# Gasvacuolen, ein Bestandtheil der Zellen der wasserblüthebildenden Phycochromaceen.

Von **Dr. H. Klebahn** in Hamburg.

Hierzu Tafel IV.

Der nachfolgende Aufsatz entstand während eines längeren und wiederholten Aufenthaltes in Ploen, der mir durch ein Stipendium der Kgl. Akademie der Wissenschaften in Berlin ermöglicht wurde. Es sei mir gestattet, der Kgl. Akademie auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank abzustatten. Ferner bin ich dem Begründer und Leiter der Biologischen Station in Ploen, Herrn Dr. O. Zacharias, dafür zu Dank verpflichtet, dass er mich zu dem Besuche der Station animirte und mir die Hilfsmittel derselben in liebenswürdiger Weise zur Verfügung stellte.

## I. Einleitung.

Die Algenwelt der grossen Süsswasserbecken lässt sich in ähnlicher Weise, wie die des Oceans, in zwei grosse biologische Gruppen eintheilen, von denen die eine alle diejenigen Algen umfasst, die das Bedürfniss haben, sich an festen Gegenständen anzusiedeln oder sich wenigstens daran zu stützen, die andere dagegen solche Algen, die vermöge besonderer Eigenthümlichkeiten ihrer Organisation befähigt sind, sich mehr oder weniger vollkommen im Wasser schwebend zu erhalten. Während die Ersteren ihrer Verbreitung nach auf die Küstenregionen beschränkt sind, werden die Letzteren, die Planktonalgen, an jeder beliebigen Stelle, am reinsten aber in möglichster Entfernung vom Ufer angetroffen. Auch die Planktonalgen umfassen wieder mehrere Gruppen von abweichender Organisation und verschiedenem biologischen Verhalten. Ein Theil von ihnen besitzt ein specifisches Gewicht, welches das des Wassers um ein geringes übertrifft. Diese Algen würden sich nicht dauernd im Wasser schwebend



Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0245-4

erhalten können, wenn nicht besondere Einrichtungen bei ihnen zur Ausbildung kämen, die das Versinken hindern. So besitzen z. B. die Volvocaceen und Peridineen schwingende Geisseln, die eine, man möchte sagen, willkürliche Ortsveränderung ermöglichen. Auch die Diatomeen des Süsswasser-Planktons, die, soweit man weiss, der Eigenbewegung entbehren, aber durch die Gestalt ihrer Schalen und ihre Anordnung zu Colonien dem Sinken einen gewissen Widerstand entgegensetzen[1]), scheinen schwerer zu sein als das Wasser; ich werde am Schlusse dieser Arbeit darauf zurückkommen. Eine andere Gruppe von Planktonalgen zeichnet sich dagegen gerade dadurch aus, dass ihr specifisches Gewicht geringer ist, als das des Wassers. Diese haben daher die Eigenthümlichkeit, dass sie in völlig ruhigem Wasser noch oben steigen und sich in einer Schicht an der Oberfläche ansammeln. Geschieht das an den Orten ihrer natürlichen Verbreitung in grösserem Maassstabe, so bilden sie jene auffälligen grünen Ueberzüge, die seit langer Zeit das Interesse der Beobachter gefesselt haben und mit dem Namen Wasserblüthe bezeichnet werden. Nur im bewegten Wasser bleiben sie in verschiedenen Tiefen schwebend mehr oder weniger gleichmässig vertheilt. Hierher gehören fast ausschliesslich Algen aus der Gruppe der Phycochromaceen.

Während meines Aufenthaltes in Ploen habe ich namentlich der zuletzt genannten Gruppe der Planktonalgen meine Aufmerksamkeit zugewandt. Zunächst war es die von Paul Richter im II. Theile der von O. Zacharias herausgegebenen Forschungsberichte der Biologischen Station zu Ploen bearbeitete Gloiotrichia echinulata (Engl. Bot.) P. Richter, die mich durch ihr massenhaftes Vorkommen und durch ihr interessantes Verhalten fesselte und zu einer Lösung der Frage herausforderte, worin das Wesen und die Bedeutung der in ihren Zellen enthaltenen, von P. Richter für Schwefel angesehenen rothen Körper bestehe. Da die Letzteren sich auch in den Zellen der anderen wasserblüthebildenden Phycochromaceen finden, so wurde die Untersuchung auch auf diese ausgedehnt.

Während der Arbeit erfreute ich mich der anregenden Theilnahme und Unterstützung des Herrn Dr. S. Strodtmann[2]), der,

1) Sehr anschaulich hat F. Schütt in den „Ergebnissen der Plankton-Expedition“ (Das Pflanzenleben der Hochsee, Kiel und Leipzig 1893) die Schwebevorrichtungen der Hochsee-Diatomeen geschildert.

2) Vgl. die Arbeit von Dr. S. Strodtmann im III. Theile der Forschungsberichte aus der Biologischen Station zu Ploen. — Infolge meiner Uebersiedelung

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0246-0

mit Studien über das biologische Verhalten der Planktonorganismen im Allgemeinen und im Besonderen mit Rücksicht auf deren Schwebfähigkeit beschäftigt, auch mit Gloiotrichia echinulata Versuche anstellte. So gelangten wir dazu, eine Reihe von Versuchen und Beobachtungen gemeinsam auszuführen, deren Ergebnisse jeder für seine Zwecke verwerthete. Für die mir dadurch zu Theil gewordene Hilfe und Anregung spreche ich Herrn Dr. Strodtmann meinen verbindlichsten Dank aus. Ferner möchte ich an dieser Stelle Herrn Apotheker Dr. U. Hausmann in Bremen für eine chemische Untersuchung der Gloiotrichia echinulata meinen Dank abstatten, sowie Herrn E. Lemmermann in Bremen, Herrn Prof. Dr. N. Wille in Christiania und Herrn Prof. Dr. F. Schütt in Kiel für eine Anzahl von Mittheilungen, bezüglich die Beschaffung von Vergleichsmaterial.

## II. Gloiotrichia echinulata.

### A. Allgemeines Verhalten.

Von den gesammten Lebewesen des grossen und kleinen Ploener Sees ist die Gloiotrichia echinulata eines der interessantesten, mindestens eines der auffälligsten. In den Planktonfängen, die Dr. O. Zacharias täglich ausführen lässt, findet sie sich von Mai bis September in Menge, und sie zieht in denselben nicht nur durch ihre Grösse und ihre lebhafte, gelblichgrüne Färbung die Aufmerksamkeit auf sich, sondern namentlich auch durch den Umstand, dass sie sich beim ruhigen Hinstellen der Fänge nach kurzer Zeit an der Oberfläche des Wassers ansammelt. In den heissen Sommermonaten erreicht sie den Höhepunkt ihrer Entwickelung. Dann bildet sie oft die Hauptmasse der Fänge, und in jedem Glase Wasser, das man an einer beliebigen Stelle im See schöpft, ist man sicher, eine Anzahl der Algenkügelchen anzutreffen. Durch ihre Grösse schon aus einiger Entfernung dem blossen Auge kenntlich, bietet sie sich dann auch ohne weitere Hilfsmittel bei einer Bootfahrt auf dem See der Beobachtung dar. Namentlich im Sonnenschein bei etwas bewegtem Wasser gewährt sie ein anziehendes Bild; soweit der Blick in die

von Bremen nach Hamburg ist der vorliegende Aufsatz später, als beabsichtigt war, zum Abschlusse gelangt; eine kurze Notiz findet sich indessen in meinem in den genannten Berichten publicirten Artikel über den allgemeinen Charakter der Flora des Ploener Seengebietes.



Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0247-6

Tiefe zu dringen vermag, sieht man die hellschimmernden Kügelchen im Wasser verteilt und der Bewegung desselben folgend durch einander wogen. Beruhigt sich der Wasserspiegel, so zeigt sich eine andere Erscheinung. Die specifisch sehr leichten Pflänzchen steigen an die Oberfläche und sammeln sich hier in grossen Schaaren an. Durch die gelinden Strömungen, die auch auf dem scheinbar völlig glatten Spiegel noch vorhanden sind, werden sie zu Gruppen zusammengetrieben, und sie bilden dann Streifen oder hin- und hergezogene lange Linien von lebhaft gelber Farbe auf der glänzenden Fläche. Dann treibt sie ein gelinder Wind oft in so gewaltigen Massen nach dem Ufer, dass sie dort eine dicke, fast zähflüssige Schicht auf dem Wasser bilden, und dass man sie mit dem Löffel oder mit einem Netze leicht in beliebigen Mengen abschöpfen kann. Bei bewegtem Wasser verschwinden sie wieder von der Oberfläche, stets aber halten sie sich vorwiegend in den oberen Wasserschichten auf, während sie in grösserer Tiefe seltener werden und unterhalb 6—10 m[1]), je nach der Stärke des Wellenschlags, fast gar nicht mehr zu finden sind.

### B. Der vermeintliche Schwefel in den Zellen der Gloiotrichia.

Wie schon bemerkt, war die erste Veranlassung zu meiner Untersuchung der Gloiotrichia die Vermuthung Richter's, dass diese Alge, ähnlich wie gewisse Bacterien, Schwefel in ihren Zellen aufspeichere. Untersucht man die lebende Alge bei starker Vergrösserung, so fallen die eigenthümlichen „kleinen rothen Körnchen, Balken oder Splitter", wie Richter sich ausdrückt, die aus Schwefel bestehen sollen, sofort auf (vgl. Fig. 1, 3, 4 und 5)[2]). Sie erscheinen allerdings wie Einlagerungen in die schwach grünlich gefärbte Grundsubstanz der Zellen. Der Membran liegt zunächst ein zarter, schwach grünlich aussehender Wandbeleg an; dann folgt eine Schicht der röthlichen Gebilde, die gegen den Wandbeleg sehr scharf und mit einer bei gewissen Einstellungen des Mikroskopes sehr dunkel erscheinenden Contour abgegrenzt sind. Nach innen zu ist die Abgrenzung weniger deutlich; die Ursache dafür ist wohl lediglich in optischen Verhältnissen zu suchen, die durch diejenigen dieser Gebilde herbeigeführt

1) Ueber die Vertheilung der Gloiotrichia in den verschiedenen Tiefen bringt die erwähnte Arbeit von Dr. Strodtmann Genaueres.

2) Die Wiedergabe dieser Gebilde in der Zeichnung ist sehr schwierig. Die Abbildungen können daher nur eine ungefähre Vorstellung von der Zellenstruktur erzeugen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0248-1

werden, welche an der dem Beobachter zu- und an der abgewandten Seite der Zelle liegen. Bei hoher Einstellung sieht man die auf der zugewandten Seite liegenden Körperchen deutlicher. Der innerste Theil der Zellen ist, wie mir scheint, frei von diesen Gebilden. Hier liegt ein rundlicher Körper, der in den lebenden Zellen mit Methylenblau gefärbt werden kann, und der dann, wenn auch wegen der optischen Verhältnisse nicht scharf umgrenzt, durch die röthlichen Gebilde hindurchschimmert (Fig. 8). Er dürfte dem Centralkörper entsprechen, der von den Autoren[1]) bei anderen Phycochromaceen beschrieben ist. Abgesehen von dieser Beobachtung, welche für das Fehlen der rothen Körperchen im innersten Theile der Zellen spricht, machen Letztere den Eindruck, als ob sie ganz mit diesen Gebilden angefüllt wären.

In bedeutend geringerer Menge sind die röthlichen Körper in den Heterocysten (Fig. 1) enthalten, und ein ganz erheblich abweichendes Aussehen zeigen die Zellen der langen haarartigen Verlängerungen der Zellfäden. Diese Zellen (Fig. 4) sind langgestreckt und viel schmäler als die der unteren Fadentheile, ihr Inhalt ist farblos. Die röthlichen Körper bilden vereinzelte Einlagerungen, die durch längere Streifen farbloser Substanz getrennt sind; sie kommen an Breite den Haarzellen häufig gleich und sind stets deutlich umschrieben. Bei der Lebendfärbung mit Methylenblau wird statt des Centralkörpers ein band- oder fadenförmiger Streifen sichtbar, der sich in unregelmässigen Windungeu der Länge nach durch die Zelle zieht, bald der einen, bald der anderen Wandseite, fast stets auch den röthlichen Körpern anliegend (Fig. 10); mitunter zerfällt derselbe auch in einzelne isolirte Theile. — Von dem Verhalten der röthlichen Gebilde in den Sporen wird weiter unten die Rede sein.

---

Nach der wiederholten und eingehenden Untersuchung der Zellstruktur von Gloiotrichia echinulata bin ich zu der Ueberzeugung gekommen, dass die röthlichen Gebilde kein Schwefel sein können.

Verhalten gegen Reagentien. Zunächst spricht das Verhalten der rothen Körper gegen eine Reihe von chemischen Reagentien gegen die Schwefelnatur derselben. Setzt man einem Präparate Alkohol zu, so löst sich sofort in allen Zellen, die das Reagens er-

1) Vgl. neben anderen E. Palla in Pringsheim's Jahrbüchern Bd. XXV, p. 511.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0249-0

reicht, die beschriebene Struktur auf, der ganze Inhalt der Zellen wird gelblich grün, und es treten runde Körner auf, die vorher nicht sichtbar waren (vgl. Fig. 2 mit Fig. 1). Bei der Anstellung dieses Versuches ist zu beachten, dass der Alkohol nicht immer rasch einwirkt, da namentlich unter dem Deckglase die Gallerte der Gloiotrichia leicht sein Eindringen hindert. Die nach der Alkoholbehandlung sichtbaren runden Körner färben sich leicht und intensiv mit Haematoxylin (Fig. 7). Da Alkohol die bekannten Modificationen des Schwefels nicht löst, wenigstens nicht leicht und in grösserer Menge, und da sich Schwefel mit Haematoxylin nicht färbt, so können weder die röthlichen noch die mit Alkohol sichtbar werdenden Körner Schwefel sein.

Auch durch die Einwirkung einer ganzen Reihe anderer Reagentien, von denen nicht bekannt ist, dass sie Schwefel zu lösen im Stande sind, verschwinden die röthlichen Körner. Starke Säuren, z. B. Salzsäure, Essigsäure, concentrirte Pikrinsäurelösung, wirken fast momentan; einprocentige Chromsäurelösung und andere verdünnte Säuren vernichten die Körnerstruktur nach etwas längerer Einwirkung. Es ist nicht möglich, mittels dieser Reagentien die Zellstruktur der Gloiotrichia zu fixiren. Selbst in Glycerin, das anfangs ohne jede Einwirkung ist, verschwinden die Körner nach einigen Tagen.

Gegenüber den genannten Substanzen verdient eine Reihe anderer genannt zu werden, die ohne oder von geringerer Einwirkung auf die rothen Körner sind. Hierher gehören Kalkwasser, Ammoniak, Jodjodkalium, Sublimat, Osmiumsäure. Die Osmiumsäure in 1 procentiger Lösung ist ein vortreffliches Fixirungs- und Härtungsmittel für die Struktur der Zellen. Die mit diesem Reagens behandelte Alge hält sich in Glycerin tagelang unverändert; in mit etwas Kreosot gegen Pilzbildung versetztem Wasser blieb die Struktur der Zellen über zwei Monate unverändert; noch länger hielten sich die in concentrierter Zuckerlösung eingeschlossenen mikroskopischen Präparate (s. unten).

