalen beobachtet, die ich bis jetzt nicht deuten konnte und von denen ich noch nicht weiß, ob es pathologische Veränderungen sind. Wie eingangs erwähnt, werde ich später eingehender darauf zurückkommen.

Hier will ich nur noch bemerken, daß ich einige Male an Foraminiferenindividuen beobachten konnte, daß die Algen mit einer dicken Membran von höherem Cellulosegehalt ausgestoßen wurden, in einem Zustand, der einem solchen vorübergehenden in der Flagellatenentwicklung ähnlich ist. Als Hauptunterschied kann der Umstand betrachtet werden, daß in diesem Falle die Stärkekörner nicht erheblich kleiner geworden waren. Die eine Hälfte der Zelle nahm das Chromatophor ein, die andere das Cytoplasma, das mit Stärkekörnern angefüllt war und noch allerhand unbestimmte Körnchen enthielt, die Excretkörnern ähnelten. Solche Stadien fand ich zweimal auch in Fäcalballen eingebacken. Über die weitere Entwicklung dieses Zustandes der Commensalen kann ich vorläufig ebenfalls nichts aussagen. Ich habe dieselben monatelang in feuchten Kammern gehalten, ohne eine wesentliche Veränderung an ihnen wahrzunehmen.

Die Umwandlung in Flagellaten habe ich nur einige Male direkt beobachtet, dagegen die freien Flagellaten öfters, besonders bei Defécation direkt vor der Peneroplismündung.

Durch die morphologischen Veränderungen der Algen ist es mir mehr wie wahrscheinlich geworden, daß während des ganzen Lebens der Foraminifere die Commensalen im Flagellatenzustande austreten. Bei Foraminiferen, die am Absterben sind, haben natürlich nicht alle Commensalen den gleichen Vorzug der weiteren Existenz. Ein solcher kommt in erster Linie denen zu, welche in jüngsten Kammern sich aufhalten. Stirbt die Foraminifere allmählich ab, wobei der Weichkörper immer kleiner wird und mehr und mehr von den Centralkammern wegrückt, so dürften gewöhnlich alle Commensalen den Flagellatenzustand erreichen. In den meisten Fällen geschieht das Absterben nach der Gametenbildung ziemlich rasch, man findet dann vielfach Foraminiferenschalen, die abgestorbene zusammengehäufte Algen in Gestalt brauner Ballen in sich tragen. Das trifft natürlich nur für den macrosphärischen *Peneropsis* zu; die microsphärische Form verteilt ja am Ende ihrer Wachstumsperiode das gesamte Algenmaterial unter die junge Brut.

Über die Infektion mit Commensalen an jugendlichen Agamonten habe ich nur Vermutungen. Das jüngste microsphärische Stadium, das ich fand, war ein siebenkammeriger Agamont mit zwei Commensalen und einigen freien Stärkekörnern. In einem neunkammerigen fand ich mit Hilfe des Polarisationsapparates viele freie Stärkekörner und ca. acht Commensalen. Die weiter vorgeschrittenen jungen microsphärischen besaßen mehr Commensalen, aber immer war die Zahl der Stärkekörner eine auffallend hohe. Ob die Algen in einem Schwärmerzustand einwandern, oder ob die jungen microsphärischen die überall im Palmellenzustand zerstreuten Commensalen, die ich häufig fand, auflesen, habe ich nicht entscheiden können. Eine Infektion der *Peneropsis*-Gameten mit *Zooxanthella*-Flagellaten noch in oder vor der Mündung des mütterlichen macrosphärischen Tieres halte ich nach meinen Untersuchungen für absolut ausgeschlossen, da die *Peneropsis*-Gameten ungleich kleiner sind als die Zooxanthellen.

Über das Einwandern eines Commensalen in den Träger existieren bisher nur wenige Mitteilungen. Direkt beobachtet wurde das Einwandern meines Wissens noch nicht. SCHEWIAKOFF (1889 p. 40) konnte *Frontonia leucas* mit Zoochlorellen der zerquetschten *Frontonia vernalis* durch Fütterung infizieren. AWERINTZEW (1902 p. 349) fand *Dileptus anser* mit Zoochlorellen infiziert, die von *Stentor polymorphus* stammten. Es ist für mich über allen Zweifel erhaben, daß die

Algen aktiv oder passiv nach der Copulation der *Peneropsis*-Gameten in die junge microsphärische Generation gelangen, wodurch die ungeschlechtliche Generation dieser Foraminifere und somit der ganze Entwicklungszyklus derselben infiziert wird.

c) Ergebnisse mittels Färbetechnik und Reaktion.

An lebenden Algen stellte ich zunächst die celluloseähnliche Zusammensetzung der Membran fest, was schon BRANDT, BEYERINCK, FAMINTZIN, SCHAUDINN, DANGEARD, GRINTZESCO u. v. a. zeigten.

Während des Wachstums und der Vermehrung der Algen innerhalb des *Peneropsis* ist das Wahrnehmen der Membran äußerst schwierig. Deutlich wird sie in Süßwasser sichtbar nach Alkoholkonservierung; ferner mit der gewöhnlichen Chlorzinkreaktion, außerdem mit einer Cellulosereaktion, bei der ich folgendermaßen verfuhr: ich stellte eine Lösung von $\frac{1}{2}$ Proz. Jod und $1\frac{1}{2}$ Proz. Jodkalium in Seewasser her, ließ dieselbe auf lebende Algen zerquetschter Pene-roplen einwirken, setzte dann mit Aqua destillata verdünnte Schwefelsäure in schwacher Lösung zu, worauf ich nach beinahe einer Minute in schönem warmen Blau die vorher kaum sichtbare Membran gegen die inzwischen violettbrann gewordenen Stärkekörner abhob. Die Blaufärbung der Membran ist hier weniger violett wie bei der Chlorzink-Jodreaktion. Deutlicher kann man die Membran erkennen, wenn zwei Algen sich berühren. Bei morphologisch veränderten Algen sind diese Membranreaktionen ngleich deutlicher.

Von der Untersuchung der Kernverhältnisse der Algen erwähne ich folgende Fixierungs- und Färbungsmethoden. Ich fixierte die ganzen Pene-roplen mit verschiedenen Reagentien, mit FLEMMING-scher Lösung, Essigsäure, Sublimatlösungen, mit Süßwasser, Eisessig, Alkohol und Osmiumsäure; in letzterem Falle, sowie bei Konservierung mit heißem Sublimatalkohol zerquetschte ich gelegentlich die Pene-roplen, um die Algen möglichst plötzlich zu fixieren.

Von Färbungen verwandte ich verschiedene Hämatoxyline und auch die HEIDENHAIN'sche Methode, ferner Borax- und Alaunkarmin, Saffranin und Fuchsin. Mit Borax- und Alaunkarmin ließ sich der Kern nur nach Essigsäure- und Eisessigkonservierung schwach färben. Sublimat-Alkoholkonservierung gab niemals eine Kernfärbung mit Karminen, hingegen riß das Chromatophor besonders bei rascher Konservierung die Karmine sehr rasch an sich, was auch nach anderer Seite hin von Vorteil war. Hämatoxylin BÖHMER und DELAFIELD färbte bei Konservierung mit Sublimat das Chromatophor

und ließ außerordentlich gut dessen wabige Struktur erkennen (Taf. II Fig. 11), benötigte aber zur Färbung vom Kern ungleich mehr Zeit als die Chromatine der Foraminifere. Saffranin gab eine deutliche Kernfärbung, erwies sich gut zur Trennung von Algen und Foraminiferenkern, war aber in seiner Tinktion zu diffus, um Kernstruktur erkennen zu lassen. Sehr gut erwies sich und gab am meisten Detail die HEIDENHAIN'sche Hämatoxylinmethode, die mit Hämatoxylin DELAFIELD die Kerndetails enthüllte, soweit es bei der Kleinheit und der störenden Stärke möglich war. Die Peneropen waren für die Algenuntersuchung in gleicher Weise geschnitten worden wie zur Beobachtung der Foraminiferenkerne und deren Abstufungen.

Bei den Färbungen ergab sich, daß der Kern eine unregelmäßige, netzige Struktur hat, die gegenüber der des Kernes der Zooxanthellen von *Orbitolites* nach meinen Untersuchungen bedeutend zurücktritt. BRANDT (1883) konnte für die gelben Zellen von *Convoluta* eine solche gelegentlich nachweisen, BÜTSCHLI (1886) diejenige des Kernes der Commensalen von *Orbitolites* und SCHAUDINN eine sehr deutliche bei *Cryptomonas brandti* (1899). Peripher ist das Chromatin gleich einem Kranz ungleichmäßiger Brocken angehäuft, einen Kontur des Kernes in Form einer Membran habe ich nicht nachweisen können.

Im ruhenden Zustand ist der Kern etwas oval. An einem der beiden ovalen Enden liegt der Peripherie immer ein Binnenkörper an, der sich sehr stark färbt. Gelegentlich verteilt sich das Chromatin und der Kern scheint aus zwei dicht aneinanderliegenden Kernhälften zu bestehen. Die beiden Teilstücke verschieben sich manchmal durch die mannigfaltigen Wandlungen, welche die Alge durch die Plasmaströmungen erfährt, und dann zeigt sich ein doppelkerniges Bild. Bei den Kernfärbungen konnte ich in außerordentlich klarer Weise die wabige Struktur des Chromatophors erkennen, ebenso die Verzerrungen, die das lokale Wachsen der Stärke hervorruft. Gegen den Kern schließt das Chromatophor mit einem typischen Alveolarsaum ab. Auch da, wo sich die Stärke in das Chromatophor einpreßt, legt sich dieses mit einem Alveolarsaum an, der indessen bedeutend feinmaschiger ist als der um den Kern. An dem Kern beträgt der Durchmesser der größten Masche $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{5}$ μ . Der Saum um die Stärkekörner färbt sich mit DELAFIELD'schem Hämatoxylin etwas intensiver. Auch das Chromatophor ist nicht gleichmäßig in seinem Wabenaufbau, sondern zeigt verstreut flockenartige Verdickungen, die nicht, wie ich anfangs vermutete, auf Fixierung oder Niederschläge zurückzuführen sind. Ans BÜTSCHLI

(1892 p. 157) entnehme ich: „... KÜNSTLER (1889) hat die radiäre Richtung der Maschen gegen die Kernoberfläche bei *Cryptomonas* ganz gut dargestellt und gleichzeitig beobachtet, daß auch die äußerste Lage der viel feineren Kernmaschen senkrecht zur Kernoberfläche orientiert ist.“ [Die Arbeit von KÜNSTLER war mir nicht zugänglich.]

Über die Kernteilung einer Zooxanthelle hat SCHAUDINN die genaueste Mitteilung bisher gemacht und zwar an *Cryptomonas brandti* (1899 p. 57 ff.). Er faßt die Zellteilung als Zwischenform mitotischer und amitotischer Teilung auf. Die Resultate SCHAUDINN'S konnte ich an unserer Zooxanthelle bestätigen, da hier die Teilung ähnlich verläuft. Zu Beginn der Teilung vergrößert sich der Kern; es erfolgt eine Umwälzung des Chromatins, wobei auch der Binnenkörper aufgelöst wird; ich habe keine Andeutung finden können, daß sich derselbe durch Einschnürung teilt. Das netzfaserige Gerüst zieht sich zugleich in die Länge, die Teilungsfigur erscheint längs-streifig, das Chromatin lagert sich an beide Pole in länglichen, hockigen Strängen, wobei in der Mitte ein Rest in Form einer Platte bleibt. Unter Durchschnürung ihrer Verbindungen runden sich die beiden Kerne mehr und mehr ab, in jedem wird wieder ein deutlicher Binnenkörper sichtbar. Von oben auf die Teilungsfigur gesehen, erscheint der seitlich gelegene Binnenkörper von einer chromatinfreien Zone umgeben. Bei der Teilung erscheint die Mittelplatte aus längsgezogenen Chromatinbröckchen zusammengesetzt. Nach der Kernteilung schließt das Chromatophor den Kern fast wieder vollständig ein. Über die Membran kann ich nichts aussagen.

Wenn sich die Commensalen zur Flagellatenbildung anschicken, geschehen im Kern einige Chromatinumwälzungen. Auf Grund der Schnittpräparate glaube ich erkannt zu haben, daß ein dem Binnenkörper ähnlicher und gleich intensiv färbbarer, kugelig, sehr kleiner Chromatinkörper austritt und nach der Peripherie zu wandert, nach der Gegend, die durch die excentrische Lage des Chromatophors am meisten Cytoplasma hat. Unterwegs scheint er sich einmal durch Durchschnürung zu teilen, soweit ich bei der Kleinheit des Vorganges es beurteilen konnte; manchmal schien sich der eine oder andere Tochterkern nochmals zu teilen. Während dieses Vorganges hat sich das Chromatophor etwas zusammengezogen und das Cytoplasma an Raum gewonnen. In demselben beginnen sich bald einige Flocken zu entwickeln, die sich mit Hämatoxylin färben, an Masse mehr und mehr zunehmen. Sie liegen verteilt an der Stelle, an welcher sich später die Cilien des Flagellaten entwickeln. Ob sie mit dem Chromatinpartikel, welcher mir aus dem Centriker aus-

zuwandern schien, in irgend einem Zusammenhang stehen, konnte ich nicht entscheiden. Daß sich aber neben dem großen Kern ein zweiter Kern findet, habe ich in den betreffenden Stadien mit Sicherheit gesehen. Da ich bisher das Flagellatenstadium noch nicht untersuchte, kann ich vorläufig über die Bedeutung dieser Chromatinvorgänge nichts aussagen. Auch über den Binnenkörper sich zu äußern, ist nach dem Vorliegenden verfrüht. Es ist mir nicht unwahrscheinlich, daß er mit dem zweiten Kern identisch ist. In diesem vermte ich einen lokomotorischen Kern entsprechend dem Blepharoplast der Trypanosomen, der seine Funktion außerhalb des commensalen Lebens entfaltet und auch bei einem eventuellen Copulationsvorgang in Aktion tritt. Bei Cryptomonaden ist meines Wissens darüber noch nichts beobachtet worden. Auf Grund von Analogieschlüssen kann indessen angenommen werden, daß die schwärmenden Flagellaten eine Copulation eingehen, was die angeführten Chromatinvorgänge wahrscheinlich machen. Nach Passieren des Copulationsstadiums (Zygote?) könnte dann eine vegetative Vermehrung wieder einsetzen.

d) Anschließende und vergleichende Betrachtungen und theoretische Erwägungen.

Die vorangegangenen Mitteilungen, insbesondere die Beobachtung der Doppelkerne, lassen die Vermutung ankommen, daß für die Zooxanthellen von *Peneroplis* außerhalb des commensalen Lebens ein copulativer Vorgang sich abspielt. Allerdings sind weder bei Zoochlorellen noch bei Zooxanthellen copulative Vorgänge beobachtet worden. Bei Zoochlorellen ist dies noch fraglicher als bei Zooxanthellen, letztere sind weniger untersucht und ihre Vertreter differenter.

Zoochlorella parasitica BRANDT aus *Spongilla fluviatilis* und *Zoochlorella conductrix* BRANDT aus *Hydra*, *Stentor*, *Paramaecium* u. v. a. zeigen nach den bisherigen Untersuchungen ebenso niemals Schwärmsporen, wie die freilebende *Chlorella vulgaris* BELJERINCK, die den erwähnten so nahe steht, daß sie BELJERINCK nur nach seinen Kulturversuchen unterschied. Bei der ebenfalls freilebenden Scenedesmacee *Scenedesmus acutus* [MEYEN] geschieht die Fortpflanzung genau so, während bei *Chlorosphaera limicola* [BELJERINCK], die OLTMANNS auch zu dem neben den Scenedesmaceae stehenden Protococcaceae rechnet, die Bildung von großen und kleinen Schwärmern sehr häufig ist. Eine Copulation erscheint hier deshalb wahrscheinlich, ist aber bisher nicht beobachtet. Die Protococcaceae *Phyllobium dimorphum* KLEBS besitzt eine Gametencopulation, ebenso *Chlorococcum*.

Es wäre für die Zoochlorellen nicht ausgeschlossen, daß ein Wegfall der Befruchtung der mehr saprophytischen Lebensweise, besonders bei *Chlorella*, zuzuschreiben ist, wodurch (aus *Chlorella* = *Zoochlorella*, s. a. BELJERINCK 1890 p. 759) der Commensalismus von *Zoochlorella* sich abzweigte. Gegenwärtig sind die Zoochlorellen und ihre Verwandten (*Scenedesmus* n. a.) bei den Protococcales untergebracht; ob sie darin gelassen werden, ist fraglich. Jedenfalls braucht die Gruppe der Protococcales eine noch sehr weitgehende Klärung, und die Einleitung von OLTMANN'S (1904 p. 169) zu diesem Gebiet verlockt nicht gerade einen Außenstehenden zu einer Sichtung in ihm beizutragen.

