

**Zeitschrift:** Neujahrsblatt herausgegeben von der Naturforschenden Gesellschaft auf das Jahr ...  
**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft in Zürich  
**Band:** 99 (1897)  
  
**Artikel:** Die Schwebeflora unserer Seen : das Phytoplankton  
**Autor:** Schröter, C.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-386840>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 04.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Die  
**Schwebeflora unserer Seen.**  
(Das Phytoplankton.)

---

Von  
**Dr. C. Schröter,**  
Professor der Botanik am Polytechnikum  
in Zürich.

---

99<sup>stes</sup> Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1897.

---



**Zürich**

Druck von Zürcher & Furrer  
1896.



## Vorbemerkung.

---

Der Verfasser beabsichtigte anfänglich, einen an der schweizerischen Naturforscherversammlung in Zürich im August 1896 gehaltenen Vortrag über „die Flora der Seen“ in diesen Blättern zu veröffentlichen. Bei der Bearbeitung hierfür schwoll aber das erste Kapitel jenes Vortrages, das über Plankton handelte, dermassen an, dass der beschränkte Raum gebot, vorläufig diesen Teil allein zu behandeln. Vielleicht kann später einmal an dieser Stelle die Litoral- und Grundflora behandelt werden.

---



Per 8180

## Einleitung.

---

Nachdem die moderne Biologie lange Jahre unter dem Zeichen der Meeresforschung gestanden, wandte sich in den letzten Jahrzehnten das Interesse vieler Naturforscher den Binnenseen zu. Früher hatte man die Seen gleichsam als Lücken im Festlandsleben betrachtet; jetzt begann man, sie als biologische Sonderbezirke mit eigener Flora und Fauna aufzufassen, als Mikrokosmen, die ihre besondere Welt beherbergen. Die Seenkunde oder „Limnologie“ entwickelte sich bald zu einem angesehenen und ausgedehnten Wissenszweig.

Es ist in der That eine anziehende Aufgabe für den Biologen, die Lebensgemeinschaft eines so gut abgegrenzten und so scharf charakterisierten Bezirkes, wie ihn der See bietet, in ihrer Zusammensetzung und ihrer Abhängigkeit von äusseren Bedingungen zu studieren. Das Programm einer erschöpfenden monographischen Behandlung eines Seebeckens<sup>1)</sup> bietet dem Forscher eine reizvolle Gelegenheit zu vielseitiger Bethätigung.

Zunächst gilt es, die geographischen Verhältnisse zu studieren, Lage, Grösse und Gestalt des Sees, seine Höhe über Meer, sein Einzugsgebiet, seine Tiefengestaltung, seine Ufer- und Bodenformen kennen zu lernen; dann kommt die Frage nach der Entstehung des Sees, der geologischen Natur seines Untergrundes und der Zusammensetzung seiner Bodenbedeckung (Kies, Sand, Schlamm). Die Natur der Wassermasse des Sees bildet ein weiteres Kapitel: die hydrologischen Faktoren des Sees, seine Zu- und Abflüsse, das Volumen seiner Wassermasse, die Niveauschwankungen derselben, das Gewell und seine Wirkungen bilden eine Seite dieser Fragen; die andere besteht aus dem Studium der für die Lebewelt des Sees wichtigsten Faktoren: der Temperatur, der Druckverhältnisse, Beleuchtung, der chemischen Zusammensetzung und der Farbe des Wassers. Nachdem so gleichsam die gesamte Topographie, Geologie, Physik und Chemie des Sees bekannt ist, baut sich darauf die Darstellung des organischen Lebens. Flora und Fauna werden nach ihrer Zusammensetzung, ihrer Verteilung auf die verschiedenen Lebensbezirke des Sees, ihrem zeitlichen und räumlichen Wechsel, ihren geselligen Ver-

---

<sup>1)</sup> Vergl. auch Imhof, Programm zur Erforschung eines grösseren Sees, Biol. Centralblatt XII 1892, pag. 512 ff.



bänden, nach ihrer Abhängigkeit von den äusseren Faktoren, ihren Anpassungserscheinungen und Lebensgewohnheiten, nach ihrer Herkunft und ihren Beziehungen zu den Organismen der Umgebung und anderer Seen untersucht.

Als Pionier der Seenforschung müssen wir Prof. F. A. Forel in Morges am Léman bezeichnen; er hat sich die allseitige Erforschung seines herrlichen heimatlichen Sees zur Lebensaufgabe gemacht; sein Buch über den „Lac Léman“, von dem die zwei ersten, alles Unorganische behandelnden Bände vorliegen, verspricht die umfassendste Monographie eines Seebeckens zu werden, die wir besitzen. Durch Forels Anregung ist in der Schweiz die Seenforschung lebhaft betrieben worden: eine „limnologische Kommission“ der schweiz. naturforschenden Gesellschaft besteht schon lange; die Schweb- und Tiefseefauna wurde von Asper, Blanc, Duplessis, Forel, Heuscher, Imhof, P. E. Müller, Lutz, Pénard, Piccard, Schilling, Steck, Stingelin, Studer und Zschokke studiert. Seit 1890 arbeitet am Bodensee eine internationale naturwissenschaftliche Kommission, deren Resultate teilweise in den Schriften des Vereins f. Geschichte des Bodensees schon veröffentlicht sind (Arbeiten von Graf Zeppelin, Forel, Hoppe-Seyler, Hofer; die Bearbeitung der Vegetation von Prof. Kirchner und dem Verfasser wird 1897 erscheinen). Ueber die Schwebeflora liegen erst zwei Arbeiten aus der Schweiz vor: von Brun über den Léman und von Kirchner über den Bodensee (vorläufige Mitteilung).

In Deutschland wurde die Reihe der biologischen Seenforschungen durch Weismann mit seiner Arbeit über das Tierleben im Bodensee eröffnet. Die ständige, allseitige Untersuchung eines Seebeckens ist durch die Errichtung einer „biologischen Station“ am Plöner-See in Holstein ermöglicht, von Zacharias (1891) gegründet und geleitet; er hat schon 4 Bände von „Forschungsberichten“ publiziert, unter Mitwirkung zahlreicher Forscher; über Planktonalgen finden sich hier wertvolle Arbeiten von Brun, Castracane, Klebahn, Lemmermann, Strodtmann und Richter. Bedeutsame Anregungen brachten die Forschungen Hensens in Kiel, namentlich in der Richtung der quantitativen Planktonforschung: Apstein, Seligo, Hofer, Lauterborn, Zacharias, Strodtmann haben in dieser Richtung gearbeitet; die Planktondiatomeen des Müggelsees hat O. Müller bearbeitet; auch dort findet sich seit 1894 eine Untersuchungsstation.

In Frankreich hat die physikalische Limnologie durch Thoulet, Delebeque, Jules de Guerne bedeutende Förderung erfahren; aus diesem Lande liegen uns auch die ersten systematischen Untersuchungen der makrophytischen See flora vor; es sind das die gründlichen Studien A. Magnins über 66 jurassische Seen. Monier hat die Vogesenseen untersucht, Berthoule und Richard solche der Auvergne, alle vom zoologischen Standpunkt aus, während Petit und Lemaire die Diatomaceen der Vogesenseen, Bélloc die der Pyrenäenseen kennen lehrte.

In Italien hat sich besonders Pavesi für die Erforschung der Seenfauna

verdient gemacht; zahlreiche Untersuchungen über die Diatomaceen der Seen liegen vor von Bonardi, Castracane, Corti, Lanzi, Levi Morenos, Macchiati u. a.

In Böhmen sind durch die Bemühungen der „Kommission für die naturwissenschaftliche Durchforschung Böhmens“ besonders faunistische Arbeiten über Seen geliefert worden (Frič und Vavra); in Ungarn ist eine Kommission mit der Erforschung des Plattensees beschäftigt (Borbas, Francé, Daday).

Die Amerikaner haben der Seen-Flora und Fauna namentlich wegen ihrer Beziehungen zur Eignung des Seewassers als Trinkwasser ihre Aufmerksamkeit geschenkt. In den Berichten ihrer hygieinischen Kommissionen finden sich zahlreiche Angaben über Plankton; ausserdem hat Smith den Eriesee, Reighard den Lake St. Claire planktonisch untersucht.

---

### Abgrenzung des Begriffes „See“.

---

Ein See ist nach Forel „eine stagnierende Wassermasse, welche in einer Vertiefung des Bodens ruht und keinen Zusammenhang mit dem Meere hat.“ Durch den letzten Zusatz sind die Aestuarien und Lagunen mit Brackwasser vom Begriff des Sees ausgeschlossen, während es anderseits salzige Seen giebt. Der Ausfluss kann permanent, temporär oder ganz fehlend sein; in letzterm Falle wird der See durch Konzentration infolge Verdunstung salzig; der See selbst kann permanent oder temporär sein, d. h. bis zum Grunde austrocknen.

Zur Abgrenzung nach unten, gegen den Teich und gegen den Sumpf, benutzt Forel die Tiefe und die Vegetation; schärfer wird die Unterscheidung, wenn sie sich auf letztere allein stützt, denn die Vegetation ist ein kompendiöses Facit aus den gesamten natürlichen Bedingungen einer Wasseransammlung; wir haben hier namentlich die höheren bodenbewohnenden Pflanzen im Auge.

Verständigen wir uns zunächst über die zwei Hauptgruppen wasserbewohnender, festgesessener Gewächse: die Sumpfpflanzen und die Wasserpflanzen. Die ersteren besitzen stets von Luft umflossene und dem Luftleben angepasste Assimilationsorgane (Stengel und Blätter); wo sie im Wasser stehen, ragen sie mit dem blättertragenden Stengel über den Wasserspiegel hinaus; Schilf und Binse sind die bekanntesten Beispiele hiefür.

Allen eigentlichen Wasserpflanzen dagegen ist das Fehlen frei in die Luft emporragender Assimilationsorgane eigen; sie gehen in der Anpassung an das Wasserleben einen Schritt weiter als die Sumpfpflanzen. Im übrigen zeigen sie dreierlei Verhalten zum Wasser:



α) Blätter und Blüten erreichen die Wasseroberfläche; erstere sind Schwimmblätter, mit spaltöffnungsführender Oberseite; die Blüten tauchen über die Wasseroberfläche empor; hieher die Seerosen, manche Laichkräuter und Wasserhahnenfüsse (*Nymphaea*, *Nuphar*, *Potamogeton natans* u. a., *Ranunculus aquatilis* u. a.). Drude bezeichnet sie als „Schwimmpflanzen“; um einer Verwechslung mit den wirklich schwimmenden, d. h. nicht festgewurzelten Pflanzen vorzubeugen, wollen wir sie „submers mit Schwimmblättern“ nennen.

β) Nur noch die Blüten tauchen empor, die Vegetationsorgane sind gänzlich submers; hieher viele Laichkräuter, Wasserhahnenfüsse, das Tausendblatt u. a. (*Potamogeton lucens* u. a., *Ranunculus divaricatus* u. a., *Myriophyllum*); nennen wir sie „submers mit emersen Blüten“.

γ) Kein Organ strebt mehr zur Oberfläche, die Pflanze vegetiert, blüht und fruchtet im feuchten Element, oft bis in beträchtliche Tiefen „rein submers“. Hieher gehören von Blütenpflanzen die *Najas*, die Wasserpest, der Teichfaden; von grösseren blütenlosen Pflanzen die Armleuchtergewächse und die Wassermoose.

Am Ufer einer Wasseransammlung folgen sich wasserwärts die Pflanzen naturgemäss so, dass erst die Sumpfpflanzen dominieren, am Rande eine Verlandungszone bildend, dann folgt die Zone der Wasserpflanzen mit emersen Organen (mit Schwimmblättern oder mit emersen Blüten) und schliesslich als dritte, am weitesten in die Tiefe dringende Zone diejenige der völlig untergetauchten Wasserpflanzen.

See, Teich und Sumpf unterscheiden sich darin folgendermassen:

Der See besitzt alle drei Zonen, weist also in der Mitte einen stets pflanzenfreien Wasserspiegel auf; dem Teich fehlt die dritte Zone, er ist so seicht, dass überall die Wasserpflanzen mit emersen Organen bis zur Oberfläche vorragen können; dagegen tief genug, um den Sumpfpflanzen Halt zu gebieten. Der Sumpf endlich wird völlig von Sumpfpflanzen überwuchert, zeigt keine freie Wasseroberfläche mehr.

Diese Definition hat den Vorteil, dass sie sich der genetischen Reihenfolge der drei Kategorien von Wasserbecken anschliesst: ein See kann durch Ausfüllung mit Sinkstoffen allmählich zum Teich werden, und dieser endigt durch das siegreiche Vordringen der Verlandungszone als Sumpf. In hunderten von Fällen lässt sich diese Entwicklungsfolge nachweisen; die Seen erscheinen unter diesem Gesichtspunkt als vorübergehende Phasen im Entwicklungsprozess der Erdrinde: ein Grund mehr, ihre Natur zu studieren!<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> In einer hochinteressanten Arbeit über „Veränderungen der Erdoberfläche im Umkreis des Kantons Zürich seit der Mitte des 17. Jahrhunderts“ (Bern 1896) hat vor Kurzem Dr. H. Walser nachgewiesen, dass im Gebiet der Gyger'schen Karte von 1668 (Nordostschweiz) von 149 Seen nicht weniger als 73 kleinere heute, also nach rund 250 Jahren, völlig erloschen und 16 stark reduziert sind. Von 54 näher untersuchten Fällen waren es bei 40 natürliche Ursachen, (namentlich Zuschüttung und Verwachsung, welche das Erlöschen oder die Reduktion bewirkten.

### **Begriff der Seeflora.**

Was ist unter „Seeflora“ zu verstehen? Alle Pflanzen, die im See wachsen? Diese Definition genügt keineswegs; denn, vergessen wir nicht, der See ist eine variable Grösse, sein Wasserstand wechselt und damit auch das von ihm bedeckte Gebiet. Wir finden am Ufer eine amphibische „Grenzzone“, die bald regelmässig trocken liegt, bald überschwemmt ist; bei aussergewöhnlichem Hochwasser greift ausserdem der See weit über das Land hinaus und überflutet die Landflora. Diese selbst weiss ausserdem in manchen Formen gegen den See vorzudringen. Wollte man also alle jemals im „See“ wachsenden Pflanzen zur Seeflora rechnen, so befände sich darunter manche typische Landform.

Zur „Seeflora“ im engeren Sinn, die als biologischer Begriff eine Unterabteilung der „Wasserflora“ darstellt, rechnen wir demnach mit Brand <sup>1)</sup> nur die im **ständig** überschwemmten Gebiet des Sees lebenden Sumpf- und Wasserpflanzen. Dabei ist zum ständig überschwemmten Gebiet auch die dem Wasserrand folgende „Spritzzone“ einzurechnen, die ja auch stets vom See her durchfeuchtet ist.

### **Die drei Regionen oder „Lebensbezirke“ des Sees.**

Dieses so bereinigte Gebiet der Seeflora zerfällt nach Forel in drei Regionen, die durch ihre Bedingungen und ihre Vegetation sich scharf unterscheiden: die Uferregion, die Tiefenregion und das offene Wasser.

Die Uferregion oder Litoralregion umfasst die Seichtgründe des Ufers bis zur Grenze des höheren Pflanzenwuchses, d. h. soweit die Blütenpflanzen, Characeen, Wassermoose und wiesenbildenden Fadenalgen gehen, soweit also der Grund übergrünt ist.

Diese Grenze liegt verschieden tief; in den Juraseen fand sie Magnin bei 13 m, am Genfersee Forel bei 20 m, im Starnbergersee Brand bei 20 m, im Bodensee ergab sie sich bei 30 m.

Die Analogie mit der Baumgrenze im Gebirge liegt auf der Hand; wie wir beim Aufsteigen ins Gebirge zu einer Grenze kommen, wo die Bedingungen des Baumlebens aufhören und die Vegetation sich nur noch in niederen Gestalten bewegt, so hier: beim Absteigen in die kühleren, schwächer belichteten und schlammigen Tiefen hört bei einer bestimmten Quote das „makrophytische“ Leben auf, und tiefer unten finden sich nur vereinzelte Mikrophyten im Schlamm.

Wie die Baumgrenze der Gebirge und des Nordens, so ist auch die Makrophytengrenze der Seen ein kompliziertes Phänomen, durch Zusammenwirkung von Temperatur-, Licht- und Bodenverhältnissen zu stande kommend.

Der biologische Begriff der Uferzone deckt sich nicht mit dem aus der

---

<sup>1)</sup> Brand, die Vegetationsverhältnisse des Würmsees, Bot. Centralblatt, Band LXV, 1896.



Wirkung der unorganischen Faktoren, namentlich der Erosion und Alluvion hergeleiteten, hydrographischen Begriff des Ufers. Forel dehnt darnach das Ufer soweit seewärts und landwärts aus, als die mechanische Wirkung der Wellen in die Tiefe und Höhe reicht.

Wir haben also, vom Lande her seewärts schreitend, folgende Aufeinanderfolge der Zonen:

1. Den Strand, stets trocken liegend, von Landflora bewohnt, aber indirekt durch die Wellen modelliert; er besteht aus:
  - a) dem Uferrand mit steiler Böschung,
  - b) dem auftauchenden Hang (Forel) mit flacher Böschung.
2. Den überschwemmbar Hang, oder die „Grenzzone“, zwischen den mittleren Hochwasser- und Niederwasserständen liegend, mit flacher Böschung, periodisch überschwemmt, teils Landpflanzen, teils Wasserpflanzen tragend.
3. Den untergetauchten Hang, unterhalb des Niederwasserstandes, mit flacher Böschung, ständig überschwemmt, Sumpfpflanzen (bis 3 m) und Wasserpflanzen mit emersen Organen tragend.
4. Die Wyse (Zeppelin), Scharre (Seligo), das Weiss (Brand), eben, ständig überschwemmt, mit Sumpfpflanzen (bis 3 m) und Wasserpflanzen mit emersen Organen besetzt.
5. Die Halde, mit steiler Böschung, ständig überschwemmt, mit Wasserpflanzen mit emersen Organen (bis 6 m) besetzt. Grenze des hydrologischen Ufers.
6. Die Böschung des Seekessels, weniger steil, nur noch mit ganz submersen Makrophyten bedeckt, die übrigens auch in Zone 3—5 vorkommen und die im Maximum bis 30 m gehen. Grenze des biologischen Ufers.

Auf Fig. 1, Seite 9, sind diese Verhältnisse an einem Schema übersichtlich dargestellt.

Die Tiefenregion umfasst den Boden mit seinen Mikrophyten von der Grenze der Uferregion an abwärts.

Die limnetische Region, das „offene Wasser“, im Meere als „pelagische“ Region bezeichnet, besteht aus der ganzen freien Wasserfläche. Forel will nur die Wassermasse über der Tiefenregion, also mit Ausschluss des Uferwassers, als „pelagische“ Region bezeichnet wissen und auch Häckel unterscheidet ein „neritisches“ oder Küstenplankton; die Beobachtungen von Zacharias am Plönsee, Francé am Plattensee, Bachmann am Vierwaldstättersee (mündliche Mitteilung), Asper, Heuscher und vom Verfasser am Zürichsee zeigen aber keinen wesentlichen Unterschied in den Bewohnern des Uferwassers gegenüber dem übrigen, abgesehen von der selbstverständlichen Beimischung von Litoralformen. Wir rechnen demnach die ganze Wassermasse des Sees zur limnetischen Region, die man nach Bedürfnis weiter gliedern kann in Uferwasser und Mittenwasser, Oberflächenwasser und Tiefenwasser etc.

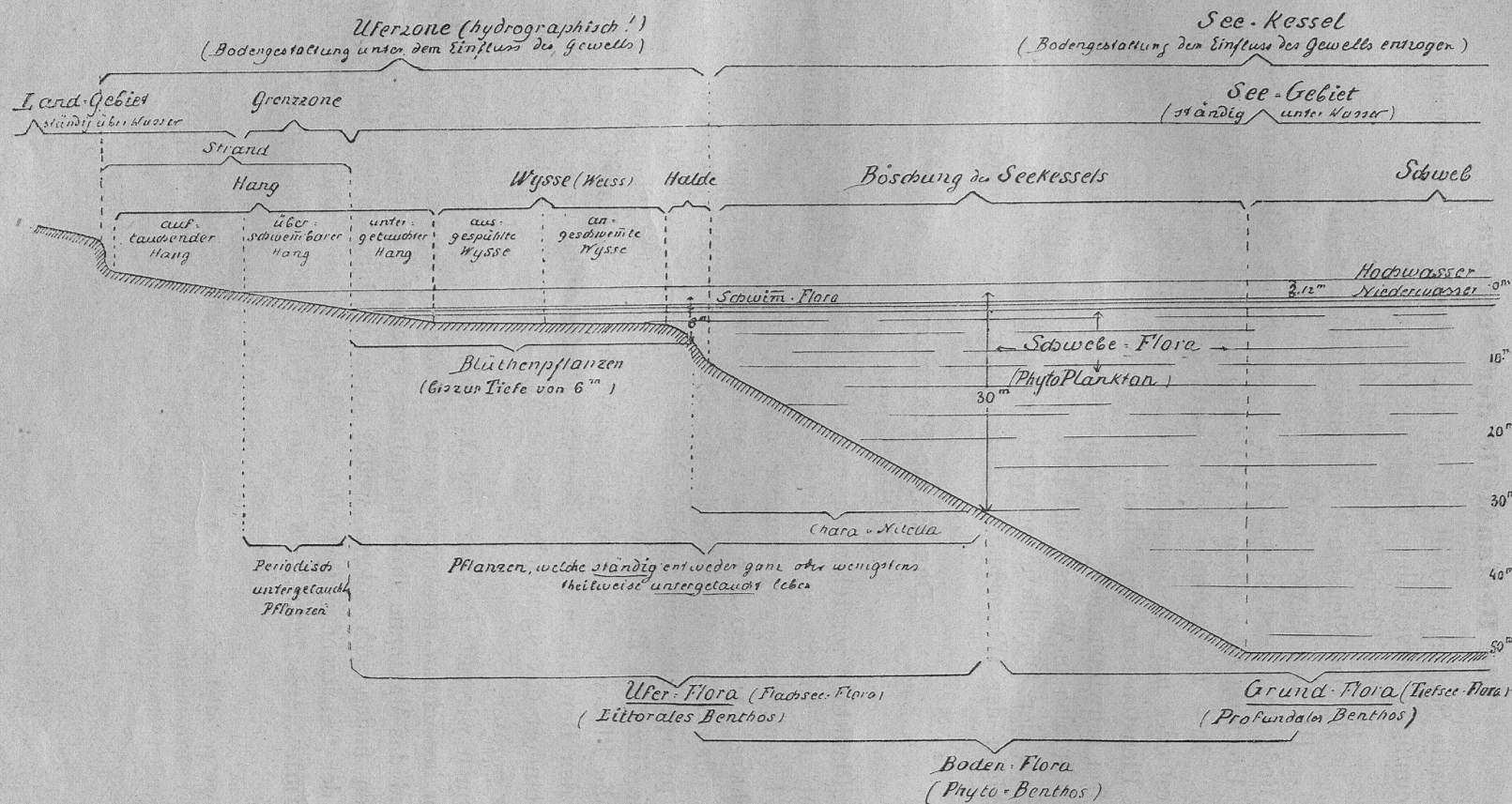


Fig. 1. Ufergestaltung und Vegetationsverteilung eines Sees.

Die Tiefengrenzen der Vegetation sind diejenigen des Bodensees.

(Aus: Schröter und Kirchner, die Vegetation des Bodensees.)



### **Die Bestandteile der Seeflora.**

Die gesamte Seeflora zerfällt in drei nach Standort, Lebensweise und Anpassungserscheinungen verschiedene Pflanzengesellschaften.

I. Das Phyto-Benthos oder die Bodenflora.

II. Das Pleuston <sup>1)</sup> oder die Schwimmflora.

III. Das Phyto-Plankton oder die Schwebeflora.

I. Die Bodenflora besteht aus allen an den Boden gebundenen Seepflanzen; sie zerfällt in Uferflora oder Flora des Uferbodens und Grundflora oder Pflanzen des Tiefbodens. Ihre Bestandteile leben entweder im Boden, Wasser und Luft zugleich (emers) oder nur im Boden und Wasser (submers).

II. Das Pleuston oder die Schwimmflora besteht aus allen auf der Oberfläche des Wassers frei schwimmenden, mit Anpassungen an das Luftleben versehenen Pflanzen; sie lebt also in Wasser und Luft (Lemna, Hydrocharis, Pistia, Trianæa). Die ebenfalls an der Oberfläche schwimmenden, aber rein an das Wasserleben angepassten Algen der Wasserblüte gehören nicht hieher, sondern zum Plankton.