Verhalten gegen Druck. Einen weiteren, unbedingt überzeugenden Beweis dafür, dass die röthlichen Gebilde kein Schwefel sein können, liefert das Verhalten derselben gegen Druck. Die Versuche wurden zuerst in der Absicht ausgeführt, die rothen Körner aus den Zellen zu isoliren; ihr Erfolg war ein durchaus unerwarteter.

Bringt man eine durch gelinden Druck zertheilte Gloiotrichia-Kugel mit wenig Wasser unter das Deckglas und übt dann unter Anwendung eines Objectivs von genügend grossem Abstand in der

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0250-1

Mitte des Gesichtsfeldes mittels einer starken Nadel einen sehr kräftigen Druck auf das Deckglas aus, so verschwindet die Körnerstruktur plötzlich in der nächsten Umgebung der Druckstelle, d. h. überall, wo infolge der Durchbiegung des Deckglases der Druck genügend stark war. Die Zellen platzen selbst bei starkem Druck nicht und es wird keinerlei Austritt irgendwelcher Substanz aus denselben bemerkt; sie verbreitern sich nur und nehmen nach dem Aufhören des Druckes ihre alten Maasse wieder an. Es scheint also, dass die Membran eine hohe Widerstandsfähigkeit besitzt. Die ganze Erscheinung ist im höchsten Grade auffallend uud bemerkenswerth: die frischen Zellen erscheinen bei der anzuwendenden schwachen Vergrösserung sehr dunkel, fast schwarz; durch den Druck werden sie mit einem Male hell und durchscheinend; untersucht man sie hernach bei starker Vergrösserung, so zeigen sie fast dieselbe Beschaffenheit, wie die mit Alkohol behandelten Zellen, und man bemerkt in ihnen dieselben oder wenigstens ganz ähnliche helle Körner.

Ein noch interessanteres Verfahren, die Struktur durch Druck zum Verschwinden zu bringen, brachte Herr Dr. Strodtmann zur Anwendung. Es besteht darin, dass man eine Anzahl Gloiotrichia-Kugeln mit Wasser in ein dickwandiges Cylindergläschen füllt und dann mittels eines dichtschliessenden Stöpsels einen sehr kräftigen Druck auf das Wasser ausübt, wobei man dafür zu sorgen hat, dass sich unter dem Stöpsel keine Luft mehr befindet, derselbe also unmittelbar auf das Wasser drückt. Auch für das unbewaffnete Auge verändern die Gloiotrichia-Kugeln ihr Aussehen bei diesem Versuche. Während sie vorher trüb und undurchsichtig, nur im auffallenden Lichte hell grünlichgelb sind, werden sie durch den Druck grünlich durchscheinend und zeigen, wenn das Sonnenlicht hindurchfällt, die zwei Radien eines bestimmten Durchmessers als glänzende Streifen, ähnlich wie sie eine auf der Drehbank abgeschliffene und lackirte kreisförmige Messingplatte im auffallenden Lichte zeigt.

Sehr bemerkenswerth ist auch die Erscheinung, dass der zuletzt beschriebene Versuch an dem frisch mit Osmiumsäure fixirten Materiale nicht gelingt.

Chemische Untersuchung auf Schwefel. Mit dem im Vorstehenden aus der mikroskopischen Untersuchung der Alge Gloiotrichia echinulata abgeleiteten Schlusse, dass die rothen Körper kein Schwefel sein können, steht das Resultat einer chemischen Prüfung, die Herr Apotheker Dr. U. Hausmann in Bremen die Güte hatte, für mich auszuführen, in vollem Einklange. Das zu dieser

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0251-7

Analyse verwandte Material war bei einer starken Ansammlung der Wasserblüthe am Ufer mit dem Gazenetz abgeschöpft und auf Löschpapier in Wind und Sonnenschein rasch getrocknet worden. Der Bericht des Herrn Dr. Hausmann lautet: „Nach verschiedenen Vorprüfungen habe ich mich zu folgendem Gange entschieden, der mir die grösste Gewissheit zu geben schien, Fehler auszuschliessen, welche durch gebundenen Schwefel entstehen könnten: 3,5 g der trockenen Algen wurden erst mit Spiritus von 69°, dann mit kochendem Wasser so lange ausgezogen, bis sie an letzteres nichts Nennenswerthes mehr abgaben. Nun wurden sie mit 30 ccm einer 20 proc. Lösung von neutralem Natriumsulfit übergossen, womit 3½ Stunden bei einer Temperatur von 90° digerirt wurde. Bei dieser Behandlung würde sich sämmtlicher ungebundene Schwefel aufgelöst und einen Theil des Natriumsulfits in Natriumhyposulfit verwandelt haben. Die abfiltrirte Flüssigkeit wurde mit Salzsäure übersättigt, erwärmt und 24 Stunden stehen gelassen, um einen entstandenen geringen Niederschlag absetzen zu lassen, der dann auf einem Filterchen gesammelt wurde. Dieser Niederschlag konnte nun der gesuchte Schwefel sein, da sich Natriumhyposulfit mit Salzsäure in Chlornatrium, schwefelige Säure und freien Schwefel zerlegt. Zur näheren Prüfung wurde der Niederschlag mit Natronlauge gekocht, wieder filtrirt und das Filtrat mit basischer Bleilösung versetzt. Die Flüssigkeit blieb jedoch ganz farblos. Freier Schwefel konnte somit in der Alge nicht nachgewiesen werden."

Gegenüber den vorliegenden Ergebnissen will ich allerdings darauf hinweisen, dass nach Richter's Angabe (p. 13 des Separat-Abdruckes) bei einer Analyse von Polycystis aeruginosa, die ein befreundeter Chemiker für ihn ausführte, ein positives Resultat erzielt worden ist. Indessen kann ich nach den weiter unten mitzutheilenden Beobachtungen auch an einen Schwefelgehalt von Polycystis nicht glauben, und ich mus daher bedauern, dass Richter das Verfahren bei jener Analyse nicht mittheilt. Es erscheint ja nicht ausgeschlossen, dass bei der Untersuchung eines grösseren Algenquantums der im Eiweiss enthaltene gebundene Schwefel ein positives Resultat bedingen kann, falls nicht die Analyse, wie die von Dr. Hausmann ausgeführte, von vornherein den Nachweis nur des freien Schwefels ins Auge fasst.

Beggiatoenschwefel. Ich muss gestehen, dass infolge meiner Erfahrungen einige Zweifel in mir aufgestiegen sind, ob die in den Beggiatoa-Arten als Schwefel angesprochenen Körner auch wirklich

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0252-2

Schwefel seien, namentlich wegen der von Cohn[1]) referirten Angabe Cramer's, dass die Körner in einem Ueberschuss von absolutem Alkohol löslich sein sollen, und weil verschiedene Einzelheiten in Cohn's Beschreibung des Beggiatoenschwefels sehr gut auf das Verhalten von Gloiotrichia passen[2]). Indessen sind diese Zweifel doch wieder verschwunden, als ich die Arbeit von Winogradsky[3]) durchlas. Die ganzen Ergebnisse Winogradsky's, namentlich die engen Beziehungen der Beggiatoen zum Schwefelwasserstoff, lassen kaum einen Zweifel, dass es sich in diesen Bacterien wirklich um echten Schwefel handelt. Dagegen ist es ja möglich, dass in andern Bacterien, deren Gedeihen nicht so unbedingt an das Vorhandensein von Schwefelwasserstoff gebunden ist, gelegentlich Gebilde für Schwefel gehalten worden sind, die nichts damit zu thun haben. Hervorheben möchte ich noch, dass Winogradsky concentrirte Pikrinsäurelösung verwendete, um den amorphen Schwefel der Beggiatoen zum Krystallisiren zu bringen, während, wie schon oben mitgetheilt, der vermeintliche Schwefel der Gloiotrichia durch dieses Reagens momentan verschwindet.

### C. Die rothen Körner als Gasvacuolen.

Nachdem die voraufgehende Untersuchung das Resultat gebracht hat, dass die röthlichen Einschlüsse der Gloiotrichia-Zelle kein Schwefel sind, erhebt sich naturgemäss die Frage, worin denn ihr Wesen besteht. Sind es überhaupt feste Körper, oder besitzen dieselben flüssigen oder gar gasförmigen Aggregatzustand?

Sowohl durch das rasche Verschwinden der Gebilde mittels einer Reihe der obengenannten Reagentien von nicht besonders ausgeprägtem Lösungsvermögen, z. B. wässriger Pikrinsäurelösung, als auch ganz besonders durch den Umstand, dass es möglich ist, sie durch einen auf die Zellen wirkenden Druck zum Verschwinden zu bringen, wird die Annahme völlig ausgeschlossen, dass es sich um feste Körper handele. Das steht auch in Einklang mit ihrem optischen Verhalten, denn man findet bei aufmerksamer Beobachtung des mikroskopischen Bildes, dass sie schwächer lichtbrechend sind, als das sie umgebende Protoplasma. Sie zeigen röthliche Farbe und

---

1) Beiträge zur Biologie I. Bd. 3. Heft p. 178. Die Cramer'sche Arbeit konnte ich leider nicht erhalten.

2) Besonders p. 178 oben.

3) Botan. Zeitung 1887, p. 493 ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0253-8

einen namentlich bei hoher Einstellung dunkeln Rand in ganz ähnlicher Weise, wie kleine Theilchen schwach lichtbrechender Substanz, die man in ein optisch dichteres Medium eingeschlossen hat, z. B. Wasser- oder Glycerintröpfchen in Canadabalsam, Luftbläschen in Wasser oder Balsam[1]).

Wenn man dann die Frage erwägt, ob die röthlichen Gebilde eine Flüssigkeit enthalten können, so sind nach dem geringen Lichtbrechungsvermögen alle ölartigen Körper von vornherein auszuschliessen. Dafür spricht auch der Umstand, dass Osmiumsäure keine Veränderung im Aussehen der Zellen hervorbringt. Eher schien es mir möglich, dass der Inhalt Wasser oder eine wässrige Lösung sei, wonach dann die Gebilde als Vacuolen zu bezeichnen gewesen wären. Aber auch für diese Annahme erscheint die Lichtbrechungsdifferenz zwischen dem Protoplasma und den röthlichen Gebilden viel zu hoch; diese ist nämlich, wie die Vergleichung mit den oben erwähnten Hilfspräparaten zeigt, entschieden wesentlich grösser, als die zwischen Balsam und Wasser, und es spricht nichts dafür, dass das Protoplasma der Gloiotrichia-Zellen einen besonders hohen Brechungsindex habe. Flüssigkeiten von geringerem Brechungsindex als Wasser sind aber, soweit ich weiss, kaum bekannt, und man kann daher mit Recht vermuthen, dass der Inhalt der röthlichen Gebilde überhaupt keine Flüssigkeit ist.

Es lässt sich aber auch direct beweisen, dass es sich nicht um Wasser handeln kann. Denn wären die Gebilde mit Wasser oder einer wässrigen Lösung angefüllte Vacuolen, so müssten sie sich verkleinern oder verschwinden, wenn man die Zellen mit Substanzen von starker osmotischer Wirksamkeit behandelt, z. B. mit Glycerin, Kochsalzlösung, Zuckerlösung. In diesen Flüssigkeiten halten sich die röthlichen Gebilde jedoch tagelang völlig unverändert. Das Glycerin hatte allerdings nach einiger Zeit die Zellstruktur zerstört, und die Zellen zeigten dann dasselbe Aussehen wie solche, die mittels Alkohol oder durch Druck die rothen Körner verloren haben; doch kann diese erst nach mehreren Tagen erfolgende Einwirkung nicht mehr als eine osmotische bezeichnet werden. Ganz besonders indifferent erwies sich die Zellstruktur der Gloiotrichia gegen concentrirte Zuckerlösung. Ich habe diese daher an Stelle von Glycerin als Einschlussmedium für Dauerpräparate verwandt und kann sie insoweit empfehlen,

1) Durch Verreiben eines Wassertröpfchens mit Canadabalsam lassen sich z. B. derartige Vergleichsobjecte herstellen. Weiteres wird unten mitgetheilt werden.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0254-4

als die im August mit Osmiumsäure gehärteten Algen sich bis jetzt (Ende Dezember) zum grössten Theil fast unverändert darin gehalten haben; störend wird nur der Umstand, dass die Lösung leicht Krystalle absetzt. Während die genannten osmotisch wirksamen Substanzen auf die rothen Körner keinen Einfluss ausüben, sind sie dagegen durchaus nicht ohne Einwirkung auf das Plasma der Zellen. Das wird an den Haaren leicht sichtbar; die zwischen den röthlichen Gebilden liegenden farblosen Theile der Haare schrumpfen merklich zusammen, wenn man eine jener Flüssigkeiten zusetzt; sie erscheinen dann in derselben Weise platt, wie Fäden von Oedogonium oder Spirogyra, die man in Alkokol oder Glycerin gelegt hat.

Einen ebenso überzeugenden Beweis dafür, dass die Substanz der rothen Gebilde kein Wasser oder eine andere flüchtige Flüssigkeit sein kann, liefert das Verhalten der Alge beim Trocknen und beim Erhitzen nach dem Trocknen. Um zur Untersuchung geeignetes Material zu erhalten, zerdrückt man einige Gloiotrichia-Kugeln sehr vorsichtig mittels eines Deckglases auf einem Objectträger und lässt dann die dadurch getrennten Fadengruppen antrocknen. Untersucht man das Object nach dem völligen Austrocknen in einem Tropfen Wasser, Glycerin, Oel, Kreosot, Xylol, Canadabalsam oder dergl. so ist das mikroskopische Bild des Zellinhaltes fast genau dasselbe wie im lebenden Zustande; die röthlichen Gebilde treten unverändert, fast noch deutlicher als im Leben, hervor. Auch wenn man den Objectträger mit der trockenen Alge vorher längere Zeit auf über 100° erhitzt hat, und selbst dann, wenn die Hitze bereits eine gelinde Bräunung der Alge hervorgebracht hat, bleibt das mikroskopische Bild unverändert.

Die Objectträger mit der an der Luft und durch Erhitzen getrockneten Alge lassen sich daher durch Bedecken mit einem Tropfen stark eingedickten Canadabalsams und Deckglas leicht in Dauerpräparate von wahrscheinlich unbegrenzter Haltbarkeit verwandeln, an denen das Aussehen des Zellinhaltes sich von dem im Leben nur unerheblich unterscheidet. Auch in Gelatine kann man die Alge auf dem Objectträger eintrocknen lassen, ohne dass die rothen Körper verschwinden[1]). Lässt man grössere Quantitäten der Alge mit Gelatine gemischt eintrocknen, so kann man auch Querschnitte durch die

1) Das Aussehen der so erhaltenen, in Balsam eingeschlossenen Präparate entspricht dem lebenden Zustande noch mehr, als das derjenigen mit der einfach getrockneten Alge.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0255-0

Fäden erhalten. Ich habe damit allerdings für die Untersuchung bis jetzt keine Vortheile erzielt.