Bei der Parallelgruppe der Zooxanthellen sieht es in den Ergebnissen noch schlimmer aus. Die Vertreter sind sehr verschieden, morphologisch wie biologisch. In drei Fällen ist die Zugehörigkeit zu den Cryptomonadinen wahrscheinlich gemacht worden. Die Zooxanthellen von *Collozoon inerme* (BRANDT 1885) bringt OLTMANN'S (1904 p. 31), wie schon BÜTSCHLI (1884 p. 845) vermutete, hierunter, was durch den sehr versteckt publizierten *Cryptomonas brandti* (SCHAUDINN 1899 p. 61), den OLTMANN'S nicht anführt, bestätigt wird. Als dritte Bestätigung führe ich den *Cryptomonas schaudinni* n. sp. an.

Copulationsvorgänge für Cryptomonadinen sind meines Wissens noch nicht beobachtet worden, ich halte sie wie erwähnt für wahrscheinlich. GOROSCHANKIN (1891) konnte bei dem allerdings schon sehr entfernten *Chlamydomonas brauni* Copulationsprozesse auch der Kerne mit Deutlichkeit nachweisen, nachdem eine Zeitlang ungeschlechtliche Vermehrung erfolgt war. DANGEARD beschrieb solche 1888 für die Gameten von *Chlamydomonas morieri* [DANG.] und *Chl. reinhardti* [DANG.] (1888 p. 129, 132 u. 133; s. a. DANG. 1898 p. 249). In der eingehenden Arbeit von DILL über Chlamydomonaden werden vielfach Copulationen beschrieben und abgebildet.

Aus Analogieschlüssen mit *Chlorella* könnte angenommen werden, daß ein geschlechtlicher Vorgang verloren gegangen ist, wenn wir den Chlorellen einen solchen in früheren Zeiten angenommenmaßen zuschreiben. Bei den Zooxanthellen, die im freien Zustand cryptomonasähnlich sind, stößt eine solche Annahme insofern auf Schwierigkeiten, als eben außer Palmellenzuständen noch Schwärmer, die eine große Beweglichkeit besitzen, auftreten. Ehe indessen solche und weitere Schlüsse gezogen werden können, so wie sie zum Teil bei *Chlorella* und *Zoochlorella* erlaubt waren, muß einerseits die Weiterentwicklung des Schwärmerstadiums bekannt sein, andererseits auch

das Stadium der Infektion. Das ist ein Teil der notwendigen Aufgaben weiterer Forschung auf diesem Gebiet.

Der andere Teil betrifft das „symbiotische“ Verhältnis der Commensalen zur Foraminifere. Meine Untersuchungen der Verdauungsphysiologie — die angestellten Glykogen- und andere Reaktionen kann ich nicht als einwandfrei bezeichnen — sind noch zu lückenhaft, um mich über sie zu äußern; ich hoffe dies später an anderer Stelle tun zu können.

Erwähnen will ich indessen hier, daß es mir nie gelang nachzuweisen, daß normale Zooxanthellen, also solche, die nicht durch Plasmadrossungen tiefgreifende Verletzungen erlitten hatten, verdaut werden. Selbst bei *Peneropen*, die eine Zeitlang hungerten, konnte ich eine Verdauung gesunder Commensalen nicht feststellen. Auch SCHAUDINN fand das gleiche für *Zooxanthella* von *Trichosphaerium*. Durch Hungernlassen der Trichosphaerien konnte er den Austritt der Commensalen im Schwärmerstadium veranlassen (1899 p. 55 u. 59). Einen solchen Zusammenhang konnte ich nicht vermuten, da beim *Peneropsis* öfters Algen während des Daseins eines Individuums austreten. AWERINZEW erwähnt 1902 (p. 347): „trotz Hungern des *Dileptus* war eine Verdauung der Zoochlorellen nicht zu bemerken; nach 6 Tagen ging der erwähnte *D. anser* zugrunde, während die ihn bewohnenden Algen unberührt blieben“.

Diese Angaben stehen im Gegensatz (s. Historisches) zu denen von FAMINTZIN, auch HABERLANDT und vor allem GAMBLE und KEEBLE, die ein Verdauen der Zoochlorellen annehmen. BRANDT dagegen spricht nur den Assimilationsprodukten Nahrungswerte zu. BÜTSCHLI erachtet es im Anschluß daran, daß MAUPAS das mit zahlreichen Zoochlorellen versehene *Paramaecium bursaria* sich auch im dunklen reichlich vermehren sah, für sehr zweifelhaft, daß die Ciliaten von dem Überschuß der Assimilationsprodukte (speziell Kohlenhydrate) ernährt werden.

Vielleicht geben die Veränderungen durch Nahrungsentziehung (l. c. SCHAUDINN u. AWERINZEW) zu physiologischen Reizzuständen Veranlassung, wodurch der Commensale zum Verlassen des Trägers in seiner ursprünglichen Gestalt als Flagellat bewegt wird, ähnlich wie viele *Chlamydomonas*-Arten nach Palmellenbildung sich ihrer Gallerthülle entledigen und davonschwimmen (DILL 1895 u. a.). Durch das Hungern des Wirts könnten auch dessen Lebensäußerungen so herabgesetzt sein, daß unter anderem auch der Verbrennungsprozeß durch mangelnde Bewegung zurückgesetzt ist und somit eine geringere Kohlensäureentwicklung als Folge erscheint;

wenn nicht beginnender Stoffzerfall im Plasma des Wirts direkt schädlich auf den Commensalen einwirkt. Ein Aufhören der assimilatorischen Tätigkeit des dem Commensalen innewohnenden Chromatophors hat eine Unterbindung der Sauerstoffproduktion zur Folge und somit dürften die Commensalen als Fremdkörper behandelt werden und eine Ausstoßung erfolgen. Diese Annahme glaube ich geltend machen zu können für gewisse Versuche BRANDT's (1883), bei welchen sich ergab, daß im Dunklen gehaltene Aiptasien schon nach 8—14 Tagen begannen, Ballen lebensfähiger gelber Zellen auszuwerfen. Einige Exemplare der Aiptasien starben schon wenige Wochen nach dem Auswerfen der gelben Zellen (p. 260 n. 263). Der Einwand, der natürlich gebracht werden kann, daß bei einem Absterben solcher im System niedrig stehender Organismen vielfach eine Anstoßung aller jener Gebilde voransgeht, die nicht als Träger des individuellen Lebens anzusehen sind, ist durch die Versuchsreihe BRANDT's nicht berechtigt. Bei *Peneroplis* werden die Algen, die ihre höchste Stärkeentwicklung erreicht und somit ihre assimilatorische Funktion zum mindestens erheblich eingeschränkt haben, nach den jüngsten Kammern in den Defäcationshanfen abgeführt, wie Fremdkörper. Hier geht die Umwandlung zu Flagellaten vor sich, besonders dann, wenn energische biologische Äußerungen seitens des Wirts vorliegen in Gestalt von Defäcation oder Gametenbildung. Da, wie schon früher erwähnt, die Assimilationsprodukte unter Abgabe von wässriger Flüssigkeit — sie werden ja ebenso wie die Zelle bedeutend kleiner — zur Flagellatenbildung angebracht, frei gewordene aber nicht verdaut werden, man sie sogar gelegentlich in Fäcalballen unverändert eingebacken findet, da ferner die Algen auf Grund der Algennmwandlung während des ganzen Lebens der Foraminifere als Schwärmer austreten dürften, so kann das symbiotische Verhältnis beider Associierten kein sehr inniges sein. Ich vermte bis jetzt, daß als gegenseitiger Entgelt im wesentlichen ein Gasaustausch stattfindet, Abgabe von Kohlensäure, Stickstoffverbindungen seitens des Wirts gegen Entnahme von Sauerstoff (vgl. GEDDES und BRANDT, Br. 1883 p. 272—288). Auch muß die Tatsache der Oberflächenvergrößerung durch Fremdkörper hier Erwähnung finden, ein Umstand, der den meisten Foraminiferen zukommt. Daß die Foraminiferen, die als Schwärmerkandidaten anzusprechenden Algen, welche sichtlich nicht mehr assimilieren, nach außen schiebt, scheint mir diese Vermutung zu stützen. Die Peneroplen reinigen öfters ihr Plasma von Fremdkörpern und nehmen dann neue an. Auch besteht ein gewisses

Verhältnis zwischen Algen und Fremdkörpern im Plasma der Foraminifere; bei Exemplaren mit vielen Algen fand ich wenig Fremdkörper und umgekehrt. Nach einer Defécation überwiegen im allgemeinen die Algen, wenn sie nicht außergewöhnlich spärlich sind. Daß die Algen tatsächlich Stoffe zu ihrem Aufbau dem Plasma entnehmen müssen, dafür spricht die stetige, vollständig allseitige, plasmatische Umschließung. Die Verdickung der Membran, also eine wesentliche Aufnahme anorganischer Bestandteile beginnt erst in sichtbarer Gestalt, sobald die Algen in den jüngsten Kammern mit dem Seewasser in räumlich engere Beziehung treten. Obwohl angenommen werden kann, daß bei dem innigen Kontakt des Plasmas mit dem Seewasser ersteres zum Teil gleiche Stoffe in sich gelöst haben dürfte, wenn vielleicht auch in anderen Mengen, so könnte doch eine organische Ernährung durch Peptone für die ungeheure Anzahl von Algen nicht ansreichend sein. Würde ein Wachstum auf Kosten der Foraminifere stattfinden, so müßten gelegentlich Zustände entstehen, bei denen der Gleichgewichtszustand nicht mehr gehalten werden könnte. Die Foraminifere würde dann durch einen auf Parasitismus hinweisenden Vorgang unterliegen oder durch Ausstoßen der Algen sich erleichtern. Zustände, in welchen die Foraminifere durch eine zu mächtige Entwicklung der Algen in ihren Lebensäußerungen ungünstig beeinflusst erschien, habe ich bis jetzt nicht beobachtet, obwohl ich Peneropen fand, die mit Algen so vollgepfropft waren, daß das Plasma ganz zurücktrat und kaum sichtbar schien. Die geringen Mengen anorganischer Salze, welche die reichlich Wasser aufnehmenden Algen bedürfen, solange eine Umwandlung zur Flagellatenbildung noch nicht eingeleitet ist, dürften durch den Connex des stetig arbeitenden Plasmas mit dem Seewasser leicht wieder ersetzt sein. Indessen scheint mir hier der Photosynthese als Faktor für das Wachstum der Algen eine ungleich größere Bedeutung zuzukommen, als der Aufnahme von Peptonen durch diffusionelle Vorgänge. Dafür spricht vor allem, daß die Assimilationsprodukte weitaus den größten Teil des Volumens der Commensalen in Anspruch nehmen und immer ungleich mehr wachsen, als Kern und Chromatophor. Diese werden durch die mächtigen Stärkekörner zusammengepreßt, peripher zerstückelt und das Cytoplasma ist kaum noch sichtbar. Eine Verschiebung der Stoffaufnahmen könnte vielleicht eintreten, sobald jene morphologischen und physiologischen Änderungen sich zeigen, welchen die Ausbildung des Flagellaten folgt. Dagegen spricht die gleichzeitige Ausbildung einer stärkeren Membran, wenn man nicht diesen

Umstand zugunsten einer von außen wirkenden, erhöhten Osmose ansprechen will.

Diese Ansicht ist aber für mich nicht annehmbar. Die Umwandlung zum Flagellaten geschieht mit gleichzeitigem Auflösen und auf Kosten der Stärkekörner und unter erheblicher Wasserabgabe, so daß die Alge sich in der Größe reduziert. Nachdem dieser Vorgang schon eingeleitet ist, beginnt sich die Membran zu verdicken und auch noch während ihres Zunehmens schreitet die Größenreduktion der Alge fort.

Es scheint mir demnach hier, daß nach dem Anhören des commensalen Zustandes im engeren Sinne auch das „symbiotische Verhältnis“ gelöst ist.

Nach meinen bisherigen Ergebnissen komme ich zu der Annahme, daß für *Cryptomonas schaudinni* und *Pteronopsis pertusus* das symbiotische Verhältnis ein ungleich weniger tiefes ist, als eine Reihe von Forschern für andere Wirte und Commensalen angeben (BRANDT, FAMINTZIN, HABERLANDT, GRUBER, GAMBLE u. KEEBLE n. v. a.). OLTMANNs sagt 1905 (p. 369 ff.) anlässlich der Gegenüberstellung der verschiedenartigen Ergebnisse: „Die Verbindung der beiden Commensalen ist bald eine losere, bald eine festere . . .“ „Da kann man wohl eine vollständige Reihe aufstellen, welche beginnt mit Fällen, in welchen nur ein lockerer und gelegentlicher Verband zwischen den Genossen hergestellt wird, und endet mit anderen, in denen der eine ohne den anderen dem Tode verfallen ist.“ Ich bemerke, daß ich mich dem Gedankengange dieses Forschers anschließe. In den Fällen, in denen die Commensalen durch Hungern des Wirtes anstreten, dürfte die Verbindung eine noch ziemlich lockere sein, die Infektion der Algen dürfte erst kürzlich erfolgt sein; während in anderen Fällen mit intimerem symbiotischen Verhältnis schon eine längere Zeit seit der Infektion verflossen ist (vgl. auch MERESCHKOWSKY 1905 p. 598 ff.).

Es ist einerseits von Interesse, daß in einigen Foraminiferen Commensalen außerordentlich überschwemmend auftreten, während in ganz nah verwandten genera commensale Algen niemals gefunden werden. Wie andererseits auch bestimmten Foraminiferen nur ganz bestimmte Commensalen zukommen. „Hierüber werde ich später eine Zusammenstellung und Erklärungsversuche geben.

ARTARI hat 1902 eine Mitteilung unter Berücksichtigung der neueren Literatur gegeben über „physiologische Rassen einiger grüner Algen“, „in welcher gezeigt wurde, daß morphologisch völlig ähnliche Algen sich durch ihre Ernährungsverhältnisse und durch starke oder

schwache Zoosporenbildung unterscheiden“, also zwei klar ausgesprochene Rassen einer und derselben Alge vorliegen. Davon wächst die eine vorzüglich auf Pepton-Nährgelatine. Diese Tatsachen sind von Bedeutung bei Beurteilung der Commensalen und müssen bei späteren Züchtungen und Reinkulturen berücksichtigt werden.

Für die Vorliebe des Wirtes für bestimmte Commensalen, also das gegenseitig Abgestimmte, haben wir bis jetzt nur theoretische Erklärungen. Diese bewegen sich in dem Gebiete physiologischer Differenzierungen, die uns noch unbekannt sind. Hier eröffnen sich ebenfalls noch weite Gefilde für die Forschung des Microbiologen.

4. Chromatine und deren Wachstum.

a) Einleitende Literaturübersicht.

Die Geschichte der allmählichen Erkenntnis der Chromatinverhältnisse der Foraminiferen deckt sich ziemlich mit derjenigen der Fortpflanzung. Kerne hat schon M. SCHULTZE öfters vermutet, im allgemeinen stellt er sie in Abrede. Bestimmt beschreibt er Kerne bei *Gromia oviformis* (1854 p. 22 tab. 1 fig. 1 n. 2, tab. 7 fig. 8—12) ferner bei Diffugiolen und Arcellen (1856 p. 168) und dann wiederum bei *Gromia oviformis* var. *hyalina* eingehend (1866 p. 143). Dann folgten die Rhizopodenuntersuchungen 1875 u. 1876 von F. E. SCHULTZE und R. HERTWIG. 1876 bestätigte F. E. SCHULTZE den Kernbefund an *Quinqueloculina fusca* von 1875 und beschreibt hier in seiner *Polystomella*-Arbeit für *Folystomella* und *Entosolenia* einen großen Kern (1876 p. 18 tab. 2). Zugleich kamen die Studien von R. HERTWIG, welcher Kerne in verschiedener Anzahl nachwies (1876 p. 44 tab. 2) bei Milliolen, *Textularia* und *Rotalina*. Bei letzteren zeigte er, daß mit dem Wachstum auch eine Vermehrung der Kerne stattfindet, und daß junge dreikammerige Individuen Kerne enthielten. 1883 findet sich dann eine Mitteilung von ROBOZ, der bei einkammerigen Exemplaren von *Calcituba* einen Kern fand, bei mehrkammerigen 6—8 (p. 430). Drei Jahre später veröffentlicht BÜTSCHLI, der 1882 p. 110 ff. eine Zusammenstellung der Kernbeobachtungen an Rhizopoden gab, wieder eine genauere Mitteilung über Kerne bei *Peneroplis*, *Orbitolites*, *Lagena*, *Textularia*, *Spirillina*, *Calcarina*, *Amphistegina* (p. 78—87 tab. 6 u. 7).

