

Beiträge zur Kenntniss der marinen Rhizopoden.

Von

S. Awerinzew

in St. Petersburg.

In der Absicht, meine mehrjährigen Studien an Süßwasser-rhizopoden durch Untersuchungen über die Structur und chemische Beschaffenheit der Schalen mariner Rhizopoden zu ergänzen, begann ich eine Reihe von Versuchen an letzteren. Leider bin ich augenblicklich noch nicht in der Lage, etwas Zusammenfassendes über diese Frage zu geben, da meine Forschungen an den marinen Rhizopoden noch nicht zum Abschluss gekommen sind. Daher möchte ich jetzt nur die Ergebnisse in aller Kürze veröffentlichen. Sie zerfallen in 4 Kapitel: 1. Chemische Beschaffenheit der organischen Substanz in den Gehäusen der marinen Rhizopoden; 2. Bildung der Gehäuse bei den marinen Rhizopoden; 3. Exeretskörner der marinen Rhizopoden; 4. Einige Beobachtungen über *Gromia Dujardini* M. Sch.

Die Untersuchungen wurden während der zwei Monate meines Aufenthaltes im Sommer 1902 auf der Zoologischen Station zu Neapel angestellt. Da die für die russische Regierung reservirten Arbeitsplätze besetzt waren, so konnte ich nur durch die ausnehmende Liebenswürdigkeit des Herrn Prof. A. DOHRN, dem ich auch hier meinen besten Dank ausspreche, ein Unterkommen auf der Station finden. Ebenso möchte ich die Herren Prof. MAYER, Prof. EISIG, Dr. LO BIANCO und die übrigen Angestellten der Station, die meine Arbeit vielfach erleichterten, meiner Erkenntlichkeit versichern. In hohem Maße hat auch mein verehrter Lehrer Herr Prof. W. SCHEWIAKOFF die vorliegende Arbeit durch Rath und That gefördert, und ich fühle mich verpflichtet, ihm auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank für seine Theilnahme auszusprechen.

1. Chemische Beschaffenheit der organischen Substanz in den Gehäusen der marinen Rhizopoden.

Bis zum heutigen Tage besitzen wir noch keine genauen Angaben über die chemischen Eigenschaften der organischen Substanz in den Gehäusen der marinen und Süßwasser-Rhizopoden. In den meisten Lehrbüchern und einschlägigen Arbeiten wird bei Berührung dieser Frage die organische Substanz gewöhnlich als chitinartig bezeichnet. Den Grund zu einer derartigen Benennung lieferten offenbar hauptsächlich die Untersuchungen von M. S. SCHULTZE, die in seiner bekannten Arbeit vom Jahre 1854¹ niedergelegt sind. Hier schreibt dieser Autor unter Anderem: Die Schale von *Gromia oviformis* und *Dujardini* »nähert sich in ihren chemischen Reactionen den chitinartigen Gebilden. Sie widersteht wie jene der Einwirkung von kochender Kali- und Natronlauge und Essigsäure, aber auch concentrirter Salpeter- und Chlorwasserstoffsäure und einer Mischung beider, ebenso kochender Chromsäurelösung, in welchen Flüssigkeiten Chitin gelöst wird. In Schwefelsäure zerfließt sie« (pag. 9). Dasselbe kann man ferner nach seinen Worten von der organischen Substanz der Rhizopoden mit Kalkschale sagen: »In ihrer Resistenz gegen Säuren und Alkalien gleicht dieselbe [eine organische Grundlage der Kalkschale] der kalklosen Hülle von *Gromia*« (pag. 11).

Angeseheinlich galt die Frage den meisten späteren Autoren als genügend untersucht, und es lag keine Veranlassung dazu vor, sie von Neuem vorzunehmen und die Natur der merkwürdigen chitinartigen Substanz einer genaueren Prüfung zu unterwerfen. So finden wir unter Anderem in dem »Text-Book of the physiological Chemistry of the animal Body, by ARTHUR GAMGEE« die directe Angabe, dass die Hülle aller mit einem Gehäuse versehenen Protozoen aus »Chitin« bestehe (pag. 299) u. s. w.²

Erst kürzlich deutete L. RHUMBLER auf die Möglichkeit hin, wenigstens bei den Gehäusen einiger mariner Rhizopoden nicht Chitin,

¹ M. S. SCHULTZE, Über den Organismus der Polythalamien (Foraminiferen). Leipzig 1854.

² Ferner schreibt F. SCHAUDINN (Über den Einfluss der Röntgenstrahlen auf Protozoen. in: Arch. Gesamte Phys. 77. Bd. 1899 pag. 37) erst kürzlich: »Weichkörper — (*Hyalopus dujardini*) — von einer dicken chitinösen Hülle umgeben.«