### **Das Phyto-Plankton.**

#### **Definitionen.**

Unter „Plankton“ verstehen wir nach dem Vorgang Hensens und Häckels die Gesamtheit der im Seewasser untergetaucht schwebenden, lebenden Organismen, deren Eigenbewegung gegenüber den Wellen und den Strömungen des Wassers machtlos ist; also alle passiv vom Wasser bewegten, lebenden Organismen. Die pflanzlichen Bestandteile des Plankton bilden das Phytoplankton; im Meer das pelagische, im See das limnetische Phytoplankton.

Für die einzelnen Planktonwesen möge der Ausdruck „Plankton“ eingeführt werden; für die Pflanzen „Planktophyten“, für die Tiere „Planktozoën“.

Unter den Bewohnern eines jeden Standortes giebt es solche, für die der betreffende Standort die eigentliche normale Wohnstätte ist, und andere, die mehr zufällig dahin geraten.

So können wir mit Pavesi und Apstein als eu-limnetisch diejenigen Planktonalgen bezeichnen, die vorzugsweise im offenen Seewasser leben, dort sich vermehren und das Maximum ihrer Entfaltung erreichen, dort eigentlich zu Hause sind. Daneben finden sich solche, welche ebenso häufig in der Litoralzone als Bestandteile der festsitzenden Bodenflora vorkommen; sie mögen nach Kirchner als bentholimnetisch bezeichnet werden. Und endlich mischen sich vereinzelt

---

<sup>1)</sup> Es möge gestattet sein, diesen Ausdruck neu einzuführen unter der freundlichen philologischen Gevatterschaft meines verehrten Kollegen Kägi, weil „Nekton“ von Hæckel schon für die aktiv schwimmenden Organismen gebraucht wird.

solche bei, die ihren ausschliesslichen Standort in der Bodenflora haben, und nur zufällig und vereinzelt losgerissen dem Plankton sich beimischen: die tycho-limnetischen Planktonten (Pavesi); „erratische“ nach Forel.

Zu diesen zufällig planktonischen Organismen möchte ich auch die „Algenwatten“ rechnen, die im Frühjahr, beim Beginn der Vegetation, vom Grunde sich losreissen und an der Oberfläche treiben. Sie verdanken ihren Auftrieb den infolge der Assimilation sich entwickelnden Sauerstoffbläschen. Im Zürichsee bei Zürich ist es vorzugsweise *Oscillatoria limosa* Ag., die in grossen Fladen vom Grunde sich löst, förmliche helle „Glazen“ auf der dunkeln Algenwiese hinterlassend. Die an der Oberfläche treibenden Filze kehren eine blauschwarze oder tiefbraune Fläche mit der *Oscillatoria* nach oben; die untere Fläche ist erdfarben und voll Diatomaceen. Auch Spirogyren spielen eine ähnliche Rolle.

Als passives Plankton mögen diejenigen Organismen bezeichnet werden, welche auf andern selbstständigen planktonischen Pflanzen festsitzen; es sind namentlich Kieselalgen, Acineten und Vorticellen, welche auf diese Weise sich tragen lassen. Wir könnten diese passiven Planktonten als die Raumparasiten (oder Epiphyten, soweit es Pflanzen sind) der Planktonwiese bezeichnen.

So sind zu Zeiten die Kolonien von *Anabanea flos aquae* im Zürichsee fast sämtlich mit einem Kranz von Glockentierchen besetzt. Im Plankton des Türlers-Sees fanden sich die Sternchen von *Asterionella* regelmässig bewohnt von einer Choanoflagellate (*Diplosiga frequentissima* Zacharias), die vor Kurzem von Zacharias auf *Asterionella* im Plönsee beobachtet wurde. Es findet dabei von Seite der festsitzenden Tiere eine gewisse Auswahl statt; sie heften sich nicht an jede beliebige Planktonalge. So fand sich z. B. im Zürichsee die neben *Anabanea* vorkommende *Clathrocystis* stets frei von Glockentierchen; auf der massenhaft vorkommenden *Tabellaria* fand sich nie ein Epiphyt. Ob hier rein mechanische Verhältnisse massgebend sind, oder ob eine Art Symbiose vorliegt, bleibt noch zu untersuchen.<sup>1)</sup>

Als Pseudoplankton können wir abtrennen, was als abgestorbene oder bald absterbende kleine Pflanze oder Pflanzenteil (oder Tierenteil) ins Wasser gerät und sich dort planktonisch herumtreibt. Hieher gehört u. a. der Blütenstaub der Fichte und Kiefer, der eine sogenannte „Seebüte“ bildet, indem er den See mit einem gelben Pulver überzieht.

Als parasitäres Plankton mögen die Schmarotzer der Planktonten bezeichnet werden.

Eine eigentümliche Form des Plankton endlich bilden die nach Maurizio<sup>2)</sup> in jedem Tagwasser vorkommenden Sporen der „Wasserpilze“ (einiger Perono-

---

<sup>1)</sup> Für letztere spricht die Thatsache, dass die Glockentierchen isolierte Anabaenazellen fressen.

<sup>2)</sup> Vortrag in der bot. Sect. der schweizerischen Naturforscherversammlung in Zürich; im August 1896.



sporeen und der Saprolegniaceen), die sich oft auf Fischen und Fischeiern zu verderbenbringenden Parasiten entwickeln, aber auch auf im Wasser schwimmenden Pollenkörnern zahlreicher Pflanzen leben und fructifizieren können. Wir können diese Organismen mit Häckel als „meroplanktonisch“ bezeichnen, da sie nur einen Teil ihres Lebens, nämlich als Spore, als Planktonten zubringen.

#### Methoden des Fanges und der Untersuchung.

Zum Sammeln des Planktons bedient man sich seit Johannes Müller (1845) eines feinmaschigen Netzens (des „pelagischen“ oder „Plankton-Netzes“). Es ist aus gröberer oder feinerer Seidengaze (Nr. 14–20) gefertigt; bei letzterer hat jedes Loch eine Seitenlänge von 0,053 mm. Die groben Netze fangen besonders die schwimmkräftigen, grösseren Planktontierchen, die feineren halten auch die kleinsten Organismen, namentlich alle Algen, zurück, verscheuchen aber die grösseren Tierchen. Zu quantitativen Untersuchungen wird dem Netz ein besonderer Filtrator angeschraubt, für qualitative genügt ein Kautschukbeutelchen im Boden des Netzens. Nähere Angaben über die Apparate findet man bei Apstein (Das Süsswasserplankton, Kiel 1896 <sup>1)</sup>).

Horizontalfänge geben ein Bild der qualitativen Zusammensetzung des Planktons der Oberfläche und in verschiedenen Tiefen. Schliessnetze, welche geschlossen hinabgelassen und heraufgezogen werden, also nur Organismen einer bestimmten Tiefe heraufbringen, sind bis jetzt im Süsswasser nur von Imhof angewendet worden (ohne Angaben über deren Konstruktion <sup>2)</sup>).

Vertikalfänge sind entweder einfache qualitative: sie geben ein aus der gesamten durchfiltrierten Wassersäule gemischtes Bild der qualitativen Zusammensetzung;

oder es sind qualitative Stufenfänge: das Netz wird successive aus Tiefen von 2, 5, 10, 15 m etc. heraufgezogen; die Differenzen in der Zusammensetzung der Fänge zweier successiver Tiefen ergeben die nur in dem Zwischenraum vorkommenden Planktonten.

Quantitative Fänge werden stets vertikal ausgeführt; entweder als einfache Verticalfänge, womöglich vom Grunde des Sees an, um die gesamte Planktonmenge zu beurteilen, oder von bestimmter Tiefe an (40 m, 60 m), um verschiedene Seen vergleichen zu können; oder als quantitative Stufenfänge, um die relative Planktonmenge verschiedener Tiefenschichten zu ermitteln.

Das Quantum des Planktons wird bestimmt:

a) nach dem Volumen, durch Absetzenlassen der abgetöteten Planktonten in einem Messcylinder;

<sup>1)</sup> Qualitative Planktonnetzchen liefert zum Preise von 8 Fr. Herr Sattler Locher-Wolf, Münsterhof, Zürich; quantitative zu 36–55 Mark (inkl. Porto und Verpackung) Meckaniker Zwickert, Kiel.

<sup>2)</sup> Siehe Anmerkung 1 am Schluss.

- b) durch Wägung
  - in feuchtem Zustand (Zachariäs; eine unsichere Methode!);
  - als Trockensubstanz, die genaueste und fehlerfreieste Methode;
- c) durch Zählung der in der Volumeneinheit des Seewassers vorkommenden Individuen oder Kolonien der einzelnen Planktonten.<sup>1)</sup>

### **Nährstoffmehrer und Nährstoffzehrer im Plankton.**

Der wichtigste Unterschied zwischen den planktonischen Wesen, viel wichtiger als der zwischen Tier und Pflanze, beruht in ihrer Lebensweise. Sie lassen sich darnach in zwei grosse Gruppen scheiden.

Die einen besitzen Blattgrün oder Chlorophyll; mit Hülfe desselben können sie assimilieren, d. h. sie können ihren Bedarf an Kohlenstoff aus der im Wasser absorbierten Kohlensäure decken; sie können also direkt von den im Wasser enthaltenen, unorganischen Bestandteilen sich ernähren, ohne auf andere Organismen angewiesen zu sein: wir können sie als autotrophe (selbständig sich ernährende) Organismen, oder als Urnahrung, als Nährstoffherzeuger, Nährstoffmehrer bezeichnen. Es gehören hieher die sämtlichen Algen und alle chlorophyllführenden Tiere des Plankton.

Die zweite Gruppe enthält kein Blattgrün, kann also nicht assimilieren, kann also ihren Kohlenstoffbedarf nicht aus der Kohlensäure und auch nicht aus andern unorganischen Verbindungen des Wassers decken, sondern ist auf andere Organismen angewiesen; das sind die allotrophen, d. h. die von andern Lebewesen sich ernährenden Organismen, die Nährstoffverzehrer. Hieher gehören die chlorophyllfreien Pflanzen des Plankton, die Pilze und Bakterien und alle Tiere mit Ausnahme der wenigen chlorophyllhaltigen Formen.

Diese allotrophe Ernährungsweise ist entweder animalisch, wenn feste, organische Nahrung aufgenommen („gefressen“) wird; oder sie ist saprophytisch, wenn nur gelöste, organische Stoffe aufgenommen werden; oder endlich parasitisch.

Mit Bezug auf die Beschaffung des Stickstoffs liegt die Sache nicht so klar. Im allgemeinen nimmt man an, dass die autotrophen Organismen nur von unorganischen Stickstoffverbindungen (Nitraten, Ammoniaksalzen) leben. Es wird aber durch die Standortverhältnisse sehr wahrscheinlich gemacht, dass namentlich eine Gruppe derselben, nämlich die *Cyanophyceen* (Blaugrünalgen) auch organische Verbindungen sich zu Nutze machen können. Für die Praxis der Trinkwasseruntersuchung kommt das insofern in Betracht, als ein an Blaugrünalgen reiches Wasser der Verunreinigung durch faulende Organismen verdächtig ist.

Dass auch Grünalgen organischen Stickstoff benutzen können, ist durch Klebs<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Siehe Anmerkung 2 am Schluss.

<sup>2)</sup> Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle. Unters. aus dem bot. Institut Tübingen, II, 1887.



und Lœw<sup>1)</sup> durch Kulturversuche mit *Spirogyra* und *Zygnema* nachgewiesen; auch Krüger<sup>2)</sup> hat seine aus Saftflüssen reingezüchteten Grünalgen *Chlorothecium saccharophilum* und *Chlorella protothecoides* in organischen Nährlösungen mit bestem Erfolg kultiviert<sup>3)</sup>. Es kommen also bei den Algen vielfach Anklänge an pilzliche Lebensweise vor. An verschiedenen Punkten der Algenreihe haben sich ja zweifellos schliesslich echte Pilze aus denselben entwickelt (Fadenbakterien aus Cyanophyceen) und manche Formen sind geradezu als Uebergangsformen zu betrachten (Phyllosiphon Arisari, eine parasitische Alge, und die oben erwähnten Algen aus Saftflüssen, sowie manche kaum gefärbten Oscillatorien).

Nehmen wir noch dazu, dass, wie Hüppe, Heraeus und Winogradsky nachgewiesen haben, andererseits chlorophylllose Organismen (nitrifizierende Bakterien<sup>4)</sup> im stande sind, unorganischen Kohlenstoff zu assimilieren, so erscheint die Grenze zwischen autotrophen und heterotrophen Organismen noch mehr verwischt.

Den Algen mit heterotrophen Neigungen schliessen sich eine ganze Reihe von Formen aus der Protisten-Gruppe der gelbgefärbten Flagellaten an, welche trotz gelber, assimilierender Chromatophoren sich tierisch ernähren (Arten von *Chromulina* und *Ochromonas*).

Für den Kreislauf des Stoffes in der Planktonwiese wie im See überhaupt haben wir also die bedeutungsvolle Thatsache zu konstatieren, dass Organismen aus sämtlichen dort vertretenen Gruppen im stande sind, an der Beseitigung toter, organischer Substanzen zu arbeiten.

Ueberschauen wir die Gesamtheit der Planktonten nach ihrer Lebensweise, so können wir etwa folgende Uebersicht geben:

A. Chlorophyllhaltige Organismen:

a) Rein autotroph (holophytisch).

*Diatomaceen.*

Meiste (?) *Chlorophyceen*, *Chrysomonadinen*.

Meiste (?) *Chlamydomonadinen*.

*Anthophyten*.

b) Gemischte Ernährung:

α) Autotroph und saprophytisch.

*Spirogyra*, *Zygnema* (tycholimnetisch).

*Cyanophyceen*.

---

<sup>1)</sup> Lœw und Bokorny, chemisch-phys. Studien über Algen. Journal für praktische Chemie, Bd. 86, 1887.

<sup>2)</sup> Ueber zwei aus Saftflüssen rein gezüchtete Algen. Zopfs Beiträge zur Morph. u. Physiol. niederer Organismen, Heft IV, 1894.

<sup>3)</sup> Die Versuche von Beyerink (bot. Zeitg. 1890) mit Algen-Kultur auf Gelatine sind nach Klebs (Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen, Jena 1896, S. 183) nicht ganz conclusent.

<sup>4)</sup> Nach Engelmann auch die Purpurbakterien.

Einige gelbe Flagellaten (*Ochromonas*).

Chlorophyllhaltige *Infusorien*.

β) Autotroph und animalisch.

*Chromulina*, eine assimilierende Euglenoide, nimmt geformte organische Nahrung auf, frisst Diatomaceen und Chlamydomonaden (Stein).

B. Chlorophylllose Organismen:

a) Autotroph sich ernährend; (nitrifizierende und Purpur-Bakterien, noch nicht im Plankton nachgewiesen).

b) Rein heterotroph.

α) Saprophytisch.

Pilze und Bakterien.

β) Animalisch.

Farblose Peridineen, von gefärbten abstammend (*Gymnodinium Vorticella*, *Hemidinium nasutum*).

Chlorophyllfreie Tiere.

### Die Bestandteile des Plankton.

Die Bestandteile des eulimnetischen Phytoplanktons, d. h. die echten Schwebepflanzen des Süßwassers gehören folgenden Pflanzengruppen an: <sup>1)</sup>

1. *Bakterien* oder Spaltpilze.
2. *Cyanophyceen* oder Blaugrünalgen.
3. *Dinoflagellaten* oder Geiselalgen.
4. *Diatomaceen* oder Kieselalgen.
5. *Chlorophyceen* oder Grünalgen.
6. *Anthophyten* oder Blütenpflanzen.

Die ersten fünf Gruppen sind Mikroplankton, aus mikroskopischen Lebewesen bestehend, die letzte Makroplankton. Es gehören zu derselben einige wurzellos und untergetaucht im Wasser flottierende Blütenpflanzen (*Utricularia*, *Ceratophyllum*, *Lemna trisulca* *Aldrovandia*); sie schliessen sich aber in ihrem ganzen Verhalten viel näher an die Uferflora an und kommen auch stets in der Uferzone vor, so dass wir sie hier übergehen. — Ausserdem finden sich noch parasitär und meroplanktonisch einige echte Pilze.

<sup>1)</sup> In der Abgrenzung des Pflanzen- vom Tierreich schliesse ich mich Warming an (Handbuch der systematischen Botanik), lasse aber die Phytomastigoden mit Ausnahme der Volvocaceen weg, da dieselben meist von den Zoologen behandelt werden, schliesse also die Chrysomonadinen, Chlamydomonadinen und Cryptomonadinen aus; die planktonischen Formen Dinobryon, Uroglena, Synura, Mallomonas und Chrysamoeba fallen dadurch für unsere Betrachtung weg. Die Grenze ist eine künstliche; aber welche andere ist das nicht auch?



## 1. Die Bakterien des Plankton.

Ein nie fehlender Bestandteil des Limnoplankton sind Bakterien; in beinahe allen bisher darauf hin untersuchten Proben von Seewasser fand man diese kleinsten Lebewesen; ein „mikrobenfreies“ oder „keimfreies“ Seewasser kennt man bisher nur aus dem Bodensee (Roth <sup>1)</sup>).

Orientieren wir uns zunächst über die Lebensbedingungen dieser Organismen.

Sie sind chlorophyllos, und deshalb in ihrer Ernährung auf das Vorhandensein organischer Substanz angewiesen; ihr Vorkommen ist also theoretisch nur in einem organische Substanzen enthaltenden Wasser möglich. Zwei Thatsachen aber zeigen, dass dieser Gehalt nur ein äusserst minimier zu sein braucht, ja sogar ganz fehlen kann.

Heraeus, Hüppe, und Winogradsky haben gezeigt, dass einige Bakterien (sie gehören zu den nitrifizierenden) im Stande sind, aus Carbonaten ihren Kohlenstoff zu entnehmen, also auch in einem von organischen Stoffen freien Medium zu leben.

Cramer, Bolton, und andere haben konstatiert, dass selbst die spurweisen Verunreinigungen, welche destilliertes Wasser enthält, zur kräftigen Vermehrung von Wasserbakterien ausreichen.

Man kann mit Bezug auf das Nahrungsbedürfnis die Bakterien in zwei Gruppen teilen, in anspruchslose, die „Wasserbakterien“ und in anspruchsvolle, welche grosse Ansprüche an das Nährmaterial stellen.

Nach sorgfältiger Diskussion aller bisher publizierten Beobachtungen über den Zusammenhang zwischen dem chemischen Gehalt des Wassers, namentlich an organischen Stoffen, und der Bakterienzahl kommen Walter und Gärtner <sup>1)</sup> zu dem Resultat, dass die chemische Eigenart der Wässer auf die Artenzahl der Mikroorganismen von Einfluss <sup>2)</sup>, auf die Zahl der Individuen aber ohne Belang sein wird, sofern die Möglichkeit gegeben ist, dass Mikroorganismen leicht in das betreffende Wasser gelangen, weil dann bestimmt anspruchslose, sich stark vermehrende Wasserbakterien bald eindringen werden.

Da in alle Seen leicht Mikroorganismen gelangen können, und das Seewasser stets organische Stoffe enthält, so sind die Bedingungen für die Existenz von Mikroben hier stets gegeben.

Auch die in den Seen vorkommenden Temperaturen schliessen die Bakterien nie aus. Ihre vegetative Entwicklung ist zwischen 0° und 70° möglich (Sporen ertragen weit grössere Extreme). Die Gruppe der „psychrophilen“ <sup>3)</sup>, meist wasser-

<sup>1)</sup> Bericht über die bakteriologischen Untersuchungen des Bodenseewassers — 1892. (Nicht im Buchhandel, vom Verfasser mir freundlichst zur Verfügung gestellt.)

<sup>2)</sup> Tiecmann-Gärtners Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer. 4. Auflage Braunschweig 1891, Seite 555.

<sup>3)</sup> Indem bei reichem Gehalt auch anspruchsvolle Arten, bei geringerem nur die anspruchslosen Wasserbakterien auftreten werden.

<sup>4)</sup> Lehmann, Grundriss und Atlas der Bacteriologie — München 1896, Seite 39.

bewohnenden Arten, hat ein Minimum bei 0°, ein Optimum bei 15 bis 20°, ein Maximum bei 30°. — Das Licht, schon das offene Tageslicht, noch mehr das direkte Sonnenlicht übt einen hemmenden Einfluss auf sie aus; viele werden durch direktes Sonnenlicht direkt getötet. Zum Sauerstoff stellen sie sich sehr verschieden: die einen brauchen ihn notwendig, andere können ihn nahezu entbehren und für eine dritte Kategorie ist er Gift.

Man kann geradezu sagen, die Wasserbakterien sind Organismen, die weder Licht noch Luft brauchen und mit Spuren von Nahrung vorlieb nehmen; da ihre Keime aus der Luft und den Zuflüssen stets in die Seen gelangen, so ist nicht zu verwundern, wenn sie stets im Seewasser zu finden sind.

Ueber die Zahl der in einem Seebecken vorkommenden Arten liegen erst wenige Untersuchungen vor. Kleiber<sup>1)</sup> fand im Zürichsee, und zwar in ca. 124 Proben, welche bei der Einmündung des Küssnachter Baches und von dort gegen die Seemitte hin genommen wurden, im Ganzen 42 verschiedene Arten; 23 derselben lassen sich mit schon beschriebenen Arten identifizieren; darunter sind einige typische Darm- und Kotbakterien (*Bacterium coli commune*, *Bacterium Zopfii*), ferner verbreitete Luftbacillen (wie *Mikrococcus roseus*) und viele bisher nur aus dem Wasser nachgewiesene Formen.

Die Zahl der Individuen pro Volumeinheit des Wassers ist je nach den Verhältnissen äusserst verschieden.

Es liegen darüber eine grosse Zahl von Beobachtungen vor, namentlich von Seen, deren Wasser als Trinkwasser benützt wird. Bekanntlich wird die Zahl der entwicklungsfähigen Keime im Wasser als eines der Kriterien zur Beurteilung von dessen Qualität als Trinkwasser benutzt. Man stellt zu diesem Zweck Kulturen an, indem man das zu untersuchende Wasser mit in der Wärme flüssigen, später erstarrenden Nährböden (Gelatine, Agar-Agar etc.) mischt und nachher die auf diesen Nährböden auftretenden Bakterienkolonien zählt, von denen man annimmt, dass jede von einem ausgesäeten Bacterium abstammt. Man zählt also die im Wasser enthaltenen, auf dem betreffenden Nährboden sich weiter entwickelnden Keime. Auf diese Weise sind alle folgenden Zahlen erhalten. Sie sind also untereinander vergleichbar; ob sie aber alle im Wasser lebenden Bakterien anzeigen, ist eine offene Frage.

Auf folgender Tabelle (S. 18) sind die Resultate einiger bacteriologischen Seeuntersuchungen zusammengestellt. Es geht aus diesen Daten Folgendes hervor:

1. Im Allgemeinen zeigt das offene Seewasser, nicht zu nahe am Ufer und am Grunde, eine auffallend geringe Zahl von Keimen. Aus der Luft, aus den Keimbeladenen Zuflüssen erhält der See bedeutende Mengen von Mikroben; aber er

---

<sup>1)</sup> Qualitative und quantitative bacteriologische Untersuchungen des Zürichseewassers. — Zürich 1894 (Dissertation).