Die Mitteilungen BÜTSCHLI's (1886 p. 79 u. 80 tab. 6 fig. 1—4) sind meines Wissens die einzigen Angaben, die über Kerne des

Peneroplis vorliegen. In zwei Exemplaren fand BÜTSCHLI je einen Kern, in einem anderen Exemplar vier. Für ein weiteres Exemplar gibt dieser Forscher an, daß es 18—20 Kerne besaß, von welchen der letzte in der 14. Kammer lag. Bei diesem Exemplar fand er „an einigen Kernen eine feinnetzige Anordnung der Kernsubstanz“. Auf Grund der Verteilung der Kerne nimmt BÜTSCHLI mit der Vermehrung der Kerne eine allmähliche Wanderung derselben nach vorn an. 1890 kommt die Beobachtung HOFER'S an *Polystomella* (s. S. 16). Es schließen sich die angezeichneten und weithinfördernden Chromatinuntersuchungen durch R. HERTWIG und FRITZ SCHAUDINN an. Als hier besonders wichtig werden letztere genauer berücksichtigt.

1894 zeigte SCHAUDINN merkwürdige Kernverhältnisse bei *Myxotheca* und erkannte an *Calcutuba* eine „neue Art der Kernvermehrung“, die er später genauer (1895 p. 221 ff.) beschreibt. 1894 erschien von LISTER eine ausgedehnte Zusammenstellung von Kernbefunden bei einer ganzen Reihe von Foraminiferengenera mit besonderen Untersuchungen an *Polystomella* und bald darauf die verschiedenen kurzen, aber nun so inhaltvolleren Mitteilungen von SCHAUDINN (1895 a, b, c,) die ebenfalls speziell an *Polystomella* eine Vervollständigung und eine bedeutende Erweiterung der LISTER'SCHEN Untersuchungen abgeben, und für die Erkenntnis der Chromatinverhältnisse der Thalamophoren von größter Tragweite sind. RHUMBLER beschreibt (1894) 9 Stadien der Kerne bei *Saccammina* (p. 512—550); bei 286 Exemplaren fand er Kerne in der Einzahl, in nur 2 Fällen solche in der Zweizahl. 1900 erschien die angezeichnete Bearbeitung des zu den flossen Thalamophoren gehörenden *Trichosphaerium* von SCHAUDINN. Die (1895 p. 95) durch SCHAUDINN fixierten Chromatinverhältnisse werden von demselben Autor 1903 für *Polystomella* erweitert und in ihrer einzelnen funktionellen Wertigkeit erkannt und mit den Untersuchungen von R. HERTWIG an *Arcella* (1899) in Zusammenhang gebracht unter vergleichender Hinzuziehung der Ergebnisse an *Centropyxis aculeata* und *Chlamydoxys stercorea* (SCHAUDINN 1903). Als Resultat der SCHAUDINN'SCHEN Untersuchungen geht für *Polystomella* hervor, daß der Prinzipalkern der vegetative Kern ist (1895 p. 95) die Substanz der Geschlechtskerne hingegen das „Chromidin“ (1903 p. 553).

b) Schilderung der Chromatinverhältnisse des *Peneroplis*:

Bei Besprechung der Chromatinverhältnisse und deren Verteilung in der Fortpflanzung wollen wir mit dem einkammerigen macro-

sphärischen *Peneroplis*, dem Agameten, beginnen, der eben ans der microsphärischen, mütterlichen Schale angeschlossen ist. Die Bezeichnung der einzelnen chromatischen Bilder, die uns begegnen, wollen wir in dem Überblick am Schluß mit den neueren Untersuchungen und daran anschließend mit den neueren Nomenclaturen in Zusammenhang bringen, und vorerst rein beschreibend die einzelnen Phasen belichten.

I. des Gamonten.

SCHAUDINN beschrieb 1894 als Erster den chromatischen Bestand der Agameten vielkammeriger Foraminiferen und zwar genauer bei *Calcituba* 1895a und *Polystomella* 1895, allgemeiner schon 1894 in seiner Mitteilung im Biol. Centralbl.: „Über eine neue Art der Kernvermehrung“.

Die Chromatinverhältnisse des Agameten von *Peneroplis* sind ungefähr dieselben wie ich sie der Schilderung von SCHAUDINN an dem Agameten von *Polystomella* entnehme (SCHAUDINN 1895 p. 95). Auch beim *Peneroplis* setzt sich das Chromatin aus zahllosen kleinen Partikelchen zusammen und ist netzig, strähnig zwischen Plasma und Algen mannigfach verästelt verteilt. Kernähnliche Chromatinbrocken bestimmter Form sind nicht vorhanden. Die kleinen Chromatinpartikelchen sind in ihrer Gestalt von den umgebenden Eindrücken abhängig. Die färbbaren zackigen Bröckchen banen sich auf eine schwach tingierbare Grundsubstanz von alveolarem Bau auf und sind gewöhnlich durch die Pressungen zwischen den Algen hindurch länglich verzerrt; selten sieht man in einzelnen mehr abgerundeten Chromatinbrocken 1, 2 oder auch mehr kleine Vacuolen. Oft findet man schmale kleine Chromatinstränge, die sehr in die Länge gedehnt sind und einige Einschnürungen zeigen. Sie lassen vermuten, daß sie an diesen Stellen auseinander gezerrt werden. Das Chromatin selbst ist nicht besonders isoliert; in den verdickten Stellen dieser Stränge glaubte ich eine intensivere Farbstoffaufnahme unterscheiden zu können. Es ist mir wahrscheinlich geworden, daß schon in diesem Stadium ein Unterschied durch die Farbstoffaufnahme sich zeigt, jedoch konnte ich nicht unterscheiden, ob dies vielleicht auf einer optischen Täuschung beruhe. Die größte Masse des fein verteilten Chromatinnetzes befindet sich häufig im hinteren Fundus der Schale, aber einige Stränge gelangen auch bis zum Hals. Das Chromatinnetz ist in der Gegend nicht vorhanden, wo kleine Fremdkörperchen liegen, welche die jungen Peneroplen in großer Zahl aufnehmen. Bei Agameten ist der Hals oft prall angefüllt

von fremden Partikeln, durch den Anbau der zweiten Kammer rückt dieser Weichkörperabschnitt mehr nach vorne und dementsprechend folgt der reproduktive Teil, indem einige Ansläufer des Chromatinnetzes sich bis in die Basis der zweiten Kammer erstrecken. Während nun in der Primärkammer das Chromatinnetz in seiner feinen und verteilten Form erhalten bleibt, lassen sich in den vorgeschobenen Partien besonders zu Beginn des dritten Kammerstadiums größere Chromatinbrocken erkennen; eine Abnahme der übrigen fein verteilten chromatischen Substanz hierdurch ist indessen nicht zu beobachten. Es scheint mir mit ziemlicher Sicherheit, daß diese größeren Chromatinbröckchen durch lokales Zusammenziehen der chromatischen Substanz in ähnlicher Weise entstehen, wie es R. HERTWIG (1899 p. 372) in seiner *Arcella*-Arbeit schildert. Doch ist beim *Penerophis* eine genaue Erkenntnis der feineren Vorgänge sehr erschwert und zum Teil kaum möglich, da die Commensalen noch mehr Verteilungen, Zwängungen und Pressungen hervorrufen, als die lebhaften Strömungen durch die engen Kammerkanäle es ohnehin schon verursachen. Mir machte es den Eindruck, daß es zu einem typischen bläschenförmigen Kern nicht kommt, vielmehr behalten die einzelnen Chromatinbröckchen ihre unbestimmte Gestalt bei. Unter gleichzeitigem Wachstum durch Vacuolenaufnahme fließen sie zu einer stark färbbaren größeren kompakten Masse zusammen, die außerordentlich verzerrt und vielzipfig ist. Diese kann jedoch, wenn das Plasma nicht sehr bewegt ist, ovale Form annehmen. Hiermit ist das erste Stadium des Macronucleus erreicht. Es ist die gleiche Entstehung wie die des Priuzipalkernes = Macronucleus bei *Polystomella* (SCHAUDINN 1895 p. 95 n. 1903 p. 553). Die Entstehung fällt zwischen das 3.—6. Kammerstadium. Der Macronucleus erhält sich dann dauernd, obwohl er gewaltig heranwächst in dieser Gegend, er rückt höchstens bis in die 7., selten 8. Kammer vor, gewöhnlich liegt er in allen Phasen seiner Entwicklung in der 4.—7. Kammer, wo er auch schließlich zugrunde geht.

1. Macronucleus.

Das netzartig und strähnig verteilte Chromatin, das in feinswabigem Gerüst suspendiert erscheint, präsentiert sich durch die Färbungen als in sich auscheinend homogen gestaltet. Bei den größeren Brocken, die den Macronucleus bilden, sieht man deutlich, daß es sich um zwei Substanzen von geringerer und stärkerer Färbbarkeit, die gemischt sind, handelt. Wenn der Macronucleus vorliegt, ist der Unterschied in zwei Substanzen klarer. In dem ent-

stehenden Macronucleus gewahrt man dann verschieden große Vacuolen, die auf die gleiche Weise ins Innere gelangen, wie SCHAUDINN es für den Kern der agamogenen Generation von *Calcituba* beschrieb (1894 p. 164 und 1895 p. 224). Durch die regen Plasmaströmungen werden Flüssigkeitstropfen geradezu in den Kern eingepreßt, dessen Oberfläche durch die Verzerrungen eine außerordentlich große ist. Zum Teil wird auf diese Weise der Kern vergrößert, zum Teil nimmt der Kern wohl auch durch Diffusion Nährstoffe an; jedenfalls sieht man, daß er außerordentlich rasch wächst und mit dem umgebenden Plasma in innigem Kontakt bleibt. Mit zunehmender Größe, ungefähr von 7–8 Kammerstadium an, hat er im ruhigen Zustande öfters ovale mehr regelmäßige Gestalt. Indessen kommt es in jüngerem Alter hierzu selten, da die Bewegungsfähigkeit des Plasmas eine sehr lebhaft ist.

Durch die Verzerrungen des Kernes seitens der Strömungen, durch die mechanischen Eindrücke, welche Vacuolen, Algen und Stärkekörner und andere Inhaltsgebilde des Plasma an ihm hervorgerufen, wird immer wieder darauf hingewiesen, daß der Kern von zähflüssiger Beschaffenheit ist. Eigene aktive Bewegung, vielleicht zum Zwecke der Ernährung, konnte ich niemals an dem Kerne finden. Seine vielstigen Verzerrungen rühren lediglich von Strömungen und Eindrücken des Plasmas her. Strömungen dehnen und verzerren den Macronucleus, daß er oft doppelt S-förmige Gestalt annimmt und sich durch mehrere Kammern erstreckt. Dann werden leicht Stücke abgerissen und weiter nach vorne geführt, wo sie verbleiben und sich unabhängig vom Mutterstück entwickeln. So traf ich Exemplare bis zu vier Kernen an, die in ganz verschiedenen Kammern und soweit voneinander lagerten, daß sie nicht wieder zusammenschmelzen konnten; jedes Stück machte den Eindruck eines vollständigen wenn auch etwas kleineren Macronucleus des sonst typischen Gamonten. Verschiedentlich traf ich jedoch Stücke, die abgelöst und nach vorne geführt atrophierten; schließlich sahen sie wie vertrocknete pigmentartige Gebilde aus.

In diesem Stadium des Wachstums und der innigen Beziehung zum Plasma konnte ich keine Membran nachweisen (Taf. II Fig. 12). Eine Membran zeigte sich gelegentlich, zur Zeit des mittleren Wachstums, wenn die Kerne nicht durch Strömungen verzerrt, sondern in einem Zustand der Ruhe regelmäßig und abgerundet waren; dann trat sie in äußerst feiner Form auf. Ich vermutete, daß dieselbe bei ernannter Aktivität wohl wieder aufgelöst wird. In den jugendlichen Stadien zeigt der Macronucleus eine ziemlich gleichmäßige chromatische Fär-

bung der beiden Substanzen; von einem Kerngerüst ist optisch noch nichts nachweisbar. Man bemerkt abgesehen von einigen Vacuolen, hier und da einige Verdichtungen. Die beiden durch die Färbung unterscheidbaren Substanzen sind überall gemischt, die größere Menge der stärker tingierbaren, das eigentliche Chromatin befindet sich mehr im Centrum des Kernes, während das Plastin, die das Chromatin führende Substanz, bedeutend breiter angelegt ist. Das Chromatin zeigt sich ebenfalls zähflüssig, jedoch nicht in dem Maße, wie das Plastin, ein eigentlich körniger Charakter des Chromatins, wie in vielen weiter vorgeschrittenen Kernen, liegt hier nicht vor. Wenn der Macronucleus eine schon ziemlich ansehnliche Größe erreicht hat, und dem Wachstumsoptimum sich nähert, beginnt, indem die ungleichmäßig gefärbte Masse sich zum Teil durch Flüssigkeitsaufnahme lockert, ein Kerngerüst sichtbar zu werden, das infolge der geringen Affinität zu den Chromatin-Farbstoffen als ein „achromatisches Kerngerüst“ bezeichnet werden muß. Das Kerngerüst oder „Linin“ stellt hier eine äußerst feinfaserige Stützsubstanz, wie ich sie nach ihrem Verhalten zum Chromatin + Plastin bezeichnen kann, dar, die sich optisch als ziemlich regelmäßiges Netzwerk präsentiert, von einem Maschendurchmesser bis zu $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{4}$ μ . In den ersten Stadien verbirgt das Chromatin + Plastin vollständig das Linin, d. h. nachdem durch Flüssigkeitsaufnahme und durch Umbildung in die Nucleolen das Bild klarer, kommt das Liningerüst optisch zum Ausdruck. Wo die erste Entstehung stattfindet, habe ich nicht ermittelt. In dem Maße, wie das Kerngerüst optisch sichtbar wird, geht auch eine Sonderung in der gleichmäßig verteilten Masse vor sich, indem die stärker tingierbare, das Chromatin, von der schwächer färbbaren, dem Plastin, durch stärkere Farbstoffaufnahme sich noch mehr abhebt. In dem jugendlichen Macronucleus ist eine lokale Differenzierung der Kernsubstanzen nicht wahrnehmbar, Stellen größerer und geringerer Dichte fallen gelegentlich auf. Bald nach der inneren Differenzierung beginnt eine lokale. Es scheidet sich in der Peripherie des Kernes in den Knotenpunkten des Gerüsts das Plastin mit Chromatin ab, zu Gebilden kugeligiger Form, den sogenannten Nucleolen (R. HERTWIG 1898 a). Wie erwähnt schwimmt anfangs das ganze Kerngerüst in dem Plastin + Chromatin, so daß bei Beginn der Nucleolenbildung die Nucleolen selbst von Chromatin + Plastin (= Nucleolarsubstanz) noch umgeben sind (Taf. II Fig. 12). Dieses „freie“ Chromatin + Plastin schwindet jedoch langsam mehr und mehr, in dem immer mehr Nucleolen auftreten. Der Vorgang der Nucleolenbildung geht sehr langsam von statten, er beginnt früh-

zeitig oft vor dem 9.—10. Kammerstadium und dauert bis in die Gamogonie. Der Macronucleus hat in diesem Stadium ungefähr folgende Beschaffenheit. Er ist verzerrt und verknetet, eine Membran ist nicht zu sehen, oft sind Stücke von ihm losgetrennt. Das Kerngerüst ist hier und da zu sehen, aber noch sehr von dem Chromatin + Platin bedeckt. Einige Nucleolen sind schon ausgebildet, sie lagern an der Peripherie und sind oft kugelig bis zu $9\ \mu$ Durchmesser groß. Oft sind sie langgezogenen dicken Stäben vergleichbar; denn bis auf eine Länge von $50\ \mu$ kann der Macronucleus gelegentlich gedehnt sein.

Von ca. dem 16. Kammerstadium ab geht die höchste Ausbildung der Nucleolen vor sich, wodurch das Kerngerüst immer klarer wird. Zuletzt liegt es rein und deutlich in dem sich mit Farbstoffen leicht färbenden Kernsaft. Es zeigt sich hierbei, daß die Nucleolarsubstanz von innen nach der Peripherie zu gewandert ist. Das Kerngerüst kann hierbei eine etwas radiäre, streifige Anordnung zeigen. Eine typische Chromatinrosette, wie sie SCHAUDINN 1894 in seinem Kernvermehrungsschema auf Grund der Untersuchung an *Calcutuba* (p. 166) also beim Agamonten abbildet, konnte ich für den Gamontenkern des *Peneropsis* auch in der höchsten Ausbildung niemals nachweisen. Doch erinnert der hier geschilderte Vorgang im Prinzip an die von SCHAUDINN geschilderten Verhältnisse.

