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

VIII.

Bericht über einige Versuche, betreffend die Gasvacuolen von Gloiotrichia echinulata.

Von **Dr. H. Klebahn** (Hamburg).

Im dritten Theile der Forschungsberichte aus der biologischen Station zu Plön habe ich zuerst darauf hingewiesen, dass in den Zellen der wasserblüthebildenden Cyanophyceen gashaltige Vacuolen vorhanden seien[1]). Dieses Ergebniss war durch zum Theil gemeinsame Arbeiten mit Herrn Dr. Strodtmann während des Sommers 1894 gefunden worden. Ich stellte an jener Stelle eine eingehende Bearbeitung des Gegenstandes in Aussicht, während Herr Dr. Strodtmann[2]) an einer späteren Stelle desselben Heftes bereits die Resultate seiner und eine Reihe Einzelheiten meiner Untersuchungen mittheilte. Strodtmann hat sich dann auch noch an zwei anderen Stellen[3]) über den Gegenstand geäussert. Meine ausführliche Arbeit erschien bald darauf, durch verschiedene Umstände etwas verzögert, in der Flora[4]). Kurz vorher hatte auch Herr Dr. Ahlborn[5]) in Hamburg, durch mich veranlasst, einen Bericht über einen bereits 1893 gehaltenen Vortrag veröffentlicht, in welchem interessante Druckversuche mit Aphanizomenon flos aquae beschrieben werden. Ich schicke diese Uebersicht über die mir bisher bekannt gewordenen

---

[1]) Allgemeiner Charakter der Pflanzenwelt der Plöner Seen. Forschungsberichte, 3. Theil, p. 12.

[2]) Bemerkungen über die Lebensverhältnisse des Süsswasserplankton. Forschungsberichte, 3. Theil, p. 166 ff.

[3]) Biolog. Centralblatt, Bd. XV., Nr. 4, p. 113. — Archiv für Entwickelungsmechanik der Organismen, I. Bd., 3. Heft, p. 391 ff.

[4]) Gasvacuolen, ein Bestandtheil der Zellen wasserblüthebildender Phycochromaceen. Flora, Bd. 80, 1895, Heft I, 42 pp., Taf. IV.

[5]) Ueber die Wasserblüthe Byssus flos aquae und ihr Verhalten gegen Druck. Verhandl. des naturwiss. Vereins in Hamburg. Dritte Folge II. 1895, p. 25 ff.

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

einschlägigen Publicationen voran, weil Apstein[1]) in seinem Buche über das Süsswasserplankton meine Betheiligung an der Bearbeitung der Gasvacuolen vollständig ignoriert und auch Ahlborn's Arbeit nicht erwähnt.

In dem erwähnten Aufsatze in der Flora habe ich versucht, meine Ansicht, dass die von P. Richter[2]) früher für Schwefel gehaltenen „roten Körner" der wasserblüthebildenden Cyanophyceen nichts anderes sein könnten, als mit einer gasartigen Substanz angefüllte Hohlräume im Protoplasma, eingehend zu begründen. Ein mit einigen Erweiterungen versehener Auszug aus dieser Arbeit ist im vorigen Teile der Plöner Forschungsberichte erschienen[3]).

Inzwischen hat P. Richter[4]) einen Aufsatz über Scenedesmus veröffentlicht, in welchem er auch auf die roten Körner der Gloiotrichia echinulata zu sprechen kommt. Richter hält dieselben nicht mehr für Schwefel, möchte sie aber auch nicht für Gasvacuolen halten. Er sagt p. 5 des Separatabdrucks: „Um das Schwimmen zu erklären, ist die Zuhilfenahme besonderer sichtbarer Gasvacuolen nicht nötig, da die Kügelchen in vielen lang austretenden verdünnten Fäden, die in feine Haarspitzen auslaufen, Schwebevorrichtungen besitzen[5]); sie sinken nieder, wenn sie dieser durch Stoss oder Reibung verlustig werden. Gasvacuolen können diese roten Körnchen nicht sein, weil sie sich in den Zellen getrockneten, ausgefrorenen und — wie Klebahn bemerkt — über 100° erhitzten Materials noch beobachten lassen, ja unter Umständen noch deutlicher als in frischer Masse. Hier bei diesen entgegengesetzten Fällen hätte doch ein Verschwinden der Gasvacuolen eintreten müssen; beim Eintrocknen und Eingefrieren der Zelle nimmt doch der Druck der umgebenden Medien ab, und beim Erhitzen kommt noch die Vermehrung der inneren Spannkraft dazu."

Da ich diesen Anschauungen Richter's nicht beipflichten kann, erlaube ich mir das Folgende dazu zu bemerken:

1. Die Haarspitzen der Gloiotrichia brechen durch Stoss oder Reibung nicht so leicht ab, wie Richter meint, jedenfalls nicht

---

[1]) Das Süsswasserplankton. Kiel und Leipzig 1896, p. 28.