See	Beobachter	Zahl der Proben	Zeit	Ort	Keimzahl pro Kubikcentimeter			Bemerkungen.
					Minim.	Max.	Mittel.	
Zürichsee	Cramer	50	Okt.—Dez. 84 Januar 1885	10 verschiedene Stellen, Tiefe bis 80 m.	10	638	168	Maximum nach einem Sturm. In: Die Wasservers. v. Zürich, 1885.
	Kleiber	90	Juni—Dez. 92 März—Aug. 93	Vor Küsnacht, mindestens 30 m vom Land, Tiefe bis 80 m.	10	2550	261	Siehe Seite 17, Anmerkung.
	Bertschinger	ca. 2000	Alle 8 Tage 1886—1895	Unfiltriertes Seewasser d. städt. Wasserversorgung, Fassungsstelle 280 m vom Lande, ca. 4 u. 13½ m Tiefe, bei 17 m Grund.	10	19925	673	Maximum nach d. Abschmelzen der Eisdecke im März 1895. In: Jahresbericht der Wasser- versorgung Zürich, 1885—1891.
	Bertschinger	53	Jan.—Dez. 1895	7 verschiedene Orte, 39 Proben 700 m vor Wollis- hofen, die andern bis z. Au, Tiefen bis 30 m.	142	7192	1184	(Gefällige schriftl. Mitteilung, noch nicht publizierter Resultate.) Maximum im März.
Bodensee	Roth	74	Mai—Okt. 1892	27 Proben an d. Fassungs- stelle der St. Galler Wasser- leitung, 0—65 m Tiefe bei 68 m Grund, die übrigen mindestens 50 m v. Lande.	0	1408	126	Maximum in 50 m Entfernung vom Schmutzwassereinlauf Adlerbach. An d. Fassungsstelle ist d. Mittel nur <b>59</b> , das Maximum <b>175</b> (vergl. Seite 16, Anmerkung 1).
Genfersee	Fol und Dunand	10	April—Mai 1884	Ausserhalb des Hafen- dammes, Oberfläche bis 2½ m Tiefe.	16	90	38	In: Recherches s. l. nombre d. germes vivants etc. Genève 1884.
	Seiler	?	Mai—Okt.	200—400 m vom Ufer bei Ouchy, Oberfl. bei 5—42 m Grund.	45	6300	1120	In: Demiéville, Alimentation d. Lausanne en eau potab., Laus. 1896.
	Massol		März 1892 bis Dez. 1893	Bei der Fassungsstelle der Genfer Wasserleitung erst bei 3 m, dann bei 7 m. tiefem Wasser.	1	4125	20—100	Die Maxima jedesmal n. starkem Wind. 3—4 Tage Windstille ge- nügen zur Sedimentation! (Vergl. Seite 19, Anmerkung.)
Borkesee (Herzegowina)	Karlinsky	60	vergleiche: Centralblatt f. Bact. und Parasiten- kunde Bd. XII p. 220	Uferwasser . . . . . 200 m davon . . . . . Seemitte . . . . . Oberfläche . . . . . 3 m Tiefe . . . . . 10 m Tiefe . . . . . 12—16 m Tiefe . . . . .	ca. 16000 4000 unter 3000 4000 1000 ca. 600 2—300		Der Borkesee liegt 403 m ü. M., ist 26.4 Hektaren gross, d. tiefste Stelle beträgt 17 m, d. Grund ist ein feiner Schlamm mit viel pflanzl. Ueber- resten. Bei zufälliger Aufwühlung desselben stieg die Mikrobenzahl bis 6000 pro cm <sup>3</sup> (von 200).	
Vierwald- stättersee bei Luzern	Cramer	2	Okt. 1884	Bei der Seeburg (tief) . . Beim Inseli (seicht, Dampf- schiffstat.) . . . . .			8 51	Quelle siehe oben.

wirkt wie ein gewaltiges „Klärbassin“. Die Spree z. B. tritt mit 190 000 Keimen im Kubikcentimeter in den 12 Kilometer langen Havelsee und verlässt ihn mit 9000 Keimen im Kubikcentimeter.

Diese Reduktion der eingeführten Mikrobenmengen durch die Seebedingungen und damit die relativ geringe Menge des bakteriellen Planktons beruht nach Cramer, Walter und Gärtner auf folgenden Momenten:

Die keimbeladenen Zuflüsse werden enorm verdünnt.

Die anspruchsvolleren Bakterienarten finden im Seewasser nicht genug Nahrung und gehen zu Grunde.

Die lichtempfindlichen Formen werden getötet.

Die bewegungslosen Formen sinken allmählich zu Boden („Sedimentation“); ihr spezifisches Gewicht beträgt nach Rubner 1,038 bis 1,065. Die beweglichen Formen folgen den ebenfalls niedersinkenden festen Nahrungsstoffen und endlich werden viele durch die Sinkstoffe (suspendierten Schlamm, ausgefällten kohlensauren Kalk etc.) niedergerissen.

Alle diese Einwirkungen wachsen mit steigender Grösse und Tiefe des Sees; die Verdünnung, die belichtete Oberfläche, die für die Sedimentation notwendige Ruhe des Wassers und die Elimination des Einflusses des mikrobenreichen Grundschlammes. Desshalb zeigen unsere grössten Seen, Bodensee und Genfersee, die kleinste Mikrobenzahl, das kleine, seichte „innere Seebecken“ des Zürchersees eine relativ hohe.

Die Sedimentation erfolgt relativ rasch. Massol<sup>1)</sup> konstatierte, dass 3 bis 4 Tage nach einer Bise die durch das Aufwühlen des Grundes enorm gesteigerte Keimzahl wieder auf die Norm gesunken war. Kleiber zeigte im Zürichsee, dass das keimbeladene Wasser des Küssnachter Baches sehr rasch zur Tiefe sinkt; bei 18 m Entfernung vom Einlauf fanden sich noch 550 Keime pro cm<sup>3</sup>, während nur 5 m weiter draussen die Zahl schon auf 670 gesunken ist. Die keimreiche Uferzone zeigt also einen jähen Uebergang in das keimarme Seewasser.

2. Der Grundschlamm ist meist reich an Bakterien, zum mindesten in seichten Becken und in der Nähe des Ufers. Es ist dies eine natürliche Folge der Sedimentation plus dem reichen Nährgehalt des Schlammes.

In Genf stieg nach einer Bise die Mikrobenzahl an einer Stelle mit 7 m Grund auf 2000 bis 4000, während sie sonst zwischen 20 und 200 sich bewegt. Im Zürichsee fand Prof. Cramer über 17 m Grund nach Sturm die Mikrobenzahl auffällig erhöht. Im Mittel aus 14 Versuchen bei ruhigem Wetter ergab sich eine Keimzahl von 69, im Mittel aus 26 Versuchen bei Sturm eine solche von 259 pro cm<sup>3</sup>. Karlinsky konstatierte, dass im 17 m tiefen Borkesee die Keimzahl im Tiefenwasser durch Aufwühlen des Grundes von 200 auf 6000 stieg; und Kleiber fand

---

<sup>1)</sup> Massol, Les eaux d'alimentation de la ville de Genève. Etude bactériologique. Genève 1894.



im Zürichsee nach dem Vorbeifahren eines Dampfschiffes 4 m über dem Grund (See 20 m tief) die Keimzahl gewaltig gestiegen. Daher sind seichte Seen (Borke-see) relativ reich an Mikroben, namentlich wenn noch ein lebhafter Dampfschiffverkehr dazu kommt (Zürichsee). Forel und Massol nehmen allerdings als Grenze der Wellenwirkung die Tiefen-Quote von 10 m an; die Beobachtung von Kleiber spricht für eine tiefere Grenze.

3. Die Einwirkung der Tiefe lässt kein allgemein gültiges Gesetz erkennen. Nur die Versuche Karlinskys zeigten eine regelmässige Abnahme mit der Tiefe; aus allen übrigen Daten lässt sich eine solche nicht mit Sicherheit erkennen; es finden sich in der Tiefe bald mehr bald weniger Keime als an der Oberfläche.

A priori wäre nach der Tiefe eher eine Zunahme zu erwarten; das Licht tötet viele Bakterien, also sollte die stark belichtete Oberfläche arm sein. Die Wärme begünstigt allerdings im Allgemeinen das Bakterienwachstum; aber nach Versuchen von Heraeus, Walter, Gärtner u. a. gedeihen gerade eine Anzahl der im Wasser häufigen Bakterien bei niedriger Temperatur, ca. 15°, am besten; also im Sommer wenigstens wirkt die Temperatur in gleichem Sinne wie das Licht.

Roth fand im Bodensee bei 60 bis 65 m Tiefe noch 31 bis 146 Keime pro  $\text{ccm}^3$  ca. 3 m über dem Grund; Cramer konstatierte im Zürichsee bei 80 m Tiefe, 2 m über dem Grund 57 Mikroben. Dr. Kleiber und Bertschinger ebenda 28 bis 30; das sind die grössten bisher auf Bakterien untersuchten Seetiefen. Dass aber damit die Grenze nicht erreicht ist, zeigen die Untersuchungen Fischers und Russels über die Bakterien des Meeres; ersterer fand erst von 1100 m an das Meerwasser keimfrei (im Atlantic); letzterer konstatierte im Schlamm in dieser Tiefe 24000 Keime pro  $\text{cm}^3$ .

4. Ueber den Einfluss der Jahreszeiten geben uns die Untersuchungen Dr. Bertschingers an Zürcher unfiltriertem Brauchwasser die besten Anhaltspunkte.<sup>1)</sup> Sie sind während 10 Jahren (1886 bis 1895) wöchentlich an derselben Stelle ausgeführt (im ganzen über 2000 Proben); in Mittel zeigen sie folgende Zahlen von Mikroben pro Kubikcentimeter:

Januar bis März	April bis Juni	Juli bis Sept.	Okt. bis Dez.	Gesamtmittel
1396,5	395,7	386,2	483,2	673

also stärkster Gehalt im Frühjahr, schwächster im Sommer. Betrachtet man die noch mehr sagenden Monatscurven in den vortrefflichen jährlichen Berichten der Zürcher Wasserversorgung, so ergibt sich, dass das Monatsmaximum allermeist auf Februar bis April fällt, also in die Zeit der Schneeschmelze. In den Jahren 1891 und 1895 trat die „Seegrörne“ ein; unter der Eisdecke stieg die Zahl der Mikroben von 178 auf 2000 und darüber<sup>2)</sup> und nach dem Abschmelzen derselben im Jahre 1891 auf 19925!

<sup>1)</sup> Ich verdanke ausserdem Herrn Dr. Bertschinger zahlreiche wertvolle mündliche und schriftliche Mitteilungen über diesen Gegenstand.

<sup>2)</sup> Vergl. Bertschinger in Schellings Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1891.

5. Ueber die Beziehungen der Bakterien zum übrigen Plankton liegen erst wenige Beobachtungen vor. Lemmermann kam bei seinen Untersuchungen der Algenflora der Filter des bremischen Wasserwerkes zum Resultate, dass die Algen, bes. die *Diatomaceen*, im Stande sind, das Wachstum der Bakterien zu hemmen, ja sogar ganz zu unterdrücken. Die *Cyanophyceen* dagegen vermögen das nicht. Er konstatierte auch in natürlichen Gewässern eine Correlation zwischen Bakterien und Diatomaceen; fehlten die letzteren, so waren die Bakterien reichlich entwickelt. Ob das auf einem Antagonismus beruht, oder nur auf der Verschiedenheit der Anforderungen an das Substrat, muss noch näher untersucht werden. Die gewaltige, alles frühere weit übersteigende Entwicklung des Diatomaceenplanktons im Zürichsee im Jahre 1896 vermochte die Bakterienzahl nur unbedeutend zu alterieren; die drei ersten Quartale hatten 1895 folgende Mittelzahlen von Bakterien pro cm<sup>3</sup>: 7146 (Seegfrörne!), 1366 und 1075; 1896 (nach den noch unpublizierten, von Herrn Ingenieur Peter und Dr. Bertschinger mir freundlichst zur Verfügung gestellten Zahlen): 1899,2, 1265 und 1596.

#### Die Spaltalgen des Plankton.<sup>1)</sup>

Die Spaltalgen (*Schizophyceen*) oder Blaugrünalgen (*Cyanophyceen*) sind einzellige Algen, welche durch Teilung sich vermehren; häufig bleiben die Zellen zu Kolonien vereinigt. Der Inhalt ist blaugrün oder spangrün, seltener gelblich oder rötlich. Sie enthalten Chlorophyll, zeigen aber eine Vorliebe für Wasser, das stark mit organischen Substanzen beladen ist. Manche haben sehr wenig Chlorophyll und führen ein halb saprophytisches Leben. Diese bilden den Uebergang zu den Bakterien, die von manchen Forschern geradezu als chlorophyllose Spaltalgen bezeichnet werden.

Hierher gehören beinahe alle diejenigen Planktophyten, welche „Wasserblüten“ bilden, d. h. an die Oberfläche des Wassers aufsteigen und dort eine dichte Decke bilden. Sie verdanken diesen Auftrieb kleinen „Gasvacuolen“, welche sich im Innern ihrer Zellen entwickeln; es haben Klebahn und Strodtmann diese eigenartige Anpassungserscheinung entdeckt und näher untersucht. Klebahn wies bei 14 Arten der wasserblütebildenden Spaltalgen rötlich aussehende Vacuolen nach, die bei Druck ohne Verletzung der Zellen verschwinden, ebenso bei Zusatz von Alkohol, Salzsäure, Essigsäure etc. Sie haben ein sehr geringes Brechungsver-

---

<sup>1)</sup> Die im folgenden vorkommenden Grössenangaben sind meist in Mikronen ausgedrückt; 1 Mikron ( $\mu$ ) = 0,001 mm.

Bei der Bestimmung der Planktonalgen des Zürichsees habe ich mich vielfach der lebenswürdigen Hilfe von Prof. Kirchner in Hohenheim erfreut; die Diatomaceen einiger Planktonproben wurden mir von Herrn Otto Müller in Berlin revidiert, beiden Herren sei auch hier bester Dank gezollt. Für Zusendung von Planktonproben bin ich folgenden Herren zu Dank verpflichtet: stud. Amberg-Zürich; Forel-Morges; O. Müller-Berlin; Pénard-Genf; Rikli-Zürich. Endlich hat mein verehrter Kollege Heuscher mich vielfach mit Rat und Tat unterstützt.



mögen; daher die rötliche Farbe bei starker Vergrößerung, der starke, schwarze Rand bei schwächerer Vergrößerung. Bei schwimmenden Exemplaren wird durch einen starken Druck auch die Schwimmfähigkeit zerstört. In den meisten fest-sitzenden Cyanophyceen und in den Sporen der schwimmenden, die zu Boden sinken sollen, fehlen die Vacuolen.

Die wichtigsten eulimnetischen Plankto-Cyanophyceen sind folgende:

1. *Clathrocystis aeruginosa* Henfrey (*Polycystis aeruginosa* Kützinger), die spangrüne Gitteralge (Fig. 73 a—c). Sie besteht aus kugligen Zellen von 3 bis 4 mm Durchmesser, welche von einer durchsichtigen Gallerte zu Kolonien zusammengehalten werden. In der Jugend sind die Zellen dicht zusammengehäuft, und die Gallerte bildet einen breiten Hof um die Kolonie (Fig. 73 b), später werden die Kugeln hohl, weiten sich aus und zerreißen in der mannigfaltigsten Weise, während der Gallertsaum schmaler wird (Fig. 73 c). Die Formen der Kolonien sind äusserst mannigfaltig: kuglig, ellipsöidisch, wurstförmig, ringförmig mit und ohne Stiel, bretzelartig, gitterartig; sie erreichen oft beträchtliche Dimensionen, mehrere Millimeter bis 1 cm Länge, sind also von blossen Auge gut sichtbar (Fig. 73 a).

Die Gitteralge ist eine der häufigsten „Wasserblüten“. Im oberen Teil des unteren Zürichsees, bei Rapperswil bis herunter gegen Urikon war im Herbst 1896 eine sehr stark entwickelte *Clathrocystis*-Decke zu beobachten. Bei ruhigem Wetter bedeckte sie als gelbgrünes Pulver die Oberfläche des Sees; bei leichtem Wind wurde sie zu Streifen zusammengetrieben, die senkrecht zur Windrichtung standen, und nur auf den von Forel als „Oelflecken“ bezeichneten ruhigen, ungekräuselten Stellen, wo der Wind nicht „fasst“, blieb sie ungestört erhalten. Bei stärkerem Wind wurde sie auf der Leeseite ans Land getrieben und erfüllte die Buchten mit einem förmlichen gelben Rahm. Im November war sie nahezu verschwunden. Auch im inneren Seebecken bei Zürich fand sie sich zur gleichen Zeit, aber nicht so stark entwickelt. Sie begann hier im August aufzutreten, erreichte ihr Maximum im September und war Ende Oktober wieder völlig verschwunden. Apstein fand in den holsteinischen Seen eine ähnliche Periodicität mit Maximum im Herbst (August oder Oktober); auch im Altrhein bei Neuhofen zeigt sich nach Lauterborn derselbe Entwicklungsgang. Apstein zählte bei seinen Untersuchungen die Zahl der Kolonien; er fand im Maximum im Molfsee, einem kleinen, nur 7 m tiefen Teiche, der im Sommer oft trocken ist, in einer Wassersäule von 1 m<sup>2</sup> Querschnitt von der Oberfläche bis zum Grund im Juni 636 Millionen Familien, welche 18,24 Gramm organische Substanz lieferten.

Auch in vielen andern Seen ist die Gitteralge als Wasserblüte beobachtet worden. So erhielt ich am 28. September 1896 von stud. O. Amberg Plankton aus dem kleinen Lago di Muzzano bei Lugano, das eine starke Wasserblüte von *Clathrocystis* neben *Botryococcus Braunii* zeigte; im Katzenssee bei Zürich fand sie sich im September 1896; Klebahn konstatierte sie in der Alster bei Hamburg, Seligo

nennt sie die verbreitetste Wasserblüte in den von ihm untersuchten 92 westpreussischen Seen. Auch in Amerika tritt sie auf: Parker fand sie in den Seen und Teichen, welche das Bostoner Trinkwasser liefern, in 44 von 386 Proben; am häufigsten waren dort die Cyanophyceen im Juli, August und September.

2. *Anabaena flos aquae* (Lyngbye) Brébisson gehört zur Gruppe der Heterocysten-führenden Nostocaceen (Fig. 75 a—c). Sie besteht aus rosenkranzförmigen Fäden, mit cylindrischen, etwas gekrümmten Sporen ( $19-25\ \mu$  lang,  $8-10\ \mu$  breit); die Zellen des Fadens sind  $5-7\ \mu$  dick (bei *A. circinalis* sind sie  $8-12\ \mu$  dick). Die Fäden sind vielfach durcheinander geschlungen und bilden, in eine Gallerte eingelagert, kuglige Kolonien.

Die Anabaenen sind sehr verbreitete Wasserblüten; im Zürichsee konstatierte sie Heuscher in Menge im August und in der 2. Hälfte des Oktober 1886; ich fand sie von Juni bis Dezember 1896 in geringer Menge als Begleiterin der Clathrocystis; sie überdauert dieselbe; Apstein fand die *A. flos aquae* nur von Mai bis Oktober in Holstein, Lauterborn fand sie besonders von Juni bis September häufig in den Altwässern des Rheins; Asper und Heuscher fanden sie dagegen nicht in den Alpenseen St. Gallens und Appenzells; im Genfersee ist sie häufig<sup>1)</sup>.

Klebahn beschreibt in der „Flora“ Bd. 80 noch fünf weitere, Wasserblüte bildende Anabaenen, darunter auch die schöne *Anabaena spiroöides* Kleb. (Fig. 76 a—b).

3. *Coelosphaerium Kützingianum* Näg. (Kützings Hohlkugelalge) (Fig. 74) kleine kuglige Gallertkolonien von bis  $100\ \mu$  Durchmesser; die sehr kleinen, wenig gefärbten Zellen sind auf einer Hohlkugel angeordnet, mit beträchtlichen Zwischenräumen. Im Zürichsee im Oktober und November spärlich auftretend, auch in den Plönerseen.

4. *Gloeotrichia echinulata*\* (Engl. Bot.) P. Richter, die feinstachelige Gallerthaaralge, (Fig. 80 a—d) eine Rivulariacee; sie bildet gelbgrüne Kügelchen von 0,3 bis 1 mm Durchmesser, die dicht mit feinen Börstchen besetzt sind, so dass sie „sonnenförmig“ erscheinen; die Haare brechen aber leicht ab. Sie bestehen aus zahllosen, radial vom Centrum ausstrahlenden Fäden, welche am Grunde eine kuglige „Grenz-zelle“ von  $10\ \mu$  Durchmesser besitzen, aus zahlreichen rosenkranzförmigen Zellen bestehen und in eine lange Peitsche auslaufen.

Diese Alge wurde im grossen und kleinen Plöner-See und Dobersdorfersee (Holstein) als massenhaft auftretende Wasserblüte gefunden, die stellenweise eine förmlich rahmartige Decke auf dem See bilden. Sie beginnt im Mai aufzutreten, erreicht ihr Maximum im August mit 470,000 Kügelchen unter 1 Quadratmeter Oberfläche und verschwindet im September, wo sie ihre Sporen reift und zu Boden sinkt. Durch Wasservögel wurde sie in benachbarte Moortümpel verschleppt. Sie ist ausserdem schon 1804 in einem See der Insel Anglesey beobachtet worden, 1846—1848 im Juli ebenso bei Aberdeen, immerhin aber sehr vereinzelt.

---

<sup>1)</sup> Laut freundlicher brieflicher Mitteilung sah Prof. Forel eine wirkliche Wasserblüte von *Anabaena* auf dem Genfersee bei Morges zum ersten Male am 10. Dezember 1896.



5. *Oscillatoria rubescens* DC. (Fig. 79) ist eine rötlich gefärbte Schwingalge, die schon seit 70 Jahren als Wasserblüte vom Murtnersee bekannt ist, aber nirgends anders gefunden wurde, bis sie Prof. Bachmann von Luzern 1894 auch im Baldeggersee auffand. Sie tritt besonders im Winter und Frühling in ungeheuern Mengen auf und enthält, wie Chodat neuerdings nachgewiesen hat, ebenfalls Gasvacuolen.

Pyrame de Candolle beschreibt diese Wasserblüte nach den Beobachtungen von Dr. Trechsel folgendermassen:<sup>1)</sup>

Während der ersten Tagesstunden bemerkt man nichts besonderes auf dem See; aber bald nachher sieht man lange, rote, sehr regelmässige parallele Linien längs des Ufers und in einiger Entfernung von demselben; der Wind treibt sie in die kleinen Buchten, wo sie sich um das Schilf herum anhäuft. Dort bedeckt sie das Wasser meist mit einem feinen Schaum, der in den Farben von Schwarzgrün bis zum zartesten Rot wechselt. . . . Unter Tags verbreitet diese Masse einen unangenehmen Geruch, während der Nacht verschwindet alles, um am nächsten Morgen wieder zu erscheinen. . . . Auch bei starkem Wind wird die „Wasserblüte“ untergearbeitet, und erscheint erst wieder bei ruhigem Seespiegel.“

Herr Lehrer Süsstrunk in Murten sandte dem Verfasser zwei prächtige Präparate dieser merkwürdigen Alge: auf Schreibpapier aufgefangene Massen, welche das Papier mit einer dünneren oder dickeren, dunkelvioletten Schicht aus grossen, hin- und hergeschlängelten Fadenbündeln überziehen. Nach der Diagnose von Gomont (Monographie des Oscillariées, Ann. d. sc. nat. bot., sér. VII, vol. 16, pag. 214) hat die Alge ausserordentlich steife und gerade Fäden, die an den Gliedern nicht eingeschnürt sind, im Alter eine allmähliche Verdünnung gegen die Spitze zu zeigen, stumpf und mit einer kleinen Mütze versehen sind. Sie sind 6—8  $\mu$  dick, die Zellen 2—4  $\mu$  lang.

Als weitere planktonisch auftretende Cyanophyceen mögen noch genannt sein:

*Aphanizomenon flos aquae* (L.) Rabh. (Fig. 77 a); diese Alge wurde von Magnus u. A. einmal im Eise des Reinickendorfersees bei Berlin in Masse eingeschlossen gefunden, das Eis grünfärbend und ihm einen unangenehmen Geruch mitteilend; *Polycystis ichtyoblabe* Kütz. *Cylindrospermum flexuosum* Rabh. *Anabaena oscillarioides* Bory. *Gomphosphaeria aponina* Kütz. *Merismopodia elegans* Näg. (Fig. 78).

### Die Peridineen des Planktons.

Die Peridineen oder Dinoflagellaten sind eine Gruppe, welche früher zu den Tieren, jetzt allgemein und gewiss mit Recht zu den Pflanzen gerechnet wird. Sie bestehen aus einer dorsiventral und asymmetrisch bilateral gebauten Zelle, die meist mit einer Hülle aus einer celluloseähnlichen Substanz umgeben ist; diese

<sup>1)</sup> P. de Candolle, sur la matière qui a coloré en rouge le lac de Morat. Mém. de la soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève. Tome III, 2me part. Genève 1826.

Hülle, der „Panzer“, zeigt meist eine deutliche Quergliederung mit Querfurche und Längsfurche und eine Zusammensetzung aus einzelnen Platten; dabei ist er manchmal an einer Stelle offen („Geisselspalte“). Manche ernähren sich rein tierisch, die meisten besitzen Chromatophoren mit einem braungelben Farbstoff, den man früher für identisch mit dem Farbstoff der Diatomeen hielt; Schütt hat gezeigt, dass er davon verschieden ist. Jedenfalls aber enthalten diese Formen Chlorophyll und können assimilieren wie Pflanzen. Ferner führen sie einen Kern, farbloses und gelb bis rot gefärbtes Oel, Stärke und gefärbte Oelflecke von unbekannter Bedeutung. Kontraktile Vacuolen fehlen, wohl aber ist eine lumenartige Vacuole da. Die Peridineen besitzen zwei Geisseln, eine Längsgeissel die in der Längsfurche entspringt, und eine Quergeissel in der Querfurche, mit denen sie sich im Wasser bewegen; sie vermehren sich durch schiefe Längsteilung und bilden Ruhezustände (Dauercysten) ohne Querteilung der Hülle. Sie bilden in ungeheuern Mengen einen Hauptbestandteil des marinen Planktons, „wo Peridineen und Diatomeen wohl die einzigen Lebewesen sind, welche erhebliche Mengen organischen Stoffes erzeugen und so die Grundlage des tierischen Lebens bilden“ (Warming).