sondern eine andere, ihrer Natur nach augenscheinlich dem Keratin nahestehende Substanz nachzuweisen¹. Zu einem derartigen Schluss kommt RUMBLER nach der Beschreibung einiger Reactionen und Eigenschaften der organischen Substanz von *Saccamina* (pag. 442, 444, 445), wobei er sagt: »Die Kittsubstanz des *Saccaminagehäuses* besteht nicht, wie man dem äußeren Aussehen nach annehmen sollte, aus Chitin, sondern ist jedenfalls in die Gruppe der Hornstoffe zu verweisen« (pag. 612). An derselben Stelle macht Verf. ähnliche Angaben von den Gehäusen einiger Süßwasserrhizopoden (Anm. 1 pag. 446)². In gleicher Weise habe ich mich auf Grund verschiedener Eigenschaften der in Frage kommenden Substanz sowohl in einigen russischen kleineren Aufsätzen, als auch in meinem Vortrag auf dem 11. Congress Russischer Ärzte und Naturforscher im December 1901 ausgesprochen. Allein mein Aufenthalt an der Neapeler Station, wo mir ein recht reichhaltiges Material zu Gebote stand, bewog mich dazu, die organische Substanz einer nochmaligen Untersuchung zu unterwerfen und womöglich festzustellen, zu welcher von den bekannten Gruppen ähnlicher organischer Verbindungen sie zu stellen sei. Meine Untersuchungen erstreckten sich einerseits auf *Gromia Dujardini*, andererseits auf einige Imperforaten (*Miliolina*, *Peneroplis*). Außerdem standen mir einige *Astrorhiza limicola* zur Verfügung, die der verstorbene Akademiker A. KOWALEWSKY im Marmarameer gesammelt hatte. Von den Perforaten untersuchte ich *Polystomella*, von der ich durch Herrn Prof. W. L. T. SCHEWIAKOFF Material erhielt.

In erster Linie handelte es sich natürlich darum, das Verhalten der organischen Substanz aller dieser Rhizopoden zu den verschiedenen Säuren und Alkalien festzustellen. Es erwies sich, dass sie in allen Fällen ziemlich widerstandsfähig gegen die verschiedenen Reagentien war, wenn auch nicht in dem Maße wie dies von M. SCHULTZE (s. oben) angegeben wird.

Wirkung von KHO und NaHO. Concentrirte kalte Lösungen dieser Reagentien bringen auf den ersten Blick selbst bei ziemlich

¹ L. RUMBLER, Beiträge zur Kenntnis der Rhizopoden. 2. *Saccamina sphaerica* M. Sars. in: Zeit. Wiss. Z. 57. Bd. 1894 pag. 433—617 Taf. 21—25.

² Eine gleichlautende Angabe finden wir über die Hülle von *Trichosphaerium Sieboldi* bei F. SCHAUDINN (Untersuchungen über den Generationswechsel von *Trichosphaerium Sieboldi* Schm. in: Anh. Abh. Akad. Berlin 1899 pag. 29).

langer Einwirkung (bis zu 5 Tagen) keinerlei Veränderung in der organischen Substanz der Gehäuse hervor. Ein geringes Schütteln genügt jedoch, um das so lange im Reagens verbliebene Gehäuse zum vollständigen Zerfallen zu bringen, ohne dass bemerkbare Spuren von ihm zurückbleiben. In einigen Fällen zerstört allerdings auch eine weniger lange Einwirkung (2—3 Tage) das Gehäuse, indem dieses spurlos im Reagens verschwindet, selbst ohne Schütteln. Es kamen aber auch Fälle vor, wo die Substanz selbst nach 5tägigem Aufenthalt im Reagens und trotz Schüttelns nicht zerstört wurde. Concentrirte kochende Lösungen dieser Reagentien rufen unbedingt einen völligen Zerfall hervor, doch kann der Unterschied in der Zeit für den Eintritt des Zerfalls selbst bei Individuen ein und derselben Art immerhin recht beträchtlich sein: er schwankt von 5 bis 15—20 Minuten und mehr. Im Allgemeinen genügt zur Zerstörung der widerstandsfähigsten Gehäuse augenscheinlich ein halbstündiges Kochen. Schwache Lösungen dieser Reagentien (von 5—15 %) scheinen dagegen die organische Substanz nicht zu zerstören, jedoch zerfielen einige Gehäuse von *Gromia* bei fünftägigem Aufenthalt in dem Reagens nach ziemlich energischem Schütteln. Eine 35 % ige Lösung von NaHO zerstört nach längerer Einwirkung (bis 7 und mehr Tage) die Substanz meistens vollständig, obgleich auch hierzu bisweilen, wenn auch nur selten ein Schütteln erforderlich ist. Kochende Lösungen von 30—35 % Stärke zerstören die Substanz gleichfalls. Auch habe ich Fälle beobachtet, wo eine Lösung von NaHO bei gleicher Concentration und Wirkungsdauer augenscheinlich stärker wirkt, als die von KHO.

Wirkung von HCl und HNO₃. Schwache Lösungen dieser Säuren (5—15 %) zeigen selbst nach sehr langer Zeit nicht den geringsten Einfluss auf die organische Substanz der Gehäuse. Dasselbe Verhalten sehen wir bei der Einwirkung concentrirter Säuren (HCl—spec. Gew. 1,19 und HNO₃—spec. Gew. 1,20) in kaltem Zustande, obwohl hier (wenn auch sehr selten) Fälle beobachtet wurden, wo die Substanz nach 7—10 tägigem Verweilen in dem Reagens zerstört wurde. Beim Kochen in concentrirten Säuren (10—45 Minuten lang) werden die Gehäuse (jedoch nicht alle) vollständig zerstört¹.

