

5810  
120  
1

# Das Pflanzenleben der Hochsee

von

**Dr. Franz Schütt,**

Privatdocent an der Universität zu Kiel.

LIBRARY OF  
Illinois State  
LABORATORY OF NATURAL HISTORY,  
URBANA, ILLINOIS.

Mit 35 Textabbildungen und einer Karte des Nordatlantischen Oceans.

Kiel und Leipzig.  
Verlag von Lipsius & Tischer.  
1893.

Oswald Weigel  
Antiquariat & Auktions-Institut  
Leipzig, Königsstr. 1.



Das  
Pflanzenleben der Hochsee

von

**Dr. Franz Schütt,**  
Privatdocent an der Universität zu Kiel.

---

Mit 35 Textabbildungen und einer Karte des Nordatlantischen Oceans.

---

**Kiel und Leipzig.**  
Verlag von Lipsius & Tischer.  
1893.

~~~~~  
**Druck von A. Hopfer in Burg.**

## Inhaltsverzeichnis.

|                                                                                           | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Einleitung . . . . .                                                                      | 5     |
| I. Theil . . . . .                                                                        | 6     |
| Uebersicht der Pflanzen . . . . .                                                         | 6     |
| A. Haplophyten . . . . .                                                                  | 6     |
| I. Diatomeen . . . . .                                                                    | 6     |
| Bau der Zelle . . . . .                                                                   | 6     |
| Grundleben und Planktonleben . . . . .                                                    | 6     |
| Beziehungen zwischen dem biologischen Verhalten und dem morphologischen Aufbau . . . . .  | 7     |
| Ausbildung und Fehlen der Naht bei Grunddiatomeen und Planktondiatomeen . . . . .         | 8     |
| Morphologische und biologische Beziehungen bei Flussdiatomeen . . . . .                   | 9     |
| bei Gallertstieldiatomeen . . . . .                                                       | 11    |
| bei Gallertschlauchdiatomeen . . . . .                                                    | 11    |
| Geringe Differenzirung im Bau der Planktonpflanzen, Einzelzelle und Zellenstaat . . . . . | 12    |
| Anpassungserscheinungen an das Planktonleben. Erhöhung der Schwebfähigkeit . . . . .      | 13    |
| Regulirung des specifischen Gewichts . . . . .                                            | 14    |
| Wirkung der Volumenvergrößerung durch Wasseraufnahme . . . . .                            | 15    |
| Bedeutung der Stoffwechselprodukte für die Schwebfähigkeit . . . . .                      | 15    |
| Wirkung des Stoffwechselverlaufs . . . . .                                                | 16    |
| Wirkung kosmischer Einflüsse . . . . .                                                    | 17    |
| Morphologische Hilfsmittel zur Vermehrung der Schwebfähigkeit . . . . .                   | 17    |
| Oberflächenvergrößerung . . . . .                                                         | 17    |
| Volumenvergrößerung . . . . .                                                             | 17    |
| Streckung . . . . .                                                                       | 18    |
| Abflachung . . . . .                                                                      | 18    |
| Schwebapparate: . . . . .                                                                 | 19    |
| Hörner, Stacheln, Flügel, Platten . . . . .                                               | 19    |
| Hilfsmittel der Oberflächenvergrößerung . . . . .                                         | 21    |
| Steuerapparate: schiefe Spitze, Krümmung, Verbiegung . . . . .                            | 21    |
| Kettenbildung . . . . .                                                                   | 22    |
| Sparsamkeit mit Baumaterial der Zellwand . . . . .                                        | 24    |
| Schaalenzeichnung, Gitterkonstruktion . . . . .                                           | 24    |
| Verschiedene Membranverdickung bei Grund- und Planktondiatomeen . . . . .                 | 25    |
| Schädlichkeit der Schwebeinrichtungen für das Grundleben . . . . .                        | 26    |
| Verbreitung . . . . .                                                                     | 26    |
| II. Peridineen . . . . .                                                                  | 26    |
| Bau . . . . .                                                                             | 26    |
| Beziehungen zwischen Bau, Leben und systematischer Stellung . . . . .                     | 27    |
| Vorhandensein und Fehlen des Chromophylls . . . . .                                       | 27    |
| Thier oder Pflanze . . . . .                                                              | 29    |
| Beziehungen zwischen den morphologischen Eigenschaften und dem Fundort . . . . .          | 30    |
| Fundort und Zahl der Individuen . . . . .                                                 | 30    |
| Fundort und Zahl der Formen . . . . .                                                     | 31    |
| Varietätenbildung . . . . .                                                               | 31    |
| Beziehung zwischen Variation und geographischer Verbreitung . . . . .                     | 32    |
| Typengruppen von Ceratium . . . . .                                                       | 32    |
| Oberflächenvergrößerung und ihr Nutzen als Bewaffnung und Schwebeinrichtung . . . . .     | 34    |
| III. Flagellaten . . . . .                                                                | 36    |
| a) Dictyocheen . . . . .                                                                  | 36    |
| b) Dinobryeen . . . . .                                                                   | 36    |
| c) Xanthelleen . . . . .                                                                  | 37    |
| d) Unbestimmte Flagellaten . . . . .                                                      | 37    |
| IV. Pyrocysteen . . . . .                                                                 | 38    |

|                                                                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| V. Schizophyten . . . . .                                                                                                                                                          | 39 |
| A Schizophyceen . . . . .                                                                                                                                                          | 39 |
| a Stemoneen . . . . .                                                                                                                                                              | 39 |
| Oscillariaceen . . . . .                                                                                                                                                           | 39 |
| Nostocaceen . . . . .                                                                                                                                                              | 42 |
| Rivulariaceen . . . . .                                                                                                                                                            | 43 |
| Scytonemaceen . . . . .                                                                                                                                                            | 43 |
| Sirosiphonaceen . . . . .                                                                                                                                                          | 43 |
| b Cocceen . . . . .                                                                                                                                                                | 43 |
| Chroococcaceen . . . . .                                                                                                                                                           | 43 |
| B Schizomyceten . . . . .                                                                                                                                                          | 44 |
| VI. Haplochlorophyten . . . . .                                                                                                                                                    | 44 |
| A Conjugaten . . . . .                                                                                                                                                             | 45 |
| Zygnemaceen . . . . .                                                                                                                                                              | 45 |
| B Haplochlorophyceen . . . . .                                                                                                                                                     | 45 |
| Protococcaceen . . . . .                                                                                                                                                           | 45 |
| Hydrodictyaceen . . . . .                                                                                                                                                          | 46 |
| Pleurococcaceen . . . . .                                                                                                                                                          | 46 |
| Volvocaceen . . . . .                                                                                                                                                              | 47 |
| B Symphyten . . . . .                                                                                                                                                              | 47 |
| Chlorophyceen . . . . .                                                                                                                                                            | 48 |
| Charales . . . . .                                                                                                                                                                 | 48 |
| Phaeophyceen . . . . .                                                                                                                                                             | 48 |
| Fucaceen . . . . .                                                                                                                                                                 | 48 |
| Sargassum . . . . .                                                                                                                                                                | 48 |
| Laminariaceen . . . . .                                                                                                                                                            | 49 |
| Rhodophyceen und höhere Pflanzen . . . . .                                                                                                                                         | 49 |
| II. Theil . . . . .                                                                                                                                                                |    |
| Verbreitung der Pflanzen. Pflanzenoceanographie . . . . .                                                                                                                          | 49 |
| I. Flora der Hochsee . . . . .                                                                                                                                                     | 50 |
| A Grundlagen der Floristik . . . . .                                                                                                                                               | 50 |
| Vorarbeiten zur Floristik . . . . .                                                                                                                                                | 50 |
| Forderung . . . . .                                                                                                                                                                | 52 |
| B Küsten und Hochsee . . . . .                                                                                                                                                     | 54 |
| Küstenpflanzenstrom . . . . .                                                                                                                                                      | 54 |
| Lokalfloren . . . . .                                                                                                                                                              | 55 |
| Grenze des Küstenstroms . . . . .                                                                                                                                                  | 55 |
| Grund der Unverwischbarkeit des Gegensatzes . . . . .                                                                                                                              | 56 |
| C Florengebiete . . . . .                                                                                                                                                          | 57 |
| a. Existenz verschiedener Florengebiete . . . . .                                                                                                                                  | 57 |
| b. Florenreiche . . . . .                                                                                                                                                          | 58 |
| c. Florenprovinzen . . . . .                                                                                                                                                       | 58 |
| Ostsee, Nordsee, Golfstrom, Irminger See, Ostgrönlandstrom, Westgrönlandstrom, Labradorstrom, Floridaström und Sargassosee, Nordäquatorial-, Guinea-, Südäquatorialstrom . . . . . | 59 |
| d. Grenzgebiete . . . . .                                                                                                                                                          | 61 |
| D Floristische Charaktere . . . . .                                                                                                                                                | 62 |
| Leitpflanzen, Charakterpflanzen, Lokalformen, Massenformen, Zahlenformen, Begleitformen, Vikariirende Formen, Korrespondirende Formen . . . . .                                    | 62 |
| Möglichkeit der Florengebiete . . . . .                                                                                                                                            | 65 |
| II. Vegetationsbilder . . . . .                                                                                                                                                    | 65 |
| A Umrisse . . . . .                                                                                                                                                                | 65 |
| Vorbedingung für die Zeichnung . . . . .                                                                                                                                           | 65 |
| Bild der Gesamtvegetation (Totalbild) . . . . .                                                                                                                                    | 67 |
| Bilder der Vegetationskomponenten (Partialbilder) . . . . .                                                                                                                        | 72 |
| Mängel und Wünsche . . . . .                                                                                                                                                       | 73 |
| B Vegetationsfarbe . . . . .                                                                                                                                                       | 74 |

## Einleitung.

Pflanzen und Thiere theilen sich in das Reich des Lebens auf der Erde in ungleichen Verhältnissen. Die Produkte des Pflanzenlebens überwiegen die des Thierlebens wenn nicht an Bedeutung, so doch an Masse. Dies erscheint nicht wunderbar, wenn man berücksichtigt, dass die Pflanzen direkt oder indirekt die Nahrung für alle Lebewesen abgeben müssen, da nur sie die Fähigkeit haben, die unorganischen, in der todten Natur gebotenen Stoffe zu verzehren und daraus ihren Leib aufzubauen, das Thier aber, das die organischen Körper nicht aufzubauen, sondern nur abzureissen, zu verbrennen vermag, an das Vorhandensein der schon zubereiteten organischen Nährstoffe gebunden ist.

In diesen Verhältnissen liegt das Ueberwiegen der Masse des Pflanzenreichs begründet, und dementsprechend sehen wir auch die ganze Erde mit einem grünen Teppich von Pflanzen bedeckt, in dem die Thiere nur wie kleinere farbige Punkte eingesprengt erscheinen.

So ist es auf dem Lande, wie verhält es sich nun aber auf der See? An den Küsten ist der Meeresboden ebenso wie das Festland mit einer Pflanzenschicht bedeckt. Diese ist aber an den äussersten Rand gebunden und reicht nicht weit in die Tiefe. Nach unten zu nimmt sie schnell an Masse ab, und die Tiefe von wenigen hundert Metern stellt schon die äusserste Grenze für die Möglichkeit des produktiven Pflanzenlebens dar, denn unten in den grossen Tiefen der Oeane herrscht ewige Finsterniss, dort vermag das lichtfreudige Pflanzenvolk nicht mehr zu gedeihen.

Ist nun die Hochsee frei von Pflanzen? Fehlt hier das Leben spendende, Stoff erzeugende, aufbauende Element vollkommen? Keineswegs. Auch hier entfaltet sich unter der Oberfläche ein reges Pflanzenleben, aber es fällt nicht so in die Augen, wie auf dem Lande, es wird nur wenigen von den vielen, die den weiten Ocean befahren, sichtbar. Der Schiffer glaubt reines, klares Wasser unter sich zu haben, während er doch über eine reiche Pflanzenwiese dahinfährt, und er erstaunt, wenn der Naturforscher ihm unter dem Mikroskop die Pflänzchen zeigt, die er aus seinem scheinbar klaren Wasser herausgefischt hat.

Wenn also die Hochsee trotz ihres todten Aussehens von Pflanzen reich belebt ist, so müssen diese entweder in solcher Tiefe sich aufhalten, dass sie das Auge nicht mehr wahrnimmt, oder sie müssen so klein sein, dass sie der forschende Blick des Reisenden gewöhnlich übersieht.

Das letztere ist der Fall. Alle eigentlichen Hochseepflanzen gehören in das Reich der kleinsten Lebewesen, die meisten derselben sind dem blossen Auge schwer oder garnicht sichtbar, und nur in Massen vereinigt vermögen sie einen Eindruck auf den Beschauer zu machen.

Dieses Volk der pflanzlichen Pygmäen, welches das Amt der Nahrungsbereitung auf der Hochsee übernommen hat, besitzt keine solche Mannigfaltigkeit, wie sie Floren des Festlandes aufweisen, sondern es rekrutirt sich nur aus wenigen Familien, die alle den untersten Stufen des grossen Pflanzenreiches angehören.

### I. Theil.

## Uebersicht der Pflanzen.

### A. Haplophyten <sup>1)</sup>.

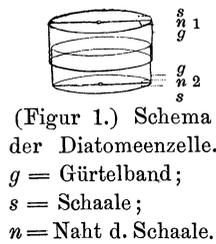
#### I. Diatomeen.

Bei den Diatomeen oder Bacillariaceen besteht bekanntlich das ganze pflanzliche Individuum aus einer einzigen Zelle, deren Plasmaleib von einer Membran umhüllt ist, die zwar, wie die Zellhaut aller Pflanzen, aus einer celluloseartigen Grundsubstanz besteht, die aber so viel Kieselsäure enthält, dass sie dadurch fast unzerstörbar wird, denn selbst das Feuer vermag ihre Form nicht zu verändern, vielmehr treten feine Struktureigenthümlichkeiten der Membran, zarte Riefen und Leisten der Oberfläche nach dem Glühen der Membran nur um so deutlicher hervor, indem das nach dem Verbrennen der organischen Substanz zurückbleibende Kieselskelett die Form der ursprünglichen Membran in allen ihren Details auf das vollkommenste wiedergibt. Starke Verkieselung der Membran kommt auch bei anderen Pflanzengruppen vor, die Schachtelhalme z. B. lassen beim Glühen in ähnlicher Weise vollkommene Kieselskelette der Zellmembranen zurück, dies ist also kein spezifisches Charakteristikum der Diatomeen, wohl aber unterscheiden sich diese vor allen anderen Zellen durch einen ganz charakteristischen morphologischen Aufbau der Membran.

Die Membran der Diatomeen besteht nicht, wie sonst im Pflanzenreich Regel ist, aus einem einzigen zusammenhängenden Stück, das den weichen Zelleib schlauch- oder sackartig allseitig umhüllt, sondern sie wird aus mehreren selbstständigen Stücken gebildet, die sich zu einander

verhalten, wie die einzelnen Theile einer Schachtel. Wie die beiden Hälften einer Pappschachtel erst dadurch einen allseitig geschlossenen Raum umschliessen, dass sie mit ihren freien Rändern übereinander geschoben werden, so wird auch der Zellraum der Diatomeenschachtel erst dadurch abgeschlossen, dass die Ränder der beiden Hälften übereinandergeschoben sind, in dieser Lage aber nicht miteinander verwachsen, sondern in einer Richtung wenigstens beweglich bleiben.

(Fig. 1.) Wie ferner die Schachtel ganz verschiedene Bilder giebt, je nachdem man sie von



<sup>1)</sup> Unter der Bezeichnung Haplophyten fasse ich die niedersten Pflanzen von einfachstem Bau zusammen, aber unabhängig von der Frage, ob das Pflanzenindividuum aus einer Zelle oder aus mehreren gebildet wird. Den Gegensatz dazu bilden die höher organisirten, complicirter gebauten Pflanzen, die ich Symphyten nenne. Bei Besprechung der letzteren gebe ich die Begründung dieser Eintheilung.

der flachen Deckel- oder der gebogenen Seitenfläche betrachtet, so giebt auch die Diatomeenzelle zwei verschiedene Bilder, von denen man das erste die Schaalenansicht, die letztere die Gürtelbandansicht nennt. Diese Bezeichnung wird abgeleitet aus der Zusammensetzung der beiden Schachtelhälften aus je zwei Stücken, von denen das eine, welches der Deckel resp. der Bodenplatte entspricht, als Schaale (Fig. 1 s), das andere daran befestigte ring- oder gürtelförmige Stück als Gürtelband (Fig. 1 g) bezeichnet wird. Die Gürtelfläche kann noch dadurch verlängert werden, dass zwischen Schaale und Gürtelband »Zwischenbänder« eingeschaltet werden. Die zu einer Schachtelhälfte gehörenden Schaale, Gürtelband und Zwischenbänder sind durch eine eigenartige Falzeinrichtung fest miteinander verbunden, die beiden Gürtelbänder sind dagegen gegeneinander verschiebbar.

Das Leben der Diatomeen ist an das Vorhandensein von Wasser gebunden; ob das Wasser süß, brackisch oder salzig ist, macht jedoch keinen principiellen Unterschied, denn in allen drei Arten werden Diatomeen gefunden. Im Wasser leben sie alle, doch können wir bezüglich des biologischen Verhaltens im Wasser zwei Haupttypen unterscheiden: solche, die an den Boden gebunden sind und solche, die sich frei schwebend im Wasser umhertreiben, die ersteren will ich als Grunddiatomeen, die anderen als Planktondiatomeen bezeichnen. In den seichten Gewässern des Festlandes, in Gräben und Lachen, überwiegen naturgemäss die Grunddiatomeen, aber schon in den tieferen Süßwasserseen und in den Flüssen findet sich eine beträchtliche Menge von Planktondiatomeen.

Im Meer sind die Grunddiatomeen natürlich an die Küsten gebunden. Sie scheinen hier weniger den eigentlichen Meeresboden zu überziehen, als vielmehr ihren Stützpunkt an Pflanzen, Seegrass und Algen u. s. w. zu suchen, auf denen sie bisweilen dichte, braune, schlammige Ueberzüge bilden. Wie die am Grunde wurzelnden Meerespflanzen überhaupt, so finden die Grunddiatomeen mit zunehmender Tiefe bald die Grenze ihrer Verbreitung, während die Planktondiatomeen ihr unermessliches Reich in dem grossen, weiten Ocean haben, den sie, von den Küsten beginnend, in ungeheuren Schaaren bevölkern, aber auch hier nicht überall in gleicher Dichtigkeit, sondern namentlich in vertikaler Richtung ungleich vertheilt sind, indem sie nach unten schnell an Dichtigkeit abnehmen, und nach wenigen hundert Metern dichter Bevölkerung ein ödes Reich der Tiefe unter sich lassen.

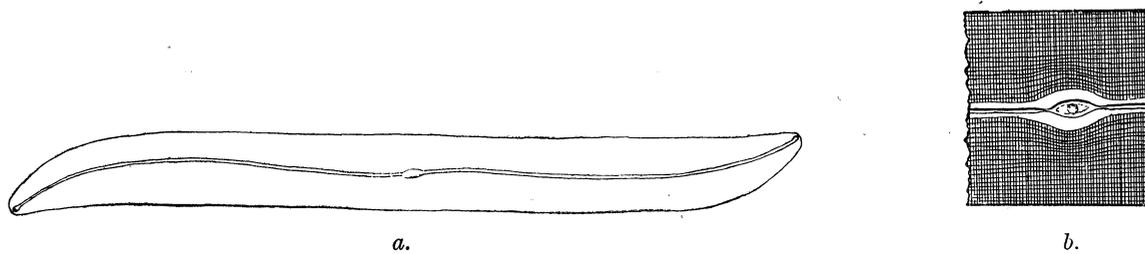
Es ist dies ein Ergebniss des Experiments, das theoretisch von vornherein zu erwarten war, denn was sollen die Diatomeen in der Tiefe? Sie sollen, wie alle grünen Pflanzen Stoffe aufbauen, d. h. aus Kohlensäure und Wasser organische Substanz erzeugen. Das können sie aber nur unter Einfluss und mit Hülfe der Lichtstrahlen. In der Finsterniss der Tiefe können sie nicht arbeiten, sondern nur ruhen, zu der Ruhe wird nur Stoff verbraucht, nicht erzeugt; alles was in der Tiefe bleibt, muss, wenn es nicht wie die Thiere vom Raube lebt, mit Naturnothwendigkeit an Selbstverzehrung zu Grunde gehen, selbst wenn ihm von Aussen keine Feinde Verderben drohen.

Fragen wir nun, ob sich die oben erwähnten verschiedenen biologischen Grundprincipien, das Leben am Boden und das Leben im freien Wasser auch in dem morphologischen Aufbau der Bionten als zwei Gegensätze wiederfinden lassen, so müssen wir zu-

geben, dass ein unbedingt sicherer, nie verwischbarer, ausnahmsloser Unterschied zwar nicht zu konstatieren ist, dass aber dennoch eine Anpassung der Formen an die Lebensweise nicht verkannt werden kann.

Bei zahlreichen Diatomeen, für welche man *Navicula* oder *Pleurosigma* als Typus aufstellen kann, erscheint die Deckel- und Bodenplatte des Panzers, die »Schaale«, wie aus zwei gleichen Stücken zusammengesetzt, die in der Mittellinie durch eine verdickte »Naht« (Fig. 1a pag. 6 u. Fig. 2 pag. 8) verbunden sind. Bei anderen Formen fehlt diese Zweitheilung der Schaalenflächen. Darnach kann man die Diatomeen in zwei grosse Gruppen, eine nahtfreie und eine nahtführende trennen. Eine dritte, zwischen beiden stehende Gruppe, die eine Scheinnaht, aber keine wirkliche Naht besitzt, wird später für sich besprochen werden.

Allen denjenigen, die Grunddiatomeen untersuchen, muss es auffallen, dass sie dabei vorwiegend auf »nahtführende« Formen stossen. Wer nur die Zahl der Species vor Augen hat, dem wird es vielleicht weniger auffallen, wer aber das Untersuchungsmaterial in lebendem Zustande an seinem natürlichen Standorte selbst aufsucht, und die biologischen Verhältnisse, namentlich die Massenverhältnisse ihres Auftretens, berücksichtigt, der kann kaum übersehen, dass die eigentliche Herrschaft im Wettstreit um den Grund und Boden den nahtführenden Formen zufällt, so dass sie also vorzugsweise den Verhältnissen des Grundlebens angepasst erscheinen. Zwar kommen auch viele nahtlose Formen am Grunde der Gewässer vor, an



(Fig. 2.) *Pleurosigma balticum v. californica*. a) Zelle von der Schaalenseite. Vergr.  $\frac{250}{1}$ . b) Mittelstück derselben Zelle mit Schaalenzeichnung. Vergr.  $\frac{650}{1}$ .

einzelnen Orten mit besonders ausgebildeten Lokalverhältnissen können sie sogar einmal überwiegen, aber insgesamt verschwinden sie doch gegenüber der Masse der nahtführenden Individuen.

Ganz anders ist dies beim Plankton. Schon beim Küstenplankton, selbst in aller nächster Nähe des Landes und im flachen Wasser, tritt die Menge der Nahtdiatomeen gegenüber der der nahtlosen vollkommen zurück. Dass es frei davon sei, ist natürlich nicht zu erwarten, da durch die Bewegung des Wassers, namentlich bei Stürmen, der Boden des Küstenstrichs aufgewühlt wird, und mit ihm zahlreiche Grunddiatomeen aufgeschwemmt werden, die sich dann mit dem eigentlichen Plankton des Küstenstriches mischen. Diese Pseudoplanktonformen können zwar ziemlich weit in die See hinausgetrieben werden, aber schon in unmittelbarer Nähe der Küsten fällt ihre Zahl nicht mehr ins Gewicht gegenüber der der nahtlosen; auf der Hochsee gar, in den weiten Flächen des Oceans, herrschen die nahtlosen Formen unumschränkt und wenn die Planktonfänge der Hochsee auch noch nahttragende Individuen zu Tage

fördern, so kann die im Verhältniss zu den anderen geringe Zahl doch nur als Bestätigung der Regel angesehen werden.