Auf Grund der Färberegebnisse ist es mir wahrscheinlich, daß die von den Nucleolen nach dem Centrum gehenden Substanzstreifen Platinbrücken sind. An ihrem breiten peripheren Ende bildet sich knopfartig der Nucleolus aus; die Platinbrücken verjüngen sich nach dem Centrum zu, in welchem sie sich verlieren. Sie färben sich ungefähr wie das Platin und sind wie dieses ohne Struktur. Es schien mir, daß die Platinbrücken sich auf das Linin aufbauen, wieweit aber der Zusammenhang geht, konnte ich nicht konstatieren. In diesem Zustand nähert sich der Gamont dem Reifestadium. Die Plasmaströmungen werden immer energischer, es beginnt in den jüngsten Kammern die Defäcation. Alles Chromatin + Platin ist in den kugligen bis ovalen Nucleolen festgelegt, die zum Teil eine oder mehrere große Vacuolen enthalten. Das Kerngerüst schließt mit einem typischen Alveolarsaum an die Nucleolen und an die inzwischen sich ausbildende Membran an (Taf. II Fig. 13).

Es kam mir sehr darauf an zu untersuchen, wie weit seitens des Macronucleus Bestandteile an die „extranucleare Kernsubstanz“ (SCHAUDINN 1903 p. 551) abgegeben werden. Da der Kern bei heftiger Strömung ohne deutliche Membran vielfach verzerrt gestaltet ist (Taf. II Fig. 12), da ferner gelegentlich Stücke von ihm abgetrennt

werden, die allerdings nach vorn abgestoßen werden oder auch schrumpfen, so wäre es möglich, daß Plastin + Chromatin seitens des Macronucleus der extranuclearen Kernsubstanz beigemischt werden könnte. SCHAUDINN (1895 a) nimmt dieses auch an; ebenso LISTER (1894), der sogar vermutete, daß der „Kern“ zur Bildung der „Sporen“ zerfiele.

Ich glaube die Ansicht aussprechen zu dürfen, daß dies nicht der Fall ist, obwohl der Macronucleus von den Ansläufern der extranuclearen Substanz umspült sein kann. Der Content des Macronucleus ist, trotz der Angriffe durch die Plasmaströmungen eine glatte und der Zusammenhalt des Macronucleus, wenn er auch zerknetet wird, ein intimer. An den zahlreichen Präparaten hätte ich morphologische Bestandteile chromatischer Abgaben des Macronucleus, die der extranuclearen Kernsubstanz beigemischt wurden, wohl kaum übersehen können. Außerdem legt der Macronucleus sehr bald und lange bevor der größte Teil der extranuclearen Substanz an ihm vorbei gewandert ist, alles in ihm vorhandene Plastin + Chromatin in den Nucleolen fest, die nach meinen Beobachtungen niemals austreten und zerfallen. Zugleich bildet sich peripher deutlich eine Membran unter gleichzeitiger Schrumpfung des Macronucleus und seiner Nucleole aus (Taf. II Fig. 13 u. 14). Ich habe den Eindruck gewonnen, daß die Membran nur den Ausdruck der Schrumpfung darstellt, eine Verhärtung der Oberfläche durch „Vertrocknung“. Der Macronucleus wird mehr und mehr kleiner und die Membran wird stärker. Schließlich nimmt er nur noch ein Drittel seines ursprünglichen Umfangs ein. Noch ist eine sehr große Menge extranuclearer Kernsubstanz in der Centalkammer, (Taf. II Fig. 14), während die vorgeschobene sich im Plasma der Foraminifere zu verteilen beginnt. Es scheint mir aus allem sehr wahrscheinlich, vielmehr muß ich es auf Grund dieser Eindrücke annehmen, daß eine Abgabe von Plastin + Chromatin in morphologischer Fassung an die extranucleare Kernsubstanz zum Zwecke der Vermehrung ihres Chromatins nicht stattfindet.

Daß dagegen der „Stoffwechsel“ des Macronucleus der extranuclearen Kernsubstanz bei dem intimen Austausch durch die Plasmaströmungen zugute kommt, ist mir mehr wie wahrscheinlich. Allerdings dürfte nach dem eingangs bei der Bildung des Macronucleus erwähnten sich die extranucleare Kernsubstanz selbständig ernähren können.

Wachstum des Macronucleus und der extranuclearen Kernsubstanz erfolgen gleichzeitig. Eine Wechselbeziehung zwischen Macronucleus und der extranuclearen Kernsubstanz nehme ich als

vorhanden an; denn sobald ersterer Veränderungen zum Zerfall zeigt, gehen auch in der extranuclearen Kernsubstanz Änderungen einher. Von diesem Augenblick der beginnenden Atrophie rückt sich der Macronucleus ab und der innige Kontakt mit dem Plasma hat aufgehört. Letzteres zieht sich sichtlich mehr und mehr von ihm zurück. Er kommt dann seitlich der Stromstraße zu liegen und befindet sich im allgemeinen in der ungleich größeren Hälfte der Kammer, also in der nach außen zu (Taf. II Fig. 14). Hier bleibt er dauernd liegen, da er sich in einer Sackgasse außerhalb der Strömungen befindet. Aus der Lücke im Plasma ist zu schließen, daß er früher ungefähr doppelte Größe besaß. Die erwähnte Figur ist für dieses Stadium typisch, sie stellt eine genaue Abbildung mittels Zeichenapparat dar. In der Centalkammer ist noch viel extranucleare Kernsubstanz vorhanden.

2. Extranucleare Kernsubstanz.

Während des Wachstums und der beginnenden Umlagerung des Macronucleus verbleibt die feine, verteilte, chromatische Substanz in der Centalkammer 1—2 und vermehrt sich auch ihrerseits. Im Gegensatz zu dem großen Kern wollen wir sie vorläufig mit dem indifferenten Ausdruck „extranucleare Chromatinsubstanz“ oder „extranucleare Kernsubstanz“ bezeichnen, eine Bezeichnung, die R. HEERTWIG (1899 p. 369) für die fein verteilte freie chromatische Substanz bei *Arcella* anwandte.

Die extranucleare Kernsubstanz zeigt, wie auch R. HEERTWIG bei einer extranuclearen Kernsubstanz von *Arcella* (1899) fand, einen fein alveolaren Bau. In diesem feinen netzartigen Gerüst sind verschieden große Chromatinpartikelchen ungleich verteilt. Während anfangs die Centalkammer mehr netzartig von dieser „fein im Plasma verteilten Kernsubstanz“ durchzogen wird, ist sie bald ganz von ihr durchsetzt. An total gefärbten Präparaten größerer macrosphärischer Peneopen hebt sich die Centalkammer in der Intensität der Färbung neben dem Macronucleus auffällig aus dem Gesamtbild heraus.

Während des Wachstums werden durch die Strömungen Stränge der extranuclearen Kernsubstanz in die nächste Kammer geführt. Von ca. dem 9.—12. Kammerstadium ab ist die Centalkammer so von der extranuclearen Kernsubstanz erfüllt, daß eine ständige Fortführung, eine allmähliche Wanderung nach vorn bis zur 3.—4. Kammer erfolgt. Gegen ca. das 16.—19. Kammerstadium befinden sich die Ausläufer der extranuclearen Kernsubstanz in der Umgebung des Macronucleus, der in diesem Stadium durch die heftigen Plasma-

strömungen besonders verzerrt ist und sich durch mehrere Kammern gewöhnlich von 4—6 (7) hindurchzieht und die Verbindungskanäle zum Teil verstopft. Und es beginnt die Wanderung und Verteilung der extranuclearen Kernsubstanz, parallel einhergehend mit zunehmender Degeneration des Macronucleus. Bis zum Beginn dieses Stadiums zeigt die extranucleare Kernsubstanz den ungefähr gleichen Aufbau wie zur Zeit des Agametenstadiums. Im ausgewachsenen Zustande ist die Menge der Substanz natürlich viel größer, stellenweise viel dichter, was die zwischen commensalen Algen gepreßten Massen zu intensiver Farbstoffaufnahme bei der Färbetechnik veranlaßt. Mit zunehmendem Alter erscheint das Chromatin des extranuclearen Kernnetzes bestimmter beim Ausziehen der Farbstoffe.

Dreierlei läßt sich durch geeignete Färbestufen unterscheiden: ein diffuser Farbton, hervorgehoben durch ein feinmaschiges, wabenähnliches Gerüst, das mit dem Plasma in Deckung erscheint; eine schwächer färbbare und eine stärker färbbare Substanz. Zwischen den beiden letzteren gibt es Übergänge, so daß Grenzen oft schwer zu ziehen sind. Immer aber kann man ganz feine, intensiv färbbare Substanzpartikel von einer schwach zu Farbstoffaufnahme geeigneten, massiver angelegten Substanz unterscheiden. Ich erblicke in der zu schwächerer Farbstoffaufnahme geeigneten Substanz das Platin, in der zu stärkerer geeigneten das Chromatin.

Das Bild der extranuclearen Kernsubstanz erinnert an das Chromatinnetz von *Arcella*, wie es R. HERTWIG 1899 auf tab. 37 fig. 1 u. 2 abbildet. Ein äußerer Unterschied besteht darin, daß die Maschen etwas feiner und unregelmäßiger sind, daß das Gesamtnetz viel lockerer und verzerrter ist. Erheblich und wohl zumeist tragen hier die commensalen Algen bei, zwischen denen das Plasma und seine Bestandteile sich anspannen muß.

Wenn das Wachstumsoptimum erreicht ist, das mit der zunehmenden Degeneration des Macronucleus zusammenfällt, ist die breiter angelegte Grundsubstanz mehr zurückgetreten. Die stärker tingierbaren Substanzen überwiegen. Wenn auch das alveolare Grundnetz der extranuclearen Kernsubstanz nach den verschiedensten Richtungen verzerrt erscheint, so zwingt sich doch die Anschauung auf, als würden bei der Vermehrung Substanzpartikel in den Wabenknotenpunkten durch seitliche Zufuhr auf den Wabenwänden heranwachsen.

Wenn gegen das Reifestadium zu die Ansbildung der Kerne für die Gameten erfolgt, dann erscheint die extranucleare Kernsubstanz, durchsetzt von jenen Bildern, in viel kleinerem Maßstabe, wie es

R. HERTWIG für die Sekundärkerne ans dem Chromidialnetz von *Arcella* (1899 tab. 38 fig. 8 u. 10a) abbildet. Dientlich ist dies jedoch nur da zu sehen, wo zwischen den commensalen Algen einigermaßen freier Platz bleibt, gewöhnlich sind diese jedoch so gestellt, daß sie sich eben berühren und daß die Alveolarstrukturen immer längsgepreßt sind. Die extranucleare Kernsubstanz enthält dann immer mehr eingelagerte Chromatinbrocken, die oft durch Pressen durch schmale Räume seitens der Strömungen, z. B. durch die Kammerverbindungskanäle, anscheinend zusammen zu Strängen verschmelzen, um dann wieder durch Strömungen getrennt zu werden. Aus diesen kleinen Brocken der extranuclearen Substanz bilden sich jene bläschenförmigen Kerne herans (Taf. II Fig. 15), die für die macrosphärische Generation charakteristisch sind, wie das schon SCHAUDINN zuerst für *Polystomella* (1895) ansprach. Auch LISTER (1895) zeigte dies p. 430, aber er nahm an, daß die „flagellated zoospores“ lediglich aus dem Zerfall des großen Kernes herrührten.

Es ist entschieden von Bedeutung, daß das Wachstum der extranuclearen Kernsubstanz seinen Höhepunkt erreicht, wenn die Degeneration des Macronucleus schon eingeleitet ist. Das Vorhandensein von Chromatinsträngen und ihre Zerkleinerung tritt um jene Zeit auf, sobald die allmähliche Wanderung nach vorn erfolgt. Diese schreitet immer mehr vor unter ständiger Zerkleinerung der zusammenhängenden chromatischen Bestandteile der kleinen Chromatinkerne. Daß diese selbst weiter zerkleinert werden, habe ich nicht beobachtet. Diese ursprünglich unbestimmten Chromatinpartikelchen haben zum Schluß, d. h. unterwegs, längliche Form, färben sich intensiv und sind von einem helleren Hof umgeben; in dieser Gestalt eilen sie in rascher Strömung den letzten Kammern zu, wo infolge der gerade beendeten Defécation viel Platz geschaffen wurde. Während bei *Polystomella* nach den Untersuchungen von LISTER und SCHAUDINN die ganze Foraminifere mit bläschenförmigen Kernen „oft zugleich“ erfüllt ist, die als Gameten überall aus der perforierten Schale ausschwärmen können, treten hier (auch bei den Imperforaten *Miliola* und *Vertebralina* nach meinen Befunden) die bläschenförmigen Kerne und die Caryokinese erst in den letzten Kammern (von der 14.—15. ab) an; die Gametenbildung erfolgt in oder vor der letzten Kammer. Die caryokinetische Teilung folgt mit der Formierung zum bläschenförmigen Kern. LISTER (1895) gibt auf tab. 8 fig. 28 eine ziemlich gute Abbildung des Eindruckes dieser Teilungsfiguren, die mit Pikrokarmün und Hämatoxylin gefärbt waren. Auf Schnittpräparaten, die mit der HEIDENHAIN-

Methode behandelt waren, und an Totopräparaten, die mit Boraxkarmin 25 Minuten vorgefärbt waren, um das Chromatophor der Commensale mit Farbstoff zu sättigen, und eine gleichfolgende Nachfärbung in 1 proz. alkohol. Methylenblaulösung während 12 Stunden mit entsprechendem Ausziehen erlitten, konnte ich ebenfalls die caryokinetische Bildung deutlich erkennen, hier deshalb, da die Kerne der Gameten sich auf den zahlreichen Plasmabrücken in den letzten Kammern bewegen und daher einzeln sich isolieren. Hier schien es mir in der letzten Kammer wahrscheinlich, daß eine zweimalige mitotische Teilung erfolgt (Taf. II Fig. 15).

Nachdem ein Kern aus einem Chromatiumpartikel durch amöboide Abrundung und durch Umhüllung mit einem neuen Plasmahof sich formiert hat, zeigt sich die Caryokinese dadurch, daß das Ganze sich etwas in die Länge streckt und das Chromatin sich in der Mitte abplattet, um sich bald darauf in zwei Tochterplatten zu spalten. Mit Eisenhämatoxylin lassen sich in der Äquatorialplatte vereinzelte Chromatiumpartikel erkennen. Sie sind von unbestimmt körniger Gestalt und scheinen in dem Farbbild ineinander überzufließen, jedenfalls kann man sie einzeln nicht bestimmt unterscheiden. Die Chromatiumpartikel sind auch hier in eine Grundsubstanz „Kittmasse“ eingebettet. R. HERTWIG (1899 p. 81) spricht bei der Caryokinese von *Actinosphaerium* sie als „Plastin“ oder „Nucleolarsubstanz“ an. Da sie sich besonders bei den Stufen der Anziehung wie Plastin verhält, so denke ich ebenfalls dieses Stroma des Chromatins als Plastin (= Nucleolarsubstanz). Im übrigen sind die Verhältnisse so klein, daß es mir nicht gelang, optisch mehr zu sichten.

Die Spindelfaserung der stark lichtbrechenden Spindel ist stumpf, die Pole der Spindel lassen sich ebenfalls erkennen und die Spindelfasern verlieren sich gegen dieselben. Die ganze Spindel hat deshalb die Gestalt eines Rotationsellipsoids mit stumpfen Enden, dessen kleine Achse also der Durchmesser der Äquatorialplatte = 1 und dessen große Achse, also von Pol zu Pol, bei größter Ausdehnung = ca. $1\frac{1}{4}$ – $1\frac{1}{3}$ μ beträgt. Im weiteren Verlauf sieht man weiter keine Details, als daß die beiden Chromatinhälften auseinanderrücken, sich abrunden, abstoßen und zwei Kerne bilden, die diffus gefärbt erscheinen, wenigstens verbietet ihre Kleinheit genaueren Einblick. Es schien mir, daß diese mehr diffus gefärbt erscheinenden Kerne nochmalige Teilung aufweisen. Sobald die Gameten gebildet sind durch Absonderung der Geißel aus einem Teil des umhüllenden Plasmas, wie dies im vorigen Abschnitt geschildert ist, liegt der verhältnismäßig große Kern als homogen tingierter, kugelig Körper

in der vorderen Mitte des Gameten. Ein einem Basalkorn ähnelndes Gebilde konnte ich an der Basis des Flagellum nicht nachweisen.