Im Süßwasserplankton finden sich nur wenige Formen:

1. *Ceratium hirundinella* O. Fr. Müller, die Schwalbenschwanzalge, ist die häufigste Limnoplanktonform. Ihr Bau ist aus Fig. 61—68 der Tafel zu ersehen. Es möge hier noch besonders hervorgehoben werden, dass ich in den feinen Netzmaschen des Panzers häufig je eine feine Pore fand, was Stein bestreitet. Auch die eigentümliche Zeichnung der Hörner findet man meist nicht richtig wiedergegeben.

Die Ceratien sind äusserst empfindlich; wenn man sie nicht unmittelbar nach dem Fang untersucht, findet man sie nicht mehr beweglich; sehr bald lassen sie ihren Inhalt durch die Geisselspalte austreten, und man findet dann die gelben Fettropfen und die grossen feinnetzig gezeichneten Kerne in der Planktonmasse zerstreut, oder der Inhalt bleibt vor der Geisselspalte liegen.

Die Schwalbenschwanzalge findet sich das ganze Jahr im Plankton des Zürichsees; am schwächsten in der kalten Jahreszeit; Heuscher fand sie 1886 und 1887 von Mai bis in den Januar, Verfasser vom Januar bis Dezember 1896; 1886 war ihr Maximum im Juni und September, 1896 im September; besonders im oberen Teil des Sees war sie häufig; auch im Luganersee trat sie um dieselbe Zeit massenhaft auf (Bucht von Agno, leg. Amberg). In den Altwässern des Rheins bei Neuhofen (bei Speyer) konstatierte Lauterborn, dass *Ceratium* in der kältern Jahreszeit gänzlich fehlte; Ende März stellt es sich ein und im Juli und August erreicht es sein Maximum und bildet den weitaus überwiegenden Hauptbestandteil des Planktons. Apstein fand dieselbe Periodicität in den holstein'schen Seen: Auftreten im März und April, Maximum im Juli und August (mit 31,9 Millionen Individuen unter einem Quadratmeter, darunter 684,000 Teilungsstadien); dann beginnt die Abnahme und mit ihr die Bildung der Cysten (Fig. 67 u. 68), die auf den



Seeboden sinken, und im Februar sich wieder entwickeln. Im November findet man nur noch vereinzelt Individuen. Zacharias konstatierte im Plönsee, dass das erste Auftreten alljährlich mit grosser Pünktlichkeit in der ersten Dekade

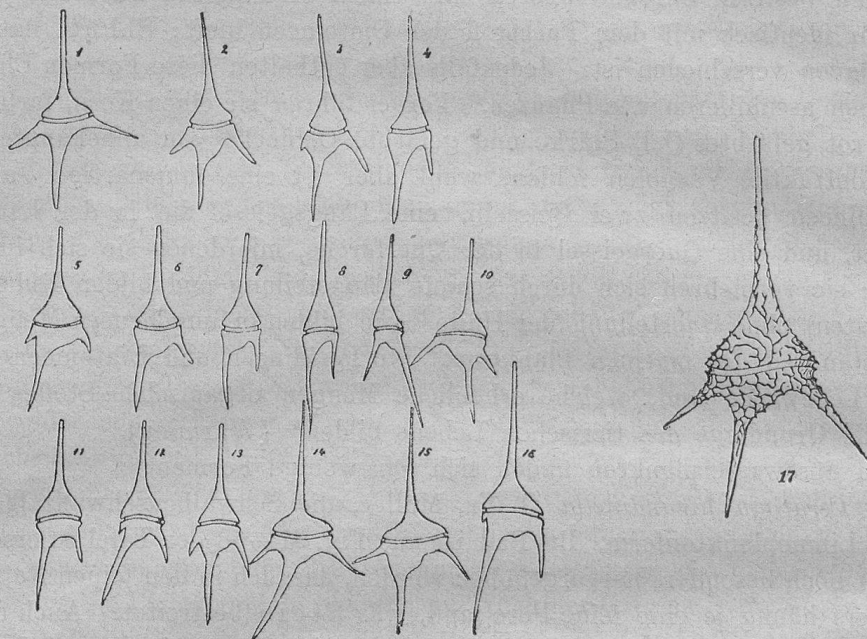


Fig. 2. Formen von *Ceratium hirundinella* O. F. Müller.

- Nr. 1—4. Aus dem Altwasser des Rheins bei Neuhofen bei Speier (nach Lauterborn);  
1 vom Frühling bis in den Juli, 2—4 von Juli bis Oktober.
- „ 5—7. Aus dem Dobersdorfer-See in Holstein (nach Apstein), August bis Oktober;  
6 und 7 nehmen ab, 5 wird häufiger gegen den Herbst.
- „ 8—10. Aus dem Ratzeburger-See in Holstein (nach Apstein);  
8 ausserdem im Plönsee anfangs April am häufigsten.
- „ 11—13. Aus dem Zürichsee bei Zürich im Jahre 1896 (Länge variiert von 165—296  $\mu$ );  
11 von Januar bis August; diese Form entspricht dem *Ceratium reticulatum* Imhof aus dem  
Zürcher-, Zuger- und Genfersee (Blanc);  
12 im Oktober;  
13 November und Dezember.
- „ 14. Aus dem Luganersee, April und September 1896 (leg. Dr. Rikli und stud. O. Amberg);  
ebenso im Zürcher-Obersee im Sept. 1896, 224  $\mu$  lang;  
ebenso im Genfersee, Dez. 1896 leg. F. A. Forel.
- „ 15. var. *Glaronense* Asper und Heuscher, aus dem Thalalpsee, Kt. Glarus (22. V.; 16. VII.; 27. IX.  
1886); Länge 416—462  $\mu$ .
- „ 16. var. *montanum* Asper und Heuscher, aus dem Toggenburger-See; 591—707  $\mu$  lang.
- „ 17. Stark und grobnetzig gezeichnete Form, am Rande feinstachlig erscheinend, aus dem Zürcher-  
Obersee (21. IX. 1896).

des März erfolgt; die Zeit des Maximums fällt mit der höchsten Temperatur zusammen.

Etwas weniger einfach gestaltet sich die Sache in den Alpenseen nach den Untersuchungen von Asper und Heuscher: Im Thalalpsee beim Mürtchenstock war

Ceratium am 22. und 23. Mai 1886 reichlich vertreten, am 16. Juli nicht häufig, am 21. August wieder zu Millionen vorhanden; ebenso am 27. September. Von den 11 Alpenseen, die Asper und Heuscher untersuchten, zeigten nur 5 das Vorkommen von Ceratium; Zschokke fand es in keinem der von 1874—2189 m liegenden Seen der Rhätikonkette.

Eine Eigentümlichkeit von Ceratium, die uns bei einer Diatomacee wiederbegegnet wird, ist ihre Variabilität in der Gestalt (Fig. 2, Seite 26). Es variieren die Formen in demselben See mit der Jahreszeit („Saisondimorphismus“) und anderseits zeigen verschiedene Seen verschiedene Formen („Lokalrassen“).

Lauterborn fand in den Altwässern des Rheins im Laufe eines Jahres die in Fig. 2, Seite 26, Nr. 1—4 dargestellten Wandlungen: Nr. 1 die Frühlingsform, Nr. 2—4 die im Juli und August bis Oktober auftretenden Formen; in zwei successiven Beobachtungsjahren zeigte sich die Erscheinung genau in derselben Weise.

Merkwürdigerweise fanden Zacharias und Apstein für die holsteinschen Seen eher die umgekehrte Folge der Formen, schlanke im Frühjahr und breite im Herbst (siehe Fig. 2, Nr. 5—10). Ausserdem fand Zacharias etwa während 10 Tagen im Juli alle Individuen mit feinen Stachelchen besetzt, die sonst fehlten (wohl der Form Nr. 17 entsprechend).

Asper und Heuscher konstatierten im Thalalpsee (Kt. Glarus) eine breite dreihörnige Form (var. Glaronense Asper et Heuscher, Nr. 15), die der Frühlingsform von Lauterborn entspricht; im Luganersee (Bucht von Agno leg. Amberg) fand sich eine ganz ähnliche Form (Nr. 14). Im Gräppeler- und Schwendisee fanden sie eine grosse und schlanke Form (Nr. 16) (var. montanum Asper et Heuscher); im Zürichsee variierte die Form im Laufe des Jahres 1896 nur wenig (Nr. 11—13).

Ob die bis jetzt beobachteten Lokalrassen wirklich konstante Unterschiede zwischen den Seebecken bedeute, oder ob sie nur Saisonvarianten sind, lässt sich zur Zeit nicht beurteilen, da meist erst vereinzelte Fänge vorliegen. Die enorme Variabilität im Laufe des Jahres zeigt, dass nur eine konstante Untersuchung von Planktons brauchbare Resultate ergeben kann. Auf einen Wechsel nach den Jahrgängen deutet die Thatsache, dass im Jahre 1886 im Zürichsee nach Asper und Heuscher die Länge von Ceratium hirundinella zwischen 321 und 450  $\mu$  schwankte, im Jahre 1896 dagegen zwischen 165 und 296  $\mu$ !

2. *Ceratium cornutum* Ehrbg. ist ein äusserst seltener Bewohner des Planktons; bisher nur in den Schwendiseen (Kt. St. Gallen) von Asper und Heuscher und in den holsteinschen Seen von Seligo gefunden (der auffallenderweise Cer. hirundinella nicht angiebt).

3. *Peridinium cinctum* Ehrbg. (Tafel Fig. 70 a—c) ist weit seltener als Ceratium hirundinella (Zürichsee von August bis November 1896, namentlich im oberen Teil häufiger); Greifensee, Lac de Joux (13. VII. 96 leg. Pittard), Lac Brenet, Vierwaldstättersee etc. Diese Alge zeigt nach Apstein dieselbe Periodicität wie Ceratium.



4. *Peridinium tabulatum* (Ehrbg.) Claparède und Lachman (Tafel Fig. 71 *a b*), westpreussische Seen nach Seligo.

5. *Gymnodinium fuscum* Stein (Tafel Fig. 72 *a b*); Holsteinsche Seen selten; im Greifensee fanden sich am 10. Oktober 1896 zahlreiche Cysten mit mächtiger Schleimhülle, die wahrscheinlich zu dieser Form gehörten.

6. *Glenodinium pusillum* Pénard (Tafel Fig. 69 *a b c*) Genfersee, Zürichsee.

### Diatomaceen des Planktons.

Eine der wichtigsten Gruppen der Planktonalgen sind die Diatomaceen (Bacillariaceen, Kieselalgen). Jedes Individuum besteht hier nur aus einer Zelle; die Zellhaut hat die im ganzen Pflanzenreich einzig dastehende Eigenschaft, aus zwei wie Schachtelboden und Schachteldeckel übereinander greifenden Hälften sich zusammenzusetzen; sie ist vollkommen von Kieselsäure durchdrungen („Kieselpanzer“) und meist in zierlicher und regelmässiger Weise durch Verdickungen verstärkt. Schachteldeckel und Schachtelboden bezeichnet man als „Schalenseiten“; die übereinandergreifenden Schachtelwände als „Gürtelbandseite“. Im Inhalt führt die Zelle braungelbe Chromatophoren („Endochromplatten“); der Farbstoff besteht aus Blattgrün und einem gelben, dasselbe verdeckenden Komponenten (Diatomin).

Die wichtigsten „eulimnetischen“ Diatomaceen, d. h. die wichtigsten typischen Schwebekieselalgen des Süßwasser sind folgende:

1. *Asterionella gracillima* (Hantzsch) Heiberg (Tafel, Fig. 3–12), die zierliche Sternalge. Das Einzelindividuum (Fig. 8) ist ein an beiden Enden kopfig angeschwollenes, unten breiteres, oben feineres Stäbchen. In der Schalen-Ansicht sind die Köpfchen durch eine Einschnürung abgesetzt; dadurch unterscheidet sich *A. gracillima* von der nahe verwandten *A. formosa* Hassal, welche im Plankton viel seltener zu sein scheint;<sup>1)</sup> sie besitzt keine solche Einschnürung. Die Schalenseite ist äusserst fein quergestreift.

Im Plankton kommt die *Asterionella* stets in sternförmigen Kolonien vor. Dieselben entstehen folgendermassen: Ein Individuum teilt sich, wie das bei den Kieselalgen ausnahmslos der Fall ist, der Länge nach in zwei. Dieselben trennen sich aber nicht von einander, sondern bleiben an einem Ende durch eine Gallertausscheidung verbunden, und zwar stets am dicken Ende. Die dünnen Enden entfernen sich von einander, die beiden Tochterindividuen bilden einen Winkel von 45–60° und stellen die zwei ersten Arme eines Sternes dar. Niemals sieht man zwei um 180° divergierende Arme; es scheint also von vornherein die Divergenz der Arme eine bestimmte Grenze innezuhalten. Niemals auch, soweit

<sup>1)</sup> Ich sah sie nur vom Plönsee (17. VI. 1896 leg. Dr. Zacharias), Tafel, Fig. 1–2.

bis jetzt die Erfahrung reicht, bildet *Asterionella* im Plankton Ketten, wie sie Heiberg bei Exemplaren aus Gräben abbildet (Fig. 7); es ist stets eine strenge Polarität der Zelle vorhanden: nur das dickere Ende dient als Ansatzpunkt.

Der Process der Teilung geht nun weiter, bis der drei- bis acht- und noch mehr-strahlige Stern fertig ist, und sich das letzte Individuum wieder an das erste ansetzt und den Stern schliesst.<sup>1)</sup> Oder aber der Stern schiesst über sein Ziel hinaus, tritt aus der Ebene und baut spiralig weiter; durch Aenderung der Stellungen können sogar morgensternförmige Kolonien entstehen.

Es liegt in der Natur der Genesis des Sternes begründet, dass seine Ebene den Gürtelbandseiten seiner Komponenten entspricht. Wenn wir ihn von der Fläche betrachten (und unter dem Mikroskop liegt er natürlich meist so), sehen wir also die Gürtelbandseite der Einzelindividuen. Wollen wir die Schalenseiten sehen (Fig. 6), müssen wir den Stern im Profil betrachten, oder vereinzelte Arme in die richtige Lage drehen.

Die dicken Enden berühren sich bei *A. gracillima* nur an einem Punkte; bei *A. formosa* dagegen auf einer Linie. Die Chromatophoren sind körnig und auf den ganzen Ast verteilt, mit Ausnahme des dicken centralen Endes. Zahlreiche Fettropfen erhöhen die Schwebefähigkeit.

*Asterionella gracillima* ist sehr variabel. Die Länge der Arme wechselt von 52  $\mu$  (Plönsee) bis 106  $\mu$  (Genfersee), die Zahl derselben pro Stern oder Spirale von 4 bis 17.

In einzelnen Fällen scheinen sich konstantere Lokalrassen zu bilden: so zeigte das beinahe reine *Asterionella*-Plankton aus dem obersten Murgsee (Kanton St. Gallen), das Prof. Heuscher mir gütigst mitteilte, beinahe ausschliesslich sechs-strahlige Sterne.

Die *Asterionellasterne* dienen häufig passiven Planktonten als Vehikel; namentlich aus der Gruppe der Acineten und der Choanoflagellaten.

Im Genfersee fanden sich am 10. XII. 1896 auf der *Asterionella* sehr häufig nebeneinander 2 Bewohner: eine *Diplosiga* auf den centralen Partien des Sternes, und die stark lichtbrechenden, nur 3  $\mu$  messenden Sporangien eines Schmarotzerpilzes (*Chytridium spec.?*) auf den peripherischen Partien der Arme.

Mit Bezug auf die Periodicität lauten die Befunde von Apstein aus dem Dobersdorfersee und von Lauterborn aus Altwässern des Rheins bei Speyer übereinstimmend, dass diese zierlichen Gebilde zwei Maxima haben: in Holstein im April und Oktober, im Rhein im Juni und im Winter, während sie in Holstein im Winter selten ist. Zacharias fand sie im Plönsee am häufigsten im Mai und Anfang August. Auch im Lake Cochituate bei Boston zeigt *A.* nach den 5-jährigen

<sup>1)</sup> Heiberg behauptet, der Stern sei nie geschlossen; ich konnte mit den stärksten Vergrösserungen keinen Unterschied in den Bindungen finden.



Beobachtungen von Whipple zwei Maxima, im Mai und im December. Im obersten Murgsee (Kt. St. Gallen) bei 1825 m gelegen, fanden Asper und Heuscher am 12. Juni 1886 *Asterionella* in weitaus dominierender Menge, am 16. Juli ein Minimum davon, ebenso am 22. August und 26. September. Ihre Vermehrung scheint ungeheuer rasch erfolgen zu können: Zacharias fand binnen 12 Tagen ihre Menge verfünffacht!

Die geographische Verbreitung der *Asterionella* ist eine sehr weite: sie ist wohl die häufigste Planktondiatomacee des Süsswassers.

2. Ein weiterer, selten fehlender Bestandteil des Diatomaceenplanktons ist die Kammalge, *Fragilaria crotonensis* (Edw.) Kitton<sup>1)</sup> (*Nitzschiella pecten* Brun, *Nitzschia pecten* Brun olim) (Tafel, Fig. 13—29). Auch hier haben wir es mit Kolonien zu thun: es sind lange Bänder, aus aneinandergereihten schmalen Zellen bestehend, die in der Mitte fest verbunden, an den verschmälerten und eingeschweiften Enden aber wie die Zinken eines Kammes getrennt sind. Die Aehnlichkeit des Ganzen mit einem zweiseitigen Staubkamm ist ganz frappant.

Das Einzelpflänzchen ist, von der Schalenseite gesehen, spindelförmig, mit stark verjüngten Enden und breiterem Mittelstück (Fig. 25); von der Gürtelbandseite aus etwas breiter, und beiderseits von der Mitte gegen die Enden eingeschweift (Fig. 26). Die Endochromplatten liegen im breiteren Mittelstück, der Wand angeschmiegt, die Mitte frei lassend (Fig. 13, 14). Je ein grosser Oeltropfen liegt am Ende des Mittelstückes, dort wo die Einschweifung beginnt und der Kontakt der Bandglieder aufhört. Da die Lage dieser Tropfen in allen Zellen dieselbe ist, so erscheint die braungelbe Mitte des Bandes beiderseits von einer glänzenden Perlenreihe begleitet, was die Zierlichkeit des ganzen wesentlich erhöht (Fig. 13—21); in den Zinken des Kammes liegen zerstreut kleinere Oeltropfen. Bei sehr starker Vergrösserung erscheint das Mittelstück fein quergestreift (Fig. 25).

Die Bänder sind oft sehr lang (im Maximum fand ich 176 Individuen in einem Band) und meist spiralig um ihre Längsachse gedreht. Ausserdem findet aber noch eine bisher unbeachtet gebliebene Drehung der Individuen um ihre eigene Längsachse statt. Stets verhalten sich in diesem Punkte alle Individuen eines Bandes gleich. Wir können folgende Varianten im Bau des Individuums konstatieren.

1. In der Grösse (= der Breite des ganzen Bandes).

Die Länge schwankt von 55  $\mu$  bis 160  $\mu$ .

Die Breite der Gürtelbandseite von 3—6  $\mu$ .

2. In der Drehung.

---

<sup>1)</sup> *Crotonensis* nach dem Croton-creek, einem Zufluss des Hudson, unweit New-York; die Alge wurde zuerst im Sediment des aus dem Croton stammenden New-Yorker Trinkwassers im Jahre 1869 von Kitton gefunden und in der Zeitschrift „Science Gossip“, 1869, pag. 110 beschrieben.

a) Das Individuum ist völlig ungedreht (Fig. 13—15, 24, 29), dann erscheinen die Enden der Kammzinken breit und berühren einander fast oder ganz.

b) Das Individuum ist an beiden bandartig flachen Endstücken gegenwändig gedreht (Fig. 26). Die Drehung überschreitet selten 45 Grad und geht nie bis 90°. Dadurch wird in der Gürtelbandansicht (also das Gesamtband von der Fläche gesehen) die Kammzinke schmaler, da sie vom Beschauer jetzt im  $\frac{3}{4}$  Profil gesehen wird. Namentlich das eingeschweifte Stück erscheint sehr schmal, das etwas breitere Endstück weniger. Da der Beschauer an der Flächenansicht des Bandes die Drehung der Individuen nicht erkennt, so erscheinen ihm jetzt die Zinken viel zarter und stärker köpfchenförmig angeschwollen als bei Bändern mit ungedrehten Individuen.

Ausserdem erscheinen die Endköpfchen stark lichtbrechend, da man sie eben im Profil sieht. Am besten sieht man natürlich die Drehung, wenn man das Band von oben betrachtet, den Zinken auf die Köpfe schauend. In Fig. 28, auch 23 ist gezeigt, wie sich dann die Zinken ausnehmen, und wie sie in der Projektion aussehen.

c) Das Individuum ist nur an einem Ende gedreht, am andern ungedreht (Fig. 27).

Die schmalen Bänder zeigen meist ungedrehte, breit endende Individuen, die breiten Bänder gedrehte mit deutlichen Köpfchen. Man könnte die beiden Extreme als Varietäten auseinanderhalten, wenn nicht eine gleitende Reihe von Uebergängen von der einen zur andern vorkäme (Fig. 13—21). Immerhin sind die verschiedenen Formen teilweise wenigstens lokal getrennt: in Planktonproben vom Januar bis November 1896 fand ich

im Zürichsee, inneres Becken bei Zürich: Bänder von 55—119  $\mu$  Breite, meist eine kleine und eine grosse Form, wenig Uebergänge (Fig. 13, 14, 16—18); die kleinsten mögen forma *curta* Schröter benannt sein; oberer Teil bei der Ufenau: beinahe nur breite Bänder 97—122  $\mu$ .

Obersee: nur breite Bänder 106—112  $\mu$ ;

im Genfersee: nur Bänder von maximaler Breite 110—160  $\mu$  breit, mit sehr schmalen Individuen, eine äusserst gracile Form (Fig. 19—21); sie entspricht der forma *prolongata* Grunow;

im Luganersee: mittelbreite Bänder, 70—97  $\mu$ , mit breiten Individuen (Fig. 15);

im Plönsee: schmale Bänder mit breiten Individuen (64—87  $\mu$  Bandbreite).

Ob auch hier vielleicht Saisondimorphismen dazu kommen, oder ob die Differenzen wirklich stets auf lokaler Rassenbildung beruhen, müssen weitere Untersuchungen lehren. Beim Zürcher- und Genfersee, von denen mir Proben vom Januar bis November vorlagen, blieb der Unterschied konstant; hier scheint wirklich der kleinere See die kleineren, der grössere die grosse Form ausschliesslich zu beherbergen. Bei *Asterionella* läuft das Verhalten parallel: im Genfersee die



grosse Form, im Zürichsee die kleinere. Die grössere, gracilere des Lemanbeckens können wir als die besser planktonisch angepasste bezeichnen: man könnte an eine längere Dauer der Auslese im Genfersee denken; vielleicht wurde er früher mit der *Asterionella* und *Fragilaria* besiedelt? (auch seine *Cyclotellen* sind die grössten des Süsswassers!) Dass die Grösse des Sees nicht das einzige Moment ist, lehrt uns das Verhalten des Zürichsees, wo im obern Teil, und namentlich dem kleinen Obersee, oberhalb des Dammes, die ganz kleinen Formen ganz fehlen.

Ein sehr reiches Kammalgenplankton, bei welchem die *Fragilaria* weitaus dominierte, fand ich Mitte September im obern Teil des Zürichsees, südlich und nördlich von der Ufenau. Lässt man ein solches Plankton auf dem Objektglase eintrocknen, so liefern die feinen Bänder, bei schwacher Vergrösserung unter auffallendem Lichte betrachtet, die zierlichsten Bilder, mit „Farben dünner Blättchen“.

Auf den *Fragilariabändern* siedeln sich gerne *Vorticellen* an, die einzeln von diesen zarten Fahrzeugen sich tragen lassen. Auch eine *Podophrya* findet sich im Zürichsee häufig darauf; im Dezember 1896 stellte sich eine *Chytridiacee* ein.

Andere *Fragilaria*-Arten des Planktons sind: *F. capucina* Desm. (Fig. 51), *mutabilis* W. Sm. und *virescens*. Die erstere fand sich im Zürichsee im Januar 1896 noch als dominierende Art, wurde aber später durch die *Tabellaria* völlig verdrängt.