[2]) Forschungsberichte aus der Biol. Station zu Plön. Theil II, p. 42.

[3]) Forschungsberichte, Theil IV, p. 189—206.

[4]) Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Leipzig. Jahrgang 1895/96. Sitzung vom 5. Mai 1895.

[5]) Diese Aeusserungen Richter's beziehen sich nur auf Gloiotrichia echinulata. Von den übrigen wasserblüthebildenden Cyanophyceen hat nur noch Aphanizomenon flos aquae mitunter haarartige Enden der Fäden.

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

bei einem langsam gesteigerten Drucke, wie er bei den unten beschriebenen Versuchen angewendet wurde. Sie besitzen vielmehr, wie das Zerdrücken der Algen unter dem Deckglase zeigt, einen hohen Grad von Elasticität oder von Biegsamkeit.

2. Auch Gloiotrichien, die keine Haarspitzen haben. z. B. die jugendlichen, schwimmen, während solche, die zwar Haarspitzen, aber keine Gasvacuolen besitzen, untergehen.
3. Zerreibt man die Gloiotrichien, so dass sie sich in ihre Fäden und in Teile derselben auflösen, so schwimmen die einzelnen Bruchstücke.
4. Das Erhaltenbleiben der Vacuolen beim Trocknen und Erhitzen ist eines meiner Hauptargumente für die Gasnatur der „roten Körner" gewesen, da feste Körper ausgeschlossen sind und Flüssigkeiten ein anderes Verhalten hätten zeigen müssen. Ueber die Druckverhältnisse der umgebenden Medien wissen wir bis jetzt nichts. —

Die Ansicht, welche Richter schliesslich über das Wesen der roten Körner ausspricht, ist von der meinigen gar nicht so wesentlich verschieden. Richter erklärt die roten Körner für Spaltungen im Protoplasma, er spricht von „Lücken und Zerklüftung des Inhalts" (p. 6). Nur sagt Richter nicht, mit was für einer Substanz er sich diese Lücken ausgefüllt denkt. Dass sie vollständig leere Räume sind, ist unmöglich, da sie mit einer wasserdurchtränkten Wand umgeben sind; sie enthalten also mindestens Wasserdampf von einer den Temperaturverhältnissen und den uns unbekannten Druckverhältnissen in ihrem Innern entsprechenden Spannung. Dass sie daneben noch gasförmige Producte des Stoffwechsels enthalten, z. B. Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure oder dergleichen, halte ich für weit wahrscheinlicher, als dass sie davon völlig frei sind; indessen wäre dies ja eine Frage, die eventuell weiterer Untersuchung bedürfte. Für die von Strodtmann und mir den Gasvacuolen zugeschriebene biologische Rolle, das specifische Gewicht der Algen zu vermindern, würden sie, wenn sie völlig luftleer wären, ebenso gut, ja sogar noch ein wenig besser geeignet sein, als wenn sie Gase enthalten.

Unter den Versuchen, die ich seinerzeit zum Nachweise der Gasnatur des Inhalts der roten Körner vorgenommen habe, war namentlich einer, der mir direct beweisend zu sein schien [1]). Ein starker Druck auf das Deckglas bringt die Vacuolen zum Schwinden,

---

[1]) Flora, Bd. 80, 1895, p. 15 ff. des Separatabdrucks.

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

ohne dass die Zellen platzen; bei einem starken Drucke, der plötzlich nachlässt, und dem dabei dadurch, dass die Durchbiegung des Deckglases rückgängig gemacht wird, sofort eine kräftige Saugung folgt, werden freie Gasblasen sichtbar. Ich nahm an, dass das Gas der Vacuolen durch den Druck zur Absorption gebracht und durch die folgende Saugung wieder frei gemacht werde. Dieser Versuch schien mir den Weg vorzuzeichnen, auf dem es gelingen könnte, das in den Vacuolen enthaltene Gas in grösseren Mengen darzustellen, um dadurch erstens einen sicheren Beweis dafür zu bringen, dass der Inhalt der Vacuolen ein Gas ist, und zweitens eine chemische Untersuchung des Gases zu ermöglichen. Da die Anwendung physikalischer Apparate dabei erforderlich war, setzte ich mich mit Herrn Prof. Dr. Voller, Director des physikalischen Staatslaboratoriums in Hamburg, behufs Ausführung geeigneter Versuche in Verbindung. Herr Prof. Voller hatte die Liebenswürdigkeit, die im Folgenden beschriebenen Apparate anfertigen zu lassen und mir dieselben zu den Versuchen zur Verfügung zu stellen.

