

Phyto-Plankton : vergleichende Studien über die horizontale und vertikale Verteilung des Phytoplanktons im Zürichsee

Autor(en): **Steiner, Hans**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich**

Band (Jahr): **3 (1925)**

PDF erstellt am: **26.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-306788>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Botryosphaera planctonica R. et F. CHODAT nov. var.

Cellulae perfecte sphaericae, membrana crassiuscula indutae amylo carentes, racemose dispositae i. e. muco centrali ramoso sympodium formante et more *Botryosphaerae sudeticae* aggregatae; coenobia juniora quadripartita muco quadrifolio cellulas ferentia demum magis ramosa et irregulariter botryoidea. Muco coeruleum dict. Bleu de méthylène adsorbante colorem purpureum ostendente. Cellularum diam. 5,5—6,9 μ .

Habitat in plancton lacus Pavin, ubi frequens et natans.

Le *Botryosphaera sudetica* (LEMM.) CHOD. (1921) a des cellules beaucoup plus grosses (13—15 μ) et les groupes botryoïdes sont réunis par des anastomoses filamenteuses beaucoup plus évidentes. On a dit autre part pourquoi il faut faire, pour ces algues à cellules sphériques, un genre différent de *Botryococcus* (cfr. R. CHODAT, Matériaux pour l'histoire des Algues de la Suisse, Bull. de la Soc. botanique de Genève, XIII [1921] et ibidem VII [1915] 193).

III.

Vergleichende Studien über die horizontale und vertikale Verteilung des Phytoplanktons im Zürichsee

Von HANS STEINER, Zürich

Mit zwei graphischen Darstellungen

Eingegangen 26. Februar 1925

Seit es Untersuchungen über das Plankton gibt, bestehen auch Meinungsdivergenzen über die Gleichmässigkeit der horizontalen und vertikalen Verteilung der Organismen in einem Wasserbecken, und während die einen Forscher in geringen Abständen grosse Unterschiede, sowohl qualitativer als quantitativer Art, beobachteten, gelangten viele andere zu der Gewissheit, dass mindestens in kleinen Seen die horizontale Verbreitung eine gleichmässige sei, der See also die planktonische Verbreitungseinheit darstelle. Die Annahme einer solchen Gleichmäs-

sigkeit ist schliesslich ja auch die Voraussetzung für alle quantitativen Studien; nur dann können wir durch Entnahme von Stichproben allgemeine Schlüsse über die Verteilung der Arten ziehen. Eine weitere Eigenschaft unserer Seen hat sich als Frucht vieljähriger Beobachtungen herausgestellt: ihr Planktoncharakter ist im allgemeinen konstant. So berichtet BACHMANN (24), dass der Vierwaldstättersee heute wie vor dreissig Jahren ein ausgesprochener *Cyclotella*-See mit den typischen Planktonbacillariaceen *Asterionella* und *Fragilaria crotonensis* sei. Dasselbe gilt für eine grosse Zahl anderer Schweizer Seen. Andererseits hat sich die Tatsache, auf die schon FOREL (01) hingewiesen hat, bis jetzt in vollem Umfange bestätigt, nämlich dass jeder See ein Individuum für sich darstelle, und es stimmen auch nicht zwei Seen unseres Landes in der Zusammensetzung ihres Planktons vollkommen miteinander überein, obschon dessen Bewohner Kosmopoliten sind. Besonders interessant sind in dieser Hinsicht Seen, die miteinander in Verbindung stehen, wie etwa der obere und untere Zürichsee, oder einzelne, durch Moränen und Dämme fast gänzlich abgetrennte Teile eines grossen Sees: ich erinnere an den L u g a n e r s e e. Dort fand ich die Verteilung des Planktons innerhalb der einzelnen, durch Tiefe und Bodenbeschaffenheit einheitlichen Seebecken recht gleichmässig, während grosse Differenzen zwischen dem tiefen Seegebiet nördlich der Dammbücke von Melide bis Porlezza, dem flachen südlichen Teil und dem Lago di Tresa sich ergaben. Hier durch Entnahme einer einzigen Probe eine Diagnose für den ganzen See zu stellen, führt zu einem falschen Schluss. Auch wenn wir die Periodizität der meisten Planktonten gut kennen, wird eben doch nur das betreffende Teilbecken charakterisiert. Und ein ganz besonderes Interesse beansprucht der Z ü r i c h s e e. Er gehört nicht zu den konstanten Gewässern, sondern MINDER (23) weist an Hand von chemischen Analysen nach, und es ergibt sich auch aus Untersuchungen des Schlammabsatzes durch NIPKOW (20), dass er in Umbildung begriffen ist, dass er auf dem Wege ist, aus dem oligotrophen oder nährstoffarmen in den eutrophen oder nährstoffreichen Typus überzugehen. Das wird auch schon gezeigt durch eine Reihe von Planktoninvasionen, die in den letzten Jahrzehnten zu verzeichnen sind. So erschien

