



*für die Bibliothek
D. Anker*

Einiges aus dem Gebiete der Planktologie

nebst

Bemerkungen zur Frage der Einführung derselben
an höheren Schulen.

Von

Dr. Josef Schiller.



Auszug aus dem Jahresberichte
der deutschen Staats-Oberrealschule in Triest,
Schuljahr 1907—1908.

TRIEST.

Buchdruckerei des österr. Lloyd

1908.

Einiges aus dem Gebiete der Planktologie

nebst

Bemerkungen zur Frage der Einführung derselben
an höheren Schulen.

Von

Dr. Josef Schiller.



Auszug aus dem Jahresberichte
der deutschen Staats-Oberrealschule in Triest,
Schuljahr 1907—1908.

TRIEST.

Buchdruckerei des österr. Lloyd

1908.

123456789

Königreich von Preußen

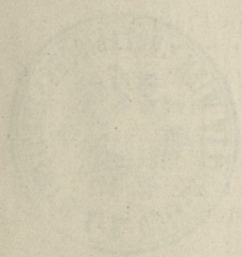
Verord-

zur Ausführung des Gesetzes über die

Einrichtung der Schulen

Vom

Minister des Inneren



Am 1. März 1874

Im Namen des Königs

Der Minister des Inneren

Dr. Carl von Dönhoff

Dr. Carl von Dönhoff

Dr. Carl von Dönhoff

Dr. Carl von Dönhoff

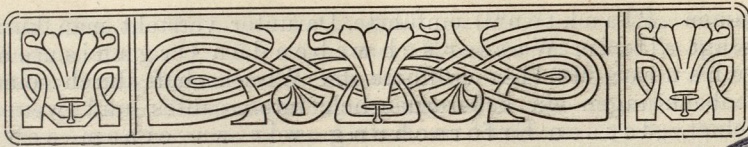
Dr. Carl von Dönhoff

Dr. Carl von Dönhoff

Vertheilung

an die Provinzialverwaltungen

1874



Liest man die Reisebeschreibungen der Seefahrer und Naturforscher des 17. und 18. Jahrhunderts, so findet man darin eine große Anzahl von Angaben über wunderbare Organismen, die an der Oberfläche des Meeres oder in einiger Tiefe teils einzeln, teils in ungeheuren Scharen beobachtet wurden und die durch ihre Formenschönheit, das prächtige Farbenspiel, das Leuchtvermögen und vieles andere die Phantasie mächtig anregten. Diese Tier- und Pflanzenformen fanden denn auch meistens schon während jener Zeiten ihre Bearbeiter. Sie hatten aber keine Ahnung von der Tatsache, daß diese schon mit freiem Auge wahrnehmbaren Organismen der Gewässer nur einen verschwindend kleinen Bruchteil denen gegenüber darstellen, die mit freiem Auge entweder gar nicht oder doch nur in undeutlichen Umrissen erkannt werden können, so daß diese Organismen unbekannt blieben, da auch die Apparate zu ihrem Fange fehlten.

Es war im Jahre 1845, als der berühmte Berliner Naturforscher Johannes Müller, mit dem Studium der Entwicklung der Echinodermen beschäftigt an den Küsten Helgolands weilte. Um nun die im Wasser schwebenden Eier derselben in größerer Menge zu erhalten, als ihm dies durch Wasserschöpfen gelang, benützte er ein sackartiges Netz, das aus Müllergaze bestand, durch welches das Wasser leicht filtrierte, während die Organismen größtenteils zurückgehalten wurden. Unser Forscher war aufs höchste überrascht, als er sah, daß eine neue noch unbekannte Welt von mannigfaltigen und sonderbaren tierischen und pflanzlichen Organismen unter seinen Augen sich entfaltete. „Pelagischen Mulder“ oder „Auftrieb“ nannte er die Summe dieser Organismen, wofür später V. Hensen den jetzt vollständig eingebürgerten

Namen „Plankton“¹⁾ einführte. Darunter versteht man kurz gesagt alle im Wasser schwebenden Organismen. Johannes Müller eröffnete der Wissenschaft durch seine Beobachtungen ein außerordentlich interessantes und weites Gebiet, „dessen Erforschung wir zu einem sehr großen Teile die gewaltigen Fortschritte verdanken, welche unsere Erkenntnis des organischen Lebens im letzten Jahrhundert gemacht hat“. (Häkel, Planktonstudien p. 1.) Es waren zunächst hauptsächlich die tierischen Mikroorganismen des Süßwassers sowohl als auch der Meere, die einem eingehenden systematischen Studium unterzogen wurden; die Pflanzen wurden anfänglich vernachlässigt. Doch änderte sich dies schon infolge der Challenger-Expedition (1873—1876), deren Führer Sir Wyville Thomson und Dr. John Murray auch den pflanzlichen Organismen der Hochsee ihre Aufmerksamkeit zuwendeten und davon ein reiches Material erbeuteten, dessen Bearbeitung bekanntlich der italienische Forscher Castracane übernahm. Dadurch, daß die Challenger-Expedition mit gleicher Sorgfalt die oberflächlichen Wasserschichten wie auch die tieferen bis zum Grunde der eingehendsten Untersuchung unterwarf, soweit die damaligen Hilfsmittel dies zuließen, wurde festgestellt, daß nicht bloß die oberflächlichen Wasserschichten des Meeres mit enormen Mengen von Organismen bevölkert, sondern daß auch die mittleren und tiefsten Schichten reichlich bewohnt sind. „Überall haben wir,“ sagt Murray schon in seinem „Preliminary Report“ (1876), „ein reiches organisches Leben angetroffen. Wenn lebende Wesen an der Oberfläche spärlich sind, wird das Taunetz gewöhnlich zahlreiche Formen unterhalb derselben liefern, in einer Tiefe bis zu tausend Faden und mehr. Wir haben nirgends eine wirklich „unfruchtbare, von organischem Leben entblößte Region angetroffen“. An die Challenger-Expedition reihen sich eine Menge andere: die Gazelle-Expedition (1878), Blacke-Expedition (1878), Den Norske Nordhavs-Expedition (1876—1878), die italienische Expedition auf der königl. Kriegskorvette „Vettor Pisani“ (1882—1885), die deutsche National-Expedition (1889), die österr. „Pola“-Expedition (1890—1894) und die jüngste unter diesen, die große deutsche Tiefsee-Expedition „Valdivia“. War das Ziel der älteren Expeditionen hauptsächlich die Erforschung der physikalischen Verhältnisse der Meere und der noch ganz unbekannten Tiefsee-Fauna, so verdanken wir doch allen, besonders aber den drei zuletzt genannten sehr wichtige Entdeckungen über die Lebewelt der freien Wasserschichten und deren biologische

¹⁾ von πλάζω: πλαγχτός = hin und her getrieben, irrend.

Verhältnisse. Während durch diese großen Meeres-Expeditionen festgestellt wurde, daß ungeheure Mengen von mikroskopischen Schweborganismen die Ozeane von der Oberfläche bis zu den größten Tiefen bevölkern, hatte man unterdessen auch die Binnengewässer auf ihren Gehalt an Plankton untersucht und auch hier überall reiches pflanzliches und tierisches Leben angetroffen. Es ist erklärlich, daß sich die Forschung lange Zeit hindurch hauptsächlich auf systematischen Bahnen bewegte und eine riesige Fülle neuer Tier- und Pflanzenformen zutage förderte. Indessen gingen doch auch die Anatomie, Histologie, Ontogenie und Phylogenie, sowie die Oikologie nicht leer aus. So bearbeitete Häckel das gewaltige Material an Radiolarien — die Bearbeitung beanspruchte bekanntlich zehn Jahre, die Resultate sind in 3 Bänden mit 140 Tafeln niedergelegt — nicht bloß auf systematischer Grundlage, sondern auch von allgemein oikologischen Gesichtspunkten aus, und Karl Chun, der Leiter der Valdivia-Expedition, lieferte über die gesetzmäßige vertikale Verteilung des Planktons im Mittelmeere schon 1888 wertvolle Beiträge.

Wenn nun auch die beiden letztgenannten Forscher eine gewisse Großzügigkeit in ihren Arbeiten nicht verkennen lassen, so müssen wir doch Viktor Hensen, Professor der Physiologie an der Universität in Kiel, als jenen Forscher betrachten, der ganz neue Gesichtspunkte und wohldurchdachte Methoden in die Lehre vom Plankton brachte und die Probleme klarlegte, welche die biologische Meeresforschung zu lösen habe. Er war es, der, wie der ausgezeichnete Hydrobiologe H. H. Gran (— p. 4) sagt, „den kühnen Schritt wagte, sämtliche pelagische Organismen als ein Ganzes anzugreifen“. Viele neue Gedanken, verbesserte Methoden und neue Resultate verdanken wir seiner Schule.

Vor Behandlung des eigentlichen Gegenstandes dürfte ein kurzer Hinweis auf die Fangapparate und Methoden der Planktonfischerei am Platze sein.