Fragen wir nach dem Grunde dieser eigenthümlichen Beziehung zwischen morphologischem Aufbau und biologischem Verhalten, so erhalten wir den Schlüssel dazu in einer alten Hypothese, die Max Schultze vor vielen Jahren schon aufstellte zur Erklärung der eigenthümlichen »gleitenden« Bewegung der Diatomeen, d. h. der nahtführenden Grundformen, denn nur für diese ist bisher Eigenbewegung konstatiert. Diese Hypothese stützt sich auf den anatomischen Bau der Schaale, und zwar speciell der Naht. Diese, äusserlich nur eine verdickte Linie auf der Schaale darstellend, ist der Länge nach von einem feinen Spalt durchzogen, durch den eine Kommunikation des Zellinneren mit der Aussenwelt hergestellt wird. Max Schultze nimmt nun an, dass durch diesen Spalt Plasma nach aussen hervortrete und hier sowohl das Festhaften der Schaale an der Bodenfläche, als auch die gleitende Bewegung auf dieser Fläche vermittele.

Wenn diese Hypothese von Max Schultze richtig ist, und das ist wohl als ziemlich sicher anzunehmen, so erscheint die Beobachtung nicht mehr wunderbar, dass die Grunddiatomeen vorwiegend nahtführende, die Planktondiatomeen dagegen meist nahtlose Formen sind, denn der ganze Nahtapparat erklärt sich dann als eine einfache Anpassungseinrichtung an das Grundleben, die den Grunddiatomeen wirklichen Nutzen gewährt, für die Planktondiatomeen aber überflüssig ist. Für die Grunddiatomeen bietet die Naht oder vielmehr die durch sie ermöglichte Bewegungsfähigkeit der Zelle nach mehreren Richtungen hin Nutzen: sie ermöglicht der Zelle, die günstigste Beleuchtung aufzusuchen, sie sichert sie vor der Gefahr des Verschüttetwerdens durch kleine Bodenpartikelchen, indem sie ihr die Fähigkeit giebt, sich aus dem Bodenschlamm, der sie stets zu bedecken droht, wieder ans Licht emporzuarbeiten, und namentlich gewährt sie der Zelle in schnellfliessenden Gewässern als Haftmittel einen Schutz vor dem Weggeschwemmtwerden.

Die pelagischen Diatomeen bedürfen eines solchen Schutzes nicht, sie sollen nicht am Boden haften, sondern frei schweben, darum ist der Apparat der Längsnaht für sie von gar keinem Nutzen, ja er kann ihnen als eine Schwächung der Membranfestigkeit, die noch eine Vermehrung des Panzergewichts bedingt, nur schaden. Dieser Annahme entspricht auch der positive Befund, dass der Nahtapparat den Planktondiatomeen meist fehlt. Morphologische und biologische Charakterzüge stehen also im vollkommensten Einklang, und erklären und begründen sich wechselseitig.

Interessant ist in dieser Frage auch das Verhalten der grossen Flüsse. Wider Erwarten zeigten die Planktonfänge im Amazonenstromdelta eine ziemlich reiche Diatomeenflora, vorwiegend aus Formen der trommelförmigen *Coscinodiscus*gruppe gebildet. Wie das Plankton der Hochsee zeigt sich also auch das Plankton eines grossen Stromes von nahtlosen Formen beherrscht.

Wie ist es möglich, dass sich in reissenden Flüssen überhaupt eine Planktonflora ausbilden kann? Welches sind die Bedingungen ihres Entstehens und welches ihre weiteren Schicksale? Da alles treibende Material nach kurzer Zeit in's Meer übergeht, so kann von einer eigentlichen, endogenen Planktonflora der Flüsse nicht wohl gesprochen werden. Die hier getroffene Flora befindet sich nur in einem Uebergangsstadium, während ihre eigentliche Heimath zu suchen ist

im oberen Flussgebiete, dessen Grundflora in seinen, durch die Wasserbewegung fortgerissenen Theilen die scheinbare Planktonflora des Unterlaufes bildet.

In den Bächen und Gräben des Speisungsgebietes des Flusses, namentlich in den ruhigen oder wenig bewegten Stellen, können nahtführende und nahtfreie Formen nebeneinander vegetiren. Bei gesteigertem Wasserlauf in Folge von Regengüssen werden an denjenigen Stellen, welche dem Wasserdruck besonders stark exponirt sind, die nicht am Boden befestigten nahtlosen Formen fortgespült werden, während die nahtführenden, mit ihrer Sohle dem Substrat anhaftenden, dem Wasserdruck Widerstand leisten. Als Folge davon muss sich, selbst unter der Annahme, dass beide Kategorien ursprünglich gleich stark nebeneinander vorhanden waren, der vorhin erwähnte Zustand einstellen: die nahtlosen Formen werden im Flussplankton, die nahtführenden Formen in den Bächen des Oberlaufes überwiegen. Nur an stets geschützten Stellen bleiben die nahtlosen Formen erhalten und können dadurch den Vorrath immer von neuem ergänzen, die losgerissenen Zellen dagegen schwimmen stetig abwärts, um sich schliesslich mit dem Strom ins Meer zu ergiessen.

Was hier aus ihnen wird, lässt sich noch nicht angeben. Man muss zwar die Möglichkeit noch offen lassen, dass sie sich an den hohen Salzgehalt des Meeres gewöhnen und im Meere ruhig weiter vegetiren, wenn man jedoch die grosse Empfindlichkeit der Planktondiatomeen gegen Konzentrationsdifferenzen des Wassers berücksichtigt, so erscheint es viel wahrscheinlicher, dass sie unter den veränderten Lebensbedingungen zu Grunde gehen. Die Folge würde dann sein, dass sie zwar eine beträchtliche Strecke ins Meer hinausgetragen werden, aber dabei langsam zu Boden sinken, diesen werden sie aber wegen ihrer im Verhältniss zum Gewicht sehr grossen Oberfläche viel später erreichen, als die gleichzeitig vom Strom mitgeführten Gesteinsfragmente. Es wird sich also eine Art Schlammprocess vollziehen, in nächster Nähe der Mündung wird sich der gröbere Sand ablagern, weiter hinaus die feineren Gesteinstheilchen, und schliesslich in einer viel grösseren Entfernung werden erst die Diatomeenschalen den Boden erreichen können. Durch diesen Tag für Tag, Jahr für Jahr, Jahrhundert für Jahrhundert fortgesetzten Schlammprocess kann sich vor der Mündung stark Diatomeen führender Flüsse eine im wesentlichen aus Diatomeenschalen bestehende Bodenschicht bilden, die einstweilen allerdings noch unserer Kenntniss entzogen, dennoch den bekannten aus Diatomeenschalen bestehenden Süsswasserbildungen, die als Kieselguhrlager ausgebeutet werden, an die Seite gestellt werden könnten.

Ob dies für den Amazonenstrom-Tocantins konstatierte Vorkommen einer Planktonflora allgemeinere Bedeutung hat oder nur ein einzelner Fall ist, muss zur Zeit noch eine offene Frage bleiben. Eine aus dem Mündungsgebiet der Elbe stammende Auftriebprobe, die ich Herrn Dr. Dahl verdanke, zeigt ähnliche Verhältnisse wie die erwähnten Proben des Rio Pará, d. h. sie besteht aus zahlreichen Diatomeen vom »Trommeltypus«. Eine Probe dagegen, die ich im April 1890 dem Rhein bei Mannheim entnahm, enthielt keine eigentliche Planktonflora, sondern nur Gesteinstrümmer und organischen Detritus, dem äusserst sparsam einige Diatomeen, die sich als losgerissene Bodenformen dokumentirten, beigemischt waren.

Nach dem oben gegebenen Versuch zur Erklärung der Planktonflora im Amazonenstromdelta



Wenn wir die Auffassung annehmen, dass diese Kolonien als Pflanzenindividuen von einer höheren Ordnung, als die Einzelzelle sie darstellt, aufzufassen sind, so dürfen wir wohl die Schlauchdiatomeen als die phylogenetisch höchst entwickelte Stufe des Diatomeenreichs betrachten. Diese Entwicklungsstufe gehört aber lediglich dem Grundleben an, sie fehlt im Hochseepflanzton. Es steht dies in gutem Einklang mit der bemerkenswerthen Erscheinung, dass auf der Hochsee das gesammte Pflanzenleben überhaupt sich auf den phylogenetisch niedersten Stufen bewegt. Grössere, complicirt gebaute Pflanzen werden auf hoher See nicht angetroffen; was dort an Pflanzenwuchs vorhanden ist, ist mikroskopisch oder doch fast mikroskopisch klein. Auch bei den anderen nicht zum Diatomeenreich gehörenden Pflanzengruppen trifft dies zu, entweder haben die Planktonpflanzen nur den Werth einzelner Zellen, oder sie bilden doch nur ganz kleine, wenig in die Augen fallende Zellkomplexe.

Worin mag dies seinen Grund haben? Man muss wohl annehmen, dass die Pflanzen der Hochsee in ihrer Form als Einzelzellen zerstreut und durch möglichst grosse Zwischenräume von ihren Schwesterzellen getrennt die günstigsten Lebensbedingungen im Kampf ums Dasein finden. Bei den Landpflanzen und bei den an den Boden gebundenen Wasserpflanzen gewährt die Vereinigung der Zellen zu grösseren Zellkomplexen offenbaren Nutzen, denn indem sich die einzelnen Zellen gegenseitig stützen und schützen, gedeihen alle besser; sie können Boden und Licht um so besser ausnutzen, je höher sie sich aufbauen und je mehr sie sich in die Arbeit am Licht und in die Arbeit am Boden theilen; sie sind ferner gegen äussere Fährlichkeiten um so widerstandsfähiger, je mehr sie ihre Zellenkolonie zu einer festgefügten Einheit, einer Art Festung ausbauen. Durch die Verhältnisse des Bodenlebens wird also die Tendenz zur Aggregation der Zellen gestärkt, die weiter fortschreitend in der Arbeitstheilung der Zellen und in immer grösserer Komplikation und Vervollkommnung der Organisation des Zellenstaates ihren Ausdruck finden muss.

Bei den Hochseepflanzen sind die Lebensbedingungen jedoch ganz anders. Hier werden alle Zellen gleichmässig vom Wasser getragen, sie brauchen sich weder gegenseitig zu stützen noch zu schützen. Sie erringen also auch durch die Vereinigung zu grösseren Zellenstaaten im Allgemeinen keine Vortheile, sondern im Gegentheil, diese bringt ihnen direkt Schaden, denn einerseits wird, wie schon ausgeführt wurde, die Gefahr, von Feinden vernichtet zu werden, durch die Zusammenhäufung der Zelle grösser, andererseits fördern sie sich dadurch nicht wie die Bodenpflanzen in der Nahrungsaufnahme, sondern beeinträchtigen sich nur gegenseitig, denn die Arbeitskraft, die ihnen das Sonnenlicht bietet, können sie bei ihrer Fähigkeit, in beliebiger Höhe zu schweben, am besten ausnutzen bei möglichst gleichmässiger Vertheilung. Besonders schwerwiegend ist aber der Umstand, dass die Nährstoffe, die das Wasser bietet, gleichmässig im grossen Raum vertheilt sind, und dass die Erneuerung des ausgesogenen Wassers gegen frisches, mit Nährstoffen beladenes bei den schwebenden Zellen nicht so leicht stattfindet wie bei den Grundformen, bei denen die Befestigung der Pflanze am Grunde, die ihr den Platzwechsel verwehrt, dafür sorgt, dass jede Wasserbewegung neue Wassertheile an der Pflanze vorbeiführt, während die schwebende Pflanze der Bewegung des Wassers folgend auch bei bewegtem Wasser relativ in Ruhe, d. h. von denselben Wassertheilchen umgeben bleibt. Die

schwebenden Pflanzen werden also bei ihrer Nahrungsgewinnung aus den Wassermassen durch Bewegung derselben keinen so grossen Vortheil ziehen, sondern auf die Ergänzung des Vorrathes von Kohlensäure und Stickstoffsalzen durch den langsamen Diffusionsstrom in den umgebenden Wassertheilen angewiesen sein. Diese Stoffe werden die schwebfähigen Zellen, namentlich wenn nicht Ueberschuss, sondern Mangel dieser Stoffe vorhanden ist, um so leichter gewinnen, je weiter sie von Ihresgleichen getrennt sind, je weniger sie also unter der Konkurrenz um den Erwerb dieser Nahrungsmittel durch die Schwestern zu leiden haben. Dass ein solcher Mangel an Nährstoffen auf der Hochsee wirklich vorhanden ist, dass diese Frage also praktische Bedeutung hat, hat Hensen für den Stickstoff wenigstens sehr wahrscheinlich gemacht.

Wenn nun die Einzelzelle auf der Hochsee die günstigsten Lebensbedingungen vorfindet, so findet die Tendenz zur Differenzirung und zur Bildung höher organisirter Zellgenossenschaften, zu deren Bildung die Bodenpflanzen im Kampf um's Dasein gezwungen wurden, keine Unterstützung in den äusseren Lebensverhältnissen. Wir können uns also nicht über das Beobachtungsergebnis wundern, dass das Pflanzenleben der Hochsee durchweg auf den untersten Stufen der einzelligen und sehr einfach gebauten wenigzelligen Pflanzen stehen geblieben ist. Auch bei diesem Gegensatz zwischen Planktonleben und Grundleben bewährt sich die Erfahrung, dass der gesteigerte Kampf um's Dasein, wie ihn die um den Platz ringenden Bodenpflanzen führen müssen, zu höherer organisatorischer Vervollkommnung führt, als das an weniger beengende Grenzen gebundene und darum weniger zum Wettkampf zwingende freie und gleiche vagabundirende Leben, wie es die auf den untersten Stufen der Organisation stehen gebliebenen Planktonpflanzen führen können.

Eine scheinbare Ausnahme bilden die treibenden Algenbüschel der Sargasso-See, aber in Wirklichkeit widersprechen sie der vorhin geäusserten Ansicht keineswegs, da sie nicht als endogene Planktonpflanzen aufzufassen sind, sondern als Fremdlinge, als Bruchstücke der an den Küsten des Golfs von Mexico wachsenden Sargassum-Pflanzen, welche von der Brandung abgerissen, von der Meeresströmung fortgeführt, an den stromlosen Stellen des Meeres, der Sargasso-See, zusammengetrieben werden und hier wohl noch eine Zeit lang weiter vegetiren können, schliesslich aber doch, da sie ihre normale Fortpflanzungsfähigkeit eingebüsst haben, zu Grunde gehen und durch neu hinzutreibendes Material ergänzt werden. Sie haben also nicht ihre Heimath auf der hohen See, sondern sind und bleiben hier Fremdlinge und bilden nur eine Art Pseudoplanktonflora, die mit der echten eingebornen Planktonflora, von der sie sich durch Bau, Lebensweise und Herkunft principiell unterscheiden, nicht zusammengeworfen werden darf.

Die bisher erwähnten Charakteristika der Planktondiatomeen waren durchaus negativer Art, sie bestanden in dem Fehlen der Abzeichen, die ich speciell den Grunddiatomeen zuschreiben musste. Damit ist die Unterscheidung aber nicht erschöpft; die Planktondiatomeen zeigen auch eine Reihe sehr charakteristischer positiver Anpassungserscheinungen an das Planktonleben.

Die Ausgestaltung des Diatomeenkörpers für das Planktonleben ist habituell bei den verschiedenen Gruppen sehr verschiedenartig ausgefallen, doch lassen sich alle Typen, so weit sich

bis jetzt überschauen lässt, im Wesentlichen auf ein bestimmtes Grundprincip zurückführen; das ist das Princip der Erhöhung der Schwebfähigkeit der Zellen.

Als assimilirende Pflanzen sind die Diatomeen gebunden an das Licht, dieses steht ihnen aber nur in den oberen Wasserschichten in genügender Menge zu Gebot. Sie bedürfen also einer Einrichtung, die sie in diesen Schichten schwebend erhält. Da sie, soweit bis jetzt bekannt, keine selbstständige Bewegungsfähigkeit besitzen, so wird der Zweck in erster Linie dadurch erreicht, dass das specifische Gewicht ihres Körpers möglichst angenähert dem des umgebenden Wassers gleich ist.

Dass es fast gleich sein muss, dass es weder dauernd schwerer noch leichter sein kann, das ergibt sich direkt aus der Beobachtung, dass die Zellen sich dauernd im Wasser schwebend erhalten. Wären sie dauernd leichter als das umgebende Wasser, so würde der Auftrieb sie nach der Oberfläche hintreiben. Bei der geringen Tiefe, in der sie schweben, würden sie die Oberfläche bald erreichen und hier wie Rahm auf der Milch schwimmen. Dies pflegen sie aber nicht zu thun.<sup>1)</sup>

Wären sie dagegen dauernd schwerer, so würden sie die Tendenz haben, sich zu senken; sie würden dieser Tendenz trotz ihrer geringen Grösse folgen müssen und in messbaren Zeiten messbare Strecken tiefer sinken. Und wenn auch diese Strecke für die Lebensdauer einer Zelle noch unmessbar klein wäre, so werden die beiden Tochterzellen, da für sie die hydrostatischen Bedingungen dieselben sind wie für die Mutterzelle, die Senkthätigkeit der Mutterzelle fortsetzen und im Verlauf von Tagen, Wochen, Jahren, Jahrhunderten, ja meinetwegen erst von Jahrtausenden, denn eine zeitliche Grenze ist ja für das Resultat dieser Betrachtung nicht gegeben, würde die sinkende Zelle sammt allen ihren Nachkommen am Boden ankommen und sich von diesem beim Mangel der Auftriebskraft und beim Mangel jedes Anstosses in den dunklen, von den Stürmen der Oberfläche in ihrer Ruhe nicht berührten, abyssischen Tiefen der Oeane nicht wieder erheben können.

Bei der Grundbedingung des dauernd höheren specifischen Gewichtes der Zelle würde der Enderfolg also der sein, dass alle Diatomeen aus den höheren Schichten verschwinden müssten; eine Diatomeen-Plankton-Flora wäre unmöglich. Dem widerspricht die Beobachtung; wir sind also zu der Annahme gezwungen, dass die Planktondiatomeenzellen weder dauernd schwerer noch leichter sind, als das umgebende Wasser, sondern dass sie im Mittel der Zeit das specifische Gewicht des umgebenden Wassers haben müssen.

Die Erklärung dieses Umstandes ist nicht ganz ohne Schwierigkeit. Es scheint manches dafür zu sprechen, dass die Zelle schwerer sein müsse, als das Wasser. Der Zelleib besteht hauptsächlich aus Eiweissstoffen und Kohlenhydraten, die schwerer sind als das Wasser. Die Membran enthält sogar die sehr schwere Kieselsäure. Trotzdem lässt sich hieraus noch nicht mit Bestimmtheit ein erhebliches specifisches Uebergewicht über das Wasser ableiten.

<sup>1)</sup> Es kommt vor, dass auch pelagische Diatomeen in solcher Menge an der Oberfläche erscheinen, dass dies als eine Art »Wasserblüthe« aufgefasst werden kann; doch beschränkt sich dies auf Ausnahmefälle, die verschwinden im Vergleich zu ihrem gewöhnlichen Auftreten als pelagisch fluthende, in verschiedenen Wasserschichten schwebende Planktonorganismen.

Getrocknetes Eiweiss ist zwar bedeutend schwerer als Wasser, wie gross jedoch das specifische Gewicht der in der gequollenen plasmatischen Masse enthaltenen Eiweisskörper der lebenden Diatomeenzelle, die chemisch wie physikalisch noch ganz unbekannt sind, ist, und ob dieses überhaupt grösser ist, als das des umgebenden Wassers, ist durchaus noch nicht sicher zu sagen, wenn es auch zu vermuthen ist, dass ein gewisses Uebergewicht vorhanden ist.

Krystallisirte Kieselsäure hat zwar ein sehr hohes specifisches Gewicht. Die Kieselsäure ist aber nicht im krystallinischen Zustande in der Diatomeenmembran enthalten, sondern in einem noch unbekanntem Zustand in Verbindung mit der Cellulose. Da schon die trockne amorphe und noch mehr die gelatinirte Kieselsäure ganz andere physikalische Eigenschaften hat, als der krystallinische Zustand derselben chemischen Verbindung, so sind auch die physikalischen Eigenschaften, insbesondere das specifische Gewicht dieser unbekanntem Substanz der Membran, gewiss nicht mit den bekannten der Krystalle zu identificiren. Dass sie schwerer ist als Wasser, ist zwar zu vermuthen, ob sie aber viel schwerer ist und wie viel schwerer sie ist, das ist noch eine Frage für künftige Untersuchungen.

Auf ein grosses Uebergewicht der Diatomeenzelle über das umgebende Wasser ist also weder aus dem Verhalten des Plasmakörpers noch der Membran mit unbedingter Sicherheit zu schliessen, wohl aber ist ein gewisses Uebergewicht wahrscheinlich. Wenn dieses Uebergewicht auch nur gering sein sollte, so ist doch die Frage principiell immer noch dieselbe, nämlich: »Wie gleicht die Zelle dieses Plus aus?«

Als erstes und wichtigstes Mittel hierzu erkennen wir die *Volumenvergrösserung*.

Gegenüber den mehr kompakten Grunddiatomeen erscheint das Volumen der Planktondiatomeen bedeutend, fast möchte man sagen, abnorm vergrössert. Die *Coscinodiscuszellen* und noch mehr die von *Antelminellia* (Fig. 3 pag. 17) zeigen die Wirkung dieser Volumenvergrösserung in anschaulichster Weise. Die Zelle besteht hier aus einer dünnen, trommelförmigen Membran, die nur von einem sehr dünnen, plasmatischen Wandbelag ausgekleidet ist und einen sehr grossen, mit wässrigem Zellsaft gefüllten Raum umschliesst. Der Plasmaschlauch besteht seinerseits wiederum zum grössten Theil aus Wasser, wenn also auch die Trockensubstanz der Zelle bedeutend schwerer wäre als das Wasser, so könnte bei dem sehr grossen Wasserreichthum das specifische Gewicht der Gesamtzelle nicht viel grösser sein als das des Wassers. Die Volumenvergrösserung der Planktondiatomeen ist also gleichbedeutend mit Annäherung der Pflanze an das specifische Gewicht des Wassers, und diese wiederum mit Vermehrung der Schwebfähigkeit der Zelle.

Um das geringe Uebergewicht, das in diesem Zustande für die Zelle noch übrig bleibt, aufzuheben, dazu gehört keine grosse Kraft mehr. Woher kommt diese? Die grösste Wahrscheinlichkeit scheint mir die Annahme zu besitzen, dass die Stoffwechselprodukte die nöthige Kraft liefern.

Die in Folge der Assimilationsthätigkeit entstehenden Reservestoffe sind zum Theil bedeutend leichter als das Wasser, z. B. die Fette, und können darum als kräftiges Auftriebsmittel wirken. Eine Zelle, die lebhaft Fett producirt, wird also trotz der Zunahme ihres Trockengewichts specifisch leichter werden, und es kommt nur auf die Menge des producirten Fettes an, um zu entscheiden, ob die damit gegebene Auftriebskraft genügt, um dem Ueber-

gewicht der Membran und der Eiweisskörper das Gleichgewicht zu halten oder diese sogar noch zu übertreffen und die Zelle nach oben zu treiben. Es ist hiernach wohl denkbar, dass lebhaft assimilirende Planktonpflanzen allein durch reichlich producirtes Fett an die Oberfläche getrieben werden und dadurch die sogenannte Wasserblüthe bilden.

Das Fett ist jedoch keineswegs der einzige Körper, den die Pflanze als Auftriebsmittel verwenden kann. Die Stoffwechselprodukte sind sehr zahlreich und von verschiedenem specifischem Gewicht. Darunter solche zu finden, die leichter sind als das umgebende Wasser, dürfte um so weniger schwer sein, als die Pflanze nicht einmal auf die kondensirte Form der Stoffe, in festem oder flüssigem Zustande beschränkt ist, sondern selbst wässrige Lösungen von Körpern anwenden kann, wenn nur ihr osmotisches Aequivalent bei geringerem specifischem Gewicht gross genug ist, um dem der umgebenden Salzlösung des Meerwassers das osmotische Gleichgewicht zu halten. Da das Wasser des atlantischen Oceans das specifische Gewicht einer 6—7 ‰ Zuckerlösung hat, so ist die Zelle bei der Ausbildung solcher Auftriebsmittel gar nicht einmal auf sehr geringe Konzentrationen angewiesen. Da gerade die Hochseediatoomeenzelle in der wässrigen Flüssigkeit des Zellsaftes einen unverhältnissmäßig grossen Raum zur Verfügung hat, den sie mit einer specifisch leichten wässrigen Lösung füllen kann, so ergibt sich daraus, dass dieser Saft Raum als sehr wirksames Auftriebsmittel funktionieren kann. Die Zelle hat also in ihren Stoffwechselprodukten, einerseits in der Ausbildung von Fett und anderen specifisch leichten Körpern in ungelöster Form, andererseits in der Ausscheidung specifisch leichter gelöster Körper in den Saft Raum genügende Mittel, um sich schwebfähig zu halten. Die möglichst vollkommene Entfaltung dieser Schwebfähigkeit in den oberen Wasserschichten ist aber für die Hochseepflanzen auch eine der wichtigsten Lebensfragen.

Wenn die Schwebfähigkeit an das Vorhandensein von Stoffwechselprodukten gebunden ist, so ist sie auch von dem Verlauf des Stoffwechsels abhängig. Durch die Assimilation werden die Stoffe periodisch wechselnd vermehrt, durch die Athmung fortwährend verringert, durch Stoffumsetzungen verändert. Da die in Frage kommenden Körper alle ein anderes specifisches Gewicht haben als das umgebende Wasser, so werden sowohl Assimilation wie Athmung, wie Stoffumsetzung eine Aenderung des specifischen Gewichts bedingen, bald wird dasselbe im wechselnden Verlauf des Stoffwechselprocesses vergrössert, bald verringert. Wenn also die Zelle sich vorher im hydrostatischen Gleichgewicht befand, also im Zustande, den wir vorhin als mittleren für die Dauer des Lebens der Zelle fordern mussten, so wird dieses Gleichgewicht durch jede Veränderung im Stoffwechselprocess aufgehoben, die Zelle wird dann die Tendenz zum Steigen oder zum Sinken erhalten. Beides, Steigen sowohl wie Sinken darf aber gewisse Grenzen nicht überschreiten, wenn es die Pflanze nicht schädigen soll. Wenn sie bei Zunahme des specifischen Gewichtes sehr schnell sinken würden, so würden sie sich zu weit aus dem Bereiche der Sonnenstrahlen in die ungünstigeren Kulturbedingungen der Tiefe verlieren, und wenn sie bei Abnahme des specifischen Gewichtes schnell steigen würden, so würden sie, da bei der Gleichheit der äusseren Bedingungen für sehr viele die Processe in gleichen Phasen verlaufen werden, sich dicht unter der Oberfläche ansammeln. Als dichte Schicht an der Oberfläche vereint, würden sie aber leichter ihren Feinden in grossen Massen zum Opfer fallen als

in zerstreuter Stellung, und ferner würden sie sich bei dicht gedrängter Lage selbst in ihrer Ernährung beeinträchtigen.

Ausserdem sind die unmittelbar an der Oberfläche schwimmenden Zellen noch schweren Schädigungen durch kosmische Einflüsse ausgesetzt. Die echten Planktondiatomeen habe ich immer sehr empfindlich gefunden gegen schnelle Konzentrationsänderungen, namentlich gegen Verdünnung des umgebenden Meerwassers; Zusatz von etwas süßem Wasser kann sie direkt zum Absterben bringen. Für die direkt an der Oberfläche schwimmenden Zellen übt ein Regen dieselbe Wirkung aus, wie plötzliche Verdünnung des Mediums, jeder Regentropfen könnte also in diesem Falle Tausende von Diatomeenzellen tödten, während schon eine Entfernung von wenigen Centimetern von der Oberfläche sie vor der verderblichen plötzlichen Konzentrationsverringerung schützt. In dem nebel- und regenreichen Norden dürfte dieser Faktor nicht ohne Wichtigkeit für die Existenzfähigkeit der Diatomeen sein.

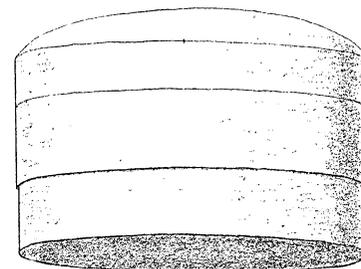
Dem schnellen Sinken sowohl wie dem schnellen Aufsteigen muss begegnet werden, wir dürfen also erwarten, dass wir nicht vergeblich suchen werden, wenn wir noch speciellen Hilfsmitteln zur Vermehrung der Schwebfähigkeit ausblicken.

Wir finden auch alsbald eine Menge morphologischer Eigenthümlichkeiten bei den Planktondiatomeen, die lediglich diesen Zweck verfolgen, die Schwebfähigkeit der Zelle zu vermehren, und wir erkennen auch ein leitendes physiologisches Princip bei der Ausbildung dieser morphologischen Anpassungserscheinungen an das Planktonleben. Dasselbe besteht in der Erzeugung möglichst grossen Widerstandes und dadurch bedingter Verlangsamung bei der Bewegung der Zellen im Wasser.

Das hervorragendste Mittel zur Erzeugung dieses Widerstandes besteht seinerseits wieder in der Ausbildung einer im Verhältniss zu derjenigen der Grunddiatomeen sehr grossen Zelloberfläche.

Die verschiedenen Gattungen und Arten erreichen diese starke Vergrößerung der Zelloberfläche auf verschiedenem Wege.

Der einfachste Typus dieser Oberflächenvergrößerung zeigt eine Vergrößerung des Gesamtvolumens der Zelle ohne Vergrößerung der organisirten Körpermasse. Der extremste Vertreter dieser Richtung, *Antelminellia gigas* (Fig. 3), der Goliath unter den Diatomeen mit einem Körpervolumen von mehreren Kubikmillimetern, wurde oben (pag. 15) schon angeführt als Beispiel für die Wirkung der Ausbildung sehr voluminöser Körper mit sehr geringem Trockengewicht für den Auftrieb der Diatomeenzelle. Ausser der Funktion, das specifische Gewicht des Körpers dem des umgebenden Wassers möglichst zu nähern, hat die



(Fig. 3.) *Antelminellia gigas* (Castr.) Schütt<sup>1)</sup>. Vergr.  $\frac{28}{1}$ .

<sup>1)</sup> *Antelminellia* n. g., nach dem verdienstvollen Bearbeiter der Challengerdiatomeen Mgr. Abate Conte Fr. Castracane degli Antelminelli benannt, unterscheidet sich von *Ethmodiscus* durch Ungleichheit der beiden Schalen. Die eine Schale ist bei *Antelminellia* convex, die andere concav, bei *Ethmodiscus* sind beide Schalen convex.

Volumenvergrößerung von *Antelminellia* für die Schwebfähigkeit der Zelle noch den Nutzen, dass dadurch die Oberfläche und damit der Reibungswiderstand des Wassers bei der Bewegung der Zelle, besonders aber der namentlich zur Wirkung kommende Querschnitt der Zelle vergrößert, und damit die auf- und absteigende Bewegung der Zelle erschwert wird und darum langsamer von Statten geht, als wenn die organische Masse der Zelle auf kleinerem Raume vereinigt wäre.

Sehr viel günstiger als diese allgemeine Volumenvergrößerung wirkt die Oberflächenvergrößerung, wenn nicht alle drei Axen der Zellen gleichmässig verlängert werden, sondern wenn nur einzelne derselben ausgezeichnet werden. Eine stärkere Ausdehnung der Zelle in der Richtung der Längsaxe macht aus dem trommelförmigen Typus, wie ihn *Antelminellia* und *Coscinodiscus* zeigen, eine mehr gestreckte Walze. *Pyxilla* (Fig. 10 pag. 21), *Dactyliosolen* sind Beispiele dieser Form, bei der die Oberfläche im Verhältniss zum Volumen schon bedeutend grösser ist als bei der Trommelform. Noch mehr zeigt sich dies bei den sehr lang gestreckten und dadurch stabförmig erscheinenden Zellen der Gattung *Rhizosolenia* (Fig. 9 pag. 21, Fig. 13 pag. 22).

Einen eigenthümlichen Fall sehr weitgehender Verlängerung ohne bedeutende Volumenvergrößerung des Körpers bietet die in der Irminger-See in grosser Masse angetroffene *Synedra thalassothrix* (Fig. 4 pag. 18, Fig. 11 pag. 21), bei welcher der Körper nicht wie bei *Pyxilla* (Fig. 10) und *Rhizosolenia* (Fig. 9) in der Richtung der Längsaxe der Zelle, sondern senkrecht dazu in einer Queraxe fadenförmig gestreckt ist, so dass die morphologische Längsaxe mit der kürzesten Ausdehnung zusammenfällt. (Fig. 4). Trotz dieses principiell verschiedenen Ver-