3. Die *Cyclotellen* oder Scheibenalgen (Fig. 52—60) sind beinahe überall im Plankton zu treffen. Es sind wunderbar zierliche, kreisrunde, niedere Miniaturschächtelchen. Deckel und Boden sind wie Uhrschalendeckel gezeichnet: vom Rande her strahlen nach innen zarte, dicht gestellte Radialstreifen bis etwa  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  des Durchmessers; das Centrum ist frei von denselben, dafür aber mit feinen Punkten von wechselnder Anordnung geziert. Häufig ist die Mitte zu einem kreisförmigen Buckel aufgetrieben und der umgebogene Rand von Deckel und Boden in bogenförmig verbundenen Leisten verdickt. Von oben gesehen erscheint das Pflänzchen kreisrund, von der Seite (Gürtelbandansicht) rechteckig. Die Längskanten der Gürtelbandansicht sind nur bei *Cyclotella comta* gerade, bei allen andern verlaufen sie wellig, das Schächtelchen ist also verbogen (Fig. 55b).

Die wichtigsten Plankton-Cyclotellen sind folgende:

*Cyclotella comta* Kützing, charakterisiert durch: gerade, unverbogene Seitenkanten der Gürtelbandansicht, ferner durch die an jedem zweiten bis vierten Radialstrahl auftretende knotige Verdickung. Dieselbe rührt her von einer auf der innern Seite, vom umgebogenen Rande des Deckels nach innen verlaufende Verdickung, welche sich bei der Ansicht von oben je auf einen Radialstrahl projiziert (vgl. Fig. 55c).

Diese prächtige Art tritt in einer Reihe von Varietäten im Plankton auf, die meistens Kolonien bilden.

Die schönste ist die *Cyclotella comta* var. *bodanica* Eulenstein (als Art). Sie wird bis 66  $\mu$  breit und ist ausserdem meist durch 5 flammenartige Punkte auf

der Schalenseite gekennzeichnet. Kirchner fand sie im Bodensee, O. Müller konstatierte im Plankton des Genfersees eine kräftiger gezeichnete Abart mit stark vorgewölbten Schalenseiten, der die 5 Punkte oft fehlen (Fig. 53). Sie fand sich z. B. am 10. XII. 1896 in grosser Menge im Genferseeplankton; schon mit einer guten Lupe lassen sich die zahllosen gelben Pünktchen erkennen.

*C. c. var. radiosa* Grunow; Punkte der Centralscheibe radial angeordnet, Dimensionen nur bis 40  $\mu$  (Fig. 56, 57). Kirchner konstatierte diese Abart im Bodensee; die Individuen, die sonst einzeln vorkommen, sind hier durch feine Gallertfäden zu Kolonien vereinigt; die Kolonie ist scheibenförmig und trägt die Einzelindividuen am Rande. Im Zürichsee finden sie sich in etwas anders gebauten Kolonien: nämlich immer vier (selten weniger oder mehr) Individuen hintereinander, aber in ziemlich weiten, gleichmässigen Abständen, die Schalenseiten einander zugekehrt, wie eine unterbrochene Geldrolle. Meist sind die vier Individuen völlig gleich; nur in einem Fall fand ich bei den beiden äussern die äussere Schalenseite gewölbt, die innere flach wie bei den innern. (Zürichsee, 16. X. 1896.) Es bietet einen überraschenden Anblick, diese vier Geldstücke stets verbunden über das Gesichtsfeld rollen zu sehen, ohne dass man die verbindenden Fäden gewahr wird, denn sie sind ausnehmend fein. Bringt man die Masse in eine gesättigte Tuschemulsion, welche die Gallerte nicht durchdringt und sie als helle Stellen deutlich sichtbar macht, so sieht man hier nichts von einer Gallerte. Ich möchte für diese eigenartige Form den Namen var. *quadrijuncta* vorschlagen (Fig. 58).

*Cyclotella comta* var. *melosiroides* Kirchner. Im Bodenseeplankton fand Kirchner eine andere Form von Kolonien, nämlich dicht gestapelte Geldrollen, oder lange, quergegliederte Fäden, welche aus zahllosen (bis 100) aneinanderhaftenden Individuen bestehen. Sie fand sich seither auch im Genfer- und Zürichsee; ihre Dimensionen sind weit kleiner als bei der vorherigen; die Ecken sind stark abgerundet, so dass die Fäden auf den ersten Blick einer torulösen *Oscillatoria* gleichen.

Vom Genfersee beschrieb Brun (Le Diatomiste Tome II, tab. 14, 11. 12) eine *Melosira* (*Cyclotella*) *catenata*, die ebenfalls lange, aber nicht torulöse Ketten bildet (Fig. 59).

Ferner wurden bisher im Plankton gefunden: *Cyclotella comta* Kütz. var. *genuina*; var. *oligactis* Grunow; var. *comensis* Grunow; *paucipunctata* Grunow; *Cyclotella stelligera* Cleve et Grunow (Fig. 54), *operculata* Kütz. (Fig. 55), *flocculosa* (Roth) Kütz.

4. Die *Melosira*-Arten bilden lange, oft schwach geschwungene oder eingerollte, fadenförmige Kolonien; die Einzelindividuen gleichen einer hohen cylindrischen Schachtel, stellen sich quer und bleiben mit den Schalenseiten aneinander haften. Als Paradigma ist in Fig. 52 die *Melosira granulata* (Ehrh.) Kütz. abgebildet. In den holsteinschen Seen bilden die Melosiren oft ein monotones Plankton und treten in gewaltigen Massen auf, ebenso im Müggelsee nach O. Müller;



im Plönsee ist es *Melosira distans* Kütz. var. *laevissima* Grunow, die in den Sommermonaten nur vereinzelt auftritt, im Oktober sich zu vermehren beginnt, im Januar eine Million Fäden pro Quadratmeter zeigt, im Februar zwei, am 10. April vier und am 20. als Maximum acht Millionen; dann folgt eine rasche Abnahme und im Juni sind nur noch wenige Fäden da. Vom 1.—16. April war reichliche Auxosporenbildung zu beobachten.

Zahlreiche Melosiren sind planktonisch beobachtet worden: *M. distans* Kütz. mit verschiedenen Varietäten; *arenaria* Moore; *varians* Kütz.; *granulata* (Ehrbg.) Kütz.

5. Die Gattung *Synedra*, lange schmale Stäbchen bildend, ist namentlich durch die zarte, bis 440  $\mu$  lange *S. delicatissima* W. Sm. (Fig. 49 u. 50) vertreten. Sie findet sich im Zürichsee, wie im Plönsee das ganze Jahr hindurch.

6. Eine Plankton-Diatomacee von mehr lokaler Bedeutung ist *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing var. *asterionelloides* Grunow, die sternbildende Fensteralge. Sie ist als Plankton bisher nur im Zürichsee, Genfersee, Plönersee und in Amerika nachgewiesen.<sup>1)</sup> Im Zürichsee trat sie, so weit die Erfahrungen Prof. Heuschers (seit 1886) und meine eigenen reichen, erst im Jahre 1896 auf, dann aber gleich in exorbitanter Menge, das ganze Jahr hindurch weitaus dominierend und gewaltige Planktonmengen erzeugend. In den Planktonproben vom Jahr 1895 (aus den Monaten März, Juni und Oktober) finde ich keine Spur dieser Alge; und Prof. Heuscher, der seit 1886 das Plankton des Zürichsees, allerdings mehr vom zoologischen Standpunkt aus verfolgt, versichert, diese Alge nie gesehen zu haben. Am 21. Januar 1896 tritt sie neben der anno 1895 dominierend gewesenen, und auch hier noch dominierenden *Fragilaria capucina* in geringer Menge auf; aber schon im März bildet sie den Hauptbestandteil bis Anfang Dezember, wo sie gegenüber *Fragilaria crotonensis* zurückzutreten beginnt: also eine explosionsartige, plötzliche Massenentwicklung, eine invasionsartig hereinbrechende Epidemie eines Planktonten, über deren Ursache wir nicht einmal Vermutungen aussprechen können.

Sehen wir uns die Alge etwas näher an (vergl. Fig. 34—47)! Das Einzelindividuum bildet ein rectanguläres Schächtelchen von 28—84  $\mu$  Länge und 5—16  $\mu$  Breite (Gürtelbandseite), wobei die kürzern meist auch die breiteren sind (vergl. Fig. 34 und 38).

Die Schalenseite ist sehr schmal, in der Mitte spindelförmig angeschwollen, an den Enden köpfchenförmig verdickt und, einen freien Mittelstreif („Pseudoraphe“) ausgenommen, sehr fein quergestreift; die Streifung greift etwas auf die Gürtelbandseite herüber (Fig. 36). In der Gürtelbandansicht verlaufen vier unvollständige Scheidewände, die vor der Mitte mit einem etwas verdickten Rande endigen,

<sup>1)</sup> In den Verzeichnissen der amerikanischen Publikationen über die mikroskop. Organismen des Trinkwassers findet sich meist auch „*Tabellaria*“ angegeben; eine mikrophotogr. Abbildung im Annual report of the water supply Departement, Boston 1894, zeigt, dass darunter die obige Species zu verstehen ist.

der in der Gürtelbandansicht als glänzendes Knöpfchen, in der Schalenansicht als zarter Kreisbogen erscheint. Diese starke Verdickung des Randes ist eine Eigentümlichkeit unserer Zürcher Form, ich finde sie nirgends so abgebildet (vergl. z. B. van Heurk, Taf. LII, Fig. 7 und 8, Kützing, Bacillariaceen, Taf. 17, Fig. 22). Das Endochrom ist in reihenweise angeordnete grosse Körner verteilt, Fetttröpfchen finden sich zahlreich zwischen denselben. Die Schale ist sehr zart; bei der Behandlung mit Säuren bleibt nur ein Rahmen der Schalenseite übrig, die Gürtelbänder werden zerstört.

Die *Tabellaria* findet sich ausnahmslos in Kolonien; in der Form derselben zeigt die Pflanze einen auffallenden „Saisondimorphismus“: in der kältern Jahreszeit überwiegen weitaus die kettenförmigen Verbände (Fig. 35, 39, 44, 47): sie traten vom Januar bis im Juni auf, und wieder im September; während der Monate Juni bis September fanden sich fast nur Sterne und Spiralen (Fig. 34, 37, 40, 41, 43, 46).

Der Verband wird durch Gallerttropfen vermittelt, welche eine beträchtliche Ausdehnung haben. (Fig. 34.)

Die Verbreitung der *Tabellaria* im Zürichsee war keine ganz gleichmässige. Zunächst ist zu konstatieren, dass sie im Obersee vollständig fehlte. Dieses wenig umwohnte und wenig tiefe Becken (Maximaltiefe 50 m, Untersee 143 m, Oberfläche des Obersees 20,1 km<sup>2</sup> <sup>1)</sup>, des Untersees 67,68 km<sup>2</sup>) ist vom Untersee durch eine unterseeische Moräne getrennt, auf welcher seit einigen Jahren ein Damm mit zwei Durchlässen von zusammen ca. 200 m Breite errichtet ist; früher führte eine Holzbrücke hier herüber. Er bildet einen See für sich; wenigstens ist das Plankton von dem des Untersees total verschieden. Aber auch im obern Teil des Untersees tritt die *Tabellaria* etwas zurück; sie fehlt in den Durchlässen des Dammes, beginnt spärlich unmittelbar unterhalb des Dammes (*Fragilaria crotonensis* ist hier weitaus dominierend!) ist noch bei der Ufenau nicht häufig (auch hier dominiert *Fragilaria*), beginnt aber schon bei Uerikon zu dominieren und zwischen Herrliberg und Oberrieden, also über der tiefsten Stelle des Sees, zeigt das Plankton schon dieselbe Zusammensetzung wie im „innern Seebecken“ bei Zürich.

Ueber die enormen Quantitäten des durch die *Tabellaria* produzierten Planktons vergleiche weiter unten. Die Trübung des Seewassers durch dieselbe war eine sehr auffallende. Die ältesten Fischer erklärten, den See nie so trüb gesehen zu haben; ihre Netze waren mit braunem Schleim bedeckt. Eine ins Wasser versenkte weisse Scheibe verschwand (bei Zürich) am 7. Juli 1896 schon bei 2 m 42! Dann wurde mit abnehmender Planktonmenge die Transparenz allmählich wieder grösser: 18. August 3 m 50, 7. Oktober 3 m 78, 19. Dezember 7 m.

Die *Tabellaria* war bis Ende November frei von Epiphyten und Parasiten.

---

<sup>1)</sup> Nach freundlicher Berechnung durch meinen verehrten Kollegen Prof. Becker.



Dann trat auf einmal in beträchtlicher Zahl (je ca. die 50. Zelle befallend) ein neuer Schmarotzer aus der Pilzfamilie der *Chytridiaceen* auf, *Phlyctidium Tabellariae* nova species (Tafel Fig. 48, Diagnose in Anmerkung 3 am Schluss); es sind kleine gestielte Schwärmsporenbehälter, die nur auf der *Tabellaria* sitzen; die kontrahierten Chromatophoren der befallenen Zellen zeigten die Alteration durch den Pilz an. — Die Fortpflanzungszellen dieser Pilze bewegen sich mit Hülfe von Geisselfäden durch das Wasser, um neue Opfer aufzusuchen; sie setzen sich fest und wachsen zu neuen Sporangien heran.

7. *Stephanodiscus Astraea* Grunow ist eine winzige, tonnenförmige, langstachelige Diatomacee (Fig. 30 a u. b), die bisher nur im grossen Plönersee, Selentersee (Holstein), Müggelsee bei Berlin und im Baykalsee, neuerdings von Müller auch im Genfersee gefunden wurde.

8. *Rhizosolenia longiseta* Zach. gehört einem sonst rein marinen Genus an (Fig. 32 b, 33).

9. *Rhizosolenia Eriensis* H. Smith (Fig. 32 b), Erie-See, Comer-See, Genfersee (*forma genevensis* A. Brun, die abgebildete Form).

10. *Atheya Zachariasii* Brun (Fig. 31).

Die 4 letzten Formen erinnern auffallend an von Schütt im Meeresplankton aufgefundene Formen.

Als häufige eulimnetische Diatomacee wäre ausser den genannten noch anzuführen: *Diatoma elongatum* Ag. var. *tenu*e (Ag.) V. H.

### Die Grünalgen des Planktons.

Aus der Familie der *Tetrasporaceen* ist als verbreitete Planktonalge zu nennen:

*Botryococcus Braunii* Kützing (Fig. 91). Es ist eine kolonienbildende Alge; die Einzelzellen von verkehrt kegelförmiger Gestalt haben ein glockenförmiges Chromatophor ohne Pyrenoid (Chodat) und bilden traubenförmige, gelappte Aggregate von annähernder Kugelform. Sie sitzen in Höhlungen einer festen Gallerte, die nach Kirchner reichlich mit Fett imbibiert ist; nach Chodat soll die verbindende Masse aus Fett allein bestehen. Die Pflanze ist entweder grün oder orangerot bis braungelb gefärbt; letztere Färbung sitzt in der Gallerte, denn wenn man auf die Kolonie drückt, so schlüpfen, wie Wille und Lemmermann nachgewiesen haben, die grünen Keile aus ihren Gallertfutteralen heraus, man sieht in der Mitte die braungelbe Gallerte und rings herum die grünen herausgeschlüpften Zellen. Die Pflanze hat infolge des Fettgehaltes ihrer Hülle einen starken Auftrieb und sammelt sich stets an der Oberfläche.

Aus der Familie der *Volvacaceen* (im engern Sinn, mit durch Cilien bewegten kolonienbildenden Zellen, mit Makro- und Mikrozoosperen, welche kopulieren) finden sich mehrere Arten planktonisch.

*Pandorina Morum* Bory bildet ellipsoidische Kolonien, aus 16 keilförmigen, dicht aneinander schliessenden Zellen bestehenden Kolonien (Fig. 81 a—c). Jede Zelle besitzt einen roten Augenfleck, zwei pulsierende Vacuolen, ein Pyrenoid und einen Zellkern; zwei Geisseln pro Zelle durchbrechen die die Kolonie umgebende Gallerte. Die vegetative Vermehrung erfolgt dadurch, dass jede Zelle eine neue Kolonie erzeugt; diese neuen Kolonien bleiben noch eine Zeit lang vereinigt (Fig. 81 c). Die Kolonien bewegen sich mit beträchtlicher Geschwindigkeit und sammeln sich beim Stehenlassen des Planktonfangs an der belichteten Seite des Gefässes an der Oberfläche. Im Zürichsee trat sie vom März bis November auf, im Dobersdorfersee nach Apstein vom April bis Dezember mit Maximum Ende August.

*Eudorina elegans* Ehrbg. Die kugligen Kolonien (Fig. 82 a) bestehen aus 8—32 geisseltragenden Zellen, welche in regelmässigen Abständen auf einer Kugeloberfläche angeordnet sind. Bei der vegetativen Vermehrung entsteht aus jeder Zelle eine neue Kolonie (Fig. 82 b).

Auch *Volvox globator* Stein (Fig. 83) und *Volvox aureus* Ehrenberg bilden oft in ungeheuren Mengen das Plankton. Es sind prachtvolle Kugeln, aus zahllosen (bis 12000) Einzelzellen bestehend, die auf einer Kugeloberfläche angeordnet sind; es findet eine Arbeitsteilung zwischen ihnen statt, indem die einen rein vegetativ sind, andere zu Oogonien werden und wieder andere Spermatozoiden bilden; die Befruchtung der Eizelle findet innerhalb der Familie statt. Ausserdem findet auch eine vegetative Vermehrung einzelner grösserer Zellen statt, welche sich zu frei im Innern der Kugel herum schwimmenden Tochterkugeln (Parthenogonidien) entwickeln.

*Volvox* ist eine sehr launische Planktonalge; er wurde einmal von Prof. Heuscher im Zürichsee in Masse gefunden; auch Apstein konstatierte sie nur in zwei der von ihm untersuchten holsteinschen Seen. In Amerika trat sie im Jahr 1888 in den aus dem Hemlocksee gespeisten Reservoirs der Stadt Rochester (Staat New York) plötzlich in solchen Mengen auf, dass das Wasser einen „Fischgeruch“ durch die in Zersetzung begriffenen Algen erhielt.

Aus der Familie der *Pediastraceen* kommen vor:

*Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb. (Fig. 88 a—f.)

*Pediastrum Boryanum* (Turp.) Meneghini (Fig. 84).

„ *duplex* Meyen., namentlich in seiner zierlichen Varietät *clathratum* Al. Braun (Fig. 86), Lago di Muzzano; ebenda auch die Var. *microporum* M. Br. (Fig. 85).

Lemmermann konstatierte noch *P. glanduliferum* Bennett und *angulosum* Ehrbg. im Plankton.

*Coelastrum cambricum* Archer var. *elegans* Schröter. Diese neue, wunderbar regelmässig gebaute Alge fand sich im Lago di Muzzano (Tafel, Fig. 87 a u. b, Textfigur 3, S. 38; Diagnose in Anmerkung 4 am Schlusse) (Lago di Muzzano 28. IX. 96, leg. Amberg).



Aus der Familie der *Desmidiaceen* kommen vor:

*Staurastrum gracile* Ralfs. (Fig. 89 a—d.)

*Cosmarium Scenedesmus* Delponte. (Fig. 90.)

Endlich möge noch eine in Fig. 92 abgebildete Grünalge erwähnt werden, deren Bestimmung bis jetzt nicht gelungen ist. Sie bildet ruhende kugelige Gallertkolonien; die Einzelzellen sind meist zu vierten angeordnet; Teilung findet in allen Richtungen des Raumes statt. Die Gallerte ist meist völlig homogen, selten sind kleinere Familien in einer grossen Gallerte eingeschachtelt. Die Alge hat auffallende Aehnlichkeit mit den von Chodat als Entwicklungsstadien von *Gonium pectorale* abgebildeten Zellfamilien (Bulletin de l'Herbier Boissier, vol. II, Nr. 9, Tafel 24, Fig. 5). Eine definitive Entscheidung kann erst auf die Kenntnis weiterer Entwicklungsstadien gegründet werden.<sup>1)</sup>

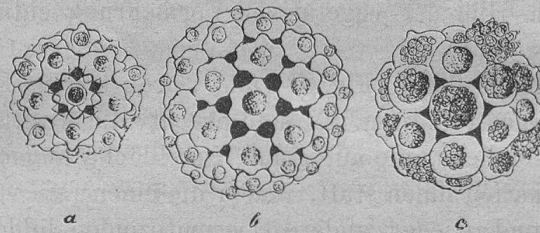


Fig. 3. *Coelastrum cambricum* Archer var. *elegans* Schröter

$\frac{250}{1}$

aus dem Lago di Muzzano.

- a. Kleines Coenobium; Anordnung der Zellen  $1 + 6 + 6 + 6 + 6 + 1$ .
- b. Eines der grössten Coenobien; Anordnung  $1 + 6 + 12 + 12 + 12 + 6 + 1$ .
- c. In Vermehrung begriffenes Coenobium; aus jeder Zelle der Mutterkolonie geht eine schon in der Mutterzelle zur Kugel angeordnete Tochterkolonie hervor.

## Die Verbreitungsverhältnisse des Phytoplankton.

Wir haben hier zu unterscheiden zwischen der Verbreitung der einzelnen Planktonkomponenten, und dem Verhalten des Planktons als Ganzes, als den Resultierenden aus der ersteren. Die Verbreitung der Planktonten ist zu untersuchen: geographisch (d. h. Gesamtverbreitung), standörtlich (d. h. die horizontale Verbreitung in einem See, regional (vertikal, nach der Tiefe) und zeitlich (d. h. in ihrem Wechsel nach Tageszeiten, Jahreszeiten und Jahren).

Alle diese Verhältnisse können erst dann richtig beurteilt werden, wenn von einer grösseren Anzahl von Seen jahrelang systematisch fortgesetzte Beobachtungsreihen vorliegen, womöglich mit Zählung der Organismen. Bis jetzt liegen

<sup>1)</sup> Auch *Protococcus gigas* Ktzig. (vgl. Wolle, Tab. CLXI, Fig. 13) könnte in Frage kommen, hat aber grössere Zellen.

erst von Apstein, Zacharias und Whipple solche Untersuchungen mit gründlicher Berücksichtigung auch der Pflanzen vor, über einige wenige Seen und höchstens fünf Jahre pro See. Die bisherigen Erfahrungen über den starken Wechsel des Planktons nach Jahreszeiten, eventuell auch nach Jahren, lässt aber nur mehrjährige Reihen als massgebend erscheinen.

Immerhin wollen wir im Folgenden das bisher konstatierte zusammenstellen.

### **Verbreitung der einzelnen Planktonarten.**

1. Geographische Verbreitung: Es gibt eine Anzahl von Kosmopoliten unter den Planktophyten: *Asterionella* (*formosa* und *gracillima* zusammen, da sie oft nicht unterschieden werden), in Europa und Amerika in den meisten untersuchten Seen vorkommend; ebenso *Fragilaria crotonensis*, *Clathrocystis aeruginosa* und *Ceratium hirundinella* (in den meisten europäischen Seen, im Himalaya und in Nordamerika). Im Gegensatz dazu stehen die nur lokal auftretenden Planktonten: *Gloeotrichia echinulata* (Plönsee und einige benachbarte Seen), *Cyclotella bodanica* (Bodensee, Genfersee).

Die Gesamtverbreitung der Planktonalgen auch ausserhalb des Planktons ist noch zu wenig bekannt, um mit Sicherheit von nordischen und südlichen Typen, von östlichen und westlichen Arten sprechen zu können.

Wir können auch von keiner Planktonalge mit Bestimmtheit sagen, ob sie nur planktonisch, oder auch an andern Standorten sich findet; die Verbreitung dieser mikroskopischen Organismen ist ja nicht so leicht festzustellen, wie die der Makrophyten.

Als mit marinen Formen nahe verwandt sind die Diatomaceen *Rhizosolenia* und *Atheya* besonders interessant. Das mehrfach behauptete Vorkommen mariner Peridineen im Süsswasser hält Bütschli wohl mit Recht für zweifelhaft.

In manchen Fällen tritt ein Planktont an verschiedenen Punkten seines Verbreitungsbezirkes in Lokalrassen auf. Dies ist bis jetzt für folgende Fälle konstatiert.

*Ceratium hirundinella* bildet im Thalalpsee die var. *montana* Asper et Heuscher, die auch im Luganersee auftrat.

*Fragilaria crotonensis* bildet im untern Teil des Zürichsees eine schmale, im Obersee eine breite Rasse, im Genfersee die breiteste.

*Asterionella gracillima* bildet im obern Murgsee eine fast rein sechsstrahlige Rasse; im Genfersee eine langarmige.

*Cyclotella comta* tritt im Bodensee in scheibenförmigen, im Zürichsee in reihenförmigen Kolonien auf.