Wirkung von Essigsäure. Sowohl in schwachen Lösungen

¹ Ich glaube jedoch annehmen zu können, dass längeres Kochen die organische Substanz selbst der resistenteren Gehäuse zerstört haben würde.

als auch in der concentrirten Säure (spec. Gewicht 1,060), einerlei ob kalt oder heiß, erleidet die organische Substanz augenscheinlich keine Veränderung.

Wirkung von H_2SO_4 . Schwache Lösungen haben sowohl kalt als auch heiß augenscheinlich keinen Einfluss auf die Substanz. Bei sehr langer (7—10 Tage) Einwirkung kalter, concentrirter Schwefelsäure (spec. Gew. 1,84) verschwindet die organische Substanz fast aller Gehäuse. Allein auch hier hatte ich einzelne Fälle, wo die Gehäuse ohne nennenswerthe Veränderung erhalten blieben. Schütteln begünstigte in solchen Fällen das Verschwinden der übrig gebliebenen Gehäuse. Beim Kochen in der concentrirten Säure wurde die Substanz stets zerstört, obgleich die Zeit zwischen 5 und 15 Minuten schwankte. Selbst ein einfaches Erwärmen, ohne Kochen, beschleunigt die Zerstörung der Gehäuse in beträchtlichem Grade.

Wirkung von Na_2CO_3 . Weder die verdünnte noch eine concentrirte Sodalösung üben augenscheinlich die geringste Wirkung auf die organische Substanz aus, ein schwaches Anschwellen ausgenommen.

Wirkung verdauender Fermente. Selbst bei sehr langer Wirkung bleibt die organische Substanz der Gehäuse dem Anschein nach ganz unverändert. Einige Gehäuse von *Gromia Dujardini* M. Sch., die einer salzsauren Lösung von Pepsin bis zu 3 Tagen ausgesetzt blieben, waren in der Folge sehr wenig widerstandsfähig gegen kochende Lösung von Natron- und Kalilauge.

Verhalten gegen färbende Substanzen. Durch Alauncarmin und Alaunhämatoxylin wird die organische Substanz nach mehr oder weniger langer Einwirkung prachtvoll gefärbt. Eine alkoholische Jodfärbung färbt sie braungelb.

Ammoniak und Osmiumsäure zerstören die organische Substanz nicht. Die Reaction auf Cellulose ergab gleichfalls ein negatives Resultat¹.

Aus allen oben angeführten Reactionen kann der Schluss gezogen werden, dass die Substanz nicht in der Rubrik Chitin untergebracht werden kann, während die Bezeichnung chitinartig für die Substanz gleichfalls nicht beibehalten werden darf, da dies ein ganz unbestimmter und ungenauer Begriff ist.

Es unterlag für mich keinem Zweifel, dass die Substanz zu den Albuminoiden, den Derivaten echter Albumine, zu stellen sei; daher

¹ Hierauf wurde schon von M. SCHULTZE, l. c. pag. 9, hingewiesen.

war es meine Aufgabe, diese Ansicht zu beweisen und die Gruppe festzustellen, der die Substanz auf Grund ihrer Reaction am nächsten kommt.

Während in früheren Zeiten die Meinung bestand, dass die Keratine ausschließlich bei den Wirbelthieren zu finden seien, kann diese Ansicht gegenwärtig als erschüttert betrachtet werden, nachdem durch die Arbeiten von W. ENGEL¹, B. SUKATSCHOFF² und einigen anderen Autoren die Möglichkeit nachgewiesen worden ist, dass derartige Substanzen auch unter den wirbellosen Thieren angetroffen werden.

Unter allen Albuminoiden zeigen die Keratine die geringste Löslichkeit, was mit den angegebenen Reactionen auf die organische Substanz der Gehäuse vollständig übereinstimmt. Es mussten nun noch die Eiweißreactionen angewendet werden, die überhaupt bei den Keratinen — unter Berücksichtigung ihrer Eigenschaften (bedeutende Unlöslichkeit u. s. w.) — vorkommen können, und zwar die MILLON'sche und die Xanthoproteinreaction.

Die MILLON'sche Reaction. Zu einer derartigen Reaction wurden selbstverständlich nur Gehäuse verwendet, die auf irgend einem Wege von ihrem Protoplasma befreit und gut ausgewaschen worden waren. Die dünnsten Schichten der organischen Substanz färbten sich bei dieser Reaction schön gelbroth, in der Farbe einzelner rother Blutkörperchen. Geling es jedoch, die organische Substanz zu einem kleinen Kügelchen zusammenzurollen, so zeigte dies eine rothe Färbung.

Xanthoproteinreaction. Es muss hier erwähnt werden, dass die allerdeutlichsten und positivsten Resultate mit den Gehäusen von *Gromia Dujardini* erzielt werden, wo sie geradezu ausgezeichnet genannt werden können. Erstens tritt bei Hinzufügung von concentrirter HNO_3 bereits kalt ein (allerdings sehr unbedeutendes) Gelbwerden des Gehäuses ein, das sich beim Erwärmen verstärkt; giebt man ferner zu einem so behandelten Exemplar etwas NaHO -Lösung hinzu, so tritt eine schöne rothbraune Färbung ein, wobei man jedoch darauf zu achten hat, dass eine genügende Quantität Natronlauge hinzugefügt wird, da andernfalls die Färbung entweder gar nicht eintritt oder sofort wieder verschwindet. Giebt man dagegen zu

¹ W. ENGEL in: Zeit. Biol. 27. Bd. 1890 pag. 374; 28. Bd. 1891 pag. 341.