haltens der gleichen morphologischen Axen ist doch der biologische Effekt derselbe: Vergrößerung der Oberfläche durch fadenartige Streckung des Leibes und dadurch bedingte Vergrößerung des Widerstandes gegen Bewegung im Wasser.

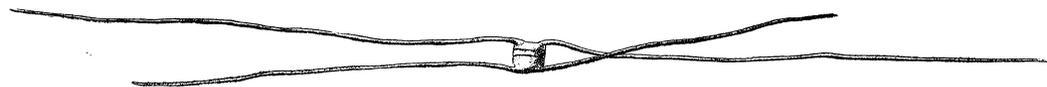
(Fig. 4.) *Synedra thalassothrix*. Cleve.  
Zellende *a* von der Gürtelbandseite,  
*b* von der Schaalenseite.  
*a* Richtung der morphologischen  
Längsaxe,  
*β* do. der kleinen Queraxe,  
*γ* do. der grossen Queraxe.  
Vergr.  $\frac{650}{1}$ .

Diese *Synedra* ist auch noch in anderer Richtung interessant, sie bildet nämlich ein Beispiel dafür, dass Diatomeen, die zu der Gruppe gehören, welche eine sogenannte Scheinnaht führen, durch spezifische Ausbildung an das Planktonleben angepasst sein können. Wie in morphologischer, so nehmen diese mit Scheinnaht versehenen Formen auch in biologischer Hinsicht eine in mancher Beziehung noch zweifelhafte Zwitterstellung zwischen den beiden grossen Grundtypen der nahtführenden und nahtlosen Formen ein.

Betrachten wir den Trommeltypus als die Grundform, so erscheint die Zellform von *Asteromphalus* und einigen Arten der *Coscinodiscus*-Gruppe davon abgeleitet durch Verkürzung der Längsaxe. Die dadurch entstandene münzenartig flache Platte bietet der Bewegung im Wasser einen recht erheblichen Widerstand dar. Wenn diese Münzenform mit der scharfen Kante nach unten geneigt ist, so scheint diese Formeigenthümlichkeit allerdings mehr dazu geeignet zu sein, die Fallgeschwindigkeit zu erhöhen, als sie zu vermindern. Dass münzenförmige Körper aber nicht in dieser Weise durch das Wasser sausen, sondern langsam flatternd zu Boden

sinken, davon wird sich Jeder überzeugt haben, der einmal die braunen Burschen von Capri nach Geldstücken hat tauchen sehen, die ihnen von den Fahrgästen der Capridampfer in die blauen Fluthen geworfen wurden. Man sollte glauben, die schweren Geldstücke fielen so schnell in die dunkle Tiefe, dass an ein Erhaschen derselben im Fluge nicht zu denken sei, und doch werden sie bald von dem langsam hinunter schwimmenden Knaben eingeholt. Die Kupfer- und Silbermünze ist sehr viel schwerer als das Wasser, die münzenförmige Diatomeenzelle hat im schlimmsten Fall ein ganz minimales Uebergewicht über das Wasser, daraus erhellt, wie langsam sie fallen wird, und wie sehr ihr die flache Form das Schweben erleichtert.

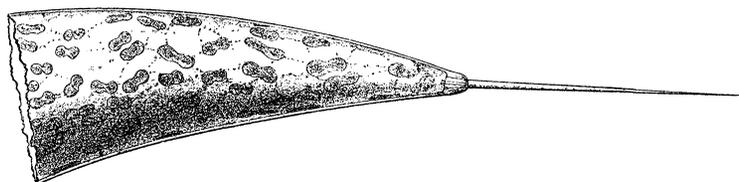
Bedeutend diese drei Typen schon eine mässige Oberflächenvergrößerung gegenüber dem nur für Grundformen brauchbaren mehr kompressen Körperbau, so geschieht dies noch in viel erhöhtem Maße durch die Einrichtung regelrechter Schwebapparate in Gestalt hornartiger oder fadenförmiger Auswüchse der Zelle, die in ihrer Gesamtwirkung lebhaft erinnern an die fallschirmartig wirkenden Pappushaarkronen der Kompositenfrüchte. *Chaetoceras* und *Bacteriastrum* sind besonders schöne Vertreter dieses Typus.



(Fig. 5.) *Chaetoceras boreale*. Einzelzelle von der Gürtelbandseite. Vergr.  $\frac{250}{1}$ .

Jede Zelle von *Chaetoceras* (Fig. 5) besitzt vier lange schlauchartige, aber starre Auswüchse, die als riesige Hörner erscheinend der Bewegung der Zelle einen sehr starken Widerstand entgegensetzen müssen.

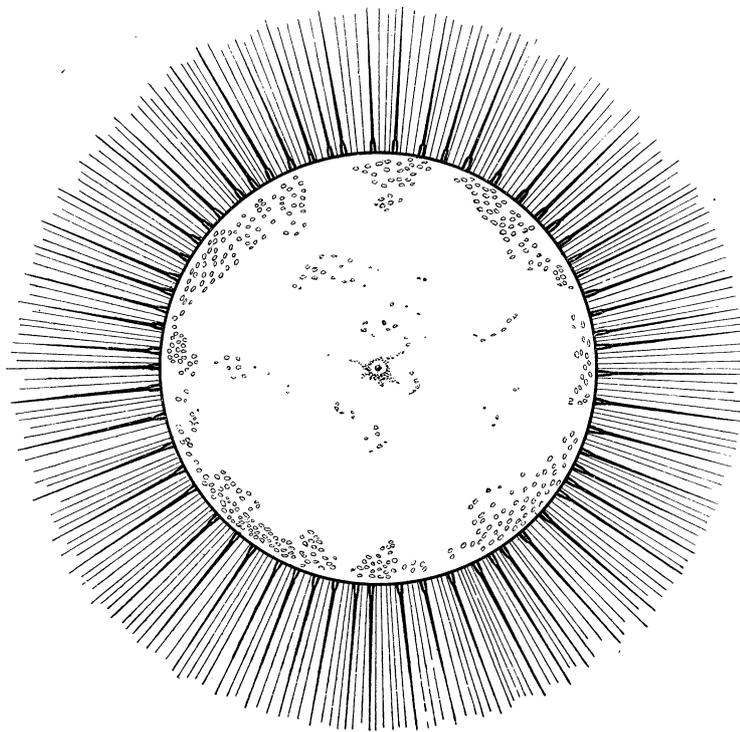
Noch auffälliger ist dies bei der Gattung *Bacteriastrum*, welche an jedem Ende der Zelle einen ganzen Kranz solcher hohler Hörner besitzt, deren Wirkung als Sperrvorrichtung bei der Bewegung der Zelle ausserordentlich hoch angeschlagen werden muss, und welches bei dem minimalen Uebergewicht, welches die Zelle zur Bewegung treibt, wohl verstehen lässt, dass die Zelle selbst unter ungünstigen Bedingungen lange Zeit nahezu an derselben Stelle schwebend erhalten werden kann.



(Fig. 6.) *Rhizosolenia sigma* n. sp. Spitze der Zelle mit Plasmanetz und Chromatophoren. Vergr.  $\frac{650}{1}$ .

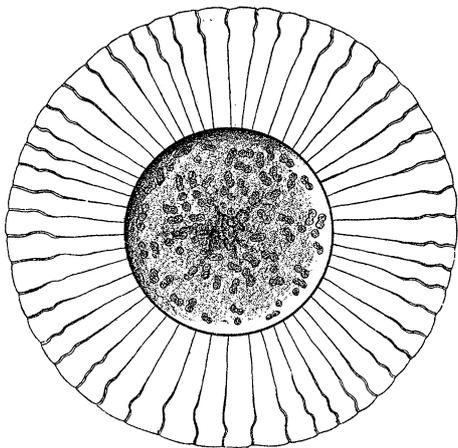
Etwas weniger vollkommene Schwebeinrichtungen stellen die langen kompakten Stacheln, die sich z. B. bei *Rhizosolenia sigma* (Fig. 6), *setigera*, Hensen, und *semispina*, Brightw. (Fig. 9) und anderen Arten derselben Gattung finden. Ob hier der Vortheil für die Zelle mehr in der Vermehrung der Schwebfähigkeit liegt, oder nicht mehr in ihrem Charakter

als Schutzwaffen der Zelle gegen thierische Feinde, ein Umstand, auf den ich später noch zurückkomme, zu suchen ist, muss ich noch dahingestellt sein lassen.



(Fig. 7.) *Gossleriella tropica*. n. sp. Vergr.  $\frac{250}{1}$

steht hier zwischen derjenigen von *Coscinodiscus* und *Asteromphalus*, d. h. er ist ein Mittelglied zwischen Trommel und Scheibe, deren flache Schaale mit einer in wunderbar zierlichen, regelmässige Sechsecke darstellenden Oberflächenzeichnung geziert ist. Von der Gürtelband-



(Fig. 8.) *Planktoniella Sol* (Wallich) Schütt.  
Schaalenseite der Zelle mit Plasma und  
Chromatophoren. Vergr.  $\frac{250}{1}$

seite erhebt sich die Membran zu breiten, flachen zarten, hohlen, durch zierliche Radialstrahlen verstärkten Flügelleisten, die wie ein Tellerrand die flache, zierlich gemusterte Schaale umgeben. Das ganze Gebilde stellt eine flache, ungemein zarte und leichte Scheibe mit verdicktem Centrum (dem eigentlichen Zellkörper) dar. Form und Wirkungsweise dieses Schwesystems erinnert an die Flugeinrichtung mancher Pflanzensamen, die möglichst lange in der Luft schwebend erhalten werden sollen, damit sie vom Winde möglichst weit verbreitet werden können, z. B. sind die Samen der Ulmen genau nach demselben mechanischen Princip gebaut wie die Planktoniellazellen, auch sie bestehen aus einer flachen, grossen, leichten Flügelplatte, die nur den Zweck hat, den Luftwiderstand zu vergrössern,

deren knotenartig verdicktes Centrum der eigentliche Samenkörper als schwere, zu tragende Masse einnimmt.

Ein Beispiel dafür, wie jedoch die Ausbildung von Stacheln nicht nur den Charakter einer vorzüglichen Bewaffnung tragen kann, sondern auch zugleich als vorzüglicher Schwebapparat fungieren kann, mag *Gossleriella* (Fig. 7), eine der schönsten Planktondiatomeen, zeigen, die, nach dem Typus der *Coscinodiscus*-zellen gebaut, am Rande der scheibenförmigen Schaale einen dichten Kranz von Stacheln zierlichster Bildung besitzt.

Eine der vollkommensten Schwesysteme, die nicht nur in ihrer Wirkung, sondern auch schon äusserlich einem zierlichen Fallschirm ähnelt, zeigt die in den kobaltblauen Gewässern des Golfstroms schwebende *Planktoniella* (Fig. 8). Die Grundgestalt des Körpers

Die bisher geschilderten morphologischen Eigenthümlichkeiten der Planktondiatomeen stellen zwar die wichtigste, aber doch nur eine Seite der Anpassungserscheinungen an das Planktonleben dar. Sie werden aber gewöhnlich noch von anderen Ausgestaltungen begleitet, deren Wirkung meist dahin geht, die Wirkung der Oberflächenvergrößerung zu unterstützen und zu sichern.

Das Ziel aller dieser Einrichtungen ist bei allen Formen identisch; die Mittel, dieses Ziel zu erreichen, sind aber bei verschiedenen Grundtypen recht verschieden.



(Fig. 9.) *Rhizosolenia semispina*. Hensen. Vergr.  $\frac{125}{1}$ .

Die stabförmig gestreckten Zellen bieten durch ihre grosse Oberfläche einen verhältnissmäßig grossen Widerstand bei der Bewegung. Die Hauptmasse dieses Widerstandes kommt aber nur dann zur Geltung, wenn die Zelle sich nicht in der Richtung der Längsausdehnung der Zelle bewegt. Erhält die lange Zelle aber ein Uebergewicht an einer Seite, so muss man annehmen, dass sie sich gerade mit diesem scharfen Ende nach unten zu stellen sucht und nun möglichst günstig für schnelles Fallen eingerichtet ist. Scheint doch die zugespitzte schlanke *Rhizosolenienzelle*, wenn sie sich in dieser Richtung bewegt, gerade die vortheilhafteste Bauart für ein Projektil zu besitzen, das wie ein Wurfspieß mit Leichtigkeit das Wasser durchschneidet. Dieser Bewegungsrichtung ist aber dadurch vorgebeugt, dass die nadelscharfe Spitze nicht die Richtung der Zellaxe hat, sondern schief auf die Zelle aufgesetzt erscheint. (Fig. 9.) Gesetzt nun der Fall, dass die Zelle an einem Ende ein Uebergewicht erlangt und mit dieser Spitze voran zu Boden sinken will, so wirkt die schiefe Spitze bei der eingeleiteten Bewegung als Steuer, welches die Zelle aus seiner Bewegungsrichtung ablenkt und nicht eher in seiner Wirkung aufhört, als bis die Zelle wagrecht schwebt, das heisst, der weiteren Bewegung den grössten möglichen Widerstand entgegensetzt.



(Fig. 10.)  
*Pyxilla baltica*. Hensen.  
Vergr.  $\frac{225}{1}$

Bei *Pyxilla* kommt ein anderes Princip zur Geltung. Die Zelle ist flach abgestutzt. Ihr fehlt also das Steuer. Das Ziel, mit ihrer grössten Axe wagrecht zu schweben und dadurch dem schnellen Steigen und Fallen möglichst viel Widerstand zu bieten, erreicht sie durch Krümmung des ganzen Körpers, die bei der Bewegung genau dieselbe steuernde Wirkung ausübt, wie die schiefe Spitze der *Rhizosolenien*.



(Fig. 11.) *Synedra thalassothrix*. Cleve. Vergr.  $\frac{50}{1}$ .

Auch andere Formen wenden diese Krümmung an, um denselben Zweck zu erreichen; so sieht man die oben genannte, haarartig langgestreckte *Synedra thalassothrix* (Fig. 11) gewöhnlich leicht gebogen: die günstigste Form, die für ihre Erhaltung überhaupt möglich ist.

*Rhizosolenia sigma* (Fig. 12 und 6) hat die beiden erwähnten Hilfsmittel, schiefe Spitze und Krümmung des Körpers, miteinander vereinigt.

Auch bei flachen, münzenähnlichen Formen findet sich ein ähnliches Unterstützungsmittel der Grundform: *Campylodiscus*, eine dem *Asteromphalus* ähnliche, flache, geldstückähnliche Scheibe ist verbogen wie ein alter Hamburger Schilling. Die Wirkung dieser Verbiegung versteht sich nach dem Vorhergehenden von selbst.

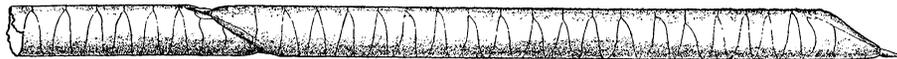


(Fig. 12.) *Rhizosolenia sigma* n. sp. Vergr.  $\frac{50}{1}$ .

Diesen Hilfsmitteln, die unter sich alle etwas Aehnliches, im Princip Verwandtes hatten, ist ein zweiter, davon grundverschiedener Typus entgegen zu stellen, es ist dies die Kettenbildung.

Bei zahlreichen Diatomeenarten haben die durch Theilung einer Zelle entstandenen Tochterzellen die Neigung, mit bestimmten Theilen der Zelle aneinander haften zu bleiben, so dass durch Wiederholung dieser Theilung mehr oder minder lange Reihen von Individuen entstehen, die wie die Glieder einer Kette miteinander verbunden sind. Man kann diese Kettenbildung auffassen als das Durchdringen der Tendenz zur Erzeugung höher organisirter, aus mehreren Zellen bestehenden Pflanzenindividuen, eine Tendenz, die bei den oben schon erwähnten Gallertschlauch-Diatomeen in noch erhöhtem Maße sich geltend macht. Durch die Berührung der benachbarten Zellen einer Kette wird die freie Oberfläche der Zellen verringert. Dies steht im Widerspruch mit der oben erwähnten Tendenz, die Beweglichkeit durch Vergrößerung des Reibungswiderstandes möglichst herabzusetzen, doch ist dieser Widerspruch nur ein scheinbarer, denn es lässt sich bei vielen Formen mit grosser Deutlichkeit erkennen, dass der kleine Schaden, den die unbedeutende Oberflächenverringering hervorrufft, durch grösseren Nutzen wieder ausgeglichen wird.

Je nach der Form kann man zwei verschiedene Grundtypen der Kettenbildung unter-



(Fig. 13.) *Rhizosolenia sbylififormis* Brightw.  
Endstück einer Kette, bestehend aus  $1\frac{1}{2}$  Zellen. Vergr.  $\frac{125}{1}$ .

scheiden. Gerade glatte Ketten bildet *Rhizosolenia* (Fig 13). Hier dürfte der Nutzen weniger in der Verlangsamung der Fallgeschwindigkeit zu suchen sein, hierfür ist die Einzelzelle schon vorzüglich eingerichtet, als vielmehr in einer Schutzwirkung gegen feindliche Thiere. Der Aussenwelt gegenüber tritt die Kette als ein Pflanzenindividuum auf, dieses ist aber grösser als die Einzelzelle. Kleine Feinde, die nicht stark genug sind, die Kette zu zerbrechen, wohl aber im Stande sind, kleine Diatomeen heil zu verschlingen, werden die grossen Ketten von der Breitseite her nicht bewältigen können und gegen das Verschlingen von der schmalen Seite her bietet die nadelscharfe, harte Spitze der Zelle eine vorzügliche Waffe.

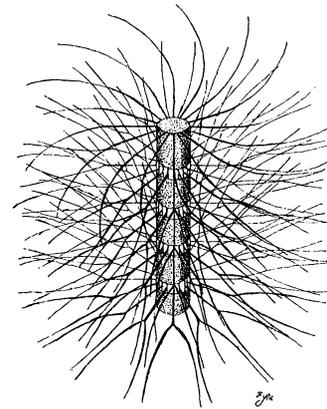
Diese zwei Schutzaffen: eine durch scharfe Spitze verletzende Stichwaffe und eine Sperreinrichtung gegen das Verschlingen kehrt auch bei den übrigen Kettentypen wieder, und ist vielleicht ihr Hauptnutzen neben der Vervollkommnung der Wirkung des Schwebapparates.



(Fig. 14.) *Skeletonema costatum* (Grev) Grun. Vergr.  $\frac{800}{1}$ .

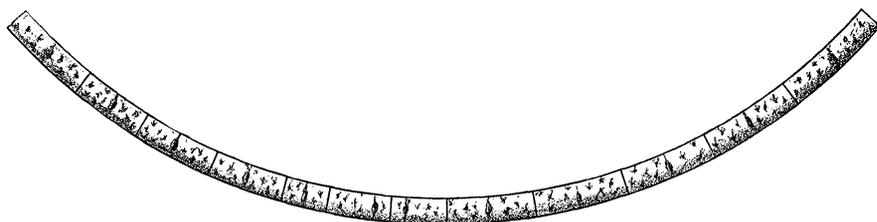
Gerade glatte Ketten bildet auch *Skeletonema*. Ein Blick auf Fig. 14 lehrt den Vortheil, den die Zelle aus der Kettenbildung ziehen muss, indem sie dadurch nicht nur den Vortheil der Sperrwirkung bei Angriffen erhält, was bei der sehr geringen Ausdehnung der eigentlichen Zellen besonders wichtig erscheint, sondern auch eine bedeutende Vergrößerung der Oberfläche durch die zwischen je 2 Zellen ringförmig ausgespannte, durch Längsleisten gesteierte Verbindungs-Membran, die an Länge sehr häufig die eigentlichen, plasmaführenden (in Fig. 14 dunkel gezeichneten) Zellen übertrifft.

Die geraden, rauhen Ketten von *Bacteriastrum* (Fig. 15) sind durch die zahlreichen, nach allen Seiten starrenden Hörner wie von einem Stachelpanzer umgeben. Dieser Stachelpanzer liefert nicht nur eine vorzügliche Schutzwaffe, sondern bringt die Erscheinung des Schwebapparates so zur Geltung, wie wir dies bei den berühmtesten Luftschwebern, den Compositenfrüchten, nicht vollkommener entwickelt finden.



(Fig. 15.) *Bacteriastrum varians* Lauder. Vergr.  $\frac{200}{1}$ .

Das Princip der Krümmung der Zellen überträgt sich auch auf die Ketten und verstärkt ihre Wirkung. Wenn man sich wohl noch vorstellen kann, dass die kurze, etwas gekrümmte Walze von *Pyxilla* bei stärkerem Uebergewicht einer Seite mit einer Art flattern- der Bewegung und nach unten geneigter scharfer Kante zu Boden sinken könnte, so hört doch diese Möglichkeit bei der sehr stark steuernden Wirkung der

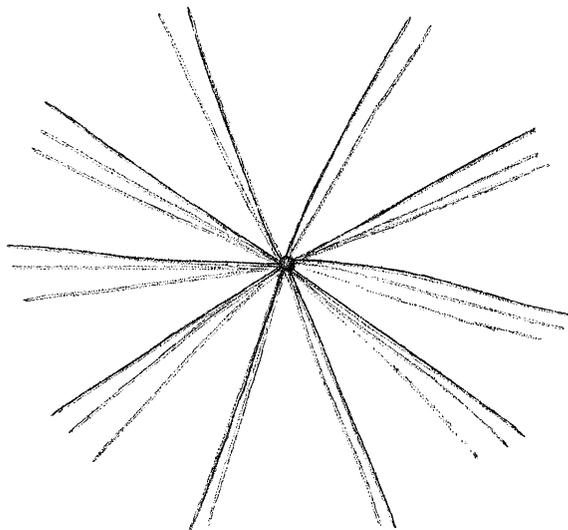


(Fig. 16.) *Pyxilla baltica*. Hensen. 12 Zellen einer Kette. Vergr.  $\frac{80}{1}$ .

langen gekrümmten Ketten (Fig. 16) vollkommen auf. Diese wird sich vermöge der kräftig steuernden Wirkung der Krümmung immer so stellen, dass die Breitseite nach unten gerichtet ist, die Zelle also möglichst langsam fällt.

Gewöhnlich sind die Zellen einer Kette, gleichviel ob diese gerade oder gebogen ist, mehr oder minder stark um die Längsaxe der Zellen tordirt. Bei den geraden glatten Ketten von *Rhizosolenia* scheint diese Torsion nicht viel Nutzen zu bringen. Die oben (Fig. 5) gezeichnete *Chaetoceras*art, die an jedem Zellende zwei Hörner hat, welche die Zelle noch nicht ganz vollkommen schützen, kann jedoch beträchtlichen Nutzen aus der Vereinigung mehrerer Zellen zu Ketten ziehen, denn da vermöge der Torsion die Hörner der Kette nach den verschiedensten

Richtungen hinstarren, so vermögen sie den eigentlichen Zellkörper vielseitiger zu schützen. Ein Stückchen einer Kette derselben *Chaetoceras*art, die oben (Fig. 5) von der Seite (Gürtelbandansicht) abgebildet ist, ist in Fig. 17 von der Kopfseite (Schaalenansicht) dargestellt, sie zeigt ohne weitere Worte die Wirkung der Torsion bei dieser Art der Kettenbildung.



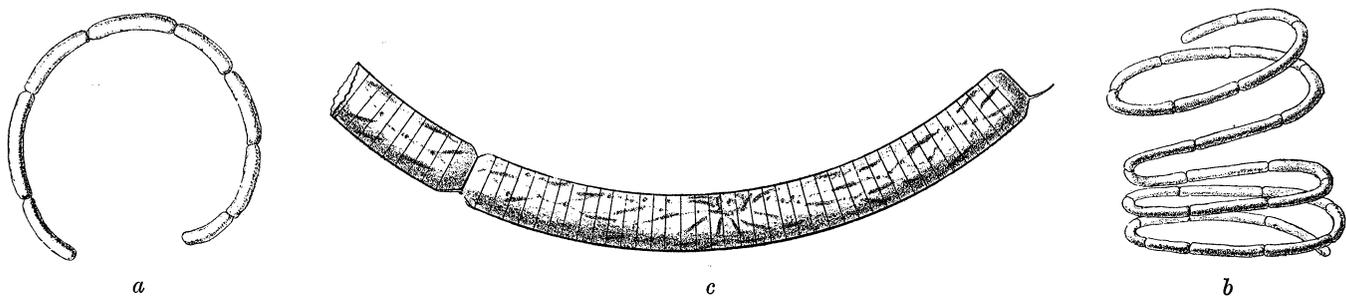
(Fig. 17). *Chaetoceras boreale*. Bail.  
Stück einer Kette von der Schaalenseite gesehen.  
Je 4 Hörner gehören zu einer Zelle.  
Vergr.  $\frac{100}{1}$ .

Torsion bei Krümmung der Zelle führt zur Schraubenform, deren Wirkung *Rhizosolenia Stolterfothii* (Fig. 18) erläutern mag.

Durch Vereinigung der verschiedenen morphologischen Eigenschaften, die oben aufgeführt wurden, erhalten wir Ketten von grosser Komplikation, die in ihren Wirkungen auch die der verschiedenen oben erwähnten Bildungen in sich vereinigen. Ein Glanzstück dieser Häufung der Eigenschaften ist die Kette von *Chaetoceras secundum* Cleve, von der ein Schraubengang mit zahlreichen radialstrahlig nach aussen hinausstarrenden Hörnern in Fig. 19 dargestellt ist. Auf die Wirkung dieser Bildungen näher einzugehen, wird nach den vorher gegebenen Auseinandersetzungen wohl nicht mehr nöthig sein.

Entsprechend dieser weitgehenden Vergrösserung der Oberfläche durch Verlängerung oder Abflachung der Zelle, oder durch Bildung von Auswüchsen wird natürlich auch das Gewicht der stützenden Substanz, der kieselreichen Membran, vermehrt.

Damit das spezifische Gewicht dadurch nicht zu hoch wird, dass die Zelle dadurch zum Versinken gebracht wird, muss die Pflanze möglichste Sparsamkeit mit dem Baumaterial ihrer Wände walten lassen, damit jedoch dabei die Festigkeit nicht Schaden leidet, wird ein



(Fig. 18.) *Rhizosolenia Stolterfothii* Paragallo. a und b Ketten. Vergr.  $\frac{70}{1}$  c Ende einer Kette. Vergr.  $\frac{400}{1}$ .

beim Bau von Pflanzenmembranen vielfach wiederkehrendes Konstruktionsprinzip angewendet, das darin besteht, die Membran nicht gleichmässig dick auszuführen, sondern auf eine dünne, die Zelle gegen die Aussenwelt abschliessende Grundmembran nur leistenförmige, anastomosirende Verdickungen aufzusetzen, die, wie das Gitterwerk einer modernen Eisenkonstruktion wirkend, es gestatten, auf dem grössten Theil der Fläche das Baumaterial auszusparen. Gerade diese Spar-

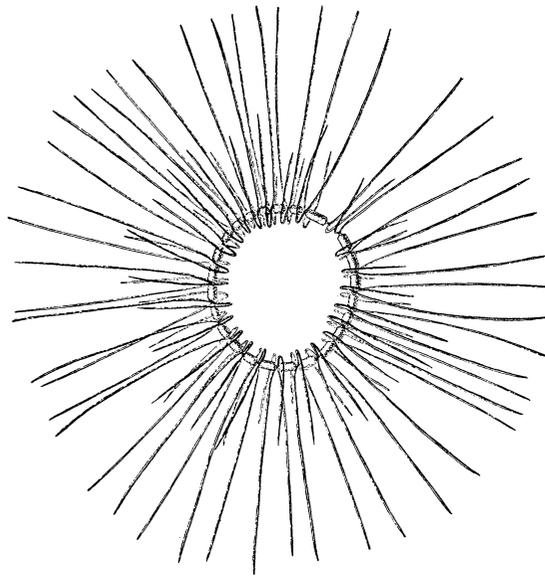
samkeit mit dem Baumaterial erzeugt die so viel bewunderte Zeichnung der Zelloberfläche der Diatomeen (c. f. Fig. 2 b pag. 8). Vom angedeuteten mechanisch-physiologischen Gesichtspunkte aus betrachtet, gewinnen diese zierlichen Punkt- und Liniensysteme der Diatomeenschaalen, die in Wirklichkeit trotz ihrer Schönheit durchaus nicht zum Schmuck und zur Verzierung der Zelle da sind, sondern nur Verstärkungsstrukturen der Membran darstellen, ein weit höheres wissenschaftliches Interesse, als ihnen zugeschrieben werden kann, wenn sie nur zur Befriedigung des ästhetischen Gefühls des Beschauers oder höchstens zur Diagnose der verschiedenen Species benutzt werden.

Bei den Grunddiatomeen kann die Sparsamkeit an Baumaterial der Zellwand nicht bis ins Extrem getrieben werden, sie müssen entsprechend ihrer Lebensweise, um mannigfachen mechanischen Fährlichkeiten widerstehen zu können, eine ziemlich grosse mechanische Widerstandsfähigkeit besitzen. In Folge dessen sehen wir ihre Panzerverdickung so stark ausgebildet und diese in solider Weise mit dem festesten Baumaterial (Kieselsäure) ausgeführt, dass sie das Eintrocknen und selbst das Erhitzen bis zur Rothgluth ertragen können, ohne im Geringsten in ihrer Form verändert zu werden.

Anders ist dies bei den Planktondiatomeen. Sie bedürfen einer so hohen mechanischen Festigkeit nicht, weil sie als frei in grossen Wassermassen schwebende, nirgends mit festen Körpern in Berührung kommende Organismen auf Biegung und Druck sehr wenig in Anspruch genommen werden. In Folge dessen dürfen die Panzerbauten der Planktondiatomeen eine viel grössere Zartheit besitzen. Wir sehen sie in Wirklichkeit auch mit minimalem Materialverbrauch Kieselgewölbe aufzuführen von einer Kühnheit und Leichtigkeit, wie sie die mehr schwerfällig soliden Grunddiatomeen niemals erreichen.

Die grösste Festigkeit muss von den Planktondiatomeen noch die Membran der nach dem Trommeltypus (*Coscinodiscus* etc.) gebauten Zellen haben, und zwar besonders in ihren »Schaalen«, weil diese ein verhältnissmässig grosses Gewölbe darstellen. Dementsprechend ist auch gerade bei diesem Typus die Gitterkonstruktion der Membranverdickungsleisten, die als »Schaalenstruktur« bekannt ist, am weitesten ausgebildet. Die ringförmigen Seiten, die Gürtelbänder, die von den festeren »Schaalen« gestützt werden, bedürfen schon weniger Festigkeit und sind deswegen meist auch zarter und mit weniger stark hervortretenden Verdickungsleisten ausgestattet.

Die anderen Bautypen zeigen dieses Verdickungsleistensystem der Membran noch viel weniger. *Rhizosolenia* hat nur sehr zarte Strukturen und *Chaetoceras* ist fast strukturlos. Geradezu in's Extreme getrieben ist die Sparsamkeit an Baumaterial, namentlich bezüglich der Festigkeit verleihenden aber auch stark beschwerenden Kieselsäureeinlagerung der Membran,



(Fig. 19). *Chaetoceras secundum* Cleve. Kette aus 24 Zellen bestehend. Vergr.  $\frac{100}{1}$ .

an den Gürtelbandflächen der walzenförmigen *Pyxilla*, die so zart sind, dass sie beim Eintrocknen unter dem sich dabei stärker geltend machenden Luftdruck zusammenbrechen.

Eine Seite der morphologisch-biologischen Beziehungen bei den Diatomeen, die oben schon einmal gestreift wurde, ist hier noch kurz zu erwähnen. Die Anpassungserscheinungen an das Grundleben einerseits und an das Planktonleben andererseits sind bereits geschildert worden, die ersteren gewähren besonderen Vortheil für das Leben am Grunde der Gewässer, die letzteren begünstigen das freie vagabondirende Leben. Es wurde auch schon darauf aufmerksam gemacht, dass die Anpassungserscheinungen an das Grundleben für das Planktonleben unvortheilhaft sind. Als Gegensatz dazu können wir nun auch erkennen, dass die geschilderten Anpassungserscheinungen an das Planktonleben: zarte, wenig versteifte Membran, schwache Verkieselung derselben, übermäßig voluminöser Körperbau, einseitig übermäßig stark gestreckte und darum mechanisch wenig widerstandsfähige Körperform u. s. w. beim Leben am Grunde, das gerade an die mechanische Festigkeit besondere Anforderungen stellt, nicht nur nicht nützlich, sondern direkt schädlich einwirken. Besonders macht sich dies geltend bei den Formen mit den höchstentwickelten Schwebapparaten, deren lange, dünne, starre Auswüchse beim Grundleben, wo sie viel mehr mechanischen Fährlichkeiten ausgesetzt sind als beim Planktonleben, leicht abbrechen und dem Zellkörper dadurch Verletzungen zuziehen würden.

Bezüglich der geographischen Verbreitung der Diatomeen und ihrer Betheiligung an dem Vegetationsbilde der Hochsee verweise ich auf den zweiten Theil der Arbeit, der die geographische Behandlung der Hochseepflanzen bringt. Hier mag nur kurz die Notiz Platz finden, dass wir als Hauptheimat der Diatomeen die kalten Gewässer des Nordens und Südens ansehen müssen. In diesen überwiegen sie meist an Masse alle übrigen Pflanzen und liefern demgemäß hier auch die Hauptmenge der organischen Substanz, die im Gesamtleben dieser Theile des Oceans zur Entfaltung kommt. In den warmen Meeresgebieten treten sie nicht mehr so stark hervor und werden sogar von anderen Pflanzengruppen an Massenentfaltung überflügelt.

Die bei der morphologisch-biologischen Betrachtung gewählten Beispiele sind mit Absicht aus den für das Hochseeleben wichtigsten Gattungen gewählt worden. Die Beispiele und Abbildungen geben also auch in systematischer Beziehung schon eine Uebersicht über die wichtigsten Hochseeformen. Auf eine Beschreibung oder auch nur Aufzählung der Arten konnte an dieser Stelle, selbst für die neuentdeckten aus Platzmangel um so eher verzichtet werden, als ja die in den Ergebnissen der Plankton-Expedition später erscheinende Specialabhandlung diesen Theil viel genauer bringen wird. Auch für die anderen Pflanzengruppen werde ich dasselbe Princip befolgen, die planktologisch wichtigsten Formen als Beispiele zu benutzen, so dass auch von diesen die wichtigsten Gattungen resp. Arten wenigstens einmal in dieser Abhandlung erwähnt werden.

## II. Peridineen.

Sehr nahe an die Diatomeen schliesst sich eine andere Gruppe einzelliger Algen an, die der Peridineen oder Dinoflagellaten, welche habituell sehr deutlich dadurch gekennzeichnet werden, dass, wenn auch nicht bei allen, so doch bei den meisten Vertretern der Gruppe,

eine furchenartige Einschnürung ringförmig quer um den Körper herumläuft (die Querfurche) und von einer zweiten (der Längsfurche) fast senkrecht durchschnitten wird. Dieses Kennzeichen, so charakteristisch es auch im Allgemeinen für das Aussehen der Peridineenzelle ist, kann jedoch auch fehlen; es bildet also nicht das eigentlich wesentliche Charaktermerkmal, sondern dieses besteht in dem mit den Furchen allerdings in nahem Zusammenhang stehenden Bewegungsorgan. Wie die Bodendiatomeen besitzen die Peridineen selbständiges Bewegungsvermögen, das hierfür bestimmte Bewegungsorgan ist aber anders ausgebildet, es besteht aus zwei Geisseln. Das Vorhandensein von geisselförmigen Bewegungsorganen ist zwar an sich nichts besonders charakteristisches, denn auch andere Pflanzen besitzen Geisseln, die gesammten Flagellaten, viele Bakterien, die höheren Algen und Pilze wenigstens in ihrem Schwärmstadium und selbst viel höhere Pflanzen, Moose, Farne, Schachtelhalme sind in einer bestimmten Zeit ihres Lebens, in ihren männlichen Geschlechtszellen nämlich, durch Geisseln frei beweglich. Aber die Zahl der Geisseln und die Art ihrer Bewegung ist für die verschiedenen Gruppen charakteristisch. Bei den Peridineen besteht dies darin, dass die eine Geissel in der Längsrichtung der Zelle getragen wird und dabei, in ihrem ersten Theile wenigstens, in der Längsfurche geschützt wird, die andere dagegen entsprechend dem Verlauf der Querfurche, von der sie mehr oder minder vollkommen geborgen wird, sich im Kreise um den Körper resp. um die Basis der Längsgeissel herumlegt und dabei wellenförmige Bewegungen ausführt.

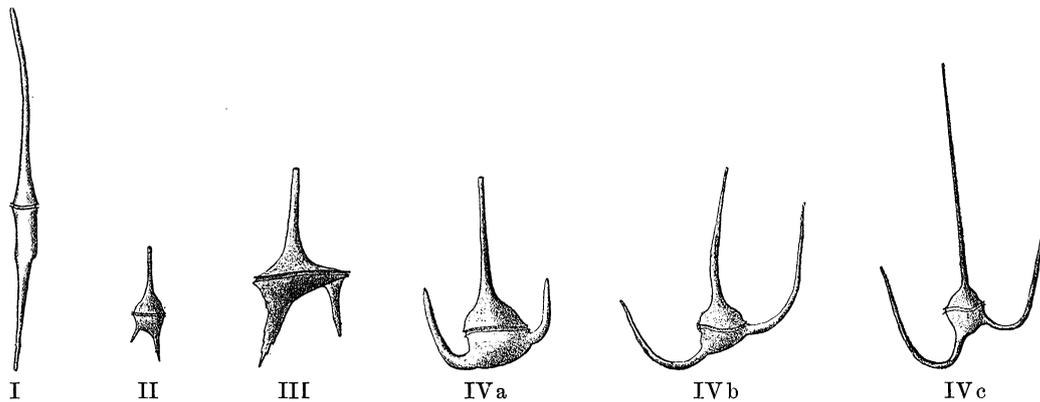
Der für die Diatomeen so charakteristische Bau der Membran folgt bei den Peridineen einem abweichenden, aber doch so ähnlichen Typus, dass dadurch diese beiden Klassen als sehr nahe zusammengehörig charakterisirt werden. Der für die Diatomeenzellenmembran charakteristische Schachteltypus ist zwar aufgegeben, aber die Zusammensetzung der Membran aus einzelnen Platten ist beibehalten. Die Platten sind zwar nicht verkieselt, aber doch starr und wenig beweglich, so dass der weiche Plasmaleib hier ebenso wie bei den Diatomeen von einem panzerähnlichen Gehäuse umhüllt ist. Die Substanz der Membran besteht aus nicht verkieselter Cellulose. Ferner besitzt die Membran der Peridineen, ähnlich wie die der Diatomeen, ein eigenartiges, centrifugales Dickenwachsthum, welches die fertigen Platten als poröse Lamellen erscheinen lässt, auf welche nach aussen hervorragende Verdickungsleisten, die in manchen Fällen sehr bedeutende Dimensionen annehmen können, aufgesetzt sind.

Der bei der morphologischen Ausbildung der Diatomeenzellenmembran so wichtige Gegensatz zwischen Grundformen und Planktonformen fällt hier weg, weil die Peridineen durchweg Planktonformen sind.

Wie die Diatomeen, so besitzen auch die Peridineen Chromatophoren, gelbe Plasmalplatten, die in Form, Farbe und Lagerung denen der Diatomeen sehr ähnlich sind, mit denen sie assimiliren, unter dem Einfluss des Lichts aus unorganischen Substanzen organische zu erzeugen vermögen.

Zahlreichen Gliedern der Gruppe, selbst solchen, die chromatophorenführenden Formen systematisch sehr nahe stehen und mit ihnen in dieselbe Gattung zu verweisen sind, fehlt jedoch das Chromophyll, der charakteristische Farbstoff der Assimilationsorgane. Da ich aber bei diesen farblosen Arten in der Zelle farblose, den farbigen Chromatophoren entsprechende Gebilde

gefunden habe, so hat dieses Fehlen des Farbstoffes morphologisch nichts besonders auffallendes, es zeigt sich darin der Gegensatz zwischen den homologen Organen der Leuko- und Chromoplasten, der sich auch bei den höheren Pflanzen noch findet. Systematisch kann darum der Gegensatz auch nicht von sehr schwerwiegender Bedeutung sein, aber biologisch ist er von grosser Wichtigkeit, denn da nach unseren jetzigen Erfahrungen die Assimilation, die aufbauende Stoffmetamorphose, mit Ausnahme von Winogradskys Nitromonaden<sup>1)</sup> an das Vorhandensein des Chromophyllfarbstoffes gebunden ist, so müssen wir diese farblosen, d. h. chromophylllosen Peridineenarten aus der Reihe der Stoff aufbauenden, der Nahrungsspender, in die Gruppe der Stoff vermindernden Formen, der Nahrungsverzehrter, verweisen. Für die allgemeine Meeresbiologie ist aber gerade das Verhältniss der Nahrung erzeugenden zu den nur Nahrung verbrauchenden Organismen von der höchsten Wichtigkeit; für sie müssen alle Lebewesen geradezu nach diesem Princip, das biologisch wichtiger ist als selbst der Unterschied zwischen Thieren und Pflanzen, in zwei grosse Gruppen gesondert werden. Die Scheidegrenze zwischen diesen beiden biologischen Gruppen geht also durch das Gebiet der Peridineen mitten hindurch.



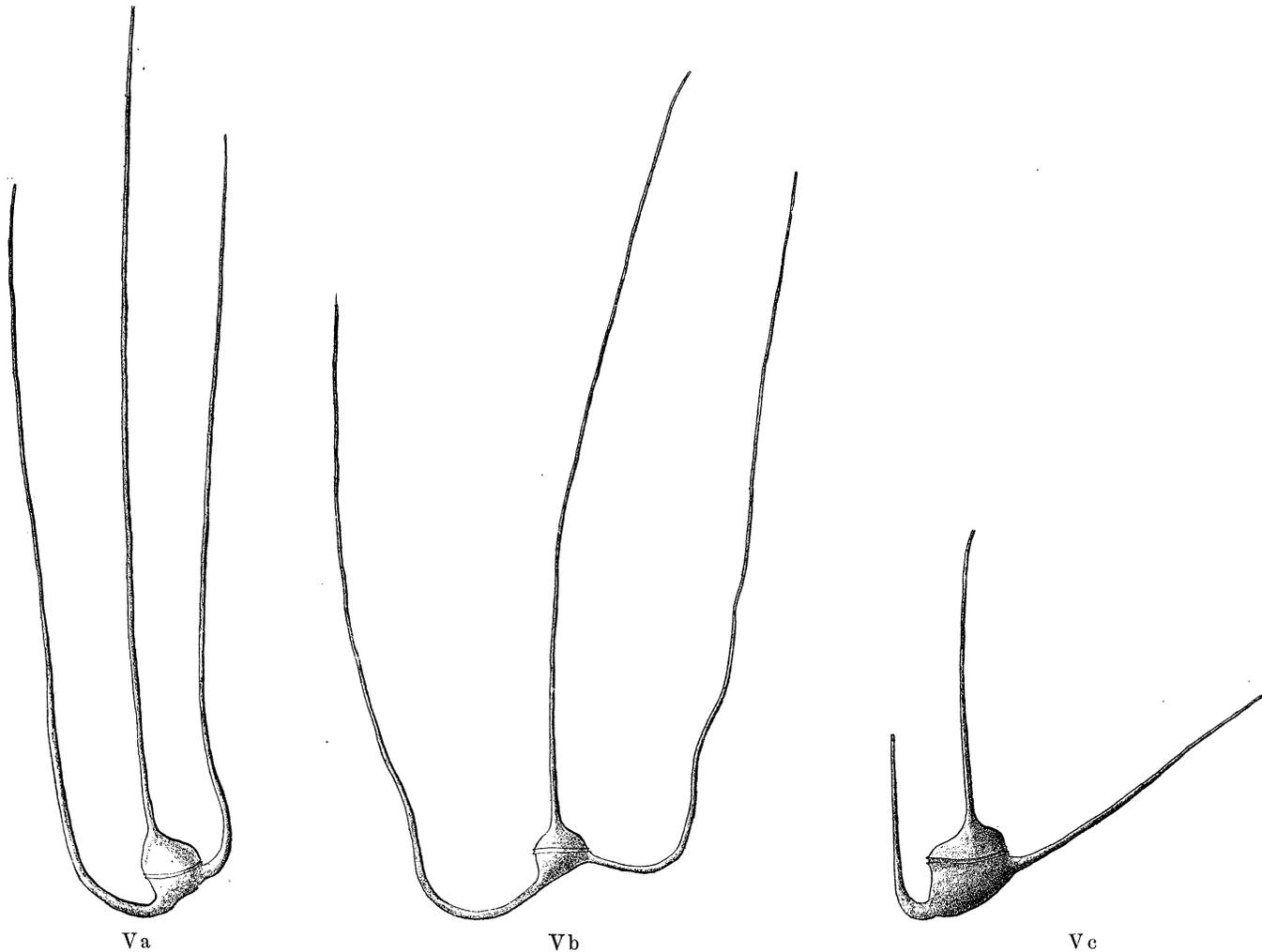
(Fig. 20.) Typenkreise der Gattung *Ceratium*. Vergr.  $1\frac{2}{3}$ .