Die zuerst aus Müller-Seidegaze angefertigten Netze (Johannes Müller) stellten einen einfachen Sack dar; nicht viel anders waren die von der Challenger-Expedition verwendeten Planktonnetze konstruiert. Erst durch Viktor Hensen wurde die Müllergaze, die in zirka 22 Nummern im Handel zu haben ist und in den Mühlen zur Herstellung der einzelnen Mehlsorten dient, allgemein eingeführt. Sie sind durch einen eigentümlich gedrehten Durchschuß ausgezeichnet, so daß die Fäden sich nicht verschieben können, ferner sehr fest und hinreichend glatt, auch fasern die Fäden nicht, so daß die winzigen Organismen von denselben nicht festgehalten werden. Bei der am meisten verwendeten Nr. 20 sind die Maschenöffnungen ungefähr fünfeckig, ihre Seitenlänge beträgt zirka 53 Tausendstel eines Millimeters. Ein solches Planktonnetz,

wie es auf nebenstehender Figur abgebildet ist, besteht im wesentlichen aus einem Müllergaze-Beutel, der oben an dichter Leinwand (oder Filz) befestigt ist. Diese bildet einen nach oben

sich mäßig verjüngenden Pyramidenstutz, dessen Öffnung durch je zwei um 90° verwendete Holzrahmen beim Fischen offen gehalten wird.

Am unteren Ende des Gazebeutels befindet sich ein Messingzylinder, dessen eine Seite durchbrochen und hier mit Müllergaze überzogen ist. Der Zylinder besitzt am unteren Ende ein kurzes Messingrohr, das durch einen Hahn geöffnet werden kann.¹⁾ Dieses Netz kann sowohl für horizontale als auch vertikale Fänge benützt werden. Soll horizontal gefischt werden, so wird man das in der Figur oben sichtbare Bleistück entweder ganz weglassen oder, wenn das Boot, resp. Schiff sich ziemlich schnell bewegen sollte, in Anwendung bringen, um das Netz in einer bestimmten Tiefe zu erhalten. Bei Vertikalfängen kann man mit dem Corischen Planktonnetz nicht bloß beim Heraufziehen, sondern auch beim Hinablassen fischen, wenn man es entsprechend beschwert. Beim Emporziehen nach beendetem Fange sammeln sich die Planktonorganismen alle in dem Messingzylinder, in welchem der Fang durch weiteres Abfließen des Wassers konzentriert wird, worauf man ihn durch Öffnen des Hahnes in ein Glasgefäß fließen läßt.



Planktonnetz

nach-Professor CORI, Triest.

Es ist daher klar, daß die Einflußöffnung in einem bestimmten

¹⁾ Die k. k. zoologische Station in Triest liefert solche Planktonnetze zum Selbstkostenpreise (zirca 15 K.).

Verhältnis zur filtrierenden Fläche des Netzes stehen muß, damit alles in das Netz einströmende Wasser auch tatsächlich filtriert wird.

Um eine bestimmte Wassermenge mit möglicher Genauigkeit zu filtrieren und alle darin enthaltenen Organismen zu erhalten, bedient man sich der sogenannten quantitativen Planktonnetze, die auf den Typus des geschilderten gewöhnlichen oder qualitativen Netzes zurückgehen, aber genau konstruiert sein müssen. Hingewiesen sei auch noch auf die Schließnetze. Diese sind etwas von der gewöhnlichen Form der Planktonnetze abweichend und meistens so konstruiert, daß sie geschlossen in eine bestimmte Tiefe hinabgelassen, sodann durch ein an einer Leine hinabfallendes Gewicht geöffnet und nach beendigem Fange durch ein zweites Fallgewicht wieder geschlossen werden.

In den letzten Jahren sind besonders durch den rühmlichst bekannten Kieler Hydrobiologen Professor H. Lohmann Fang- und Untersuchungsmethoden in Anwendung gekommen, die es ermöglichten, den Gehalt an Planktonorganismen des Meeres mit einer kaum noch zu übertreffenden Genauigkeit festzustellen und damit das große Problem Hensens, den Ertrag des Meeres an organischer Substanz zu ermitteln, seiner Lösung näher geführt haben.

Es erscheint nun geboten, nach dieser kurzen Skizzierung des Entwicklungsganges der Lehre vom Plankton und der wichtigsten Fangmethoden den Umfang der beiden Begriffe ‚pflanzliches Plankton oder Phytoplankton‘ und ‚tierisches‘ oder ‚Zooplankton‘ nach der von Lohmann gegebenen Umgrenzung festzustellen. Das erstere setzt sich zusammen aus:

I. Protophyta.

1. Schizophyta,
2. Baccillariales,
3. Peridinales,
4. Phytoflagellata,
5. Silicoflagellata.

II. Metaphyta.

1. Chlorophyceae,
2. (Fucaceae [Sargasseae]).

Während demnach nur wenige Stämme des Pflanzenreiches Vertreter im Plankton haben, sind im Zooplankton, von den Protozoen angefangen, alle Tierstämme vertreten, sei es durch erwachsene Individuen selbst oder wenigstens durch deren

Larven, resp. Eier. Ich will deshalb hier von einer Aufzählung absehen.

Ein prinzipielles, allen Planktonorganismen zukommendes Merkmal ist die Schwebefähigkeit. Da die ihren Körper aufbauenden Stoffe fast durchweg ein größeres spezifisches Gewicht besitzen als das Meerwasser selbst, so kann das Schweben nur erreicht werden durch Verringerung des spezifischen Gewichtes, und dies geschieht bei den einzelnen Organismen in verschiedener, größtenteils sehr interessanter Weise durch Ausbildung von langen hohlen Stacheln, haarartigen Fortsätzen — also durch Oberflächenvergrößerung — durch spezifisch leichte Stoffe, wie Fette, Öle, durch spezifisch leichte Vacuolenflüssigkeit, durch Gasblasen, durch Ausbildung wasserreicher Gewebe (Gallertmassen).

Dem Sohne des berühmten Leipziger Chemikers Wilhelm Ostwald, Wolfgang Ostwald, verdanken wir es, die dem Schwebevorgange zugrunde liegenden physikalisch-chemischen Bedingungen klargestellt zu haben. Nach seinen Angaben müssen wir den Schwebevorgang als Sinkvorgang von außerordentlich geringer Sinkgeschwindigkeit auffassen; sinkt ein Körper im Wasser nieder, dann ist erste Bedingung, daß er spezifisch schwerer als Wasser ist. Er besitzt ein Übergewicht, das die Kraft darstellt, die ihn zum Sinken bringt. Je größer diese ist, desto größer wird die Sinkgeschwindigkeit sein. Allein aus der praktischen Erfahrung wissen wir, daß nicht alle gleich schweren Körper im Wasser mit gleicher Geschwindigkeit sinken, daß dies vielmehr abhängig ist von der Oberfläche und der Gestalt des sinkenden Körpers, des „Formwiderstandes“, und daß ferner in physikalisch verschiedenen Flüssigkeiten ein und derselbe Körper verschieden schnell sinkt, was die physikalische Chemie auf die innere Reibung zurückführt. Da die Sinkgeschwindigkeit direkt proportional dem Übergewichte, dagegen verkehrt proportional der inneren Reibung und dem Formwiderstande ist, so erhält Ostwald folgende Formel:

$$\text{Sinkgeschwindigkeit} = \frac{\text{Übergewicht}}{\text{Innere Reibung} \times \text{Formwiderstand.}}$$

Für uns handelt es sich zunächst nur darum, festzustellen, unter welchen Umständen die Sinkgeschwindigkeit einen Minimalwert erreicht, m. a. W. die Sinkgeschwindigkeit gleich ist der Schwebefähigkeit. Der Wert des obigen Bruches muß immer kleiner werden und sich immer mehr dem Werte 0 nähern, je kleiner der Zähler oder je größer der Nenner wird. Ostwald weist daher darauf hin,

daß eine Änderung des einen Faktors eine Änderung des anderen nicht ausschließt; es können sich sehr gut nur einzelne der drei Hauptfaktoren oder aber mehrere, ja sogar alle zusammen ändern. Es kann also der Minimalwert zur Sinkgeschwindigkeit auf verschiedene Weise erzielt werden, wie wir es tatsächlich bei den Planktonorganismen antreffen. Fragen wir uns also, wie im speziellen die Schwebefähigkeit erreicht wird.

Das Übergewicht im Zähler der Gleichung ist gleich der Differenz zwischen dem spezifischen Gewichte des Organismus und dem des Wassers. Das erstere kann, wie beispielsweise bei Diatomeen mit dickem Kieselskelett (*Coscinodiscus*), sowie bei Protozoen mit sehr dickem Kalk- oder Kieselskelett, das des Wassers um ein Beträchtliches übersteigen. Im allgemeinen aber werden doch die beiden Werte für die spezifischen Gewichte nicht allzu verschieden sein. In den ersteren Fällen wird das spezifische Gewicht herabgedrückt durch spezifisch leichtere Stoffe als Wasser, wie Fett, Öltropfen, Vakuolenflüssigkeit (Kohlensäure), entsprechend den Untersuchungen von K. Brandt, durch stark wasserhaltige Gewebe usw.; so enthält ja bekanntlich der Gallertkörper der Quallen gegen 99% Wasser. Ostwald weist noch auf drei wichtige Punkte hin, durch die sich der Auftrieb der Planktonorganismen vorteilhaft von dem beliebiger Körper unterscheidet. Denn er ist

1. praktisch nicht abhängig von der Temperatur,
2. praktisch nicht abhängig von dem Drucke, kubischen Ausdehnungskoeffizienten usw.,
3. praktisch wenig oder kaum abhängig von gelösten Stoffen.