Nach dem Vorausgehenden bleibt in Bezug auf die Natur der röthlichen Gebilde keine andere Annahme übrig, als die, dass sie Hohlräume im Protoplasma sind, die ein Gas enthalten. Der Name „Gasvacuolen" dürfte ihr Wesen kurz und deutlich bezeichnen. Da meines Wissens das Vorkommen derartiger Bildungen in den Zellen irgend welcher Wesen überhaupt noch nicht bekannt ist, erfordert die vorstehende Ansicht eine eingehende Begründung. Ich glaube aber behaupten zu dürfen, dass das Verhalten der röthlichen Gebilde sowohl wie das der ganzen Alge durch die Annahme, dass erstere Gasvacuolen sind, eine völlig befriedigende Erklärung findet, und ich will versuchen, das im Folgenden zu beweisen.

### 1. Verhalten beim Trocknen und Erhitzen.

Beim Austrocknen der Alge können nur die mit Wasser durchtränkten Theile eine Veränderung erleiden. Es erscheint daher völlig begreiflich, dass die Gasvacuolen erhalten bleiben, zumal da keine Oeffnungen in der Zellwand vorhanden sind, durch die das Gas entweichen könnte. Indem aber das die Vacuolen umgebende und von einander trennende Protoplasma einschrumpft, werden sie geringe Veränderungen in ihrer Grösse, vielleicht auch in ihrer Anordnung erfahren, die wohl mit den unerheblichen Verschiedenheiten, die das mikroskopische Bild der Zellstruktur der getrockneten Alge gegenüber dem lebenden Zustande zeigt, in Einklang zu bringen sind. Die Vacuolen werden selbst zu ihrer Erhaltung beitragen, indem sie verhindern, dass das gesammte Plasma der Zelle zu einer einzigen Masse zusammenschrumpft. Die Zellmembran, die an sich schon recht widerstandsfähig ist, wie die obenerwähnten Druckversuche zeigen, dürfte durch das Antrocknen der sie umgebenden Gallerte noch fester werden, so dass man versteht, weshalb auch bei stärkerem Erhitzen, so lange die Hitze unter dem Zersetzungspunkte der organischen Substanz bleibt, keine bemerkbare Veränderung des durch Trocknen erreichten Zustandes mehr eintritt.

Es ist daher auch nicht zu erwarten, dass man beim Erhitzen der Alge in Flüssigkeiten von höherem Siedepunkt als Wasser ein Austreten der Gasbläschen beobachten kann. Ich machte diesen Versuch mit gut getrocknetem Material, um Täuschungen durch etwa auftretende Dampfblasen auszuschliessen, unter Verwendung eines improvisirten heizbaren Objecttisches und einer in geeigneter Weise

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0256-5

geschützten Linse von grösserem Abstande. Wenn Oel oder Vaseline als Einschlussmedium benutzt wurde, liess sich die Erhitzung bis zur beginnenden Bräunung der Alge treiben, ohne dass eine Veränderung bemerkt wurde. Beim Erhitzen in Glycerin verschwanden dagegen die Vacuolen, jedoch ohne dass ein Austreten von Blasen bemerkt wurde; ich glaube, dass es sich dabei um denselben Vorgang handelte, wie bei den im nächsten Abschnitt zu besprechenden Absorbtionserscheinungen.

Wenn die Gasvacuolen einmal auf die eine oder andere Weise durch eine Flüssigkeit ausgefüllt sind, scheint es nicht möglich zu sein, sie wieder mit Gas zu erfüllen. Beim Trocknen der durch Druck oder durch Reagentien vom Gase befreiten Algen treten sie nicht wieder auf; so gewonnenes Trockenmaterial sieht wesentlich anders aus, als aus unveränderten Algen hergestelltes. Ueberhaupt ist nach dem Eindringen der Flüssigkeiten von den Vacuolen meist nichts mehr zu sehen. Nur einmal machte ich eine abweichende Beobachtung, als ich nämlich ein getrocknetes und etwas gesengtes Präparat, das in Nelkenöl liegend die Gasvacuolen unverändert zeigte, vorsichtig mit Alkohol behandelte. Die sich bildende alkoholische Nelkenöllösung drang in die Zellen ein und absorbirte das Gas, aber die Anordnung des Protoplasmas schien unverändert zu bleiben, und nach dem abermaligen Zusatze von Nelkenöl erschienen dann die Vacuolen mit dunkel gefärbtem Oel angefüllt, von dem das hellere Protoplasma sich deutlich abhob. Das Bild der Vacuolen war dadurch erhalten, aber nur durch Färbungsunterschiede; alle Lichtbrechungsdifferenzen fehlten. Die Erscheinung hing übrigens von einem günstigen Zufalle ab; es gelang bei wiederholter Herbeiführung ähnlicher Umstände nicht, dieselbe noch einmal in gleicher Deutlichkeit zu sehen.

### 2. Absorbtion der Gasvacuolen.

Es ist weiter oben gezeigt worden, dass eine Reihe von Reagentien die Vacuolenstruktur mehr oder weniger rasch zum Verschwinden bringt. Die getrocknete Alge zeigt dasselbe Verhalten gegen einige jener Substanzen, z. B. gegen Alkohol, und die Untersuchung an trockenem Material hat den Vorzug, dass man sicher ist, es nur mit physikalischen oder chemischen Erscheinungen, nicht mit Reactionen des lebenden Plasmas zu thun zu haben. Noch geeigneter als Alkohol ist flüssiges Phenol (acid. carbol. liquefact.) zu dieser Untersuchung, weil letzteres langsamer unter dem Deckglase vordringt und auch auf die trockene Alge etwas langsamer einwirkt. Sowie dieses Reagens

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0257-1

mit einem der getrockneten Fäden in Berührung kommt, verschwinden die Vacuolen fast momentan, ohne dass austretende Gasblasen sichtbar werden; man kann aber beobachten, dass sie sich dabei zuvor verkleinern.

Zur Beurtheilung dieses Vorgangs ist die Erfahrung von Wichtigkeit, dass kleine Luftblasen in derselben Weise von Phenol (oder Alkohol) absorbirt werden. Ein fast regelmässiger Begleiter der Gloiotrichia im Plankton des grossen Ploener Sees ist die Diatomacee Fragilaria crotonensis Edw.; wenn diese mit der ersteren auf dem Objectträger angetrocknet ist, so findet sich Luft in ihren Schalen. Setzt man einem solchen Präparate Phenol zu, so sieht man, wie die verhältnissmässig grossen Luftblasen in den Kieselpanzern allmählich kleiner werden und schliesslich, nachdem sie zu einem Pünktchen zusammengeschrumpft sind, ganz verschwinden, und zwar auch, ohne dass dabei ein Austreten von Luftblasen zu beobachten wäre. Ganz ähnliche Erscheinungen zeigen sich in trockenen Baumwollfäden, die man der Einwirkung von Alkohol oder Phenol aussetzt. Was die Erklärung dieser Vorgänge betrifft, so glaube ich, dass dieselben nicht sowohl auf einem besonders ausgeprägten Vermögen der genannten Flüssigkeiten, Gase zu absorbiren, beruhen, als vielmehr auf der hohen Capillarkraft, welche dieselben namentlich auch organischen Stoffen gegenüber, äussern. Wenn z. B. Phenol von allen oder von mehreren Seiten her in den engen luftgefüllten Hohlraum einzudringen beginnt, wird es infolge der Capillarität bestrebt sein, denselben ganz auszufüllen. Dadurch wird ein Druck auf das Gas ausgeübt und die Absorbtion desselben beschleunigt. Im aufgelösten Zustand diffundirt das Gas dann und vertheilt sich in der Flüssigkeit.

Das Verschwinden der Gasvacuolen an der trockenen Gloiotrichia durch die Einwirkung von Alkohol oder Phenol ist ohne Zweifel auf denselben physikalischen Vorgang zurückzuführen, und dasselbe dürfte für die in der Kälte allerdings sehr langsame, in der Wärme dagegen erheblich beschleunigte Wirkung des Glycerins gelten. Auch bei dem Verhalten der oben erwähnten Reagentien gegen die lebende Gloiotrichia kommt es wohl im Wesentlichen darauf an, in welchem Maasse das betreffende Reagens im Stande ist, in das Innere der Zellen einzudringen und beim Eindringen in die Hohlräume Capillarkräfte zu äussern. Dass Alkohol oder mit starken Säuren versetztes Wasser eine kräftigere Wirkung in diesem Sinne hervorbringen muss, als wässrige Lösungen indifferenter Stoffe, wie Zucker oder Kochsalz, erscheint begreiflich. Schwieriger ist es zu verstehen, warum andere

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0258-7

kräftig wirkende Stoffe, wie Jodlösung oder Ammoniak, ohne Einfluss auf die Vacuolen sind. Zweifellos kommen bei der Behandlung der lebenden Zelle noch chemische oder physiologische Wirkungen ins Spiel, wie z. B. die durch Osmiumsäure, Jod, Chromsäure veranlassten Härtungen oder Gerinnungen des Plasmas, oder auch Einwirkungen auf das seinem Wesen nach noch unbekannte in den Vacuolen enthaltene Gas. Es wäre vielleicht nicht ohne Interesse, diese bis jetzt noch nicht genügend geklärten Verhältnisse weiter zu verfolgen.

### 3. Druckversuche; Auspressen des Gases.

Die oben erwähnte Erscheinung, dass die Vacuolen durch einen auf die Zellen wirkenden starken Druck zum Verschwinden gebracht werden können, bedarf unter der Annahme, dass sie wirklich ein Gas enthalten, keiner besonderen Erklärung. Ueber die Grösse des Druckes, der zur Entfernung der Vacuolen erforderlich ist, habe ich kein bestimmtes Urtheil, da geeignete Apparate zur messenden Beobachtung in Ploen nicht zu beschaffen waren; ich glaube aber, dass ein Ueberdruck von einer Atmosphäre nicht genügt, denn den Druck der Wasserleitung der Biologischen Station, der annähernd eine Atmosphäre beträgt, hielt die lebende Alge einen Tag lang ohne Veränderung aus.

Die Druckversuche unter Deckglas hatte ich ursprünglich in der Hoffnung ausgeführt, dass es gelingen möchte, die Zellen zum Platzen zu bringen und die röthlichen Gebilde, bezüglich die muthmasslichen Luftblasen, dadurch zu isoliren. Das erwartete Resultat trat indessen auch bei den stärksten mit dem Deckglase unter dem Mikroskope ausführbaren Drucken nicht ein. Als ich aber Ende September die Versuche in etwas modificirter Weise mit Material wiederholte, das Mitte August mit Osmiumsäure fixirt und seitdem in Wasser aufgehoben worden war (wobei die Struktur der Zellen keine Veränderung erlitten hatte), zeigte sich eine sehr bemerkenswerthe Erscheinung. Im Momente des Aufhörens des Druckes kamen nämlich Gasblasen über den gedrückten Algenmassen zum Vorschein. Wenn die Beobachtung gelingen soll, muss der (in der Mitte des Gesichtsfeldes auf das Deckglas auszuübende) Druck sehr kräftig und von momentaner Dauer sein, also sehr rasch einsetzen und sofort ebenso plötzlich wieder aufhören. Der Vorgang lässt sich so erklären, dass das Gas infolge des Druckes zunächst absorbirt wird, aber bei der kurzen Dauer des Druckes nicht Zeit findet, sich in der Flüssigkeit zu vertheilen, und daher bei der plötzlichen Druckverminderung wieder als Gas zum Vorschein kommt. Mitunter war sogar zu constatiren, dass beim Auf-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0259-5

hören des Druckes im Innern der gedrückten Zellen wieder Gasblasen auftraten, die dann aber von anderer Form und deutlicher als Gasblasen zu erkennen waren, als die vorher vorhandenen Vacuolen.

In Bezug auf die Richtigkeit der Annahme, dass das auf diese Weise sichtbar werdende Gas aus den Vacuolen stamme, wurde ich indessen zunächst durch einige Erscheinungen stutzig gemacht, die ich bei Controlversuchen ohne die Alge mit verschiedenen Flüssigkeiten beobachtete. Bringt man einen Tropfen Glycerin oder Paraffinum liquidum zwischen Objectträger und Deckglas und übt in derselben Weise einen momentanen, sehr kräftigen Druck auf das Deckglas aus, so sieht man beim Aufhören des Drucks eine grosse plattgedrückte Gasblase, die nach der Peripherie hin gewöhnlich dendritisch verzweigt ist, um die Druckstelle herum auftauchen, sich rasch zusammenziehen und eine Anzahl kleiner Bläschen zurücklassen. Mitunter, namentlich bei Anwendung von Paraffinum liquidum, verkleinern sich die Bläschen nach kurzer Zeit und verschwinden wieder, indem sie absorbirt werden. Es scheint danach also, dass man die von einer Flüssigkeit absorbirten Gase durch starken Druck und darauffolgendes plötzliches Nachlassen des Druckes zum Austreten bewegen kann. Es ist aber auch möglich, dass die saugende Wirkung, welche zu Stande kommen muss, wenn das durchgebogene Deckglas sich wieder streckt und die Flüssigkeit den entstehenden leeren Raum nicht so rasch ausfüllen kann, die Hauptursache des Auftretens der Bläschen ist. Ob die den Glaswänden im absorbirten Zustande anhaftende Luft dabei zugleich eine Rolle spielt, ist schwer zu beurtheilen. Jedenfalls ist diese Erscheinung auch vom rein physikalischen Standpunkte nicht ohne Interesse.

Hiernach wäre nun aber auch eine andere Erklärung des eben besprochenen Versuchs mit Gloiotrichia zulässig, nämlich die, dass die nach dem Drücken der Alge frei werdenden Gasblasen aus der sie einschliessenden Flüssigkeit stammen. Es lag daher nahe, ausgekochte Flüssigkeiten anzuwenden. Bei einem Vorversuche mit unter dem Deckglase ausgekochtem Glycerin zeigte sich, dass die beim Nachlassen des Drucks entstehende und sich dann contrahirende Blase alsbald vollständig wieder absorbirt wurde. Vielleicht ist die Blase in diesem Falle fast oder ganz luftleer. Indessen kam ich doch von der Verwendung ausgekochter Flüssigkeiten wieder zurück, da die Gloiotrichia natürlich nicht mit ausgekocht werden konnte, und daher doch ein uncontrolirbarer Factor eingeführt wurde. Ich beschränkte mich schliesslich auf einfache vergleichende Versuche

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0260-6

mit gewöhnlichem Wasser einerseits, mit Wasser und Gloiotrichia-Fäden andererseits. Die Deckgläser wurden bei den Versuchen mit Hilfe von geleimtem Papier festgeklebt. Führte ich den Versuch mit blossem Wasser aus, so war die Menge des durch die Druckverminderung befreiten Gases nach dem Contrahiren der ursprünglich entstehenden Blase sehr gering, es blieben nur winzig kleine Bläschen zurück, die nicht selten zu langgezogenen und verzweigten bacterien- oder bacteroidenähnlichen Stäbchen verlängert und dendritisch angeordnet waren. Blieb das Deckglas unberührt, so hielten diese sich lange unverändert, so dass ich sie zeichnen konnte (Fig. 37); bei der geringsten Bewegung des Deckglases, z. B. beim Drücken auf dasselbe, verschwanden sie aber, indem sie absorbirt wurden. Auf das optische Verhalten dieser Bläschen werde ich weiter unten zurückkommen. Wenn der Versuch dagegen mit Gloiotrichia in Wasser ausgeführt wurde, so blieben nach dem Contrahiren der beim Nachlassen des Drucks auftretenden Blase immer zahlreiche, verhältnissmässig grosse, gewöhnlich sich abrundende Gasblasen zurück (gar nicht selten bis 20 μ Durchmesser)[1]), und diese verschwanden nicht wieder bei dem wiederholten Druck, der nöthig war, um an den verschiedenen Stellen des Präparats das Gas aus den Fäden herauszudrücken. Stets war die Menge der frei werdenden Gasblasen eine ganz wesentlich grössere, wenn die Alge verwandt wurde, und es gelang bei Anwesenheit derselben viel leichter, Blasen hervorzubringen, als wenn der Versuch mit Wasser allein angestellt wurde. Ich bin daher durch die wiederholte Ausführung der beiderlei Versuche zu der Ueberzeugung gekommen, dass die bei dem Versuche mit Gloiotrichia frei werdenden Blasen thätsächlich von den Gasmassen herrühren, die vorher in den Algenzellen enthalten waren. — Ob sich frisches Material ebensogut zu diesen Versuchen eignet, konnte ich, als ich dieselben ausführte, nicht mehr entscheiden; vermuthlich waren an dem conservirten durch das längere Liegen im Wasser die Membranen lockerer geworden.