Für die Systematik ist dieser Gegensatz weniger wichtig; wir haben noch andere Pflanzengruppen, die, obwohl sie systematisch eng zusammengehören, doch in demselben biologischen Gegensatz zu einander stehen, z. B. die Spaltalgen und die Spaltpilze. Die chromophyllführenden Peridineen würden sich mehr den Algen, die chromophyllfreien mehr den Pilzen anschliessen. Auch bei den viel höher stehenden Phanerogamen haben wir noch Glieder, z. B. *Lathraea*, welche durch Unterdrückung des Chromophyllfarbstoffes sich an parasitisches resp. saprophytisches Leben gewöhnt haben, und damit aus der grossen biologischen Gruppe der Stoffherzeuger in die der reinen Stoffkonsumenten übergetreten sind, ohne zugleich in systematischer Hinsicht ihren Platz zu ändern.

Eine kleine Anzahl von Peridineen weicht von den übrigen Gliedern der Gruppe verhältnissmässig sehr stark ab. Dies äussert sich besonders augenfällig darin, dass die Ausbildung der für die Peridineen sonst so sehr charakteristischen Membran bei ihnen unterbleibt; sie

<sup>1)</sup> S. Winogradsky, Annales de l'Institut Pasteur 1890.

bleiben dauernd nackt, und verharren damit gewissermaßen ihr ganzes Leben hindurch in einem Stadium, das bei den anderen nur vorübergehend, im Sporenstadium, angenommen wird. Diese Gruppe, die *Gymnodinien*, ernährt sich zum Theil zwar auch noch wie echte Pflanzen mittelst der Chromatophoren, zum Theil aber sind sie wie die farblosen Panzerperidineen wegen Mangel an Chromophyllfarbstoff auf das Verzehren der von den assimilirenden Pflanzen bereiteten Nahrung angewiesen.



(Fig. 21.) Typenkreise der Gattung *Ceratium*. Vergr.  $\frac{125}{1}$ .

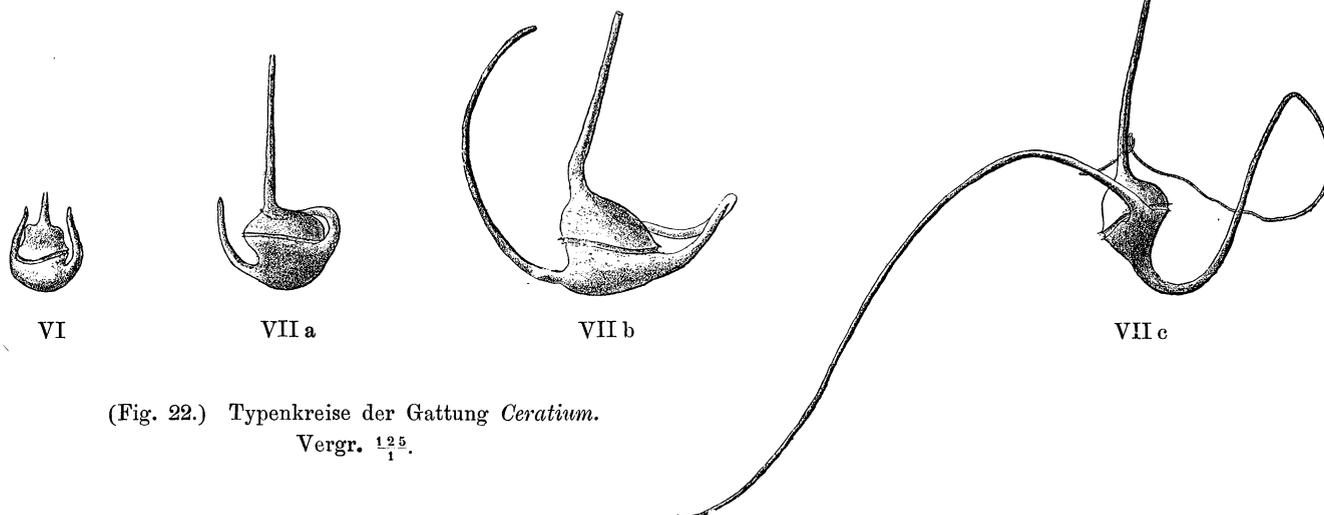
Bei einem dieser *Gymnodinien* ist nun neuerdings durch Schilling eine interessante Beobachtung gemacht worden. Er beschreibt den Ernährungsvorgang dieser Form in ähnlicher Weise<sup>1)</sup>, wie wir ihn schon länger bei den Schleimpilzen kennen. Diese Schleimpilze bilden aber ein Uebergangsglied vom Pflanzen- zum Thierreich; von der Gruppe der Peridineen, deren Glieder ihrer Hauptmasse nach sich wie echte Pflanzen verhalten, und mit demselben Recht zu den Pflanzen gerechnet werden müssen, wie etwa die Diatomeen, finden sich also Ausläufer, welche entschiedene Tendenz nach der thierischen Seite des Lebensreiches hin besitzen. Diesen Theil der Gruppe

<sup>1)</sup> Ber. d. D. botan. Ges. 1891, p. 199.

deswegen zu den Thieren zu stellen und die Gruppe dadurch systematisch auseinander zu reissen, erscheint um so weniger gerechtfertigt, als die Frage, ob diese Wesen Thiere oder Pflanzen sind, überhaupt eine schiefe ist. Die Wesen gehören eben dem Grenzgebiete an, wo thierische und pflanzliche Charaktere noch nicht scharf geschieden sind; die Grenze, die man hier zieht, bleibt immer künstlich, nicht in der Natur begründet.

Wenn man aber durchaus eine scharfe Grenze ziehen will, so kann man, wenn man nach objektiv erkennbaren Merkmalen verfahren will, nicht anders, als unter Berücksichtigung des Verhaltens der Hauptmasse, die ganze Gruppe zu den Pflanzen zu stellen und nicht zu den Thieren, wie dies früher, wo man die nächstverwandten Pflanzen noch weniger genau kannte, meist geschah. Richtiger, naturgemäßer würde es mir allerdings erscheinen, wenn man überhaupt darauf verzichtet, eine solche Grenzgruppe, entweder dem einen oder dem anderen Reiche einzuverleiben, vielmehr mag dieser Fall als weiteres Beispiel dafür dienen, dass die Natur keine Sprünge macht, sondern kontinuierlich fortschreitet, und statt der künstlichen Grenzen des Systematikers allmähliche Uebergänge bietet.

Die Fänge der Plankton-Expedition lassen bei den Peridineen interessante Beziehungen zwischen den morphologischen Eigenschaften



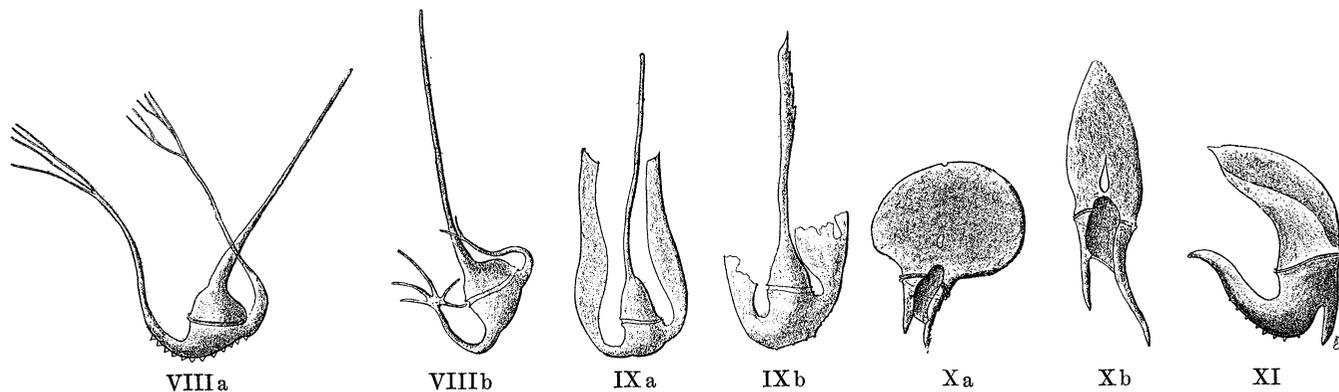
(Fig. 22.) Typenkreise der Gattung *Ceratium*.  
Vergr.  $\frac{125}{1}$ .

und dem Fundorte, besonders zwischen der Variabilität und der geographischen Verbreitung der verschiedenen Species erkennen.

Es zeigt sich ein deutlich ausgesprochener Gegensatz zwischen der Peridineenflora des warmen und des kalten Wassers. Im kalten Wasser des Nordens, in der Ostsee, Nordsee und Nord-Atlantik erwies sich die Zahl der Peridineen, wenn wir die Individuen rechnen, als eine sehr grosse. In der Ostsee treten sie in gewissen Jahreszeiten sogar so vorherrschend auf, dass die anderen Pflanzen ihnen gegenüber nicht mehr ins Auge fallen als etwa die Unkräuter in einem gut bestellten Kornfeld.

Im warmen Wasser, vom Betreten des Floridastroms an gerechnet, fand die Planktonexpedition die absolute Zahl der Individuen verglichen mit der des Nordens nur recht spärlich. Im warmen Mittelmeerwasser fand ich ähnliche Verhältnisse wie im warmen Atlantik: während des ganzen Winters 1888/89 vom Spätsommer bis zum Frühjahr und nochmals während zweier Monate im Frühjahr des folgenden Jahres zeigten sich im Golf von Neapel so geringe Peridineenmengen, wie sie die Planktonexpedition in der Sargassosee vorgefunden hat. Wir müssen hiernach schliessen, dass als Hauptheimat für die Peridineen, ebenso wie für die Diatomeen, die kalten Gewässer anzusehen sind.

Ganz anders verhält es sich, wenn wir die Zahl der Formen als Maßstab annehmen; diese ist im Süden grösser, während im kalten Wasser die Zahl der Species trotz der grossen Individuenzahl nur spärlich zu nennen ist. Von den im Norden in besonders grossen Massen auftretenden Formen wurden im warmen Wasser absolut und relativ nur geringe Mengen konstatirt, an ihrer Stelle erschienen andere Formen, die wieder im kalten Wasser gar nicht



(Fig. 23.) Typenkreise der Gattung *Ceratium*. Vergr.  $\frac{12.5}{1}$ .

oder doch nur in verschwindend kleinen Mengen auftreten. Dabei zeigen die nordischen Arten in ihrer Ausgestaltung weniger complicirte Gestalt; es sind relativ einfache, man möchte fast sagen philisterhaft solide gebaute Formen, die den Norden, namentlich den Nordosten bevölkern, während der Tropensonne die Fähigkeit inne zu wohnen scheint, bizarre, abenteuerlich aussehende Formen zu erzeugen. Die Tendenz der exotischen Formen zu luxurirend üppigem Wuchs äussert sich theils darin, dass der ganze Körper sich streckt, dehnt, krümmt, verzweigt und dabei noch wunderlich geformte Auswüchse treibt, theils durch abnorm starke, lokale Membranverdickung, die sich in Gestalt von Stacheln, Leisten, Kämmen von überraschender Form und Grösse und zierlichster, complicirtester Ausbildung auf der Bekleidungsmembran erheben (Fig. 26). Als Beispiel für diesen Gegensatz mag die Familie der Phalacromaceen dienen. Der Norden zeigt davon fast nur die einfach gebauten Formen der Gattung *Dinophysis*. Im Tropenwasser treten dazu ausser *Phalacroma* die absonderlich gestalteten Gattungen *Ornithocercus*, *Histioneis*, *Citharistes*, *Amphisolenia*.

Diese Tendenz der tropischen Formen zu luxurirendem Körperwuchs macht sich auch in der Varietätenbildung bemerkbar. Bei Formen, die im Norden verhältnissmäßig konstant sind, gewinnt die Variabilität im warmen Wasser eine solche Breite, dass sich ganze

Gattungen in eine Unzahl einzelner Varietäten zu zersplittern drohen, die alle von dem Bestreben belebt zu sein scheinen, durch complicirte Gestaltung möglichst stark von den einfachen Grundformen abzuweichen; ja selbst die einzelnen Individuen desselben Typus weichen so weit von einander ab, dass es aussieht, als wollte jedes von ihnen sich als eigene Varietät etabliren. Werden im Norden die Formen von einem Grundtypus zusammengehalten, wie die Bienen vom Stock, so fällt in den Tropen das einigende Band; die Individuen verlassen den Stock und suchen sich nach allen Richtungen hin zu zerstreuen.

Nicht für alle Gattungen und Arten gilt dieses in gleichem Maße; manche derselben, z. B. *Phalacroma*, sind auch im warmen Wasser ziemlich konstant, während im Gegensatz dazu für die Gattung *Ceratium* z. B. die Variabilität so weit geht, dass es sehr schwierig und ohne Willkürlichkeiten gar nicht durchführbar ist, die Grenzen der Arten gegeneinander abzustecken, denn hier kommen im Fluss der Varietätenbildung von einer Form zur andern Unterschiede vor, die weit grösser sind, als diejenigen, welche an anderen Stellen zur Abgrenzung verschiedener Gattungen, z. B. *Dinophysis* und *Phalacroma*, gegeneinander dienen, während sie hier nicht einmal zu Speciesunterschieden erhoben werden können, wenn nicht eine Unzahl schlecht begrenzter Species geschaffen werden soll.

Da nun gerade diese Gattung *Ceratium* wegen ihres Massenvorkommens für die allgemeine Meeresbiologie von grösserer Wichtigkeit ist, als alle andern zusammen genommen, so mag es gestattet sein, bei ihr auf die Beziehungen zwischen Variation und geographischer Verbreitung etwas näher einzugehen und von den vielen Typen wenigstens ein paar vorzuführen; ich muss mich dabei auf dasjenige, was sich aus den Fängen der Plankton-Expedition ergibt, beschränken; wie sich die Verhältnisse für die nicht von dieser Expedition berührten Gebiete gestalten, lässt sich zur Zeit noch nicht einmal vermuthungsweise angeben.

Zum Zweck der Vergleichung will ich die ganze Menge der *Ceratium*-formen in 11 Typengruppen einordnen, von denen jede eine mehr oder minder grosse Anzahl von Varietäten umfasst. Die Gruppen IV a bis IV c sind vorwiegend nordische, besonders Nordostformen, III und V bis XI sind dagegen Warmwassertypen, I und II sind gemischt. Die Nordostformen gehen zwar auch noch in das warme Wasser des Floridastroms<sup>1)</sup> hinein, aber nur mit einem geringen Bruchtheil ihrer Streitmacht; die Zahl der Individuen beträgt südlich von der Grenze des Floridastroms nur einen bis wenige Procennte der Masse des von der Expedition durchschnittenen nordöstlichen Golfstromausläufers und der Irminger-See, dafür mehrt sich beim Eintritt in den warmen Strom die Zahl der Typen innerhalb der Gruppen.

In der Ostsee sind nur wenige Typen vorhanden und diese sind, verglichen mit dem Oceanreichthum, von einer unglaublichen Konstanz; speciell für die Gruppe IV ist dies besonders frappant. Von dieser Gruppe haben wir in der Ostsee vorwiegend die Untergruppe a und b, von denen jede nur wenige Typen besitzt, die wiederum unter sich nur wenig von einander abweichen. Zwei dieser Typen (die gezeichneten Vertreter von IV a und IV b) überwiegen

<sup>1)</sup> Bei diesen und folgenden Ortsangaben beziehe ich mich auf die Theile der genannten Meeresabschnitte, die von der Plankton-Expedition, deren Fänge bisher das einzige Material für derartige Studien sind, berührt worden sind, und folge auch bei der Darstellung im Allgemeinen der Route der Expedition.

dabei an Massenwirkung die anderen, und sind dabei so konstant in ihrer Form, dass man Tausende von Exemplaren am Auge vorbeipassiren lassen kann, ohne auf Unterschiede zu stossen. Beim Eintritt in den Ocean kommt dazu die schon weniger konstante Typengruppe IV c; doch bleibt die Variabilität auch hier noch innerhalb relativ enger Grenzen.

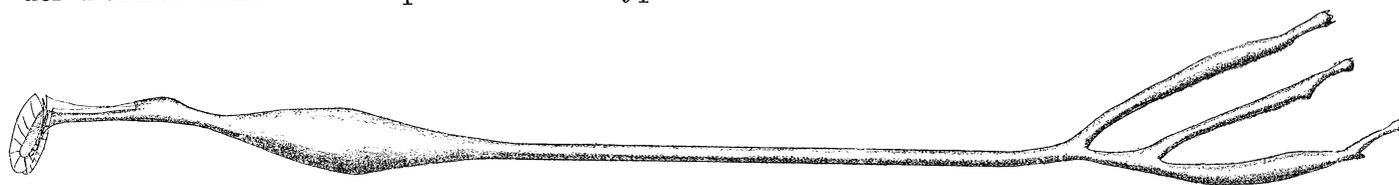
Zwischen den Gruppen IV a und IV b scheint eine Art Wechselverhältniss zu bestehen, der Art, dass IV a im Osten durchaus dominirt, in dem westlichen kalten Wasser des Labradorstromes aber diese Herrschaft verliert und auf der Neufundlandbank sogar vollständig von IV b, die hier eine besonders charakteristische Varietät<sup>1)</sup> bildet, ersetzt wird.

Im Floridastrom und in der Sargassosee scheint die Variationsucht der Ceratien gar keine Schranken mehr zu kennen. Die Gruppen V bis XI gehören alle diesem Gebiete an und jede dieser Gruppen mit einem zum Theil sehr grossen Gefolge unter sich wieder sehr stark von einander abweichender Typen, bei denen die Typenunterschiede grösser sind als bei

(Fig. 24.) *Ceratium fusus*. (Ehrb.) Dujd. Typus mit langen Hörnern. Vergr.  $\frac{100}{1}$ .

den nordöstlichen Formen die Unterschiede der ganzen Gruppen; ja, es scheint fast, als ob im Tropenwasser die verschiedenen Individuen mehr von einander abweichen, als im Nordosten die verschiedenen Typen.

Eigenthümlich ist es, dass sich an dieser schrankenlosen Veränderlichkeit der Tropenarten die einfach gebauten Nordostformen überhaupt nicht betheiligen. Trotz des Reichthums der Formen fehlen im Tropenwasser die typischen Nordostformen, z. B. IV a, die den Norden



(Fig. 25.) *Amphisolenia thrinax* n. sp. Vergr.  $\frac{200}{1}$ .

und Nordosten in so ungeheuren Massen bewohnt, entweder vollständig oder, wo sie vorhanden sind, treten sie in so geringen Mengen auf, dass man sie hier als von der Herde versprengte Fremdlinge betrachten darf.

Das Mittelmeer charakterisirt sich, wie bezüglich der Gesamtmassen, so auch bezüglich der Variabilität der Ceratien als Appendix des warmen Floridastroms. Dieselben luxurirenden Formen, welche die Sargassosee ausbildet, fand ich auch im Golf von Neapel wieder (ob sie alle oder nur zum Theil hier vertreten sind, das muss ich allerdings noch dahingestellt sein lassen; erst eine weiter durchgeführte Vergleichung wird dies entscheiden). Diese Aehnlichkeit in dem Verhalten des Floridastroms und des Mittelmeeres ist übrigens nicht schwer verständlich, wenn man berücksichtigt, dass ja fortwährend durch die Thore von Gibraltar ein aus dem Golfstrom sich abzweigender Oberflächenstrom hineindringt und dabei naturgemäss das in

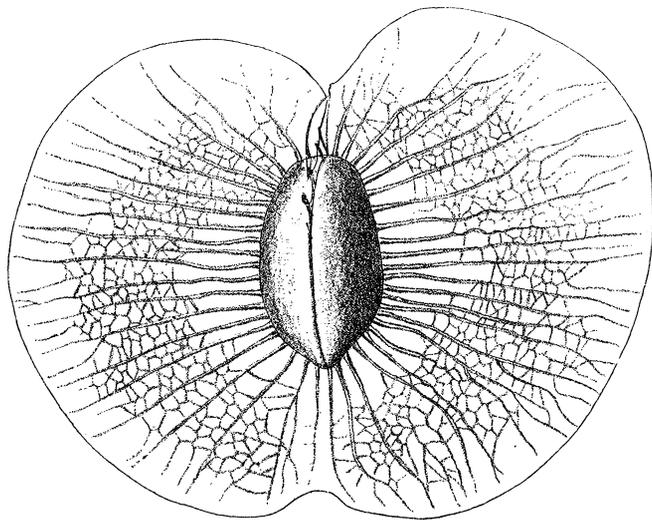
<sup>1)</sup> *Ceratium tripos* (O. F. Müll) Nitsch v. *labradorica* Schütt.

geringen Tiefen vegetirende Peridineenmaterial in das geschlossene Mittelmeerbecken hineintragen muss, während der in der Tiefe ausgehende Strom keine entsprechende Zahl der die höheren lichtreichen Schichten bevorzugenden Peridineen hinausschwemmen kann.

Bei der Variation der Tropenperidineen kommt dieselbe Tendenz zur Geltung, die oben auch für die Hochsee-Diatomeen charakterisirt wurde: die der Oberflächenvergrößerung.

Für die nordischen Formen, namentlich die des Ostens, die, wie oben für die Ceratien ausgeführt wurde, in ihrer Körpergestalt relativ einfach und kompakt erscheinen, ist dies in geringerem Maße der Fall, viel mehr aber bei den Tropenceratien; diese sind durchweg schlanker und leichter gebaut, der Hauptkörper ist im Verhältniss zu den Hörnern wenig voluminös, die Hörner selbst sind in vielen Fällen verhältnissmäßig ausserordentlich lang, dünn und verbogen, so dass durch diese stark verlängerten Körperauswüchse die Oberfläche des Körpers stark vergrössert und durch den wachsenden Widerstand im Wasser auch die Bewegung des Individuums sehr erschwert wird.

Aber nicht nur für die Varietäten von *Ceratium*, welche ihre Hörner zu ähnlich langen Anhangsgebilden, wie dies oben für die Zellen der Diatomeengattung *Chaetoceras* schon gezeigt



(Fig. 26.) *Ornithocercus splendidus*, n. sp. Originalseite. Vergr.  $\frac{250}{1}$ .

für den flügelartigen Seitenanhang der Gattung *Planktoniella* beschrieben wurde. *Ornithocercus splendidus* mag die Wirkung dieser glänzenden Schwebeinrichtung verbildlichen (Fig. 26 u. 27).

Diese Verhältnisse sind so auffällig, dass es nahe liegt, den Nutzen, den sie den Trägern dieser Eigenschaften bringen, etwas näher ins Auge zu fassen.

Wir haben oben gesehen, dass die Hochseediatomeen bei ihrem Mangel an aktiv wirkenden Bewegungswerkzeugen auf das Schweben angewiesen sind, und dass die Oberflächenvergrößerung ihnen diese Aufgabe bedeutend erleichtert. Die Peridineen dagegen besitzen in ihren Geisseln eigene Bewegungswerkzeuge, mit denen sie sich schwebend erhalten können, man sollte also wohl annehmen, dass sie die complicirten Schwebeinrichtungen entbehren können. Die beiden Einrichtungen sind praktisch sogar nicht einmal gut mit einander vereinbar, da sie in entgegengesetztem Sinne wirken, die Geisseln haben den Zweck, das Individuum aktiv

wurde, ausbilden, sondern auch für andere Peridineen gilt das geschilderte Verhalten. So erlangt z. B. die Gattung *Amphisolenia* durch die Längsstreckung ihres Körpers eine im Verhältniss zum Volumen nicht weniger bedeutende Körperoberfläche als die Diatomeengattung *Rhizosolenia*.

Für viele Warmwasserformen, z. B. *Ornithocercus*, *Histioneis*, *Ceratocorys* wirken die hier besonders stark entwickelten, in Gestalt von Stacheln, Platten, Ringen, Flügeln, Segeln senkrecht auf der Oberfläche stehenden Membranauswüchse durch ihre Oberflächenvergrößerung der Zelle in ähnlicher Weise fallschirmartig, wie dies

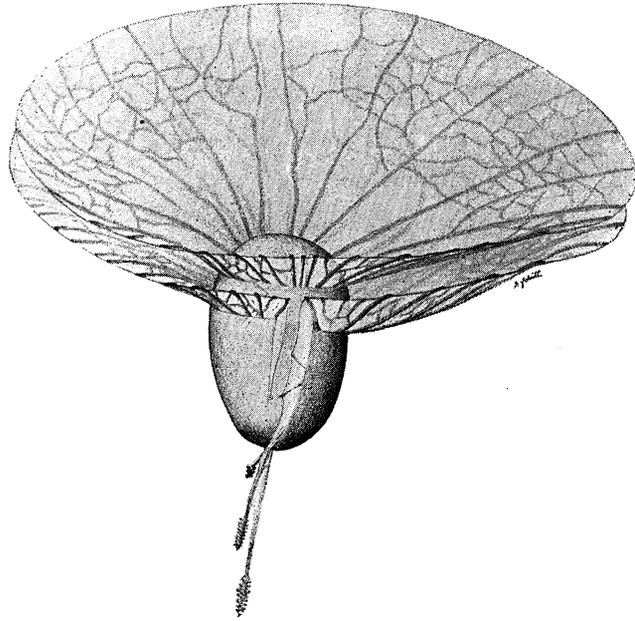
zu bewegen, die Oberflächenvergrößerung dient als Hinderungsmittel dieser Bewegung und nöthigt das mit Hülfe der Geisseln aktiv vorwärtsstrebende Individuum zu unnötigem Kraftverbrauch.

Wir stehen hier vor einer scheinbar unzweckmässigen Einrichtung, vor einem Widerspruch in der Tendenz der Ausrüstung der Formen für den Kampf um's Dasein. Zur Lösung dieses Widerspruches mag es gestattet sein, eine Hypothese zu Hülfe zu nehmen.

Die Stacheln und anderen Membranhänge der Peridineen lassen zum Theil ihren Charakter als Bewaffnung leicht erkennen. Auch die langgestreckten und verzweigten Arten mit ihrem sparrigen, starren Panzer erleichtern durch ihre nicht direkt als Waffe erscheinende Form den Kampf um's Dasein, indem sie in dieser Gestalt von manchen Feinden schwerer verschlungen werden können als bei gedrängter kompakter Form. Uebrigens wirkt die Körperverlängerung durch die häufig an den Hörnern angebrachten Stacheln auch direkt als Waffe,

wie z. B. bei *Amphisolenia*, manchen *Ceratien* u. s. w. Diese Bewaffnung ist besonders stark bei tropischen Formen ausgebildet. Der Grund dafür dürfte in der feindlichen Fauna zu suchen sein. Die Bewaffnung hindert die Bewegung, die stark bewaffneten, weniger beweglichen Formen werden sich also mehr auf das Schweben verlassen müssen. Damit ist das Motiv gegeben, die Oberflächenvergrößerung noch stärker zu vermehren, als dies für die Bewaffnung allein nöthig gewesen wäre. Ein Nebenvortheil des Schwebens vor dem Schwimmen liegt in dem geringen Kraftverbrauch, denn so lange sich die Zelle vom Wasser tragen lässt, spart sie die ganze Kraft, welche die aktive Bewegung der Geisseln erfordern würde und braucht dafür nur die einmalige Ausgabe für die zur Herstellung des Schwebapparates nöthige grössere Menge an Baumaterial zu machen. Die stark bewaffneten Tropenformen dürften in Folge ihrer Ausrüstung schlechtere Schwimmer sein als die einfacheren nordischen und besonders die Ostsee-Formen. Für sie erscheint es als ein besseres Hilfsmittel im Kampf um's Dasein, wenn sie sich wesentlich auf das Schweben verlassen und die damit verbundenen Vortheile, starke Schutz Waffen und Kraftersparniss, für die verlorene freie Beweglichkeit eintauschen, und das eigentliche Bewegungsorgan, die Geisseln, nur noch als korrigirendes Mittel, als Hilfsapparat der Schwebereinrichtung benutzen.

Es ist dies nur eine Vermuthung, der sichere Beweis lässt sich zur Zeit noch nicht erbringen. Analogielos stände diese Erscheinung, dass sich verschiedene Glieder einer zusammengehörigen Gruppe biologisch nach ganz verschiedener Richtung hin differenziren, dass z. B. die



(Fig. 27.) *Ornithocerus splendidus* n. sp. Ventralseite.  
Vergr.  $\frac{250}{1}$ .

eine einer lebhaften aktiven Thätigkeit (dem Schwimmen), die andere, trotz der Anlage eines genügenden Bewegungsorgans dem Schweben angepasst erscheint, nicht da. Haben wir doch bei der Gruppe der Vögel, die in ihren Flügeln einen weit vorzüglicheren Bewegungsapparat besitzen als die Peridineen in ihren Geisseln, nicht nur Glieder, welche diesen Apparat zu hoher Vollkommenheit und Leistungsfähigkeit ausgebildet haben, wie die in elegantem Schwunge durch die Luft dahinstreichende Möve, sondern auch solche (z. B. der Strauss), die auf den Gebrauch dieses vorzüglichen Bewegungsorgans verzichten und sich lieber auf die Thätigkeit der Füße verlassen, oder gar noch andere (z. B. der Pinguin), die mit ihren verkümmerten Flügeln und kurzen Ruderfüßen in der Luft wie auf der Erde die Bewegungsorgane nur noch unvollkommen gebrauchen können und sich darum lieber statt dessen vom Federpolster mehr passiv auf den Wellen tragen lassen; und doch sind alle drei, der Pinguin, der Strauss und die Möve nach demselben Grundplan gebaut und ebenso wie Grund- und Hochsee-Diatomeen und wie Schweb- und Schwimm-Peridineen bei gleich beanlagtem Körper nur an verschiedene Lebensbedingungen angepasst.

### III. Flagellaten.

Die artenreiche Gruppe der Flagellaten im engeren Sinne ist in der Hochsee nur mit wenigen Gliedern vertreten und nur zwei sehr artenarme Gruppen gelangen darin zu bemerkenswerther Bedeutung.

#### a) Dictyocheen.

Die Dictyocheen, die früher für Radiolarien gehalten wurden und erst in jüngster Zeit von A. Borgert als Flagellaten mit gelben Chromatophoren erkannt worden sind, werden in ihrer systematischen Stellung charakterisirt durch den Besitz einer Geissel und eines zierlichen, gitterartig durchbrochenen, aus zwei aneinander passenden Stücken bestehenden Kieselskeletts. Sie sind vorwiegend Kaltwasserformen. Von *Dictyocha stapedia* und *speculum* zusammen wurden in der Irminger See 140 000 Zellindividuen <sup>1)</sup> unter 1 □-M. Meeresoberfläche von der Planktonexpedition gefangen. Im warmen Wasser des Floridastroms und der Sargassosee blieb ihre Zahl meist unter 10 000 und in den drei südlichen von der Planktonexpedition durchkreuzten Strömen, dem Nordäquatorialstrom, dem Guineastrom und dem Südäquatorialstrom stieg sie sogar wenig über 1000. Diese Zahlen können aber nur als Minimalzahlen gelten, weil die Dictyochazellen wegen ihrer geringen Grösse auch von den feinsten Netzen nicht vollständig gefangen werden, zuverlässige Werthe können selbst für die relativen Mengen noch nicht erbracht werden.

#### b) Dinobryeen.

Im Plankton der Kieler Bucht taucht in jedem Frühjahr für kurze Zeit eine dem *Dinobryon* des Süßwassers ähnliche, mit zwei Geisseln und einem gelben Chromatophor versehene Flagellate auf, deren Zellen baumartig verzweigte Kolonien bilden. Auf der Hochsee ist diese Form,

<sup>1)</sup> Diese und ähnliche quantitative Angaben beziehen sich auf die unter Hensens Leitung ausgeführten Zählungen der Pflanzen aus den Fängen der Plankton-Expedition.

die ich *Dinodendron balticum* nenne, noch nicht beobachtet worden; sie hat also vor der Hand, da sie bislang nur als Küstenform gelten kann, für die allgemeine Planktologie keine besondere Bedeutung.

#### c) Xanthelleen.

Im Körper mancher niederen Thiere, namentlich in dem der Radiolarien, kommen gelbe Zellen vor, die in neuerer Zeit von Cienkowski, Brandt und Geddes als selbstständige Algen erkannt wurden. Es sind rundliche Zellen von kleinsten Dimensionen (0,005—0,015 mm Durchmesser), die mit ihren Wirthen in einem ähnlichen symbiotischen Verhältniss stehen wie die Algen und Pilze im Flechtenkörper.

Sie besitzen ein Schwärmstadium, in dem der Körper eiförmige Gestalt annimmt und sich mit Hilfe von zwei Geisseln bewegt. In diesem Stadium sind sie den Schwärmsporen von Phaeophyceen sehr ähnlich.

Brandt legte ihnen den Gattungsnamen *Zooxanthella* bei, lässt aber ihre systematische Stellung noch unbestimmt, entweder sollen sie zur Ruhe gekommene Schwärmer anderer Algen aus der Gruppe der Phaeosporeen oder eine besondere Gruppe brauner Flagellaten sein. Die erste Annahme erscheint mir bei dem auf der Hochsee konstatierten Mangel von Phaeophyceen, von denen sie als Schwärmer ausgetreten sein könnten, weniger wahrscheinlich, ich schliesse mich desshalb der zweiten Ansicht an, und stelle sie bis auf Weiteres zu den Flagellaten, überlasse es jedoch erst speciellen botanischen Arbeiten, die systematische Stellung der Gruppe zu bestimmen. Zur Zeit enthalte ich mich sogar noch des Urtheils darüber, ob die hier zusammengefassten, biologisch zusammengehörigen Formen auch systematisch in einer einzigen Gruppe zusammenzuhalten sind, oder nicht gar Zweigspitzen verschiedener Stämme sind, die nur durch ihr gleiches biologisches Verhalten vereinigt sind.

Bezüglich der geographischen Verbreitung ist man bis jetzt wesentlich auf die Kenntniss der Radiolarienverbreitung angewiesen, und erst die Bestimmung der Massen dieser Gruppe wird ihre Bedeutung für die allgemeine Planktologie klarstellen können. Es ist demnach vorauszusehen, dass sie nur in den wärmeren Meeresgebieten, in denen auch die Radiolarien eine erhöhte Bedeutung haben, eine beträchtliche Rolle im Stoffwechsel des Meeres spielen werden.

Dass sie in ihrem unbeweglichen, kugelförmigen Zustand in grösserer Menge frei vorkommen, halte ich nicht für wahrscheinlich, dagegen ist anzunehmen, dass sie in ihrem Schwärmstadium, eine Zeit lang wenigstens, in der Hochsee frei vagabundirend leben. In diesem Zustande ist jedoch ihr Identitätsnachweis mit den Zooxanthellen nicht mehr zu führen, und sie fallen dann in die folgende Rubrik:

#### d. Unbestimmte Flagellaten.

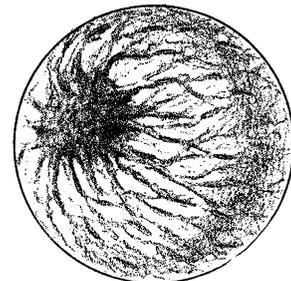
Nackte geisseltragende Pflanzenzellen von kleinen bis allerkleinsten Dimensionen habe ich im Küstenplankton häufig gefunden. Da zur Zeit jedoch die Trennung derselben von Sporenstadien anderer Algen nicht durchführbar ist, so haben sie bis jetzt keine weitere Beachtung gefunden. Für die Hochsee gilt dasselbe. Bezüglich ihrer Bedeutung für das Hochsee-

leben ist zu erwägen, dass sie sich auf der Planktonexpedition vermuthlich recht bemerkbar gemacht haben würden, wenn sie auf der Route der Expedition in solchen Mengen vorgekommen wären, dass daraus auf eine grössere Wichtigkeit für die allgemeine Meeresbiologie geschlossen werden müsste, denn bei reichlichem Vorkommen wird von den feinen Planktonnetzen auch von denjenigen Formen, die kleiner sind als die Poren des Netzes, erfahrungsmässig ein beträchtlicher Bruchtheil gefangen. Allzugrosse Bedeutung für die allgemeine Planktologie vermag ich diesen zweifelhaften Formen also zur Zeit nicht zuzuschreiben, und selbst wenn sie lokal, an den Küsten, einmal in grösserer Menge gefunden werden sollten, so würde eine grössere Bedeutung derselben für die Hochsee daraus noch nicht ohne Weiteres resultiren.

#### IV. Pyrocysten.

Die Pyrocysten sind eine botanisch noch so wenig bekannte Gruppe, dass ihre systematische Stellung noch zweifelhaft ist. Wegen ihrer Aehnlichkeit mit gewissen Cystenstadien, die ich bei Peridineen gefunden habe, möchte ich sie in die Nähe der Peridineen stellen und reihe sie darum den Flagellaten im weiteren Sinne, denen auch die Peridineen zugehören, an.

Es sind kleine, einzellige Algen mit schlauchartiger, zusammenhängender, farbloser Membran (Fig. 28) von verschiedenen einfachen Formen; Kugel, Spindel, Halbmond sind die geläufigen Gestalten. Aeusserlich haben sie eine gewisse Aehnlichkeit mit den einfacheren Desmidiaceenformen, unterscheiden sich aber von ihnen durch die Anordnung des Plasmas und durch Form und Farbe der Chromatophoren. Die Plasmaanordnung ist ähnlich derjenigen, wie sie manche trommelförmige Diatomeen (*Coscinodiscus*arten) zeigen: der excentrisch gelagerte Kern ist umhüllt von einer Plasmaanhäufung, von dem aus strahlenförmig verzweigte Plasmastränge nach dem Plasmawandbelag der gegenüberliegenden Wand hin ausgespannt sind. Die Chromatophoren sind als mehr oder minder gestreckte Plättchen von gelber Farbe den farblosen Plasmasträngen eingelagert. Entwicklungsgeschichtlich ist bis jetzt sehr wenig bekannt.



(Fig. 28.) *Pyrocystis noctiluca*.  
Murray. Vergr.  $\frac{75}{1}$ .

Bis jetzt sind nur sehr wenig Formen bekannt, und diese lassen sich alle noch sehr gut in der einen Gattung *Pyrocystus* unterbringen.

*Pyrocystis* wurde in zwei Arten, *noctiluca* und *fusiformis*, auf der CHALLENGER-Expedition entdeckt und von dieser im tropischen und subtropischen, also nur im warmen Wasser verbreitet gefunden. Auch die Plankton-Expedition fand sie und mehrere neue Species<sup>1)</sup> überall im warmen Wasser zerstreut, nirgends jedoch in grossen Zahlen. Am stärksten war der Floridastrom mit 50 000 Exemplaren auf 1 □ Meile im Maximum davon bevölkert. In den von der Expedition durchschnittenen drei südlichen Strömen waren sie viel dünner gesäet, 430 bis 1400 Exemplare auf 1 □ Meile Meeresoberfläche.

<sup>1)</sup> Siehe den Specialbericht von K. Brandt.

## V. Schizophyten.

### A. Schizophyceen.

Sie spielen für das Hochseeplankton des Tropengebietes einerseits und für das Küstenplankton der Ostsee, namentlich in seinen Brackwasserhaffs andererseits, eine sehr grosse Rolle.

#### a. Stemoneen.

Für planktologische Besprechungen ist es wünschenswerth, die fadenbildenden Schizophyceen, die auch systematisch unter sich eine grössere Zusammengehörigkeit besitzen, mit einem Gesamtnamen zusammenfassen zu können, ich will sie darum als Stemoneen von den nicht fadenbildenden, die ich Cocceen nenne, trennen.