Ob diese verschiedenen Formen wirklich Rassen, oder ob es Standortformen sind, auf direkte Einwirkung äusserer Faktoren zurückzuführen, lässt sich



nur durch Kulturen der betreffenden Planktonten entscheiden. Hier liegt noch ein weites aber schwierig zu bebauendes Feld der Forschung vor.

Eine ganze Reihe wichtiger Fragen lässt sich erst aus der exakten Kenntnis der Gesamtverbreitung beantworten: Woher kommen die einzelnen Komponenten eines bestimmten Planktons? Aus der Litoralflora, aus den Zuflüssen, aus der Luft? Welche chemische Natur des Wassers deuten sie an? Welche Temperaturbedürfnisse haben sie? Sind sie Relikten aus frühern geologischen Epochen, sind sie neue Einwanderungen etc. etc.

2. Verbreitung innerhalb desselben Sees: Es ist durch zahlreiche Beobachtungen festgestellt, dass verschiedene Teile desselben Sees gleichzeitig ganz verschiedenes Plankton aufweisen können. Die planktonische Verbreitungseinheit ist also nicht der See, sondern der Seebezirk.

Zacharias fand vor der Insel Alsborg im Plönsee massenhaft *Mallomonus* hinter derselben nur vereinzelt. Strodtmann fand im westlichen Teil des Plönsees eine wesentlich grössere Planktonmenge als im östlichen, von z. T. ganz anderer Zusammensetzung.

Francé fand im Plattensee durch hunderte von zu verschiedenen Tages- und Nachtzeiten angestellte Beobachtungen eine höchst ungleiche Verteilung des Planktons; er konnte förmliche *Ceratium*-, *Bosmina*-, *Daphnia*-, etc. -Distrikte unterscheiden, welche fast ausschliesslich von den betreffenden Organismen belebt waren. Auch konstatierte er das Auftreten von „Zoo- und *Phyto-Correnten*“, oder Schwärmen, und zwar u. A. auch von *Ceratiën*.

Im Zürichsee herrschte im Jahre 1896 im ganzen untern Teil bis auf die Höhe von Uerikon die *Tabellaria fenestrata*; dann nahm sie ab und wurde bis Rapperswyl von *Fragilaria crotonensis* ersetzt; im Obersee fehlte sie gänzlich.

Im Luganersee enthielt im April 1896 der Arm von Lugano dominierend *Cyclotellen* und *Ceratium*, sehr wenig *Asterionellen*, während in der Bucht von Agno *Asterionella* dominierte (leg. Dr. Rikli).

In einem grössern See müssen also die verschiedenen Teile untersucht werden, um das Plankton genügend kennen zu lernen. Namentlich abgeschlossene Teile sind besonders zu untersuchen. Auch Zuflüsse und die Windverhältnisse spielen eine Rolle (Verschiedenheit der Lee- und der Luvseite, Beimengung von Litoralformen nach Sturm etc.).

3. Ueber die Verbreitung nach der Tiefe liegen zu wenige Beobachtungen vor, um darauf irgend welche Schlüsse zu bauen.

Es mögen folgende Daten citiert werden:

60 m Tiefe Bodensee, *Asterionella gracillima* bei Meersburg (Kirchner).

70 m Tiefe Zürichsee zwischen Oberrieden-Herrliberg: *Ceratium hirundinella*, *Asterionella* und andere *Diatomaceen*, mit grünen Protoplasten (Imhof).

- 100 m Tiefe Zürichsee, bei Erlenbach: *Anabaena* mit *Vorticella* (Imhof). (?)
- 190 m Tiefe Urnersee, Növenber 1884, zwischen Axenfels und Schillerdenkmal: *Ceratium hirundinella*, *Asterionella*, *Fragilaria crotonensis*. (Imhof.)
- 197 m Tiefe Urnersee, Höhe des Rütli: *Ceratium hirundinella*, *Peridinium tabulatum*. (Imhof.)
- 50 m Tiefe Zürichsee zwischen Oberrieden und Herrliberg, 19. IV. 88. (Imhof): *Ceratium hirundinella*, *Asterionella*, *Fragilaria crotonensis* reichlich, *Synedra longissima*, *Diatoma*, *Cymatopleura elliptica*. (Imhof.)
- 60 m Tiefe Zürichsee zwischen Oberrieden und Thalweil (Stelle der Maximaltiefe): *Ceratium hirundinella* (selten), *Asterionella* und *Fragilaria crotonensis* überwiegend, dann *Synedra longissima*, *Cymatopleura elliptica* und var. *constricta*, vereinzelt *Diatoma*, *Fragilaria* und *Cyclotellen* (Imhof.)
- 80—90 m Tiefe Zürichsee vor Küsnacht, 7. April 1888: *Ceratium hirundinella* (12 Indiv. pro m<sup>3</sup>), *Asterionella* (7638 Kolonien) *Fragilaria crotonensis* (5649 Bänder pro m<sup>3</sup>). (Imhof.)

Heuscher machte im innern Becken des Zürichsees bei Zürich die Beobachtung (mit offenen Netzchen), dass bis zu 10 m Tiefe die Planktonmenge ziemlich gleich blieb; von da an machte sich eine allmähliche, von 25—30 m an abwärts eine rasche Abnahme geltend.

Apstein fand für holsteinsche Seen, dass in der Oberflächenschicht von 0—2 m Tiefe stets mehr Material vorhanden ist, als in irgend einer darunter befindlichen. Das Verhältnis von Tiefe zu Oberfläche schwankt aber zwischen 1:56 und 1:1<sup>1</sup>/<sub>7</sub> (wobei als Tiefe die Schicht von 20 m Tiefe bis zum Boden gesetzt ist, für seichtere Seen von 10 m bis zum Boden).

Die Zählungen für die einzelnen Organismen ergaben, dass das Ueberwiegen der Oberfläche hauptsächlich durch *Diatomaceen* und *Chroococcaceen*, also lichtsuchende Algen verursacht wird, für einzelne Seen auch durch *Dinobryon*.

4. Alle bisher darauf hin untersuchten Planktonpflanzen zeigen einen Wechsel in ihrem Auftreten nach den Jahreszeiten<sup>1)</sup>. Wir müssen bei der Beurteilung des Auftretens wohl unterscheiden zwischen der absoluten und der relativen Individuenzahl. Es kann eine Art sehr wohl absolut abnehmen und gleichzeitig relativ zunehmen, indem alle andern noch stärker abnehmen. Absolute Zahlen geben Zacharias und Apstein, relative Lauterborn, Heuscher und Verfasser. Die beifolgende Tabelle (Seite 42) giebt eine Uebersicht über die Resultate dieser Autoren. Wir heben hier folgendes hervor:

Die Planktonwiese grünt das ganze Jahr, sie kennt keine Winterruhe. Es sind

<sup>1)</sup> Auch ein Wechsel nach den Tageszeiten ist in einigen Fällen konstatiert, in dem Sinne, dass eine Oberflächenvegetation des Nachts verschwindet (*Oscillatoria rubescens* vom Murtner-See).



# Periodicität der Planktophyten im Laufe eines Jahres.

— Sehr häufig — häufig — nicht selten .... vereinzelt.

Namen der Arten	See	Beobachter	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Jun.	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
<b>Diatomaceen.</b>														
Diatomaceen zusammen-														
genommen . . . . .	Zürichsee 1886	Heuscher	—	—	—	—	—	....	....	....	....	—	—	—
Tabellaria fenestrata . .	Zürichsee 1896	Schröter	....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fragilaria crotonensis . .	Plönsee	Zacharias		....	....	—	—	—	—	—	—	....	....	
" " . . . . .	Plönsee	Apstein	?	....	....	—	—	—	—	—	—	....	?	?
Fragilaria virescens . .	Altwass. d. Rheins	Lauterborn	....	....	....	....	....	....	....	....	—	—	—	....
" " . . . . .	Dobersdorfer See	Apstein	....	—	—	—	....	....	....	....	....	—	—	....
Fragilaria capucina . .	Plönsee	Zacharias			....	....	—	....						
Asterionella gracillima . .	Plönsee	Zacharias	....	....	—	—	—	—	—	—	....	....	....	....
" " . . . . .	Dobersdorfer See	Apstein	....	....	—	—	—	....	....	....	—	—	—	....
" " . . . . .	Altwass. d. Rheins	Lauterborn	?	....	....	—	—	—	....	....	—	—	—	—
" " . . . . .	Zürichsee	Schröter	—	—	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Synedra Acus Ktz. var. deli-														
catissima . . . . .	Plönsee	Zacharias			....	—	—	....	....	....				
Synedra Ulna Ehrb. var.														
longissima . . . . .	Plönsee	Zacharias				....	—	....	....					
Melosira distans Ktz. var.														
laevisissima . . . . .	Plönsee	Zacharias	—	—	—	—	—	....	....	....	....	—	—	—
Melosira varians . . . .	Dobersdorfer See	Apstein	....	....	....	—	—	—	—	—	—	—	....	....
" " . . . . .	Plönsee	Apstein	—	—	—	—	—	....	....	—	—	—	—	—
Diatoma elongatum var.														
tenue . . . . .	Plönsee	Zacharias		....	....	—	—	....						
<b>Cyanophyceen.</b>														
Clathrocystis aeruginosa .	Dobersdorfer See	Apstein	....	....	—	—	—	—	—	—	—	—	....	....
" " . . . . .	Altwass. d. Rheins	Lauterborn	....	....	....	....	—	—	—	—	—	—	....	....
" " . . . . .	Zürichsee	Schröter							....	—	....			
Anabaena flos aquae . .	Dobersdorfer See	Apstein					....	....	—	—	—	—		
" " " . . . . .	Zürichsee 1886	Heuscher								—	—	—		
" " " . . . . .	Zürichsee 1896	Schröter								....	—	—	....	....
Gloeotrichia echinulata .	Plönsee	Zach. Apst.					....	....	—	—	—	....	....	
<b>Peridineen.</b>														
Ceratium hirundinella . .	Plönsee	Zacharias			....	....	—	—	—	—	—	....		
" " . . . . .	Altwass. d. Rheins	Lauterborn			....	....	—	—	—	—	—	....		
" " . . . . .	Zürichsee 1886	Heuscher	....	....	....	....	....	—	....	—	—	—	....	....
" " . . . . .	Zürichsee 1896	Schröter	....	....	....	....	....	—	....	....	....	....	....	....
<b>Chlorophyceen.</b>														
Pandorina morum . . . .	Dobersdorfer See	Apstein			....	....	....	—	—	—	—	—	....	....
" " . . . . .	Zürichsee	Schröter	....	....	....	—	—	—	....	....	....	....	....	....
" " . . . . .	Plönsee	Zacharias	....	....	....	—	—	—	—	—	—	....	....	....

vorwiegend die *Diatomaceen*, welche die Winterflora des Plankton bilden, aber auch einzelne Grün- und Blaualgen, lokal auch *Peridineen* sind das ganze Jahr zu treffen. Arten, die nur in der kalten Jahreszeit auftreten, sind bis jetzt nicht konstatiert.

Die meisten Maxima fallen in die Monate Mai bis August, also in die wärmere Zeit; auch für die *Diatomaceen*, bei denen, wie bemerkt, sonst eine Vorliebe für kaltes Wasser unverkennbar ist. Nur für die *Diatomaceen* im Zürichsee im Jahr 1886 (vom März bis Dezember untersucht) giebt Heuscher das umgekehrte Verhalten an. „Die *Diatomaceen*, welche den Winter über in unermesslicher Individuenzahl und zahlreichen Arten das Wasser belebten, gingen von Anfang Juni allmählich zurück und traten für die Monate Juli, August und September fast ganz vom Schauplatze ab, um gegen Ende September allmählich wieder zuzunehmen.“ Im Jahr 1896 dagegen beherrschte die Diatomacee *Tabellaria fenestrata* das ganze Jahr hindurch weitaus das Plankton. Relativ herrschen aber auch in den andern Seen im Winter die *Diatomaceen*, weil die meisten andern Organismen zurückgehen oder ganz verschwinden.<sup>1)</sup>

Von grösstem Interesse sind die Studien Whipples über den Zusammenhang der Periodicität der Diatomaceen mit den Temperaturverhältnissen im Lake Cochituate, einem der natürlichen Trinkwasserreservoirs Bostons (3,237 km<sup>2</sup> Fläche, 18,2 m Maximaltiefe). Er findet regelmässig zwei Diatomeenmaxima, im Mai und im December, d. h. jeweilen nach den Perioden der Umkehrung der Wärmeschichtung im See. Im Sommer sind die tiefsten Schichten die kältesten, die Wärmeschichtung eine normale; im Winter ist es umgekehrt, da liegt das wärmere aber schwerere Wasser von 4° C. im Grunde, und die oberen Schichten sind kälter. Von Mitte März bis April findet die Frühlingsumkehrung, von Ende Oktober bis Ende December die Herbstumkehrung statt; dabei werden die Wasserschichten durcheinandergemischt, es finden lebhaftere Strömungen statt. Die Diatomaceen werden nach Whipple dadurch begünstigt, dass sie an die hellere Oberfläche geschafft werden und dass sie vom Grundwasser her mehr Nährstoffe erhalten.

Im Sommer, während der „Stagnation“ der Wärmeverhältnisse, entwickeln sich die *Cyanophyceen* besonders stark.

Eine Reihe von Arten verschwindet während der kältern Monate; für *Ceratium hirundinella*, die meisten Blaualgen und einige Grünalgen ist die Existenz von Dauerformen (Sporen, Cysten) nachgewiesen, in denen sie auf dem Grund überwintern.

Für viele *Diatomaceen* dagegen, die sich während des ganzen Jahres lebhaft vermehren, ist eine Auxosporenbildung bis jetzt nicht nachgewiesen (*Asterionella*, *Fragilaria crotonensis*, *Tabellaria fenestrata*). Es wird angegeben, dass bei den *Diatomaceen* nach einer Reihe von Teilungen regelmässig eine Auxosporenbildung

---

<sup>1)</sup> Lemmermann fand im Filterschlamm des aus der Weser gespiesenen Bremer Wasserwerkes folgende Periodicität: Winter fast gar keine Algen; Frühling: Diatomaceen herrschend; Sommer (Juli): Chlorophyceen herrschend; Herbst (Sept.): Diatomaceen herrschend.



auftreten müsse, um die Wirkung des Kleinerwerdens wieder zu neutralisieren: dieser Satz hat sich also hier nicht bestätigt. Wahrscheinlich kommt ein Wachstum auch ohne Auxosporenbildung vor.

5. Bei einigen Planktophyten wechselt nicht nur die Menge, sondern auch die Form der Individuen im Laufe eines Jahres.

Das kann auf zweierlei Weise zu Stande kommen:

a) Die successiven aus einander hervorgehenden Generationen verändern allmählig alle ihre Form, so dass im Herbst eine andere Form herrscht als im Frühling: das nennt man „Saisonpolymorphismus“.

b) Es tritt im Frühling eine Form *a* auf; sie tritt allmählig unter Bildung von Dauerformen vom Schauplatz ab, und wird durch eine zweite Form *b* abgelöst, welche aus Dauerformen neu sich entwickelt; das könnte man als „Saisonrassenbildung“ bezeichnen. Es kämen also hier nebeneinander mehrere an und für sich konstante Rassen vor.

Bis jetzt sind bei Planktophyten nur die oben besprochenen Fälle von *Ceratium hirundinella* und *Tabellaria fenestrata* bekannt. Bei keinem ist die Frage entschieden, ob Saisondimorphismus oder Rassenbildung vorliegt. Bei *Ceratium* sprechen für ersteres die allmählichen Uebergänge von der einen zur andern Form, für letzteres die Thatsache, dass anderwärts dieselben Formen, teils als konstante, das ganze Jahr andauernde Lokalarassen, teils als zu einer andern Jahreszeit auftretende Wechselformen erscheinen.

6. Bei der Bestimmung der Planktonquantität müssen wir auseinanderhalten:

a) die Gesamtmenge, die sich unter der Flächeneinheit befindet, z. B. unter 1 m<sup>2</sup>; man kann das als Planktonertrag der Flächeneinheit bezeichnen. Sie wird bestimmt durch einen Vertikalfang vom Grunde des Sees an; bei Seen, die tiefer sind als 60 m, genügt ein Zug aus 60 m Tiefe, weil unter dieser Tiefe nur noch geringe Planktonmengen sich finden.

Will man den Gesamtertrag eines Sees kennen, so müssen genügende Proben aus verschiedenen Teilen des Sees vorliegen, um der ungleichmässigen Verteilung des Plankton Rechnung zu tragen.

b) Die Menge pro Volumeinheit des Wassers (z. B. pro Kubikmeter). Da die verschiedenen Tiefen sehr verschiedene Mengen aufweisen, so ist die aus Vertikalfängen berechnete mittlere Menge nur dann vergleichbar, wenn die Fänge alle aus gleichen Tiefen (am besten aus geringen) gemacht wurden.

c) Die Menge in einer bestimmten Tiefenschicht; sie kann durch Horizontalfänge mit Schliessnetz oder durch vertikale Stufenfänge oder durch Heraufpumpen des Wassers bestimmt werden.

In der Tabelle auf S. 45 sind die Maximalerträge in Kubikcentimetern unter 1 Quadratmeter Oberfläche für eine Anzahl von Seen zusammengestellt.

Vergleich des maximalen Planktonertrags unter 1 Quadratmeter Oberfläche.

See.	Grösse in km <sup>2</sup> .	Maximale Tiefe. m.	Datum des Zuges.	Tiefe des Zuges. m.	Beobachter.	cm <sup>3</sup> unter 1 m <sup>2</sup> .	Dominierende Form.
Genfersee	582,36	309,7	19. V. 1896	60	Forel	126	Dinobryon sertularia.
Bodensee (ob. Teil, ohne Untersee)	475,48	251,8	13./14. V. 1896	60	Forel	14	?
Zürichsee	87,78	143	12. V. 1896	8	Heuscher & Schröter	1006 <sup>2)</sup>	Tabellaria fenestrata (bei Zürich.)
"	87,78	143	19. V. 1896	54	Heuscher	763	do.
"	87,78	143	12. V. 1896	60	Forel	260	Tabellaria fenestrata (bei Thalweil).
Grosser Plönsee (Holstein)	30,28	60,5	20. V. 1895	40	Zacharias	236 <sup>1)</sup>	Melosiren.
" " "	30,28	60,5	10. VIII. 1895	40	Zacharias	862 <sup>1)</sup>	Gloeotrichia echinulata.
" " "	30,28	60,5	31. VII. 1892	40	Apstein	424	Diatomeen, Ceratien, Rotatorien, Crustacen.
Selentersee (Holstein)	20,2	40	6. IX. 1891	30	Apstein	303	?
Dobersdorfersee (neben vorigem)	3,14	20	4. X. 1891	20	Apstein	3977	Clathrocystis aeruginosa.
Viesersee, Bucht d. Plönsees	ca. 2	?	10. IX. 1894	10	Strodtmann	881 <sup>1)</sup>	Clathrocystis aeruginosa.
" " " "	" 2		Ende XI. 1894	10	Strodtmann	896 <sup>1)</sup>	Melosiren.
Molfsee (Holstein)	0,34	7	6. VII. 1893	3	Apstein	1363	?

<sup>1)</sup> Ohne Berücksichtigung des Filtrationswiderstandes erhalten; um mit den Zahlen Forels und Apsteins vergleichbar zu werden, müssten diese Zahlen noch mit dem Filtrations-Coefficienten multipliziert werden, der mit der Grösse des Netzes variiert, und für die angewendeten Netze ungefähr 1,3—1,5 beträgt.

<sup>2)</sup> Diese Zahl ist folgendermassen gewonnen: die obere Oeffnung des gebrauchten Netzchens hat 132 cm<sup>2</sup> Fläche; es wurden aus 8 m Tiefe 9,5 cm<sup>3</sup> Plankton gewonnen; das macht, auf eine Wassersäule von 1 m<sup>2</sup> Querschnitt (statt nur 132 cm<sup>2</sup>) eine Menge von  $9,5 \cdot 75,75 = 719$  cm<sup>3</sup>. Den Filtrationswiderstand des Netzes kenne ich nicht genau; nach Apsteins Rechnung besitzt ein kleineres Netzchen von 92 cm<sup>2</sup> Oeffnungsfläche einen Filtrationscoefficienten von 1,39, ein grösseres von 314 cm<sup>2</sup> Oeffnungsfläche einen solchen von 1,49; unser Netzchen liegt dazwischen; setzen wir 1,4 so erhalten wir  $719 \cdot 1,4 = 1006,6$  cm<sup>3</sup>; diese Zahl ist aber eher etwas zu klein.

Aus dieser Tabelle und andern Beobachtungen können wir über die Planktonquantität etwa folgendes aussagen:

Der Planktonertrag wechselt ausserordentlich; er beträgt im reichsten der untersuchten Seen beinahe das 300-fache des Ertrages vom ärmsten.

Der Planktonertrag ist im allgemeinen um so reicher, je kleiner und je seichter ein See ist; er wächst, je grösser die Ufer- und Bodenentwicklung im Verhältnis zur Wassermasse ist. Dasselbe Verhalten zeigt auch der Gehalt des Seewassers an organischer Substanz; es ist also wohl der günstige Einfluss der



Kleinheit und geringen Tiefe auf die Bedeutung von Ufer und Boden als Nahrungsquellen zurückzuführen (wie namentlich Strodtmann betont).

Die Gesamtplanktonmenge ist die Summe der Menge der einzelnen Organismen; die Maximalbeträge werden meist durch Ueberwuchern eines Organismus hervorgebracht (wasserblütebildende Spaltalgen, oder Diatomeen, Ceratien oder Dinobryen), der meist zu den Nährstoffherzeugern gehört.

Um eine Vorstellung von der Ertragsfähigkeit des Wassers im Vergleich zum Lande zu gewinnen, gehen wir von der Trockensubstanz des Planktons aus und von deren Gehalt an organischer Substanz.

Im Dobersdorfersee waren am 4. X. 1891 unter dem Quadratmeter  $3977 \text{ cm}^3$  Plankton enthalten; sie lieferten 25,992 Gramm Trockensubstanz, davon waren 14,288 Gramm organische Substanz (d. h. verbrennlich), das Uebrige Asche. Eine Hektare Seefläche entsprach demnach einer Planktonproduktion von  $10\,000 \times 25,992 = 259\,920$  Gramm = ca. 260 Kilogr. Trockensubstanz, davon 143 Kilogr. organische Substanz.

Im Zürichsee wurde am 12. V. 1896 im „innern Seebecken“ bei Zürich (dem untersten Teil des Sees bis Zürichhorn einerseits, Station Wollishofen anderseits) in einem Zug aus 8 m Tiefe (grösste Tiefe 17—20 m) auf  $1 \text{ m}^2$  Fläche rund  $1000 \text{ cm}^3$  Plankton erhalten; die Tabellaria überwog derart alle andern Bestandteile, dass wir die letztern vernachlässigen können.  $1 \text{ cm}^3$  Tabellariaplankton wiegt im Mittel aus 4 Messungen 43 Milligr. als Trockensubstanz<sup>1)</sup>, also entspricht die Menge von  $1000 \text{ cm}^3$  einer Trockensubstanz von 43 Gramm Gewicht. Darunter sind nach einer an einer andern, aber ganz gleich zusammengesetzten Probe ausgeführten Untersuchung, die ich, wie die Trockensubstanzbestimmungen, Herrn Dr. Winterstein verdanke, 56 % Asche und 44 % organische Substanz. Es entsprach demnach eine Hektare Seefläche bei Zürich am 19. V. 1896 einer Planktonmenge von mindestens<sup>2)</sup> 430 Kilogr. = 4,3 Meterzentner Trockensubstanz; davon waren 1,86 Meterzentner organische Substanz und 2,44 Meterzentner Asche, vorzugsweise Kieselsäure.

Vergleichen wir damit die Produktionskraft des Festlandes:

Eine gute Wiese am Zürichsee liefert (nach frdl. Mitteilung v. Dr. Stebler) im Durchschnitt jährlich 84,7 Kilozentner Dürrfutter (Heu, Emd und Herbstgras zusammengerechnet); da das Wiesenheu im Mittel 86 % Trockensubstanz enthält, ergibt das pro Hektare 72,8 Meterzentner Trockensubstanz.

---

<sup>1)</sup> Das oben aufgeführte Plankton aus dem Dobersdorfersee wiegt nur ca. 6 Milligramm pro  $\text{cm}^3$ , also ca. 7 mal weniger. Das erklärt sich durch seine Zusammensetzung aus Clathrocystis, einer sehr wasserreichen Alge, während das Diatomaceenplankton schon wegen der Kieselschale schwerer sein muss.

<sup>2)</sup> In Wirklichkeit etwas mehr, da die Tiefe ja dort 17—20 m beträgt und nur aus 8 m Tiefe gefischt wurde.