im Jahre 1896, wie SCHRÖTER (97) berichtet, plötzlich die seither stets planktonisch auftretende Kieselalge *Tabellaria fenestrata* Kütz. Im November des Jahres 1898 tauchte explosionsartig der rote Schwingfaden, *Oscillatoria rubescens* D. C., der Erreger des Burgunderblutes, auf und hat sich seither stets zusammen mit *Tabellaria* als wichtiger Bestandteil des Planktons gehalten. Im Jahre 1905 stellte sich *Melosira islandica* var. *helvetica* O. M. als neuer Planktont ein, eine Winterform, und 1907 gesellte sich *Stephanodiscus Hantzschii* GRUN. dazu, wiederum eine Kieselalge, die im Frühjahr am häufigsten ist.

1. Die Arbeitsmethode

Zur Probeentnahme benützte ich nicht, wie bisher meist üblich, das Plankton-Netz, weil ihm für quantitative Untersuchungen zu viele Fehler anhaften und auch nur einigermaßen genaue Angaben über die vertikale Verteilung damit unmöglich zu erzielen sind. Sollen die Resultate zur graphischen Darstellung gelangen, so kann man wohl auf die Zählmethode nicht verzichten, und verschiedene namhafte Forscher, u. a. auch RUTTNER (14), lassen ihre Brauchbarkeit gelten, indem er Fehler bis zu 50 % als nicht belangreich hinstellt. Um das Vertrauen in die Zählmethode zu stärken, erwähne ich, dass ungefähr zu denselben Terminen, wie ich, mein Zürcher Kollege Dr. MINDER, zum Zwecke der chemischen Analyse auf der Höhe von Zollikon, unweit meiner Probeentnahmestelle, Wasser aus verschiedenen Seetiefen schöpfte, die Organismen in der Planktonkammer durchzählte und Resultate erhielt, die mit den meinen recht gut übereinstimmen. Wenn ich also im folgenden Zahlen als Ausdruck der Häufigkeit des Vorkommens von Individuen benütze, so sind diese sinngemäss und mit den nötigen Einschränkungen aufzunehmen, sie geben uns relative, aber gut vergleichbare Angaben. Jedenfalls sind die so gewonnenen Resultate bedeutend genauer, als die auf blosse Schätzung basierenden.

Mit der FRIEDINGERSchen Schöpfflasche, die mir die Schweizerische Hydrobiologische Kommission gütigst zur Verfügung stellte, entnahm ich an vier verschiedenen Stellen im untern und oberen Becken, nämlich ausserhalb vom Zürichhorn, auf der Höhe von Meilen über der tiefsten Stelle, etwa einen Kilometer