#### Oscillariaceen.

Die einfachen, scheibenförmigen Zellen bleiben in dem Zusammenhang, in dem sie entstanden sind, bestehen und bilden auf diese Weise einfache, unverzweigte Zellfäden, in denen alle Zellen gleichen morphologischen Werth haben. Sie erheben sich also auf der Stufenleiter der Organismen durchaus nicht höher als die Diatomeen, die in ihren Ketten ganz ähnliche Fäden bilden und in manchen Gliedern sogar höher differenzirt erscheinen, als manche dieser einfachen, glatten Fäden.

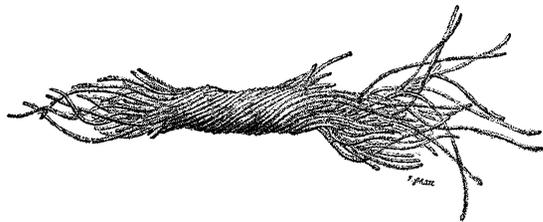
Die Familie der Oscillariaceen spielt für die warmen Gewässer die grösste Rolle unter den Schizophyten, während in den kalten Gewässern andere Familien mehr in den Vordergrund treten.

Von Oscillariaceen scheinen drei Gattungen die Hauptrolle in der Hochsee zu spielen;

wenigstens für den atlantischen Ocean lässt sich dies schon jetzt mit ziemlicher Sicherheit sagen. Die eine derselben, *Trichodesmium*, ist schon bekannt, die beiden anderen sind neu; sie haben von Dr. Wille, der die systematische Bearbeitung der Gruppe übernommen hat, die Namen *Xanthothrichum* und *Heliothrichum* erhalten. *Trichodesmium* bildet rothe Bündel kleiner, gerader, parallel aneinander gelagerter Stäbchen.



(Fig. 29.) *Trichodesmium erythraeum* Chrb. var. *Hindsii* (Mont.) Wille. Habitusbild eines Bündels von der Brasilianischen Küste. Vergr.  $\frac{50}{1}$ .



(Fig. 30.) *Xanthothrichum contortum* Wille. n. g.; n. sp. Habitusbild des Bündels. Vergr.  $\frac{25}{1}$ .

*Xanthothrichum* bildet ähnliche strohgelbe Bündel, in dem die Fäden ähnlich wie die Fasern eines Taues gedreht sind und an beiden Enden ausfasern (Fig. 30).

*Heliothrichum* bildet strohgelbe, kugelige Bündel mit radial-strahlig davon auslaufenden Fäden (Fig. 31).

Ausser diesen dreien wurde noch eine Anzahl anderer *Oscillariaceen* gefunden, bezüglich deren ich wegen ihrer geringeren biologischen Bedeutung auf die specielle Abhandlung über die Schizophyceen verweise.

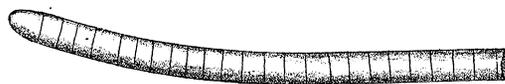
Biologisch zeigen die drei Gattungen ein etwas verschiedenes Verhalten. *Xanthothrichum* und *Heliothrichum* sind typische Planktonpflanzen, während *Trichodesmium* in der für Planktonpflanzen abweichenden Form der Wasserblüthe gefunden wird, sie bedeckt in diesem Zustande

mehr oder minder grosse Wasserflächen, »wie mit Sägespänen«, während die beiden anderen, die unter der Oberfläche leben, dem unbewaffneten Auge nicht bemerkbar sind und darum leicht übersehen werden. Diese Verschiedenheit des Vorkommens spielt eine Rolle in der Geschichte ihrer Entdeckung<sup>1)</sup> und ihrer Werthschätzung. *Trichodesmium* ist trotz weiter Verbreitung in seinem Massenaufreten lokal relativ beschränkt, wo es auftritt, ist es aber so auffällig, dass es früh entdeckt und in seinem allgemein biologischen Werth überschätzt wurde. Die beiden anderen, nicht auffälligen Gattungen blieben unbekannt, erst der Plankton-Expedition blieb es vorbehalten, sie ans Licht zu ziehen und zugleich, für den atlantischen Ocean wenigstens, den Nachweis zu liefern, dass sie wegen ihrer allgemeineren, gleichmässigeren Verbreitung für das Meeresleben eine viel grössere Rolle spielen, als das auffällige *Trichodesmium*.

Die in der Litteratur nicht gerade seltenen Stellen, die auffälliges Vorkommen von Fadenalgen angeben und in den meisten Fällen auf die sogenannte Wasserblüthe zurückzuführen sein dürften, scheinen mir trotz der häufig mangelhaften oder ganz fehlenden Bestimmung auf *Trichodesmium*wucherung zu deuten. Die Angaben werden fast immer in Beziehung zu irgend einer Küste gemacht. Die Plankton-Expedition fand unter der nie fehlenden relativ üppigen



(Fig. 31.)



(Fig. 32.)

*Heliothrichum radians* Wille. n. g., n. sp.

Fig. 31 Habitusbild des Büschels. Vergr.  $\frac{20}{1}$ .

Fig. 32 Ende eines einzelnen Fadens. Vergr.  $\frac{270}{1}$ .

Stemoneenvegetation der eigentlichen Hochsee (so weit die Fänge bis jetzt durchgearbeitet sind) kein *Trichodesmium*<sup>2)</sup>. Dieses Alles scheint mir darauf zu deuten, dass *Trichodesmium* zu der Küste in irgend einer biologischen Beziehung steht, und hier die Wasserblüthe bildet, die dann vom Winde mehr oder minder weit ins Meer hinausgetrieben werden kann, aber selbst wenn es in ziemlicher Entfernung von der Küste gefunden wird, doch nicht als eigentliche Hochseepflanze, sondern ähnlich wie Sargassum nur als verschleppte Küstenpflanze aufgefasst werden darf, und dass als eigentliche Hochseevertreter der Familie *Heliothrichum* und *Xanthothrichum* gelten müssen.

Bei dem Mangel an zuverlässigen Beobachtungen ist über die Bedeutung der Familie für die Biologie der Hochsee ausserhalb des von der Plankton-Expedition durchforschten Gebietes

<sup>1)</sup> Ehrenberg fand 1823 an der Küste des rothen Meeres das Wasser mit einer rothen Wasserblüthe bedeckt und erkannte als Ursache derselben *Trichodesmium erythraeum*. Ehrb. (Poggend. Ann. d. Phys. u. Chem. 1830 p. 504). Nach ihm wurde die Erscheinung im rothen Meer mehrfach wiedergesehen, z. B. von Dupon (Montagne. Ann. d. scienc. nat. Bot. 3 s. II 1844 p. 332), Möbius (Beiträge zur Meeresfauna der Insel Mauritius, Berlin 1880 p. 7) u. A. Auch in anderen Meeren wurden Fälle von Wasserblüthe konstatiert, (c. f. die Berichte der GAZELLE, NOVARA, CHALLENGER-Expedition).

<sup>2)</sup> Die oben gegebene Zeichnung von *Trichodesmium* bezieht sich nicht auf ein Hochsee-, sondern ein Küstenvorkommen, welches von Bord des Lloyd dampfers BERLIN an der Ost-Brasilianischen Küste als Wasserblüthe beobachtet und gesammelt wurde.

noch kein sicheres Bild zu gewinnen. Aus der bisher vorhandenen Litteratur kann ein kritisch-urtheilender Botaniker als sicher nur entnehmen, dass *Trichodesmium* oder ihm ähnliche Fadenalgen recht verbreitet sein müssen, da sie in verschiedenen Theilen verschiedener Oceane gefunden worden sind, und dass sie stellenweise zur Massenentwicklung kommen und dann die als Wasserblüthe bekannte Erscheinung erzeugen. Die wenigen Stellen, für welche von zuverlässlichen Reisenden Stemonenvorkommen erwähnt wird, sind jedoch so spärlich, dass sie im Verhältniss zu den ungeheuren Strecken, wo von denselben Reisenden resp. Expeditionen nichts gefunden wurde, ganz verschwinden. Auf Grund dieser Kenntnisse den Stemonen des warmen Wassers eine den arktischen Diatomeen entsprechende Massenentfaltung zuzuschreiben<sup>1)</sup>, ist nicht statthaft.

Die Fänge der Planktonexpedition enthüllen einen viel grösseren Reichthum an Stemonen, als bisher bekannt war. Wer das reiche Stemonenmaterial der Expedition kennt, muss sich fast wundern, dass sie so selten gefunden worden sind, die Erklärung liegt aber nahe auf der Hand; es gelangten fast nur die verhältnissmässig seltenen aber auffälligen Fälle, wo *Trichodesmium* Wasserblüthe bildet, zur Beobachtung, das regelmässige aber unauffällige Vorkommen von *Heliothrichum* und *Xanthothrichum* unter der Oberfläche blieb unerkant. Aber selbst wenn man das viel reichere Material der Planktonexpedition einer Vergleichung zu Grunde legen wollte, so bliebe es noch eine sehr starke Uebertreibung der Thatsachen, wenn man behauptete: »In ähnlichen ungeheuren Massen, wie die oceanischen Diatomeen in den kalten Regionen des Oceans, treten die Oscillatorien (*Trichodesmium* und Verwandte) in den warmen Regionen auf«<sup>2)</sup>. Wie falsch dies ist, lehrt ein Blick auf die im zweiten Theil der Arbeit gegebene graphische Darstellung der Vegetation. Man vergleiche darin die Masse der Schizophyceen der Sargassosee mit der Masse der Diatomeen der nordischen Gebiete. Die Uebertreibung des obigen Citats wird noch viel augenfälliger, wenn man nicht das reiche Material der Plankton-Expedition der Vergleichung zu Grunde legt, sondern die viel dürftigeren Quellen Haeckels, die im wesentlichen basiren auf den spärlichen *Trichodesmium*wucherungsnotizen der grossen Expeditionen und auf Vorkommen in kleineren Privatsammlungen, die über das Massenvorkommen gar keinen Aufschluss geben können, weil sie nicht nach quantitativer Methode gemacht sind, und über die Massenverbreitung erst recht nicht, weil sie von verschiedenen Sammlern, für die verschiedenen Orte in verschiedener Weise gewonnen wurden.

Die Plankton-Expedition fand Oscillariaceen im Floridastrom, in der Sargassosee, im Nordäquatorialstrom und im östlichen Golfstrom bis zum 43° N., also im ganzen Warmwassergebiet. Sie fehlten in keinem einzigen der aus diesem Gebiete bisher untersuchten Fänge (auf 42 Stationen sind sie schon gefunden und in weiteren 54 Stationen, deren Bearbeitung noch aussteht, sind sie nach den bisherigen Erfahrungen noch bestimmt zu erwarten), sie sind aber in diesem Gebiet keineswegs überall gleich stark vertreten. Den höchsten Werth erreicht ihre Menge im Guineastrom und in der Sargassosee. Im Mittel der bis jetzt untersuchten Fänge fanden sich in der Sargassosee unter 1 □-m Oberfläche 746 000 Zellfäden. Das ist eine Menge,

<sup>1)</sup> Haeckel, Planktonstudien p. 35.

<sup>2)</sup> Haeckel, l. c.

die vollkommen ausreichen würde, um das Bild der Wasserblüthe hervorzurufen, wenn die hier in Betracht kommenden Formen, vorwiegend *Xanthotrichum* und *Heliothrichum*, nicht unter der Oberfläche im Wasser schwebten, sondern wie *Trichodesmium* auf der Oberfläche schwämmen. Dass *Xanthotrichum* und *Heliothrichum* niemals an der Oberfläche vorkommen, lässt sich noch nicht behaupten, wohl aber, dass dies nicht die Regel sein kann, denn sonst würden sie ihrer Zahl gemäss in den Warmwassergebieten überall als Wasserblüthe bemerkbar werden. Es würde dann das, was bis jetzt von den grossen erdumsegelnden, wissenschaftlichen Expeditionen als seltene Ausnahme erwähnt wird, die Regel bilden: die Warmwassersee würde durchweg den Anblick gewähren »als sei sie mit Sägespänen bestreut«.

#### Nostocaceen.

Aehnlich wie *Trichodesmium* an den Meeresküsten, so bilden verschiedene Glieder dieser Familie zeitweise auf Süsswasserseen die als Wasserblüthe bekannten Ueberzüge. Die innere Schlei blüht nach Hensen<sup>1)</sup> alljährlich mit einer *Nostocart*. Auch in den Haffs der Ostsee kommt diese Wasserblüthe, z. Th. von *Limnoblade flos aquae* Ktz gebildet, vor. Hensen kam bei der zweiten HOLSATIA-Expedition 1887<sup>2)</sup> in eine solche *Limnoblade*-Periode hinein. Er fand das Wasser des Stettiner Haffs geradezu gefüllt mit dieser Alge. Ausser dem Stettiner Haff besitzt auch das Kurische Haff diese Vegetationsperiode von *Limnoblade*. Hensen bestimmte die Mengen dieser Alge in den verschiedenen Theilen der Ostsee und fand im Haff die ungeheure Menge von 3,5 Billionen Zellen auf 10 cbm Wasser oder auf 1 Liter Wasser 350 Millionen Zellen.

Aus dem Haff kommt die *Limnoblade* auch in die offene Ostsee. Hensen fand jedoch beim Fortschreiten nach Westen eine starke Abnahme der Menge. In der östlichen Ostsee bei Polangen fand er noch in 10 cbm Wasser 1171 Millionen, vor Fehmarn aber nur noch 3,5 Millionen, so dass 10 cc Haffwasser genügt haben würden, um 10 cbm Wasser der westlichen Ostsee in der gefundenen Weise zu füllen. Daraus geht hervor, dass die *Limnoblade* ihre Heimath im Haff hat und im salzigeren Wasser der eigentlichen Ostsee nicht mehr gedeiht, sondern höchstens noch eine Zeit lang fortvegetirt. Zur eigentlichen heimathsberechtigten Planktonflora, der autopelagischen möchte ich sagen im Gegensatz zu »autochthon«, ist sie also wohl nicht zu rechnen. Dagegen fand Hensen zur selben Zeit eine *Nodularia*, die in geringeren Mengen vorkam, aber zur eigentlichen autopelagischen Flora der Ostsee zu gehören scheint. 1884 fand Hensen<sup>3)</sup> 8 Monate hindurch *Nodularia litoralis* im Plankton der westlichen Ostsee; da sie jedoch jenseits des Skagerraks nicht mehr gefunden wurde, so hält er sie für eine Form des Küstenplanktons.

*Sphaerozyga Carmichaelii* Harv. kommt nach Hensen in der westlichen Ostsee zeitweise in nicht ganz unbedeutender Menge vor.

<sup>1)</sup> V. Hensen, Ueber die Bestimmung des Planktons. V. Ber. d. Comm. z. w. Unt. d. d. Meere in Kiel. 1887, p. 92.

<sup>2)</sup> V. Hensen, Die Expedition der Sektion für Küsten- und Hochseefischerei in der östlichen Ostsee. VI. Ber. d. Kommiss. 1890, pag. 119.

<sup>3)</sup> V. Ber. d. Comm. p. 92.

In der Nordsee ist *Nodularia* vereinzelt konstatiert worden. In der Planktonflora des atlantischen Oceans scheinen die Nostocaceen durch die Oscillariaceen vertreten zu werden, doch lässt sich diese Behauptung zur Zeit nur mit einer gewissen Reserve machen, volle Sicherheit darüber kann erst später gegeben werden.

#### Rivulariaceen.

Rivulariaceen scheinen bisher pelagisch im Ocean noch nicht gefunden worden zu sein. In den Fängen der Plankton-Expedition zeigten sich ein paar Kolonien von *Rivularia*, trotzdem muss man sagen, dass sie voraussichtlich biologisch für die Planktonflora des Oceans ebenso wenig Bedeutung haben, wie die noch übrigen Stemonaceenfamilien: die Scytonemaceen und die Sirosiphonaceen.

#### b. Cocceen.

Die nicht zu Fäden vereinigten, pelagisch lebenden Schizophyceen sind sowohl systematisch wie geographisch noch so wenig bekannt, dass sich ein zuverlässiges Bild für die Planktologie zur Zeit noch nicht geben lässt.

#### Chroococcaceen.

Auf der Plankton-Expedition wurden bisweilen Coccen gefangen, doch niemals in grossen Mengen. Von ihnen gilt dasselbe, was über das Vorkommen der »unbestimmten Flagellaten« (pag. 38) gesagt wurde. Es ist hiernach wohl anzunehmen, dass sie jedenfalls in den durchstreiften Gegenden nicht als Massenvegetation auftreten werden. Im Stettiner Haff konstatierte Hensen bei Gelegenheit der zweiten Holsatia-Expedition Coccen in grosser Zahl. Sie gehörten mehreren verschiedenen Arten an. Eine systematische Bestimmung liegt jedoch nicht vor. Ausser diesem Brackwasservorkommen wurden Coccen in der Ostsee zur selben Zeit nur in dem salzarmen Theil vor Brüsterort in zählbarer Menge gefunden. Im Plankton des Kieler Hafens werden bisweilen sehr kleine Coccen als sporadisch auftretende Beimengungen gefunden, die an Masse aber gegenüber den anderen Planktonkomponenten ganz verschwinden; wegen ihrer geringen planktologischen Bedeutung haben sie noch keine besondere Beachtung gefunden. Es bedarf noch eines eingehenden Studiums, um ihre systematischen Beziehungen festzustellen und namentlich, um sie von Sporenstadien anderer Küstenpflanzen in jedem Fall sicher zu trennen.

Als einigermaßen wahrscheinlich lässt sich über diese Familie zur Zeit nur sagen, dass die Chroococcaceen im Süss- und Brackwasserplankton wohl von Bedeutung sein können, dass sie ferner an den Küsten häufiger vorkommen, aber auf der Hochsee keine hervorragende Rolle zu spielen scheinen. Diese Angabe gilt jedoch nur für den atlantischen Ocean innerhalb der von der Plankton-Expedition durchforschten Grenzen. Ob für die ausserhalb dieses Gebietes liegenden hohen, nördlichen und südlichen Breiten dasselbe gilt oder nicht, das lässt sich zur Zeit noch nicht angeben.

In den arktischen Gewässern bei Spitzbergen sollen sehr kleine verschieden gefärbte Coccen in grösserer Menge vorkommen. Wann, wo, in welcher Ausdehnung, in welcher Menge und welcher Art ist jedoch noch fraglich, denn die vorliegenden

Angaben<sup>1)</sup> sind sowohl in systematischer, wie geographischer und biologischer Hinsicht noch so ungenau, dass sich etwas Befriedigendes daraus nicht erkennen lässt. Auf Grund dieser vollkommen ungenügenden Erkenntniss der fraglichen Formen eine neue Familie zu gründen (Chromaceen Haeckel) erscheint durchaus ungerechtfertigt, ein vorsichtiger Botaniker vermag sie danach höchstens unter die ungenügend bekannten Chroococcaceen zu stellen. Erst eine gründliche planktologisch-botanische Untersuchung, welche die Morphologie, Entwicklungsgeschichte, Ort und Ausdehnung des Vorkommens und namentlich auch die Menge des Auftretens exakt erforscht, vermag den nöthigen Aufschluss über ihre Bedeutung für die Planktologie geben.

Anhangsweise möchte ich hier noch einige Kalkgebilde erwähnen, die von der CHALLENGER-Expedition nicht nur unter dem Globigerinenschlamm des Meeresbodens, sondern auch an der Oberfläche gesehen und die als *Coccolithen* und *Rhabdolithen* beschrieben worden sind. Die Coccolithen sind flache Scheiben, die Rhabdolithen rundliche bis polyedrische mit allseitig nach aussen hinausstrahlenden Stäbchen besetzte Körper, die fast oder doch vorwiegend aus Kalk bestehen. Die Zoologen haben diese zweifelhaften Körper unter die Algen verwiesen, wohl nur weil sie in der Zoologie nicht unterzubringen waren. Mir sind sie nicht zu Gesicht gekommen, und in den Beschreibungen finde ich durchaus keine objektiv brauchbaren Angaben, welche es auch nur wahrscheinlich machen, dass wir es hier überhaupt mit pflanzlichen Gebilden zu thun haben. Die vorhandenen Abbildungen lassen dies sogar für die Coccolithen wenig wahrscheinlich und für die Rhabdolithen ganz unwahrscheinlich erscheinen. Eine Notiz von Murray<sup>2)</sup>, dass diese Kalkgebilde immer mit pelagischen Foraminiferen zusammengefunden werden und dass, wo diese fehlen, auch keine *Coccolithen* und *Rhabdolithen* gefunden werden, führt den Botaniker auf die Vermuthung, dass sie eher zu den Foraminiferen als zu den Algen in irgend einer näheren Beziehung stehen werden; wenn nicht gar die schon früher aufgetauchte Annahme richtig ist, dass sie gar keine Organismen, sondern ähnlich wie der berühmte *Bathybius Haeckelii* anorganische Bildungen sind. Für die Botanik liegt bis jetzt noch kein Grund vor, diese zweifelhaften Gebilde in ihr System einzureihen, ich fühlte mich deshalb auch nicht berechtigt, sie in gleicher Reihe mit den Algen in die Besprechung der Hochseepflanzen aufzunehmen.

### B. Schizomyeten.

Die Bakterien spielen im Küstenplankton eine nicht unbedeutende Rolle. Sie sind hier zahlreich und gewinnen durch ihre Thätigkeit als Fäulnissüberträger eine Bedeutung, die weit über ihre Massenwirkung hinausgeht. Naturgemäss werden sie auch mehr oder minder weit in die Hochsee hinausgespült, nach einer persönlichen Mittheilung von Herrn Prof. Fischer, der auf der Plankton-Expedition das Meerwasser der durchstreiften Gebiete auf seinen Gehalt an Bakterien quantitativ untersuchte, sind sie fern von den Küsten, in der eigentlichen Hochsee jedoch nur in verschwindend geringer Menge zu finden.

### VI. Haplochlorophyten.

Die untersten Stufen der chlorophyllgrünen Algen, die noch keine eigentlichen Gewebe mit weiter gehender Differenzirung bilden, sondern nur zu Kolonien vereinigt vorkommen, resp. nur die untersten einfachsten Stufen der Gewebebildung, Zellfäden, erreichen, spielen noch einige Rolle im Leben der Hochsee, jedoch nur in wenigen Vertretern.

<sup>1)</sup> Haeckel, Plankton-Studien p. 27.

<sup>2)</sup> Proceed. of the Roy. soc. of London 1876 p. 534.

### A. Conjugaten.

Das Vorkommen dieser chlorophyllgrünen Algen im Plankton ist, so weit sich bis jetzt übersehen lässt, auf einige Lokalfloren mit geringem Salzgehalt beschränkt.

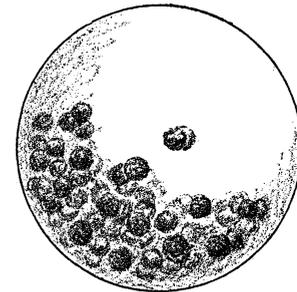
#### Zygnemaceen.

Im Plankton des Kieler Hafens habe ich bisweilen Fäden von *Spirogyra* gefunden, jedoch so vereinzelt und selten, dass es ohne weiteres klar wurde, dass es sich dabei um eingeschleppte Exemplare handle. Im Plankton des Stettiner Haffs fand Hensen im September 1887 etwa 100 000 Spirogyrafäden auf den Quadratmeter Oberfläche. Wegen des geringen Salzgehalts des Haffs hat dieser Befund aber mehr für das Süßwasser- als für das Meeresplankton Bedeutung. Selbst für das Brackwasservorkommen ist es zweifelhaft, ob wir die *Spirogyra* als autopelagische Form auffassen dürfen, wahrscheinlicher ist auch hier die Vermuthung, dass es sich nur um massenhaft eingeschleppte Süßwasserformen handelt. Für die Hochsee scheinen die Conjugaten keine Bedeutung zu haben.

### B. Haplochlorophyceen.

#### Protococcaceen.

*Halosphaera viridis* Schmitz ist eine einzellige grüne Alge von kugeliger oder ellipsoidischer Form, mit spröder, aus einem zusammenhängenden Stück gebildeter, dünner Membran, die von einem dünnen plasmatischen Wandbeleg ausgekleidet ist, und eine grosse centrale Vakuole umschliesst. Dem wandständigen Plasma sind eingebettet zahlreiche grüne, plattenförmige Chromatophoren und ein grosser Zellkern. Zum Zwecke der Fortpflanzung löst sich der Wandbeleg sammt Chromatophoren und Kern in eine grosse Zahl von Schwärmsporen auf (s. Fig. 33), die nach Sprengung der Membran austreten. Vorbereitungsstadien zur Sporenbildung werden wohl Häckels Irrthum, dass *Halosphaera* vielzellig sei, veranlasst haben, obwohl schon die sorgfältige und zuverlässige Bearbeitung durch Schmitz, den Entdecker der Gattung, keinen Zweifel darüber lässt, dass *Halosphaera* einzellig ist.



Bisher ist nur eine einzige zuverlässige Art, die von Schmitz entdeckte *Halosphaera viridis* Schmitz bekannt, in den Fängen der Plankton-Expedition fand sich dann noch eine zweite Art von ellipsoidischer Form, die ich *Halosphaera ovata* nenne. Die Gattung wurde zuerst von Schmitz für das Mittelmeer konstatirt, hier wurde sie auch von anderen mehrfach wiedergefunden, auch ich kann ihr Vorkommen im Golf von Neapel bestätigen. Die Plankton-Expedition fand sie in den Warmwassergebieten des atlantischen Oceans recht verbreitet, in absolut zwar geringen Mengen im Verhältniss zur Gesamtflora dieser warmen Gebiete in nicht ganz unbedeutlichen Zahlen. Sie tauchte auf sofort beim Betreten des Grenzgebietes zwischen dem kalten Labradorstrom und dem warmen Floridaström, und wurde dann im ganzen Warmwassergebiet bis zu dem nordöstlichen Ausläufer im Kanal wiedergefunden mit solcher Regelmässigkeit, dass sie in keinem der vielen untersuchten Fänge

(Fig. 33.) *Halosphaera viridis* Schmitz. Zelle während der Sporenbildung. Vergr.  $\frac{200}{1}$ .

aus Floridastrom, Sargassosee, Nord-Aequatorialstrom, Guineastrom, Süd-Aequatorialstrom, östl. Golfstrom und Kanal fehlte. In der Nordsee verschwand sie wieder.

Die grösste bisher konstatirte Zahl beträgt 6417 Individuen auf 0,1 □-M. Meeresoberfläche in der Sargassosee.

Schmitz fand die *Halosphaera* im Golf stets in den oberflächlichsten Wasserschichten. Die Planktonexpedition konstatirte sie in den oberen 200 m. Eine planktologisch ausserordentlich interessante Thatsache förderten die Züge mit dem Hensen'schen Schliessnetz zu Tage: dieselben konstatirten nämlich das Vorkommen von vollkommen lebenskräftigen *Halosphaera viridis* in den grossen Tiefen zwischen 1000 und 2200 m. Die Zellen wurden in einem Tiefenschliessnetz zug zuerst von Brandt gesehen, und 4 andere Tiefenzüge brachten ebenfalls wieder Exemplare derselben Art zu Tage, auch die auf der ersten POLA-Expedition (1890) mit dem Tiefenschliessnetz gemachten Versuche gaben ähnliche Resultate. Da in diese Tiefen das Sonnenlicht nicht dringt, so ist schwer zu verstehen, was grüne Pflanzen dort machen sollen. Die Annahme Haeckels, dass ihnen dort das phosphorescirende Licht in diesen Tiefen herumvagabundirender Thiere zum Assimilationswerk genüge, dürfte von Botanikern, denen die Vorbedingungen für die Assimilationsthätigkeit der Pflanzen bekannt sind, wohl nicht ernst genommen werden. Der Schlüssel für dieses Räthsel liegt vielmehr in oceanographischen Verhältnissen, die von anderer Seite erläutert werden.

#### Hydrodictyceen.

Vertreter dieser Familie, bei der die einzelnen Zellindividuen zu mehrzelligen Kolonien vereinigt auftreten, sind im Küstenplankton öfter gefunden, Hensen fand auf der zweiten HOLSATIA-Expedition im Stettiner Haff in 10 cbm Wasser 10,5 Millionen *Pediastrum*. In der sehr salzarmen östlichen Ostsee war es überall vorhanden, aber etwa 660 mal weniger als im Haff. In der salzreicheren westlichen Ostsee fehlte es, doch wurde es zu anderen Zeiten noch in der Kieler Bucht von Dr. Apstein und von mir gelegentlich gefunden, aber immer nur in geringer Menge. Die Plankton-Expedition fand *Pediastrum* auch in der Nordsee, doch tragen diese Exemplare augenscheinlich nur den Charakter versprengter Findlinge ohne Heimathsberechtigung in der Hochsee.

Die Familie gehört also wohl zur sporadischen Küstenplanktonflora, namentlich des schwach-salzigen Wassers; an der Bildung der autopelagischen Planktonflora der Hochsee betheiligt sie sich nicht oder ist für sie wenigstens ohne Bedeutung.

#### Pleurococcaceen.

*Scenedesmus quadricauda* (Turp) Bréb fand Hensen<sup>1)</sup> 1887 im Stettiner Haff in der beträchtlichen Menge von 1,7 Millionen Individuen auf 10 cbm Wasser. In der freien Ostsee fand er ihn nicht.

*Zoochlorella* gen. Brandt<sup>2)</sup> lebt mit niederen Thieren (Spongilla, Hydra etc.) in einem ähnlichen symbiotischen Verhältniss wie *Zoochlorella* mit Radiolarien. Ihr Vorkommen scheint

<sup>1)</sup> VI. Ber. d. Kommiss.

<sup>2)</sup> Bayerinck, Bot. Zeit. 1890 p. 738. Brandt. Gesellschaft naturforsch. Freunde. Berlin 1881 p. 143.

jedoch auf Süßwasser und Meeresküsten beschränkt zu sein, für die Hochseeflora scheint sie keine Bedeutung zu haben. Die Stellung von *Pleurococcus* zum Plankton ist noch unsicher. Hensen fand 1887 im Stettiner Haff viel, in der östlichen Ostsee wenig, in der westlichen Ostsee keine Coccen. Es können darunter viele *Pleurococcus* gewesen sein, bestimmt ist dies nicht,<sup>1)</sup> aber selbst wenn dies der Fall wäre, so müsste man über die Familie doch das Urtheil fällen, dass sie im Brackwasser-Küstenplankton wohl eine Rolle spielen kann, im Hochseep plankton aber, so weit unsere Kenntnisse bis jetzt ein Urtheil darüber gestatten, wenn nicht ganz fehlen, so doch an biologischer Bedeutung sich nicht hervorthun.

### Volvocaceen

scheinen im Hochseep plankton nicht vorzukommen.

Fassen wir die planktologische Stellung der letzten Familien zusammen, so kommen wir zu dem Resultat, dass die ganze chlorophyllgrüne Abtheilung der Haplophyten nur eine untergeordnete Rolle in der Biologie der Hochsee spielt. Nur eine einzige Art, *Halosphaera viridis* Schmitz schwingt sich in gewissen Theilen der Hochsee zu relativ beachtenswerther Bedeutung auf, alle anderen Formen gelangen höchstens an den Küsten, namentlich im Brackwasser zu einigem Einfluss auf die Planktonmischung, in der Hochsee gehören sie jedoch nur zu den hospitirenden Fremdlingen des Planktons.

### B. Symphyten.

Unter diesem Namen fasse ich alle höheren, weiter differenzirten Pflanzen (von den *Confervales* an aufwärts) zusammen, im Gegensatz zu den bisher besprochenen niederen, einfacher organisirten Haplophyten, die es nicht bis zur eigentlichen Gewebebildung, sondern im günstigsten Fall bis zu Zellfäden oder mehrzelligen Kolonien bringen.

Die hier angewandte Eintheilung deckt sich nicht mit der Eintheilung in Protophyten und Metaphyten, die von zoologischer Seite vorgeschlagen wurde, aber in die Botanik keine Aufnahme gefunden hat. Für das Thierreich mag die Eintheilung in einzellige und vielzellige Wesen praktisch sein, für das Pflanzenreich mangelt ihr jede innere Berechtigung, weil dadurch ein schroffer, künstlicher Gegensatz geschaffen wird zwischen einzelligen und mehrzelligen Pflanzen, der in der Natur der Pflanzen gar nicht begründet ist, und um so weniger brauchbar ist, weil er nicht durchgeführt werden kann, ohne wichtige, durchaus zusammengehörige Gruppen auseinander zu reissen. Wenn es sich um die Gegenüberstellung von niederen und höheren Algen handelt, die nur für biologische Betrachtungen, wie die vorliegende, wichtig ist, während die Systematik sehr gut ohne sie auskommt, so kann man die Scheidegrenze unmöglich zwischen die einzelligen und vielzelligen legen, sondern man muss sich eng an das wohldurchdachte natürliche System der Pflanzen anschliessen. Auch dann ist die Legung des Grenzstriches zwischen den Gebieten noch nicht ohne Härte durchzuführen, aber es kann doch keine systematisch so ungenügende Eintheilung zu stande kommen, wie wenn man nach dem zwar consequent scheinenden, aber rein willkürlichen, künstlichen Prinzip der Zellenzahl theilt. Für planktologische Betrachtungen ist es werthvoll, eine bestimmt definirte Abgrenzung zwischen niederen und höheren Algen zu haben, ich lege diese Grenze, indem ich mich genau dem natürlichen System anschliesse, zwischen die *Protococcales* und *Confervales* (c. f. Engler, Syllabus Berlin 1892, pag. 10) und nenne alle Stufen abwärts, die bisher aufgezählt wurden, als einfacher gebaute Pflanzen *Haplophyten*, alle Stufen aufwärts, complicirter zusammengesetzte Pflanzen *Symphyten*.

<sup>1)</sup> Wegen der ungenügenden Bestimmbarkeit in konservirtem Zustand wurden sie mit den übrigen Coccen vereinigt als *Chroococcaceen* in dem später folgenden Vegetationsbild unter die *Schizophyceen* gestellt.

### Chlorophyceen.

Die Chlorophyceen haben keine Bedeutung für die Hochsee; sie gehören dem Grundleben an. Abgerissene Exemplare dürften vielleicht hier und dort schwimmend angetroffen werden, namentlich in der Nähe der Küsten, zu der autopelagischen Planktonflora zählen sie damit noch nicht.