II. des Agamonten.

Mit der Schilderung der Chromatinverhältnisse des Agamonten muß ich von den Stadien 1—6 kammerig absehen, da es mir an diesem Material fehlte. SCHAUDINN (1903 p. 552) gelang es, bei *Polystomella* microsphärische Individuen von der Copulation bis zum 5. Kammerstadium auf Deckgläsern heranzuziehen. Er bemerkt hierzu: „Die Caryogamie erfolgt sehr langsam (5—6 Stunden); sobald sie beendet ist, teilt sich der Kern der Copula bald auf direkte Weise in zwei, und es beginnt das typische Wachstum unter Ausbildung der Schale.“ Die 5 kammerigen Stadien starben aber immer ab. „Der Kern hatte sich meist schon wiederholt geteilt.“

Für die agamogene Generation von *Calcituba polymorpha* und von *Polystomella crista* vom 7. Kammerstadium an hat SCHAUDINN schon 1894 und 1895 a die Fortpflanzung und besonders die „multiple Kernvermehrung“ (1895) genauer beschrieben, so daß, da bei der Vermehrung des Chromatinbestandes bei dem microsphärischen *Peneroplis* ein ungefähr gleiches Prinzip mit geringen Abweichungen obwaltet, ich mich in mancher Hinsicht etwas kürzer fassen kann.

Im jugendlichen 7—9 kammerigen Microsphärischen findet man zahlreiche kleine Chromatinbrocken von verschiedener Größe bis zu minutiöser Kleinheit. Bei einem 9 kammerigen Agamonten zählte ich ca. 11 Brocken in der Centalkammer. Außerdem fällt auf, daß einzelne Stellen des Plasmas auch in der zweiten und dritten Kammer Chromatinfarbstoffe annehmen, ähnlich einem kleinen lokalisierten Chromidialnetz. Auch bei älteren Individuen fand ich öfters solche aufgelösten Chromatinnetze ebenfalls stellenweise in den Centralkammern. Durch Zusammenfließen von Platin und Chromatin in Knotenpunkten ist es mir wahrscheinlich geworden, daß auf diese Art kleine Kerne entstehen können. Weiteres kann ich aber vorläufig über diese Beobachtungen nicht ansagen, auch halte ich für diese feineren Beobachtungen *Peneroplis* als Untersuchungsobjekt für zu ungeeignet. Ich gehe also von den kleinen Chromatinbrocken aus, die man in jungen microsphärischen Peneroplien findet, und lasse die Frage offen, bis es gelungen ist, junge microsphärische Peneroplien oder andere Foraminiferen zu züchten. Es ist mir über die Entwicklung des Copulationskernes einer polythamamen Fora-

minifere bisher nichts weiteres bekannt als die eingangs citierten Worte **SCHAUDINN'S**.

Die kleinsten Chromatinbrocken sind von ungefähr rundlicher oder ovaler, bläschenförmiger Gestalt, 2—3 μ im Durchmesser, und zeigen infolge der umgebenden Plasmaeindrücke kleine Zipfel. Die Färbung wird eine homogene. Das Wachstum erfolgt, wie ich mich zu überzeugen glaubte, so, wie es **SCHAUDINN** 1894 und 1895 schildert. Vacnolen scheinen umhüllt zu werden und ins Innere zu geraten. Die größeren Kernstücke sind vielzipfliger und im Innern gewahrt man eine oder mehrere Vacnolen. Gelegentlich werden dann diese Brocken, wenn sie an ruhigen Stellen ohne Strömung liegen, vorübergehend wieder kugelig.

Sobald die Kerne an Größe das 5—7fache zugenommen, beginnt optisch die Unterscheidung einer leichter färbbaren, breiter angelegten Substanz, Plastin, und einer stärker färbbaren, geringeren, Chromatin. Die ins Innere gelangten Vacnolen, sowie eine beträchtliche Flüssigkeitsaufnahme lockern den Kern körperlich frühzeitig auf und ein Einblick ist deshalb leichter möglich. Häufig verschmelzen Vacnolen zu einer einzigen oder auch zu zwei größeren und liegen dann ziemlich in der Mitte des Kernes umgeben von dem Plastin + Chromatin. Je mehr die Kerne heranreifen, wird unter gleichzeitiger peripherer Ausbildung von einigen Plastinnucleolen ähnlich wie beim Macronucleus des Gamonten ein achromatisches Kerngerüst sichtbar. In den ersten Stadien nehmen die Chromatinpartikel einen Raum bis zur dritten Kammer ein; der Hauptbestand bleibt auf die Centalkammer beschränkt. Mit zunehmender Kammerzahl rücken die Kerne unter gleichzeitigem Wachstum allmählich vor. Die Kammern werden indessen verhältnismäßig rascher angelegt, als das Vorrücken des Chromatins erfolgt. Der reproduktive, Chromatin führende hintere Abschnitt des Plasmas hebt sich beim Agamonten besonders zu Zeiten energischen Wachstum viel schärfer vom vorderen vegetativen Teil ab, als es beim Gamonten der Fall ist. Außerdem ist das Größenverhältnis der beiden Teile zueinander ein in beiden Formen verschiedenes (s. S. 45).

Die Struktur der Kerne des Agamonten und ihr Wachstum hat mit dem Macronucleus einige Ähnlichkeit. Während indessen bei dem Macronucleus des Gamonten das Gerüst als ein überall gleichartiges bezeichnet werden muß, ist dasselbe beim Agamonten im Centrum ungleich größer. Dieses innere Gerüst schneidet mit einer bestimmt fixierten Kontur gegen das periphere ab, letzteres besitzt die gleiche Maschenweite wie das Gerüst des Macronucleus (Taf. II Fig. 16).

Die inneren Umwälzungen beim weiteren Wachstum des Kernes erfolgen ungefähr so, wie es SCHAUDINN 1894 (p. 163 ff. u. 1895 p. 221—229) beschreibt. Doch fand ich solche Bilder nur selten und vorzüglich nur dann, wenn die Strömungen den Chromatinkrpern nicht zu sehr zusetzen.

In solchen Stadien konnte ich gelegentlich eine centrale Chromatinrosette, wenn auch nicht so vollkommen ausgebildet, wie sie SCHAUDINN für *Calcutuba* angibt, beobachten. Die peripheren Ablagerungen von Platin + Chromatinucleolen entstehen hier immerfort, und nicht so schematisch gleichmäßig wie bei *Calcutuba*. In ganz jungen Kernstadien verläuft der Vorgang der „multiplen Kernvermehrung“ mehr nach den SCHAUDINN'schen Angaben, ebenso auch in den Kernen, die in den größeren, d. h. jüngeren Kammern liegen. Besonders in den Centralkammern werden die Kerne, nachdem sie an Ausdehnung erheblich zugenommen, bald dergestalt durch die Strömungen verzerrt und verlegt, daß ihre Gestalt nur ein Spiel der Strömungen ist. Aus allen Stadien ihrer Entwicklung vorzugsweise aber dann, wenn die Nucleolenbildung im Gange ist, können die Kerne, nachdem sie oft langstrahnig gezogen, in Teilstücke zertrennt werden. Diese einzelnen Teilstücke, oft noch ganz homogen erscheinend, Chromatin und Platin wegen der diffusen Färbung kaum unterscheidbar, vergrößern sich anscheinend selbständig teils durch Vacuolenaufnahme, teils durch Diffusion. Daß die Vermehrung der Kernsubstanz nicht allein nur nach dem Schema „der neuen Art der multiplen Kernvermehrung“ erfolgt, wie es SCHAUDINN 1894 im Biol. Centralbl. und 1895 angibt, dafür spricht schon, daß in jenen centralen Kammern und in jugendlichen Stadien die letzten Bilder, die den Ablauf der multiplen Kernvermehrung bezeichnen, sehr selten zu finden sind. Es werden wohl auch Nucleolen gebildet, aber es kommt nicht zu jenem „selbständigen Zerfall“ = Vermehrung. Die Kerne werden immer wieder auseinander gerissen, die einzelnen Stücke wachsen wieder heran und man könnte beinahe von einem groben Chromidialnetz reden oder von einem Chromidialnetz von mehr lokal und partiell so dichtem Gefüge, daß es homogen sich tingierende Stränge bildet.

Die multiple Kernvermehrung in reiner Form und ohne Störung der Phasenserie im Sinne SCHAUDINN's tritt mehr in den vom Centrum abgewandten Kammern an. Ich habe den Eindruck gewonnen, als ob hier die multiple Kernvermehrung im Sinne SCHAUDINN's der Ausdruck einer Verteilung vollständig herangereiften Chromatins sei; denn dasselbe tritt in mehr körniger Form an und färbt sich

distinkter im Plastin. Während man also in den älteren centralen Kammern Kernsubstanzen findet, die sich auf die erwähnte Art vermehren und aus kleinen Stücken oder verzerrten Strängen bestehen, findet man bei weiter vorgeschrittenen Individuen mehr peripher gelagerte größere Kerne regelmäßigen Baues — außerordentlich gut hat dies LISTER 1895 (tab. 6 fig. 6 a u. b) abgebildet —, die unter Bildung einer typischen Chromatinrosette peripher chromatische Anhängungen in Form von Kugeln (Chromatin- + Plastinnucleolen) bilden, während dieses Zustandes manchmal, nicht immer, eine Membran aufweisen und dann allmählich zerfallen oder vielmehr langsam auseinander fließen. Das Material zu diesen größeren Kernen wird teils von den in den Centrakammern reichlich verteilten kleinen heranwachsenden Chromatinbröckchen nachgeliefert, teils stammt es aus Kernen, die durch die Strömung zerfielen. Die Umlagerung in dem Kern und die Ausbildung der peripheren bläschenförmigen Kerne (Chromatin- + Plastinnucleolen) folgt im Prinzip nach den Angaben von SCHAUDINN mit ziemlicher Regelmäßigkeit. Bei heranreifenden Agamonten runden sich zu Zeiten der Ruhe auch in den Centrakammern die Kerne mehr ab und zeigen den Werdegang der multiplen Kernvermehrung in primitiver Form (vgl. auch Taf. II Fig. 16).

Die Bildung einer Membran, die dann sehr dünn ist, tritt immer auf, wenn der Kern seine Veränderungen in einer ruhigen stromlosen Gegend durchmacht. Das Vorhandensein eines radiären Fadenapparates konnte ich bei einigermaßen regelmäßiger Ausbildung gewöhnlich konstatieren; er erschien mir als Plastinstrahlung auf einem radiären Liniengerüst. Die bläschenförmigen Kerne (= Chromatin-Plastinnucleoli) — denn sie besitzen diese Gestalt — banen sich anfangs aus reichlich Plastin und wenig Chromatin auf. Erst gegen Ende ihrer Größenzunahme wird die Hauptmasse des Chromatins vom Centrum her eingelagert. Dann bestehen die nucleolenartigen Gebilde reichlich aus Chromatin. Ein Teil des Plastins in mehr flüssiger Form bleibt als breite Unterlage in dem Kerngerüst verteilt gegenüber den Erscheinungen beim Macronucleus, wo alles Chromatin + Plastin in die Nucleolen gebannt wurde und nur ein ganz geringer Rest von Plastin + Kernsaft unter Abgabe von Flüssigkeit allmählich mehr und mehr einschrumpfte. Beim Zerfall treten diese Nucleoli, im Centrum mit dichterem Chromatin, peripher mit reinem Plastin umgeben, auseinander. Es bleibt von dem Mutterkern nur ein centraler Restbestand von Kerngerüst und Plastin + Kernsaft, der schließlich als geschrumpftes Gerüst wahrzunehmen ist, das ausgestoßen

wird oder auch teilweise aufgelöst werden kann. Solche Gerüstreste findet man häufig in den vorderen Kammern des Agamonten unter dem Detritus. Auch habe ich beobachtet, daß Kerne in Gestalt von großen und kleinen Chromatinsträngen schrumpften und angestoßen werden. Ich fand diese Erscheinung nicht so regelmäßig, daß ich sie mit den Chromatinen des Chromidialapparates lebhaft funktionierender Gewebezellen identifizieren möchte (GOLDSCHMIDT 1904 u. 05), was aber bei genaueren Untersuchungen nicht unwahrscheinlich wäre. Die großen Stadien der Kernumformung in den mehr peripheren Kammern und die kleineren Stadien der Kerne in den centralen Kammern haben viel Ähnlichkeit mit dem Macronucleuszustand im vorgerückten und im mittleren Alter. Abgesehen von dem schon erwähnten Unterschied des Gerüsts zwischen den Kernen drängt sich noch ein weiterer bei vergleichender Betrachtung an. Die Kerne des Agamonten scheinen viel flüssigkeitsreicher zu sein und weniger zähflüssige Konsistenz zu besitzen als der Macronucleus. Es herrscht ein viel intimerer Connex mit dem umgebenden Plasma. Die Kerne zu Zeiten des energischen Wachstums erscheinen hier noch viel mehr zerschlossen, verästelt und zackig. Der Macronucleus des Gamonten besitzt in sich einen bedeutenderen Zusammenhalt, was vielleicht mit dem gleichmäßiger engmaschigeren Gerüst zusammenhängt. Bei ungefähr gleicher centraler Lage wird der Macronucleus, trotzdem gelegentlich Stücke von ihm nach vorn entführt werden, niemals in jenem Maße zerkleinert, wie die Kerne der microsphärischen Form. Der größere Flüssigkeitsbesitz erleichtert wohl die größere Vermehrung und Verbreitung und fördert vielleicht dazu eine raschere Ernährung.

Dadurch, daß die in dem stromreichen Gebiet mit engen Passagen gelegenen Kerne mehr zerteilt werden, während die peripher gelegenen bis zu erheblichen Größen heranwachsen können, wenn sie in stromfreie Gegend kommen und ruhig liegen, wird darauf hingewiesen, daß es die Strömungen sind, welche die Kerne immer wieder in kleine Stücke zerteilen, von denen einige auch wieder zusammenfließen können, um auf diese Weise lange Stränge zu bilden. Diese Art der Teilung der Kerne ist also eine passive. Sie ist gleich einer Zerschneidung unter Regeneration der einzelnen Stücke. Wer einmal Strömungen in einer Foraminifere beobachtet hat und dabei gesehen, mit welcher Gewalt das Plasma durch die Kammerverbindungsgänge hindurch gepreßt wird, um auf der anderen Seite fontänenartig zu zerstreuen, dem wird eine Zerteilung der erwähnten Art leicht verständlich sein. Auch eine Zerteilung eines

großen Kernes, wie sie LISTER 1895 tab. 6 fig. 11 a—c als „sections through a dividing nucleus“ abbildet, ist eine Teilung durch Plasmagewalt; unter Umständen mit nachherigem Wiederaneinanderpressen, aber nicht eine Kernteilung im Sinne einer selbständigen hantelförmigen Durchschnürung, z. B. nach Art eines Centrosomes, wie es leicht den Anschein erwecken könnte. Wie oft kommt ein Kern mittleren Stadiums in zwei Kammern zu liegen. An dem Kammerverbindungskanal ist sein Durchmesser naturgemäß am dünnsten, da hier außerdem noch Plasma passiert; der Kern hat Hantelfigur. Leicht führen dann zwei entgegengesetzte Strömungen die beiden Hantelköpfe aneinander und trennen sie bald. Die meisten Kerne gehen in den kleineren Kammern mit den engen Verbindungen nicht ungestraft durch die Passagen. Etwas verlieren sie immer. Die abgelösten Fetzen wachsen dann zu neuen Kernen heran. Selbst einzelne Chromatinneolen oder Teile derselben können zu großen Kernen werden. Man kann auch die Ansicht vertreten, daß diese Art der Vermehrung eine immer wiederkehrende Wiederholung der „multiplen Art der Kernvermehrung“ ist. Denn es wird immer wieder nach diesem Schema hierzu der Anlauf genommen, es kommt aber nicht soweit, weil eine frühzeitige Zerreißen erfolgt.

Infolge der dicken Schale des *Peneroplis* ist es nicht möglich, die Wachstumsvorgänge im Leben zu betrachten. Es erscheint jedoch nach den plötzlich durch heißen Sublimatalkohol abgetöteten Individuen nicht ausgeschlossen, sogar wahrscheinlich, daß der Kern amöbenähnliche Bewegungen macht zum Zwecke der Selbsternährung. Damit will ich nicht sagen, daß der Kern amöboide Bewegungen ausführt, sondern daß eine gewisse Affinität der peripheren zu stofflich fördernden Massen der Umgebung vorliegt, die sich in räumlicher Verlagerung der Peripherie des Kernes bis zu amöbenähnlicher Oberflächenbewegung äußert. Bei dem Macronucleus des Gamonten wurde ich nicht auf diese Vermutung hingewiesen, da die Strömungen den zu sehr central gelegenen Kern zu stark in der Gestaltung beeinflussen und seine Kontur glatter ist.