Wie in Voraufgehenden gezeigt ist, gelingt es durch blossen Druck nicht, die Zellen der Gloiotrichia zum Platzen zu bringen und dadurch die röthlichen Gebilde zu isoliren. Will man dieses Resultat erreichen, so ist ein längeres kräftiges Verreiben der Alge zwischen Deckglas und Objectträger unter Verwendung von möglichst wenig

1) Länge der Bläschen in Fig. 37 höchstens bis 25 μ, Dicke nicht viel über 1 μ. Man vergleiche die Kubikinhalte dieser und der grossen Bläschen (79, bezügl. 4186 Kubikμ).



Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0261-2

Wasser erforderlich. Das ist unter dem Mikroskope nicht möglich und die Beobachtung dadurch sehr erschwert. Es gelingt jedoch auf diese Weise mitunter, die aus den Zellen befreiten Vacuolen als röthliche, dunkel umrandete Bläschen von verschiedener Form im Wasser vertheilt zu beobachten. Einmal sah ich auch eine Vacuole, die noch in einem Tropfen Protoplasma eingeschlossen war (Fig. 5). Es könnte auffallend erscheinen, dass die isolirten Bläschen, wenn sie wirklich aus Gas bestehen, sich nicht abrunden. Doch ist einerseits schon weiter oben gezeigt, dass Gasblasen von mannigfaltiger, z. B. fadenförmiger oder selbst verzweigter Gestalt sich im Wasser bilden und sich darin längere Zeit unverändert halten können (Fig. 37), andererseits ist es wahrscheinlich, dass auch die Gasvacuolen, wie man es von den mit Wasser gefüllten gewöhnlichen Vacuolen annimmt[1]), von einer widerstandsfähigeren Plasmaschicht, gewissermaassen einer besonderen Wand, umgeben sind, die eine Veränderung ihrer Gestalt hindert. Auch die zähere Beschaffenheit, die das Wasser im Präparat durch das Verreiben mit der Gallerte der Alge erhalten muss, kann zur Erhaltung der Form der Bläschen beitragen.

### 4. Optisches Verhalten der Gasvacuolen.

Dass der grosse Unterschied in Lichtbrechungsvermögen zwischen den röthlichen Gebilden und dem Protoplasma, der sich aus der Beobachtung des mikroskopischen Bildes ergiebt, sehr für den Gasgehalt derselben spricht, ist bereits zur Genüge hervorgehoben. Es erübrigt nur, an dieser Stelle noch auf zwei weitere Umstände hinzuweisen.

Der erste ist die überraschende Aehnlichkeit im mikroskopischen Bilde, welche sich zwischen den Gasvacuolen und zweifellosen Luft- oder Gasblasen zeigt, falls die letzteren nur klein genug sind und womöglich eine andere Gestalt als die kugelförmige besitzen. Vergleichsobjecte lassen sich in verschiedener Weise gewinnen. Nebeneinander in demselben Gesichtsfelde können die Vacuolen und Gasblasen verglichen werden, wenn man ein in Oel bis zum beginnenden Braunwerden erhitztes Trockenpräparat der Gloiotrichia untersucht; neben unveränderten Vacuolen sieht man dann mannigfaltig geformte Gasblasen, die theils zwischen den zusammengelagerten Fäden, theils in den durch die Hitze veränderten Zellen entstanden

1) cfr. Botan. Zeitung 1887, p. 76. Hier spricht de Vries in einem Referate über Went, De jongste toestanden der Vacuolen (Amsterdam 1886) von einer „factisch isolirbaren Vacuolenwand“ als einem „lebenden präformirten Theile des Protoplasten“.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0262-8

sind. Ferner lassen sich kleine Gasblasen in Balsampräparaten von getrockneten Diatomeenschalen (Fragilaria), Baumwollfäden, Müllergaze und dergleichen beobachten. Besonders geeignet zur Vergleichung sind die winzigen, in der oben beschriebenen Weise durch momentanen Druck aus Wasser ausgepressten Bläschen (Fig. 37). Es sei hervorgehoben, dass die Bläschen denselben dunkeln Rand bei hoher Einstellung und dieselbe röthliche Interferenzfarbe zeigen, wie die Gasvacuolen.

Der zweite Umstand, auf den hier hingewiesen werden soll, ist der, dass überhaupt das optische Verhalten sowohl der ganzen Alge, wie der einzelnen Fäden am besten durch die Annahme des Gasgehaltes der Zellen seine Erklärung findet. Durch die Totalreflexion des Lichts an den Gasblasen wird das helle Aussehen der Alge im auffallenden Lichte auf dunklem Grunde, namentlich also auch das helle Leuchten der im See treibenden Kugeln erklärt, während die trübe und undurchscheinende Beschaffenheit der Kügelchen im durchfallenden Lichte, das fast schwarze Aussehen der einzelnen Fäden bei schwacher Vergrösserung durch die Lichtbrechung in den wie Zerstreuungslinsen wirkenden Gasblasen zustande kommt. Ebenso erscheint es völlig begreiflich, dass die optischen Verhältnisse in dem bereits früher erwähnten Sinne sich ändern müssen, wenn das Gas durch eine Substanz von höherem Brechungsindex, also durch Wasser, Alkohol oder dergl., bei der Einwirkung von Druck oder chemischen Reagentien ersetzt wird.

### 5. Die Gasvacuolen als Ursache des Steigvermögens der Gloiotrichia.

Ein besonders wichtiges Argument für die Gasnatur der röthlichen Gebilde der Gloiotrichia-Zelle liefert der enge Zusammenhang, in welchem dieselben zu dem Steigvermögen der Alge stehen. Durch eine Reihe von Versuchen, die ich gemeinsam mit Herrn Dr. Strodtmann[1]) ausführte, ergab sich das bemerkenswerthe Resultat, dass die Gloiotrichia-Kugeln, einerlei ob lebend oder abgetödtet, im Wasser emporsteigen, so lange die Gasvacuolen unverändert geblieben, dass sie dagegen zu Boden sinken, wenn die Vacuolen ganz oder theilweise beseitigt sind.

Bei der Behandlung der Gloiotrichia mit Osmiumsäure, Jodjodkalium, Sublimat, Ammoniak, siedendem Wasser werden die Zellen

1) Vergl. den bereits erwähnten Bericht von Dr. Strodtmann im III. Heft der Forschungsberichte aus der Biolog. Station zu Ploen.



Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0263-4

abgetödtet, aber die Gasvacoulen bleiben unversehrt, vorausgesetzt, dass man die Einwirkung des Reagens nicht länger ausdehnt, als zum Abtödten der Zellen erforderlich ist. Das auf diese Weise gewonnene todte Material besitzt eine unverminderte Steigkraft. Mit Osmiumsäure fixirte Pflänzchen konnte ich sogar in mit Kreosot desinficirtem Wasser noch mehrere Wochen aufheben, ohne dass das Steigvermögen sich wesentlich verminderte; nach längerer Zeit geht es allerdings verloren. Nur bei zu langer Einwirkung verringern die genannten Reagentien theilweise die Steigkraft, entweder dadurch, dass die Vacuolen angegriffen werden, oder dadurch, dass sich Niederschläge an oder in den Algen bilden, die das spezifische Gewicht derselben erhöhen. Ammoniak konnte übrigens einen ganzen Tag auf die Pflänzchen einwirken, ohne dass ihre Schwimmfähigkeit sich verminderte.

Diejenigen Reagentien, welche die Vacuolenstruktur der Gloiotrichia vernichten, heben auch sofort die Schwimmfähigkeit derselben auf. Sehr rasch wirken concentrirte Pikrinsäurelösung, verdünnte Salz- oder Essigsäure, Alkohol; eine längere Einwirkung erfordern verdünntere Pikrinsäurelösung, 1 proc. Chromsäurelösung, Aether, Chloroform. Durch ganz kurze Behandlung mit Pikrinsäure oder verdünnter Salzsäure, am einfachsten durch Uebergiessen der Alge mit der Flüssigkeit in einem mit einem Wattebäuschchen locker verstopften Trichter und sofortiges Nachspülen mit Wasser kann man Material herstellen, das bei dem Schwimmversuch in einen steigenden, einen schwebenden und einen sinkenden Antheil zerfällt. Die mikroskopische Vergleichung der steigenden und der sinkenden Kügelchen lässt dann meistens erkennen, dass an den sinkenden Algen die Zerstörung der Vacuolenstruktur einen höheren Grad erreicht hat, als an den steigenden.

Am packendsten ist jedoch der von Dr. Strodtmann ausgeführte Druckversuch. Die durch einen kräftigen Druck auf das Wasser, worin sie schwimmen, ihrer Vacuolenstruktur beraubten Gloiotrichia-Kugeln verlieren mit letzterer zugleich augenblicklich ihr Steigvermögen und sinken zu Boden.

Aus dem Vorstehenden geht auf das Bestimmteste hervor, dass das Schwimmen und Steigen der Gloiotrichia auf rein physikalischen Verhältnissen beruht und von Lebensvorgängen nur insofern abhängig sein kann, als durch diese die Menge der specifisch leichten, das Aufsteigen bewirkenden Substanz regulirt wird[1]). Letztere muss

1) Vgl. den Abschnitt über das Verhalten der Gasvacuolen in den Sporen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0264-0

in den Vacuolen enthalten sein, da von dem Vorhandensein dieser das Schwimmen abhängig ist, und sie kann nur ein Gas sein, da keine andere Substanz durch blossen Druck bei geschlossener Membran aus den Zellen verdrängt und durch das eingepresste specifisch schwerere Wasser ersetzt werden würde.[1])

Von anderen Substanzen, denen man die Auftriebskraft der Gloiotrichia-Kugeln zuschreiben könnte, dürften wohl nur fettartige Körper in Betracht kommen können. Sowohl das mikroskopische Bild der Zellen, wie auch namentlich die Behandlung derselben mit Osmiumsäure, lehrt aber, dass Fette in nachweisbarer Quantität in den Zellen nicht vorhanden sind.

### 6. Die Natur des Gloitrichia-Gases.

Welcher Art das in den Vacuolen der Gloiotrichia enthaltene Gas ist, entzieht sich noch durchaus meiner Beurtheilung. Dass es nicht Kohlensäure ist, scheint daraus zu folgen, dass Kalkwasser völlig ohne Wirkung auf die Alge bleibt, dass es nicht reiner Sauerstoff ist, daraus, dass ammoniakalische Pyrogallollösung die Vacuolen nicht verändert. Bemerkenswerth erscheint, dass Säuren so leicht (Ausnahme 1% Osmiumsäurelösung), Basen dagegen sehr wenig auf die Vacuolen einwirken; doch dürfte es wohl verfrüht sein, daraus zu schliessen, dass die Vacuolen ein Gas von basischen Eigenschaften (wie Ammoniak, Methylamin oder dergl.) enthalten. Am nächsten liegt es offenbar, an atmosphärische Luft oder an blossen Stickstoff zu denken. Wenn man einen zum Auspressen des Gases geeigneten Apparat construirte, dürfte es immerhin möglich sein, dieser Frage auf dem Wege der Gasanalyse näher zu treten, da die Alge von Zeit zu Zeit in beliebig grossen Quantitäten zu haben ist.

### 7. Verhalten der Gasvacuolen in den Sporen.

Die Vegetationsperiode der Gloiotrichia dauert nur vom Mai bis in den September. Schon Anfang August beginnt die Alge Sporen

1) Die Ansicht, dass Gloiotrichia echinulata durch Gasblasen sein Steigvermögen erhalte, ist, allerdings in einem ganz anderen Sinne, bereits von Bornet und Flahault (Bull. soc. bot. France, 22. Febr. 1894, p. 80) ausgesprochen worden: „Que l'eau s'échauffe alors, qu'un soleil radieux détermine une assimilation énergique, des bulles de gaz se produiront dans l'intérieur des cellules, s'emprisoneront entre les trichomes si la plante est pleine, dans sa cavité si elle est creuse, et bientôt, détachée du fond, chacune des petites sphérules viendra flotter à la surface de l'eau". Bornet und Flahault hielten Gl. echinulata für identisch mit Gl. Pisum (Ag.) Thur., daher die Worte „détachée du fond".

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0265-5

zu bilden. Ich glaube bemerkt zu haben, dass die Sporenbildung im kleinen Ploener See noch um 1—2 Wochen früher begann als im grossen See, was wohl eine Folge der durch die verschiedene Ausdehnung dieser Gewässer bedingten Temperaturunterschiede sein könnte. Von Mitte oder Ende September an verschwindet die Alge aus dem Plankton der Seen.

Schon mit dem unbewaffneten Auge lassen sich die sporenführenden Kügelchen der Gloiotrichia leicht von den sporenlosen unterscheiden; sie zeigen nämlich im auffallenden Lichte einen dunkelgrünen Kern und sind nur aussen hellgelbgrün, während die sporenlosen Kügelchen ganz gelbgrün erscheinen. Den Grund dieses Verhaltens erkennt man bei mikroskopischer Untersuchung. Die langgestreckten Sporen, die dicht an einandergedrängt den inneren Theil des Kügelchens zusammensetzen, sind nämlich frei von Gasvacuolen, ihr Inhalt ist blaugrün und enthält zahlreiche glänzende, d. h. stark lichtbrechende, runde Körner. Daher erscheinen die Sporen im durchfallenden Lichte hell, während die vegetativen Zellen wegen ihres Gasgehalts undurchsichtig sind; umgekehrt müssen im auffallenden Lichte die lichtdurchlässigen Sporen dunkel, die an den Vacuolen das Licht total reflectirenden vegetativen Zellen hell erscheinen.

Besonders hervorgehoben zu werden verdient, dass die unmittelbar auf die vacuolenfreien Sporen folgenden vegetativen Zellen desselben Fadens gashaltig sind (Fig. 3.), dass also nicht etwa ein allmählicher Uebergang von vacuolenhaltigen Zellen zu der vacuolenfreien Spore in dem Faden stattfindet. Uebrigens sind die Sporen nicht von Anfang an gasfrei; in den jüngeren Stadien enthalten sie Gasvacuolen, erst wenn sie sich der Reife nähern, verschwinden die Letzteren.[1]) Bemerken will ich noch, dass es mir mehrfach schien, als ob der Gasgehalt der vegetativen Zellen in den sporenbildenden Kügelchen ein höherer sei, als in den Zellen der sporenfreien Kügelchen.