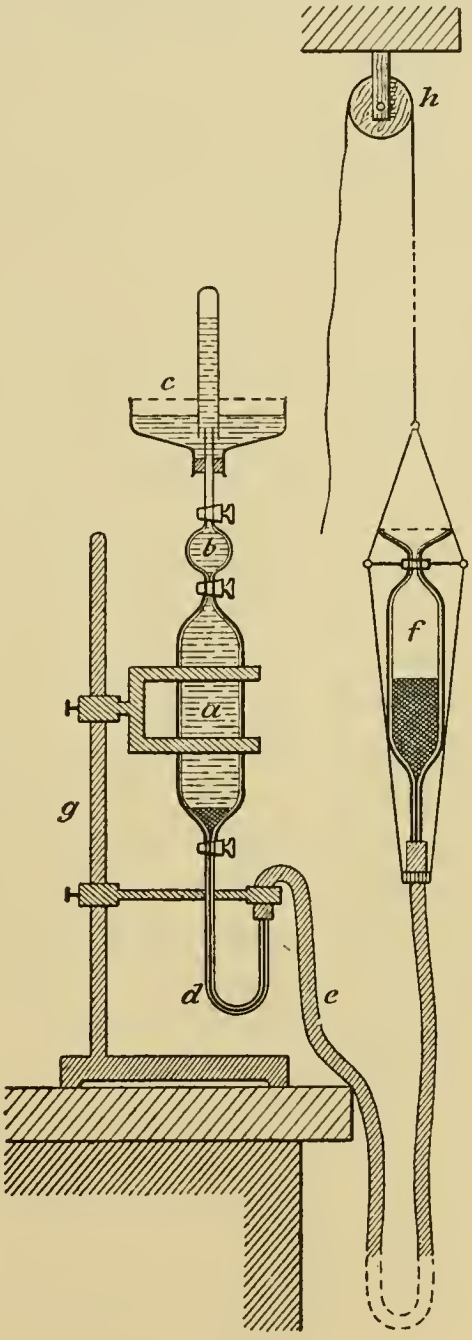

Fig. 1.

Es wurde ein ca. 250 ccm fassendes cylindrisches Glasgefäss (a) beschafft, das stark genug war, um einen Druck von mehreren Atmosphären zu ertragen. An beiden Enden war dasselbe durch Glashähne von den angesetzten Glasröhren abzusperren. Ueber dem oberen Hahne fand sich eine kugelförmige Erweiterung (b) mit noch einem Hahne darüber, eine Einrichtung, die sich hernach als überflüssig erwies. Auf das Ende des oberen Glasrohrs konnte mit Gummistopfen ein flacher Glastrichter (c) aufgesetzt werden, der zum Einfüllen der Algen und als pneumatische Wanne diente. An das untere Glasrohr, das aus Gründen, die unten angegeben werden, U-förmig

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

gebogen war (d), schloss sich ein Gummischlauch (e) mit eingelegtem starken Hanfgewebe, der nach Angabe des Fabrikanten einen Druck von 10 Atmosphären aushalten sollte. Am Ende des über 3 m langen Schlauches befand sich ein Glasgefäss (f), das zum Eingiessen und zur Ansammlung eines grösseren Quantums Quecksilber geeignet war. Das zuerst beschriebene Gefäss wurde mittels eines Stativs (g) fest aufgestellt, das letztere dagegen an einer über einer Rolle (h) laufenden Schnur befestigt, so dass durch Heben und Senken des Quecksilbers nach Bedarf Druck oder Saugung hergestellt werden konnte.

Mit diesem Apparate begab ich mich Anfang August 1896 nach Plön, um hier an der Gloiotrichia echinulata, die mir von den wasserblüthebildenden Algen dabei am geeignetsten scheint, die Versuche vorzunehmen. Im Thurme der Biologischen Station fand sich ein zur Aufstellung des Apparats geeigneter Platz, den Herr Dr. O. Zacharias die Güte hatte, mir zur Verfügung zu stellen. Während meines achttägigen Aufenthaltes trat zwar die Gloiotrichia im Grossen See nicht in solcher Weise auf, dass man sie hier leicht in grösseren Mengen hätte bekommen können, indessen war sie an bestimmten Stellen des kleinen Plöner Sees im ruhigen Wasser zwischen dem Rohr in genügenden Mengen erhältlich. Bevor die mit einem Handnetze gesammelten Algen zu den Versuchen verwendet wurden, mussten dieselben durch ein Sieb von störenden Beimengungen, wie Schnecken, Wasserlinsen und dergleichen, gereinigt werden. Dann wurden sie durch Filtrieren in einem Leinen- oder Gazenetze von dem überflüssigen Wasser befreit; der erhaltene dicke Brei wurde hernach mit soviel Wasser vermengt, als zu den Versuchen erforderlich schien. Um den Apparat mit der Algenmasse zu beschicken, wurde derselbe zunächst durch Heben des Quecksilberbehälters ganz mit Quecksilber gefüllt; dann wurden die Algen aus dem oben aufgesetzten Trichtergefässe durch Senken des Quecksilbers eingesogen.