Dürfen wir demnach sagen, dass eine gute Wiese ca. 18 mal mehr Substanz produciert, als der See durch sein Plankton?

Dieser Vergleich wäre aus zwei Gründen falsch, einmal weil wir beim Land die Gesamtproduktion, beim See nur das Plankton, nicht aber die Fische und die Bodenflora berücksichtigen; zweitens weil dabei die Produktionszeit vernachlässigt wird. Die Wiese braucht zur Erzeugung jener Menge eine ganze Vegetationsperiode, d. h. circa acht Monate; im See aber ist jene Menge gleichzeitig in einem bestimmten Moment vorhanden. Wie viel Plankton der See während acht Monaten erzeugt, wissen wir nicht, und könnten es vorläufig überhaupt nicht wissen. Wir können wohl sagen: die Menge ist in einer bestimmten Zeit um so viel gestiegen; aber dieses Plus gibt uns nicht zugleich die Menge des in dieser Zeit erzeugten Planktons, weil wir den Abgang nicht kennen. Wir wissen nicht, wie viel Plankton ständig abstirbt und durch neu erzeugtes ersetzt werden muss.

Ein Vergleich der Jahresproduktion des Landes mit der des Sees wird erst möglich sein, wenn man den ständigen Abgang messen gelernt hat.<sup>1)</sup>

Wir haben aber ein anderes Mittel, uns zum Mindesten eine anschauliche Vorstellung von der Planktonmenge zu machen, indem wir fragen: Wie würde eine Wiese aussehen, welche ebensoviel Trockensubstanz enthält, als unter der gleichen Seefläche vorkommt?

Solche Wiesen finden wir auf den Heubergen unserer Alpen. Auf den Schanfigger Heubergen z. B. bei ca. 1800—2200 m Meereshöhe wird der Ertrag des einzigen, im August stattfindenden Schnittes auf zwei Meterzentner per Juchart = 5,5 Meterzentner per Hektare geschätzt<sup>2)</sup>. Das macht 4,7 Meterzentner Trockensubstanz per Hektare, also ungefähr ebensoviel als unser See an Plankton erzeugt.

Stellen wir uns also vor, dass das „innere Seebecken“ am 19. Mai 1896 eine üppige, dichtberaste blumengeschmückte Alpenwiese getragen hätte, mit einer durchschnittlichen Rasenhöhe von ca. 20 cm, so haben wir eine ungefähre Vorstellung für die damals vorhandene Planktonmenge.

Noch anschaulicher wird die Sache, wenn wir uns folgendes vergegenwärtigen.

Die Fläche des „innern Seebeckens“ beträgt (nach freundlicher Berechnung durch Herrn Prof. Becker) ca. 163 Hektaren; die Gesamtplanktonmenge also circa 700 Meterzentner<sup>3)</sup> Trockensubstanz. Ein Fuder Heu enthält im Maximum

---

<sup>1)</sup> Er setzt sich zusammen aus drei Teilen: 1. den durch die Abflüsse weggeführten lebenden und toten Planktonen; dieser Teil lässt sich bestimmen; 2. den vor der Sedimentation aufgelösten abgestorbenen Planktonen (nicht bestimmbar); 3. den sedimentierten Planktonen (bestimmbar).

<sup>2)</sup> Vergl. Stebler und Schröter: Das alpine Versuchsfeld auf der Fürstenalp, Jahrbuch des S. A. C., Band 26 1890/91, Seite 99.

<sup>3)</sup> Es ist dabei die bei 8 m Tiefe gewonnene Planktonmenge als Mittel angenommen; das Plus für die Tiefen (bis ca. 20 m) und das Minus für die seichten Stellen werden sich ungefähr aufheben; denn die weniger tiefen Stellen haben bei dem Reichtum der oberflächlichen Schichten an Plankton kaum viel weniger als die 8 m tiefen; und die tiefen haben nicht viel mehr.



8,6 Doppelzentner; um also alles Plankton des innern Seebeckens in getrocknetem Zustand fortzuschaffen, hätte es am 19. V. 1896 81 vollgeladener Heuwagen, oder eines Güterzuges von sieben schwerbeladenen Wagen bedurft.

Die Trockensubstanz enthielt nach den Untersuchungen Dr. Wintersteins 2,44 % Stickstoff, die Gesamtmenge also 17,08 Kilozentner N, hätte also denselben Stickstoffgehalt, wie 3 Fuder Stallmist à 10 Kilocentner, und als Kunstdünger berechnet, einen Geldwert von 1708 Fr. (nach frdl. Mitteil. von Dr. Grete).

Die gesamte Kieselsäure, welche die Milliarden von Kieselpanzern zusammensetzte, würde einen Quarzblock von 2,255 m im Geviert darstellen, der ein Gewicht von 303,8 Meterzentnern besitzt.

Leider fehlen uns genügende Daten, um eine ähnliche Berechnung für den ganzen See durchzuführen; die Planktonmenge ist weiter oben geringer; bei Thalweil sieben Tage später nur noch 260 cm<sup>3</sup> unter 1 m<sup>2</sup> bei 60 m Tiefenzug; setzen wir als Mittel für den ganzen See nur 100 cm<sup>3</sup>, was aber jedenfalls zu wenig ist, so würde das für die Hektare 0,43 Kilozentner Trockensubstanz ergeben, und für den ganzen Untersee (bis zum Rapperswyler-Damm = 67,68 km<sup>2</sup>) eine Menge von 2910, sagen wir rund 3000 Kilozentner; das würde einem schwerbeladenen Güterzug von 34 Wagen entsprechen.

Der Gedanke liegt nahe, die eben besprochenen Zahlen einer Diskussion der Nahrungsbilanz des Sees zu Grunde zu legen. Doch fehlen uns hiefür eine ganze Reihe wichtiger Daten, besonders der Nährstoffzufluss durch die Litoralflora und Fauna, und durch die absterbenden Planktonten.

### **Das Phytoplankton als pflanzengeographische Formation.**

Die Schwebeflora ist ein „Pflanzenverein“, eine Pflanzengesellschaft, deren Zusammensetzung je nach den äussern Bedingungen wechselt. Das Ziel einer Erforschung des Planktons vom pflanzengeographischen Standpunkt muss sein, den Zusammenhang zwischen den speciellen Bedingungen des Seebeckens und der Zusammensetzung seiner Schwebeflora zu erkennen. Wie man auf dem Festlande „Wiesentypen“ unterscheiden kann, die an bestimmte Faktorenkombinationen gebunden sind, so muss es auch „Planktontypen“ geben. Die Grundbedingung zu einer richtigen Erkenntnis des Zusammenhangs der Planktonkomposition mit den äussern Bedingungen ist die Kenntnis der Anforderungen des einzelnen Planktonten an Klima und Standort. Darüber wissen wir aber noch blutwenig; das Studium der Lebensbedingungen der Süsswasseralgen ist noch in seinen Anfängen. Für die auf die Fortpflanzung einwirkenden Bedingungen hat Klebs durch seine umfangreichen sorgfältigen Untersuchungen das Fundament gelegt.

Unter den Planktonkomponenten haben wir zu unterscheiden: dominierende, häufige, wenig häufige und seltene Arten.

Häckel unterscheidet:

Monotones Plankton: eine Species, oder Gattung, oder Familie bildet die Hauptmasse (beim praevalenten Plankton etwa  $\frac{3}{4}$ , beim uniformen fast rein).

Polymiktes Plankton: keine Form macht mehr als die Hälfte vom Ganzen aus.

Das monotone Plankton kann man nach der herrschenden Form oder Formen-  
gruppe bezeichnen; als z. B. *Melosira-Plankton*, *Tabellaria-Plankton*, *Diatomaceen-Plankton*, *Cyanophyceen-Plankton* etc.

Bei den Genossenschaften der Blütenpflanzen sind oft bestimmte begleitende Arten ebenso charakteristisch, wie die Hauptarten und ständige Begleiter derselben.

Auch im Plankton wird eine solche gegenseitige Abhängigkeit der Komponenten sich mit der Zeit herausstellen und zwar der pflanzlichen und der tierischen untereinander, wie von Reich zu Reich. Es ist also zweifellos für die Erkenntnis der Bedingungen, welche die Komposition des Planktons beherrschen, das Richtige, wenn das gesamte Plankton als Einheit aufgefasst wird, Tiere und Pflanzen gleichmässig berücksichtigt werden.

Die „vergleichende Planktologie“, d. h. die Vergleichung des Gesamtplanktons verschiedener Seen lässt bis jetzt etwa folgende Thatsachen erkennen:

Trotz der geringen Zahl der bis jetzt bekannten eulimnetischen Planktonten, die hundert kaum übersteigen dürfte, ist doch in verschiedenen Seebecken, relativ nahe beieinander gelegenen, die Zusammensetzung des Planktons oft sehr different. Folgende kleine Zusammenstellung der Erfahrungen des Verfassers aus dem Jahr 1896 zeigt dies deutlich.

Im September 1896 waren folgende Planktophyten (plus *Dinobryon*) in den verschiedenen Seen in erster und zweiter Linie herrschend:

Zürichsee bei Zürich . . . . .	1. <i>Tabellaria fenestrata</i> ,	2. <i>Fragilaria crotonensis</i> .
„ b. d. Ufenau . . . . .	1. <i>Fragilaria crotonensis</i> ,	2. <i>Ceratium hirundinella</i> .
„ Obersee . . . . .	1. <i>Asterionella gracillima</i> ,	2. <i>Ceratium hirundinella</i> .
Genfersee . . . . .	1. <i>Cyclotella bodanica</i> ,	2. <i>Asterionella</i> .
Lago di Muzzano . . . . .	1. <i>Clathrocystis aeruginosa</i> ,	2. <i>Melosirae spec.</i>
Luganersee . . . . .	1. <i>Ceratium hirundinella</i> ,	2. <i>Fragilaria crotonensis</i> .
Greifensee (10. Okt.) . . . . .	1. <i>Dinobryon sertularia</i> ,	2. <i>Asterionella</i> .
Katzensee b. Zürich (8. Okt.) . . . . .	1. <i>Clathrocystis</i> ,	2. <i>Melosirae spec.</i>

Apstein hat versucht, zwei Seentypen zu unterscheiden, *Chroococcaceen*-Seen mit reichem Plankton, und *Dinobryon*-Seen mit armem Plankton. Eine derartige Gruppierung, so richtig sie für kleinere Gebiete sein mag, kann in allgemein gültiger Weise erst an Hand eines viel umfassenderen Materials durchgeführt werden; sie ist jetzt noch verfrüht.

### Die Anpassungserscheinungen des Phytoplankton.

Schütt hat durch seine Studien an marinen Planktophyten den Grund zur Kenntnis der planktonischen Anpassungen gelegt; Zacharias, Klebahn, Strodtmann und Kirchner haben für das Süsswasser diese Studien fortgesetzt.



Die planktonischen Mikrophyten haben keinen festen Wohnsitz: sie leben, ernähren sich, vermehren sich schwebend. Ihr Medium bietet ihnen in verschiedenen Tiefenregionen sehr verschiedene Abstufungen von Wärme und Licht. Jeder Organismus stellt an diese beiden Faktoren bestimmte, allerdings oft in weiten Grenzen schwankende und je nach dem Stadium der Ontogenese sehr wechselnde Anforderungen. Um nun die ihnen am besten zusagende Tiefenschicht aufsuchen und sich in derselben erhalten zu können, müssen die Planktophyten Einrichtungen besitzen, sich schwebend zu erhalten, sie müssen Auftrieb- und Schwebevorrichtungen haben. Denn das spezifische Gewicht der Cellulose und des Protoplasmas ist grösser als Wasser, und um nicht zu sinken, muss die Pflanze ihr spezifisches Gewicht durch besondere Mittel zu verringern trachten.

Die Kleinheit hilft dazu; im Allgemeinen wird ein kleiner Körper leichter schweben als ein grosser vom gleichen spezifischen Gewicht; aber die Kleinheit allein thut nicht, denn selbst die kleinsten unter den Planktophyten, die Bakterien, sinken in ruhigem Wasser allmählich zu Boden, obgleich ihr Durchmesser oft nur  $\frac{1}{1000}$  Millimeter und ihr spezifisches Gewicht 1,065 beträgt.

Die Wellenbewegung hilft gewiss sehr stark mit; werden ja doch durch sie sogar grosse Bodendiatomeen emporgerissen. Auch vertikale, durch Temperaturdifferenzen veranlasste Wasserströmungen können zeitweise helfen. Aber alle diese Mittel versagen bei ruhigem See; in der That konstatierte Whipple bei längerer Windstille eine bedeutende Abnahme des Diatomaceenplanktons an der Oberfläche.

Es müssen also besondere Schwebmittel da sein.

Als solche sind zu betrachten:

1. Die aktive Beweglichkeit der *Peridineen* und *Volvocaceen*: Es ist anzunehmen, dass die Geschwindigkeit dieser Bewegung (bei *Pandorina morum* zu 6 mm pro Minute bestimmt) ausreicht, um dem ja jedenfalls sehr langsamen Sinken das Gleichgewicht zu halten, um so mehr, als meistens noch ein Fettgehalt die Schwebefähigkeit erhöht.
2. Die Gasvacuolen der Wasserblüte bildenden *Cyanophyceen*.
3. Die Fettausscheidungen im Innern der Zelle bei den *Planktondiatomaceen* und *Peridineen*, in der die Kolonie umgebenden Gallerte bei *Botryococcus*.
4. Die Volumvergrösserung, Komplikation der Oberfläche und dadurch bedingte Vermehrung des Widerstandes beim Sinken. Es kann dieselbe erreicht werden
  - a) Durch Bildung von langen Fortsätzen, wie bei den Diatomaceen *Stephanodiscus*, *Atheya*, *Rhizosolenia*; ein einziges langes Stäbchen stellt *Synedra delicatissima* vor, deren Schwebefähigkeit sehr gross ist; nach mehrtägigem Stehen, als alle andern *Diatomaceen* längst gesunken waren, fand sie sich noch schwebend. Die Stäbchen standen dabei aufrecht im Wasser (in einem Reagenzgläschen).

- b) durch Bildung von Kolonien, indem die durch Teilung auseinander hervorgehenden Individuen verbunden bleiben.
- α) Bandbildung finden wir bei den *Fragilarien*; es werden oft Bänder von mehreren Millimeter Länge gebildet. Durch spiralige Drehung wird der Reibungswiderstand im Wasser vermehrt; bei *Fragilaria crotonensis* wird ausserdem jedes einzelne Individuum oft spiralig gedreht; das entspricht einer weitem Vergrösserung des Reibungswiderstandes.
  - β) Fadenbildung, Erzeugung langer, gerader, oder meist etwas gebogener Fäden durch Verbundenbleiben der Individuen zeigen *Melosira* und *Cyclotella melosiroides*. Bei letzterer ist diese Erscheinung besonders deshalb auffallend, weil die Gattung sonst keine Fäden bildet, sondern die Individuen einzeln bleiben.
  - γ) Kolonien mit Gallert-Ausscheidung bildet ebenfalls *Cyclotella*, wobei die Kolonie bald scheibenförmig ist (im Bodensee), bald ein kurzes Fadenstück aus vier weit getrennten Individuen darstellt (Zürichsee). Auch hier ist die Kolonienbildung als Anpassungserscheinung aufzufassen, da die *Cyclotellen* sonst eine derartige Vereinigung nicht zeigen.

Es möge noch erwähnt werden, dass die Kolonienbildung auch noch einen andern Vorteil bringt: es ist ein Schutz gegen Tierfrass.

Zweifellos sind viele dieser Schwebevorrichtungen nicht als Anpassungen an das Planktonleben entstanden, sondern fanden sich schon vorher bei der betreffenden Pflanze; sie ermöglichten es ihr, sich als Planktont zu entwickeln, und die Eigenschaft wurde dann weiter ausgebildet. Kolonien bilden auch viele benthonische Algen; Fetttropfen sieht man bei den meisten *Diatomaceen*, aktive Beweglichkeit kommt auch bei Litoralformen vor. Doch genügt das Vorhandensein einer solchen Eigenschaft nicht, um eine Alge planktonisch werden zu lassen: so sind z. B. Gallertkolonien bildende *Engonema* nie planktonisch! Die Gasvacuolen der Wasserblüte-Algen, die Kolonien der *Cyclotella* und die fetthaltige Gallerte der *Botryococoen* sind dagegen bis jetzt nur planktonisch gefundene Eigenschaften.

\* \* \*

Die im Obigen versuchte, von Vollständigkeit weit entfernte Darstellung des Wichtigsten, was wir über das Phytoplankton der Seen wissen, zeigt deutlich, dass wir uns hier noch in den Anfängen befinden. Erst wenn einmal eine grössere Zahl nach übereinstimmenden Methoden angestellter lückenloser, langjähriger Beobachtungsreihen mit Zählung aller Planktonten und Berücksichtigung aller äussern Bedingungen vorliegen, begleitet von Kulturversuchen, kann man hoffen, eine volle Einsicht in das verschlungene Wechselspiel der Faktoren zu erlangen, welche auf die Zusammensetzung dieser reizvollen Pflanzengesellschaft einwirken.



## Erklärung der Tafel.

Fig. 9—29, 34—48, 50, 51, 53, 56—70 *b*, 73—75 *b*, 78, 80 *a*, 81 *b*, 82 *b*, 84—87, 90—92  
nach der Natur gezeichnet, die übrigen nach den unten citierten Autoren.

Die mit fetten Zahlen gedruckten Nummern kommen im Zürichsee vor.

Fig. 1—60. ***Diatomaceen*** (Bacillariaceen, Kieselalgen).

Fig. 1—2. *Asterionella formosa* Hassal, nach Heiberg (Conspectus criticus Diatomarum Danicarum).

Fig. 1. Spiralförmige Kolonie.

" 2. Einzelne Frustel (Individuum);

*a.* von d. Schalseite; *b.* von d. Gürtelbandseite.

Fig. 3—12. *Asterionella gracillima* (Hantzsch) Heiberg; Fig. 3—8 nach Heiberg; Fig. 9—12 nach der Natur.

Fig. 3—4. Kolonien.

" 5. Einzelfrustel von der Gürtelbandseite.

" 6. " " " Schalseite.

" 7. Zickzackförmige Ketten (im Plankton nie gefunden).

" 8. Schematische Darstellung eines Individuums (konstruiert nach d. Fig. Heibergs).

" 9. Sternförmige Kolonie aus dem Plankton des Genfersees (31. V. 1896 leg. Prof. F. A. Forel).

" 10. Unregelmässig spiralförmige Kolonie aus dem Plankton des Luganersees (18. VI. 1896 leg. Dr. Rikli).

" 11. Sternförmige Kolonie aus dem Plankton des grossen Plönsees (16. VI. 1896 leg. Dr. Zacharias).

" 12. Centrum eines halben Sternes, von innen gesehen.

Fig. 13—29. *Fragilaria crotonensis* (Edw.) Kitton (Nitzschia Pecten Brun, Fragilaria Pecten (Brun) Castracane).

Fig. 13—21. Verschiedene Formen aus d. Zürichsee (Z), Luganersee (L) u. Genfersee (G).

Die römischen Zahlen bedeuten den Monat des Einsammelns (1896), die arabischen die Länge in Tausendstel-Millimetern ( $\mu$  = Mikron = 0,001 mm).

" 22. Ein langes, gedrehtes Band vom Zürichsee (IV. 1896).

" 23. Ein kürzeres, gedrehtes Band, welches die Drehung der Individuen zeigt.

" 24. Eine Frustel (Individuum) von der Gürtelbandseite.

" 25. Dasselbe von der Schalseite.

" 26. Ein an beiden Enden gedrehtes Individuum.

" 27. Ein an einem Ende gedrehtes, am andern Ende ungedrehtes Individuum.

" 28. Schematische Darstellung des Randes eines Bandes mit gedrehten Individuen;  
*a.* schief von oben; *b.* von vorn.

" 29. Dasselbe von einem Band mit ungedrehten Individuen.

Fig. 30 a, b. *Stephanodiscus Zachariasii* Brun. a. von der Gürtelbandseite; b. v. d. Schalenseite (nach Zacharias).

„ 31. *Atheya Zachariasii* Brun. 31 u. 31a nach Zacharias, 31b nach Apstein.

„ 32a. *Rhizosolenia Eriensis* H. Sm. f. *genevensis* Brun, nach Brun.

„ 32b u. 33. *Rhizosolenia longiseta* Zach. 32b nach Zacharias; 33 nach Apstein.

„ 34—48. *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing (und var. *asterionelloides* Grunow, die sternförmigen Kolonien) aus dem Zürichsee 1896.

Fig. 34 25. VI.; Fig. 35 18. IV.; Fig. 36 18. IV.; Fig. 37 22. IV.; Fig. 38 22. IV.,

Fig. 39—47 22. IV.

Fig. 48. *Phlyctidium Tabellariae* C. Schröter, ein Schmarotzerpilz aus der Familie der Chytridiaceen; reifes Sporangium;

48 b—c. Entwicklungsstadien desselben;

48 f. Entleertes Sporangium.

Fig. 49. *Synedra Acus* Ktztg. var. *delicatissima* (W. Sm.) Grunow (nach Van Heurck, Taf. 39, 7).

„ 50. Dasselbe; sehr langes Individuum (440  $\mu$ ) aus dem Plankton des Zürichsees (16. IV. 1896);

a. Teilungsstadium; b. Schalenseite; c. Gürtelbandseite.

Fig. 51. *Fragilaria capucina* Desm. Aus dem Plankton des grossen Plönsees (16. IV. 1896 leg. Dr. Zacharias).

„ 52. *Melosira granulata* (Ehrbg.) Ralfs, nach Van Heurck, Taf. 87, 10—12.

a. Eine fadenförmige Kolonie, Gürtelbandseite; b. Schalenseite von unten; c. von oben.

„ 53. *Cyclotella comta* (Ehrb.) Kützing var. *bodanica* Eulenstein forma *Lemanica* O. Müller, aus dem Plankton des Genfersees (1. IX. 1896 leg. F. A. Forel).

a. Gürtelbandansicht; b. Schalenseite von aussen; c. Schalenseite von innen.

„ 54. *Cyclotella stelligera* Clève et Grunow; nach Van Heurck, Taf. 94, 26.

„ 55. *Cyclotella operculata* Kützing, nach Van Heurck, Taf. 93, 22 und 28;

a. Schalenseite; b. Gürtelbandseite.

„ 56. *Cyclotella comta* Ktztg. var. *radiosa* Grun. Aus dem Plankton des Zürichsees (18. VIII. 1896); isolierte Schale.

„ 57. Ein Teil der Randpartie der Schalenseite von Fig. 56, stark vergrössert.

„ 58. *Cyclotella comta* Ktztg. var. *quadrijuncta* Schröter, aus d. Plankton d. Zürichsees (18. VIII. 1896).

„ 59. *Melosira (Cyclotella) catenata* Brun, aus d. Plankton d. Genfersees (1. IX. 1896 leg. F. A. Forel).

„ 60. *Cyclotella comta* Ktztg. var. *melosiroides* Kirchner, aus d. Plankton d. Zürichsees (18. VIII. 1896).

### Fig. 61—72. *Peridineen* (Geisselalgen).

Fig. 61—68. *Ceratium hirundinella* O. F. Müller (Zürichsee, 31. X. 1896).

Bedeutung der Buchstaben:  $f_1$ — $f_3$  = Frontalplatten (Apicalplatten);  $b_1$ — $b_3$  = vordere Basalplatten (Prääquatorialplatten);  $p_1$  und  $p_2$  = hintere Basalplatten (Postäquatorialplatten);  $e$  = Endplatte (Antapicalplatte);  $mp$  = Mundplatte.

Fig. 61. Getötetes Individuum von der Bauchseite gesehen; Inhalt nicht gezeichnet, die zwei Geisseln nach Klebs eingezeichnet.

„ 62. Dasselbe von der Rückenseite; Netzleisten des Panzers weggelassen, um den Inhalt nicht zu verdecken.

„ 63. Dasselbe von der rechten Seite aus gesehen.

„ 64. Ein anderes Exemplar (mit verkümmertem 4. Horn, dem *C. reticulatum* Imhof entsprechend) von der Rückenseite gesehen.

„ 65. Dasselbe von oben gesehen.

„ 66. Eine Panzerplatte mit den Netzleisten und Poren.

„ 67. Vierhörnige Cyste.

„ 68. Dreihörnige Cyste.



- Fig. 69. *Glenodinium pusillum* Pénard; Zürichsee, unt. d. Damm b. Rapperswyl, 9. IX. 1896 leg. G. Ruh;  
a. v. d. Rückenseite; b. v. d. Bauchseite (Längsfurche n. Pénard eingezeichnet); c. v. oben.  
„ 70. *Peridinium cinctum* Ehrenberg, Zürichsee, 20. IX. 1896.  
a. v. d. Bauchseite; b. v. d. Rückenseite; c. schematisierte Obenansicht nach Stein.  
„ 71. *Peridinium tabulatum* Clap. und Lachmann, nach Stein; a. v. d. Rückenseite; b. v. oben.  
„ 72. *Gymnodinium fuscum* Stein, nach Stein; a. vom Rücken; b. v. d. Bauchseite.