Bei dem Agamonten, besonders in vorgerücktem Alter, liegen Kerne oder die aus demselben ausfließenden Chromatin- + Plasmamengen viel mehr peripher. Infolgedessen kommen sie in Gegenden, die zwischen Stromstraßen liegen oder in denen zurzeit vollständige Ruhe herrscht, was sich leicht an der Konstellation des Plasmas und seines Inhalts zeigt. Dann zeigen die Kerne, und besonders ist dies an den ausgetretenen Chromatin- + Plasmannucleolen auffällig, auch jene protuberanzenartigen Fortsätze, die man auf Eindrücke

zweier oder mehrerer Vacuolen zurückführen kann oder die auch Eigenbewegungen darstellen können. Indessen reicht mit Reagentien verarbeitetes Material, um Bestimmtes äußern zu können, nicht an und ein Einblick in den Vorgang des Lebens ist beim *Peneroplis* ausgeschlossen.

Bei genauer Betrachtung, besonders derjenigen ausgetretenen Chromatin- + Plastinnucleolen, die durch die Strömungen angetrieben strähnig gezogen wurden und allmählich an Quantität zunehmen, drängte sich mir ferner die Vermutung an, daß das Plastin den wesentlichen Vermittler der Stoffaufnahme zur Ernährung abgibt. Man findet, daß es das breiter angelegte Plastin ist, das jene protuberanzartigen Fortsätze besitzt, die mit dem Plasma in innigem Kontakt stehen und Vacuolen aufnehmen. Das Chromatin liegt mehr im Centrum und beteiligt sich an der peripheren Stoffaufnahme hier sicher nicht. Das Chromatin zerfällt bei weiterer Massenzunahme immer feiner, so daß bald die Färbung eine fast diffuse wird und eine Unterscheidung in dieser Hinsicht unmöglich ist. Auch schien mir das periphere Plastin flüssigkeitsreicher, als das mehr centrale, in welchem Chromatin eingelagert ist. Die centrale Plastinmasse zeigt eine intensivere Farbstoffaufnahme. Da das Liningerüst in einer schwachfärbbaren Masse deutlicher wird, vermute ich, wie bei dem Macronucleus, daß auch hier ein Kernsaft vorhanden ist. Inwieweit ein Kernsaft beim Wachstum beteiligt ist, kann ich nicht angeben. Wenn wir das Plastin nicht nur als Chromatinträger, sondern auch als Chromatinbildner anzusehen hätten, dann würde ich jene Erscheinung der intensiveren centralen Färbung des Plastins auf optisch nicht mehr nachweisbare Chromatinpartikel zurückführen, die peripher fehlen.

Reifezustand des Agamonten.

Über den Reifezustand der microsphärischen *Polystomella* sagt SCHAUDINN unter anderen 1895 p. 93: „Wenn das ganze Plasma mit den unregelmäßigen Chromatinkörnern und Strängen ziemlich gleichmäßig erfüllt ist, fließt es aus der Schale heraus und teilt sich unter lebhafter Pseudopodienbildung in zahlreiche Stücke, die sich entweder bald oder nach längerem Umherwandern abrunden, Schale absondern und nun sich zu den jungen Polystomellen der megalosphärischen Generation umbilden.“ Diese Schilderung der Chromatinverhältnisse trifft auch für den microsphärischen *Peneroplis* zu. Nur erfolgt die Bildung der jungen *Peneroplen* hier innerhalb der mütterlichen Schale.



Im folgenden nun die genauere Betrachtung des Zustandes bei dem fertigen *Pencroplis*-Agamonten.

Das Plasma ist flüssigkeitsreich, ziemlich rein von groben Fremdkörpern und Excretkörnern und gleichmäßig flitterartig anfangs verschieden, später gleichmäßig dicht durchsetzt von Chromatinbröckchen, die in der Strömungsrichtung gedehnt sind. Der Beginn dieses Zustandes folgt gleich nach der Entsendung der ersten Defécationswolke, zeigt sich in den Endkammern zuerst und schreitet gegen die Centalkammer zu fort. Bald danach beginnt das Plasma aus den Endkammern heranzufießen. Bei der Verfolgung der Herkunft dieser kleinen Chromatinpartikel gewahrt man an den mehr peripher entstehenden deutlich, daß sie durch regelrechten Zerfall ausgetretener Chromatin- + Plastinnucleolen entstanden sind. Die Nucleolen lockern sich auf, und nehmen dabei viel Flüssigkeit auf. Das Plasma spielt hierbei durch seine Strömungen den zerteilenden Faktor der zerkleinerten Chromatin- + Plastinbrocken. Die Nucleolen zerfallen durch Zerrung und Dehnung allmählich immer mehr in einzelne Chromatin- + Plastinbröckchen. Dabei geht eine große Menge Plastin verloren, es scheint, daß es immer mehr Flüssigkeit aufnimmt und sich den Grundsubstanzen des Weichkörpers beimengt. Das Chromatin- + Plastiumaterial wird dabei so zerkleinert und verteilt, daß es mit dem Plasmanetz vielfach zur Deckung kommt. Die Entstehung der feinverteilten Chromatin- + Plastinbröckchen aus den Nucleolen der mehr peripher gelegenen Kerne ist deutlich zu erkennen. Gegen die Centalkammer zu wird das Bild unklarer. Wohl fand ich die meisten Kerne mit Nucleoli und zerfließend in dem in Vorwärtsbewegung befindlichen Endkammerplasma; einige Kerne indessen waren noch nicht so weit vorgeschritten, dagegen sehr verzerrt und stellenweise mit beginnender Nucleolenbildung. Zum Teil flossen solche Kerne auch ohne Nucleoli aneinander, oder vielmehr wurden auseinander gezerrt. Ob diese Stücke direkt in die diffus verteilte Chromatin- + Plastiumasse zerteilt werden können, oder ob sie erst den Nucleolenzustand passieren müssen, konnte ich nicht feststellen, dazu fehlte es mir an der vollkommenen Stadienserie. Ich kann aber mit ziemlicher Bestimmtheit sagen, daß weitaus der größte Teil dieser nunmehr fein im Plasma suspendierten Kernanteile in Nucleolen vorher gebunden war.

Sobald die Zerteilung der Kerne zum diffus verteilten Zustand sehr fortgeschritten ist und das Plasma der Centalkammern schon herausgeflossen, beginnt seitens des Plasmas jenes stellenweise Auflösen einer Reihe von Septen zur Bildung der Bruthöhle für die

jungen Gamonten. Das Plasma ist nun tagelang in unruhiger heftiger Strömung, die erstens zur endgültigen Zerkleinerung des Chromatins + Plastins beiträgt und zweitens einen Stoff- und Substanzausgleich erheblich begünstigt. Außerdem werden ständig vor der Mundöffnung, teils innerhalb der Schale, Defäcationsprodukte abgelagert, so daß das Plasma bald in seiner Zusammensetzung fast überall gleich und rein und infolge der Chromatinpartikel stark lichtbrechend erscheint. Da, wo Strömungen gehen, erscheinen die Straßen durch diese chromatischen Partikel intensiver gefärbt, wodurch ein netziger Charakter mehr zum Ausdruck kommt. Die immer noch ziemlich langgezogenen kleinen Chromatin- + Plastinstränge zerfallen schließlich zu kleinen gelegentlich perlschnurartig langgezogenen Partikeln. Allmählich tritt Ruhe im Plasma ein, die Chromatin- + Plastinfetzen ziehen sich mit Plasmapartikeln und Commensalen nach Centren zusammen unter centrifugaler Ablagerung des feinsten Detritus. Eine Bewegung des Plasmas ist kaum wahrzunehmen. Die Chromatinfetzchen ziehen sich nun noch mehr zusammen und so wird das Plasma stellenweise chromatinfrei. Zugleich wird in einiger Entfernung hiervon das äußere Schalenhäutchen des Agameten angelegt. Während die Schale sich verdickt, geschehen weitere kleine Umlagerungen des Chromatins. Das Plasma ist in der Mündungsgegend vollständig frei von chromatischer Substanz.

Sobald der Agamet anskriecht und herumwandert, sind Stellen größerer und geringerer Dichte der fein verteilten Chromatinsubstanz deutlicher, wir haben wieder einen mehr netzig-strähnigen Charakter vor uns. Damit haben wir den Ausgangspunkt unserer Betrachtung wieder erreicht; der Kreislauf des Chromatins ist geschlossen.

e) Übersicht über die Kernverhältnisse und deren Bezeichnung.

Die vorangegangene Untersuchung hat ergeben, daß die Fortpflanzung des *Peneropsis* ungefähr die gleiche ist wie bei *Polystomella* nach den Befunden SCHAUDINN'S. Ich kann hinzufügen, daß für *Miliolina* und *Vertebralina* diese Verhältnisse ähnlich sind.

Das Chromatin tritt eine Zeitlang als eine morphologische und physiologische Einheit auf (Agamont und Agamet), teilt sich dann morphologisch (Macronucleus und extranucleare Kernsubstanz, Gamont). Die beiden Teilprodukte zeigen verschiedene Wertigkeit. Es bleibt nun übrig, die einzelnen Stadien, die meist als „diffus verteilte Kernsubstanzen“ morphologisch gleich erscheinen, unter kritischer Berücksichtigung mit ähnlichen chromatischen Bildern in Beziehung

zu bringen. Hierin ist die Literatur der letzten Jahre reich. Die hierher gehörigen Ergebnisse knüpfen sich an die Namen R. HERTWIG und F. SCHAUDINN. Verteilte Kernsubstanzen erwähnt, soviel ich ermitteln konnte, zuerst R. HERTWIG (1876 p. 55). Hier findet sich eine Mitteilung über den Centrialkapselinhalt von *Thalassicolla nucleata*, „welche beim Zerzupfen in größere und kleinere Kernhaufen zerfällt, die durch ganz schmale Protoplasmazüge getrennt werden“. 1887 beobachtete R. HERTWIG das Vorkommen einer verteilten Kernsubstanz bei *Arcella* (p. 127). Dann spricht RHUMBLER (1895 p. 36–37 u. 59) von einer „perinucleären Sarkode“. 1895 (p. 95) gibt SCHAUDINN für die macrosphärische *Polystomella* an, daß [gegenüber dem großen Chromatinbrocken = Prinzipalkern] einen Teil der unregelmäßig färbbaren Kernsubstanz im Plasma verteilt und beim weiteren Wachstum durch alle Kammern getrennt wird. 1899 bezeichnete R. HERTWIG die verteilte Kernsubstanz bei *Arcella* als „extranucleares Chromatinnetz“ (p. 369). 1902 (p. 4) führte R. HERTWIG den Ausdruck „Chromidium“ und „Chromidialnetz“ für diese verteilten Chromatinsubstanzen ein. 1903 zeigte SCHAUDINN, daß aus der extranuclearen Substanz von *Polystomella* die Schwärmer hervorgehen, die copulieren. Er nannte die extranucleare Kernsubstanz nach der Bezeichnung R. HERTWIG's: Chromidium.

In der Gegenüberstellung dieser erwähnten Arbeiten, auch anderer und seinen Beobachtungen an *Pelomyxa*, und ausgehend von seinen Studien des „Chromidialapparates“ der Metazoenzellen machte GOLDSCHMIDT 1904 darauf aufmerksam, daß der Begriff des Chromidiums kein einheitlicher sei. Das „Chromidium“ von *Actinosphaerium* (R. HERTWIG siehe auch 1904 p. 309) ist „vegetativer Natur“, das „Chromidialnetz der Thalamaphoren“ hingegen die „Substanz der Geschlechtskerne“. Diese morphologisch gleichen chromatischen Bilder in der jeweiligen Zugehörigkeit zu der doppelten funktionellen Wertigkeit des Chromatins auch in der Bezeichnungsweise zu trennen, entsprach einem Bedürfnis. Für die zum Stoffwechsel somatischen Kerne (R. HERTWIG) in Beziehung stehenden Chromatinbestandteile schlug GOLDSCHMIDT (p. 140) die Beibehaltung des ursprünglich von R. HERTWIG (1902 p. 4 u. 36) angewandten Bezeichnung Chromidien (Chromidium) vor, die der Ausbildung der Geschlechtskerne zugrunde liegenden Chromatine bezeichnet GOLDSCHMIDT mit dem neuen Begriff: Sporetien (Sporetinm.)¹⁾ MÉSNIL (1905) hat für die vegetativen Chromidien („Chro-

¹⁾ Ich halte den Ausdruck Sporetien (Sporetium) nicht für sehr glücklich gewählt, da der Begriff „Spore“ ein doppelter ist und seit langem in der Botanik

midien“) die Bezeichnung Trophochromidien vorgeschlagen, für die reproduktiven Chromidien („Sporetien“) Idiochromidien. In der Klärlegung seiner Anschauungen über den „Kerndualismus“ (1905) schlägt SCHAUDINN vor, die Bezeichnung Chromidien wegen der morphologischen Gleichartigkeit für beide Namen zu belassen, aber Somato- und Gametochromidien zu unterscheiden (p. 26). Ich möchte mich diesem Vorschlag anschließen.

Die Betrachtung des chromatischen Cyclus von *Peneroplis* zeigt, daß das Chromatin den größten Teil seines Kreislaufes ein morphologisch gemischtes ist. Die beiden Kernsubstanzen, somatische und propagatorische, sind vermengt; entweder in sehr kompakter Form, wie von der Copula bis ins hohe Alter des Agamonten oder in verteilter Form „Chromidien“ im allgemeinen Sinne, wie vom letzten Abschnitt des Agamonten bis hinein in das Jugendstadium des Gamonten. Während des übrigen Teils des Lebens des weniger langlebigen Gamonten tritt aus dem „Amphichromidium“, wie ich es bezeichnen möchte, ein Teil des somatischen Bestandes morphologisch fixiert in Gestalt des Macronucleus heraus. Als reine Somatochromidien würden beim *Peneroplis* die gelegentlichen Fortführungen des Macronucleus, die atrophieren, zu bezeichnen sein (vgl. GOLDSCHMIDT 1904 u. 1904 a).

Die extranucleare Kernsubstanz entspricht beim *Peneroplis*, wie schon für *Polystomella* lange bekannt, dem physiologischen Wert der Gametochromidien.

Anschliessende Schlussbetrachtungen

nach voranstehenden Untersuchungen.

Die voranstehende Untersuchung über Dimorphismus und Fortpflanzung des *Peneroplis* hat ergeben, daß der Schalendimorphismus auf eine verschiedene Entstehung der Primärkammer durch den Dimorphismus des doppelwertigen Chromatins und hiermit im Zusammenhang seiner Vermehrung zurückzuführen ist. LISTER erkannte zuerst, daß der Dimorphismus von *Polystomella* sich nicht nur auf die Größe der Centalkammer, sondern auch auf die Kerne bezieht

für Keimzellen ohne Befruchtung gebraucht wird. Man sollte denselben im Zusammenhang mit Geschlechtstätigkeit vermeiden. HARTMANN schlägt dies ebenfalls vor (1903 p. 20). Ebenso sollte man den Ausdruck „Embryo“ und „Embryonenbildung“ bei Thalamophoren vermeiden!

und SCHAUDINN sprach zuerst den Gedanken ans: „man kann bei *Polystomella* wohl kaum von einem Dimorphismus der Embryonal-kammer sprechen, sondern der Dimorphismus bezieht sich vielmehr auf die Kernverhältnisse“ (1895 p. 94). Die Untersuchung an *Peneroplis* hat dies bestätigt und erweitert, und es fragt sich nun weiter, wie weit greift der Dimorphismus der „Dichromasie“, eine Bezeichnung, die ich für den doppelwertigen Chromatinbestand vorschlagen möchte, und daran anschließend ein Dimorphismus der Hülle der Thalamophoren nm sich? Oder bestimmter ist der Schalen- resp. Chromatindimorphismus — wenn ich von Chromatindimorphismus rede, meine ich nur das morphologische Bild, wie ja die Bezeichnung schon ausdrückt, nicht die Wertigkeit — älter, kommt er den Stammformen der Thalamophoren zu oder hat er sich erst später herausgebildet? Trotz unserer geringen Kenntnis der Kern- und Fortpflanzungsverhältnisse glaube ich doch im Sinne der ersten Frage bejahen zu müssen.