Die Untersuchung der sporentragenden Zustände der Gloiotrichia muss mit einer gewissen Vorsicht geschehen. Während die sporenlosen Kügelchen sich leicht unter dem Deckglase durch einen gelinden Druck in die einzelnen Fäden und Fadengruppen zertheilen lassen, ohne dass dabei die Vacuolenstruktur leidet, ist der aus den Sporen gebildete Kern der sporenführenden Exemplare sehr fest und durch einen mässigen Druck nicht in die einzelnen Theile zer-

1) Besser als bei Gloiotrichia echinulata ist dies bei den unten zu besprechenden andern wasserblüthebildenden Algen zu beobachten.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0266-1

legen. Drückt man aber zu stark, so beseitigt man leicht die in den jüngeren Sporen etwa noch vorhandenen Vacuolen durch den Druck. Die Ursache dieser Festigkeit ist einerseits die dichte Zusammendrängung der Sporen im Innern der Kugel, andererseits der Umstand, dass jede Spore, sowie die zwei bis drei untersten Zellen des sich daranschliessenden Fadens von einer derben Scheide, die mit den benachbarten Scheiden fest zusammenhängt, umschlossen wird.

Die sporenbildenden Algenkugeln zeigen also eine auffällige Localisirung der Gasvacuolen. An nicht sporenbildenden Exemplaren habe ich niemals etwas derartiges bemerkt, die Vacuolen waren vielmehr stets in allen Zellen reichlich vorhanden, und nur die Heterocysten sowie die haarförmigen Verlängerungen der Fäden enthielten etwas weniger Vacuolen, bezüglich dieselben in abweichender Anordnung, wie oben ausführlich dargelegt wurde. Das von Richter[1]) mit den Worten: „Es ist befremdend, dass der im Centrum der Kugel steckende Theil des Fadens Zellen mit homogenem, stahlblauen oder graublauen Inhalt zeigt, der hervorragende Fadentheil aber gelbgrüne Zellen mit rothen Körnchen" geschilderte Verhalten, das allerdings nicht mit bestimmter Regelmässigkeit vorhanden sein soll, habe ich an nicht sporenbildenden Exemplaren nie gesehen.

Die Festigkeit des inneren Theils sporenführender Gloiotrichien ermöglicht, ein Experiment mit denselben vorzunehmen, welches einen neuen Beweisgrund für die Gashaltigkeit der Vacuolen abgiebt und zugleich Licht auf die Bedeutung des Fehlens der Gasvacuolen in den Sporen wirft. Durch vorsichtiges Rollen und Reiben zwischen den Fingern oder in der flachen Hand gelingt es nämlich, von den sporenführenden Gloiotrichia-Kugeln den grösseren Theil der äusseren gashaltenden Fäden abzubrechen, so dass nur der innere, aus Scheiden mit Sporen und wenigen gashaltenden Zellen bestehende Theil der Kugeln zurückbleibt. Es steht völlig im Einklange mit der aufgestellten Theorie, dass die in dieser Weise behandelten Gloiotrichia-Kugeln im Wasser nicht mehr schwimmen, sondern rasch zu Boden sinken. Man dürfte nicht irregehen, wenn man annimmt, dass das Fehlen der Vacuolen in den Sporen damit zusammenhängt, dass letztere nach der Reife und nach Abstossung der äusseren noch gashaltenden Fäden zu Boden sinken sollen, um in der Tiefe eine Winterruhe durchzumachen. Ob die Sporen einzeln, oder was wahrscheinlicher ist, die Sporenkugeln als ganze zu Boden sinken, und in

1) Forschungsberichte der Biolog. Station zu Ploen, Heft II, p. 12 des Sep.-Abdr.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0267-7

welcher Weise im nächsten Frühjahre die Keimung und das Wiederemporsteigen vor sich gehen, das sind Fragen, die noch genauerer Untersuchung bedürfen.

---

Anhangweise soll hier noch bemerkt werden, dass dieselben mit Haematoxylin sich intensiv färbenden Körner, die in den Zellen der Gloiotrichia durch Tinction nach voraufgehender Alkoholbehandlung sichtbar werden, auch in den Sporen vorhanden sind. Man kann sie durch dasselbe Verfahren leicht nachweisen (Fig. 6).

Ferner will ich erwähnen, dass Herr Prof. Dr. N. Wille (Christiania) mir ein Exsiccat der Rivularia Echinulus Areschoug aus Schonen in Schweden sandte, dessen Untersuchung — es ist sporenbildendes Material — die Uebereinstimmung dieser Alge mit Gloiotrichia echinulata ergab. Als besonders beweisend betrachte ich den Umstand, dass in einem Theile der Zellen noch Reste der Gasvacuolen nachweisbar sind.

## III. Weitere wasserblüthebildende Phycochromaceen des Süsswassers.

In seiner mehrfach citirten Abhandlung hebt P. Richter[1]) hervor, dass sich dieselben röthlichen Körner, welche die Zellen von Gloiotrichia echinulata auszeichnen, auch bei noch anderen wasserblüthebildenden Algen, speciell bei Polycystis aeruginosa Kütz., scripta P. Richter, prasina Wittr., Aphanizomenon Flos-aquae Ralfs und nach den Abbildungen von Bornet und Thuret auch bei Nostoc Linckia (Roth) Born. finden. Richter geht sogar schon soweit, den Satz aufzustellen: „Es scheint, dass alle wasserblüthebildenden Algen . . . eine besondere physiologische Gruppe wegen ihres Schwefelgehaltes bilden."

Nach den Beobachtungen, die ich während meines Aufenthaltes in Ploen gemacht habe, kann ich diesen Satz, von zwei nothwendigen Einschränkungen abgesehen, bestätigen. Zunächst handelt es sich bei den in Betracht kommenden Algen ebensowenig um Schwefel, wie bei Gloiotrichia echinulata. Die röthlichen Gebilde, die sich in den Zellen derselben finden, sind vielmehr gleichfalls Gasvacuolen; sie zeigen dasselbe optische Verhalten, dasselbe Verhalten gegen Druck, gegen Reagentien und beim Trocknen, dasselbe allmähliche

1) Richter, l. c. p. 12—13 des Sep.-Abdr. — Die citirte Abbildung von Bornet und Thuret findet sich in den Notes algologiques II, Pl. XXVIII. Dies Werk war mir leider nicht zugänglich.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0268-3

Verschwinden in den reifenden Sporen, wie die Gasvacuolen der Gloiotrichia, und das Steigvermögen der Algen ist von ihrer Anwesenheit abhängig, so dass also die z. B. durch Druck von ihnen befreiten Pflänzchen nicht mehr oben schwimmen, sondern zu Boden sinken. Die zweite Einschränkung betrifft den Ausdruck wasserblüthebildende Algen. Ich halte es für zweckmässig, unter diesem Namen alle diejenigen Algen zusammenzufassen, die specifisch leichter sind als das Wasser, die daher bei völlig ruhigem Wasserspiegel an die Oberfläche steigen und hier, wenn sie in genügender Zahl vorhanden sind, die Erscheinung der sogenannten Wasserblüthe hervorbringen. Die überwiegende Mehrzahl dieser Algen gehört in die Gruppe der Phycochromaceen, und für alle wasserblüthebildenden Phycochromaceen ist allerdings, so weit meine Erfahrungen reichen, der Besitz von Gasvacuolen ein gemeinsames Merkmal.

Die wasserblüthebildenden Algen können eine Wasserblüthe hervorbringen. Damit ist nicht gesagt, dass sie stets nur in Gestalt einer solchen vorkommen, oder dass die Erscheinung der Wasserblüthe der normale Zustand ihres Auftretens ist. Sie verhalten sich vielmehr ganz ähnlich wie Gloiotrichia echinulata, von der oben bereits bemerkt wurde, dass sie nur dann eine Wasserblüthe bildet, wenn der Wasserspiegel völlig ruhig ist. Das tritt aber auf den grösseren Wasserbecken nur verhältnissmässig selten ein; gewöhnlich ist ein schwächerer oder stärkerer Wellenschlag vorhanden, und mit diesem vertheilen sich die emporgestiegenen Pflänzchen stets wieder in eine gewisse Tiefe. Daher finden sich die wasserblüthebildenden Algen trotz ihres Steigvermögens doch in der Regel in den oberen Wasserschichten mehr oder weniger gleichmässig vertheilt, und sie können desshalb auch mit Recht als ein Bestandtheil des „Planktons" betrachtet werden[1]).

1) Ob, wie ich in diesem Aufsatze zunächst annehme, die Erscheinung der Wasserblüthe ein rein physikalischer Vorgang ist, der — vorausgesetzt, dass die nöthige Zahl wasserblüthebildender Algen in dem Gewässer vorhanden ist — nur von dem Bewegungszustande des Wassers abhängt, oder ob die Steigkraft der Algen und damit zugleich die Neigung zur Wasserblüthebildung von Lebensvorgängen oder von äusseren Factoren (Licht, Wärme) beeinflusst wird, müssen spätere Untersuchungen entscheiden. Irgend welche Anhaltspunkte zu bestimmten Vermuthungen in letzterer Hinsicht liegen bis jetzt nicht vor. Das Steigvermögen der Gloiotrichia war, so lange ich sie beobachtet habe, stets gleichmässig und schien durch das Einfangen der Algen, durch das längere Verweilen derselben in dunkeln oder mässig erleuchteten Räumen, durch die dichte Zusammendrängung zahlloser Individuen und selbst durch beginnendes Absterben nicht verändert zu werden.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0269-1

Wegen dieses Verhaltens lassen sich die wasserblüthebildenden Algen eines Gewässers auch dann nachweisen, wenn nicht gerade die Erscheinung einer Wasserblüthe vorhanden ist. Man erhält sie, wie überhaupt alles im Wasser Treibende, mit dem bekannten Planktonnetz und hat dann nur nöthig, sie aus den Fängen zu isoliren. Dies ist eine sehr einfache Aufgabe, da sie sich nach kurzer Zeit selbst an der Oberfläche des ruhig stehenden Wassers ansammeln. Mit den Fängen aus den Ploener Seen verfuhr ich so, dass ich sie zunächst mit viel Wasser durch ein weitmaschiges Gewebe (Müllergaze Nr. 12) filtrirte, um die Gloiotrichia echinulata (die mitunter die Hauptmasse bildete) und die grösseren Krebse zurück zu halten, dann mittels Filtration durch ein enges Gewebe (Müllergaze Nr. 16), das überflüssige Wasser entfernte und nun den Fang eine Zeit lang ruhig stehen liess. Dann konnte ich die wasserblüthebildenden Algen leicht in fast reinem Zustande mit der Pipette oben abschöpfen.

Durch das beschriebene Verfahren habe ich aus den Seen der Umgegend von Ploen eine Reihe von Arten dieser Algengruppe, darunter einige neue, isolirt; dieselben sollen, soweit ich sie bis jetzt bearbeiten konnte, im Folgenden besprochen werden. Bei fortgesetzter Nachforschung dürften zu den erwähnten Formen wohl noch einige weitere hinzukommen.

Bei der Bearbeitung der Anabaena-Arten wurde Bornet et Flahault, Révision des Nostocacées heterocystées[1]) zu Grunde gelegt. Ich rechne mit der Möglichkeit, dass einzelne der von mir als neu bezeichneten Arten und Varietäten bereits einmal beschrieben und benannt sind, aber es war mir nicht möglich, die zahlreichen von Bornet und Flahault als „species inquirendae“[2]) bezeichneten Formen in den Originalbeschreibungen zu vergleichen. Neue Beobachtungen an diesen Algen im lebenden Zustande scheinen mir zunächst wichtiger und nothwendiger zu sein, als die Untersuchung alter Exsiccaten und die Entzifferung mangelhafter Diagnosen aus älterer Zeit. Die Ergänzung meiner in vielen Punkten leider noch lückenhaften Beobachtungen wird in der Station zu Ploen leicht ausführbar sein.

---

1) Annales des sciences nat. VII. Sér. T. VII.
2) l. c. p. 238—240.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0270-2

**Anabaena Flos-aquae Brébisson.** (Fig. 21 u. 22).

Die Fäden sind in engen Windungen von 20—40 μ Weite vielfach hin- und hergebogen und zu verhältnissmässig dichten rundlichen oder länglichen Knäueln von 150—250 μ Grösse vereinigt. Den eingekrümmten Beinen einer Spinne vergleichbar von der mitunter dichteren Mitte ausstrahlend und dahin zurückkehrend, bilden sie im äusseren Theile einen Kranz von Schlingen und verleihen den Knäueln dadurch ein sehr charakteristisches Aussehen[1]). Eine leicht zu zerdrückende, ohne Hilfsmittel kaum erkennbare Gallerte, die jedoch durch Einlegen der Alge in zerriebene Tusche leicht sichtbar zu machen ist, umgiebt die Fäden und dadurch zugleich die ganzen Knäuel. Die vegetativen Zellen sind rundlich oder kurz ellipsoidisch, 5—7 μ dick, ebensolang oder wenig länger, die meist im inneren Theile der Knäuel liegenden Heterocysten rundlich-ellipsoidisch und von derselben Grösse; die gleichfalls im inneren Theile meist neben den Heterocysten entstehenden Sporen sind abgerundet-cylindrisch, mitunter etwas gekrümmt, 8—10 μ dick, 19—25 μ lang und mit glattem Epispor versehen. Die Sporenbildung beginnt im August.

Sämmtliche vegetative Zellen enthalten Gasvacuolen in reichlicher Menge, die Heterocysten und die unreifen Zustände der Sporen etwas weniger. Die reifen Sporen scheinen die Vacuolen zu verlieren. Dauerpräparate der Alge, welche die Gasvasuolen zeigen, lassen sich in derselben Weise, wie von Gloiotrichia echinulata, mittels Osmiumsäure und Zuckerlösung gewinnen.[2]) Die Vacuolen der Heterocysten gehen darin meistens verloren und machen die Letzteren dadurch sehr leicht kenntlich. Beim Zusatze von Alkohol verschwinden die Vacuolen in den Zellen, und es treten zahlreiche kleine, mit Haematoxylin sich stark färbende Körner hervor, die besonders in den Sporen in grosser Menge und dicht gedrängt enthalten sind, alles ganz ähnlich wie bei Gloiotrichia echinulata.

Anabaena Flos-aquae bildet einen regelmässigen Bestandtheil des Planktons des grossen Ploener Sees und ist nächst Gloiotrichia die auffälligste unter den wasserblüthebildenden Algen desselben, wenngleich sie der Letzteren gegenüber an Masse sehr

1) Auf den charakteristischen Habitus der Alge ist in den Diagnosen bisher nicht hingewiesen. Bornet und Flahault (p. 228—230) haben die Alge nur getrocknet untersucht.