In sehr anschaulicher Weise lässt sich mittels dieses Apparates zeigen, dass durch einen genügend starken Druck die Gasvacuolen zerstört werden und gleichzeitig das Steigvermögen der Gloiotrichia schwindet. Man nimmt dazu am besten eine geringe Menge Algen in viel Wasser. Nach kurzem Stehenlassen des Apparats haben sich alle Algen im oberen Teile des Druckgefässes angesammelt; sie zeigen ihre normale, helle, schmutzig gelbgrüne Farbe. Der obere Hahn ist geschlossen. Jetzt wird vorsichtig unter Vermeidung von Erschütterungen der Quecksilberbehälter gehoben. Zunächst bemerkt man keine Ver-

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

änderung. Sobald aber ein Druck von etwa 3 Atmosphären erreicht ist, kommt plötzlich Bewegung in die bis dahin ruhig oben schwimmenden Algen. Sie beginnen langsam hinabzusinken und sammeln sich in kurzer Zeit sämtlich unten an; sie steigen nicht wieder, auch wenn der Druck sofort nachlässt. Ihre Farbe ist dunkel bräunlichgrün geworden; die Gasvacuolen sind verschwunden.

Sehr wenig befriedigende Resultate gaben dagegen die Versuche, das Gas der Gloiotrichia zu gewinnen. Es war ursprünglich geplant, die Versuche folgendermassen auszuführen: Zuerst sollte ein Vacuum auf die Algen einwirken, um das in ihnen und in dem Wasser absorbiert enthaltene Gas zu entfernen. Dann sollte ein Druck von 3—4 Atmosphären ausgeübt werden, um das Gas der Gasvacuolen zur Absorption zu bringen. Hierauf sollte wieder ein Vacuum hergestellt werden, damit das absorbierte Gas frei würde. — Zu diesem Plane ist zu bemerken, dass ich schon früher festgestellt hatte (teilweise schon durch Versuche, die ich 1894 in Plön gemeinsam mit Herrn Dr. Strodtmann ausführte), dass der Aufenthalt im luftleeren oder luftverdünnten Raume keinen bemerkbaren Einfluss auf die Gasvacuolen ausübt und auch das Schwimmvermögen der Gloiotrichia nicht verändert. Ich glaubte daraus schliessen zu dürfen, dass auch der Gasgehalt der Vacuolen durch das Vacuum keine Veränderung erleide.

Das unbefriedigende Ergebniss der Versuche ist die Folge einer Reihe von Schwierigkeiten, die sich bei denselben herausstellten. Ein Theil dieser Schwierigkeiten, nämlich diejenigen, die der Apparat bot, liessen sich mehr oder weniger gut überwinden. Die Hähne wurden festgebunden, weil sie sonst durch den hohen Druck herausgedrückt wurden und aus dem unteren das Quecksilber umherspritzte. Der letztere wurde ausserdem unter Wasser gesetzt, um ein Eindringen von Luft bei dem durch das Festbinden sehr erschwerten Drehen zu verhüten; mit den oberen Hähnen liess sich das leider nicht machen, da ein genügend grosses Gefäss fehlte. Das untere Glasrohr erhielt eine U-förmige Krümmung, um das Eindringen von Luft aus dem Schlauche zu verhüten; denn der letztere hielt zwar den Druck sehr gut aus, erwies sich aber nicht als absolut luftdicht, wahrscheinlich in Folge des in ihm befindlichen Gewebes.

Weit grössere Schwierigkeiten bereiteten die Algen selbst. Es stellte sich die Thatsache heraus, dass die Gasmenge, die aus den Algen ohne voraufgehenden Druck gewonnen werden kann, also offenbar die Gasmenge, welche sich in der Substanz der Algen im absorbirten Zustande befindet, eine verhältnissmässig recht grosse

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

und, wie es scheint, eine viel grössere ist, als die Menge des in den Vacuolen enthaltenen Gases. Ferner zeigte sich, dass dieses absorbirte Gas mittels des Apparates nicht vollkommen genug zu entfernen ist, um die Versuche in der geplanten Weise durchführen zu können. Da ich eine Erhitzung des Apparates bis zum Sieden des Wassers im Vacuum nicht ausführen konnte, versuchte ich durch mehrstündige und wiederholte Anwendung des Vacuums zum Ziele zu kommen. Dabei trat aber eine neue Störung ein, indem nämlich die Algen sehr bald anfangen sich zu zersetzen, wobei sie, wie ein paar in geeigneter Weise angestellte Versuche zeigten, grosse Mengen von Zersetzungsgasen entwickeln. Ich führte daher einige Versuche in der Weise aus, dass ich von derselben Algenmischung eine Probe mit und eine Probe ohne voraufgehenden Druck evacuirte und das Vacuum in beiden Fällen gleichviele Male und gleichlange Zeit einwirken liess. Dann erhielt ich zwar bei den Versuchen etwas mehr Gas, wo die Algen vorher den Druck erfahren hatten: indessen trat auch dieses Ergebniss nicht mit der zum exacten Nachweise erforderlichen Schärfe hervor. Zur Erläuterung des Voraufgehenden stelle ich im Folgenden nähere Angaben über einige der Versuche zusammen.