### Charales.

Sie sind Süß- und Brackwasser-Grundpflanzen, die noch weniger zur Hochseeflora gehören als die Chlorophyceen.

### Phaeophyceen.

Einige Vertreter dieser Klasse werden in der Hochsee in grossen Mengen angetroffen.

### Fucaceen.

Treibende Fucaceen sind in der Hochsee seit langer Zeit bekannt und auch schon oft Gegenstand der Besprechung gewesen. Obwohl sie durchweg echte Grundpflanzen sind, können sie sich doch vermöge ihres verhältnissmässig festen und durch Lufträume doch specifisch leicht gemachten Gewebes noch recht lange schwimmend erhalten, nachdem sie vom Grunde losgerissen sind. Die Plankton-Expedition stiess im Norden, namentlich bei der Annäherung an Grönland, auf Bruchstücke von *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis. Als losgelöste Theile von Küstenpflanzen haben sie für die Planktonflora der Hochsee keine andere Bedeutung, als sie die in Ostgrönland antreibenden sibirischen Baumstämme für die grönländische Küstenflora haben.

### *Sargassum.*

Eine besondere Beachtung beanspruchen jedoch die in der Sargassosee treibenden Büschel von *Sargassum*, weil sie durch ihr massenhaftes Auftreten so auffallen, dass sie dem seefahrenden Laien gewissermaßen als wichtigste Vertreter der Hochseeflora erscheinen müssen. Bei ihrer Betrachtung brauchen wir jedoch um so weniger zu verweilen, als schon eine beträchtliche Litteratur über *Sargassum* und sein Vorkommen existirt, auf die ich hier verweisen kann; da ausserdem O. Krümmel im Reisebericht schon eine ausführliche Schilderung der Verhältnisse der Sargassosee giebt, so kann ich mich hier auf einige planktologische Notizen beschränken.

Obwohl das *Sargassum* in den Rossbreiten des Atlantischen Oceans eine so auffällige und charakteristische Flora bildet, dass es dem sehr weit ausgedehnten Gebiete äusserlich vollkommen seinen Stempel aufdrückt, so kann doch als sicher angenommen werden, dass die *Sargassumpflanzen* trotzdem in der Sargassosee gar nicht einmal heimathsberechtigte Einwohner sind, sondern von den westindischen Inseln losgerissene Fremdlinge sind, die durch die Meeresströmungen in dem stillen Gebiet der Sargassosee zusammengetrieben werden und hier, nachdem sie sich noch eine mehr oder minder lange Zeit am Leben erhalten haben, unter Abbrechen der Schwimmblasen untergehen und durch neue Zufuhr von den Antillen ergänzt werden. Zu der eigentlichen, in der Sargassosee endogen erzeugten Planktonflora gehören die *Sargassumpflanzen* also nicht, sie bilden eine Pseudoplanktonflora, die bei der Besprechung

der echten, der Orthoplanktonflora, keinen Platz findet. Diese wird gebildet von den in den Wassermassen vertheilten mikroskopischen Haplophyten, die dem seefahrenden Beschauer meist ganz unbeachtet bleiben und selbst von den wissenschaftlichen Expeditionen in ihrem wahren Werthe nicht gewürdigt wurden und nicht gewürdigt werden konnten, weil sie von dem Massenverhältniss dieser unscheinbaren mikroskopischen Flora zu der auffälligen, das ganze Gebiet scheinbar vollkommen beherrschenden Sargassum-Pseudoplankton-Flora nicht unterrichtet sein konnten. Durch die quantitativen Untersuchungen der Plankton-Expedition ist jedoch hierfür ein objektives Maß geschaffen. Man kennt jetzt die Menge des mikroskopischen Materials genauer als die des auffällig grossen Sargassummaterials. Letzteres wurde von Hensen annäherungsweise bestimmt, die Vergleichung führt zu dem ganz überraschenden Resultat, dass die Menge des mikroskopischen Planktons viel grösser ist, als die des grossen auffälligen Sargassummaterials, das dem bloss nach dem subjektiven Schein urtheilenden und abschätzenden Beobachter weit zu überwiegen scheint. Dieses Resultat ist um so beachtenswerther, wenn man bedenkt, dass die mikroskopische Vegetation der Sargassosee im Vergleich mit der nordischen noch sehr arm genannt werden muss. Die Vergleichung der Masse der mikroskopischen Flora der Sargassosee mit den grossen Massen des Nordens und Nordostens lehrt erst recht, wie verhältnissmässig gering die Bedeutung der grösseren Pflanzen der Pseudoplanktonflora, der Symphyten, trotz ihrer auffälligen Erscheinung für das Gesamtleben der Hochsee ist.

#### Laminariaceen.

Der auffällige, riesenhafte Birnentang, *Macrocystis pyrifera* Ag., findet sich im südatlantischen Ocean ähnlich so wie *Fucus vesiculosus* L. und *Ascophyllum nodosum* (L) Le Jolis im Norden, und spielt, da er keine solchen Ansammlungen bildet wie *Sargassum*, auch für das Plankton der Hochsee keine grössere Rolle als jene.

#### Rhodophyceen.

Für das Gesamtgebiet der Rothalgen gilt dasselbe, was vom *Fucus* und *Macrocystis* gesagt wurde: Es werden wohl vereinzelt Florideen treibend gefunden, namentlich im Küstengebiet; zu der eigentlichen Hochseeflora gehören sie nicht.

Die gesammte Algenabtheilung der Symphyten spielt also für das Leben der Hochsee eine ganz untergeordnete Rolle, die noch höher organisirten Pflanzen kommen noch weniger in Betracht.

## II. Theil.

### Verbreitung der Pflanzen.

#### Pflanzenoceanographie.

Wir haben in den bisherigen Auseinandersetzungen eine Charakteristik derjenigen pflanzlichen Formenkreise gegeben, welche eine Rolle im Leben der Hochsee spielen, oder doch in der Hochsee angetroffen werden. Wir mussten uns dabei auf die grösseren Gruppen beschränken, für welche einzelne Pflanzen nur als gelegentliche Beispiele herangezogen werden konnten, eine ins Detail

gehende Aufzählung aller gefundenen Pflanzenarten und eine Beschreibung der neu entdeckten Formen kann zur Zeit noch nicht gegeben werden; dies ist eine Aufgabe der später folgenden speciellen Berichte.

Mit dieser Aufzählung und Beschreibung ist die Aufgabe des Hochseebotanikers jedoch noch keineswegs gelöst, diese Arbeiten gehören nur dem speciell beschreibenden Theile der Wissenschaft an, welche die Bausteine zu liefern hat für den theoretischen Aufbau des Wissensgebäudes; zu einer allgemeineren Wissenschaft wird aber die Hochseebotanik erst, wenn sie allgemeinere Fragen mit in ihr Gebiet zieht. Dazu gehören in erster Linie die geographischen oder genauer gesagt, die oceanographischen. Die Aufgabe der Hochseebotanik wird nun sein, auf Grund der aufzählenden Einzelbeobachtungen eine zusammenfassende, beschreibende und womöglich erklärende Floristik des Oceans zu liefern.

## I. Flora der Hochsee.

### A. Grundlagen der Floristik.

Dem Botaniker, der eine Flora des Oceans schreiben will, stellen sich zur Zeit noch unüberwindliche Hindernisse entgegen, weil die Grundbedingungen für das Gelingen eines solchen Unternehmens noch fehlen.

#### Vorarbeiten zur Floristik.

Die erste Grundlage zu dieser Arbeit ist die gründliche systematische Bearbeitung der im Ocean überhaupt vorkommenden Pflanzen. Dieser Theil der Vorarbeiten ist verhältnissmäßig noch am vollkommensten ausgeführt, doch wurde schon in den früheren Abschnitten darauf hingewiesen, dass selbst in dieser Beziehung noch recht beträchtliche Lücken bestehen. Besonders nöthig ist diese Vorarbeit für die beiden wichtigsten und formenreichsten Pflanzengruppen der Hochsee: die Diatomeen und die Peridineen. Für die Peridineen besteht in der Bearbeitung Steins<sup>1)</sup> schon eine geradezu klassische Vorarbeit, die in systematischer Beziehung nur noch der Ergänzung bedarf. Für die Diatomeen liegt die Sache weniger günstig, obwohl eine viel grössere Anzahl von Species bekannt ist. Es existirt zwar eine sehr ausgedehnte Diatomeenlitteratur, dieselbe ist aber in einer Unzahl verschiedener Schriften, zum Theil in obskuren, schwer erhältlichen Zeitschriften, so sehr verzettelt, dass Castracane, der Bearbeiter der Diatomeen der CHALLENGER-Expedition<sup>2)</sup>, vollkommen Recht hat, wenn er sich beklagt über die dadurch verursachte, weitgehende, sehr bedauernswerthe Synonymie, die das Bestimmen der Diatomeen trotz der reichen und schönen Abbildungswerke von Smith<sup>3)</sup>, van Heurck<sup>4)</sup> und Ad. Schmidt<sup>5)</sup> zu einer recht unerquicklichen Arbeit macht.

<sup>1)</sup> Stein, Der Organismus der Infusionsthier. Th. III. 2 Hälfte.

<sup>2)</sup> Report. Botany, vol II. p. 1.

<sup>3)</sup> Smith, A Synopsis of British Diatomaceae.

<sup>4)</sup> Van Heurck, Synopsis des Diatomees de Belgique.

<sup>5)</sup> Adolf Schmidt, Atlas der Diatomaceenkunde.

Eine, innerhalb der Grenzen, die sie sich selbst steckt, vorzügliche Vorarbeit für die Hochseeflora liefert die Bearbeitung der CHALLENGER-Diatomeen durch Castracane, die eine grosse Anzahl neuer Formen, die zuverlässig der Hochsee angehören, bringt. Zu bedauern ist nur, dass sie sich im Wesentlichen auf die neu entdeckten Formen beschränkt; als Vorarbeit für eine Flora der Hochsee würde ihr Werth sehr viel grösser sein, wenn sie auch die schon bekannten pelagischen Species mit in ihre systematische Zusammenstellung aufgenommen hätte. Sie begnügt sich aber damit, eine Fundgrube neuer Species zu sein, ohne die Ansprüche einer geographischen Bearbeitung der Hochseediatomeen zu machen.

Dass auch für die übrigen Pflanzengruppen die systematische Durcharbeitung der Hochseepflanzen noch sehr lückenhaft ist, wurde schon in früheren Abschnitten mehrfach erwähnt.

Noch viel ungünstiger als nach der systematischen Seite ist der Hochseeflorist daran bezüglich der zweiten Grundbedingung seiner Thätigkeit: der Kenntniss der geographischen Verhältnisse. Die Kenntniss des geographischen Vorkommens ist für alle Gruppen der Hochseepflanzen eine ganz minimale, auch die besten Arbeiten liefern hierfür ausserordentlich wenig Material. Allen Bearbeitern von Planktonpflanzen kam es bisher wesentlich darauf an, neue Species zu entdecken; dass es aber für die allgemeine Wissenschaft unendlich viel wichtiger ist, diejenigen Pflanzen, welche im Meeresleben eine grosse Rolle spielen, möglichst vollständig (nicht nur nach ihrer Körperform, sondern auch nach Verbreitung und Lebensweise) zu kennen, als eine Anzahl neuer Species von untergeordneter Bedeutung für den Haushalt der Natur zu schaffen, und dass erst durch die Verallgemeinerung des Zieles die Botanik aus einer sammelnden und registrirenden Wissensdisciplin zum Range einer allgemeinen Wissenschaft erhoben wird, das scheint den Specialisten, die sich mit Schaffung möglichst zahlreicher neuer Species unendliche Mühe gegeben haben, und oft bewundernswürdigen Scharfsinn aufgewandt haben, um ihr Ziel zu erreichen, selten in den Sinn gekommen zu sein, und doch sollte ihnen der Gedanke einer zusammenfassenden Flora, für welche die Specialarbeiten die Bausteine liefern sollen, nicht so fern liegen, da doch für die systematische Botanik des Festlandes die geographische Seite längst in den Vordergrund des Interesses getreten ist. Als Folge dieses allzu speciellen Interesses sehen wir, dass eine Unmasse von Species in die Welt gesetzt sind, von denen wir so gut wie gar nichts wissen, und von denen in geographischer Beziehung im günstigsten Fall weiter nichts bekannt ist, als der Fundort des zuerst entdeckten Exemplars. Damit ist pflanzengeographisch aber wenig zu machen, selbst wenn der Fundort genau gegeben ist, und nicht auf allgemeine, für pflanzengeographische Fragen zu weit ausgedehnte Gebiete, wie Nordatlantik, Südatlantik u. s. w. verwiesen wird.

Die Pflanzengeographie der Hochsee befindet sich hiernach in einem sehr viel ungünstigeren Zustande als die zoologische Schwesterwissenschaft, die nicht nur durch Reisen einzelner Gelehrter, sondern namentlich durch die zahlreichen grossen Expeditionen der letzten Jahrzehnte reiches Material erntete, während die Botanik leer dabei ausging. Dieses Ueberwiegen des Interesses der zoologischen Fragen über die botanischen hat sich in Folge dessen so fest eingebürgert, dass es wohl manchen Zoologen geben wird, dem der Gedanke noch nie gekommen ist, dass die Zoologie und die Botanik auch auf der Hochsee vollständig gleichberechtigte Schwestern

sind. Einen geradezu frappanten Ausdruck hat dieses Verhältniss gefunden in der Ausrüstung der Hochsee-Expeditionen. Auf der CHALLENGER-Expedition waren nicht nur drei Zoologen, sondern auch Physik und Geologie war vertreten, aber (sehr bezeichnend) an Hinzuziehung von Botanikern dachte man gar nicht. Auf den folgenden Expeditionen, bis auf die Plankton-expedition, war es ähnlich so. Warum? Die Botanik war eben das Aschenputtel, das nicht mitgenommen wurde, wenn die stolze Schwester zu Ball ging. Dass die Fragen, welche die Botanik für die Biologie der Hochsee zu lösen hat, ebenso wichtig sind wie die Fragen der Zoologie, ja, dass sie sogar die Grundlagen sind, auf die sich das die Zoologie beschäftigende Thierreich überhaupt erst aufbaut, das sind Gedanken, die man bislang noch nicht gefasst zu haben schien, und erst mit der Plankton-Expedition tritt die Botanik als gleichberechtigtes Mitglied der Forschung mit in die Schranken.

#### Forderung.

Die Vorarbeiten, die wir für die Floristik des Oceans zu fordern haben, sind: 1) Aufsuchung und Bestimmung aller in der Hochsee lebenden Pflanzen (systematische Grundlage). 2) Ermittlung von möglichst vielen Orten des Vorkommens jeder Pflanzenspecies (geographische Grundlage). Hierauf erst kann sich eine Floristik des Oceans aufbauen.

Eine Zusatzforderung zu No. 2 ist die, dass die Erforschung des Vorkommens sich auf den Fund der lebenden Pflanzen beziehe. Dies ist namentlich wichtig für die Diatomeen, deren Ortsbestimmung sich häufig nur auf Grundproben (Proben vom Bodenschlamm) des Meeres) beziehen. Es muss aber bestimmt unterschieden werden zwischen Grundproben-funden und Funden lebender Pflanzen.

Erstere mögen für die Geologie von grosser Wichtigkeit sein, für die pflanzengeographische Forschung genügen sie nicht. Grundproben, so werthvoll sie als Fundorte neuer Arten sind, so wenig sicheren Aufschluss können sie dennoch geben über das Leben im Wasser. Die Grundproben enthalten nur die abgestorbenen Ueberreste, die Kieselpanzer, der Diatomeen, die nach dem Absterben der Individuen zu Boden sinken. Wegen des grossen Widerstandes, den sie der Bewegung bieten, sinken sie aber nur sehr langsam, sie können also durch die stetig fortschreitende Meeresströmung sehr weit fortgeführt werden, bis sie den Boden erreichen, die Stätte ihres Fundes wird in der Regel nicht mit der Stätte ihres Lebens übereinstimmen. Noch unsicherer wird die Ortsbestimmung dadurch, dass unter den grossen Oberflächenströmen in der Tiefe ebenso mächtige Unterströme in anderer Richtung verlaufen. Wenn nun eine Diatomeenschale sinkt, so muss sie langsam den Oberstrom durchdringen, und dabei wird sie sehr weit in einer bestimmten Richtung fortgeführt werden; dann trifft sie auf den Unterstrom und macht mit diesem in einer ganz anderen Richtung einen langen Weg\* von unbekannter Dauer. Es ist darum bei unseren jetzigen Kenntnissen gar nicht zu sagen, wo die Zelle einst lebte und starb, deren Kieselpanzer wir an einer bestimmten Stelle des Grundes auffinden. Aber selbst wenn wir aus der Sinkgeschwindigkeit der Diatomee und aus der Geschwindigkeit der durchdrungenen Meeresströme den Ort bestimmen könnten, wo die Zelle abstarb und zu sinken begann, so würde das doch noch nicht für die Biologie genügen, denn wenn wir auch an einer bestimmten

Grundstelle sehr viele Schalen einer bestimmten Species finden, so können wir daraus noch nicht schliessen, dass an der korrespondirenden Oberflächenstelle, woher sie gekommen, die eigentliche Heimath dieser Art sei.

Die grossen Meeresströme ändern ihre physikalischen Verhältnisse (Temperatur, Salzgehalt, Beleuchtung etc.) in ihrem Fortschreiten durch verschiedene Breiten. Da wir nun finden, dass die verschiedenen Stromgebiete verschiedene Floren haben, so müssen wir auch annehmen, dass diese an bestimmte Lebensbedingungen angepasst sind und unter anderen zu Grunde gehen. Wenn also die Veränderung der Lebensbedingungen mit dem Fortschreiten des Stromes eine bestimmte Grenze erreicht hat, so werden die daran nicht mehr angepassten Formen absterben. Von diesem Punkte mit möglichst ungünstigen Lebensbedingungen werden also besonders viel Zellen zu Boden sinken und dadurch bei der Grundprobenentnahme an der korrespondirenden Bodenstelle den Schein erwecken, als sei hier die Vegetation der Art entsprechend dem Reichthum an Ueberresten besonders reich gewesen. Es folgt daraus, dass derjenige, welcher eine die allgemeine Meeresbiologie berücksichtigende Pflanzengeographie der Hochsee schreiben will, sich nicht auf Grundproben stützen darf, sondern direkt auf das lebend gefangene Plankton zurückgehen muss.

Aus diesen Forderungen ergibt sich, dass von den nöthigen Vorarbeiten für eine Flora der Hochsee erst sehr wenige erfüllt sind. Der Florist der Hochsee muss also mit seinem Bau *ex fundamento* anfangen. Nur wenige Bausteine sind bis jetzt geliefert, die meisten muss er sich selbst noch herbeischaffen und behauen, bevor er mit dem eigentlichen Bau beginnen kann.

Durch die Plankton-Expedition ist nun eine beträchtliche Menge Baumaterial herbeigeschafft worden. Von einer grossen Anzahl nahe beieinander liegender, in regelmässigem Abstand aufeinander folgender Punkte aus einem grossen Theil des atlantischen Oceans ist das Material mit genauer Angabe des Fundortes vorhanden, und dieses besteht nicht aus Grundproben von pflanzengeographisch zweifelhaftem Werthe, sondern aus direkt lebend gefangenen Planktonpflanzen. Für die von der Plankton-Expedition durchkreuzten Gebiete des Oceans wird sich also in nicht allzu langer Zeit eine verhältnissmässig recht vollständige Flora aufstellen lassen. Wie weit diese Flora der von der Expedition durchfahrenen Orte auf die rechts und links von der Route liegenden Orte, d. h. bis zu welcher Entfernung von dieser Route, ausgedehnt werden darf, das ist dann eine Frage, die später noch entschieden werden muss. So viel ist jedoch sicher zu sagen: um eine umfassende Flora des Gesamtoceans zu liefern, dazu gehört noch eine viel weiter ausgedehnte Anwendung des jetzt gebräuchlichen Fangmodus. Von sehr vielen Orten mit genau bestimmter geographischer Länge und Breite muss noch das Material herbeigebracht werden, und zwar, wenn Vollständigkeit erreicht werden soll, nicht nur das Material der Oberfläche oder beliebiger Horizontalschichten des Meeres, sondern aus möglichst vielen verschiedenen Tiefenschichten des Oceans.

Die Bearbeitung des von der Plankton-Expedition mitgebrachten Materials ist noch nicht beendet und erfordert noch jahrelange anstrengende Arbeit, doch ist sie so weit gediehen,

dass man schon wagen kann, einige allgemeinere Gesichtspunkte, die als vorläufige Mittheilung gelten können, hier zu bringen, während eine erschöpfende Darstellung der Flora erst in viel späterer Zeit gegeben werden kann.

## B. Küsten und Hochsee.

### Küstenpflanzenstrom.

In meinen analytischen Planktonstudien und noch ausführlicher vorhin bei Besprechung der Diatomeen habe ich aufmerksam gemacht auf den tiefgreifenden Unterschied zwischen Grundflora und Planktonflora. Beide Florenformen kommen aber nicht in absoluter Reinheit vor, sondern die eine enthält stets etwas von der anderen beigemischt. Schon das Schicksal der Sargassumpflanzen deutet darauf hin, dass fortwährend Theile der Grundflora in die Hochsee verschleppt werden. Wenn dies schon mit den lederartig stark gebauten, festbewurzelten Grundpflanzen, wie *Sargassum*, *Fucus*, *Macrocystis*, geschieht, wie viel mehr können wir dies erwarten von den schwach befestigten, leicht beweglichen, vollkommen schwebfähigen, mikroskopischen Formen, namentlich des Diatomeenreichs vom Grunde der Küsten. Hier können wir uns gar nicht wundern, wenn wir sehen, dass geradezu ein fortwährend fließender Strom von Grundpflanzen sich in die Hochsee ergießt, und sich hier unter die echte Planktonflora mischt.

Dieselbe Aufgabe, die den Landfloristen so viel Kopfzerbrechen verursacht, die einheimischen Landpflanzen von den eingeschleppten zu unterscheiden, wird also auch dem Oceanofloristen blühen, und sie wird ihm auch nicht weniger Mühe kosten, weil ihm eins der wichtigsten Kriterien bei dem Studium der Landflora fehlt, die Vergleichung der jetzigen Florenbefunde mit denen früherer Bearbeiter desselben Gebietes. Zu lösen ist aber auch diese Frage, die noch durch den unbeständigen, fluktuirenden Charakter der Beimengungen erschwert wird, und zwar mit Hülfe der Hensenschen Methodik; ja, zur Zeit nur mit Hülfe dieser Methodik, obwohl sie gerade der reinen Floristik recht fern zu stehen scheint.

Diese beschäftigt sich nicht, oder doch nur wenig, mit dem Massenverhältniss der Pflanzen; seltene und häufige Pflanzen haben für sie fast gleichen Werth, ja, für den forschenden Floristen haben die seltenen Pflanzen meistens sogar ein höheres Interesse als die gewöhnlichen.

Das Specificische der Hensenschen Methodik beruht aber gerade in dem Studium der Massenverhältnisse. Trotzdem liefert sie die Mittel für die Entscheidung dieser Fragen, die zu den wichtigsten der Floristik überhaupt gehören.

Von den echten Planktonpflanzen muss man annehmen, dass sie sich gegen die Küsten in ihrem Massenverhältniss indifferent verhalten. Durch die stetige Wasserbewegung werden sie sich innerhalb ihres Verbreitungsgebietes mit relativ grosser Gleichmäßigkeit verbreiten. Sie werden zwar nach den Grenzen ihres Verbreitungsgebietes hin an Zahl abnehmen, aber sie werden doch die zu ihrem Bereich gehörigen Küsten in denselben relativen Massen bespülen, die sie draussen entwickeln. Für die beigemengten Küstenpflanzen ist dies anders. Von ihnen muss man annehmen, dass sie in unmittelbarer Nähe der Küste mit dem Maximum ihrer Zahl im Plankton auftreten, und von hier ausgehend, entsprechend der Verbreiterung des Küstenpflanzenstroms, mehr und mehr an Zahl der Individuen in der gleichen Wassermasse abnehmen.

Wenn man nun, mit Hilfe der Hensenschen Methodik untersuchend, sich der Küste nähert und dabei Probe um Probe aus dem Wasser entnimmt, so wird man von den echten Hochseepflanzen keine beträchtliche Aenderung der absoluten Zahlen erhalten, dagegen von denen der Küsten eine stetige Zunahme der Zahlen. Die hierbei erhaltene Zahlenkonstanz einerseits und der Zahlenwechsel andererseits lässt Küsten- und Hochseeformen voneinander unterscheiden.

Bei den so erkannten Küstenpflanzen des Planktons wird man dann meist noch finden, dass sie an der Küste selbst am Boden vorkommen, also gar keine eigentlichen Planktonpflanzen sind. Dieses ist jedoch nicht absolut nothwendig, denn es kann auch echte Küstenplanktonpflanzen geben, worüber ich später ausführlicher berichten werde. Hier will ich nur als Beispiel anführen, dass *Skeletonema costatum* Cleve für den Kieler Hafen eine solche spezifische Küsten-Planktonform ist.

#### Lokalflora.

Die Bermudainseln geben ein interessantes Beispiel für den Einfluss der Küsten auf die Planktonflora.

Sie werden von steil aus grosser Tiefe hervorragenden Korallenriffen gebildet, die so weit vom nächsten Festlande entfernt sind, dass dieses hier keine eigentliche Küstenwirkung mehr ausüben kann. Die von dem Korallenringwall vom Ocean abgetrennten Wasserbecken stehen, da der Ringwall an der ganzen Westseite die Oberfläche des Wassers nicht erreicht, in sehr weiter Verbindung mit dem Oceanwasser. Die Bewegung der Gesamtwassermassen durch den Floridastrom, lokale Wasserbewegung, durch die häufigen Stürme, fortwährende Veränderung des Wasserstandes durch Ebbe und Fluth sorgen für einen weitgehenden Wasserwechsel, so dass man nicht glauben sollte, dass in den halbumschlossenen Wasserbecken in der Planktonflora eine Abweichung von der der umspülenden Oceanfluthen möglich sei, und trotzdem charakterisirt der im St. Georges Harbour gemachte Planktonzug die Planktonflora dieses Beckens qualitativ und quantitativ als typische Küstenflora. Nicht nur sind die Gesamtmassen andere als im umgebenden Ocean, sondern auch das relative Verhältniss der verschiedenen Formen zueinander weicht davon ab. Zahlreiche neue Formen, die ringsherum nicht gefunden werden, treten hier auf. Unter diesem quantitativen Zuwachs befinden sich namentlich Pseudoplanktonformen, die eigentlich dem Grundleben angehören. Das Fig. 2 pag. 8 abgebildete *Pleurosigma* mag als Beispiel hierfür gelten.

#### Grenze des Küstenstroms.

Bei Durcharbeitung der Planktonfänge der Expedition ergibt sich nicht nur eine Bestätigung des früher schon behaupteten Einflusses der Küsten auf das Leben im offenen Ocean, sondern es wird sich auch objektiv bestimmen lassen, wie weit sich dieser Einfluss erstreckt. Wegen des im ersten Theil ausgesprochenen morphologischen Gegensatzes zwischen Grund- und Planktonformen eignen sich die Diatomeen in hervorragender Weise zum Studium dieser Frage.

Es wurde oben für die Planktondiatomeen auseinandergesetzt, dass sie annähernd dasselbe spezifische Gewicht haben müssen, wie das umgebende Wasser. Für die kompakter gebauten

Grunddiatomeen ist dieses nicht so ohne weiteres klar. Dass aber auch sie nicht wesentlich viel schwerer sein können, das ergibt sich aus dem Umstand, dass Individuen von ihnen sehr weit ab von den Küsten in der Hochsee angetroffen wurden. Diese müssen einen hunderte von Meilen langen Weg zurückgelegt haben und sich während der dazu nöthigen langen Zeit schwebend erhalten haben. Dies ist natürlich nur möglich, wenn sie nicht wesentlich schwerer sind, als das Wasser. Eben wegen dieser Leichtigkeit sind aber die Diatomeen auch sehr geeignet, die Grenzen des Küsteneinflusses auf das Hochseeleben sehr weit hinauszuschieben, denn je nach dem Maß, welches wir anwenden, d. h. je nach den Organismen, welche wir vor Augen haben, wird diese Grenze der Küsteneinwirkung sehr verschieden ausfallen. Dies erklärt die verschiedenen Angaben über diese Grenze. Die CHALLENGER-Expedition fand die Grenze zu 100 Meilen, die GAZELLE rückte dieselbe auf 300 Meilen hinaus, und Hensen erklärt, dass es gar keine Grenze gäbe. Diese sehr verschiedenen Angaben erklären sich leicht, wenn man berücksichtigt, dass CHALLENGER und GAZELLE auf grössere und kleinere Thiere sich beziehen, Hensen aber schon die aus den Plankton-Zählungen sich ergebende Vertheilung der kleinsten Thiere und Pflanzen, insbesondere der Diatomeen, vor Augen hat, dass diese aber die Grenze so weit hinausschieben, dass man das Grenzgebiet der anderen Küste schon betreten hat, bevor das der einen verlassen worden ist.

Eine strenge Grenzbildung des Küsteneinflusses kann bei Berücksichtigung der kleinsten Formen gar nicht eintreten, wohl aber ist eine quantitative Abnahme dieses Einflusses mit der Entfernung zu konstatiren. In welchem Maße diese Abnahme stattfindet, ob direkt oder dem Quadrat der Entfernung proportional, oder in einem complicirteren Verhältniss, das wäre wohl mit Hülfe der Hensenschen Methode, durch quantitative Bestimmung der Abnahme der Küstenformen, zahlenmäßig festzustellen, vor der Hand ist diese Aufgabe aber noch nicht gelöst.

#### Grund der Unverwischbarkeit des Gegensatzes.

Warum verwischt sich der Gegensatz zwischen Küsten- und Hochseepflanzpflanzen denn nicht mit der Zeit? Bei dem fortwährenden von den Küsten ausgehenden Strom von Pflanzen (namentlich Diatomeen) und bei der doch schon bewiesenen Lebensfähigkeit dieser Küstendiatomeen in der Hochsee, sollte man erwarten, dass sich die Hochsee nach und nach so sehr damit gefüllt hätte, dass der Unterschied zwischen Küsten- und Hochseeflora damit aufgehoben wäre. Die Beobachtung lehrt aber, dass dies nicht der Fall ist. Der Grund davon dürfte für die Diatomeen sowohl in ihrer Entwicklungsgeschichte wie in ihrem morphologischen Bau zu suchen sein. Schon der Fortpflanzungsmodus durch Vergrößerungssporen schliesst eine grosse Zahl der Diatomeen von der dauernden Vegetation in der Hochsee aus. Die Diatomeen müssen nothwendigerweise nach Verlauf einer Anzahl von Generationen einmal einen eigenthümlich gearteten, Auxosporienbildung genannten Verjüngungsprocess durchmachen. Dieser verläuft bei vielen Grundformen in einer für das Leben in der Hochsee wenig geeigneten Form mit Hülfe von unbeweglichen, in grosse Gallertklumpen eingehüllten, am Grunde liegenden Sporen, die bei vielen sogar noch mit einander in diesem unbeweglichen Zustand kopuliren müssen. Dies kann wohl am Grunde der Gräben und Seen, wo die Individuen dicht gedrängt