2) Die Abbildungen dieser und der folgenden Algen sind nach solchen Präparaten entworfen.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0271-8

zurücktritt. An einem besonders windstillen Tage beobachtete ich sie auch in grossen Mengen an der Oberfläche des Wassers, so dass man sie leicht mit dem Gazesieb abschöpfen konnte (24. Juli). Auch in vielen der anderen Seen bei Ploen tritt A. Flos-aquae auf, besonders reichlich war sie am 10. August im Schluen-See vorhanden, wo Gloiotrichia fehlte.

In der Kultur in Glasgefässen hält sich Anabaena Flos-aquae noch weit weniger gut, als Gloiotrichia echinulata. Wenn sie sich in grösserer Menge an der Oberfläche gesammelt hat, färbt sie sich in weniger als 24 Stunden blaugrün und zersetzt sich unter Entwickelung eines üblen Geruches. Im frischen Zustande ist die Farbe der Alge, wie die der meisten folgenden, hellgelblichgrün; die Bezeichnungen „aerugineus" und „caeruleus", die sich in den Diagnosen für die Farbe der Anabaena- und Aphanizomenon-Arten finden, treffen also für die Arten, welche Gasvacuolen enthalten, im lebenden Zustande nicht zu.

**Anabaena Flos-aquae var. gracilis n. v.** (Fig. 23 u. 24).

Die Fäden sind in weiten Bögen von 30—60 μ Windungsweite unregelmässig gewunden und gewöhnlich zu lockeren, gewissermaassen sich auflösenden Knäueln von unbestimmter Form und wechselnder Grösse (bis zu 300 μ) unregelmässig vereinigt. Die Zellen sind kugelig oder meist ellipsoidisch, 4—5 μ breit, 5—6 μ lang, die Heterocysten kugelig, 5—6 μ dick, 5 μ lang. Die Sporen sind abgerundet cylindrisch, gewöhnlich etwas gekrümmt, 5—7 μ dick, 12—25 μ lang, neben den Heterocysten oder von denselben entfernt gelegen.

Diese Alge fand sich vereinzelt neben der typischen A. Flos-aquae (Gr. Plöner-See, Trent-See). Ob es sich nur um eine Varietät der A. Flos-aquae oder um eine selbständige Art handelt, muss weiterer Untersuchung vorbehalten bleiben[1]).

**Anabaena (Trichormus) spiroides n. sp.**[2]) (Fig. 11—13).

Die stets einfachen, mit einer dicken aber schwer erkennbaren Gallerte (s. A. Flos-aquae) umgebenen Fäden dieser Alge bilden

1) Durch ihre Zierlichkeit erinnert diese Form an die var. Treleasii Bornet et Flahault (p. 230), mit der sie indessen wegen der abweichenden Dimensionen der Heterocysten nicht identisch zu sein scheint.

2) Kurze Beschreibungen dieser Art, der Anabaena macrospora und des Trichodesmium lacustre sind bereits in meinen Bemerkungen über den allgemeinen Charakter der Flora des Ploener Seengebietes im III. Theile von O. Zacharias' Forschungsberichten enthalten.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0272-4

zierliche und meist sehr regelmässige Schrauben von 2—13, gewöhnlich 3—5 Umgängen, ca. 45—54 μ Windungsweite und 40—50 μ Windungshöhe. Die vegetativen Zellen sind annähernd kugelig, 6,5—8 μ dick, ebenso lang oder etwas kürzer, die Heterocysten von derselben Form, etwas kleiner, ca. 7 μ dick. Bisher wurde nur einmal eine Spore beobachtet (Mitte August). Dieselbe war noch unreif, kugelig, 14 μ dick und lag neben der Heterocyste. Gasvacuolen sind in derselben Weise vorhanden, wie bei A. Flos-aquae und der folgenden Art.

Die zierlichen Windungen der Fäden machen die Alge leicht kenntlich. Sie ist eine so regelmässige Begleiterin der A. Flos-aquae in den Planktonfängen aus dem grossen Ploener See, dass ich sie anfangs nur für einen Zustand der letzteren hielt. Auch im Schluen-See fand ich sie neben A. Flos-aquae, im Pluss-See dagegen ohne dieselbe.

**Anabaena spiroides var. contracta n. v.** (Fig. 14 u. 15).

Die Fäden sind zu ziemlich regelmässigen Schrauben von 3—10 und mehr Umgängen, ca. 25 μ Windungsweite und 10—15 μ Windungshöhe aufgerollt. Die vegetativen Zellen sind fast kugelig, von 7—8 μ Durchmesser, die Heterocysten gleichfalls fast kugelig und von derselben Grösse. Auch bei dieser Alge wurde bisher nur einmal eine Spore beobachtet; dieselbe war noch unreif und wie bei A. spiroides kugelig und 14 μ dick, lag aber nicht neben einer Heterocyste. Gasvacuolen sind vorhanden.

Von A. spiroides unterscheidet sich diese bemerkenswerthe Varietät auf den ersten Blick durch die eng gewundenen und daher plumper aussehenden Schrauben; im übrigen steht sie derselben sehr nahe. Uebergänge zwischen der Hauptart und der Varietät wurden bisher nicht bemerkt. Vorkommen: Plankton des grossen Ploener Sees, in vereinzelten Individuen neben den übrigen wasserblüthebildenden Algen.

**Anabaena (Trichormus) macrospora n. sp.** (Fig. 16—18).

Die stets vereinzelt lebenden, wohl nur selten mehr als 1000 μ Länge erreichenden Fäden sind völlig oder fast völlig gerade gestreckt und gleichfalls mit einer dicken, schwer sichtbaren, aber mittelst Tusche leicht nachzuweisenden Gallerthülle umgeben. Die Zellen sind kugelig oder ellipsoidisch, 5—6,5 μ dick und 5—9 μ lang, die Heterocysten kugelig oder kugelig-ellipsoidisch von ca. 6—6,5 μ Durchmesser. Die anfangs rundlichen Sporen erreichen ausgewachsen eine Dicke von

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0273-9

17 und eine Länge von 26 μ und haben dann eine nahezu ellipsoi dische Gestalt, doch sind sie in der Mitte etwas mehr cylindrisch und nach den Enden zu etwas kegelförmig, so dass ihr Längsschnit einem niedrigen Sechseck ähnelt; sie liegen von den Heterocysten entfernt und scheinen nur einzeln oder zu zweien gebildet zu werden das Epispor ist ziemlich dick und glatt.

Die Zellen enthalten reichlich, die Heterocysten etwas spärliche Gasvacuolen; in den reifenden Sporen nimmt der Gehalt an Gas nach und nach ab, so dass sie endlich frei davon sind[1]).

Auch Anabaena macrospora fand sich als regelmässige Begleiterin der A. Flos-aquae im Plankton des grossen Ploene und des Schluen-Sees. Die ersten Sporen wurden im August beobachtet

**Anabaena macrospora var. crassa n. v.** (Fig. 19 u. 20.)

Durch die erheblich grösseren Dimensionen und die mehr runde Zellen von A. macrospora verschieden. Zellen 8—9 μ dick, 5—9 μ lang, Heterocysten 10 μ dick, 9—10 μ lang, Sporen 21 μ dick, 33 μ lang. Gasvacuolen sind wie bei A. macrospora vorhanden.

Diese Alge fand sich in wenigen Exemplaren in Präparaten aus dem Trent-See, die mir Herr Dr. Strodtmann Anfang Dezember sandte.

**Anabaena (Dolichospermum) solitaria n. sp.** (Fig. 25.)

Fäden einzeln lebend, gerade, wahrscheinlich mit Gallerthülle[2]) aber ohne Scheide; Zellen fast kugelig, 8 μ dick, etwa ebenso lang Heterocysten 8—9 μ dick, 9—10 μ lang; Sporen cylindrisch, an den Enden rundlich-abgestutzt, in der Mitte nicht eingeschnürt, einzeln auf einer oder beiden Seiten neben der Heterocyste oder auch davon entfernt gelegen, 9—10 μ dick, 28—35 μ lang, Zellen mit Gasvacuolen.

Die Alge fand sich in wenigen Exemplaren in Präparaten aus dem kleinen Uklei-See (bei Stadthaide). Sie ist, von den Sporen abgesehen, A. macrospora sehr ähnlich, steht aber im übrigen wohl A. catenula (Kütz.) Born. et Flah., mit der sie in den Grössenverhältnissen annähernd übereinstimmt, von der sie sich aber durch die geraden einzeln lebenden Fäden, das Fehlen der Scheiden, di

1) Die noch nicht ganz reifen Sporen dieser Art sind zur Beobachtung von einzelter Gasvacuolen besonders gut geeignet. (Fig. 18. Vergl. auch Aphanizomenon Flos-aquae, Fig. 30.)

2) Dies liess sich in den Präparaten nicht mehr feststellen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0274-5

nicht eingeschnürten Sporen, vielleicht auch durch das Vorhandensein der Gasvacuolen unterscheidet, am nächsten. Leider war ich bisher nicht im Stande, authentisches Material der A. catenula zu vergleichen[1]).

**Aphanizomenon Flos-aquae Ralfs.** (Fig. 27—30).

Fäden zu Bündelchen von hell-gelblich-grüner Farbe, 60—150 μ Dicke und 300—800 μ Länge vereinigt, jedoch sehr leicht von einander trennbar. Zellen cylindrisch, ca. 3 μ dick, 3—6 μ lang, nach den Enden der Fäden zu häufig sehr stark verlängert, bis 22 μ und dann nur 2—3 μ dick. Heterocysten cylindrisch-ellipsoidisch, ca. 4 μ dick, 9—13 μ lang, nur vereinzelt gebildet. Sporen 4,5—5 μ dick, 22—40 μ lang, abgerundet-cylindrisch, von den Heterocysten entfernt. Die Zellen enthalten Gasvacuolen, wie schon aus den Angaben von P. Richter (l. c.) hervorgeht.

Das Material, nach welchem die vorstehende Beschreibung und die Abbildungen Fig. 27—29 entworfen sind, erhielt ich durch Herrn E. Lemmermann von einer Wasserblüthe, die im Septembar 1894 bei Bremen auftrat. Ich will nicht versäumen, zu bemerken, dass die Dimensionen der Alge gegenüber den von Bornet und Flahault (l. c.) angegebenen auffallend gering sind.

In Präparaten aus dem Trent-See, die mir Herr Dr. Strodtmann Anfang Dezember sandte, waren einige Fäden enthalten, deren Dimensionen gut mit der Diagnose übereinstimmen (Fig. 30). Die Zellen waren 3—5 μ dick, 3—7 μ lang, die Heterocysten 4—5 μ dick, 7—13 μ lang, die Sporen ca. 6 μ dick, ca. 49 μ lang. Ausserdem lag mir ein Rabenhorst'sches Exsiccat vor, das gleichfalls etwas grössere Dimensionen hatte, die Sporen waren reichlich 6 μ dick, bis 70 μ lang. Auch in diesem Exsiccat waren die Gasvacuolen noch nachweisbar.

**Trichodesmium (Aphanizomenon?) lacustre (n. sp.?)** (Fig. 31—33).

Unter dem Namen Trichodesmium lacustre habe ich an der bereits erwähnten Stelle in den Forschungsberichten aus der Biologischen Station zu Ploen eine Alge beschrieben, die von Mitte Mai an während des ganzen Sommers vereinzelt in den Planktonfängen aus dem grossen See vorkam, und die ich später auch im

1) Siehe auch die weiter unten erwähnte, als A. catenula bezeichnete Alge.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0275-1

Schluen-See[1]) fand, hier in etwas grösserer Menge. Herr Dr. O. Zacharias hatte sie zuerst bemerkt und sie theilweise wegen der ähnlichen Beschaffenheit der Zellen, theilweise wegen eigenthümlicher noch genauer zu untersuchender Verhältnisse in der Entwickelung der Gloiotrichia echinulata für ein Entwickelungsstadium der letzteren gehalten. Leider bin ich bis jetzt noch nicht im Stande, ein sicheres Urtheil über die systematische Stellung der Alge zu geben. Im Habitus gleicht sie den Gattungen Trichodesmium und Aphanizomenon. Da es mir bislang trotz vielfacher Bemühung nicht gelungen ist, Heterocysten aufzufinden, und da die Zellen nicht wie bei Aphanizomenon Flos-aquae cylindrisch, sondern auffallend abgerundet sind (Fig. 32 u. 33), so kann ich die Alge vorläufig nicht zu Aphanizomenon stellen, und ich habe sie daher zunächst mit der heterocystenfreien Gattung Trichodesmium vereinigt, von der allerdings bis jetzt nur marine Formen bekannt sind, und die auch in mehreren nicht unwesentlichen Punkten von der vorliegenden Alge abweicht[2]). Es ist möglich, dass die fortgesetzte Beobachtung (zur Herbstzeit) doch noch die Zugehörigkeit zu Aphanizomenon ergiebt, wenn es gelingt, Heterocysten und Sporen aufzufinden. Herr Dr. Strodtmann glaubte im November solche bemerkt zu haben und sandte mir dann die bereits erwähnten Präparate. Ich habe mich aber nicht überzeugen können, dass die darin enthaltenen sporen- und heterocystenführenden Fäden (Fig. 30), die als Aphanizomenon Flos-aquae bezeichnet werden müssen, zu der während des Sommers von mir beobachteten Alge gehören, obgleich die derselben allerdings weit ähnlicher sind, als das gleichfalls oben beschriebene Aphanizomenon Flos-aquae von der Wasserblüthe bei Bremen. Jedenfalls wird es von Interesse sein, das Verhalten dieser interessanten Alge weiter zu beobachten. Im Folgenden gebe ich eine kurze Beschreibung derselben:

Fäden gerade, ungleich lang, annähernd parallel, zu Bündelchen von gegen 200 μ Dicke und bis 1000 μ Länge und von hellbräunlichgelber Farbe vereinigt[3]). Zellen meist kugelig tonnenförmig, stark

---

1) S. August. Gloiotrichia fehlte.

2) cfr. Gomont, Monographie des Oscillariées. Ann. des sciences nat. VII. Sér. T. XVI, p. 193.

3) Durch ihr in Gestalt und Färbung winzigen Holzsplitterchen ähnliches Aussehen kann man die Alge schon unter der Lupe zwischen den Anabaenen, in deren Gesellschaft man sie nach dem oben erwähnten Verfahren erhält, erkennen und dann mit einem Capillarrohr herausfischen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0276-7

abgerundet, mit flachen Wänden aneinander grenzend, 5—6 μ dick, meist 3—6 μ lang, Endzellen der Fäden mitunter mehr cylindrisch und verlängert, bis 12 μ, und dabei etwas verjüngt. — Die Verbindung der Fäden miteinander in den Bündeln ist eine sehr lockere; sie scheinen zwar durch etwas Gallerte zusammengehalten zu werden, doch ist diese so minimal, dass, wenn man die Alge in zerriebene Tusche legt, die Tuschetheilchen bis fast unmittelbar an die Zellen vordringen. Die Zellen enthalten Gasvacuolen; letztere sind in den Zuckerpräparaten weniger gut haltbar als die von Gloiotrichia oder Anabaena. Durch Behandlung der Zellen mit Alkohol und Haematoxylin treten, ähnlich wie bei Gloiotrichia, intensiv gefärbte Körner hervor, die zu einer centralen Gruppe vereinigt sind (Fig. 33).