² B. SUKATSCHOFF, Über den feineren Bau einiger Cuticulae. in: Zeit. Wis. Z. 66. Bd. 1899 pag. 401.

einem mit HNO_3 behandelten Exemplar Ammoniaklösung, so nimmt das Gehäuse eine Orangefärbung an.

Außer durch diese beiden Reactionen sind die Keratine durch die Anwesenheit von Schwefel gekennzeichnet, von welchem sich ein gewisser Theil ziemlich leicht abspalten lässt, was durch die nachstehend geschilderte Reaction constatirt werden kann.

Reaction auf den abgespaltenen Schwefel. Auch in diesem Fall bildet das Gehäuse von *Gromia Dujardini* wegen seiner bedeutenden Größe das günstigste Object. Es wurde auf ein Deckgläschen in concentrirte Lösung von NaHO gelegt, etwas Bleiacetat zugesetzt, und hierauf das Deckgläschen erwärmt. In sehr kurzer Zeit zeigte das Gehäuse eine rothbraune Färbung, was deutlich auf die Gegenwart abgespaltenen Schwefels hinwies (ein darauf folgendes Ausfallen von Krystallen aus der Lösung habe ich nicht beobachtet).

Es ist mir demnach, soweit dies möglich war, augenseheinlich gelungen, die Zugehörigkeit der organischen Substanz in den Gehäusen der marinen Rhizopoden zu den Albuminoiden, und zwar in nächster Nähe der Keratingruppe festzustellen. Ich halte es für nöthig, hier zu bemerken, dass ich die Reactionen für jede Art aus dem Grunde hier nicht einzeln mitgetheilt habe, weil dieselben bei allen Arten identisch waren. Die Antwort auf die Frage nach der Zugehörigkeit zur Kreatingruppe muss übrigens meiner Ansicht nach der Zeit anheimgestellt werden, wenn es gelungen ist, die Zerfallproducte dieser Substanz zu bestimmen und die des Tyrosins und Cystins zu erhalten.

Erwärmung. Bei fortschreitender Erwärmung, sei es auf dem Objectträger oder auf einem Platinplättchen, verkohlt, wie dies zu erwarten war, die organische Substanz, dann verbrennt die Kohle, und ein sehr unbedeutender Rest anorganischer Substanz bleibt zurück. Dieser Rest findet sich sowohl bei *Gromia* (s. unten) als auch bei anderen, bereits entkalkten Kalksehalen.

Was die Gehäuse betrifft, die vorzugsweise aus Sandkörnern bestehen (*Rhabdammina* u. a. m.), so möchte ich auch hier, obgleich sich natürlich die organische Substanz nicht isoliren ließ, auf das Vorhandensein einer solchen, die dazu ähnliche Eigenschaften besitzet, schließen (vergl. auch die obigen Angaben RHUMBLER'S über *Saccammina*), und zwar auf Grund ihres Zerfalls beim Kochen in concentrirter Lösung von NaHO und in concentrirten anorganischen Säuren. 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 den Säuren, Alkalien und selbst zu den verdauenden Fermenten verhalten¹.

2. Die Bildung der Gehäuse bei den marinen Rhizopoden.

Um die Frage nach der Bildung der Kalkschalen beantworten zu können, müssen noch viele Versuche und Beobachtungen angestellt werden. Da ich mich nicht auf solche stützen kann, so will ich hier nur in Kürze die Gedanken darlegen, die meiner Ansicht nach dazu in gewissem Grade beitragen können.

Auf Grund meiner allerdings noch nicht zu Ende geführten Untersuchungen über den mikroskopischen Bau des Kalkes bei den marinen Rhizopoden möchte ich annehmen, dass ihre Gehäuse aus kleinsten Sphärokrystallen oder Globuliten aufgebaut sind, die unter einander verschmolzen sind. Bei den Imperforaten ist eine derartige Structur ohne besondere Mühe nachweisbar².

Ziehen wir die Zusammensetzung des Seewassers in Betracht, so finden wir Folgendes: 1000 Theile Seewasser enthalten 30,292 NaCl, 0,779 KCl; 3,240 MgCl₂; 2,638 MgSO₄; 1,605 CaSO₄ und 0,050 Kieselsäure, phosphorsaures Calcium und Eisenoxyd.

Es fragt sich nun, woher die hauptsächlichsten anorganischen Bestandtheile der Gehäuse — wie CaCO₃, MgCO₃ und ebenso das phosphorsaure Calcium — ihren Ursprung nehmen. Die Antwort hierauf kann verschieden lauten: entweder durch unmittelbare gegenseitige Wirkung des Protoplasmas und einiger Salze des Seewassers, oder unter Hülfe complicirter, innerhalb der Zelle selbst sich abspielender Processe.