Es muß also das Übergewicht des Planktons als sehr konstant angesehen werden.

Der Nenner des Ostwaldschen Bruches ist gegeben durch das Produkt aus innerer Reibung und Formwiderstand.

Was zunächst den Formwiderstand anbelangt, so setzt er sich zusammen aus Oberflächengröße und Gestalt. Die Oberflächenvergrößerung ist es vor allem, die Erwähnung finden muß; sie wird bei den einzelnen Organismen in der verschiedensten Weise und in einer erstaunlichen Mannigfaltigkeit erreicht. Es gibt kaum ein Planktonwerk, in welchem nicht auf geradezu wunderbare Bildungen hingewiesen würde, die nur der Tendenz der Oberflächenvergrößerung dienen. Aus dieser großen Mannigfaltigkeit seien hier nur einige Sammelbegriffe hervorgehoben, wie Haare, zierliche Borsten, Nadeln, Fäden, lange geteilte oder federartig zerschlissene

Fortsätze, welche meistens so regelmäßig am Körper angeordnet sind, daß sie dadurch zu wahren Kunstformen der Natur werden. (Häckels Kunstformen der Natur.)

Der zweite Faktor des Nenners ist die innere Reibung, die nach den Untersuchungen Ostwalds abhängig ist

1. von dem Vorhandensein gelöster Stoffe (Salze oder Gase),
2. von der Temperatur.

Die innere Reibung wird durch steigende Konzentration bei konstanter Temperatur größer. Als Durchschnittswert für die Zunahme der inneren Reibung pro 1% Na Cl ergibt sich (p. 11, Tab. p. 62), daß den ersten 10⁰ eine ungefähre Zunahme von 3 Einheiten, zwischen 10⁰—20⁰ eine solche von ungefähr 2.5 Einheiten und den Temperaturen von 20⁰—30⁰ eine Zunahme von 2 Einheiten entspricht. Die innere Reibung nimmt ab mit der Zunahme der Temperatur, ein Umstand, der für den Schwebeprozess von großer Wichtigkeit ist. Die genauen diesbezüglichen Werte hat Ostwald ermittelt (p. 62).

Wie experimentelle Untersuchungen an Planktonorganismen gezeigt haben, ist der Nenner der Ostwaldschen Formel immer bedeutend größer als der Zähler, so daß die Sinkgeschwindigkeit tatsächlich einen Minimalwert erhält, der die „Schwebefähigkeit“ ausdrückt.¹⁾

*
* *

Die vielfachen Unterschiede, welche die Verteilung des Planktons im Meere sowohl als auch in den Binnengewässern zeigt, hat in bezug auf seine horizontale Verteilung zur Unterscheidung von neritischem oder Küstenplankton und ozeanischem Plankton Veranlassung gegeben.

Dem ersteren gehört die Schwebeflora und -Fauna der Küstengebiete, sowohl der Kontinente als auch der Archipele und Inseln an. Es ist sowohl durch einen größeren Formen- und Individuenreichtum gegenüber dem nachher zu besprechenden ozeanischen Plankton, sowie nebst anderen Eigentümlichkeiten durch eine von jenem abweichende Fortpflanzung gekennzeichnet, durch welche die neritischen Formen an die seichten Küstengewässer gebunden sind. Wenn aber neritisches

¹⁾ Die genaueren Erörterungen und Folgerungen Ostwalds müssen in seinen rückwärts angegebenen Schriften nachgesehen werden.

Plankton durch Strömungen und Stürme von der Küste weggetrieben wird, so sterben die Formen doch nach ihrer Vegetationszeit aus, da die Fortpflanzungsmöglichkeiten im offenen Ozean für sie nicht gegeben sind. Es kommen beispielsweise neritischen Planktondiatomeen eigentümliche Fortpflanzungszellen (Dauersporen) zu, die in seichtem Küstenwasser zu Boden sinken, um nach kürzerer oder längerer Ruhezeit einer neuen Vegetation den Ursprung zu geben.

Das Plankton des offenen Ozeans wird als ozeanisches bezeichnet. Dieses kann durch Strömungen dem neritischen beigemengt werden, wodurch der Artenreichtum des letzteren noch vermehrt wird. Haeckel teilt das organische Zooplankton in 5 große Provinzen: 1. das des arktischen Ozeans, 2. das des atlantischen, 3. indischen, 4. pazifischen, 5. des antarktischen Ozeans. Jedes dieser fünf großen Faunengebiete ist durch spezifische Formen wohl charakterisiert, wiewohl natürlich sich auch allen Gebieten gemeinsame Formen vorfinden. Für das Phytoplankton sind die Ansichten über die Umgrenzung der einzelnen Florengebiete noch sehr schwankend.

Nicht minder bemerkenswert wie die horizontale Verbreitung des Planktons ist die vertikale. Sie erstreckt sich von der Oberfläche bis in die größten Tiefen der Ozeane. Es läßt sich zunächst ein pelagisches Plankton unterscheiden, unter dem man die Summe aller jener Planktonorganismen versteht, die in den oberflächlichen Wasserschichten leben. Hierher gehört der größte Teil des pflanzlichen Planktons, spärlicher ist das Zooplankton vertreten. (Durch Polycyttarien, Medusen, Siphonophoren, Ctenophoren und viele Copepoden.) Der Lebenslauf vieler anderer Organismen spielt sich zwischen den oberflächlichen Schichten und den über dem Grunde gelagerten ab. Diese bilden nach Haeckel das zonarische Plankton. Diese Organismen sind dadurch besonders interessant, daß sie gewöhnlich nicht in der ganzen, ja bisweilen ungeheuer großen Wasserschicht zwischen der Oberfläche und dem Grunde vorkommen, sondern nur gewisse Tiefenzonen bewohnen, so z. B. gewisse Diatomeen die Schichten zwischen 150 und 250 *m*, gewisse Peridineen die Schichten zwischen 200 und 300 *m*. Dem zonarischen Zooplankton gehören beispielsweise viele Radolarien (Phaeodarien) und Crustaceen an, ferner die von Chierchia entdeckten Tiefseesiphonophoren, die von diesem Forscher zahlreich und in großer vertikaler und horizontaler Ausdehnung angetroffen wurden, aber niemals höher als 1000 *m* unter der Oberfläche und niemals tiefer als 1000 *m* über dem Meeresboden. Es gibt aber drittens noch eine nicht unbeträchtliche Zahl von Tieren, die in den über dem Grunde gelagerten Wasserschichten schweben. Sie bilden bathybisches Plankton, über das uns erst die großen Tiefseexpeditionen der letzten Zeit Aufschluß gebracht haben, und das durch eine

Menge höchst sonderbarer, zuweilen geradezu phantastischer Organismen ausgezeichnet ist.

Wenn nun auch eine große Anzahl von Planktonorganismen in ihrem Vorkommen an diese eben skizzierten drei vertikalen Verbreitungsgebiete sich gebunden zeigen, so gibt es doch eine Menge anderer, die mehr oder minder große vertikale Wanderungen ausführen. Es ist durch viele ältere Forscher, auf die schon Haeckel hinweist (p. 24), sowie durch neue (Gran, Karsten, Lohmann, Zacharias und viele andere) aufmerksam gemacht worden, daß ein sehr bedeutender Teil des Planktons, vielleicht sogar die Mehrzahl der Formen, solche vertikale Wanderungen ausführen, so daß sie also nur einen Teil des Tages oder ihres Lebens an der Oberfläche, den anderen in verschiedenen Tiefen zubringen. So wissen wir durch die ergebnisreichen Untersuchungen Karstens, daß einzelne Formen des *Valdivia*-Phytoplanktons, die als Pflanzen den oberflächlichen Schichten angehören, einen großen Teil ihres Lebens in beträchtlicher Tiefe zubringen (*Halosphaera* 1600 bis 2000 *m*). Ferner tritt bei Tieren eine sehr auffallende tägliche Wanderung von der Tiefe an die Oberfläche auf (*nyctipelagische Organismen*, Haeckel). Hierher gehören viele formenschöne Medusen und Siphonophoren, die prächtig leuchtenden Pyrosomen (Feuerwalzen), deren bei Nacht hell leuchtender Körper die Bewunderung aller Seereisenden erregt, Crustaceen und viele andere. Andere Planktonorganismen verbringen nur den Winter an der Oberfläche, als Sommeraufenthalt aber wählen sie die Tiefe. Hierher zählen viele Radiolarien, manche Medusen, manche Siphonophoren usw. Noch andere kommen nur für einzelne Tage oder wenige Wochen an die Oberfläche. Dann gibt es auch nimmermüde Reisende, die die Abwechslung lieben und bald in den Oberflächenschichten, bald in den tieferen Schichten erscheinen, für deren Wanderungen physikalische Gründe nicht in Betracht kommen, die vielmehr in den Bedingungen der Fortpflanzung, der Ontogenese und der Nahrung gelegen sein dürften.