**Clathrocystis aeruginosa Henfr.** (Fig. 35).

Die kugeligen, 4—5 μ grossen Zellen liegen in grosser Menge beisammen, aber von einander völlig ilosirt in kugeligen oder unregelmässigen, oft netzförmig zerrissenen Gallertmassen, deren Grösse sehr verschieden sein kann, 200 bis fast 1000 μ. Sie sind dicht mit verhältnissmässig kleinen Gasvacuolen erfüllt. Durch Behandlung mit Alkohol verschwinden Letztere, und es treten dafür winzige, unregelmässig in der Zelle vertheilte Körnchen auf, die sich mit Haematoxylin stark färben.

Clathrocystis aeruginosa ist eine sehr häufige Erscheinung im Plankton des grossen Ploener Sees; im Schluen-See schien sie zu fehlen (10. Aug.). Durch ihre zarte Beschaffenheit und ihre (im auffallenden Lichte) sehr helle Farbe lässt sie sich auf dunklem Grunde schon unter der Lupe erkennen und von den derberen und dunkleren Anabaenen, mit denen man sie nach dem oben erwähnten Verfahren gemischt erhält, unterscheiden und trennen.

**Coelophaerium Kützingianum Näg.** (Fig. 36).

Die Alge bildet 40—80 μ grosse, oft gefurchte oder oberflächlich fast traubig getheilte Gallertkugeln, in denen die eiförmigen, 2,5—3 μ dicken, 4,5—5,5 μ langen Zellen, mit der längeren Axe radial gestellt, dichtgedrängt, aber durch etwas Gallerte getrennt, eine peripherische Schicht bilden. Die Zellen enthalten Gasvacuolen in reichlicher Menge.

Coelosphaerium Kützingianum fand sich Anfang August in dem rings von Wald umgebenen, von den übrigen Seen der Um-



Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0277-3

gegend von Ploen völlig isolirten „kleinen Uklei-See“ neben Anabaena solitaria als fast einzige wasserblüthebildende Alge in dem überhaupt sehr spärlichen Plankton. Nach dem ruhigen Hinstellen des Fanges konnten die mit blossem Auge eben noch als helle Punkte erkennbaren Kügelchen von der Oberfläche des Wassers mit dem Capillarröhrchen abgefischt werden. Ferner erhielt ich die Alge aus dem der Lage nach ähnlichen Pluss-See in Gesellschaft von Botryococcus Braunii Kütz. und aus der erwähnten von Aphanizomenon Flos-aquae Ralfs. gebildeten Wasserblüte von Bremen gleichfalls zugleich mit Botryococcus Braunii.

## IV. Marine wasserblüthebildende Phycochromaceen.

Die im Voraufgehenden nachgewiesene allgemeine Verbreitung der Gasvacuolen bei den wasserblüthebildenden Phycochromaceen des Süsswassers legt die Vermuthung nahe, dass auch die Meeresalgen von ähnlicher Lebensweise dieselbe Organisationseigenthümlichkeit besitzen. Durch die Aehnlichkeit einer der im Voraufgehenden beschriebenen Arten mit Trichodesmium wurde meine Aufmerksamkeit zunächst auf diese Gattung gelenkt. Schon aus den älteren von Ehrenberg[1]) mitgetheilten Beobachtungen geht hervor, dass Trichodesmium sich durch eine bedeutende Auftriebskraft auszeichnet. Ehrenberg schreibt: „In den um mich gestellten Gläsern beobachtete ich, dass die Flocken bei der Tageswärme und im Sonnenlicht sämmtlich sich an der Oberfläche des Wassers hielten. Des Nachts[2]) und beim Erschüttern des Glases gingen sie zu Boden. Nach einiger Zeit kehrten sie aber wieder an die Oberfläche zurück.“ Als charakteristisch führe ich ausserdem eine in neuerer Zeit von Herrn Kapitän J. Bortfeldt (Bremen) auf einer Reise an der Ostküste Brasiliens gemachte Beobachtung an. Derselbe beobachtete Tr. Ehrenbergii Mont. auf weiten Strecken der Meeresoberfläche als eine gelbe Wasserblüthe und schreibt darüber Folgendes[3]): „Aus einer besonders dichten gelblichen Wolke wurde ein Gefäss voll Wasser mit dem Stoff geschöpft und das Ganze in eine Wasserkaraffe gethan, und zeigte sich der gelbe Staub als eine Unmasse von ganz kleinen länglichen Wesen — am besten mit ganz feinem Grassamen zu ver-

1) Poggendorf's Annalen XVIII, 1830, p. 504—506.

2) Diese Beobachtung ist auffällig und bedarf wohl der Nachprüfung.

3) Abgedruckt in E. Lemmermann, Algologische Beiträge II in Abhandl. naturwiss. Verein Bremen XII, p. 151.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0278-8

gleichen. — Als die Flasche auf den Tisch gestellt wurde, strebten die kleinen Körperchen mit grosser Eile nach der Oberfläche des Wassers und sammelten sich dort im Halse der Flasche als ein auf dem Wasser schwimmender Kuchen an". Ausser dem auch in dieser Darstellung sehr anschaulich geschilderten Aufsteigen der Alge in ruhig hingestelltem Wasser weist die hellgelbe Farbe der Pflänzchen auf ein ähnliches Verhalten hin, wie es die oben besprochenen Wasserblüthen zeigen. Das seinerzeit von Herrn Kapitän Bortfeld an den naturwissenschaftlichen Verein in Bremen eingesandte und von Herrn E. Lemmermann als Trichodesmium Ehrenbergii Mont. bestimmte Material, von dem mir ein Präparat vorgelegen hat, war leider zu schlecht conservirt, um daraus Aufschluss über das etwaige Vorkommen von Gasvacuolen erhalten zu können.

Mehr war nach den oben besprochenen Erfahrungen von getrocknetem Material zu erwarten, und desshalb begrüsste ich es mit Freude, dass ich ein auf den städtischen Sammlungan in Bremen befindliches Exsiccat des von J. M. Hildebrandt 1879 bei Madagaskar gesammelten Tr. Hildebrandtii Gomont (= Tr. Ehrenbergii f. indica Hauck) untersuchen konnte. Ich bedeckte einen Theil der mit Wasser von dem Papier abgelösten und auf einem Objectträger wieder angetrockneten Algen mit eingedicktem Canadabalsam und konnte nun constatiren, dass die erwarteten Gasvacuolen, wenn auch nicht vollkommen, so doch so gut erhalten waren, dass ihre Identificirung zweifellos ist (Fig. 34). Interessant war es zugleich, festzustellen, dass an solchen Stellen, wo, wie es schien, ein Druck die Fäden getroffen hatte, die Vacuolen fehlten. Hiernach ist der Analogieschluss erlaubt, dass auch die übrigen Trichodesmium-Arten, insbesondere das oben erwähnte von Tr. Hildebrandtii sicher specifisch verschiedene Tr. Ehrenbergii Gasvacuolen enthalten.

Ich möchte auch die Frage aufwerfen, ob nicht vielleicht die beiden neuen von der Planktonexpedition aufgefundenen Gattungen Xanthotrichum Wille und Heliotrichum Wille, die nach Schütt[1]) „strohgelbe" Bündel bilden, sowie eventuell noch weitere im Ocean treibende Phycochromaceen, gleichfalls Gasvacuolen besitzen. Wenn das der Fall wäre, so könnten sie nicht mehr, wie Schütt will, als ausschliessliche Planktonpflanzen betrachtet werden, vielmehr würden sie wahrscheinlich je nach dem Bewegungszustande des Meeres bald

1) Das Pflanzenleben der Hochsee. Kiel und Leipzig 1893, p. 39.



Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0279-7

als Planktonpflanzen, bald als Wasserblüthe[1]) auftreten. Begreiflicherweise habe ich mich sowohl bei Herrn Prof. Wille, wie bei Herrn Prof. Schütt erkundigt, ob ihnen im Aussehen dieser Algen etwas den Gasvacuolen Aehnliches erinnerlich sei, jedoch habe ich nicht die erwartete Auskunft erhalten. Prof. Wille hat nur conservirtes Material untersucht; Exsiccaten sind leider nicht gemacht worden. Nach der brieflichen Mittheilung von Prof. Schütt, dass Xanthotrichum und Heliotrichum keinen röthlichen Inhalt haben und bei schwacher Vergrösserung nicht auffallend dunkel aussehen, scheinen keine Gasvacuolen vorhanden zu sein, und danach würden diese Algen dann allerdings als „echte Planktonalgen" in einem interessanten Gegensatze zu den „wasserblüthebildenden" stehen. Indessen halte ich es nicht für ausgeschlossen, dass eine mit Rücksicht auf das Vorstehende ausgeführte erneute Untersuchung doch noch zu anderen Resultaten führen kann.

Trichodesmium ist bisher ausschliesslich als Wasserblüthe beobachtet worden; es dürfte aber bei bewegtem Wasser in derselben Weise als Planktonpflanze auftreten, wie es die oben besprochenen Phycochromaceen des süssen Wassers thun. Schon Ehrenberg hebt hervor, dass Trichodesmium bei der geringsten Erschütternng des Wassers zu Boden sinke, und dass die See ruhig war, als er die von der Alge gebildete Wasserblüthe beobachtete[2]). Auch aus dem sich in kurzen Pausen wiederholenden Auftreten der Wasserblüthe — Ehrenberg sah sie am 10., 25. und 30. December 1823 und am 5. Januar 1824 — wird man wohl auf das planktonische Leben der Alge in der Zwischenzeit schliessen dürfen, wenngleich ich nicht bestreiten will, dass möglicherweise auch noch andere Factoren als die Bewegung des Wassers auf die Periodicität von Einfluss sind. Das Fehlen von Trichodesmium in den Fängen der Planktonexpeditionen, auf das Schütt aufmerksam macht, spricht nicht unbedingt gegen meine Ansicht, da es, wie auch Schütt schon versucht, durch die geographische Verbreitung und die ihrer Ursache nach noch unbekannten Beziehungen der Alge zu der Küste, vielleicht auch durch den Einfluss der Jahreszeit auf die Entwickelung der Pflanze erklärt werden könnte. Jedenfalls wird es von Interesse sein, bei künftigen Planktonfängen im Meere den hier gestellten Fragen Beachtung zu schenken.

1) Die Möglichkeit gibt auch Schütt schon zu (p. 42).

2) „Die kurzen Wellen des ruhigen Meeres führten beim Sonnenschein des Tages eine blutrothe schleimige Masse ans Ufer etc." (l. c.)

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0280-8

## V. Nicht wasserblüthebildende Phycochromaceen.

Es ist nach dem Voraufgehenden zu erwarten, dass die nicht wasserblüthebildenden, bezüglich nicht im Wasser schwebenden Phycochromaceen keine Gasvacuolen besitzen, selbst wenn sie mit echten wasserblüthebildenden Formen in naher verwandtschaftlicher Beziehung stehen.

Zum Vergleiche boten sich zunächst die an den verschiedensten Wasserpflanzen angeheftet lebenden Kugeln von Gloiotrichia Pisum (Ag.) Thur. Vom Substrate abgelöst, sinken dieselben im Wasser unter. Der Zellinhalt dieser Algen ist im lebenden Zustande ziemlich homogen und enthält glänzende stark lichtbrechende Körner; er gewährt also ungefähr denselben Anblick, wie der von Gl. echinulata, wenn man daraus durch Druck die Gasvacuolen entfernt hat. Dasselbe gilt für Gl. natans (Hedw.) Rabenh. Die oft mehrere Centimeter grossen Gallertkugeln der letzteren schwimmen zwar häufig an der Oberfläche, man findet dann aber regelmässig eine Luftblase im Innern der Gallerte; entfernt man diese, so sinkt die Alge unter[1]). Schwimmend und an der Oberfläche treibend fand ich in einigen Buchten des grossen Ploener Sees auch nicht selten grössere Flocken von Oscillatoria princeps Vauch. Ich habe versäumt, beim Einfangen darauf zu achten, zweifle aber nicht, dass sie in ähnlicher Weise, wie treibende oder schwimmende Watten von Spirogyra, Mougeotia oder anderen Fadenalgen durch äusserlich zwischen den Fäden festgehaltene Luftblasen an der Oberfläche gehalten werden. Die einzelnen Fäden der Alge vermögen nicht zu schwimmen; Gasvacuolen sind in den Zellen nicht enthalten.

Auch in der Gattung Anabaena, die mehrere Repräsentanten unter den echten Wasserblüthen hat, gibt es jedenfalls eine Anzahl Arten, die festsitzend leben und daher keine Gasvacuolen enthalten. Als ein Beispiel kann ich eine Form erwähnen, die Herr E. Lemmermann unter Material von Ploen gefunden und weiter kultivirt hat. Wir haben dieselbe als Anabaena catenula (Kütz.) Born. et Flah. bestimmt, doch ist die Uebereinstimmung mit der von Bornet und Flahault[2]) gegebenen Diagnose keine vollkommene, und ich gebe daher eine kurze Beschreibung. Die zahlreich beisammen liegenden, in eine ziemlich leicht sichtbare Scheide eingehüllten Fäden sind gerade oder in sehr weiten Bögen gekrümmt. Die Zellen sind im

1) Vergl. hierzu auch das oben abgedruckte Citat von Bornet und Flahault.
2) Ann. des sciences nat. VII. Sér., T. VII, p. 232.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0281-4

Längsschnitt rundlich bis abgerundet quadratisch, 4 – 5,5 μ dick und meist ebenso lang oder wenig länger. Die kugeligen, ellipsoidischen oder fast abgerundet cylindrischen Heterocysten haben eine Dicke von 5—7 und eine Länge von 7—9 μ. Die von den Heterocysten entfernt gebildeten Sporen sind cylindrisch, am Ende abgerundet-abgestutzt, nicht eingeschnürt, 6—7 μ dick, 21—26 μ lang.

Von einigen Anabaena-Arten geben die Autoren an, dass sie anfangs am Boden oder an irgend welchen Gegenständen festsitzend leben und sich erst später nach der Oberfläche begeben und sogar eine Wasserblüthe bilden [1]). Wenn diese Behauptung richtig ist, so erhebt sich die Frage, ob die betreffenden Algen schon im festsitzenden Zustande Gasvacuolen enthalten, oder ob sich die letzteren erst bei der Loslösung ausbilden. Ich halte es nicht für sehr wahrscheinlich, dass ursprünglich festsitzende Formen sich in echte Wasserblüthen umwandeln; ich glaube vielmehr, dass bisher die Nichtbeachtung der Vacuolenstruktur zur Verwechselung sonst ähnlicher Arten geführt hat. (Vergl. die eben erwähnte als A. catenula bezeichnete und die oben als A. solitaria beschriebene Alge.) Man dürfte also künftig wohl zweckmässig die Gasvacuolen bei der Classification der Anabaenen mit berücksichtigen; vielleicht tragen die hier gewonnenen Erfahrungen zu einer Klärung der Systematik auf diesem nicht ganz leichten Gebiete bei.