1. Versuchsreihe, 9. August.

	Wasser ohne Algen 250 ccm	Wasser mit Algen.		
		35 ccm Algen 215 ccm Wasser	70 ccm Algen 180 ccm Wasser	70 ccm Algen 180 ccm Wasser
		Erst Druck, dann Vacuum	Erst Druck, dann Vacuum	Vacuum ohne voraufgehenden Druck
Die erhaltene Gasmenge betrug nach dem	ccm	ccm	ccm	ccm
1. Vacuum	0,5	1,8	3,3	1,8
2. Vacuum	1,1	2,7	4,4	2,7
3. Vacuum	**1,6**	**3,2**	**5,4**	**3,8**
von je 3 Minuten				

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

2. Versuchsreihe, 10. August.

	Wasser ohne Algen 250 ccm		Wasser mit Algen.		
			90 ccm Algenbrei 160 ccm Wasser	180 ccm Algenbrei 70 ccm Wasser	180 ccm Algenbrei 70 ccm Wasser
	1.	2.	Erst Druck, dann Vacuum	Erst Druck, dann Vacuum	Vacuum ohne vorauf-gehenden Druck
Die erhaltene Gasmenge betrug nach dem	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm
1. Vacuum	1,0	1,3	1,4	3,0	2,5
2. Vacuum	2,1	2,1	2,6	4,4	4,0
3. Vacuum	**2,6**	**2,6**	**3,2**	**5,3**	**4,8**
von je 3 Minuten					

Das bei dem ersten Versuche verwendete Algenquantum wurde durch Abfiltriren genau bestimmt; bei dem zweiten Versuche fand dies nicht statt, indessen enthielt die hier verwendete Mischung etwas mehr Algen. Während der Einwirkung des Vacuums wurden die Algen geschüttelt, damit die zwischen denselben auftretenden Blasen an die Oberfläche gelangten. Um dies mit besserem Erfolge ausführen zu können, wurden die Versuche so eingerichtet, dass unten in dem Druckgefässe etwas Quecksilber zurück blieb, das beim Schütteln die Flüssigkeit in kräftige Bewegung versetzte.

Die Versuche zeigen ein Zunehmen der gewonnenen Gasmenge mit zunehmendem Gehalte der Mischung an Algen und auch einen Mehrertrag an Gas in dem Falle, wo vorher der Druck ausgeübt war und das Gas der Vacuolen also mit erhalten werden konnte; indessen stimmen die beiden Versuche zu wenig miteinander überein, um sichere Schlüsse daraus zu ziehen.

Der fünfte Versuch der zweiten Reihe wurde noch fortgesetzt. Mit einem vierten Vacuum von 2 Stunden stieg die Gasmenge auf 6,3. Darauf liess ich Druck einwirken und stellte dann wieder das Vacuum her; mit dem ersten Vacuum (1 Stunde) wurden 4,8 ccm, nach dem zweiten von 22 Minuten im Ganzen 5,4 ccm Gas erhalten.

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

Es machte sich aber bei diesem Versuche eine beginnende Zersetzung der Algen bemerkbar, so dass offenbar Zersetzungsgase mit im Spiele waren.

Noch einen weiteren Versuch will ich kurz andeuten: Zunächst kein Druck. 1. Vacuum (5 Minuten). 2. Vac. ($4^1/_4$ Stunden). Gas ungemessen entleert. 3. Vac. ($1^3/_4$ Stunden) und 4. Vac. (3 Min.), zusammen nur noch 0,7 ccm. Dann Druck. Dann wieder Vacuum. 1. Vac. ($^3/_4$ Stunde). 2. Vac. (3 Min.), zusammen 1,2 ccm Gas. 3. Vac. (55 Min.). 4. Vac. (3 Min.), insgesammt 1,8 ccm Gas. Bei diesem Versuche könnte also immerhin das zuletzt gewonnene Gas im Wesentlichen aus den Gasvacuolen stammen.

Durch die Ergebnisse dieser Versuche habe ich zwar die Hoffnung nicht verloren, dass es auf dem eingeschlagenen Wege möglich sein wird, den Gasgehalt der Gasvacuolen auf experimentellem Wege nachzuweisen; indessen ist es zweifellos, dass das Verfahren noch wesentlich modificirt werden muss. Namentlich muss versucht werden, das Aufsaugen der absorbirten Gase schneller und sicherer zu bewirken, und ich glaube, dass dabei die Anwendung der Quecksilberluftpumpe und das Erhitzen der Algenmasse nicht zu umgehen sein wird.