Während nach dem soeben Gesagten das Zooplankton in allen Wasserschichten von der Oberfläche bis hinab in die finsternen Tiefen der Weltmeere vorkommt, ist das Phytoplankton an die oberen Wasserschichten gebunden und geht im Durchschnitt nicht viel über 200 *m* in dem Meere hinab. In den Teichen und Seen kann die untere Grenze oft schon bei wenigen Metern liegen. Im Meere nimmt das pflanzliche Plankton von der Oberfläche bis zu zirka 40 *m* an Menge beständig zu, worauf es zwischen 40 bis 80 *m* seine reichlichste Entwicklung zeigt, um von nun an nach abwärts wiederum zunächst langsam, dann rascher abzunehmen. Unterhalb 200 *m* befinden sich in großer Anzahl absterbende oder bereits abgestorbene Pflanzen, die, einen dichten Regen bildend, in die

Tiefe des Ozeans hinabsinken, wie dies besonders anschaulich neuerdings Karsten in den Ergebnissen der Tiefseexpedition „Valdivia“ schildert. Doch wird dieser Regen in größerer Tiefe immer dünner, da die Pflänzchen von der großen Anzahl der konsumierenden Tiere verbraucht werden, die ja, wie noch später gesagt werden wird, ausschließlich von der Pflanzenschicht der oberen 200 *m* leben müssen. Die Frage, warum das Phytoplankton nicht wie das Zooplankton alle Tiefenschichten bis zum Grunde bevölkert, ist durch den Hinweis beantwortet, daß alle Pflanzen zu ihrem Gedeihen eine bestimmte Menge Licht nötig haben, das zur Kohlensäureassimilation unbedingt nötig erscheint. Vielfache Untersuchungen im Süß- und Meerwasser haben gelehrt, daß das Licht nur bis zu bestimmten Tiefen ins Wasser eindringt, was zum Teil vom Grade der Verunreinigung des Wassers abhängig ist. So konnte Forel mit Hilfe von Chlorsilberplatten im Bodensee Licht im Sommer noch bei 30 *m*, im Winter bei 50 *m* nachweisen. Im Meere dagegen dringt Licht weit tiefer ein, entsprechend der größeren Reinheit und Durchsichtigkeit des Meerwassers, so daß beispielsweise im Mittelmeer mit Hilfe von photographischen Platten noch Licht bei 550 *m* konstatiert werden konnte. (Von v. Petersen bei Capri.) Indessen ist in diesen Tiefen die Lichtintensität so gering und die physikalische Veränderung des Lichtes so groß, daß es den Assimilationsprozeß nicht mehr unterhalten kann. Denn bekanntlich werden die Spektralfarben des in das Wasser eindringenden Sonnenlichtes mit der Schichtendicke vom Rot beginnend sukzessive absorbiert, so daß die für die Assimilation hauptsächlich in Betracht kommenden roten, gelben und grünen Strahlen unter 100 *m* nur mehr in Spuren vorhanden sein dürften. Die unter 100 *m* vorhandenen Planktonpflanzen können wir daher als eine Schattenflora bezeichnen und etwa vergleichen mit den Pflanzen, die im Walde im Schatten der mächtigen Bäume ihr stilles Dasein führen.

Eine der auffallendsten Erscheinungen der Planktonorganismen ist ihr periodisches Auftreten. An Europas Küsten hat man nach den bisherigen Untersuchungen zwei Maxima- oder Häufigkeitsperioden (oder Hoch-Zeiten) unterscheiden können, von denen das eine in die Frühjahrsmonate März bis Mai, das andere gegen den Herbst zu in die Monate September bis November fällt. In unserem heimatlichen Meere tritt entsprechend seiner südlichen Lage das Frühjahrsmaximum bereits Mitte Februar auf, erreicht dann Mitte März ungefähr seinen Höhepunkt, um dann wieder langsam abzunehmen, so daß im Juni schon eine große Armut vorhanden ist. Im März aber genügt ein kurzer Zug mit dem Planktonnetz, um Millionen von Diatomeen und Tausende von Tieren zu erbeuten.

Neben diesen beiden regelmäßig auftretenden Hoch-Zeiten treten während der Minima oder Tief-Zeiten hin und wieder kleinere Maxima auf, die nur ganz kurze Zeit andauern und in der Regel von einer oder wenigen Arten gebildet werden. Das Auftreten dieser Hoch- und Tief-Zeiten macht einer befriedigenden Erklärung die allergrößten Schwierigkeiten.

Um die kleinen Maxima zu erklären, hat Gran angenommen, daß durch reiche Diatomeenwucherungen die für sie als Pflanzen im Wasser gelöst vorhandenen anorganischen Nährsalze schnell verbraucht werden, so daß das Gleichgewicht gestört und die Diatomeen zu einer Ruheperiode gezwungen werden, bis durch Zufuhr vom Lande, respektive durch Ersatz vom Meere her wieder neue Nährsalze hinreichend zur Verfügung stehen. Da nun diese sprunghaften kleinen Hoch-Zeiten immer nur an der Küste auftreten, wo Sporen von neritischen Diatomeen immer am Boden liegen, so scheint es wahrscheinlich, daß reiche Nährstoffansammlungen die Sporen vieler Arten zur Entwicklung anregen. Da diese Pflanzen wiederum vielen Tieren zur Nahrung dienen, können auch von diesen einzelne in großer Menge auftreten.

Gran legt sich dann die für das Stoffwechselproblem überaus wichtige Frage vor, „ob das regelmäßige Auftreten der beiden Hauptmaxima in einer ähnlichen Weise zu erklären ist“. Er hat dabei hauptsächlich die Diatomeen im Auge, die namentlich das Phytoplanktonmaximum veranlassen. Doch ist das Zooplanktonmaximum von jenem abhängig und fällt zeitlich mit ihm zusammen. Grans Beantwortung obiger Frage sei hier in Anbetracht ihrer großen Wichtigkeit in extenso wiedergegeben (p. 114 ff.).¹⁾

Dieses jährliche Aufblühen der Diatomeen ist eine so allgemeine Erscheinung, daß sie allgemein wirkende Ursachen haben muß. Von den verschiedenen, möglicherweise einwirkenden Faktoren könnte man zuerst das Licht nennen, das natürlich eine wichtige Rolle spielt. Die während des Frühlings steigende Lichtintensität kann auch schon die lebhaft Vermehrung der Diatomeen erklären, erklärt aber nicht, daß sie wieder so schnell verschwinden; nach anderen Beobachtungen ist es nämlich ganz ausgeschlossen, daß diese Arten eine größere Lichtintensität nicht vertragen sollten.

Etwas weiter kommen wir, wenn wir auch die Temperatur berücksichtigen; wie ich es früher schon hervorgehoben habe

¹⁾ Grans Ansichten sind nach meinem Dafürhalten durch anderweitige Ergebnisse nicht hinfällig, höchstens etwas modifiziert, vielfach aber auch bestätigt worden. Sie sind ferner so klar und allgemein verständlich gehalten, daß sich etwas Besseres als sie wörtlich wiederzugeben kaum tun läßt.

(Hjort und Gran, 1899), ist es sehr wahrscheinlich, daß diese arktischen Formen für höhere Temperaturen so empfindlich sind, daß sie nur während der kältesten Jahreszeit sich vermehren können, während sie sonst als Dauersporen „überwintern“ müssen.

Dieses Moment spielt natürlich auch eine wichtige Rolle, es ist aber auch nicht genügend für eine vollständige Erklärung. Wir können dadurch erklären, daß die Diatomeen nur über den seichten Küstenbänken auftreten, wo die Dauersporen ausschließlich vorhanden sind, und ferner wird es dadurch erklärt, daß diese arktischen Formen nur eine kurze Zeit wuchern können.

Das Diatomeenplankton des Frühjahres besteht aber nicht ausschließlich aus diesen arktischen Formen; es enthält auch mehr südliche Arten, die später im Laufe des Sommers und Herbstes an derselben Stelle reichlich auftreten können, jetzt aber gleichzeitig mit den arktischen Formen vorläufig aus dem Plankton verschwinden. Die Ursache, die das Verschwinden der Diatomeen nach dem Frühjahrmaximum bedingt, ist also solcher Art, daß sie auf alle Diatomeen einwirkt, nicht nur auf die gegen hohe Temperaturen empfindlichen Formen.

Man muß wieder an eine Erschöpfung der Nährstoffe denken. Über die Verbreitung der wichtigeren gelösten Nährstoffe im Meere wissen wir leider noch nur sehr wenig. Brandt hat in seiner letzten Arbeit (1902) die bisherigen Resultate zusammengestellt und hat die Theorie aufgestellt, daß die Verbreitung der Stickstoffverbindungen für das organische Leben des Meeres eine entscheidende Bedeutung hat, und namentlich wird dadurch die Erscheinung erklärt werden, daß die kalten Meere fast ebenso reich an Organismen sind wie die Tropenmeere, indem die Stickstoffverbindungen bei hoher Temperatur von den Bakterien durch verschiedene Stufen schnell in freien Stickstoff umgesetzt werden, während sie in der Kälte besser von den Kohlensäure assimilierenden Algen ausgenutzt werden können.