Es liegt nahe, zuerst die Möglichkeit ins Auge zu fassen, die leichter und unserem Verständniß zugänglicher ist.

Auf den ersten Blick erscheint es befremdend, auf einfache gegenseitige Wirkung zwischen einem Theil des Protoplasmas und den schwefelsauren Salzen des Calciums und Magnesiums zurück-

¹ Vergl. auch F. SCHAUDINN, l. c. (*Trichosph.*) pag. 28: »Im allgemeiner sind junge und eben abgeschiedene Hüllen [*Trichosph. Sieboldi*] noch leichter lösbar in Säuren und Alkalien als alte.«

² Vergl. S. AWERINZEW, Über die Structur der Kalkschalen mariner Rhizopoden. in: Zeit. Wiss. Z. 74. Bd. pag. 475—490 Taf. 24.

zugreifen, um das Entstehen kohlensaurer Salze dieser Metalle zu erklären. Eine solche Auffassung ist aber wohl genügend begründet, wenn wir die Versuche STEINMANN's berücksichtigen¹. Während vor STEINMANN viele Autoren die Bildung kohlensaurer Calciumsalze bei gegenseitiger Einwirkung des kohlensauren Salzes irgend eines Alkalimetalls (z. B. K) mit CaCl_2 in Gestalt besonderer Körner (Globulite) untersucht haben, ist STEINMANN zum ersten Male der Gedanke gekommen, die Wirkung des schwefelsauren Magnesiums und Calciums auf gewöhnliches Hühnereiweiß zu prüfen. Das Resultat seiner Versuche war die Bildung einachsiger, optisch negativer Sphärokrystalle von CaCO_3 und MgCO_3 . Auch das Eiweiß veränderte sich hierbei und ergab eine Substanz, die in Alkalien und Säuren sehr schwer löslich und dem Concholin ähnlich ist.

Ich habe die gleichen Versuche ausgeführt und kann die Resultate STEINMANN's vollauf bestätigen, und zwar auch darin, dass bei sonst ganz gleichen Bedingungen viel weniger Magnesiumcarbonat erzielt wird, als Calciumcarbonat.

Diese Sphärokrystalle vergleicht STEINMANN in ihren optischen Eigenschaften und sonstigen Eigenheiten mit den Gehäusen von *Globigerina* oder *Orbulina*, doch scheint mir dieser Vergleich zu oberflächlich, und man kann sie eher mit den Globuliten vergleichen, die diese Gehäuse zusammensetzen.

Meiner Ansicht nach lässt sich die Bildung der Gehäuse im Großen und Ganzen auf die Ausscheidung einer eiweißhaltigen Schicht durch das Protoplasma an seiner Oberfläche und auf die gegenseitige Wirkung zwischen dem Plasma und den Salzen des Seewassers zurückführen. Aus letzteren bilden sich die Globulite von CaCO_3 und MgCO_3 , die ausfallen und inmitten der oberflächlichen Eiweißmembran niedergeschlagen werden, während letztere sich verändert und die organische Substanz des Gehäuses bildet.

In voller Übereinstimmung mit diesem Process steht die geringe Quantität von MgCO_3 in den Gehäusen, obgleich MgSO_4 im Seewasser vorwiegt.

Was nun das Calciumphosphat betrifft, so kann man annehmen, dass es in Gestalt von Excretkörnern direct aus dem Protoplasma

¹ G. STEINMANN, Über Schalen und Kalksteinbildung. in: Ber. Nat. Ges. Freiburg 4. Bd. 1889 pag. 288—293. — Über die Bildungsweise des dunklen Pigments bei den Mollusken nebst Bemerkungen über die Entstehung von Kalkcarbonat. *ibid.* 9. Bd. 1899 pag. 40—45.

in das Gehäuse abgeschieden wird (vergl. das Fehlen contractiler Vacuolen bei den marinen Rhizopoden).

Über das Wachstum der Gehäuse und die Ablagerung der übrigen Bestandtheile ist es schwer, etwas Bestimmtes anzugeben, da mehrere hierzu notwendige Thatsachen noch nicht bekannt sind. Ich vermute, dass wenigstens einige Gehäuse die Fähigkeit besitzen, in die Dicke zu wachsen, und dass dies Wachstum von der periodischen Ablagerung neuer Schichten eiweißhaltiger Substanz an ihrer Oberfläche abhängig ist.

3. Die Excretkörner der marinen Rhizopoden.

Eine der Fragen, deren Beantwortung an lebenden Exemplaren ich mir für meinen Aufenthalt an der Neapeler Station vorgenommen hatte, betraf die chemische Zusammensetzung der Excretkörner der Rhizopoden.

Obgleich es F. SCHAUDINN¹ in neuester Zeit bis zu einem gewissen Grade gelungen ist, die Identität ihrer Zusammensetzung mit der der Excretkörner bei den Infusorien, wie sie von WL. SCHEWIAKOFF² festgestellt wurde, nachzuweisen, so erschien es mir doch wünschenswerth, die Analyse nochmals, und zwar möglichst genau durchzuführen und dabei nachzuforschen, ob bei den Rhizopoden Harnsäure vorhanden ist, wie dies z. B. SCHAUDINN für *Trichosphaerium Sieboldi*³ angegeben hat.