unterhalb und ebensoviel oberhalb vom Damm zwischen Rapperswil und Hurden in regelmässigen monatlichen Abständen Wasserproben, und zwar bei Zürich und Rapperswil entsprechend der geringen Seetiefe aus 0 m, 2 m, 5 m, 10 m, ev. 20 m, bei Meilen auch noch aus 25 m, 50 m, ev. 100 m. Davon wurden je ca. 50 cm³ sofort mit Formalin fixiert, daheim wieder sorgfältig durchmischt und je ein Kubikzentimeter in der Planktonkammer nach KOLKWITZ bei schwacher Vergrösserung durchgezählt. Das Plankton ist also vor dem Zählen in keiner Weise durch ein Filter konzentriert worden, ich hatte unter dem Mikroskop direkt Seewasser vor mir. Nun ist es leicht verständlich, dass diese einfache Methode nur da anwendbar ist, wo die Dichte der Lebewesen eine beträchtliche ist, also in einem planktonreichen Gewässer, und das ist unser Zürichsee (siehe die graphische Darstellung auf S. 466). Die kleinen Lebewesen, die Nannoplanktonen, werden allerdings auf diese Weise nicht erfasst, da müssten die Proben zentrifugiert und sofort frisch untersucht werden, was mir nicht möglich war. Auch das Zooplankton wird so in zu geringer Menge gefangen, als dass sich Beobachtungen über die vertikale Verteilung anstellen liessen. Um aber doch zur Bestimmung der Arten genügende Mengen davon zu bekommen, führte ich jeweilen noch einen Vertikalzug aus mit einem Plankton-Netz, das eine Maschenweite von ca. 50—55 μ besitzt.

Bei der Bewertung der Resultate mache ich noch darauf aufmerksam, dass bei allen koloniebildenden Organismen nicht die Einzelindividuen, sondern die Kolonien gezählt sind, also bei *Asterionella* die Zahl der Sterne, bei *Fragilaria* die der Bänder, bei *Dinobryon* die Bäumchen, bei *Oscillatoria* die Fäden etc.

2. Die Planktonliste

Die verschiedenen Arbeiten über den Zürichsee — erwähnt seien SCHRÖTER (97), LOZERON (02), BALLY (07), HEUSCHER (15) — enthalten alle Planktonlisten, auf die ich wohl nur verweisen darf. Ich führe daher im folgenden nur die Arten auf, die ich im Laufe des vergangenen Jahres selber beobachtet habe, bin mir aber dabei wohl bewusst, dass keine Vollständigkeit erzielt ist.

2. *Rotatoria*

Asplanchna priodonta EHRBG.	Triarthra longiseta EHRBG. var.
Synchaeta pectinata EHRBG.	limnetica ZACH.
Hudsonella picta ZACH.	Notholca longispina KELLIC.
Polyarthra platyptera EHRBG.	Anuraea cochlearis GOSSE
	» aculeata EHRBG.

3. *Crustacea*

Cladocera

Daphnia hyalina LEYDIG	Leptodora hyalina LEYDIG
» cucullata SARS.	Bythotrephes longimanus LEYDIG
Diaphanosoma brachyurum LIEV.	Bosmina longispina var. turicensis
	BURCKHARDT

Copepoda

Cyclops strenuus FISCHER	Diatomus laciniatus LILLJEBORG
» leuckarti CLAUSS.	Hetercope Weissmanni IMHOF.
Diatomus gracilis SARS.	

3. Der Planktoncharakter des Zürichsees in den verschiedenen Jahreszeiten und die horizontale Verteilung der Organismen

Die erste Beobachtung am 15. Mai 1924 ergibt im ganzen untern See ein einheitliches Bild mit gewaltigem Vorherrschen von *Asterionella gracillima* von Zürich bis Rapperswil (siehe Tab. S. 466/67. Alle andern Organismen zusammen erreichen nur einen Bruchteil der Zahl, die die Sternalge auf sich vereinigt; denn in 5 m Tiefe enthält ein Liter Seewasser bei Zürich die ungeheure Zahl von 1,4 Millionen Sternen, in Meilen sind es in der gleichen Tiefe noch 1 Million und nördlich Rapperswil sinkt die Zahl auf rund 200,000 in 0 m Tiefe. In der obersten 10 m-Schicht weist der See bei Zürich die 6—7 fache Menge auf gegenüber dem Gebiet nördlich Rapperswil.

Und im Obersee? Da ist die *Asterionella*-Menge verschwindend klein, 3000 im Liter in 3 m Tiefe, 400 bis 500 mal weniger als bei Zürich, und nicht *Asterionella* dominiert, sondern *Dinobryon*!