Wie gross die Menge Gas ist, die in einem bestimmten Quantum Gloiotrichia mindestens enthalten sein muss, um die Algen zum Schwimmen zu bringen, ergibt sich leicht durch eine Formel, die ich im 4. Theil der Plöner Forschungsberichte, p. 203, abgeleitet habe. Diese Menge beträgt nämlich

$$v \frac{s-1}{s}$$

wenn v das Volumen der Alge, s das specifische Gewicht des Plasmas und der Gallerte derselben ist. Hierbei ist das specifische Gewicht des Gases = 0 gesetzt; der Ausdruck gibt also genau genommen das Volumen des Vacuolen für den Fall, dass sie luftleer sind. Denkt man sie mit Gas gefüllt, so ergibt sich das Volumen des Gases bei dem allerdings unbekannten Drucke, der in den Vacuolen herrscht. Das specifische Gewicht der Gallerte und des Plasmas muss also bekannt sein, wenn man mittels der Formel das Volumen der Vacuolen berechnen will. Man erhält dasselbe annähernd, wenn man das specifische Gewicht der durch Druck von den Vacuolen befreiten Gloiotrichien bestimmt. Ich habe dies zu thun versucht, konnte aber, da in Plön eine Vorrichtung zur genügend genauen Volumbestimmung nicht zu haben war, nur zu ungenauen Resultaten kommen. Die gefundenen Werthe schwanken zwischen 1,01 und

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

1,09. Hiernach hätten in den 70 ccm Algen der oben erwähnten ersten Versuchsreihe Gasmengen zwischen 0,7 und 5,9 ccm enthalten sein müssen. Ich will künftig versuchen, das specifische Gewicht genauer zu bestimmen.

Da die Druckversuche zur Gewinnung des Gases der Vacuolen zu wenig befriedigend ausfielen, habe ich von einer chemischen Untersuchung der gewonnenen Gase abgesehen; ich habe nur zur Ergänzung meiner früheren Versuche eine mikrochemische Prüfung der Gasvacuolen auf Sauerstoff und Kohlenoxydgas vorgenommen, indem ich alkalische Pyrogallollösung[1]) und ammoniakalische Kupferchlorürlösung auf die Algen einwirken liess. Herr Dr. M. Schöpff, Assistent am chemischen Staatslaboratorium, hatte die Güte, mir diese Flüssigkeiten in der für Gasanalysen üblichen Zusammensetzung herzustellen. Erst bei mehrstündiger Einwirkung dieser Flüssigkeiten auf die Algenfäden wurden die Gasvacuolen zerstört. Man kann hieraus wohl schliessen, dass weder Sauerstoff, noch Kohlenoxyd, noch auch Kohlensäure in überwiegender Menge in den Vacuolen enthalten ist.

Es schien mir auch wünschenswerth, die Veränderungen, welche die Gasvacuolen durch Druck erleiden, direkt unter dem Mikroskope verfolgen zu können. Bisher hatte ich mich darauf beschränken müssen, die Algen unter dem Deckglase mit einer Nadel zu drücken, was natürlich die Anwendung stärkerer Vergrösserungen ausschloss. Herr Prof. Dr. Voller liess nach meinen Angaben die folgende Vorrichtung anfertigen, die man vielleicht in Anlehnung an den bekannten Ausdruck „feuchte Kammer“ als „Druckkammer“ bezeichnen könnte. Ein aus Messing gedrehtes Gefäss besteht aus zwei Teilen, einem auf dem Tische des Mikroskops zu befestigenden Haupttheile (Fig. 2,a) und einem mit Hilfe eines eingelegten Lederringes luftdicht aufschraubbaren Deckel (b). Der Boden des Haupttheils hat in der Mitte eine runde Oeffnung, die mit einer fest eingekitteten Glasscheibe (c) luftdicht verschlossen ist. Dieselbe dient dazu, das vom Spiegel des Mikroskops herkommende Licht einzulassen. Zur Verstärkung des Lichts kann in den Apparat eine halbkugelige Glaslinse (Seibert's Condensor) mittels einer aus Kork geschnittenen

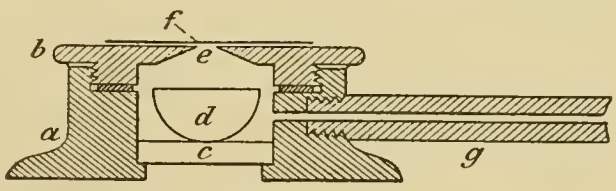

Fig. 2.

[1]) Bei den früheren Versuchen hatte ich ammoniakalische Pyrogallollösung verwendet und auch eine geringere Concentration genommen.