Schon O. BÜTSCHLI giebt in seinem grundlegenden Protozoenwerke⁴ unter Anderem an, dass sich bei den marinen Rhizopoden diese Producte des Stoffwechsels ebenso häufig vorfinden müssen wie bei den Süßwasserarten.

Ich habe daraufhin sehr viele der mir zu Gebote stehenden Rhizopoden untersucht, wie z. B. *Gromia*, *Miliolina*, *Haliphysema Truncatulina*, *Peneroplis*, *Planorbulina*, *Polystomella* etc. und gefunden, dass bei diesen Species keinerlei Regelmäßigkeit im Auf

¹ F. SCHAUDINN, l. c. (*Trichosphaer.*) pag. 50.

² WL. SCHEWIAKOFF, Über die Natur der sogenannten Excretkörner der Infusorien. in: Zeit. Wiss. Z. 57. Bd. pag. 32—56 Taf. 3.

³ l. c. pag. 51.

⁴ O. BÜTSCHLI, Protozoa. in: BRONN's Klassen und Ordnungen 1. Bd. Sarcodina. pag. 104.

treten von Exeretskörnern beobachtet werden kann: während sie bei einigen Exemplaren gänzlich fehlen, sind sie bei anderen in ganz beträchtlicher Menge enthalten.

Directe Versuche konnte ich wegen Zeitmangels nicht anstellen, glaube aber hier eine Abhängigkeit von der Qualität der Nahrung annehmen zu dürfen, wie dies SCHEWIAKOFF für die Infusorien angiebt und SCHAUDINN für die Exeretskörner von *Trichosphaerium* bestätigt. Noch früher als bei *Tr.* fand SCHAUDINN die Exeretskörner der marinen Rhizopoden bei *Calcituba polymorpha*¹ und RHUMBLER bei *Saccamina*².

Die von mir untersuchten Exeretskörner waren von sehr verschiedener Gestalt, z. B. bei *Gromia* waren es runde Körnchen von äußerst geringer Größe oder unregelmäßig geformte, bei *Haliphysema* dagegen vorzugsweise krystallartige Gebilde. Bei der Untersuchung im durchfallenden Licht erscheinen diese Körnchen von hellblauer oder bisweilen sogar von grünlicher Farbe, während sie bei auffallendem Licht stark glänzend erscheinen. Sie sind stark lichtbrechend, so dass ihr Brechungsindex größer ist, als der des Canada-balsams.

Als ein sehr charakteristisches, schon von MAUPAS mitgetheiltes Merkmal erscheint ihre Fähigkeit, das Licht doppelt zu brechen. Ich habe selbstverständlich alle Exeretskörner in erster Linie mit dem Polarisationsapparat untersucht, und es erwies sich, dass sie ohne Ausnahme stark doppelbrechend waren.

Bei der Untersuchung der Exeretskörner auf ihre Löslichkeit ergab sich, dass sie sich fast gar nicht in kaltem Wasser, absolutem Alkohol, einer Mischung von absolutem Alkohol und Äther, sowie in $\frac{1}{2}$ —2% iger Osmiumsäure auflösen.

Was die Wirkung anorganischer Säuren (HCl, H₂SO₄ und HNO₃) betrifft, so war die Löslichkeit hier sehr groß. In concentrirten Säuren verschwinden sie fast augenblicklich (am langsamsten augenscheinlich in HNO₃, wie ich dies unter dem Mikroskop zu beobachten Gelegenheit hatte). Viel schwerer lösen sie sich in concentrirter Essigsäure; ebenso wirken relativ langsam 35% ige Lösungen von KHO und NaHO auf sie ein. Auf Grund aller dieser Reactionen, die mit den von SCHEWIAKOFF für die Exeretskörner der Infusorien an-

¹ F. SCHAUDINN, Untersuchungen an Foraminiferen. 1. *Calcituba polymorpha*. in: Zeit. Wiss. Z. 59. Bd. 1895 pag. 208.

² L. RHUMBLER, l. c. (*Saccamina*) pag. 509—511.

gegebenen übereinstimmten, entschloss ich mich dazu, die Reaction auf Ca und Phosphorsäure zu versuchen.

Bei diesen Reactionen wird die Sache durch den Umstand erschwert, dass das Kalkgehäuse der Rhizopoden diese Bestandtheile in sich enthält. Aus diesem Grunde nahm ich zur Untersuchung das Protoplasma von *Gromia Dujardini* und *Haliphysema ramulosum*, das voll Exeretskörner war. Um sicher zu sein, dass die *Gromia* keine Bruchtheile des Gehäuses enthalten, untersuchte ich kleine Quantitäten ihres Plasmas unter dem Mikroskop und schritt erst nachher zur Vornahme der nothwendigen Reactionen, indem ich das Plasma zuvor auf dem Objectträger etwas antrocknen ließ. Auch aus den Zweiglein von *Haliphysema* isolirte ich unbedeutende Quantitäten von Plasma ohne Gehäusebruchstücke und andere ähnliche Einschlüsse. Der Nachweis von Ca gelang ausgezeichnet, indem entweder mikroskopische Kryställchen von oxalsaurem Calcium oder die charakteristischen Gypsnädelchen erzielt wurden. Die Phosphorsäure dagegen wurde durch die allgemein übliche Reaction auf Ammoniumphosphomolybdat nachgewiesen. Außerdem wandte ich für die Exeretskörner verschiedener Arten die Farbenreaction mit Hülfe von salpetersaurem Silber an, die von SCHEWIAKOFF mitgetheilt worden ist. Lässt man die erwähnte Lösung auf nach Möglichkeit isolirte Exeretskörner einwirken, so färben sie sich, ohne sich aufzulösen, wunderschön goldgelb; besonders schön ist diese Färbung im reflectirten Licht zu sehen. Dabei behalten sie natürlich ihre Doppelbrechung bei.