## VI. Wasserblüthebildende und Planktonalgen aus anderen Algengruppen

Es ist sehr bemerkenswerth, dass die Gasvacuolen, soweit es sich bis jetzt überblicken lässt, nur in der Gruppe der Phycochromaceen vorkommen und dass auch die überwiegende Mehrzahl der wasserblüthebildenden Algen dieser Gruppe angehört. Ausser den Phycochromaceen ist mir bis jetzt nur eine einzige Alge bekannt geworden die ein ebenso ausgeprägtes Steigvermögen besitzt und daher nicht bloss zu den wasserblüthebildenden Algen gerechnet werden kann sondern thatsächlich an der Bildung von Wasserblüthen theilnimmt. Es ist Botryococcus Braunii Kütz. Worauf das geringe specifische Gewicht dieser Alge beruht, bedarf noch genauerer Untersuchung. Dass keine Gasvacuolen vorhanden sind, lässt sich leicht feststellen, zumal wenn man das Pflänzchen trocknet und mit Canadabalsam bedeckt. Wahrscheinlich handelt es sich um ein Fett, das

1) Z. B. Anabaena variabilis Kütz. cfr. Bornet et Flahault l. c. p. 227

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0282-9

die auffällig dicken, die Zellen umgebenden Membranen durchtränkt. Dafür spricht die intensive Schwarzfärbung, welche die Membranen mit Osmiumsäure annehmen, ferner das Austreten ölartiger Tropfen in den Glycerinpräparaten, und endlich das Durchsichtigwerden der einfach getrockneten und mit Canadabalsam bedeckten Alge.

Alle anderen im Plankton des Süsswassers vorkommenden Algen scheinen specifisch schwerer oder jedenfalls nicht leichter zu sein als das Wasser. Dass die specifisch leichteren Algen je nach dem Bewegungszustande des Wassers bald als Wasserblüthe, bald als Plankton auftreten, ist — soweit nicht etwa noch unbekannte Veränderungen der Algen selbst darauf einwirken — leicht erklärlich. Ebenso macht das Verständniss des Vorkommens der mit Geisseln versehenen Volvocaceen, Peridineen etc. im Plankton keine Schwierigkeiten. Anders verhält sich die Sache dagegen bei den Diatomeen und vielleicht auch bei einigen gelegentlich im Plankton vorkommenden Chlorophyceen, wie Pediastrum, Staurastrum u. a. Die Planktondiatomeen besitzen allerdings einen nicht unerheblichen Fettgehalt. Bei der Behandlung mit Osmiumsäure werden schwarz gefärbte Tropfen sichtbar; Asterionella gracillima Grun. enthält z. B. meist mehr als 10 Tröpfchen, die an Dicke der schmalen Zelle fast gleichkommen und in derselben der Länge nach gleichmässig vertheilt sind, Fragilaria crotonensis Edw. gewöhnlich zwei oder vier grosse neben den Chromatophoren im mittleren Theile der Zelle gelegene Tröpfchen, die in den Zellenketten zwei Längsreihen bilden, und ausserdem meist noch eine Anzahl kleinerer, die durch die ganze Zelle vertheilt sind. Auch kommen bei diesen und anderen Planktondiatomeen des Süsswassers Schwebevorrichtungen, wie sie Schütt[1]) für die marinen Formen beschreibt, in verschiedener Weise zur Ausbildung. Indessen geben diese Verhältnisse, wie mir scheint, noch keine befriedigende Erklärung für das Schweben der Süsswasserdiatomeen ab. In den Planktonfängen sinken die Pflänzchen beim ruhigen Stehen nach kurzer Zeit zu Boden, einen braungelben Schlamm bildend, wie ich wiederholt beobachtet habe. Warum versagen die Schwebevorrichtungen den Dienst, wenn sich die Algen in einem kleinen Gefässe mit Wasser befinden, oder wodurch wird das specifische Gewicht der Algen nach dem Einfangen so rasch erhöht? Gewiss ist für das Schwebenbleiben der Diatomeen auch die Wellenbewegung des Wassers nicht ganz

1) l. c., p. 17 ff. Vgl. hierzu auch die erwähnte Arbeit von Dr. Strodtmann.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0283-5

ohne Bedeutung, da sie die sinkenden Algen in ähnlicher Weise wieder heben wird, wie sie die steigenden, die Wasserblüthen, von der Oberfläche in eine gewisse Tiefe zurückbefördert. Aber eine befriedigende Erklärung liefert die Wellenbewegung nicht, da sie nicht stets vorhanden ist und da ihre Wirkung in der Tiefe sehr bald eine Grenze findet. Mir will es scheinen, dass noch irgend ein aus der Lebensthätigkeit der Zellen resultirender Factor, der nach dem Einfangen der Algen nicht mehr voll zur Geltung kommt, zur Erklärung des Schwebens der Planktondiatomeen zu suchen ist. Jedenfalls harren hier noch verschiedene Fragen der Lösung, die mit Aussicht auf Erfolg nur in einer der in unmittelbarer Nähe des Wassers, sowohl des salzigen wie des süssen, gelegenen und mit den nöthigen Hilfsmitteln ausgerüsteten Stationen versucht werden kann. Mögen die vorliegenden Betrachtungen dazu eine Anregung geben!

Hamburg, 6. Januar 1895.

Nachträgliche Bemerkungen. 1. In der mittlerweile im Drucke erschienenen Arbeit von Dr. S. Strodtmann findet sich ein Hinweis darauf, dass bei einigen Protozoen (Arcella) den Gasvacuolen vergleichbare, aber rasch entstehende und wieder verschwindende Luftbläschen im Protoplasma vorkommen (Bütschli in Bronn's Klassen und Ordnungen des Thierreichs, Bd. I, p. 101). 2. Herr Dr. F. Ahlborn in Hamburg hat bereits im Sommer 1893 Versuche angestellt, welche das Verschwinden der Schwimmfähigkeit von Aphanizomenon Flos-aquae durch Druck und Stoss ergeben und auch den erforderlichen Druck gemessen. Durch unsere Besprechung der Angelegenheit veranlasst, wird Herr Dr. Ahlborn selbst einen kurzen Bericht darüber veröffentlichen (10. Febr. 1895).

---

## Erklärung der Abbildungen. (Tafel IV.)

Die Figuren 1—10, 13, 15, 17—20, 22, 24—30, 32—36 einerseits, 11, 12, 14, 16, 21, 23, 31 andererseits sind, weil bei derselben Vergrösserung, 824/1 bezüglich 115/1, mit dem Zeichenspiegel entworfen, hinsichtlich der Grössenverhältnisse unter sich direct vergleichbar. Den meisten Zeichnungen liegen die im Texte besprochenen Zuckerpräparate zu Grunde.

Gloiotrichia echinulata. 824/1.

Fig. 1. Unteres Fadenende mit Gasvacuolen.

Fig. 2. Dasselbe, die Gasvacuolen durch Alkohol entfernt. Grösse durch die Wirkung des Alkohols etwas vermindert.

Fig. 3. Oberes Ende einer Spore und angrenzende Zellen, erstere ohne, letztere mit Gasvacuolen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0284-1

Fig. 4. Zellen des haarförmigen Fadenendes mit Gasvacuolen.
Fig. 5. Zellen des haarförmigen Fadenendes mit daneben liegenden, durch Zerreiben aus anderen Zellen befreiten Gasvacuolen; *a* ein Plasmatropfen mit Gasvacuolen.
Fig. 6. Unteres Ende einer Spore. Haematoxylinfärbung nach voraufgehender Alkoholbehandlung.
Fig. 7. Theil eines Fadens. Färbung wie Fig. 6.
Fig. 8. Theil eines Fadens. Methylenblau-Lebendfärbung. Der Centralkörper durch die Gasvacuolen hindurchschimmernd.
Fig. 9. Theil eines Fadens. Methylenblaufärbung nach voraufgehender Entfernung der Gasvacuolen mittels Druck.
Fig. 10. Zellen des haarförmigen Fadenendes. Methylenblau-Lebendfärbung.

Anabaena spiroides.

Fig. 11. Ein grosses sporenloses Exemplar. 115/1. Das dunkle Aussehen dieser und der folgenden Abbildungen, namentlich der schwach vergrösserten, entspricht dem Verhalten der Algen im lebenden Zustande, und ist eine Folge der Gasvacuolen.
Fig. 12. Kleineres Exemplar mit einer jungen Spore. 115/1.
Fig. 13. Der die Spore enthaltende Theil, stärker vergrössert. Gasvacuolen nur in einem Theil der Zellen dargestellt. 824/1.

Anabaena spiroides var. contracta.

Fig. 14. Vollständiges Exemplar. 115/1.
Fig. 15. Ein Theil des Fadens mit Heterocyste, stärker vergrössert. 824/1.

Anabaena macrospora.

Fig. 16. Zwei sporenbildende Exemplare. 115/1.
Fig. 17. Theil des Fadens stärker vergrössert. Spore ohne Gasvacuolen; in der Heterocyste sind die Gasvacuolen verloren gegangen (Zuckerpräparat). 824/1.
Fig. 18. Junge Spore mit noch vorhandenen Gasvacuolen. 824/1.

Anabaena macrospora var. crassa. 824/1.

Fig. 19. Fadenstück mit Heterocyste.
Fig. 20. Fadenstück mit Spore. Zellen mit, Spore ohne Gasvacuolen.

Anabaena Flos-aquae.

Fig. 21. Kleineres Fadenknäuel mit den charakteristischen Windungen der Fäden. 115/1.
Fig. 22. Nicht ganz reife Spore und Fadenstück mit Heterocyste. 824/1.

Anabaena Flos-aquae var. gracilis.

Fig. 23. Ein Fadenknäuel. 115/1. Fäden der Zeichnung im Vergleich zu Fig. 21 etwas zu dick ausgefallen.
Fig. 24. Fadenstück mit Heterocyste und junger Spore. 824/1.

Anabaena solitaria. 824/1.

Fig. 25. Fadenstück mit Heterocyste und Spore. Zellen mit, Spore ohne Gasvacuolen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0285-7

Anabaena catenula (?) 824/1.

Fig. 26. a) Fadenstück mit Heterocyste. b) Fadenstück mit Sporen. Zellen ohne Gasvacuolen.

Aphanizomenon Flos-aquae. 824/1.

Material von Bremen.

Fig. 27. Fadenstück mit Heterocyste.

Fig. 28. Fadenstück mit Spore.

Fig. 29. Theil des Fadenendes mit verlängerten Zellen. Gasvacuolen nicht gezeichnet.

Material von Ploen (Trent-See).

Fig. 30. Fadenstück mit Heterocyste und Spore. Letztere enthält noch eine Reihe besonders deutlicher Gasvacuolen.

Trichodesmium (Aphanizomenon?) lacustre.

Fig. 31. a) und b) Zwei vollständige Fadenbündelchen. 115/1.

Fig. 32. Fadenstücke, mit Gasvacuolen. 824/1.

Fig. 33. Fadenstück, Haematoxylinfärbung nach voraufgehender Alkoholbehandlung. 824/1.

Trichodesmium Hildebrandtii.

Fig. 34. Fadenstück mit Gasvacuolen. Nach getrocknetem Material, die Vacuolen daher nicht ganz dem Leben entsprechend. 824/1.

Clathrocystis aeruginosa.

Fig. 35. Zellen mit Gasvacuolen. 824/1.

Coelosphaerium Kützingianum.

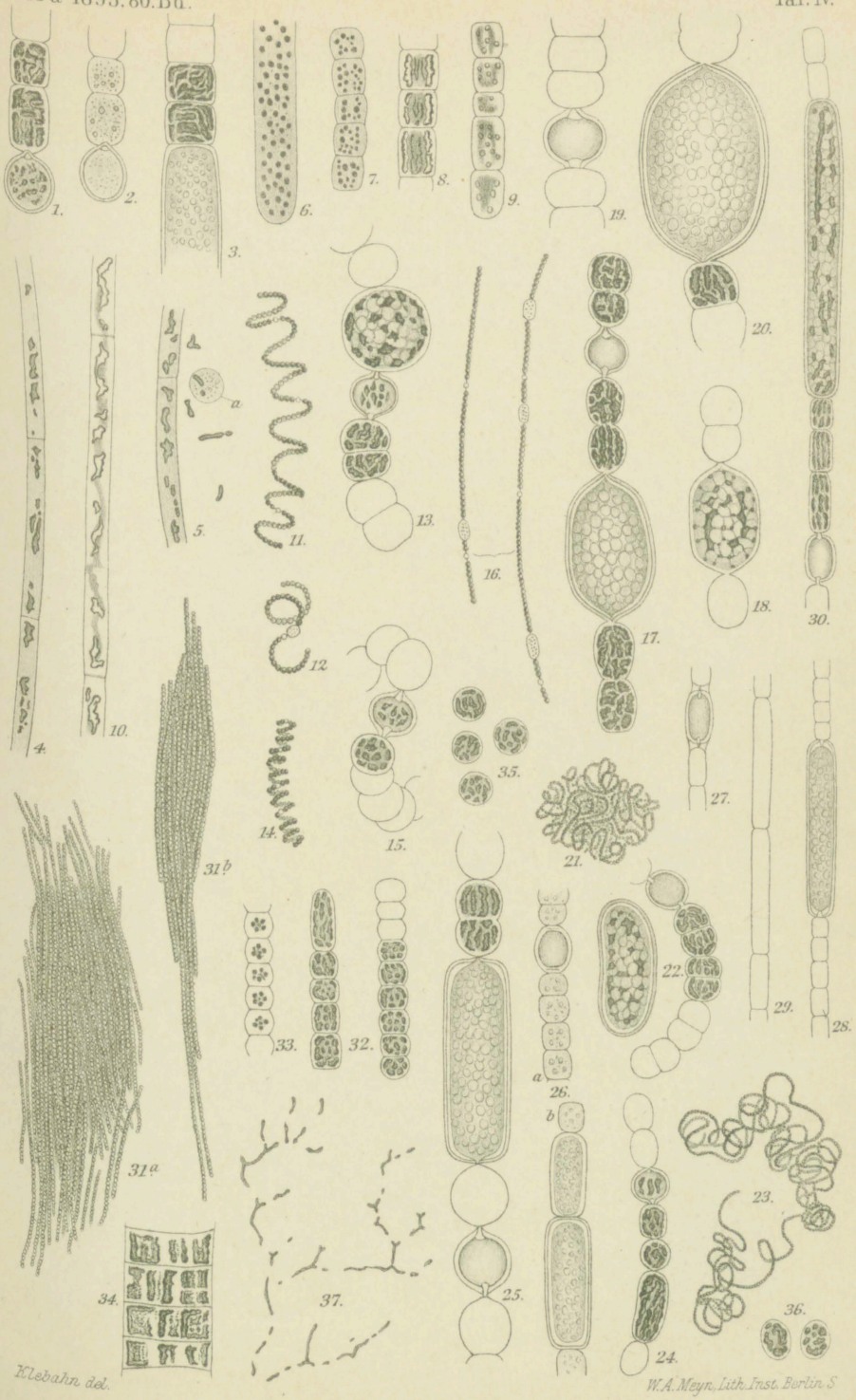
Fig. 36. Zellen mit Gasvacuolen. 824/1.

---

Fig. 37. Luftbläschen von bacteroidenartiger Form, aus Wasser durch kräftigen momentanen Druck auf das Deckglas erhalten. 354/1.

---

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0286-2




Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05160-0499-3

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: 80

Autor(en)/Author(s): Klebahn Heinrich

Artikel/Article: Gasvacuolen, ein Bestandteil der Zellen der wasserblüthebildenden Phycochromaceen. 241-282