Brandt gibt auch die Methoden an, durch welche diese interessante Theorie geprüft werden kann, wodurch der Wert der Theorie noch sehr erhöht wird; es wird relativ leicht durchführbar sein, sowohl die Verbreitung und Lebensbedingungen der betreffenden Bakterien, als auch das Vorkommen der gelösten Stickstoffverbindungen zu untersuchen. Bis diese Prüfung stattgefunden hat, ist es verfrüht, diese Fragen im Detail zu diskutieren. Hier wollte ich nur hervorheben, daß der relative Reichtum der Polarmeere — oder richtiger der Grenzgebiete zwischen den kalten und temperierten Strömungen —, der in letzter Instanz auf der Wucherung der pelagischen Diatomeen beruht, dieselbe Ursache haben muß wie die gewaltige Vermehrung unserer neritischen Diatomeen während des Frühlings.

Nehmen wir also an, daß Brandts Theorie richtig ist — und wir haben keine andere Theorie, die die bis jetzt bekannten Tatsachen ebensogut erklären kann —, dann wird sie auch das Frühlingsmaximum der neritischen Diatomeen erklären müssen.

Die Bakterien, die bei der Umsetzung der Stickstoffverbindungen beteiligt sind — wir wollen sie der Kürze halber die Stickstoffbakterien nennen —, sind nach den Untersuchungen von Baur (1901) bei höheren Temperaturen viel wirksamer als in der Kälte. Im Winter wird es auf unseren Breiten zu kalt sein für eine wirksame Spaltung, und da das Pflanzenleben auch sonst in den dunklen Wintermonaten arm ist, sollten die gelösten Stickstoffverbindungen sich anhäufen können.

Im März, wenn die Intensität des Lichtes für eine lebhafte Vermehrung der Diatomeen genügt, können sie sich dann überall da schnell entwickeln, wo Dauersporen der arktischen Arten vorhanden sind, die noch bei niedriger Temperatur schnell wachsen können. Die Wucherung der Diatomeen ist so stark, daß man sich sehr wohl denken kann, daß der Vorrat der Nährstoffe bald erschöpft werden muß, wo nicht eine reiche Zufuhr stattfindet. Später im Laufe des Sommers können die Stickstoffbakterien wieder ihre Tätigkeit aufnehmen, und die Diatomeen müssen die Nährstoffe sowohl mit ihnen als auch mit den Peridineen teilen, bis wieder im Herbst durch das Absterben vieler empfindlicher Formen so viele Stickstoffverbindungen entstehen, daß die Diatomeen trotz der Konkurrenz ein zweites Maximum bilden können. Dieses Maximum wird durch die Dunkelheit des Winters abgeschlossen; weiter südlich, wie z. B. schon im Skagerrak, ist doch auch im Dezember-Januar Licht genug für ein ziemlich reiches Diatomeenplankton.

Die Lebensgeschichte der neritischen Diatomeen stimmt also ganz gut mit der Stickstofftheorie; wir müssen aber auch versuchen, das Auftreten der ozeanischen Diatomeen zu erklären.

Während die neritischen Diatomeen schon im März aufblühen, finden wir im offenen Ozean erst Mitte Mai eine lebhafte Wucherung der Diatomeen, und zwar zuerst einerseits im Zentrum des Golfstromes nördlich von der Shetland-Rinne, andererseits im ostisländischen Polarstrome, wo Schmelzwasser aus den Eisschollen beigemischt ist.

Es ist nicht ganz leicht zu verstehen, warum die Entwicklung im Ozean so viel langsamer vorgeht als an den Küsten. Die Erklärung, daß im Ozean andere Arten vorkommen, die höhere Temperaturen beanspruchen, befriedigt mich nicht. Solche Arten wie *Rhizosolenia semispina* und *Chaetoceras criophilum* können sich bei niedrigerer

Temperatur lebhaft vermehren, und Keime sind sicher den ganzen Winter hindurch in genügender Anzahl vorhanden. Es ist auch sehr auffällig, daß die Entwicklung an solchen Stellen anfängt, wo das Meerwasser entweder mit Küstenwasser (aus Schottland) oder mit Eiswasser gemischt ist, und daß die Zeit der ersten Wucherung mit der Jahreszeit zusammenfällt, in der die Erwärmung und Ausströmung des Küstenwassers anfängt. Sollten vielleicht die für die Diatomeen nötigen Nährstoffe entweder von den Küsten oder von den Eisschollen kommen müssen?

Ostenfeld (1900) hat sich in dieser Richtung ausgesprochen; ich gebe seine Worte in der Übersetzung wieder (l. c. p. 64):

„Ich gehe sogar so weit, daß ich meine, daß sogar die ozeanischen (holoplanktonischen) Diatomeen erst in der Nähe der Küsten für ihr Wachstum einen recht guten Boden finden, und daß dies die Ursache ist, daß die Genossenschaften der ozeanischen Diatomeen quantitativ so reich werden, wenn sie an der Küste sind oder von einer Küste kommen (abgesehen von dem sowohl quantitativ als qualitativen Zuwachs, den sie durch Beimischung neritischer Formen erhalten). Darum nehme ich auch an, daß die große Diatomeenwelle, die jedes Frühjahr über den Nordatlantischen Ozean geht, dadurch hervorgerufen wird, daß die Strömungen in der Nähe des Landes (der Ostküste des Atlantischen Ozeans) gewesen sind und von dort ihre große Quantität geholt haben.“

„Doch muß ich hier hinzufügen, daß Grenzgebiete, wo weit verschiedene Strömungen an einander vorbeigleiten, eine ähnliche impulsgebende Rolle zu spielen scheinen wie die Küsten; hier müssen besondere Verhältnisse ungewöhnlich günstig sein für das Gedeihen der Pflanzen.“

Ostenfeld hat keine Erklärung zu geben versucht.

„Es pflanzen sich die Diatomeenwolken, die ihre Entwicklung im Mai in der Shetland-Rinne anfangen, schnell gegen Norden und Westen fort, so schnell, daß von einer einfachen Fortbewegung nicht die Rede sein kann. Im Laufe des Sommers hält sich ein Diatomeenmaximum immer im Grenzgebiete zwischen den atlantischen und arktischen Wasserschichten, während ozeanische Diatomeenwolken von verschiedener Zusammensetzung längs der norwegischen Küstenbänke auftreten und verschwinden können.“

Dieser Reichtum des Grenzgebietes zwischen Polarstrom und Golfstrom, der schon von G. O. Sars entdeckt wurde, ist eine allgemeine Erscheinung, und wie Sars auch einsah, ist auch das reiche Leben der höheren Tiere, die während des Sommers diese Gegenden besuchen, durch eine größere oder kleinere Anzahl Zwischenglieder an die Wucherung der pelagischen Diatomeen geknüpft.

Hängt diese Erscheinung mit der Verbreitung der gelösten Stickstoffverbindungen zusammen? Zur Beantwortung dieser Frage liegt noch zu wenig Material vor; Brandts Theorie ist aber jedenfalls als Arbeitshypothese die beste, die wir zur Zeit haben; darum wird es nützlich sein vorläufig anzunehmen, daß dieses wirklich der Fall ist.

Wir wollen also annehmen, daß im Grenzgebiete des Polarstromes relativ große Mengen gelöster Stickstoffverbindungen dem pelagischen Algenleben zugänglich werden; wir können uns dann mit Nansen (1902) denken, daß die Stickstoffverbindungen im Polarmeere selbst von Algen und Bakterien ungestört geblieben sind, oder gar durch das Absterben eingeschleppter Organismen angehäuft sind, und daß diese Nährstoffe von den Algen ausgenützt werden, sobald das Polarwasser mit atlantischen Wasserschichten gemischt wird, die die Keime der ozeanischen Diatomeen enthalten.“

Bis in die achtziger Jahre des verflossenen Jahrhunderts konnte man über den Reichtum des Meeres an Planktonorganismen nur ganz allgemeine Angaben machen; doch stimmten diese fast alle darin überein, daß der Reichtum ein sehr bedeutender sei. Erst Hensen verdanken wir zahlenmäßige Ermittlungen. Er stellte sich die gewaltige Aufgabe, den Ertrag des Meeres an organischer Substanz zu ermitteln durch Anwendung einer mathematischen Methode und ging dabei von der Voraussetzung aus, daß die Planktonorganismen annähernd gleichmäßig im Wasser verteilt seien. Die Fänge wurden von ihm durch quantitative Methoden untersucht und die in denselben vorhandenen Arten gezählt.

Die von ihm gemachte Annahme einer gleichmäßigen Verteilung des Planktons wurde bis jetzt überall dort bestätigt gefunden, wo durch Strömungen nicht Störungen eintreten. Durch neuere Untersuchungen des Kieler Biologen Prof. H. Lohmann hat sich ergeben, daß die Untersuchungen Hensens einen zu geringen Gehalt an Plankton ergeben haben, da die von ihm ausschließlich verwendeten Müllergazetze Nr. 20 einen großen Teil des Planktons — im Durchschnitt 50% — nicht fangen. Doch entging dem scharfen Blicke Hensens dieser Umstand nicht, weshalb er seine Werte nur als Minimalwerte ansah. Lohmann unterzog sich infolgedessen der schwierigen, zeitraubenden und kostspieligen Aufgabe, den tatsächlichen Gehalt des Meeres an Plankton zu bestimmen und löste sie mit seltener Ausdauer in glänzender Weise. Mit Hilfe eines mehrere Hundert Meter langen Gummischlauches pumpte er Wasser aus verschiedenen Tiefen, oder schöpfte es mit Schöpfflaschen und bestimmte genau die Menge des erhaltenen Wassers. Dieses wurde durch gehärtete Papierfilter oder durch Seidentaffet filtriert, wodurch auch die kleinsten Organismen zurückgehalten wurden.