Was dagegen den Nachweis von Harnsäure oder z. B. von Leucinkrystallen¹ betrifft, so kann ich trotz einer Reihe von Microreactionen nichts Bestimmtes über diesen Gegenstand mittheilen.

Vom theoretischen Standpunkt aus bietet ein solcher Nachweis nichts Unwahrscheinliches, und weitere Untersuchungen müssen in dieser Richtung angestellt werden, da es dann möglich wird, der äußerst interessanten Frage nach der intracellulären Verdauung wenigstens etwas näher zu treten.

¹ Diese finden sich nach den neuesten Untersuchungen von A. ŠTOLC bei der gewöhnlichen *Amoeba proteus*. (A. ŠTOLC, Über das Verhalten des Neutralroths im lebendigen Protoplasma. in: Zeit. Allg. Phys. 1. Bd. 1902 pag. 210.)

4. Einige Beobachtungen an *Gromia Dujardini* M. Sch.

Dieser Rhizopode wurde zuerst von M. SCHULTZE aufgefunden und beschrieben¹. Sodann widmete ihm F. SCHAUDINN vor kurzer Zeit einen Aufsatz, worin er vorschlug, für *Gromia Dujardini* die Gattung *Hyalopus* aufzustellen².

Was das Gehäuse dieser Art betrifft, so beschreibt es M. SCHULTZE als vollständig glatt und structurlos; O. BÜTSCHLI³ dagegen, der hauptsächlich die Pseudopodien dieser Art untersuchte, bemerkt unter Anderem: »Die ziemlich dicke Schalenhaut erscheint auf dem optischen Längsschnitt fein radiär gestreift.« Es gelang mir in erster Linie zu constatiren, dass das Gehäuse von *Gromia Dujardini* aus einer äußeren, dicken und einer inneren, dünneren Schicht besteht. Während die erstere Schicht unter gewöhnlichen Bedingungen die Gestalt einer Kugel oder eines Rotationsellipsoids beibehält, legt sich die zweite dem Plasma des Rhizopoden dicht an und folgt größtentheils seinen Contractionsbewegungen; dies Verhalten erklärt den Umstand, warum die innere Schicht schwer zu bemerken ist und bisher noch nicht beschrieben wurde. Ihren chemischen Eigenschaften nach stimmen beide Schichten, soweit ich mich davon überzeugen konnte, ziemlich überein, wie auch ihre Substanz überhaupt zu den organischen Substanzen der Gehäuse bei den marinen Rhizopoden passt. Sie enthalten jedoch außerdem eine unbedeutende Beimischung von anorganischer Substanz — Kieselerde oder unlöslicher Silicate.

Die Structur beider Schichten ist dagegen in beträchtlichem Grade verschieden. Während die innere, dünne, wenig elastische unter gewöhnlichen Bedingungen ganz homogen aussieht, ist die äußere von einer Unmenge feinsten Canäle durchsetzt, wobei ein jedes Canälchen an der Außenseite des Gehäuses auf dem Gipfel eines Höckerehens endet, was dem Gehäuse im optischen Querschnitt

¹ M. SCHULTZE, Über den Organismus der Polythalamien. 1854 pag. 55 Taf. 7 Fig. 1—7.

² F. SCHAUDINN, Über die systematische Stellung und die Fortpflanzung von *Hyalopus* n. g. in: Sitzungsber. Ges. Nat. Freunde Berlin 1894 pag. 14—22.

³ O. BÜTSCHLI, Untersuchungen über mikroskopische Schäume. Leipzig 1892 pag. 69—70.

das Aussehen eines Streifens mit hier und da abstehenden abgerundeten Zähnchen giebt. Über die Beschaffenheit des Gehäuses um den Mund herum liegen mehrere kurze Beobachtungen von BÜTSCHLI¹ und anderen Autoren vor. Von ihnen Allen wird hier ein besonderer, dickerer Abschnitt des Gehäuses beschrieben, der im Bau vom übrigen Gehäuse abweicht und zum Verschluss des Mundes dient. Mir scheint, dass der Verschluss von der Anwesenheit der soeben beschriebenen inneren Schicht des Gehäuses abhängig ist. Er steht mit dieser circumoralen Verdickung in unmittelbarem Zusammenhang, und nur unter der Einwirkung dieser Schicht ziehen sich die verdickten Ränder des Mundes zusammen und verschließen letzteren. Wir sehen hier demnach ein Homologon des Apparats, dessen Function noch nicht in allen Details aufgeklärt ist, und den augenscheinlich RHUMBLER von *Saccammina sphaerica*² und SCHAUDINN von *Trichosphaerium*³ beschrieben haben.