Daneben fallen im untern See noch *Tabellaria*, *Cyclotella*, *Synedra*, *Fragilaria* ins Gewicht, interessant ist das sehr starke Hervortreten von *Pandorina morum* in der 2 m-Schicht mit 50,000 Individuen pro Liter. *Oscillatoria* ist nur selten, im Obersee fehlt sie völlig, auch im Netzplankton, während *Tabellaria*

im Netz in wenigen Exemplaren sich findet, nicht aber in der Zählkammer. Erwähnenswert ist noch die Erscheinung, dass *Asterionella* in dieser Zeit seiner optimalen Entwicklung auffallend häufig nur 4-strahlig ist mit einem angehängten Zick-Zack-Band, während der Stern sonst meist aus 6 bis 8 Einzelindividuen gebildet wird.

Nach einer so enormen Entfaltung ist es verständlich, dass rasch eine Erschöpfung eintritt. Schon am 30. Mai ergeben Proben bei Zürich, dass *Asterionella* nur noch kaum ein Drittel der Häufigkeit vom 15. Mai erreicht und auch alle andern Kieselalgen zeigen Abnahme ihrer Mengen, mit Ausnahme von *Tabellaria fenestrata*, die namentlich in der 5 m- und 10 m-Schicht sich mehr als verdoppelt.

Die Beobachtungen am 12. Juni in Meilen und Rapperswil zeigen immer noch das Vorherrschen von *Asterionella*, ob schon sie auf der ganzen Linie in Abnahme begriffen ist. Ausser *Tabellaria* zeigen noch *Fragilaria*, *Cyclotella*, *Oscillatoria*, *Sphaerocystis* eine leichte Zunahme, während *Synedra* schon fast ganz verschwunden ist.

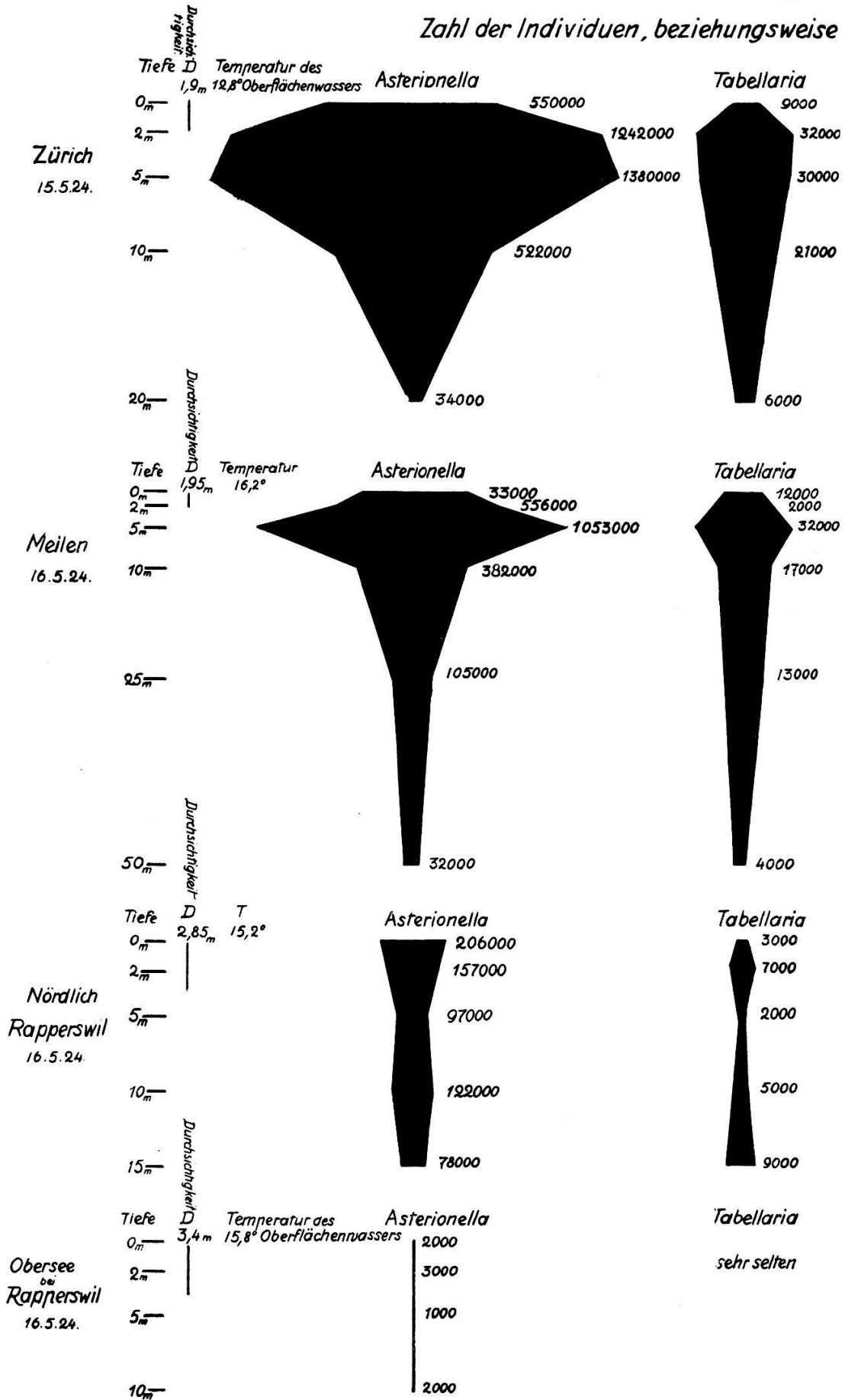
Am 26. Juni ist bei Zürich die Fensteralge an die erste Stelle gerückt und ihr steht die Kammalge nur wenig nach, *Asterionella* und die andern Kieselalgen sind spärlich geworden. *Sphaerocystis Schröteri* ist zahlreicher als im vorigen Monat, wogegen *Pandorina morum* abnimmt.