Einmal finden wir unter den zahlreichen Reticulosen bei fast allen genauer untersuchten genera einen typischen Schalendimorphismus mit Ausnahme von *Patellina*, *Saccammina* und *Discorbina*, auf die ich weiter unten zurückkomme. Andererseits tritt ein Dimorphismus in der morphologischen Gestalt des Chromatins und zum Teil auch der Hülle bei Lobosen und Filosen auf. Für thecamöbe Lobosen haben R. HERTWIG und SCHAUDINN bei *Arcella* und *Euglypha*, *Diffugia* und *Centropyxis* eine Doppelwertigkeit des Chromatins analog der Dichromasie polythalamer Thalamophoren und zum Teil einen Dimorphismus des Chromatins verschieden vollständig nachgewiesen. Für *Echinopyxis* konnte eine stark heteromorphe Schalenbildung beobachtet werden. Für das in die Nähe zu stellende *Trichosphaerium* ist ein typischer Schalendimorphismus des Agamonten (Schizonten) und des Gamonten (Sporonten) durch SCHAUDINN nachgewiesen. Parasitische Formen muß ich natürlich bei der Betrachtung ausschalten. Für die Filosen ist eine doppelte Art der Fortpflanzung erwiesen für *Hyalopus* und daran anschließend ein Dimorphismus der Schale. Was schließlich die Reticulosen betrifft, so ist ein Schalendimorphismus hier weit verbreitet. Bei den typisch dimorphen polythalamen Thalamophoren ist ein Dimorphismus der Chromatine, also auch der Fortpflanzung, wohl außer Frage zu stellen. Gameten oder die auf Gameten schließenden Kernverhältnisse sind bei reticulosen Thalamophoren beobachtet an: *Gromia*, *Microgromia*, *Shepherdella*, *Biloculina*, *Milivolina*, *Vertebralina*, *Peneroplis*, *Orbitolites*, *Myzotheca*, *Rotalina*, *Cymbalopora*, *Calcarina*, *Polystomella*. Agameten oder auf Zerfall-

teilung schließende Kernverhältnisse sind beobachtet an: *Biloculina*, *Miliolina*, *Vertebrulina*, *Peneroplis*, *Orbitolites*, *Calcituba*, *Saccammina*, *Ammodiscus*, *Patellina*, *Discorbina*, *Planorbulina*, *Truncatulina*, *Rotalina*, *Calcarina*, *Polystomella* n. a. Ehe ich weiter gehe, greife ich auf die bis jetzt als nicht Dimorphen erkannten genera *Patellina*, *Saccammina* und *Discorbina* zurück, die, nebenbei bemerkt, den merkwürdigen Vorgang der Plastogamie aufweisen. Obwohl ich keineswegs an der Richtigkeit dieser Untersuchungen zweifle, so bedürfen diese Formen doch der Nachuntersuchung zur eventuellen Erweiterung und Sicherstellung unserer definitiven Kenntnis. Bei der hierher gehörigen *Planorbulina* finde ich z. B. ebenfalls keine microsphärischen Formen und doch fand LISTER (1895 tab. 8 fig. 38—40) an der ebenfalls hier einzustellenden *Rotalina* einen typischen Schalen- und chromatischen Dimorphismus. Auch hat MURRAY nach LISTER bei einer großkerigen *Cymbalopora* Schwärmsporen gefunden [die Originalquelle war mir nicht zugänglich]. Es wäre ja nicht ausgeschlossen, daß die propagatorische Fortpflanzung hier verloren gegangen ist, wie es andererseits nicht ausgeschlossen ist, daß ein Schalendimorphismus hier nicht vorhanden, sondern ein Monomorphismus beider Schalen vorliegt, indem die Primärkammer beider Kernformenträger gleich groß angelegt wird. Dies ist mir indessen weniger wahrscheinlich als das erste, denn die Gameten der einzelnen genera sind nicht sehr variabel in der Größe; nur *Hyalopus* macht gegenüber *Miliolina*, *Peneroplis* und *Polystomella* eine Ausnahme.

Die voranstehende Zusammenstellung hat gezeigt, daß nicht nur in ganz verschiedenen Gruppen reticuloser Thalamophoren, sondern auch bei lobosen und filösen Schalendimorphismus und Chromatindimorphismus vorhanden ist. Noch will ich darauf hinweisen, daß bei der reticulosen Thalamophore *Myzotheca*, nach unserer Auffassung die Stammform der Arenacen und vielleicht die Stammform aller stark beschalteten reticulosen Foraminiferen, Schwärmerbildung vorhanden ist. Nach unserer Auffassung der Amphimixis bei Protozoen ist die Copulation, abgesehen von der Arterhaltung, kurz ausgedrückt ein Vorgang der „Regeneration“. Da Amphimixis als Fortpflanzung bei Protozoen allein nicht auftritt, haben wir das Recht, auf Grund vieler Ergebnisse auf noch eine andere Art von Fortpflanzung zu schließen — wenn wir überhaupt die Amphimixis als Fortpflanzung bezeichnen wollen —, die dann nur eine sich wiederholende einfache oder multiple Teilung sein könnte. Dieselbe ist z. B. schon vertreten bei dem hierher zu stellenden *Ammodiscus*.

Auch nur mit dieser Annahme lassen sich die merkwürdigen

chromatischen Bilder, die den Vergleich mit dichromatischen ohne weiteres anfrängen, in Einklang bringen, welche SCHAUDINN 1894 tab. 2 abbildet, wenn ich auch den Vergleich mit Chromidien nicht ohne weiteres abweisen will.

Ich habe dies hier angeführt, um auch für die Arenacen innerhalb der reticlosen Thalamophoren die Dichromasie wahrscheinlich zu machen, bei welchen ein Schalen- und Chromatindimorphismus meines Wissens noch nicht klar nachgewiesen, sondern nur vermutungsweise zu erschließen ist. RHUMBLER zeigte 1906 einen Schalendimorphismus für die Arenacen (*Psammomyx*). Allein der Versuch dieses Beweises wäre meines Erachtens nicht zwingend, angesichts des Tatbestandes bei Lobosen und Filosen. Wenn wir Formen der Lobosen, Filosen und Reticulosen in eine monophyletische Reihe bringen wollen, müßten wir die reticlosen Thalamophoren im Hinblick auf die Schalendifferenzierung als die höchst entwickelte Gruppe ansehen, womit für diese eine überall vorhandene Dichromasie gesichert wäre. Dies ist meines Erachtens jedoch nicht anzunehmen, vielmehr nehme ich an, daß Lohose, Filose und Reticulose di- oder polyphyletisch von nackten Amöbinen abstammen, denen schon als hochdifferenzierte Dichromasie ungeschlechtliche und geschlechtliche Fortpflanzung zukam, oder in einer Form zukam, die bei weiterer plasmatischer Differenzierung zu einer vollkommenen wurde (*Amoeba binucleata*?). Diese Annahme baut sich unter anderem auf der Verschiedenheit der protoplasmatischen Grundsubstanz und der Pseudopodien. Die Emanzipierung des Weichkörpers nach außen durch eine Hülle ist keineswegs ein Specificum, das zur Annahme eines Monophyleismus stempeln müßte; sie ist eine Fähigkeit, die allen Protisten in verschiedener Zeitdauer zukommt. Die Plasmateile zerquetschter Foraminiferen stehen immer ab nach Zusammenziehung zur Kugelgestalt und nach Ausbildung einer Hülle.

Auf Grund dieser Betrachtungen halte ich es für höchst wahrscheinlich, daß Dichromasie und Dimorphismus derselben allen Thalamophoren zukommt, wobei ich die Möglichkeit sekundärer Verschiebungen keineswegs anschieße.

Dieser Schluß scheint vielleicht die Erklärung der Tatsache einer schließlichen Schalegleichheit beider Formen zu erschweren. Wenn wir uns aber vorhalten, daß die Lebensweise des Gamonten und Agamonten der mono- und polythalamen Thalamophoren in allen Phasen die gleiche ist — parasitische natürlich ausgenommen — wenn wir uns an die idioplasmatische chromatische Substanz von ungemeinem Beharrungsvermögen erinnern [im Sinne WEISMANN'S], wenn wir schließlich

wieder die physikalischen Besonderheiten des lebendigen Zellinhaltes, Konstanz der Raudwinkel u. a. der Untersuchungen RHUMBLER'S (1902) uns vor Augen führen, so erscheint es naheliegend, daß macro- und microsphärische Schalenanlagen in gleicher Weise wachsen und einmal auf gleichen Umfang gebracht, übereinstimmen. Die Übereinstimmung ist eine außerordentliche und zu erwartende, wie der Commensalismus von *Cryptomonas schaudinni* zeigt, welche die unter absolut gleichen Bedingungen lebenden Miliolinen, Biloculinen, Discorbien u. v. a. mit ihrem Raumparasitismus verschont. *Discorbina*, *Anomalina*, *Polydomella* u. a. besitzen Commensalen, die mit *Cryptomonas schaudinni* nicht übereinstimmen. Beharrungsvermögen des Idioplasmas, einerlei in welcher Gestaltung es auftritt, im Zusammenhang mit den physikalischen und physiologischen Besonderheiten sind wohl als Ursache für die gleiche Endgestalt beider Schalenformen als größer einzusetzen, wie die gleichen äußeren Faktoren, in denen Agamont und Gamont sich bewegen.

Frankfurt a. M., März 1907.

Literaturverzeichnis.

- ANTARI, A. (1902): Zur Frage der physiologischen Rassen einiger grüner Algen. Ber. deutsch. botan. Ges. Berlin 1902 v. 20 p. 172—175.
- AWERINZEW, S. (1900): Über Zoochlorellen bei Protozoen. TRAVSUX SOC. NATURALISTES St. Petersburg p. 345—347.
- (1903): Über die Struktur der Kalkschalen mariner Rhizopoden. Z. wiss. Zool. v. 74 p. 478—490 tab. 24.
- (1903—04): Beiträge zur Kenntnis mariner Rhizopoden. Mitt. zool. Stat. Neapel v. 16 p. 349—364.
- BRYCEINCK, M. W. (1890): Kulturversuche mit Zoochlorellen, Lichenengonidien und anderen niederen Algen. Bot. Z. 48. Jg. p. 725—785.
- BRADY, B. HENRY (1884): Report on the Foraminifera dredged by H. M. S. Challenger 1873—76.
- (1888): Note on the reproductive condition of *Orbitolites complanata* var. *laciniata*. Journ. R. micr. Soc. p. 693—697 tab. 10.
- (1893): On the reproduction of *Orbitolites*. Nature v. 47 p. 119.
- BRANDT, K. (1881): Über das Zusammenleben von Tieren und Algen. S.-B. Ges. naturf. Freunde Berlin 1881.
- (1881): Über das Zusammenleben von Tieren und Algen. Biol. Centralbl. Erlangen 1881 p. 524—527.
- (1881): Über das Zusammenleben von Tieren und Algen. Verhandl. physiol. Ges. Berlin Nr. 4 u. 5 1881 p. 570—574, in Arch. Anat. Phys. Leipzig 1881.

- BRANDT, K. (1882): Über die morphologische und physiologische Bedeutung des Chlorophylls bei Tieren. Arch. Anat. Phys. Abt. 1882 p. 125—151.
- (1883): Über die morphologische und physiologische Bedeutung des Chlorophylls bei Tieren. 2. Arb. in: Mitt. zool. Stat. Neapel v. 4 p. 191—372.
- (1885): Die koloniebildenden Radiolarien Spbaerozoöen des Golfes von Neapel und der angrenzenden Meeresabschnitte. Fauna Flora Golf Neapel XIII p. 65—71.
- (1890): Neue Radiolarienstudien. Mitt. Ver. Schleswig-Holstein. Ärzte 12. H.
- VAN DEN BROEK, E. (1893): Etude sur le Dimorphisme des Foraminifères et des nummulites en particulier. Bull. soc. Belg. géol. Proc. verb. v. 28 p. 6—41.
- BÜTSCHLI, O. (1878): Beiträge zur Kenntnis der Flagellaten und einiger verwandter Organismen. Z. wiss. Zool. v. 30 p. 206—281 tab. 11—15.
- (1886): Beiträge zur Kenntnis der Flagellaten und einiger verwandter Organismen. Morpholog. Jahrb. v. 11 p. 78—101.
- (1892): Untersuchung über mikroskopische Schäume und Protoplasma. Leipzig. 234 pp. 6 tab.
- CARPENTER, WILLIAM B. (1859): I. Researches on the Foraminifera in Philosophical Transactions. R. Soc. London v. 149 p. 2—41 tab. 1—6.
- (1862): Introduction to the study of the Foraminifera. London p. I—XXII und p. 1—319, 22 tab.
- DANONARD, P. A. (1888): Recherches sur les Algues inférieures. Annal. Sc. nat. Paris v. 7 p. 105—175 tab. 11 u. 12.
- (1890): Etude de l'Ophrydium versatile. Botaniste 2. sér. 1 fasc.
- (1899): Mémoire sur les Chlamydomonadinées ou l'histoire d'une cellule. Botaniste 6. ser. Paris p. 65—292.
- DILL, O. (1895): Die Gattung Chlamydomonas und ihre nächsten Verwandten. Pringsheim. Jahresh. v. 28 p. 323—358 tab. 5.
- DREYER, FR. (1898): Peneroplis, eine Studie zur biologischen Morphologie und zur Speziesfrage. Leipzig (Wilb. Engelmann) 119 p. 5 tab.
- EGGER, JOS. GEORG (1895): Foraminiferen gelotet von 1874—1876 von S. M. S. Gzelle. Abb. II. Kl. k. bayer. Akad. Wiss. v. 18 II. Abt.
- ENGELMANN, TH. W. (1882): Farbe und Assimilation. Onderzoek. Physiol. Lab. Utrecht v. 7 1882.
- ENTZ, GEZA (1882): Über die Natur der „Chlorophyllkörperchen“ niederer Tiere. Biol. Centralbl. Erlangen 1882 p. 646—650.
- FAMINTZIN, A. (1889): Beiträge zur Symbiose von Algen und Tieren. Mém. Acad. imperial. sciences St. Petersburg 7. ser. v. 36 Nr. 16 p. 1—36 tab. 1—11.
- (1891): Beiträge zur Symbiose von Algen und Tieren. Mém. Acad. imperial. sciences St. Petersburg. v. 38 Nr. 4 1892.
- FICHEL U. MOLL (1803): Testacea microscopica aiaque minnta ex generibus Argonauta et Nantilus, Vindobona.
- FISCH, G. (1885): Untersuchung über einige Flagellaten und verwandte Organismen. Z. wiss. Zool. v. 42 p. 47—123 tab. 1—4.
- FISCHER, M. (1870): Bryozoa, Echinodermes et Foraminifères marins etc. Act. Soc. Linnéenne Bordeaux v. 23.
- FORSKÅL, P. (1775): Descriptiones Animalium, Copenhagen.
- GAMELE, F. W. and KERBLE, F. (1903): The Bionomics of Convoluta roscoffensis with special reference to its green cells. Proc. Roy. soc. London v. 72 p. 93—98.