Außerdem untersuchte er die Fangapparate der Appendicularien, die wunderbar feine Filtrierapparate besitzen, und ermittelte die Menge Wasser, die in der Zeiteinheit durch sie passierte.

Die Zahlen, die Lohmann für den Gehalt des Meeres an einzelnen Organismen gefunden hat, sind in der Tat über alle Erwartungen groß und stellen allen früheren Schätzungen und Berechnungen in den Schatten. Lohmanns neueste Untersuchungen ergaben folgende Resultate bei einigen gewöhnlicher vorkommenden Formen in einzelnen Fängen.

Im Außenhafen von Kiel enthielten 100 Liter Wasser von Phytoplankton-Formen:

	Millionen Individuen		Millionen Individuen
<i>Skeletonema costatum</i> . . .	900	<i>Chaetoceras</i>	498
<i>Thalassiosira saturni</i> . . .	2.7	<i>Meringosphaera mediteranea</i> .	2
" <i>baltica</i> . . .	9	" <i>radians</i> . . .	27
<i>Rhizosolenia setigera</i> . . .	1.4		

Gymnodinium-Arten in verschiedenen Tiefen und je 100 Litern Wasser:

	Millionen Individuen		Millionen Individuen
0 Meter	104	10 Meter	75
5 "	75	15 "	1.5

Heterocapsa triquetra

0 Meter	3.43	<i>Exuviella baltica</i>	5.7
5 "	4.50	<i>Prorocentrum unicum</i> . . .	7.—
10 "	17.20	<i>Ceratium tripos balticum</i> .	1.3
15 "	121.00	" <i>fusus</i>	0.439

Rhodomonas pelagica

0 Meter	290	10 Meter	96
5 "	210	15 "	24

Zooplankton-Formen im Außenhafen von Kiel in je 100 Litern Wasser:

	Individuen		Individuen
<i>Amoeben</i>	1.800	<i>Oikopleura dioica</i>	740
<i>Flagellaten</i>	1,000.000	<i>Cladoceren</i>	1670
<i>Tintinopsis</i>	1,200.000	<i>Spio-Larven</i>	490
<i>Sagitta bipunctata</i> . . .	70	<i>Echinodermen-Larven</i> . . .	256
<i>Rotatorien</i>	24.000	<i>Muschel-Larven</i>	1600
<i>Oilthonia</i>	19.000		

Während Lohmann in je 100 Litern durchschnittlich 77 Millionen Pflanzen fing, wovon zirka 60% auf die Peridineen, 34% auf die Diatomeen und 17% auf

die übrigen pflanzlichen Formen entfielen, ist die Zahl der tierischen Planktonorganismen weit geringer, wie schon aus den vorausgehenden Zahlenangaben hervorgeht. Die Durchschnittszahlen für die in je 100 Litern enthaltenen Protozoen sind

während der Tief-Zeit	110.000 Individuen	
„ „ Hoch-Zeit	1,600.000	„

für Metazoen:

während der Tief-Zeit	4.700	„
„ „ Hoch-Zeit	17.000	„

Darnach ist der durchschnittliche Individuenreichtum des Phytoplanktons unverhältnismäßig größer als der des Zooplanktons.

Dabei ist in den oben angeführten Häufigkeitszahlen eine Gruppe pflanzlicher Organismen, die Bakterien, ganz unberücksichtigt geblieben. Unsere Kenntnisse dieser Organismen in den süßen Gewässern und Meeren sind noch sehr lückenhaft; besonders die letzteren sind erst in den letzten Jahren etwas näher untersucht worden. Der Bacteriologe Fischer hat als Teilnehmer an der deutschen Planktonexpedition sich eingehend mit Bakterienuntersuchungen beschäftigt und so ungeheure Mengen dieser winzigsten Organismen im atlantischen Ozean gefunden, daß bei Veröffentlichung seiner Ergebnisse die naturwissenschaftlichen Kreise in nicht geringes Erstaunen geriethen. Denn er gibt an, dass im offenen atlantischen Ocean auf 1000 Liter einer vertikalen Wassersäule von 0—200 Metern beiläufig 785 Millionen kommen, die allerdings nur das geringe Volumen von 0.8 cmm repräsentieren, eine Masse, die an und für sich gering, für den Haushalt des Meeres aber sehr bedeutend sein kann. Für andere Meere liegen leider derartige Untersuchungen kaum vor. Doch ist es völlig sicher, daß auch in anderen Meeren die Bakterienmengen nicht geringer sind, und für das Hafengebiet und den ganzen Golf von Triest darf man ruhig behaupten, daß in 1000 Litern Wasser weit mehr als 785 Millionen Bakterien sich befinden. Als Nahrung für andere Organismen dürften sie weniger in Betracht kommen; ihre Bedeutung liegt, wie wir aus den klassischen Untersuchungen von K. Brandt wissen, auf dem Gebiete des Stoffwechsels im Meere, in den sie durch ihre denitrifizierende Tätigkeit gewaltig einzugreifen.

In Anbetracht des soeben Vorgebrachten und des weiteren Umstandes, daß die Meere $\frac{4}{5}$ der Erdoberfläche einnehmen, in denen überall die Bedingungen des Lebens gegeben sind, kann man den großen Anteil der Planktonorganismen an der

Gesamtsumme der Organismen der Erde ermessen. Es kommt ihnen deshalb eine große Bedeutung zu, einmal für den „Haushalt der Natur“, das andere Mal für die Wissenschaft.

Bei Betrachtung der Bedeutung des Planktons für den Haushalt in der Natur müssen Phyto- und Zooplankton als zwei in physiologischer Beziehung ganz verschiedene Begriffe scharf unterschieden werden. Das erstere ist allein imstande, organische Substanz — die Urnahrung — zu erzeugen, ist der Produzent; das Zooplankton hingegen nährt sich von jenen, entweder direkt oder indirekt, ist somit der Konsument. Sahen wir auch, daß das pflanzliche Plankton das tierische an Massenhaftigkeit übertrifft, so ist das Verhältnis doch kein so extremes wie auf dem Lande. Denn Lohmanns neueste Untersuchungen ergaben für die Pflanzen im Kieler Hafengebiet als Durchschnitt aller Monatsmittel während eines Jahres 56%, für die Tiere 44% im Plankton, so daß die Produzenten die Konsumenten um 12% übertreffen. Das ist nicht viel; doch ist bisher wenig der Einfluß der Produktion an Nahrung der festsitzenden Flora in Betracht gezogen worden.

Durch praktische Versuche in der Teichwirtschaft hat man sich tatsächlich davon überzeugen können, daß die Planktonmenge von deutlichem Einfluß auf die Qualität und Quantität des Fischertrages ist. Es gelang durch regelmäßige Teichdüngungen mit künstlichen Düngemitteln — die Bauern in Sachsen und manchen anderen Gegenden Deutschlands leiten einfach die Jauche ihres Düngerhaufens in den Teich¹⁾ — die Planktonpflänzchen zu reicherer Wucherung zu veranlassen, wodurch wiederum die Planktontiere, besonders die kleinen Krebschen, sich sehr vermehrten, die einen wesentlichen Teil der Nahrung der Karpfen ausmachen. Aber auch im Meere hängt die Entwicklung vieler Fische, wie dies namentlich für Nutzfische festgestellt wurde, von der Menge der zur Verfügung stehenden Planktonnahrung ab. So nähren sich die Scharen der Heringe und Sardellen von kleinen Krebschen, die nicht selten zu Tausenden in ihrem Magen angetroffen wurden. Ja selbst das größte Tier, das gegenwärtig die Erde bewohnt, der Wal, ist ein Planktonfresser, der mit geöffnetem Rachen in die unermeßlichen Massen von Flügelschnecken (*Clio borealis*, *Limacina arctica*), von Krebsen etc. hineinschwimmt, und mittels seines vorzüglichen Reußenapparates

¹⁾ Schlechte, ungedüngte Teiche liefern 20–25 kg per Hektar Karpfen pro Jahr. Größere Teiche mit Jauchedüngung ergeben wenigstens 150 kg, kleinere Dorfteiche mit Jauche 200–400 kg Karpfen per Hektar und pro Jahr.

Milliarden dieser Planktonorganismen erbeutet, die die Walfischfänger als „Walfisch-Aas“ bezeichnen und die die Wasserschichten — „Walfisch-Gründe“ — dunkel färben. Davon zehren noch große Mengen von Seevögeln, die diese Walfisch-Gründe in großen Scharen aufsuchen.