Ich möchte hier die Vermuthung aussprechen, dass mit der Zeit auch bei vielen anderen Rhizopoden eine ähnliche Vorrichtung zum Verschluss der für den Austritt der Pseudopodien bestimmten Öffnungen gefunden werden wird, die in directem Zusammenhang mit der inneren, nicht verkalkten, das Plasma umgebenden Membran steht.

Was die Pseudopodien betrifft, so bemerkte schon M. SCHULTZE ihre vollständige Homogenität und das Fehlen irgend welcher Körnerströmung. Dies bestätigten unter Anderem BÜTSCHLI und SCHAUDINN. Der von SCHULTZE beschriebene Fall einer Verbindung der Pseudopodien durch Anastomosen wurde jedoch von den genannten zwei Autoren nicht bestätigt, und SCHAUDINN schlägt hauptsächlich mit Rücksicht auf diese Eigenschaften vor, für *Gromia Dujardini* die Gattung *Hyalopus* aufzustellen. Es gelang mir jedoch, mehrfach derartige Anastomosen zwischen Pseudopodien zu constatiren, was mich dazu veranlasst, den genannten Rhizopoden bis zu einer genaueren Untersuchung dieser Frage wieder mit seinem alten Namen zu belegen.

Die Frage nach den Einschlüssen im Plasma von *Gromia* beschäftigte mich lebhaft, doch sind die Resultate in dieser Richtung sehr geringfügig. Der Grund dafür lag einerseits an der kurzen

¹ l. c. pag. 69.

² L. RHUMBLER, l. c. (*Saccammina*) pag. 474 ff.

³ F. SCHAUDINN, l. c. (*Trichosphaer.*) pag. 30 Taf. 4 Fig. 6, 7.

Dauer der Untersuchungen, andererseits an der Schwierigkeit des Gegenstandes.

Die allgemeine Reaction des Plasmas ist, wie zu erwarten war, alkalisch. Wir finden im Plasma bisweilen ein bedeutendes Quantum Eisenoxyd und viele Excretkörner. Von sonstigen Einschlüssen giebt es Sandkörner, Bruchtheile aufgenommener Nahrung, Holzplitterchen etc.; außerdem finden wir stets die »Stercome« SCHAUDINN'S, die schon von RHUMBLER¹ beschrieben wurden, sowie die Xanthosome des letztgenannten Autors².

Über die Stercome kann ich Alles bestätigen, was SCHAUDINN davon bei *Trichosphaerium*³ mitgetheilt hat. Die Xanthosome stimmen in Gestalt und Farbe vollständig mit RHUMBLER'S Beschreibung überein, doch kann ich mich nicht mit den Annahmen dieses Autors von ihrer Entstehung aus den Excretkörperchen einverstanden erklären.

Die Reactionen, die ich vorgenommen habe, ergaben zwar keine genügenden Grundlagen zur Aufklärung der chemischen Eigenschaften der Xanthosome, jedoch scheint festzustehen, dass letztere

- 1) durch concentrirte H_2SO_4 grün werden und sodann verschwinden,
- 2) durch concentrirte HCl verschwinden,
- 3) durch concentrirte KHO ihre Farbe verändern und verschwinden,
- 4) in Osmiumsäure unverändert bleiben,
- 5) in einer Mischung von absolutem Alkohol und Äther unlöslich sind,
- 6) die ZOPF'Sche Reaction auf Lipochrome nicht zeigen,
- 7) mit DELAFIELD'Schem Hämatoxylin oder Neutralroth nicht färbbar sind,
- 8) in Süßwasser sich fast gar nicht verändern,
- 9) in Chlorwasser sich entfärben und etwas anschwellen,
- 10) nicht doppelbrechend sind (vergleiche RHUMBLER, l. c. pag. 567),

¹ L. RHUMBLER, Eisenkiesablagerungen im verwesenden Weichkörper von Foraminiferen. in: Nachr. Ges. Wiss. Göttingen 1892 No. 12 pag. 2.

² L. RHUMBLER, Beiträge zur Kenntnis der Rhizopoden. in: Zeit. Wiss. Zool. Bd. pag. 566.

³ F. SCHAUDINN, l. c. (*Trichosphaer.*) pag. 43.

364 S. Awerinzew, Beiträge zur Kenntnis der marinen Rhizopoden.

11) bei Erwärmung fast unverändert bleiben, darauf aber augenscheinlich anfangen das Licht zu polarisiren.

Ausführliche Angaben über den Bau des Gehäuses, die Kerne, die Art und Weise der Theilung und die Bildung der Stercome hoffe ich in einer bald erscheinenden Arbeit über *Gromia* geben zu können.

St. Petersburg, im October 1902.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mittheilungen aus der Zoologischen Station zu Neapel](#)

Jahr/Year: 1903/04

Band/Volume: [16](#)

Autor(en)/Author(s): Awerinzew Sergei Wassiljewitsch

Artikel/Article: [Beiträge zur Kenntnis der marinen Rhizopoden. 349-364](#)