sind, vor sich gehen, und auch für frei fluthende Formen ist dies in seichten Gewässern wohl möglich, in der Hochsee aber kaum denkbar. Die Hochsee verlangt andere Verhältnisse und für die wichtigsten eigentlichen Planktonformen der Hochsee, *Chaetoceras* und *Rhizosolenia* habe ich auch schon einen viel einfacheren, für das Hochseeleben durchaus geeigneten Auxosporenbildungsprocess nachweisen können<sup>1)</sup>. Die mit ungünstigem Auxosporenbildungsmodus ausgestatteten Grundformen werden also in der Hochsee, selbst wenn sie sich durch Theilung vermehren, doch nach Verlauf mehrerer Generationen zu Grunde gehen müssen, weil sie sich hier nicht in normaler Weise verjüngen können. Als zweiter Grund kommt dazu die oben beschriebene morphologische Ausgestaltung, welche den Planktondiatomeen das Hochseeleben sehr erleichtert, den Grunddiatomeen nicht. Letztere sind, selbst wenn sie genau das Gewicht des verdrängten Wassers haben, doch ersteren gegenüber benachtheiligt, weil sie nicht so vollkommen für das Schweben eingerichtet sind wie jene, sie werden bei Aenderung im Stoffwechselverlauf stärker steigen und fallen, als jene, die durch ihre Schwebapparate davor geschützt sind, sie werden also auch den vorher erwähnten Schädigungen durch schnelles Steigen und Fallen mehr ausgesetzt sein und darum auch als Einzelindividuen leichter zu Grunde gehen, als jene.

Die Hochsee ist also für die Küstenformen ein stetes geöffnetes Grab, in das sie willenslos hinausgetrieben werden, um nach mehr oder minder langem Kampf ums Leben darin zu versinken, während die an das Planktonleben vorwiegend angepassten Formen dauernd erhalten bleiben und dadurch ihr Uebergewicht in der Hochseeflora, das die zutreibenden Küstenformen fortdauernd bedrohen, trotzdem erhalten. Die Küstendiatomeen spielen also in der Hochsee im Grunde genommen keine andere Rolle, als die grossen treibenden Tangbüschel von *Sargassum* u. s. w., die auch nur in die Hochsee hinausgetrieben werden, um dort zu Grunde zu gehen, und ihren Bestand nur durch neuen Zuzug erhalten können.

### C. Florengebiete.

#### a) Existenz besonderer Florengebiete.

Ausser dem Gegensatz zwischen Küsten- und Hochseep planktonflora lassen die Fänge der Plankton-Expedition schon jetzt eine Reihe anderer, allgemeiner Erscheinungen erkennen. Eine der wichtigsten ist die, dass in den weiten Gebieten des Oceans trotz der offenen Verbindung der einzelnen Theile untereinander, und trotz der Meeresströmungen, die unaufhörlich die Wassermassen von einem Theile in den anderen überführen, sich dennoch ganz bestimmte, oft scharf abgegrenzte Florengebiete mit eigener, unter sich relativ ähnlicher, gegen die Nachbargebiete sehr stark abstechender Flora konstatiren lassen, und dass diese Florengebiete in engem Zusammenhang stehen mit den grossen Stromgebieten, die das weite Gebiet des Oceans in eine Anzahl unter sich physikalisch in enger Beziehung zu einander stehender Flächen gliedern. Diese Beziehung zu den Stromgebieten ist so klar ausgesprochen, dass man beim Eintritt in

<sup>1)</sup> F. Schütt, Auxosporenbildung von *Rhizosolenia alata*. Ber. d. D. bot. Ges. 1886 p. 8.

F. Schütt, Ueber Auxosporenbildung der Gattung *Chaetoceras*. Ber. d. D. bot. Ges. 1889 p. 361.

ein anderes Stromgebiet nicht nur die Masse des Gesamtplanktons<sup>1)</sup>, sondern auch den ganzen Charakter der Flora in qualitativer wie quantitativer Beziehung mehr oder minder stark verändert findet. Doch nicht nur in verschiedenen Stromgebieten, sondern auch in demselben Strom in den verschiedenen Theilen seines Verlaufs stellt sich eine andere Flora heraus, wenn der Strom grosse Umwandlungen seiner physikalischen Verhältnisse inzwischen durchgemacht hat, wie z. B. der Floridastrom und Golfstrom von seinem Verlauf beim Austritt aus dem Golf von Mexiko bis zu seinem Uebergang ins kalte Nordmeer bei Schottland.

Die zur Charakterisirung der einzelnen Florengebiete nöthige Aufzählung der dieselben bewohnenden Pflanzen muss ich mir für spätere Zeit aufsparen, an dieser Stelle vermag ich nur ein in leichten, skizzenhaften Zügen gehaltenes, vorläufiges Uebersichtsbild über die Florengebiete und ihre Abgrenzung zu geben. Dabei muss ich mich natürlich auf den atlantischen Ocean, und zwar auf den von der Planktonexpedition durchkreuzten Theil, beschränken, denn nur für diesen liegt bis jetzt zuverlässiges Material vor.

#### b. Florenreiche.

In erster Linie sind hier zwei Gebiete zu trennen mit ganz specifisch verschiedenem Grundcharakter der Flora: einerseits das Gebiet des kalten nordischen, andererseits das des warmen tropischen Wassers.

Beide Gebiete grenzen sich im Westen des atlantischen Oceans, südlich von der Neufundlandbank, sehr scharf gegeneinander ab, und zwar fällt die Grenze genau mit der Grenze zwischen dem heissen, soeben aus dem Golf von Mexico hervorbrechenden Floridastrom und dem kalten, aus der Davisstrasse herunterkommenden und die Neufundlandbank überströmenden Labradorstrom zusammen. Im Osten dagegen gehen beide Gebiete entsprechend dem Vordringen und allmählichen Abflachen und Erkalten des nordöstlichen Golfstroms mehr allmählich ineinander über. Gemäss der Richtung des warmen Golfstroms geht die Kaltwasserflora an der amerikanischen Küste viel tiefer nach Süden, als an der Ostseite des Atlantik.

Von den bisher durchgeforschten Gebieten gehören zum Kaltwasserflorenreich ausser Ostsee und Nordsee die von der Planktonexpedition durchschnittenen Gebiete des nordatlantischen Oceans bis zur Grenze des Floridastroms und Labradorstroms. Dass das Mittelmeer sich dem Warmwassergebiet anschliesst, habe ich schon früher erwähnt. Auf eine Besprechung der Pflanzen der beiden Reiche kann ich hier um so eher verzichten, als in der Uebersicht der Pflanzen, im ersten Theil, schon genügende Beispiele für die Verschiedenheit der Flora dieser beiden grossen Gegensätze gegeben worden sind.

#### c. Florenprovinzen.

Ausser diesen beiden grossen Reichen lässt sich noch eine Anzahl von Untergebieten mit weniger stark hervortretender, aber doch deutlich erkennbarer Differenz der Flora unterscheiden. Diese Provinzen stehen, wie schon vorhin angedeutet wurde, in naher Beziehung zu den grossen oceanischen Strömen. Dies kann uns nicht wundern, denn wenn man überhaupt

<sup>1)</sup> c. f. F. Schütt. Analytische Planktonstudien. Kiel 1892. p. 60.

die Möglichkeit für offen hielt, dass bei dem fortwährenden Wasserwechsel im Ocean eine Gliederung in verschiedene Gebiete mit verschiedenem Florencharakter sich ausbilden kann, so konnte man von vornherein vermuthen, dass diese Gliederung sich an die verschiedenen Lebensbedingungen der verschiedenen Meerestheile, die in den Strombildungen ihren klarsten Ausdruck gefunden haben, anschliessen werden. Man musste also von vornherein einen Parallelismus oder doch ein gewisses Handinhandgehen zwischen Florengebieten und Stromgebieten erwarten. Die Erfahrungen der Plankton-Expedition bestätigen diese Erwartung. Dass diese Provinzen weniger scharf gegen einander abgegrenzt sind und auch qualitativ weniger grosse Unterschiede zeigen, als die beiden grossen Reiche, ist von vornherein zu erwarten. Auch in diesem Punkt stimmen theoretische Forderung und experimenteller Befund vollkommen miteinander überein.

Bei der Abgrenzung der Florengebiete gegeneinander muss ich, wie auch schon früher der Route der Expedition folgen, denn nur für diese liegt genügendes Material für eine solche Arbeit vor. Ostsee. Als erstes Gebiet möchte ich die Ostsee nennen, deren räumliche strenge Abgrenzung die floristische genügend erklärt. Der sehr verschiedene Salzgehalt der westlichen und östlichen Ostsee lässt es jedoch von vornherein erwarten, dass auch floristisch das Gebiet sich keineswegs als einheitliches, gleichmässiges Ganzes darstellt. Die schon mehrfach erwähnte Expedition der Sektion für Küsten- und Hochseefischerei in der östlichen Ostsee bestätigt dies auch. Darnach besitzt die östliche Ostsee einen ganz anderen Florencharakter, als die westliche; beide Charaktere gehen aber allmählich in einander über. Die westliche Ostsee zeichnet sich durch einen viel grösseren Reichthum an Formen aus. Namentlich nimmt die Menge und Artenzahl der Diatomeen und Peridineen beim Fortschreiten nach Osten sehr schnell ab. Der östliche Theil wird stärker beeinflusst durch die Mündung der grossen Flüsse, die in ihren Haffs eine ganz eigenartige Planktonflora entwickeln und damit die östlichen Gebiete der eigentlichen See stark inficiren.

Im Ganzen vermag sich die Ostsee wegen ihrer geringen Tiefe von dem Charakter der Küstenflora nicht los zu machen. Pseudoplanktonformen sind hier immer den Orthoplanktonformen so reichlich beigemenget, dass es kaum möglich sein wird, diese beiden innerhalb des Gebietes streng auseinander zu halten.

Als häufige Planktonpflanzen der Ostsee sind zu nennen: von Diatomeen *Chaetoceras* mit zahlreichen Species, *Rhizosolenia* mit mehreren Species, besonders häufig *Rh. alata* Bright., *Pyxilla baltica* Hensen *Skeletonema costatum*, (Grev) Grun, *Coscinodiscus* in mehreren Arten, von Peridineen: *Ceratium tripos* (O. F. Müll) Nitzsch, *v. baltica* Schütt, *v. tergestina* Schütt, *v. parvula* Schütt, *Gonyaulax spinifera* (Clap-Lach) Diesing, *Goniodoma acuminatum*, Stein, *Peridinium divergens*, Ehrb., *Prorocentrum micans* Ehrb., *Dinophysis acuta* Ehrb. Für die Haffs und die östliche Ostsee *Limnochlide flos aquae* Ktz. und andere Schizophyceen.

Nordsee: Was von der Ostsee gesagt wurde, bezüglich der Küsteneinwirkung, gilt auch für das zweite Florengebiet, die Nordsee, die jedoch wegen ihrer dreifachen Kommunikation mit anderen Meeren auch floristisch kein so abgeschlossenes Dasein führt, als die Ostsee. Am wenigsten vielleicht wird sie beeinflusst von der Ostsee, welche mit dem oberflächlich abfliessenden Wasser auch Planktonbestandtheile zuführen muss. Grösser muss jedoch der Einfluss der Wasser-

massen sein, welche die nördlich um Schottland und südlich durch den Kanal hereinbrechende Fluthwelle aus dem Ocean heranwältzt. Der floristische Charakter des Nordseeplanktons ist noch nicht so genau erforscht, wie der der Ostsee.

Als häufigste Bestandtheile der Flora sind im grossen und ganzen dieselben zu nennen, wie in der Ostsee. Vielleicht tritt *Skeletonema costatum*, (Grev.) Grun. zurück und dafür wäre als hier häufiger zu nennen *Biddulphia* gen., *Actinoptychus* gen., *Podosira*, *Triceratium Brightwellii*. West.

Golfstrom. Westlich von Schottland durchschnitt die Expedition den nordöstlichen Ausläufer des Golfstromes, der sich als ein eigenes Florengebiet mit recht reicher Diatomeenflora charakterisirt. *Rhizosolenia* gen., *Chaetoceras* gen. und *Ceratium tripos* sind hier wie in allen anderen Ozeangebieten relativ häufig, ich werde sie darum in Zukunft auch nicht mehr für jedes Gebiet besonders nennen. Dazu ist hier noch besonders bemerkenswerth *Dactyliosolen*, *Bacteriastrum varians* Lauder. und *Thalassosira*. Von Peridineen: *Pyrophacus horologium* Stein, *Gonyaulax polygramma* Stein, *Dinophysis acuta*, Ehrb., *D. homunculus* Stein, *Peridinium divergens* Ehrb., *Ceratium tripos* (O. F. Müll) Nitzsch v. *scotica* Schütt.

Irminger-See. Nach Westen zu geht das reine Golfstromwasser allmählich über in das Mischwasser aus Golfstromausläufern und nordischem kaltem Wasser. Als westöstliche Scheidegrenze dieses als Irminger See bezeichneten Gebiets können wir die Insel Island ansehen. Dieses Gebiet charakterisirte sich als besonders reich an Pflanzenwuchs. Als häufige Formen desselben sind zu nennen: *Rhizosolenia semispina* Hensen und *Rh. styliformis* Bright, *Synedra* in mehreren Species, wovon namentlich die auffällige *S. thalassothrix* Cleve zu nennen ist; *Coscinodiscus*, *Asteromphalus*, *Dactyliosolen*.

Ostgrönlandstrom. An der Südspitze Grönlands schnitt die Expedition den von Norden kommenden rein kalten Ostgrönlandstrom an, der sich in floristischer Hinsicht von den vorigen besonders auffällig durch das Zurücktreten von *Synedra thalassothrix* Cleve unterschied.

Westgrönlandstrom. Der aus Mischwasser des Golfstroms und des kalten Wassers der Davisstrasse bestehende Westgrönlandstrom zeigte in floristischer Hinsicht wieder viel Aehnlichkeit mit der Irmingersee. Besonders interessant ist hierbei die Wiederholung des starken Auftretens von *Synedra thalassothrix* Cleve.

Labradorstrom. Der rein kalte, aus der Davisstrasse herkommende Labradorstrom giebt wieder ein eigenes floristisches Gebiet. Auch die Neufundlandbank wird von diesem Strom überflossen und hat demgemäss den Grundcharakter dieses Florengebietes, dieser wird aber modificirt durch die besonderen Verhältnisse, welche die geringe Tiefe der Bank bedingt. Es werden dadurch ähnliche biologische Verhältnisse geschaffen, wie in dem östlichen Flachwassergebiet der Nordsee. Von der Flora ist hier besonders interessant die Ausbildung einer besonderen Varietät von *Ceratium tripos*, die ich v. *labradorica* nenne.

Floridastrom und Sargassosee. An der Grenze zwischen Labradorstrom und Floridastrom treten wir in das zweite grosse Florenreich, das Warmwasserreich, ein. Damit erhält die Flora einen typisch anderen Charakter, die alten Arten verschwinden mehr oder minder vollständig, und neue Arten treten auf, selbst von den Gattungen, die wie *Rhizosolenia*

und *Chaetoceras* überall im Ocean vorkommen. Leider lassen sich die speciellen floristischen Unterschiede hier noch nicht mit solcher Klarheit wiedergeben, weil dazu die Berufung auf die systematische Bearbeitung, die Beschreibung der alten und neu gefundenen Species, die erst später gebracht werden kann, nöthig ist. Aus diesem Grunde ist mir namentlich nicht möglich, auf den Artenwechsel der wichtigsten Hochseegattungen *Rhizosolenia* und *Chaetoceras* näher einzugehen. Als wichtige Formen dieses Gebietes dürfen aber doch nicht ganz übergangen werden: *Antelminellia gigas* (Cast) Schütt, *Planktoniella Sol* (Wallich) Schütt, *Gossleriella tropica* Schütt, *Ceratocorys horrida* Stein, *Ornithocercus magnificus* Stein, *Ornithocercus splendidus* Schütt, *Histioneis megalocopa* Stein, und andere Arten. *Amphisolenia palmata* Stein, *Amphisolenia thrinax* Schütt, *Amphisolenia tripos* Schütt, *Xanthothrichum contortum* Wille, *Hetiothrichum radians* Wille. Die Würdigung zahlreicher anderer nennenswerther Arten müssen wir uns für spätere Zeiten versparen.

Nordäquatorial-, Guinea-, Südäquatorialstrom. Floridastrom und Sargassosee unterscheiden sich relativ wenig von einander, grössere Unterschiede zeigen sich beim Betreten der drei südlichen Warmwasserströme. Sie charakterisiren sich darum auch als besondere Florengebiete, die aber alle den Typus der echten Warmwasserfloren so wenig verleugnen, wie die Sargassosee und der Floridastrom. Eine specielle Charakterisirung dieser Gebiete kann zur Zeit noch nicht gegeben werden.

#### d. Grenzgebiete.

Eine ganz eigenthümliche Stellung nehmen in floristischer Beziehung die Stromgrenzen ein. Wenn zwei Ströme in entgegengesetzter Richtung aneinander vorüberfliessen, so muss sich in der Mitte zwischen beiden ein Grenzgebiet mit relativ geringer Bewegung bilden, welches Mischwasser führt, das von beiden Strömen geliefert wird. Als wichtigstes dieser Grenzgebiete muss wohl das zwischen Labradorstrom und Floridastrom gelegene aufgefasst werden, denn nirgends in der ganzen Hochsee ist ein so scharfer Gegensatz der ganzen Grundbedingungen ausgesprochen, nirgends sind die Unterschiede auf so kleinem Raum zusammengedrängt, als an dieser scharfen Grenze zwischen dem kalten nordischen und dem heissen südlichen Strom. Temperatur, Salzgehalt, Wasserfarbe, Strömungsrichtung, Stromgeschwindigkeit, Ursprung des Wassers, ja selbst Bestrahlung durch die Sonne, bedingt durch dauernd verschiedene Bewölkung, wechselt beim Durchschneiden dieser Stromgrenze mit einer Schroffheit in einer Strecke von so wenigen Meilen, wie wohl kaum an irgend einem anderen Ort. Es ist also besonders interessant, zu erforschen, wie sich die Flora gegenüber der Mischung dieser grundverschiedenen Wasserarten verhält. Der Planktonzug, der an der Grenzlinie dieser beiden Ströme gemacht wurde, beansprucht also ein ganz besonderes Interesse, und in der That belohnt er die Mühe, ihn zu studiren, denn nicht nur stellt sich dabei heraus, dass hier wirklich beide Floren miteinander gemischt sind, dass also hier ein besonderer Reichthum an Arten, der theoretisch von dem Mischwasser zu fordern war, auch in der That gefunden wird, sondern es zeigt diese Flora dazu noch specifische Eigenthümlichkeiten in quantitativen wie qualitativen Verhältnissen, die sie als etwas Eigenes, Selbständiges charakterisiren, das nicht aus der Mischung der ver-

schiedenen Wasser allein zu erklären ist, sondern schon die Annahme verlangt, dass hier auf engem Raum gewissermaßen in dem stehenden Wasser der Grenzlinie selbst eine Art Lokalflora sich ausbilden kann. Ein Indicium zwingender Art für diese Annahme scheint mir das seltsame Vorkommen von *Skeletonema costatum* in dem an dieser Grenzlinie gemachten Planktonzug zu geben. Denn nur an dieser Stelle im Ocean zeigte sich diese in der Ostsee häufige Art und zwar recht reichlich, während sie weder in dem begrenzenden Labradorstrom, noch in dem Floridastrom vorkam.

#### D. Floristische Charaktere.

Bezüglich der Art des Vorkommens der einzelnen Komponenten der verschiedenen Florengiete lassen sich verschiedene Kategorien unterscheiden.

**Leitpflanzen.** Es lassen sich z. B. in verschiedenen Gebieten Pflanzen konstatieren, die gerade für dieses Gebiet charakteristisch sind, in den anderen aber fehlen. Man könnte sie analog den Leitfossilien der Geologen als Leitpflanzen bezeichnen. Es ist dabei keineswegs nöthig, dass diese Formen sehr massenhaft in dem Gebiete auftreten, sondern sie können sogar verhältnissmässig selten sein. Bei der durch die grossen oceanischen Ströme vermittelten offenen Kommunikation der meisten Florengiete miteinander ist es sogar wahrscheinlich, dass die eigentlichen Leitformen im strengen Sinne gewöhnlich seltenere Formen sein werden, denn für häufige Formen ist die Wahrscheinlichkeit zu gross, dass sie, wenn auch in geringerer Zahl, in andere Gebiete verschleppt werden, und damit den Charakter der Leitpflanzen verlieren.

Ganz zuverlässige Leitformen lassen sich definitiv naturgemäss erst aufstellen, wenn der ganze Ocean gründlich auf alle seine Arten systematisch und geographisch abgesucht ist, vor der Hand muss man immer noch die Möglichkeit offen lassen, dass die jetzt als Leitformen erscheinenden Arten später auch noch in anderen Gebieten gefunden werden. Einigermaßen sichere Leitpflanzen lassen sich jetzt nur für die beiden grossen Reiche, das des warmen und das des kalten Wassers, aufstellen. *Antelminellia gigas*, *Planktoniella sol*, *Gossleriella tropica* mögen als Leitpflanzen des warmen Wassers gelten, *Ceratium tripos balticum* kann man als Beispiel für das Kaltwasserreich anführen. Für die Provinzen sind die Kenntnisse noch nicht genug vorgeschritten, um hier mit Sicherheit auftreten zu können. Die Ausbildung strenger Leitformen wird hier auch schwerer sein, vollständig ausgeschlossen scheint sie jedoch nicht zu sein. So fand sich z. B. in den kalten Nordwestgewässern des atlantischen Oceans von der Irminger See bis zum Labradorstrom eine dem *Coscinodiscus obscurus* A. S. sehr nahe stehende Form, die, wie ich glaube, als Leitpflanze dieses beschränkten Gebietes aufgefasst werden darf, da sie ausserdem weder im kalten, noch im warmen Reich gefunden wurde.

**Charakterpflanzen.** Pinie, Cypresse und Agave gelten für die Mittelmeerländer als Charakterpflanzen, weil sie der Vegetation dieser Länder einen ganz specifischen Charakter verleihen, ohne dass sie in ihrem Vorkommen auf dieses Gebiet beschränkt wären. Aehnliche Charakterpflanzen können wir auch in den Hochseefloren finden. Sie stehen ihrem Wesen nach den Leitpflanzen sehr nahe, wir können sie ebenso wie jene definiren als Pflanzen, die für ein bestimmtes Gebiet ganz charakteristisch sind, jedoch ohne die Zusatzforderung zu stellen, dass sie in allen anderen Gebieten fehlen. Um dem Gebiete einen bestimmten Charakter zu ver-

leihen, müssen sie in grösseren Mengen auftreten, als dies für die Leitpflanzen nöthig ist, sie müssen vor Allem auffällig sein, was jene nicht zu sein brauchen. Die Leitpflanzen eines Gebietes werden häufig auch seine Charakterpflanzen sein, wie z. B. im Tropengebiet *Planktoniella* und *Gossleriella*. Als besonders auffallende Charakterpflanzen des Warmwasserreichs sind einige Pflanzen zu nennen, die sich in den Planktonfängen, wo sie natürlich mehr gehäuft sind als im freien Meer, sogar schon makroskopisch recht bemerkbar machen, z. B. *Antelminellia gigas* (Cast.) Schütt, *Xanthothrichum contortum* Wille, *Heliothrichum radians* Wille. Nur mikroskopisch, aber doch sehr charakteristisch, sind *Ornithocercus splendidus* Schütt, *Histioneis megalocopa* Stein, *Amphisolenia thrinax* Schütt. Für den kalten Norden wäre als Beispiel zu nennen *Thalassosira*; eine besonders auffallende Charakterform des kalten Nordwestens ist *Synedra thalassothrix* Cleve.

Lokalformen, so kann man eine Unterart der Charakterformen bezeichnen, die in einem oder mehreren enger umgrenzten Gebieten hervortreten, für diese nicht gerade charakteristisch sind, aber doch in anderen benachbarten Gebieten fehlen oder in geringeren Mengen auftreten. Sie werden sich voraussichtlich weniger zeigen in der Hochsee als an bestimmten Stellen der Küste mit bestimmt ausgesprochenem Lokalcharakter und relativ geringem Wasserwechsel, namentlich geeignet erscheinen für ihre Ausbildung langgestreckte Föhrden mit verengtem Eingang. Als Beispiel mag *Skeletonema costatum* (Fig. 14) dienen, das ich als Lokalform der Kieler Föhrde konstatiren konnte. Diese Art kommt zwar auch an anderen Orten vor, aber ihre Entwicklung in der Kieler Föhrde trägt einen ganz ausgeprägten Lokalcharakter, denn sie kommt hier regelmässig jedes Jahr zu einer bestimmten Jahreszeit zu einer ganz hervorragenden Massenentwicklung, während sie in der freien Ostsee wenige Meilen entfernt von ihrem Entwicklungscentrum nur verhältnissmässig spärlich vertreten ist. Ob diese Art auch zum Lokalcharakter der anderen Föhrden der Ostsee gehört, muss ich einstweilen noch dahingestellt sein lassen.

Massenformen. Nicht selten kommen Fälle vor, wo einzelne Formen sich in solchen Massen entwickeln, dass sie dem gesammten Plankton so deutlich ihren Stempel aufdrücken, dass dieses von ihnen vollkommen beherrscht zu sein scheint. So z. B. kommt im Kieler Hafen zeitweise das soeben genannte *Skeletonema* als Massenform vor. Aehnlich verhalten sich *Rhizosolenia alata* Brightw., *Ceratium tripos*, einzelne Arten der Gattung *Chaetoceras*. In der Irminger See trat *Synedra thalassothrix* Cleve als Massenform auf. Die Zahl der Beispiele für diese Massenpflanzen liesse sich leicht vermehren.

Das Auftreten der Massenformen ist oft so auffallend, dass sie auch das Interesse des seefahrenden Nichtplanktologen erwecken, und dann als aussergewöhnliche, besonders auffallende Ereignisse notirt werden. Solcher in botanischen und nichtbotanischen Reiseberichten zerstreuter Notizen existirt schon eine ganze Anzahl. Es gehören in dieses Gebiet auch die schon oben erwähnten Massenanhäufungen von *Trichodesmium erythraeum* Ehrb. im rothen Meere. Gewöhnlich scheinen solche Massenwucherungen auf bestimmt lokalisirte Meeresflächen, von bald grösserer bald geringerer Ausdehnung beschränkt zu sein, und sie geben leicht Veranlassung einerseits zu übertriebenen Anschauungen von dem Planktonreichtum des Meeres, indem der beschränkte

Lokalcharakter dieser Wucherungen und die durch ihr Oberflächenvorkommen bedingte grössere Auffälligkeit gegenüber den bis in die Tiefe gehenden massenhafter vorhandenen und trotzdem weniger auffälligen Formen übersehen wird, andererseits zu dem Glauben an vollkommene Regellosigkeit der Planktonvertheilung, indem nicht berücksichtigt wird, dass diese Fälle der Wucherung ganz verschwinden im Vergleich zu den Wassermassen, in denen nichts von ihnen bemerkt wird, dass sie also nur als seltene Ausnahme der Regel zu betrachten sind. Es ist hier der eigenthümliche Fall zu konstatiren, dass die Kenntniss der Ausnahmen aus historisch früherer Zeit stammt als die der Regel. Einzelne besonders auffällige Ausnahmen waren schon vor vielen Jahren bekannt, und legten den Grund für die irrthümliche Ansicht der Regellosigkeit der Vertheilung, während die Regel der relativ grossen Gleichmässigkeit erst vor kurzer Zeit durch Hensen festgestellt werden konnte.

**Zahlenformen.** Einen etwas anderen Charakter erhält die Massenentfaltung für den Betrachter, wenn nicht eine einzige Form, sondern wenn zugleich mehrere an einer Stelle in grossen Mengen zur Entwicklung kommen, oder wenn die in grossen Mengen entwickelte Form im Verhältniss zu den anderen so klein ist, dass sie trotz ihrer überlegenen Zahl der ganzen Flora doch ihren Stempel nicht aufzudrücken vermag und sogar hinter weniger zahlreichen zurücktritt. Solche Formen, die man im Gegensatz zu den auffallenden Massenformen als Zahlenformen bezeichnen kann, finden sich im Plankton nicht selten, z. B. trat in der östlichen Irminger See eine kleine noch nicht bestimmte *Synedra* auf, die in ungeheuren Zahlen erscheint, aber doch dem nicht zählenden Beobachter nicht so auffällt, wie die grosse *Synedra thallassothrix* der westlichen Irminger-See.

**Begleitformen.** Selbst in den extremsten Fällen, wenn eine Pflanzenform die Massen vollkommen beherrscht, sind noch immer zahlreiche andere Arten daneben gewissermaßen als Begleiter vorhanden. So sind z. B. im Herbst, wenn die *Ceratium tripos* als herrschende Massenform auftritt, neben ihr immer noch zahlreiche andere Arten wie *Ceratium fusus*, *furca*, *Peridinium divergens* u. s. w. vorhanden, sie erscheinen aber neben der dominirenden Stellung der ersten nur als Begleitpflanzen.

**Vikariirende Formen.** Die Florengebiete haben nicht nur bestimmte mehr oder minder stark von einander abweichende Florenzusammensetzung, sondern sie lassen auch bezüglich ihrer einzelnen Florenbestandtheile eine Wechselbeziehung erkennen, der Art, dass systematisch nahestehende Formengruppen, Familien, Gattungen oder Arten, sich in verschiedenen Gebieten gegenseitig mehr oder minder vollständig vertreten, sodass die eine Form das eine Gebiet, die andere das andere als ihre Domäne beansprucht. So vertreten sich z. B. verschiedene Arten der Gattung *Chaetoceras* im warmen und im kalten Florenreich. Auch die Gattung *Ceratium* bildet solche vikariirende Formen, z. B. *Ceratium tripos scoticum* (Fig. 20 IV c) im nordöstlichen Golfstrom und *Ceratium tripos labradoricum* im Labradorstrom (Vergl. d. Vegetationsbild Fig. 31 IV u. V E und G.). Ferner *Ceratium tripos balticum* und *tergestinum* (Fig. 20 IV a und b) einerseits und die zahlreichen zersplitterten Typen derselben Art (V, VI, VII Fig. 21—23) andererseits, die erste Gruppe bewohnt das kalte, die zweite das warme Reich. Partielles Vikariat zeigt die Familie der *Phalacromaceen*; die Gattung *Dinophysis* bewohnt das kalte Reich, und die Gattungen

*Phalacrocoma*, *Ornithocercus*, *Histioneis*, *Amphisolenia* nehmen ihren Platz im warmen Reich ein. Die Vertretung ist aber darum nicht ganz vollständig, weil *Dinophysis* im warmen Reich nicht ganz verdrängt wird, sondern mit einem Bruchtheil ihrer Streitmacht auch noch in diesem Gebiete festsetzt.

Korrespondirende Formen. Wenn die Vertretung noch weniger vollkommen ist, so kann man nicht wohl mehr von vikariirenden, sondern man darf nur noch von korrespondirenden Pflanzenformen sprechen, die sich gegenseitig nur partiell in der Weise vertreten, dass der eine Theil der zusammengehörigen Gruppe in dem einen, der andere in dem anderen Gebiet häufiger ist. Solche korrespondirende Formen, die sich nicht mehr in dem Vorkommen selbst, sondern nur noch in der Häufigkeit des Vorkommens vertreten, sind z. B. *Ceratium tripos balticum* der Ostsee und *Ceratium tripos tergestinum* des Labradorstroms und in der Neufundlandbank. In der Irmingersee befinden sich beide Formen im Gleichgewicht. (Vergl. d. Vegetationsbild Fig. 35: C I—II u. G—H. I—II).

\*            \*            \*

Wie es möglich ist, dass sich verschiedene Floren ausbilden konnten bei dem fortwährenden Wechsel des Wassers, und wie es ferner möglich ist, dass sich an einer Stelle eine einmal gebildete Flora halten kann, da alle Individuen der Flora mit dem Strom naturgemäss fortwährend ihren Platz ändern und in ganz andere Gegenden, die gegenwärtig eine ganz andere Flora besitzen, fortgetragen werden, ja, wie weit hier überhaupt eine Stabilität herrscht oder ein stetiger unregelmässiger oder periodischer Wechsel, das sind Fragen und Probleme, die hier bloss angedeutet werden können, deren Lösung aber der Zukunft vorbehalten bleibt. Vermuthungen liessen sich darüber wohl aufstellen, doch haben dieselben ohne experimentelle Basis zu wenig Beweiskraft. Warten wir desshalb lieber die Ergebnisse des exakten Experimentes ab, bevor wir weiter darauf eingehen.