Gewaltig ist die Menge der Nahrung, die der Mensch jährlich aus dem Wasser bezieht; bei vielen Völkern stellt ja das Meer die Hauptquelle ihrer Nahrung dar. Solche Erwägungen, die nach den verschiedenen Richtungen auch auf das Gebiet der Industrie sich ausdehnen ließen, dürften die große Bedeutung des Planktons erkennen lassen.¹⁾

Schon in dem soeben Gesagten liegt teilweise die Bedeutung des Planktons für die Wissenschaft, sie muß ja auch mit dem praktischen Leben in steter Fühlung bleiben. Um aber die spezielle Bedeutung der Planktonstudien für die Wissenschaft darzulegen, führe ich einen Ausspruch Haeckels aus der Einleitung zu seinen „Planktonstudien“ hier an: „Die gewaltigen Fortschritte, welche unsere Erkenntnis des organischen Lebens im letzten halben Jahrhundert gemacht hat, verdanken wir zu einem großen Teile der Erforschung der sogenannten pelagischen Tierwelt“ (= Plankton, d. Aut.). Jene Studien lieferten zunächst eine ungeheure Menge neuer Tier- und Pflanzenformen, deren Zahl noch beständig wächst, wie neuerdings die Ergebnisse der „Valdivia“-Expedition, die Untersuchungen Lohmanns sowie die eigenen in unserer blauen Adria zeigen.

Die zahlreichen Larvenformen des Planktons lieferten für die Ontogenie und Phylogenie ein so wertvolles Material, daß erst durch sie die Beziehungen und Verwandtschaftsverhältnisse vieler Tierklassen klar wurden. Nicht minder groß war der Einfluß des Planktonmaterials für andere Wissensgebiete (Anatomie, Histologie, Physiologie etc.)

Die Planktologie steht als Glied der allgemeinen Meeresforschung mit der Ozeanographie im engsten Zusammenhange und gewinnt bei der Abgrenzung großer Stromgebiete eine immer größere Bedeutung, insoferne die Resultate der hydrographischen Untersuchung durch Untersuchung des Planktons kontrolliert werden können. In Mischwassergebieten kann durch das Plankton vielfach leicht der Ursprung der einzelnen Komponenten durch das Plankton festgestellt werden, während der Hydrographie hierzu fast jedes Mittel mangelt. Komplizierte Stromsysteme, wie beispielsweise das des norwegischen Nord-

¹⁾ Nach Ehrenbaum liefert die Nordsee jährlich rund 17,5 Millionen Zentner Produkte; per Hektar und Jahr 15,3 kg. Sie sind zu einem großen Teil aus Planktonorganismen hervorgegangen.

meeres, fanden erst unter wesentlicher Berücksichtigung der planktologischen Verhältnisse ihre Lösung. Dadurch ist die Planktologie allmählich zu einer wichtigen Hilfswissenschaft der Ozeanographie geworden.

Zur Frage der Einführung des Planktons als selbständigen Gegenstandes an höheren Schulen.

Wenn hier zu dieser von Deutschland ausgehenden Frage Stellung genommen wird, scheint es geboten, um gewissen Einwänden im voraus zu begegnen, zu bemerken, daß der Verfasser einerseits durch seine Stellung an der k. k. zoologischen Station in Triest seit mehreren Jahren selbst auf dem Gebiete der Hydrobiologie tätig ist, andererseits aber durch seine Lehrtätigkeit an der Mittelschule einen Einblick in den pädagogischen Betrieb der Naturwissenschaften an den österreichischen Mittelschulen erhalten hat.

Die Bestrebungen in Deutschland, die Planktologie als Gegenstand an höheren Schulen einzuführen, lassen sich hauptsächlich auf die lebhafteste Agitation durch Wort und Schrift seitens des Herrn Dr. O. Zacharias, Direktors der biologischen Süßwasserstation in Plön (Holstein), zurückführen, der sich große Verdienste um die Süßwasserbiologie erworben hat und eine führende Rolle einnimmt. Durch ihn ist auch größtenteils die Planktologie in Deutschland populär geworden. In seinem voriges Jahr erschienenen Buche¹⁾ gibt er seinen Ansichten und Wünschen den entschiedensten Ausdruck.

Wenn auch Österreich auf dem Gebiete des Unterrichtswesens einen ersten Platz unter den Kulturstaaten Europas einnimmt, so darf dies wohl nicht hindern, auf neue, von außen kommende Bestrebungen zu achten.

Veranlassung zu dem Eingehen auf die vorliegende Frage ist auch das große Interesse weiter gebildeter Kreise in Österreich, das sich in den letzten Jahren besonders in zwei Fällen

¹⁾ Das Plankton als Gegenstand der naturkundlichen Unterweisung in der Schule. Ein Beitrag zur Methodik des biologischen Unterrichtes und zu seiner Vertiefung. 28 Abb. u. eine Karte. Verlag Th. Thomas, Leipzig.

durch große Opferwilligkeit glänzend gezeigt hat. Denn es wurde größtenteils durch private Spenden ein wohleingerichtetes Forschungsschiff gebaut, das nun schon seit drei Vierteljahren auf den blauen Fluten der Adria seiner wissenschaftlichen Bestimmung nachkommt. Es hat ferner ein Privatmann, ohne irgendwelche Kosten zu scheuen, eine mit den vollkommensten Apparaten für alle Gebiete der Süßwasserbiologie wohl-eingerichtete Untersuchungsstation in Lunz (N.-Ö.) errichtet. Durch diese beiden Schöpfungen ist nun unser Vaterland auf dem Gebiete der Hydrobiologie anderen Staaten gleichgestellt und den Forschern und Lehramtskandidaten leicht Gelegenheit gegeben, auf dem Gebiete der marinen als auch der Süßwasser-biologie zu arbeiten.

Die von Zacharias in dem zitierten Buche angeführten, als für die positive Beantwortung obiger Frage hauptsächlich in Betracht kommenden Gründe lassen sich in dem einen Satze zusammenfassen: nur durch das Studium des Planktons gewinnt der Schüler einen richtigen und umfassenden Naturbegriff. Dies wird in den einzelnen Kapiteln hauptsächlich damit begründet, daß

1. die Planktonorganismen wie kaum eine andere Tier- oder Pflanzengruppe für den biologischen Unterricht geeignet seien;
2. dieselben einen klareren Einblick in den Haushalt der Natur gewähren, als dies aus der Betrachtung der höheren Tiere und Pflanzen möglich sei;
3. dieselben zu ästhetischen Betrachtungen hervorragend günstig seien und daß über den Rahmen der Wissenschaft hinaus Beziehungen zu den verschiedensten Gebieten und zur Kunst beständen.

Diese Punkte sind nebst einigen anderen, die nichts Wesentliches bieten, in sehr breiter, vielfach abschweifender Darstellung gegeben.

Betrachten wir diese drei Punkte der Reihe nach! Ohne Zweifel stellen die Planktonorganismen für biologische Gesichtspunkte außerordentlich interessante Objekte dar, wie dies wiederholt hervorgehoben wurde. Es darf aber dabei durchaus nicht übersehen werden, daß die biologischen Verhältnisse des Planktons und deren Begriffsbestimmung, wenn sie auch dem Forscher oder Lehrer leicht verständlich erscheinen, dem Schüler schwer verständlich sind, wie dies vielfach die Erfahrung gezeigt hat. Um Schülern den Begriff „Oberflächenvergrößerung“ verständlich zu machen, wählt man beispielsweise die Diatomee *Chaetoceras* und wird nach erfolgter Zeichnung und Besprechung der morphologischen Verhältnisse die Frage stellen, was am Körper durch die langen Hörner vergrößert wird.

Die Fragestellung macht die Beantwortung leicht. Also Oberflächenvergrößerung! Zunächst noch ein bloßes Wort, mit dem die wenigsten Schüler etwas anzufangen wußten. Man muß zu Beispielen greifen: ein Stück Gold, das einmal in Form eines Würfels, das andere Mal zu einem dünnen Blech ausgeschlagen in ein Glas mit Wasser geworfen wird; ferner eine zarte Feder, die in der Luft schwebt, zu einem Knäuel zusammengeballt dagegen rasch zu Boden sinkt. Erst jetzt wird der bloße Ausdruck „Oberflächenvergrößerung“ dem Schüler zu einem biologischen Begriffe. Jetzt kann man an den so wichtigen Begriff „Schweben“ (Schwebefähigkeit) herantreten, der, ohne daß man natürlich die Ostwaldsche Begriffsbestimmung im Auge hat, einige physikalische Kenntnisse voraussetzt. Ist auch dieser Begriff verständlich geworden, so sind trotzdem noch Zweifel vorhanden, ob ein Körper selbst bei großer Oberfläche schweben kann, der, wie die vorliegende Diatomee eine Kieselschale mit Kieselhörnern, Protoplasma mit Kern und Chromatophocen, Zellsaft usw. besitzt. Sind schließlich die letzten Zweifel behoben, so wird eine zweite Pflanzenform *Coscinodiscus* besprochen. Die Schüler bewundern zunächst im Mikroskop die schöne Form und die zierliche Schalenzeichnung. Daß aber auch dieser Organismus im Wasser schweben kann, will weniger einleuchten, denn die Oberflächenvergrößerung ist gegenüber von *Chaetoceras* für den Schüler wenig auffällig. Hier muß man auf den Besitz von Öl und Gasbläschen hinweisen und wiederum den physikalischen Begriff „spezifisch leichte Stoffe“ (in bezug auf Wasser) zu einem biologischen Begriffe machen. Auch das geht meistens ohne Zuhilfenahme von Beispielen aus der täglichen Erfahrung der Schüler nicht ab. Noch größer sind die Schwierigkeiten bei robusten *Ceratium-tripos*-Formen, bei Salpen, Quallen, Larven und Krebsen, da der Schüler das Schweben dieser mit Eigenbewegung begabten Tiere, respektive Pflanzen mit dem Schweben der Vögel in Verbindung bringt und davon nur schwer abzubringen ist.