- GEDDES, P. (1882): On the Nature and Function of the „Yellow Cells“ of Radiolarians and Coelenterates. Proc. Roy. Soc. Edinburgh 1882 p. 377—396.
- GENVAIS, P. (1847): Sur un point de la physiologie des Foraminifères. Comptes rendus hebdomadaires des Séances Acad. Sciences.
- GOES, A. (1889): Om dem så kallede „verkliga“ dimorfismen, hos Rhizopoda reticulata. Bih. Svenska Vet. Acad. Handl. v. 15 No. 2 14 pp. 1 tab.
- GOLDSCHMIDT, R. (1904): Der Chromidialapparat lebhaft funktionierender Gewebezellen. Biol. Centralbl. v. 25 p. 241—251.
- (1904 a): Der Chromidialapparat lebhaft funktionierender Gewebezellen. Zool. Jahrb. v. 21 p. 1—100 tab. 1—6.
- (1904 b): Die Chromidien der Protozoen. Arch. Protistenk. v. 5 p. 126—144.
- GOROSCHANKIN (1891): Beiträge zur Kenntnis der Morphologie und Systematik der Chlamydomonaden. I. Chlamydomonas Branni (GOROSCHANKIN). Bull. soc. imperial. Naturaliste Moscou n. ser. v. 4 p. 498—520 tab. 14 n. 15.
- GRAFF, L. v. (1884): Zur Kenntnis der physiologischen Funktion des Chlorophylls im Tierreich. Zool. Anz. Leipzig p. 520—527.
- GRINTZENKO, M. JEAN (1903): Chlorella vulgaris BEYERINCK, Contribution à l'étude des Protozoocécées. Révue générale Botanique v. 18 Paris p. 1 ff. n. 68 ff.
- GRUBER, A. (1901): Über grüne Amöben. Ber. Ges. Freiburg 11, 1899—01 p. 59—61.
- (1904): Über Amoeba viridis LEIDY. Zool. Jahrb. Suppl. v. 7, Festschr. WEISMANN 1904 p. 67—75 tab. 7 (ausg. Juni 1893).
- HAMANN, O. (1882): Die Entstehung und Entwicklung der grünen Zellen bei Hydra. Z. wiss. Zool. Leipzig 1881 v. 37 p. 456—464 tab. 26.
- HARCKEL, E. (1868): Monographie der Moneren. Jena. Z. Med. Naturw. v. 4 p. 64—137 tab. 2—3.
- HARTMANN, M. (1903): Die Fortpflanzungsweisen der Organismen, Neu benennung und Einteilung derselben, erläutert an Protozoen, Volvocineen und Dicyemiden. Biol. Centralbl. v. 24 p. 18—61 8 fig.
- DE LA HARPE (1881): Sur l'importance de la loge centrale chez les Nannulites. Bull. soc. géol. France ser. 3 v. 9 p. 171—176.
- HERTWIG, O. (1893): Die Zelle und die Gewebe. Gustav Fischer, Jena.
- HERTWIG, R. (1874): Über Microgromia socialis. Arch. micr. Anat. 10 Suppl. p. 10 1 tab.
- (1876): Bemerkungen zur Organisation und systematischen Stellung der Foraminiferen. Jena. Z. v. 10 p. 41—55 tab. 2.
- (1887): Über die Kernteilung der Infusorien. S.-B. Ges. Morph. Phys. München v. 3 p. 127.
- (1892): Über Befruchtung und Conjugation. Verb. deutsch. zool. Ges. p. 95—112.
- (1897): Über Befruchtung bei Rhizopoden. ibid. v. 12 p. 83—90.
- (1898): Über die Kernteilung, Richtkörperbildung und Befruchtung von Actinosphaerium eichhorni. Abh. K. BAYER, Akad. Wiss. II Cl v. 29 3. Abt. p. 633—734 tab. 1—8.
- (1898 a): Über die Bedeutung der Nucleolen. S.-B. Ges. Morph. Phys. v. 14 p. 1—6.
- (1899): Was veranlaßt die Befruchtung bei Protozoen? S.-B. Ges. Morph. Phys. München v. 15 p. 62—69.
- (1899 a): Mit welchem Recht unterscheidet man geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung? S.-B. Ges. Morph. Phys. München v. 15 p. 142—153.

- HERTWIG, R. (1899h): Über Encystierung und Kernvermehrung bei *Arcella vulgaris*. Festschr. 70. Geb. C. v. KUPFFER, Gustav Fischer Jena.
- (1902): Die Protozoen und die Zelltheorie. Arch. Protistk. v. 1 p. 1—40.
- (1904): Über die physiologische Degeneration von *Actinosphaerium eichhorni*. Festschr. E. HAECKEL p. 304—354 tab. 9—12.
- HOFER, R. (1890): Der Einfluß des Kernes auf das Protoplasma. Jena. Z. Naturw. v. 24 p. 105—176 tab. 4, 5.
- HUXLEY, TH. H. (1851): Upon *Thalassicola*, a new Zoophyte. Ann. Mag. Nat. 2. ser. v. 8 p. 433—342 tab. 16.
- KLEINENBERG, N. (1872): *Hydra*, Eine anatomisch entwicklungsgeschichtliche Untersuchung. Leipzig 1872, W. Engelmann, 90 pp. 4 tab.
- KÜNSTLER (1889): [Titel unbekannt]. Bull. scienc. France Belgique p. 1684—1686 tab. 20.
- LISTER, J. J. (1894): Contributions to the life-history of the Foraminifera. Proc. Roy. Soc. v. 56 p. 155—160.
- (1896): Contributions to the life-history of the Foraminifera. Phil. Trans. Roy. Soc. London v. 186 p. 401—450 tab. 6—9.
- MERESCHKOWSKY, G. (1906): Über Natur und Ursprung im Pflanzenreiche. Biol. Centralbl. v. 25 p. 593—604 n. p. 690—691.
- MESNIL, F. (1906): Chromidies et questions connexes. Bull. Pasteur, Paris, v. 3 p. 813—322 7 fig.
- MÖBIUS, R.: Foraminifera von Mauritius, Beiträge zur Meeresfauna der Insel Mauritius und der Seychellen. p. 65—136 tab. 1—14.
- DE MONTFORT, P. D. (1838—10): *Conchylogie systématique et classification. méthodique de Coquilles* v. 1 Paris.
- MÜLLER, JOH. (1855): Über *Sphaerocozm* und *Thalassicola*. Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen k. Preuß. Akad. Wiss. Berlin p. 229—253.
- MUNIER-CHALMAS (1880): Etudes sur les nmmulites etc. Bull. Soc. géol. France sér. 3 v. 8 p. 300—301.
- MUNIER-CHALMAS et SCHLUMBERGER (1885): Note sur les Miliolées trématophorées etc. Bull. Soc. géol. France 3. ser. v. 13 p. 273—323 tab. 13—14.
- OLTMANN, F. (1904): *Morphologie und Biologie der Algen*. 1. Teil, Gustav Fischer, Jena.
- (1905): Dgl. 2. Teil.
- D'ORBIGNY, ALCIDES (1840): Foraminiferas, in *Historia de la Isla de Cuba por d. Ramon de la Sagra* p. 1—180 tab. 1—12.
- RHUMBLER, L. (1891): Beiträge zur Kenntnis der Rhizopoden 1. Über Entstehung und sekundäres Wachstum der Gehäuse einiger Süßwasserrhizopoden. Z. wiss. Zool. v. 52 p. 515—550 tab. 32.
- (1893): Über Entstehung und Bedeutung der in den Kernen vieler Protozoen und in den Keimhülsen von Metazoen vorkommenden Binnenkörper (Nucleolen). Z. wiss. Zool. v. 54 p. 327—364 tab. 18.
- (1893a): Eine Doppelfärbung zur Unterscheidung von lebenden und abgestorbenen und anorganischen Substanzen nach ihrer Konservierung. Zool. Anz. 14. Jg. p. 47, 57—62.
- (1894): Beiträge zur Kenntnis der Rhizopoden. 2 *Saccamina sphaerica* M. SANS. Z. wiss. Zool. v. 57 p. 433—617 tab. 21—25.

- BRUMBLER, L. (1894a): Die Perforation der Embryonalkammer von *Peneroplis pertusus* FORSKAL. Zool. Anz. 16. Jg. p. 335—342 3 fig.
- (1902): Aggregatzustand und die physikalischen Besonderheiten des Zellinhalts. Z. allg. Physiol. v. 2 H. 2 p. 183—340 tab. 1 111 fig.
- SCHACKO, G. (1882): Vorkommen vollkommen ausgebildeter Embryonen bei einer Rhizopode, *Peneroplis protens* D'ORBIGNY. Ges. nat. Freunde S.-B. v. 17. Okt. 1882 Nr. 8 p. 130—132.
- (1883): Untersuchungen an Foraminiferen. Arch. Naturg. Jg. 49 v. 1 p. 428 resp. 443—453 tab. 12.
- SCHAUDINN, F. (1894): Die Fortpflanzung der Foraminiferen und eine neue Art der Kernteilung. Biol. Centralbl. v. 14 p. 161—165.
- (1894a): *Myxotheca arenilega* n. g. n. sp. Z. wiss. Zool. v. 57 p. 18—31 tab. 2.
- (1894b): Über die systematische Stellung und Fortpflanzung von *Hyalopus* n. g. *Gromia dujardini* SCHULTZE. S.-B. Ges. Naturf. Freunde Berlin p. 14—22.
- (1894c): Über die systematische Stellung und Fortpflanzung von *Hyalopus* (*Gromia dujardini*) SCHULTZE. Naturw. Wochenschr. v. 96 p. 169 fig. 1—6.
- (1895): Untersuchungen an Foraminiferen, *Calcituba polymorpha* ROBOS. Z. wiss. Zool. v. 59 p. 85—97.
- (1895a): Über Dimorphismus der Foraminiferen. S.-B. Ges. Naturf. Freunde Berlin, Jg. 1895 p. 87—97.
- (1895b): Über Plasmogamie bei Foraminiferen. S.-B. Ges. Naturf. Freunde Berlin p. 170—190 fig. 1.
- (1899): Untersuchungen über den Generationswechsel von *Trichosphaerium sieboldi* SCHN. Anb. Abh. k. preuß. Akad. Wiss. Berlin p. 1—94 tab. 1—6.
- (1903): Untersuchungen über die Fortpflanzung einiger Rhizopoden, 1. *Polystomella crispa*. Arb. K. Gesundheitsamt v. 19 p. 548—553.
- SCHWIAKOFF, W. (1889): Beiträge zur Kenntnis der holotrichen Ciliaten. Biblioth. Zool. 1889 H. 5.
- (1894): Über die Natur der sogenannten Exkretkörner der Infusorien. Z. wiss. Zool. v. 57 p. 32—56 tab. 3.
- SCHLUMBERGER, CH. (1883): Sur le *Biloculina depressa* D'ORB. etc. Assoc. France l'avancement Sciences Ronen.
- (1891): Not sur l'*Adelosina polygonia*. Bull. soc. zool. France v. 15 p. 139—146 30 fig.
- (1892) Note préliminaire sur les foraminifères dragées par S. A. le Prince Albert de Monaco. Mem. Soc. zool. France Paris v. 5 p. 207—212.
- SCHULTZE, M. (1854): Über den Organismus der polythalamen Foraminiferen nebst Bemerkungen über die Rhizopoden im allgemeinen, mit 7 tab.
- (1856): Beobachtung über die Fortpflanzung der Polythalamien. Arch. Anat. Physiol. Wiss. Med. v. Joh. Müller Berlin, p. 165—173 tab. 6.
- (1860): Die Gattung *Cornuspira* unter den Monothalamien und Bemerkungen über die Organisation und Fortpflanzung der Polythalamien. Arch. Naturg. Jg. 1861 p. 287—310.
- (1863): Das Protoplasma der Rhizopoden und Pflanzenzellen. Leipzig 63 pp.
- (1866): REICHERT und die Gromien. Arch. mikr. Anat. v. 2 p. 140—160.
- SCHULZE, F. E. (1875): Rhizopodenstudien III. Arch. mikr. Anat. v. 9 p. 94—139 tab. 5—7.
- (1876): Rhizopodenstudien VI. Arch. mikr. Anat. v. 13 p. 9—30 tab. 2—3.

- SEMPER, C. (1863): Reisebericht. Z. wiss. Zool. v. 13 p. 558—569 tab. 38.
- SENN, G. (1900): Cryptomonadinen, in: ENOLEN und BRANDT, die natürlichen Pflanzenfamilien. 1. Teil p. 167—170, W. Engelmann, Leipzig.
- SHERBORN, CH. D. (1893—94): An index to the genera and species of the foraminifera. Washington, Smithsonian Inst. p. 485.
- SIDDALL, J. D. (1880): On Shephardella, an undescribed type of marine Rhyzopoda; with a few observation on Lieberkühnia. Quart. Journ. Microsc. Sc. London v. 20 p. 130—145 tab. 15, 16.
- VERWORN, M. (1892): Die physiologische Bedeutung des Zellkerns (*Orbitolites complanatus* und *Amphistegina lessonii*). Arch. Ges. Physiol. Bonn v. 51 p. 56—71 tab. 3 n. 4.
- WALDEYER, W. (1901—03): Die Geschlechtszellen, in: O. HEATWIG's Handbuch vergl. Entwicklungsg. Wirbeltiere.
- WILLE, N. (1895): Über die Lichtabsorption bei den Meeresalgen. Biol. Centralbl. Leipzig v. 15 p. 529—536.

Tafelerklärung.

Tafel I.

Fig. 1. 49 kammeriger *Peneroplis* im Zustand der Agamogonie. Agameten zum Teil schon ausgetreten, zum Teil noch in der Bildung begriffen. Kammersepten von der 31. Kammer ab aufgelöst. Vergr. 125.

Fig. 2. Eben angetretener Agamet mit deutlicher Perforation und zahlreichen commensalen Algen Co. Vergr. 1000.

Fig. 3. *Cryptomonas schaudinni* im Commensalenzustand ans *Peneroplis*; Ch Chromatophor, K Kern, St Stärkekörner. a normaler Commensale, b—d Teilungsstadien. Vergr. 2250.

Fig. 4. Angeschlüpfter *Cryptomonas schaudinni*, Flagellatenzustand; Ch Chromatophor, K Kern, V Vacuole. Vergr. 2250.

Fig. 5. Anormaler *Cryptomonas schaudinni*. Vergr. 2250.

Fig. 6—9. Degenerierende *Cryptomonas schaudinni* nach Ausstoßen des Chromatophors, 9. Stadium des Absterbens. Vergr. 2250.

Fig. 1—9 Färbungen und Zeichnungen nach dem Leben.

Fig. 10. Microphotographie eines Schnittpräparates mittels Polarisationsapparates. Dentliche Polarisationskreuze in den Stärkekörnern. Vergr. System ZEISS Apochr. Imm. 2 mm, Comp. Oc. 6. Belenchtung Acetylenlicht, Expositions-dauer 2½ Stunden.

Tafel II.

Fig. 11. Schnitt durch commensale Alge ans *Peneroplis*; Cy Cytoplasma, Ch Chromatophor, St Stärkekörner, K Kern, B Binnenkörper. Färbung Hämatoxylin-HEIDENHAIN. Vergr. System ZEISS Apochr. Imm. 2 mm, Comp. Oc. 18.

Fig. 12. Schnittpräparat durch Kammer 1 (Pk Primärkammer) und Kammer 3—5 des macropährischen *Peneroplis*. Ma Macronclens in voller Tätigkeit, G Chr Gameto-Chromidien, Co Commensalen. Färbung nach WIGNER [s. S. 7]. Vergr. System Apochr. Imm. 2 mm, Comp. Oc. 6

Fig. 13. Macronucleus am Schluß seiner funktionellen Tätigkeit, deutliches Liningerüst; *N* Nucleolen. Färbung: Boraxkarmin toto, Hämatoxylin-DELAFIELD Schnitt. Vergr. System wie vorstehend.

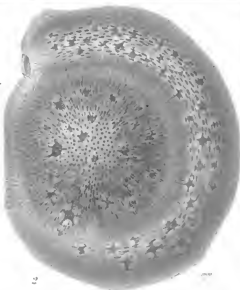
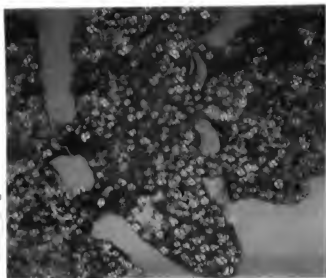
Fig. 14. Schnittpräparat durch Primärkammern (*PK*) 1 und Kammer 3—6 eines geschlechtsreifen macrosphärischen *Peneroptis*. *Ma* Macronucleus samt seinen Nucleolen abgestorben. Extranucleare Kernsubstanz (Gameto-Chromidium *GChr*) beginnt nach vorn zu wandern. Färbung: Boraxkarmin toto, Hämatoxylin-DELAFIELD Schnitt. Vergr. System wie vorstehend.

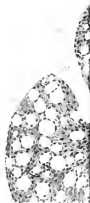
Fig. 15. Totopräparat des Mundporus eines in Gamogonie befindlichen macrosphärischen *Peneroptis*. Gameto-Chromidien in Umhildung zu Gametenkernen (*GK*), vielfach Mitosen. Behandlung: Konservierung in heißem konz. Subl.-Alkohol 2:1, sofort nach Auswaschen Vorfärbung in Boraxkarmin 25 Min., darauffolgend Überführung in 1proz. alkohol. Methylenblaulösung für 12 Stunden, Ausziehen mit salzsaurem Alkohol. Vergr. System Apochr. Imm. 2 mm, Comp. Oc. 4.

Fig. 16. Schnittpräparat durch Kammer 7, 8, 16—21 eines nahezu ausgewachsenen microsphärischen *Peneroptis*. Zahlreiche Kerne, zum Teil im Wachstum (Kammer 8 u. a.), zum Teil ausgereift. Färbung: Boraxkarmin toto, stark differenziert, Hämatoxylin-DELAFIELD. Vergr. System wie vorstehend.

Alle Zeichnungen in Objekttischhöhe.







12



21



22



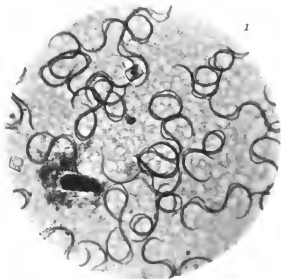
12



21



11



2



6

7



9



10



18



17



19



20



21