## II. Vegetationsbilder.

### A. Umrisse.

#### Vorbedingungen.

Die Floren geben zwar eine möglichst vollkommene Aufzählung aller in einem Gebiete vorkommenden Formen, sie geben aber über die Mengen dieser Formen nur eine unvollkommene Vorstellung; die Ergänzung zur Flora liefert das Vegetationsbild. Dieses erstrebt keine Vollständigkeit in der Zahl der Formen, aber es sucht eine genauere Abschätzung der Bedeutung der einzelnen Formen für das Zusammenleben aller zu liefern; hierfür sind nicht alle Formen gleich viel werth, sondern wichtige und unwichtige müssen unterschieden werden, die letzteren können theilweise ganz übergangen werden, um die wichtigen dafür zu bevorzugen. Beide Studienweisen müssen sich ergänzen, die Floristik liefert die Basis der Kenntnisse, die Vegetationskunde, Phyteumatik könnte man sie nennen, baut diese nach einer bestimmten Richtung hin aus und liefert damit die Grundlage für biologische Betrachtungen.

Das Vegetationsbild der Landpflanzen offenbart sich dem beobachtenden Auge direkt, der Beobachter sieht überall in der Vegetation nicht nur die einzelnen Pflanzenspecies, sondern er schätzt unwillkürlich die Formen nach ihrer Massenhaftigkeit ein, und wägt zugleich die einzelnen Bestandtheile der Flora bezüglich ihrer Wichtigkeit für die Gesamtvegetation gegeneinander ab.

Für die Hochseephyteumatik ist das ganz anders. Das Auge des Beobachters gewahrt von den ganzen im Wasser vertheilten Pflanzenmassen gar nichts oder im günstigsten Falle sehr wenig, erst durch künstliche Mittel können die Bestandtheile der Vegetation ans Tageslicht gezogen werden und selbst dann gestattet die Kleinheit der Pflanzen noch keinen Ueberblick über das, was man gefangen hat, es muss noch das Mikroskop zu Hülfe gerufen werden zur Scheidung der Komponenten und zur Erkennung der einzelnen Bestandtheile. Selbst die Kenntniss aller Formen liefert aber noch kein Vegetationsbild, dazu muss man noch wissen, wie sich die Komponenten im Meeresraum vertheilen. Um hierüber Aufschluss zu erhalten, ist es unumgänglich nothwendig, das quantitative Element mit in die Betrachtung hineinzuziehen. In erster Linie müssen die Komponenten ihrer relativen Häufigkeit nach gegeneinander abgewogen werden, das ist schon eine schwierige mikroskopische Aufgabe, die durch blosses Abschätzen nur unsichere Resultate giebt. Damit sind die Vorarbeiten für die Gewinnung eines Vegetationsbildes noch nicht beendet. Im Sammelbassin des Netzes und auf dem Objektträger des Mikroskopes sind natürlich immer grössere Mengen von Organismen angehäuft, als in der gleichen Masse Oceanwasser, aus solchen Präparaten ist darum auch ohne Weiteres noch gar kein Urtheil über Reichthum oder Armuth der Vegetation zu gewinnen, die gefundenen Pflanzen muss man sich, um ein Vegetationsbild zu erhalten, in Gedanken rückwärts übertragen in die Wassermassen, aus denen sie gewonnen wurden. Das ist aber nur möglich, wenn nicht nur die gewonnenen Pflanzenmassen, sondern auch die Wassermassen, aus denen sie abfiltrirt waren, bekannt sind, d. h. bestimmt worden sind. Es muss also eine quantitativ analytische Aufgabe gelöst werden, nur auf dem analytisch rechnerischen Wege ist die Basis für ein Vegetationsbild der Hochsee zu gewinnen. Die Ausführung dieser analytischen Aufgabe bildet die Quintessenz der Hensenschen Methodik. Bisher bietet diese Hensensche Methodik die einzige Möglichkeit, alle die angedeuteten Fragen zu lösen: sie bestimmt erst die Wassermassen, die durchfischt werden, bestimmt dann die Planktonmengen, welche gewonnen werden, bestimmt weiter die Mengen der einzelnen Bestandtheile des Planktons und gestattet nun durch Rechnung die Operation rückwärts zu verfolgen, d. h. die nun bekannten Pflanzenmengen in der Anordnung, in der sie vorher vorhanden waren, wieder in das Meer hineinzudenken, und daraus das Vegetationsbild zu konstruiren; sie löst also dieselbe Frage, die das Auge des Beschauers für die Landflora direkt durch das bloss Anschauen löste, für die Planktonflora aber nicht lösen konnte, auf indirektem, analytischem Wege, erhält dabei allerdings auch grössere Genauigkeit als der bloss schätzende Blick des Landbeschauers erreichen kann, und die dieser für das Land erst durch die schwierige analytische Methode der Erntestatistik gewinnen kann.

Früher gab es keine Methode, um dieser Frage überhaupt näher zu treten, nur die Species konnten bestimmt werden, und dabei die ersten Vorbedingungen für eine Floristik, aber

nicht für eine Phyteumatik gewonnen werden. Daher erklärt es sich auch, dass sich früher noch Niemand an die Aufgabe heranwagen konnte, ein Vegetationsbild von irgend einem Abschnitt der Hochsee zu entwerfen. Auf Grund der Funde der Plankton-Expedition lässt sich jetzt der erste Versuch, diese Lücke auszufüllen, schon wagen, für einen beträchtlichen Theil des atlantischen Oceans wenigstens. Ein definitives, abschliessendes Bild dessen, was jetzt schon erreicht werden kann, kann natürlich erst dann gegeben werden, wenn die stetig fortschreitende Auszählung der Planktonfänge der Expedition beendet ist, und dieses muss daher auf die später folgenden speciellen Abhandlungen verschoben werden. Hier müssen wir uns beschränken auf einen kurzen vorläufigen Ueberblick über einige wenige ausgewählte Gebiete. Bei der Auswahl derselben schliesse ich mich an die vorhin umgrenzten Florenggebiete an, indem ich versuche, für die wichtigsten derselben je ein Vegetationsbild zu entwerfen.

#### Bild der Gesamtvegetation (Totalbild).

Aus jedem der zu zeichnenden Gebiete nehme ich einen Punkt und lege dem Bilde den an diesem Punkte gemachten Planktonfang zu Grunde. Als Beispiel für die Ostsee wähle ich drei von den Fängen, die Hensen mit der zweiten HOLSATIA-Expedition gemacht hat<sup>1)</sup> u. zw. den Fang von Polangen als Beispiel für die östliche Ostsee, den von Arkona für die mittlere, und den von Fehmarn für die westliche Ostsee, im Uebrigen beziehe ich mich auf die quantitativen Planktonfänge der Plankton-Expedition, und zwar soll als Beispiel dienen für Nordsee Station XI 4, Golfstrom VII 20 a  $\beta$ , Irmingersee VII 23 b  $\alpha$ , Labradorstrom VII 29 b, Newfoundlandbank VII 31 a, Sargassosee VIII 18 b.

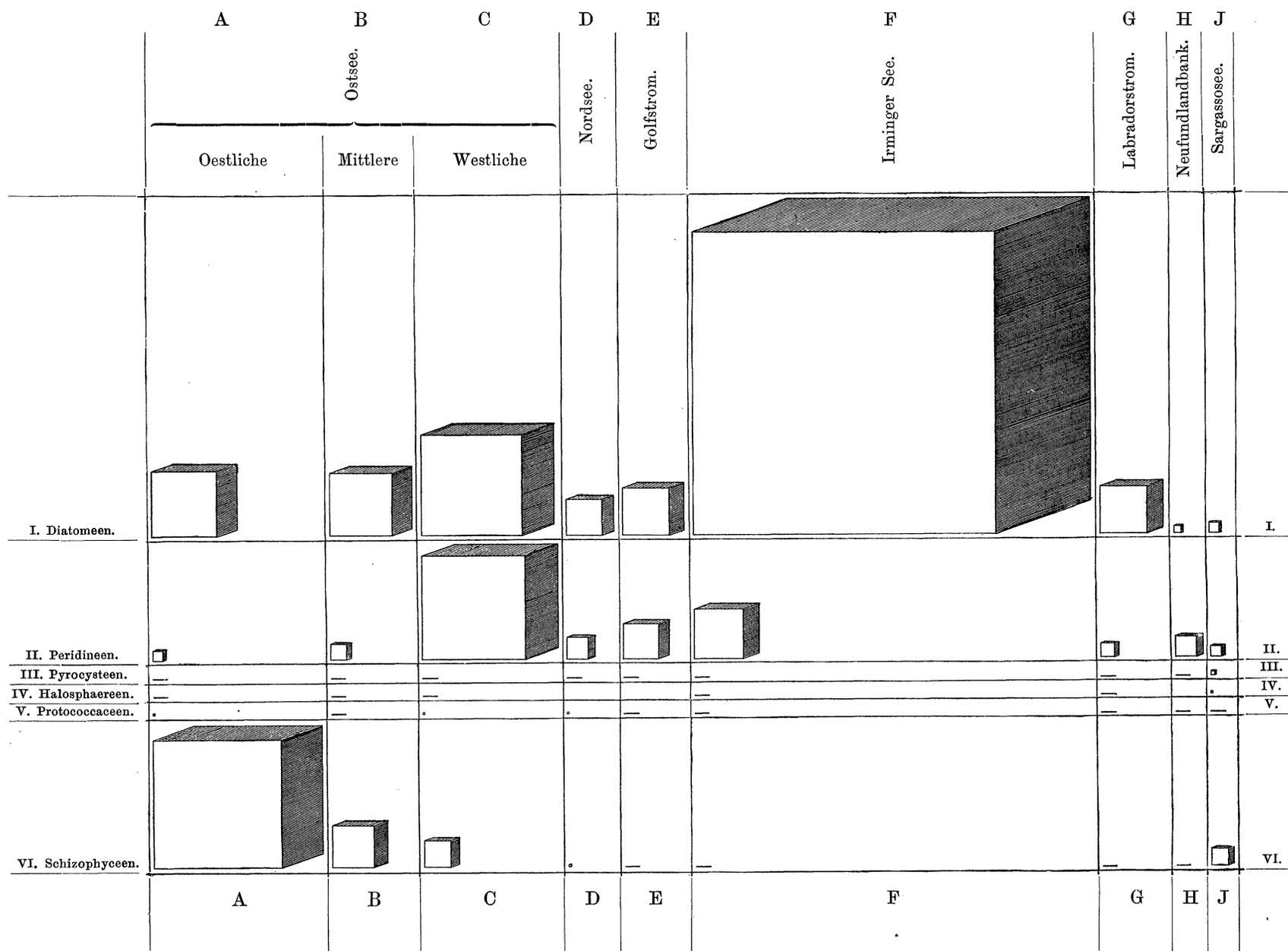
Für die Zeichnung des Vegetationsbildes selbst wähle ich eine von der gewöhnlichen etwas abweichende Methode der Darstellung. Ausgehend von dem Erfahrungssatz, dass die einfachste Abbildung mehr sagt, als viele Worte, werde ich versuchen, die Vegetationsverhältnisse graphisch in der Weise darzustellen, dass die Figuren die relativen Mengen ausdrücken, die in den verschiedenen Gebieten von den verschiedenen Pflanzenklassen gefunden worden sind. Die früher für ähnliche Zwecke (Karte der Planktonvolumina) gewählte Darstellungsart, (die die gefundenen Werthe als Ordinaten im Fangort auf die als Abscissenaxe gewählte Reiseroute aufträgt), trotzdem sie sich dort wegen ihrer Kompendiosität und Uebersichtlichkeit empfahl, war hier nicht anwendbar wegen der zu grossen Verschiedenheit der darzustellenden Grössen; ich stelle desshalb die Zahl nicht direkt dar, sondern ihre Kubikwurzel und zwar als Linie, indem ich sie als Seite eines Würfels zeichne. Dieser Würfel giebt dann ein direktes Anschauungsbild für die gefangenen Pflanzenmengen, das Volumen desselben ist proportional der Zahl der Individuen der betreffenden Pflanzenklasse unter der Flächeneinheit des Meeres an der betreffenden Stelle des angegebenen Florenggebietes. Als Flächeneinheit der Meeresoberfläche wurde gewählt 0,1  $\square$ m, als Volumeneinheit des Würfels<sup>2)</sup> je einem Individuum entsprechend 0,0003 cbmm.

<sup>1)</sup> Hensen, Die Expedition der Sektion für Küsten- und Hochseefischerei. VI. Ber. d. Kommiss. z. w. Unt. d. D. Meere in Kiel. Schlusstabelle.

<sup>2)</sup> Es wurden der Darstellung die bei der Auszählung direkt erhaltenen Zahlen ohne Reduktion zu Grunde gelegt, sie entsprechen also nicht absolut genau 0,1  $\square$ m Meeresoberfläche, sondern 0,1  $\square$ m Netzöffnung.

Die verschiedenen Vegetationsbilder stelle ich so zusammen, dass die Horizontalkolumnen die Mengen je einer Pflanzenklasse <sup>1)</sup> in den verschiedenen Stromgebieten geben, die Vertikalkolumnen aber ein Uebersichtsbild über die Gesamtflora des am Kopf der Kolumne bezeichneten Floren-

Fig. 34.  
Graphische Darstellung  
der  
Gesamt-Vegetation.



<sup>1)</sup> Die Halosphaeren wurden als echte Hochseepflanzen von den übrigen Protococcaceen, die mehr Küstenepflanzen sind, getrennt. In Rubrik D E H sind auch *Halosphaeren* gefangen, aber in so geringen Mengen, dass die Würfel so klein wurden, dass sie in der Zinkographie nicht mehr hervorgekommen sind.

gebietes darstellen; je eine Vertikalkolumne entspricht also einem vollkommenen Vegetationsbilde, in das nur die Flagellaten, mit Einschluss der Dictyocheen und Xanthelleen, nicht mit aufgenommen wurden, weil die Bestimmung ihrer Zahl noch zu ungenau ist.

— Bedeutet, dass die betreffende Klasse an der Stelle fehlt.

Da die Tafel eine anschaulichere und genauere Vorstellung von den wirklichen Vegetationsverhältnissen giebt, als eine lange Beschreibung, so kann ich mich hier auf wenige Worte des Kommentars mehr zusammenfassender Natur beschränken, umsomehr, da ja schon in den früheren Theilen der Arbeit mehrfach Verhältnisse, die in dieses Gebiet schlagen, besprochen oder doch schon erwähnt worden sind.

Die Vergleichung der Vertikalkolumnen miteinander giebt in erster Linie eine direkte Anschauung von dem kolossalen Reichthum an Pflanzenwuchs im kalten Florenreich (vergl. A—H) im Vergleich zu dem durch die Sargassosee (J) repräsentirten warmen Reich; ferner kommt in dem Bilde recht scharf zum Ausdruck, aus wie wenigen Pflanzenklassen die Hochseeflora sich zusammensetzt und wie stark von diesen die drei Klassen der Diatomeen (I), der Peridineen (II) und der Schizophyceen (VI) alle anderen überwiegen.

Die drei Hauptklassen betheiligen sich in den verschiedenen Gebieten in verschiedenem Verhältniss an der Ausbildung der Vegetation.

Im kalten Reich (A—H) überwiegen im allgemeinen die Diatomeen die beiden anderen Gruppen in der Irmingersee sogar sehr beträchtlich. Eine Ausnahme macht die östliche Ostsee, wo die Schizophyceen besonders stark vertreten sind. Diese Entwicklung der Schizophyceen ist aber auf die Einwirkung des Brackwassers zurückzuführen; der Vergleich der Rubriken VI A B C bringt sehr deutlich die Abnahme der Schizophyceenmenge bei Zunahme des Salzgehalts zur Anschauung. In den kalten Ozeangebieten zeigen sich die Schizophyceen nicht vertreten.

Im warmen Florenreich (J) ist das Vegetationsbild ein ganz anderes. Das Uebergewicht der Diatomeen ist gebrochen, die Peridineen überwiegen sogar etwas und beide werden noch überragt von Schizophyceen. Die hier zur Wirksamkeit kommenden Vertreter der Schizophyceen haben jedoch eine andere Bedeutung, als diejenigen der Ostsee; letztere sind Küstenformen, erstere echte Hochseepflanzen. Pyrocysteen und Halosphaereen (J III u. IV) sind nur noch in diesem Reich bemerkenswerth.

Für ein Vegetationsbild ist die auf der Flächeneinheit des Gebietes vorhandene Pflanzenmasse maßgebend. Die gewählte graphische Darstellung giebt aber nur die Zahl. Das Bild würde sehr an Werth gewinnen, wenn man die Zahlen in Massen umrechnete. Um den dazu nöthigen Reduktionsfaktor zu erhalten, wäre es aber nöthig, für jede Species das mittlere Trockengewicht des Individuums an organischer Substanz zu ermitteln, eine Aufgabe, die so grosse experimentelle Schwierigkeiten hat, dass sie praktisch noch nicht durchgeführt werden konnte.

Der Fehler, der durch Unterlassung dieser Reduktion begangen wird, ist aber nicht so gross, wie es auf den ersten Blick erscheint. Bei der sehr grossen Verschiedenheit in der

Fig. 35.  
Graphische Darstellung  
der  
Peridineen-Vegetation.

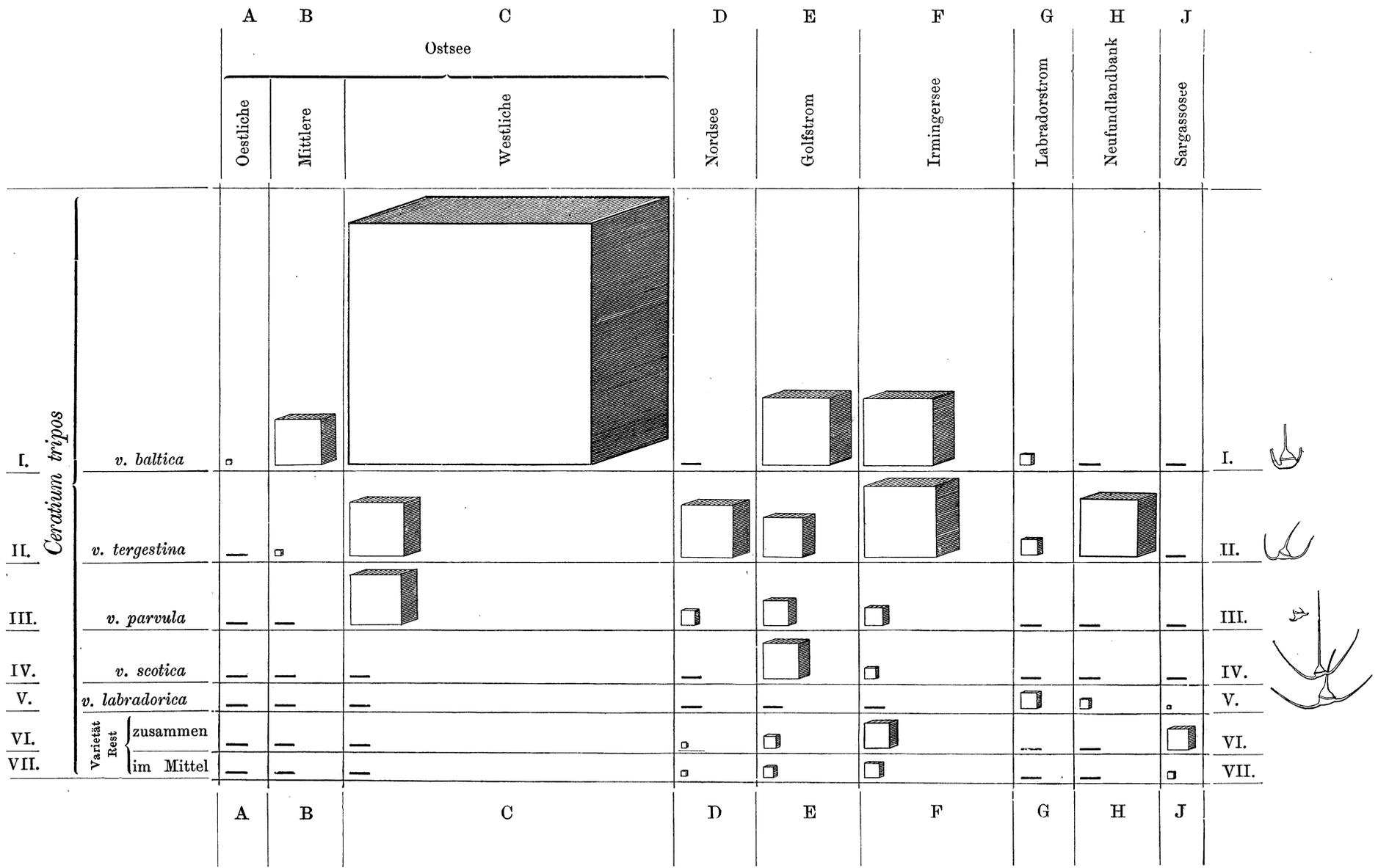


Fig. 35.  
Graphische Darstellung  
der  
Peridineen-Vegetation.



Masse der einzelnen Bestandtheile der Landflora wäre eine entsprechende Reduktion der Zahl auf Masse nicht zu umgehen; gegenüber der Verschiedenheit der Landpflanzen sind aber die Massenunterschiede der Hochseepflanzen untereinander nur sehr gering. Die hier zum Vergleich kommenden Pflanzen schwanken zwar auch bezüglich ihrer Grösse und ihres Gehaltes, aber doch nur innerhalb relativ geringer Grenzen und gleichen sich innerhalb jeder Klasse in Summa wieder soweit aus, dass wir das gegebene Bild der Individuenzahlen auch als Bild der Massen betrachten können, ohne einen Fehler zu begehen, der grösser ist, als es für ein erstes vorläufiges Uebersichtsbild über das Gesamtgebiet erlaubt erscheint.

#### Bild der Vegetationskomponenten (Partialbilder).

Der vorher gerügte Fehler wird noch geringer, wenn wir jede Klasse für sich betrachten. Für alle Klassen die Zeichnung auszuführen ist noch nicht möglich, würde auch an dieser Stelle zu weit führen, ich beschränke mich deshalb auf eine Klasse. Das Bild der Peridineenvegetation (Fig. 35)<sup>1)</sup> mag als Beispiel dafür dienen, wie sich die speciellere Behandlung des Stoffes gestalten wird.

Das gegebene Bild zeigt eine sehr verschiedene Behandlung der einzelnen Glieder, einerseits geht es selbst auf einzelne Varietäten einer Species ein, während es auf der anderen Seite sogar eine grosse Reihe von Gattungen in einer Kolumne vereinigt zeigt. Es bringt damit direkt zur Anschauung die verschiedene Wichtigkeit der verschiedenen Pflanzengruppen für die Phyteumatik im allgemeinen, und es lehrt ferner im speciellen, dass gerade die ausgewählten Varietäten für das biologische Verhalten der Hochsee die anderen grossen Gruppen von Arten, Gattungen und selbst Familien an Bedeutung weit überragen.

Besonders klar ergibt sich die biologische Ueberlegenheit der Gattung *Ceratium* über alle anderen Peridineen. (I—X behandelt *Ceratium*, XI—XVII alle anderen Gattungen.) Von dieser Gattung machen wiederum nur drei Arten die Hauptvegetation aus. I—VII behandelt nur die Art *Ceratium tripos*, VIII *C. furca*, IX *C. fusus*. Wie wenig alle übrigen Arten der Gattung sich mit diesen drei messen können, zeigt X, welches den Rest der Arten von *Ceratium* zusammenfasst. Zu einer relativ bemerkenswerthen Bedeutung kommen sie nur in dem an zersplitterten Typen reichen Warmwasserreich (J X). Die 5 ersten Horizontalkolumnen geben den Antheil der 5 wichtigsten Varietäten von *Ceratium tripos*, sie zeigen ferner, auf welche Gebiete die Typen beschränkt sind (z. B. IV E F), (V G H [J]), oder wo sie bei weiterer Ausdehnung ihr Vegetationscentrum haben (z. B. I in C), (IV in E), (V in G). VI, das alle übrigen Varietäten von *Ceratium tripos* zusammenfasst, zeigt, wie wenig im nordischen Reich, trotz der Zersplitterung der Art in Varietäten, diese zusammengenommen gegen die wenigen Hauptvarietäten, relativ so wie absolut, aufkommen können. Der Unterschied der Würfel von VI und VII endlich giebt ein Maass für den Grad der Zersplitterung in Varietäten, da VII die mittlere Grösse für jede einzelne Varietät, die in VI summirt sind, angiebt. Die Vergleichung

<sup>1)</sup> Dies Bild ist stärker vergrössert als das vorige (Fig. 90). Der Maassstab für die Flächeneinheit ist derselbe, d. h. 0,1 □m; für das Volumen wurde eine andere Einheit gewählt. cr. 0,0075 cbmm entsprechen je einem Individuum unter 0,1 □m Meeresoberfläche.

dieser beiden Kolumnen zeigt das Zunehmen der Zersplitterung beim Fortschreiten von A nach J; in der Ostsee ist sie gleich 0, im kalten Ozeangebiet noch klein, dagegen sehr bedeutend im heissen Wasser der Sargassosee. Die der Sargassosee angehörende Vertikalkolumne J zeigt überhaupt den Unterschied der Vegetation des kalten und des warmen Reiches nicht weniger deutlich als das allgemeine Vegetationsbild (Fig. 34).

Die Horizontalreihen XI und XII geben die nächst *Ceratium* wichtigsten Peridineengattungen *Peridinium Gonyaulax* und *Goniodoma*. Für die Ostsee sind diese drei Gattungen in einer Reihe vereinigt, weil hier für sie keine getrennten Bestimmungen vorlagen. XIII giebt die besonders für den nordöstlichen Arm des Golfstroms wichtige Gattung *Pyrophacus*. XIV—XVI zeigt die Familie der *Phalacromaceen* in drei gesonderten Reihen, XIV die mehr im Norden zu Bedeutung kommende Gattung *Dinophysis*, XV die entsprechende nahe verwandte südliche Gattung *Phalacroma* und XVI die wunderlich gestalteten Tropengattungen *Ornithocercus*, *Histioneis* und *Amphisolenia*; XVII endlich fasst alle übrigen Peridineen zusammen.

#### Mängel und Wünsche.

Wenn dieser nach einem Theile des Expeditionsmaterials gemachte erste Versuch der Zeichnung eines Vegetationsbildes auch noch recht unvollständig ist, so mag das Fehlende doch damit entschuldigt werden, dass es der erste Schritt in ein bisher noch ganz unbekanntes Gebiet ist, der eben versucht wurde, und von einem solchen ersten Versuch kann man naturgemäss nicht die Vollständigkeit verlangen, die man erwarten darf, wenn das Gebiet vollkommen nach allen Richtungen hin durchforscht ist.

Zwei Hauptmängel machten sich bei der Darstellung der oceanischen Planktonverhältnisse in sehr störender Weise geltend, das ist die räumliche und die zeitliche Begrenzung des Untersuchungsmaterials. Wir sind bisher noch allzusehr auf das Material der Planktonexpedition allein angewiesen, aber eine einzelne Expedition, wenn sie im Ocean auch hin- und herkreuzt, lässt doch immer grössere Lücken übrig, als für die Vollständigkeit der Darstellung wünschenswerth wäre. In floristischer Beziehung darf man wohl hoffen, dass durch zahlreiche Sammlungen von Privaten, wenn diese die Nothwendigkeit genauer Ortsangaben genügend im Auge behalten, sich nach und nach genügendes Material für eine vollständige Flora ansammeln wird. Für die Darstellung der viel wichtigeren Vegetationsbilder sind die Vorbedingungen aber viel weniger günstig, weil diese sich auf quantitative Fragen basirt. Da die quantitative Bearbeitung des Materials, die für das Abwägen der Bedeutung der Pflanzen für die Gesamtvegetation nöthig ist, eine Fischerei verlangt, die ebenfalls nach den Grundsätzen der quantitativen Analyse ausgeführt ist, und da diese wiederum Hilfsmittel verlangt, die den privatim reisenden Naturforschern und Sammlern gewöhnlich nicht zur Verfügung stehen, so sind wir mit unseren Fortschritten an das Zustandekommen von Plankton-Expeditionen gebunden. Dass weitere solche Expeditionen ausgeführt werden mögen, um die Funde der ersten zu ergänzen, das ist zwar ein dringender Wunsch für die allgemeine Meeresbiologie, in nächster Zeit dürfte er aber wohl noch ein sogenannter »frommer Wunsch« bleiben.

Noch schwerer als für diese örtliche Frage sind die Lücken auszugleichen, welche die Beschränkung der Untersuchungen auf eine bestimmte Zeit mit sich bringt. Es musste naturgemäss der Anfang damit gemacht werden, die Vegetationsbilder für eine bestimmte Zeit zu entwerfen; eine weitere Aufgabe wird es dann sein, die Veränderungen dieser Vegetation im Laufe der Jahreszeiten festzustellen. Der Anfang dazu ist in der westlichen Ostsee schon gemacht. 1884—85 verfolgte Hensen die Vegetation dieses Gebiets in monatlichen Zeitperioden. Seitdem habe ich selbst die Veränderungen dieser Vegetation im Laufe der Jahreszeiten stetig im Auge behalten und werde demnächst darüber berichten. Nächstem liegt für das Studium der zeitlichen Schwankungen der Planktonvegetation nur für den Golf von Neapel Material vor in Fängen, die ich im Winter 1888—89 dort mit Unterstützung der zoologischen Station ausführte. Für den Ocean fehlen grundlegende Untersuchungen auf diesem Gebiet noch ganz, und diese grosse Lücke auszufüllen dürfte voraussichtlich noch ziemliche Zeit in Anspruch nehmen, dass es aber endlich doch gelingen wird, die Mittel zu finden, um auch hier die Frage in Angriff zu nehmen und zu lösen, das ist eine Hoffnung, die wir im Interesse des Fortschrittes der biologischen Wissenschaften uns nicht rauben lassen wollen.

### B. Vegetationsfarbe.

Die produktive, assimilatorische Thätigkeit der Pflanzen ist gebunden an das Vorhandensein der im Zellplasma liegenden Chromatophoren, deren Funktion wiederum abhängt vom Chromophyllfarbstoff, der sie durchtränkt, und damit den assimilirenden Pflanzentheilen stets seine Eigenfarbe mittheilt. Diese von den Chromatophoren ausgehende Assimilationsfarbe ist so auffällig und charakteristisch, dass, wo immer assimilirende Pflanzen gedeihen, die Natur sich auch in die Farbe der Chromatophoren kleidet. Diese wird damit zum Charakteristikum der Vegetation überhaupt, zur *Vegetationsfarbe*.

Ueberall tritt uns deutlich die Wirkung dieser Vegetationsfarbe entgegen; das Aussehen der ganzen Erde wird durchweg von dieser Farbe beherrscht. Auf dem Lande ist uns das Grün der Pflanzendecke so alltäglich geworden, dass wir uns die Erde gar nicht mehr ohne diesen Anstrich zu denken vermögen, auf der Hochsee sehen wir jedoch keine Vegetation. Wir glauben dort nur Wasser unter uns zu sehen, Wasser, das freilich verschieden gefärbt ist, bald grün, bald gelb, bald blau erscheint, aber an eine Beziehung der Wasserfarbe zur Pflanzenfarbe wird man nur gemahnt in den seltenen Fällen, wo die Pflanzen so dicht gehäuft erscheinen, dass sie den sonst gewohnten Ton des Wassers verfärben und auffällige Flecke verursachen. Doch lehrt eine einfache Ueberlegung, dass die Hochsee überall ihre eigene Vegetationsfarbe haben muss.

Da sich auch in der Hochsee fern von den häufig konstatirten auffälligen, durch Pflanzen verursachten gelben Flecken überall ein mehr oder minder reiches Leben entfaltet, und da dieses hier ebenso gut wie auf dem Lande vom Vorhandensein von Chromophyllfarbstoff abhängig ist, so können wir ohne Weiteres sagen, dass diese Farbe in dem durchsichtigen Wasser eben so wenig verschwinden kann, wie in der Luft. Es kann wohl ein grösserer Theil der Strahlen von dem weniger durchsichtigen Wasser absorbirt werden als von der durchsichtigeren

Luft, aber ein anderer Theil muss reflektirt werden, und kann darum von uns als Chromatophorenfarbe überall im Meere erkannt werden, wenn wir nur die Farbe zu analysiren verstehen.

Das Wasser der See ist auch im pflanzenfreien Zustande nicht farblos; wie die Luft absorhirt es vom weissen Sonnenlicht einen Theil der rothen Strahlen und verleiht dem durchdringenden Rest einen bläulichen Farbenton. Diese Eigenfarbe des Wassers muss sich mit der Reflexfarbe des Chromatophoren zu einer Mischung verbinden, deren Totalwirkung von der Menge und Qualität ihrer Komponenten abhängt. Als wechselnde Komponenten kommen in Betracht die pflanzlichen Chromatophoren, von deren Zahl, Farbe und Stellung die Veränderung abhängt, welche die reine Eigenfarbe des Wassers erfährt. Die pflanzlichen Chromatophoren der Hochsee sind durchweg gelb gefärbt, von grüngelb bis braungelb<sup>1)</sup>. In ihrer Wirkung summiren sich alle Chromatophoren, wir können also ihre verändernde Wirkung auf die Wasserfarbe proportional ihrer Menge annehmen. Diese Wirkung wird immer dahin zielen, die blaue Farbe des Wassers nach der gelben Seite des Spektrums hin zu verschieben. Wenn wir genau ihre Zahl kennten, die Tiefe, in der sie schweben und ihr quantitatives Spektrum, alles Faktoren, deren experimentelle Ermittlung nicht als unmöglich erscheint, so müssten wir daraus berechnen können, wie sie die Farbe des Wassers verändern, und nach der quantitativ spektroskopischen Bestimmung der Eigenfarbe des Wassers würden wir daraus theoretisch die Vegetationsfarbe des Meeres konstruiren können.

Die experimentelle Basis für diese synthetische Aufgabe ist noch nicht gewonnen; doch können wir die Richtigkeit unseres Schlusses schon jetzt an Versuchen objektiv prüfen, indem wir nach Hensen die Pflanzenmengen in der See bestimmen und damit die Wasserfarbe vergleichen.

Dass bei dieser Vergleichung Störungen in der Beurtheilung der Wasserfarbe durch Lichtreflexe (Spiegelung von Wolken und Himmel im Wasser) und Bodenfarbe ausgeschlossen werden müssen, versteht sich von selbst. Auch die selteneren Fälle, wo sich Pflanzen an der Oberfläche ansammeln und hier eine dichte Schicht (Wasserblüthe) bilden, die die Wasserfarbe ganz oder theilweise verdecken, sind als Störungen, die für sich betrachtet werden müssen, hier auszuschliessen, und nur der Zustand der See, der dem Auge scheinbar nur Wasserfarbe ohne erkennbare Pflanzen bietet, ist für die Ermittlung der Vegetationsfarbe der Hochsee zu verwenden.

Senken wir unser Planktonnetz ins Meer, so erhalten wir ein ganz verschiedenes Bild, je nachdem dieses in der Ostsee, im Mittelmeer oder in anderen Gebieten geschieht. Zwei Faktoren sind dabei streng auseinander zu halten, erstens Trübung und zweitens Farbenänderung. Die Hochseeorganismen sind, dank ihrem grossen Wasserreichthum, sehr durchsichtig, aber nicht vollkommen. Sie müssen also eine Trübung des Wassers hervorrufen, die um so grösser ist, je mehr und je undurchsichtigere Organismen im Wasser schweben. Bei grossem Reichthum an Organismen kann das Meer darum weniger durchsichtig erscheinen als bei Armuth an Lebewesen. Dass grosse Durchsichtigkeit des Wassers nicht vereinbar ist mit grossem Reichthum an Organismen, darauf ist schon von Hensen aufmerksam gemacht worden, hier interessirt uns diese Erscheinung nur nach ihrer Beziehung zur Erscheinung der Farbenänderung. Bei gleichen qualitativen Eigenschaften ist sowohl die Trübung, wie die Verschiebung der blauen Grundfarbe nach gelb hin,

<sup>1)</sup> Die grünen Pflanzen spielen in der Hochsee eine so geringe Rolle, dass ich bei dieser allgemeinen Betrachtung von ihrer nur modificirenden Wirkung absehen konnte. Für die mehr lokalisirten Flächen (Brackwasser), wo sie stärker gehäuft vorkommen, üben sie natürlich eine stärkere Wirkung aus. Die obige Betrachtung gilt auch für diese, jedoch mit der Einschränkung, dass die verändernde Wirkung nicht bis zum gelben Theil des Spektrums fortschreitet, sondern beim Grün stehen bleibt.

wenn nicht direkt proportional, so doch eine Funktion der Menge der im Wasser vertheilten Organismen, wobei letztere nur von den Pflanzen, erstere von Pflanzen und Thieren gleichzeitig abhängt. Vegetationsfarbe und Wassertrübung werden also auch in einem funktionellen Verhältniss zu einander stehen.

Vergleicht man die in den früher gegebenen Vegetationsbildern (Fig. 34) dargestellten Pflanzenmengen der verschiedenen Gebiete mit der Wasserfarbe unter besonderer Berücksichtigung der Grösse der Abweichung von der blauen nach der gelben Seite des Spektrums hin, so ergibt sich ein Parallelismus, der geradezu frappant ist.

Die Ostsee mit ihrem kolossalen Pflanzenreichthum lässt von dem klaren Blau der Eigenfarbe des Wassers nichts mehr erkennen; in den Zeiten ihres grössten Reichthums, welcher selbst die grossen Fänge der Irminger See noch fast um das Zehnfache übersteigt<sup>1)</sup>, erscheint sie als trübe, schmutzig gelbliche Fluth. Die verhältnissmässig reichen Diatomeenfunde des arktischen Wassers und seine grüne Farbe entsprechen einander nicht weniger, als die grosse Pflanzenarmuth des kobaltblauen Tropenmeeres.

Auch die Durchsichtigkeit des Wassers läuft hiermit parallel: Die gelbe Ostsee lässt in ihren trüben, reichen Tagen das weisse Netz schon in Tiefen von wenigen Metern dem Blick entschwenden, das grüne Nordwasser bringt uns Lichtstrahlen schon aus grösserer Tiefe zurück, und welchem Besucher des Mittelmeeres wäre nicht die grosse Klarheit und Durchsichtigkeit der blauen Fluthen bekannt? Die Beobachtungen der Durchsichtigkeit, der Farbe und des Planktongehalts des Wassers bestätigen sich wechselseitig, und alle drei Methoden führen zu demselben Schluss: dass das reine Blau die Wüstenfarbe der Hochsee ist. Dem Grün der Wiesen vergleichbar ist die Vegetationsfarbe der arktischen Fluthen; doch die Farbe üppigster Vegetation, des grössten pflanzlichen Reichthums, ist das schmutzig grünliche Gelb der seichten Ostsee.

---

<sup>1)</sup> Grösster bisher gemachter Fang in der Irminger See 241 cc, in der westlichen Ostsee 1695 cc. cf. Schütt, Anal. Planktonstudien p. 53.

This book is a preservation facsimile produced for  
the University of Illinois, Urbana-Champaign.  
It is made in compliance with copyright law  
and produced on acid-free archival  
60# book weight paper  
which meets the requirements of  
ANSI/NISO Z39.48-1992 (permanence of paper).

Preservation facsimile printing and binding  
by  
Northern Micrographics  
Brookhaven Bindery  
La Crosse, Wisconsin  
2012