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

Fassung eingelegt werden (d). Der Deckel hat in der Mitte ein rundes Loch (e) von 2 mm Durchmesser; seine obere Seite ist eben, die untere ist nach der centralen Oeffnung zu conisch verjüngt. Auf die obere Fläche des Deckels wird mit Siegellack ein Deckglas (f) aufgekittet. Ein seitlich an dem Haupttheile angebrachtes Metallrohr (g), dessen Bohrung in das Innere des Apparates mündet. kann mit dem oben besprochenen Gummischlauche verbunden werden, so dass sich durch Heben oder Senken des Quecksilbers Druck oder Luftverdünnung bewirken lässt. Eventuell könnte die Vorrichtung auch mit einer Luftpumpe in Verbindung gesetzt werden. Wie bei der Construction des Apparates erwartet wurde, hielt die freie Deckglasfläche von ca. 3,14 qmm Grösse einen Druck von 4 Atmosphären gut aus.

Die zu untersuchenden Algen werden mit einem winzigen Tröpfchen Wasser auf die kleine freie Deckglasfläche der Innenseite des Deckels gebracht; dann schraubt man den Deckel fest auf. Man untersucht im hängenden Tropfen; es kann aber auch ein kleines rund gebrochenes Deckglasstückchen aufgelegt werden, durch das die Algen besser in einer ebenen Schicht ausgebreitet werden.

Die Versuche mit dieser Vorrichtung führten zu andern Resultaten, als ich erwartet hatte. Weder durch Luftverdünnung, noch durch einen bis auf 4 Atmosphären gesteigerten Druck konnte ich eine Veränderung der Gasvacuolen hervorrufen. Ich habe dies, so gut es sich machen liess, auch durch Messen mit dem Ocularmikrometer bei einer stärkeren Vergrösserung (Seibert V, Ocular III. Vergr. $\frac{640}{1}$) festgestellt. Das Messen war deshalb mit einigen Schwierigkeiten verknüpft, weil die Befestigung des Apparats sich nicht als genügend erwies und namentlich bei stärkerem Drucke infolge des zu dünn gewählten Metallrohrs Verschiebungen eintraten.

Wie schon bemerkt, enspricht das erhaltene Resultat durchaus nicht den Erwartungen, die man sich unter der Annahme zu bilden geneigt ist, dass die roten Körner Gasbläschen sind. Trotzdem steht dies Ergebnis mit den Erfahrungen, die man bei den weiter oben beschriebenen Versuchen macht, besser in Einklang, als es auf den ersten Blick scheint. Bringt man Wasser mit Gloiotrichia unter die Luftpumpe und evacuiert, so steigen zwar auch zu Boden gesunkene Algen lebhaft in die Höhe. Man bemerkt aber bald, dass es nur die aus dem Wasser frei werdenden Gasblasen sind, welche die Algen mit nach oben reissen: das Steigvermögen der Algen selbst

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

jedoch wird in keiner Weise vergrössert. Diese Erscheinung ist nur verständlich, wenn die Gasvacuolen, wie der mikroskopische Versuch wirklich zeigte, im luftleeren Raume keine Vergrösserung erfahren.

Ebensowenig, wie durch Druckverminderung eine Vergrösserung der Gasvacuolen zu beobachten war, trat bei der Steigerung des Druckes eine Verkleinerung derselben ein. Auch diese Beobachtung, die unter der Voraussetzung, dass die Gasvacuolen Gasbläschen sind, zunächst sehr überraschend erscheint, steht mit den sonstigen Beobachtungen in Einklang. Bie den weiter oben beschriebenen Druckversuchen mit Gloiotrichia trat das Sinken der Algen plötzlich ein, erst in dem Augenblicke, wo der Druck eine ganz bestimmte Höhe erreicht hat, und gleichzeitig mit der Zerstörung der Gasvacuolen. Das könnte nicht so sein, wenn die Gasvacuolen durch den gesteigerten Druck, etwa dem Boyle-Mariotte'schen Gesetze entsprechend, verkleinert würden. Dann müsste vielmehr mit der bei gesteigertem Drucke allmählich eintretenden Verkleinerung der Gasvacuolen auch zugleich das Schwimmvermögen der Algen nach und nach abnehmen; sie müssten bereits zu sinken beginnen, bevor der Moment der Zerstörung der Gasvacuolen eintritt.

Es will zunächst scheinen, dass das Ergebnis dieser Versuche im Widerspruche stehe mit der Ansicht, die roten Körner seien Gasvacuolen. Indessen dürfte es doch wohl verfehlt sein, von den Gasvacuolen dasselbe Verhalten zu erwarten, wie etwa von Gasblasen, die in einer Flüssigkeit enthalten sind, oder von einem dem Drucke unmittelbar zugänglichen Luftvolumen. Die plasmatische Wand, welche die Gasvacuolen umschliesst, scheint eine gewisse Festigkeit zu besitzen, wie insbesondere auch daraus hervorgeht, dass die Gasvacuolen beim Trocknen der Algen oder beim Einschluss derselben in indifferente Flüssigkeiten erhalten bleiben. Dazu kommt dann noch die gleichfalls widerstandsfähige Zellwand und bei Gloiotrichia ausserdem die dicke Gallerthülle. Dadurch werden offenbar die physikalischen Verhältnisse der Vacuolen wesentlich beeinflusst, und es erscheint möglich, dass eine Veränderung des Aussendruckes infolgedessen nur sehr mittelbar zur Einwirkung auf die Vacuolen gelangt.