Fig. 73—80. **Blaugrünalgen** (Spaltalgen; Cyanophyceen od. Schizophyceen.)

- Fig. 73. *Clathrocystis aeruginosa* Henfrey (a., b. vom Zürichsee bei Rapperswyl; c. vom Lago di Muzzano bei Lugano leg. stud. Amberg).  
„ 74. *Coelosphaerium Kuetzingianum* Naegeli; Zürichsee 7. XI. 1896.  
„ 75. *Anabaena flos aquae* Kützing.  
75 a. Kolonie, mit Vorticellen besetzt; Zürichsee 2. IX. 1896.  
75 b. Kuglige Kolonie (von Gallerte umhüllt); Zürichsee 31. X. 1896.  
75 c. Stück eines Fadens; h = Heterocyste; in d. Fadenzellen die Gasvacuolen; nach Klebahn.  
75 d. Spore, nach Klebahn.  
„ 76. *Anabaena spiroïdes* Klebahn; nach Klebahn.  
76 a. Ganzer Faden; 76 b. Stück eines Fadens mit Heterocyste und Spore.  
„ 77. *Aphanizomenon flos aquae* Allmann.  
77 a. Ein Fadenbüschel; 77 b. Fadenstück mit Heterocyste (h) und Spore (sp), nach Klebahn.  
„ 78. *Merismopodia elegans* A. Braun; Genfersee 1. IX. 1896 leg. F. A. Forel.  
„ 79. *Oscillatoria rubescens* DC. — nach Gomont.  
„ 80. *Gloeotrichia echinulata* P. Richter; a. zerdrückte Kolonie; b. u. c. ganze Kugelkolonien, nach Richter; d. Basalstücke eines Fadens mit kugliger Grenzzelle und langgestreckter Spore, nach Richter.

Fig. 81—93. **Grünalgen** (Chlorophyceen).

- Fig. 81. *Pandorina morum* Bory.  
81 a. Schwärmende Kolonie, nach Pringsheim.  
81 b. Zwei ruhende Kolonien, mit verdickter Gallerte; Zürichsee 31. X. 1896.  
81 c. Eine Mutterkolonie, welche Tochterkolonien erzeugt hat (nach Pringsheim).  
„ 82. *Eudorina elegans* Ehrbg.  
82 a. Schwärmende Kolonie (nach Stein).  
82 b. Ruhende Kolonie, in Teilung begriffen; Zürichsee 31. X. 1896.  
„ 83. *Volvox globator* Ehrbg., nach Cohn.  
„ 84. *Pediastrum Boryanum* Meneghini; Lago di Muzzano, 28. IX. 1896 leg. stud. Amberg; nach Skizze von demselben.  
„ 85. *Pediastrum duplex* Meyen var. *microporum* A. Br.; wie voriges.  
„ 86. *Pediastrum duplex* Meyen var. *clathratum* A. Br.; wie voriges.  
„ 87 a. *Coelastrum cambricum* Archer var. *elegans* Schröter, Lago di Muzzano.  
„ 87 b. *Coelastrum cambricum* Archer var. *elegans* Schröter, Lago di Muzzano.  
„ 88 a—f. *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Brébisson; nach Ralfs.  
„ 89 a—d. *Staurastrum gracile* Ralfs; nach Ralfs.  
„ 90. *Cosmarium Scenedesmus* Delponte; Zürichsee 31. X. 1896.  
„ 91. *Botryococcus Braunii* Kützing; Lago di Muzzano 28. IX. 1896 leg. stud. O. Amberg.  
„ 92. Unbestimmbare *Palmellaceae* (?); Zürichsee 31. X. 1896.

# Litteraturverzeichnis über Phytoplankton, mit Ausschluss der systematischen, zum Bestimmen dienenden Werke.

---

- Annual reports of the Boston water Board 1891—1896. (Enthalten die Resultate der ständigen, allwöchentlichen biologischen Untersuchungen des Lake Cochituate durch den Biologen E. C. Whipple; im Bericht für 1893 Seite 71 ff. ist die neue Methode der Zählung der Organismen beschrieben, im Bericht für 1894 Seite 58 ff. der Zusammenhang des Diatomaceen-planktons mit den Temperaturverhältnissen untersucht, im Bericht für 1895, Seite 53 ff. sind experimentelle Untersuchungen über die Abhängigkeit der Diatomaceen-Entwicklung vom Licht enthalten.
- Apstein, C. Das Süsswasserplankton. — Methode und Resultate der quantitativen Untersuchung. Mit 113 Abbildungen. — Kiel u. Leipzig 1896.
- Asper, G. und Heuscher J. Zur Naturgeschichte der Alpenseen. Jahresber. d. St. Gallischen naturf. Ges. 1885/86 und 1887/88.
- Blanc, H. Note sur le Ceratium hirundinella O. F. M. Bullet. d. l. soc. vaud. d. sc. nat. Vol. XX, pag. 305 Taf. X, 1884.
- Brun, J. Végétations pélagiques et microscopiques du lac près de Genève. Arch. sc. phys. et nat. 3. pér. tome XI. pag. 543, 1884.
- Brun, J. Zwei neue Diatomaceen v. Plön. — Forschungsberichte v. Plön, II, S. 52—54, 1894.
- Castracane. Graf F. Die Diatomaceen des Gr. Plöner-Sees. — Forschungsber. v. Plön, II, S. 47—51.
- „ „ Graf F. Nachtrag z. Verzeichnis der Diatomaceen des Grossen Plöner-See. — Forschungsber. v. Plön, III, S. 71—72, 1895.
- Castracane. Studio su le Diatomee del Lago di Como. Atti dell'Academia Pontificia de' nuovi Lincei, XXXV, Roma 1883.
- Drown, Thomas M. On the character of the public water supply. — Report to the Board of Health of the city of Newport R. I. 1892.
- Forel, F. A. Les Micro-Organismes pélagiques des lacs de la région subalpine. — Bull. d. l. soc. vaud. d. sc. nat. 3. sér. vol. 23. 1888.
- Francé, H. Zur Biologie des Planktons. — Vorläufige Mitteilung. — Biolog. Centralblatt XIV. 1893 Nro. 2, pag. 33.
- Fritsch, Anton. Die Stationen zur Durchforschung der Süsswasserfauna in Böhmen. — Wiener landw. Zeit. 1891.
- Häckel, Ernst. Plankton-Studien. — Jena 1890.
- Hensen. Ueber die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen und Tieren. 5. Ber. d. Komm. z. wiss. Unt. d. deutschen Meere 1887.
- Heuscher, J. Schweizerische Alpenseen. — Schweiz. pädagog. Zeitschrift, I. Jahrgang, Heft II und III. Zürich 1891.
- Heuscher, J. Zur Naturgeschichte der Alpenseen. — Jahresbericht der St. Gallischen naturf. Ges. 1888/89.
- Heuscher J. Der Sempachersee und seine Fischerei-Verhältnisse. — Pfäffikon-Zürich, 1895.
- „ „ Ueber die Berner-Oberländer-Seen. — Vortrag. — Bern 1895.





- Schütt. Das Pflanzenleben der Hochseen. Ergebnisse der Plankton-Expedition. 1892.  
„ Analytische Plankton-Studien. 1892.
- Seligo. Hydrobiologische Untersuchungen. — Schriften d. naturf. Ges. Danzig, Band VII, 1890.
- Steck, Th. Beiträge zur Biologie des grossen Moosseedorfsees. — Inauguraldissertation der Universität Bern. — Bern 1893.
- Strodtmann, Dr. S. Bemerkungen über die Lebensverhältnisse des Süsswasserplanktons. — Forschungsber. v. Plön, III, Seite 145—179.
- Strodtmann, Dr. S. Planktonuntersuchungen in holsteinischen und mecklenburgischen Seen. — Forschungsber. v. Plön, IV, Seite 273—287.
- Strodtmann, Dr. S. Die Anpassungen der Cyanophyceen an das pelagische Leben: Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen, Bd. 1, Heft 3. 1895.
- Zacharias. Die Tier- und Pflanzenwelt des Süsswassers. 2 Bde. Leipzig 1891.
- Zacharias. Biologische Mitteilungen. — Forschungsberichte aus der biolog. Station zu Plön, I. 1893. Seite 27—41.
- Zacharias, O. Beobachtungen am Plankton des grossen Plönersees. — Forschungsber. v. Plön, II. Seite 91—137, 1894.
- Zacharias, Dr. Otto. Ueber die wechselnde Quantität des Planktons im Grossen Plönersee. — Forschungsberichte v. Plön, III, S. 97—117, 1895.
- Zacharias. Ueber die horizontale und vertikale Verbreitung limnetischer Organismen. — Forschungsberichte v. Plön, III, S. 118—128.
- Zacharias. Quantitative Untersuchungen über das Limnoplankton. — Forschungsber. v. Plön, IV, S. 1—64, 1895.
- Zacharias. Ergebnisse einer biolog. Excursion an die Hochseen des Riesengebirges. — Forschungsber. v. Plön, IV, Seite 65—87, 1896.
- Zacharias. Verschiedene Mitteilungen über das Plankton unserer Seen und Teiche. — Orientierungsblätter für Teichwirte und Fischzüchter Nro. 2. — Plön 1896.



## Anmerkungen.

1. Neuerdings hat Dr. Hofer-München ein Schliessnetz konstruiert, das nach den Erfahrungen von Prof. Zschokke-Basel vorzüglich funktioniert; es kostet samt Draht ca. 180—200 Fr.
2. Zählungen der einzelnen Organismen sind notwendig, um über die Periodicität derselben einen quantitativen Aufschluss zu erhalten. Diese Zählungen werden nach folgenden Methoden ausgeführt:
  - a) Methode Hensen: von der verdünnten, auf ein bestimmtes Mass (z. B. 100 cm<sup>3</sup>) gebrachten Planktonmenge wird ein kleiner Bruchteil (z. B.  $\frac{1}{2}$  cm<sup>3</sup>) auf eine linierte Glasplatte gebracht und unter einem Mikroskop gezählt. Näheres bei Apstein, Süsswasserplankton, pag. 41—50).
  - b) Methode Sedgwick-Rafter, vorzugsweise zur raschen Untersuchung von Trinkwasser ausgebildet (vgl. Rafter, Geo. W. Biological examination of potable water. — Proceedings of the Rochester Academy of science, 1894, vol. I, pag. 90). Ein bestimmtes Quantum des zu untersuchenden Wassers wird durch Sand filtriert, aus dem Sand durch Ausschütteln das Plankton gewonnen und in ca. 1 cm<sup>3</sup> desselben auf einer quadrierten Platte die Organismen unter dem Mikroskop gezählt.
  - c) Von Whipple verbesserte Methode Sedgwick-Rafter. Von der Erfahrung ausgehend, dass bei der ungleichen Grösse der Organismen der quantitative Anteil des einzelnen Planktonen durch die Zahl nur unvollkommen ausgedrückt wird, reduciert Whipple diese auf die Flächeneinheit von 400  $\mu^2$  („standart unity“), mit andern Worten, er misst die von den gezählten Planktonen bedeckte Fläche. (Näheres in: Annual report of the water-supply departement, Boston 1893, pag. 72).
3. Diagnose von *Phlyctidium Tabellariae* C. Schröter (Tafel, Fig. 48): Zoosporangia obpyriformia, apice rotundata, basi angustata et oblique in rostrum breve obtusum producta, juxta rostrum filamento brevi 2—4  $\mu$  longo (haustorio) instructa, guttis oleosis valde refringentibus farcta, maturitate 7—13  $\mu$  longa, 6—10  $\mu$  lata — Zoosporae e rostro irregulariter aperto erumpentes .....; zoosporangia vacua longe persistentia.  
 Hab. singulatim in cellulis Tabellariae fenestratae (Lyngbye) Kützing, libere in lacu Turicensi natantibus et „Plankton“ formantibus — Forma zoosporangiorum valde similis *Chytridio anatropo* Al. Braun, sed „operculum acute limitatum“ generis Chytridii deest, et sporangia formae nostrae multo minora sunt.  
 Das Ausschwärmen der Zoosporen zu beobachten, gelang mir nicht; ein Eindringen des Haustoriums in das Innere des Wirtes war auch bei den stärksten Vergrösserungen nicht zu konstatieren; die befallene Tabellaria-Zelle zeigt aber stets eine Kontraktion der Chromatophoren, wie sie bei absterbenden Zellen eintritt.
4. Diagnose von *Coelastrum cambricum* Archer var. *elegans* Schröter. Coenobia eximie globosa, e cellulis 19—50 regulariter dispositis composita, maturitate 69—108  $\mu$  lata; cellulae singulares 16—26  $\mu$  latae, hexagonae vel rarius (in eodem coenobio) pentagonae, asteriformes, radiis cohaerentes et areolas magnas 3—6-gonas inter radios relinquentes, extus rotundatae et in appendicem mammillosum 3—4  $\mu$  latum et aequilongum productae. Dispositio cellularum variat: 1 + 5 + 5 + 5 + 3 aut 1 + 6 + 6 + 5 + 1 in eodem coenobio; 1 + 5 + 10 + 5 + 1; 1 + 6 + 9 + 6 + 1; 1 + 6 + 10 + 6 + 1; 1 + 6 + 9 + 9 + 6 + 1; 1 + 6 + 6 + 4 + 16 + 4 + 6 + 6 + 1; 1 + 6 + 12 + 12 + 12 + 6 + 1 etc.  
 Hab. in lacu Muzzanense prope Lugano (28. IX. 1896 leg. stud. O. Amberg). — A typo (confer Wolle, Freshwater algae of the united states, Plate CLVI, fig. 5) differt magnitudine, areolis majoribus semper existentibus (in typo saepe desunt), forma appendicis (in typo truncatus).

## Die Zusammensetzung des Phytoplanktons im Zürichsee 1896.

[illegible]

Anmerkungen: 1. Nachts 12 Uhr geistert. — 2. Auf der Höhe von Thalweg leg. F.A. Forel. — 3. Höhe von Meilen. — 4. Zwischen Rüschlikon und Thalweg leg. Hool. — 5. Aus 15 m Tiefe, 2 m über dem Boden. — 6. Zwischen Thalweg und Horriberg, über den tiefsten Stellen. — 6a. Im December (bis zum 19. untersucht) tritt *Tabellaria* gegenüber *Frugilaria cotenensis* zurück, welche am 19. dominiert. Die föbrige Zusammensetzung bleibt gleich. — 7. Zwischen Uerikon und Ufenau. — 8. Längs des Ufers zwischen Uerikon und Schirmensee. — 9. Zwischen Uerikon und Kehlhof. — 10. Vor Kehlhof. — 11. Unmittelbar unterhalb des Damms bei Rapperswil leg. G. Ruh. — 12. Zwischen Ufenau und Pfäffikon. — 13. Nördlich der Ufenau. — 14. Südlich der Ufenau. Hr. O. Müller-Berlin fand ausserdem in dieser Probs: *Cycl. comla* var. *gemina*, *radiosa* Grun. und *comensis* Grun.; *Cycl. stelligera* Cl. et Gr., *Cyl. pumila* Grun. — 15. Südlich der Ufenau, nach starkem Nordsturm. — 16. Nördlich der Ufenau, nach Sturm. — 17. Ebenda, in 15 m Tiefe. — 18. Vor Uerikon. — 19. Vor Uerikon leg. Ruh. — 19b. Nr. 7, 134 leg. G. Ruh. — *Glenodinium* in Nr. 78 unter dem Damm. — 20. Dominiert ist Dinobryon setularia. \*) Ausserdem von Chlorophyceen noch *Pediatrum* Boryanum Menegh. und *Nephrocyclium* Agardhianum Nag. — 21. Dominiert sind Cyclopiden. — 22. Hr. Otto Müller-Berlin konstatierte in dieser Probe ausserdem: *Cyclotella bodanica* Eulenstein (alles oben als *Cycl. comla* var. *radiosa* bezeichnete aus dem Gensee gehört zu dieser Form und einer neuen Form derselben, forma *Lenanica* O. Müller); *Cycl. comla* var. *oligatica* Grun. u. var. *comensis* Gr.; *Stephanodiscus* *Astraea* var. *minutula* Grun.; *Melosira* (*Cyclotella*) *catenata* Brun. und 24 weitere, meist tycholimnetische Boden-Formen, darunter 2 neue Varietäten. Die grosse Zahl von bodenbewohnenden Formen ist nach brieflichen Mittheilungen von Forel auf eine vorausgesetzte starke Bize zurückzuführen.



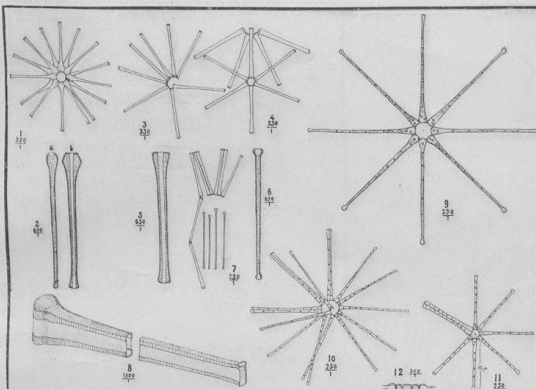


Fig. 1-12 Asterionella.

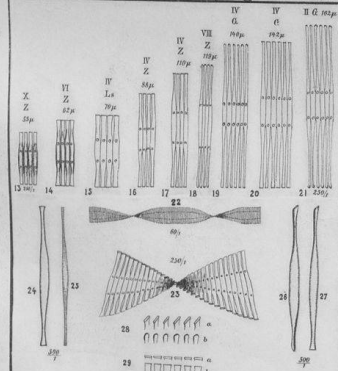


Fig. 30-32 Fragilaria crotonensis (Edw.) Kitton.

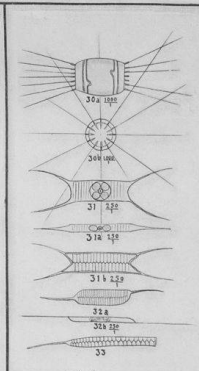


Fig. 30-32 Diatomaceen mit marinen verwandt.

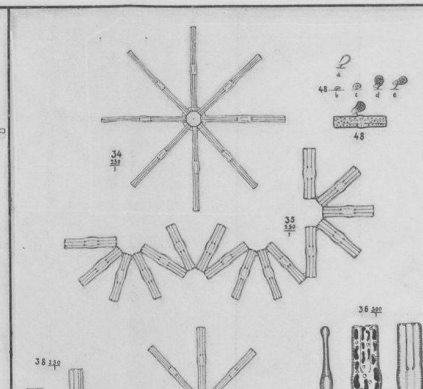


Fig. 43-46 Tabellaria fenestrata (Lyngbye) Kützling und var. asterionelloides Grunow.

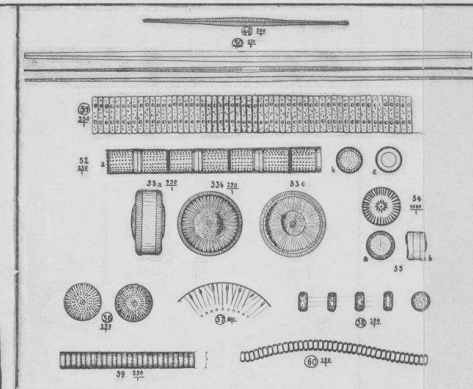


Fig. 43-46 Verschiedene Plankton Diatomaceen.

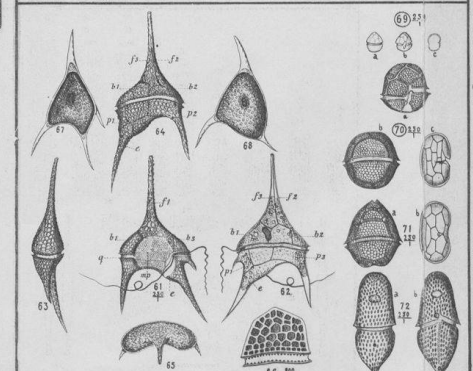


Fig. 43-46 Peridinen.

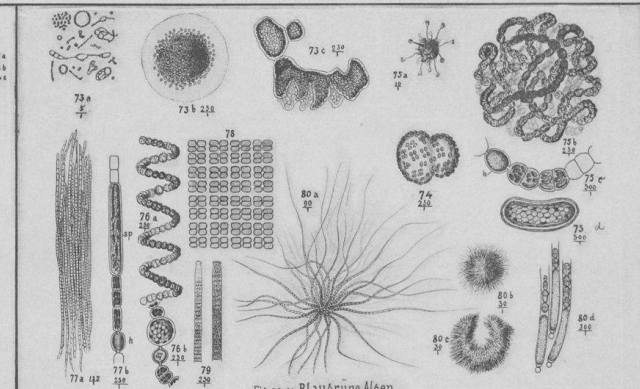


Fig. 73-80 Blaue Grünalgen.

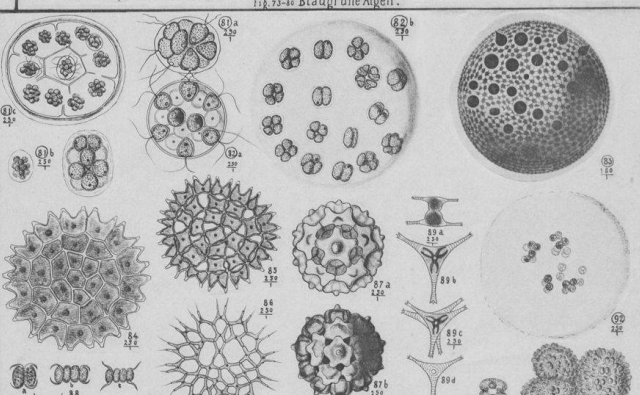


Fig. 81-92 Grünalgen.

Photogr. Aufnahme und Druck von Brunner & Häusser, in Zürich.

# Die wichtigsten Schweb-Algen der Seen.

(Eukaryotische Planktopten)

(Die mit einem Kreischen umgebenen Nummern kommen im Zürichsee vor, ausserdem auch Nro. 55 und 61-68).

## Nachtrag.

---

Erst nach Abschluss des Druckes bemerke ich, dass folgende zwei Arbeiten übersehen wurden:

Schmidle, W. Ueber einige neue und selten beobachtete Formen einzelliger Algen. — Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Band X, 1892, Seite 206, Tafel XI.

Lauterborn, R. Ueber das Vorkommen der Diatomaceengattungen *Atheya* und *Rhizosolenia* in den Altwässern des Oberrheins. — Ebenda, Band XIV, 1896, Heft 1, S. 11.

Schmidle beschreibt eine neue Art von *Coelastrum* (*pulchrum* Schmidle) vom Grunde eines ausgetrockneten Teiches bei St. Peter im Schwarzwald, die mit unserer Form aus dem Lago di Muzzano (Seite 38, Tafel Fig. 87) sehr nahe verwandt ist, sich aber durch die geringeren Dimensionen und den abgestutzten Mittelfortsatz der Zellen von ihr unterscheidet. Sie stimmt in beidem mit dem Typus von *Coelastrum cambricum* Archer überein, mit dem sie, wie die unsrige, auch den wie kontrahiert aussehenden, kugeligen Zellinhalt und die dicke Membran gemein hat (vgl. die Seite 58 unten citierte Abbildung von Wolle; unsere Tafelfigur zeigt den Zellinhalt nicht, wohl aber die Textfigur 3, Seite 38). Es dürfte demnach das richtigste sein, die beiden Formen als var. *pulchrum* und var. *elegans* mit *Coelastrum cambricum* Archer zu vereinigen.

Lauterborn fand *Atheya* und *Rhizosolenia* in einem seeartigen, 5–6 m tiefen Altwasser des Rheins bei Neuhofen (südlich von Ludwigshafen), erstere im September und Oktober, letztere im November und Dezember. Er glaubt, dass diese durch ihre marine Verwandtschaft besonders interessanten Formen eine viel grössere Verbreitung besitzen dürften, als man bisher annahm; sie sind sehr leicht zu übersehen und daher im ange-trockneten Plankton zu suchen. — Ferner hat L. bei *Cyclotella comta* Kützing var. *radiosa* ähnliche, durch Gallerte zusammengehaltene, lückenhaften Geldrollen gleichende Kolonien gefunden, wie sie auf unserer Tafel in Fig. 58 abgebildet sind. Endlich fand er *Asterionella gracillima* im Plankton auch in Zickzackketten, nicht nur in Sternen und Spiralen, wonach die Angaben bei Fig. 7 in unserer Tafelerklärung und auf Seite 28, letzter Absatz zu korrigieren sind.

---