Diese wenigen Beispiele dürften genügen, um auch dem Lehramt Fernerstehenden die nicht unbeträchtlichen Schwierigkeiten zu zeigen, die schon das Verständlichmachen der gebräuchlichsten Begriffe der Planktologie einem methodisch-biologischen Unterrichte bereitet. Dies liegt hauptsächlich darin, daß die Schüler zur Zeit des botanischen und zoologischen Unterrichtes (5. u. 6. Kl.) noch kaum die nötigen physikalischen Kenntnisse haben. Wenn aber der Lehrer viele Vergleiche und Beispiele aus verschiedenen Gebieten herbeiholen muß, dann leidet eines der wichtigsten pädagogischen Prinzipie, daß der Unterricht in gerader Linie fortschreiten und der zu behandelnde Begriff aus und durch sich selbst erklärt werden soll.

Hiermit soll aber keineswegs gesagt sein, daß die Planktonorganismen für einen biologischen Unterricht ungeeignet seien, vielmehr soll nur auf die sich ergebenden Schwierigkeiten hingewiesen sein, die dieser Stoff einer methodischen Behandlung bietet, die nur durch bereits erworbene physikalische Kenntnisse der Schüler auf ein normales Maß vermindert werden können.

Demgegenüber ist es allgemein bekannt, daß ein mit weit weniger Mitteln arbeitender und weniger zeitraubender biologischer Unterricht bei Behandlung der höheren Tiere und Pflanzen möglich ist und man darf ferner zweifellos behaupten, daß bei diesen eine weit größere Mannigfaltigkeit von biologischen Momenten entsprechend den weit mannigfaltigeren Lebensbedingungen und den zahlreichen verschiedenen Funktionen dienenden Organen vorhanden ist. Erwähnt seien bekannte Beispiele: der Maulwurf, das Schneeglöckchen, entsprechend der Darstellung in den Schmeilschen Büchern. Welche Fülle von biologischen, völlig gesicherten Tatsachen! So scheint mir denn die Behauptung keinem Zweifel zu unterliegen, daß der „biologische Wert“ der höheren Organismen — wenigstens für den Unterricht an den Schulen — unvergleichlich größer ist als der der Planktonorganismen.

Auch der zweite Punkt, daß das Studium des Planktons einen klareren Einblick in den „Haushalt der Natur“¹⁾ gewähre, als dies bei höheren Tieren und Pflanzen möglich sei, wird auf ein bescheideneres Maß reduziert werden müssen. Diesbezüglich braucht nur auf unsere noch sehr ungenügenden Kenntnisse über den Stoffwechsel im Meere und Süßwasser, den Chemismus des Planktons, ja sogar der Nahrung desselben hingewiesen zu werden, so daß jener Einblick zur Zeit noch völlig unmöglich erscheint. „Es wäre wohl interessant“, möchte ich etwas modifiziert mit Zacharias sagen, „wahrzunehmen, wie die Kieselalge einem winzigen Krebschen, dieses einem größeren Krebse und dieser wieder einem jungen Fische zur Beute fällt“; allein mit diesem sehr unwahrscheinlichen Zufalle wird kein Lehrer rechnen, wohl aber wird er gewisse durchsichtige Planktonformen wählen, um den Schülern den fortschreitenden Prozeß der Verdauung im Darmsysteme zu zeigen. Die Stoffwanderung wird man den Schülern weit besser an der Hand näher liegender Beispiele (Getreidekorn, Huhn, Mensch; Pflanze [Blatt], Raupe, Vogel, Mensch usw.) aus ihrer täglichen Erfahrung und Beobachtung demonstrieren; erst dann wird man

¹⁾ „Natur“ heißt bei Zacharias streng genommen nur „die Organismenwelt des Süßwassers“. In vorliegender Darstellung ist dagegen der Begriff allgemein genommen.

auf Planktonformen eingehen und versuchen können, die Begriffe „Stoffwechsel“ und „Haushalt der Natur“ klarzumachen. Ich behaupte also: Will der Lehrer seinen Schülern diese gewaltigen Phänomene möglichst klar und umfassend zeigen, wird er auch die Planktonorganismen berücksichtigen müssen.

Mit dem dritten Punkte wird jeder sich einverstanden erklären und es scheint mir ein großes Verdienst von Zacharias zu sein, daß er die ästhetischen Betrachtungen im naturgeschichtlichen Unterrichte stark betont. Zu diesen geben die wunderbaren Formen der Radiolarien — man kann sich kaum zierlichere Gebilde, als diese es sind, vorstellen — der Ctenophoren, Medusen, Diatomeen usw. reichlich Gelegenheit. Für das Kunsthandwerk werden solche Formen immer mehr herangezogen und verdienen als „Kunstwerke“ der Baumeisterin Natur auch in der Schule ihre Würdigung.

Die Planktonorganismen haben wir teils als Pflanzen, teils als Tiere kennen gelernt; sie fallen demnach unter den Begriff Pflanzenreich, respektive Tierreich. Es fragt sich daher, ob es pädagogisch wertvoll und praktisch durchführbar ist, die Planktologie zu einem selbständigen Gegenstande in der Mittelschule zu machen.

Unter den Protophyten bilden die Cyanophyceen und Diatomeen einen wichtigen Bestandteil des Planktons. Würde man bei den ersteren lediglich die Planktonformen berücksichtigen, so müßten die Schüler nur einen sehr dürftigen Begriff von dieser Pflanzengruppe empfangen; ähnliches gilt für die Diatomeen, wiewohl hier die Planktonformen durch ihren Bau meistens von den anderen unterschieden sind und selbständig behandelt werden könnten. Beim Zooplankton aber liegen diesbezüglich die Verhältnisse noch ungünstiger. Es sei nur auf die Larvenformen hingewiesen, die sich stets im Plankton finden, in manchen Zeiten sogar die vorherrschenden Formen sind. Welcher Pädagog aber würde sich dazu verstehen, etwa nur die Larvenformen, sagen wir einer Schnecke, zu besprechen, ohne nicht auf das erwachsene Tier selbst, dessen Bau und Lebensverhältnisse einzugehen? Müßte ferner nicht die Übersicht über die beiden Reiche verloren gehen, wenn man die Planktonorganismen aus ihrem natürlichen Verbands im System herausreißt und gesondert behandelt? Mag aber die Planktologie als selbständiger Gegenstand für den Hochschulbetrieb ihre volle Berechtigung haben; für die Mittelschule gilt dies sicher nicht.

Die große Bedeutung der Planktonkunde, die heute allgemein anerkannt werden muß, verlangt aber doch eine gewisse Berücksichtigung in den höheren Schulen. Bisher wäre dies in Österreich nur an den Realschulen verhältnismäßig leicht einzurichten gewesen, da sowohl für Botanik als Zoologie je

ein ganzes Jahr mit zwei Wochenstunden zur Verfügung steht. Hier wird der Lehrer Zeit finden können, um bei den einzelnen Abteilungen der beiden Reiche auf Planktonvertreter einzugehen, und dies wird um so leichter möglich sein, wenn Exkursionen veranstaltet werden, auf denen die wichtigsten Begriffe der Planktonlehre erläutert und meistens leichter verständlich gemacht werden können als in der Schule, da bei solchen Gelegenheiten eine freiere Aussprache zwischen Lehrer und Schülern eintreten kann. So wird dann viel Zeit für die zeitraubenden mikroskopischen Untersuchungen und das Zeichnen der Objekte in der Schule gewonnen. Unbedingt geboten erachte ich es — das ist ja auch am Gymnasium möglich — am Schlusse des Jahres im 6. Jahrgange das Plankton zusammenfassend zu behandeln, wobei durch den Unterricht in der Zoologie der um vieles erweiterte Blick der Schüler erst jetzt die Behandlung und Beantwortung einer Menge von Fragen gestatten wird, was nach der 5. Klasse noch nicht möglich war.

Ziehen wir also den Schluß, so werden wir sagen müssen, daß eine entsprechende Berücksichtigung der Planktonorganismen in unseren Mittelschulen geboten ist, um den Schülern mit Rücksicht auf ihre Entwicklungsstufe einen möglichst vielseitigen Einblick in die ganze Organismenwelt zu verschaffen und ihnen die Möglichkeit zur Gewinnung eines umfassenden Naturbegriffes zu bieten.

Hoffen wir, daß eine Reform des Unterrichtsplanes den naturwissenschaftlichen Fächern an der Mittelschule eine größere Stundenzahl bringen möge, wie es der gewaltige Fortschritt der Naturwissenschaften und ihre Bedeutung verlangen. Dann wird auch für die so interessante Planktologie jene Zeit zur Verfügung stehen, welche ihre Behandlung erfordert, damit sie die Verbreitung im Volke findet, die sie verdient.

UB Wien



+AM505605107