Für die Biologie der Gloiotrichia dürfte diese Unempfindlichkeit der Gasvacuolen gegen Druckschwankungen nicht ohne Bedeutung sein. Bei windigem Wetter gelangen die Gloiotrichien auch in etwas grössere Tiefen; die Tiefen, die sie erreichen, hängen offenbar ganz von der Stärke des Wellenschlages ab. In 10 Meter Tiefe würden die Gasvacuolen, wenn sie wie Gasblasen dem Boyle-

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

Mariotte'schen Gesetze folgten, bereits auf die Hälfte ihres Volumens zusammengedrückt sein, und die Algen würden wahrscheinlich nicht mehr im Stande sein, emporzusteigen. In 5 m Tiefe wären die Vacuolen auf etwa $^2/_3$ zusammengedrückt, und auch hier würde sich wahrscheinlich schon eine Verminderung der Steigkraft geltend machen. In 4—6 m Tiefe aber kommt die Gloiotrichia, wie ich selbst zu beobachten Gelegenheit hatte[1]), schon bei mässigem Winde gar nicht spärlich vor. Ich sehe also in der Unempfindlichkeit der Gasvacuolen gegen Druck ein Mittel, durch das die Alge gegen das Versinken geschützt ist, wenn sie durch den Wellenschlag in grössere Tiefen gelangt. Auch für die im Frühjahr aus den Sporen entstehenden Keimlinge dürfte die Unempfindlichkeit der Vacuolen von Wichtigkeit sein; denn die reifen Sporen sinken im Herbst zu Boden, und wenn sich die Keimlinge vermöge ihrer Gasvacuolen wieder in die Höhe begeben, so müssen letztere einen gewissen Druck aushalten können[2]).

Weit auffälliger als die Beobachtung, dass die Gasvacuolen durch Veränderung des Aussendruckes keine bemerkbare Vergrösserung oder Verkleineruug erleiden, ist der Umstand, dass sie bei den Versuchen in der Druckkammer durch einen Druck von 4 Atmosphären nicht zerstört wurden, während bei den Versuchen in dem weiter oben beschriebenen Apparate schon ein geringerer Druck genügte, um sie zu beseitigen und das Schwimmvermögen der Algen aufzuheben. Eine ganz befriedigende Erklärung weiss ich für diese Verschiedenheit noch nicht zu geben; ich glaube aber, dass dieselbe darin begründet liegt, dass bei den Versuchen mit der Druckkammer das Quecksilber zunächst auf die Luft in der Kammer und diese erst auf das Wasser mit den Algen drückte, während bei den Versuchen mit dem grösseren Apparate das Quecksilber unmittelbar auf das Wasser wirkte. Wahrscheinlich sind die Algen gegen Stoss viel empfindlicher als gegen Druck, wie auch aus den Versuchen Ahlborn's (l. c.) hervorgehen dürfte. Die Luftschicht in der Druckkammer wirkte also gewissermassen wie ein elastisches Polster und hielt die Stösse bei der Erhöhung des Druckes ab, während bei den andern Versuchen jede ruckweise Druckerhöhung unmittelbar übertragen wurde. Es wird jedenfalls nötig sein, auch diese Versuche fortzusetzen; insbesondere erscheint es wünschenswert, die Druckkammer so abzuändern, dass sie auch eine unmittelbare Einwirkung

---

[1]) Cfr. Strodtmann, Forschungsberichte, Theil 3, pag. 169 u. 177.

[2]) Die Keimung der Gloiotrichia echinulata wurde noch nicht beobachtet. Man weiss also auch nicht, in welchen Tiefen dieselbe noch möglich ist.

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

des Quecksilberdruckes auf das Wasser, worin sich die Algen befinden, zulässt.

Die thatsächlichen Ergebnisse des im Vorstehenden beschriebenen Versuche sind nur unerheblich und nicht den Erwartungen, die ich daran geknüpft hatte, entsprechend. Trotzdem dürften die Versuche nicht ganz umsonst ausgeführt sein, da jedenfalls die Schwierigkeiten, welche dieselben bieten, jetzt genauer bekannt sind, und sich daraus vielleicht wichtige Fingerzeige für künftige Untersuchungen ergeben.

Es sei mir zum Schlusse gestattet, den Herren Prof. Dr. Voller und Dr. M. Schöpff in Hamburg, sowie Dr. O. Zacharias in Plön verbindlichst zu danken und die von dem Stationsdiener Herrn Ludwig Wilken mir geleistete Assistenz lobend anzuerkennen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Forschungsberichte aus der Biologischen Station zu Plön

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: 5

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

Artikel/Article: Bericht über einige Versuche, betreffend die Gasvacuolen von Gloiotrichia echinulata 166-179