Im Obersee steht *Cyclotella* an erster Stelle, ihr folgen ohne Veränderung gegenüber den Vormonaten *Fragilaria*, *Synedra* und *Dinobryon*.

Bis zum 10. Juli prägt sich im ganzen Untersee die Dominanz von *Tabellaria* aus, und zwar sind für alle Schichten die Zahlen in Meilen am grössten, in Zürich noch kleiner als in Rapperswil. Im Liter sind in 10 m Tiefe bei Zürich 69,000, bei Meilen 112,000 und nördlich Rapperswil 73,000 Kolonien vorhanden. Die Verteilung ist somit für den ganzen Untersee (Zürichsee) eine recht gleichmässige zu nennen.

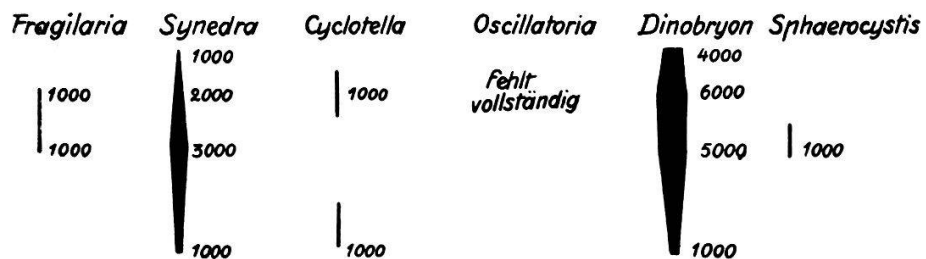
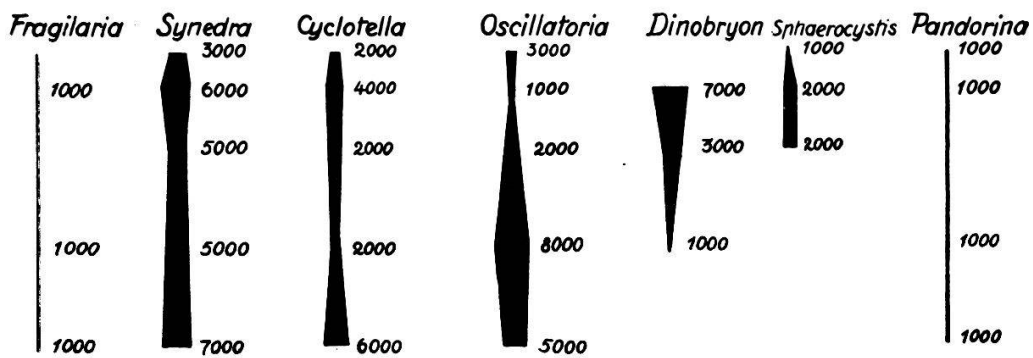
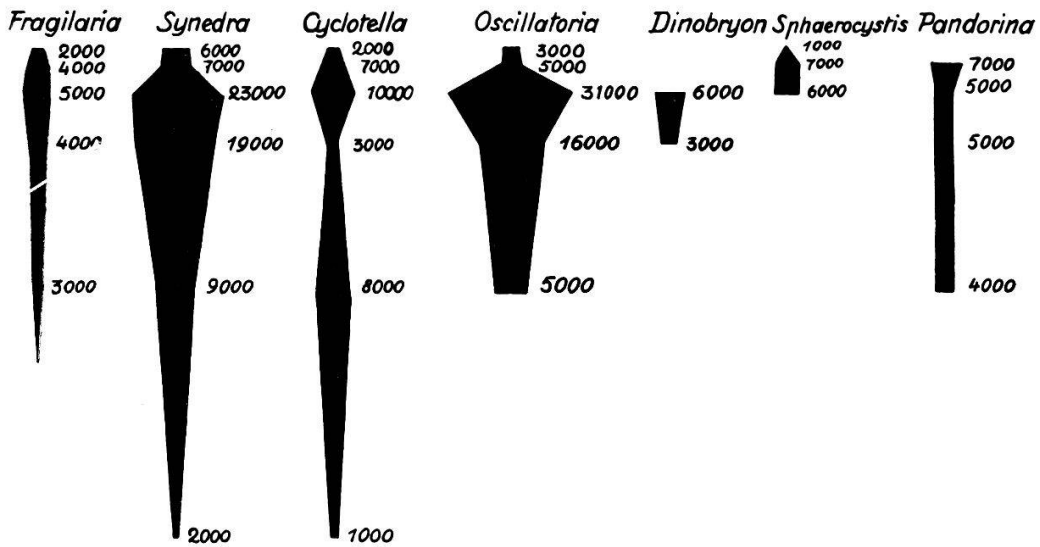
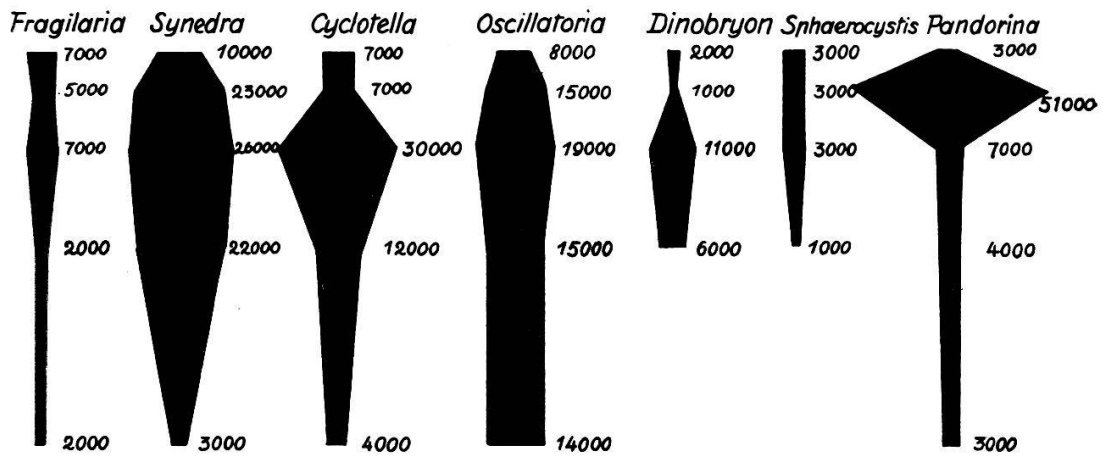
Der Obersee weist noch wie im Juni ein *Cyclotella*-Maximum auf, dem sich in kleiner Menge *Asterionella*, *Fragilaria* und *Dinobryon* zugesellen.

Horizontale und vertikale Verteilung der Zahl der Individuen, beziehungsweise



wichtigsten Planktonen im Zürichsee im Mai 1924

Kolonien im Liter Seewasser



fehlt vollständig

Ganz allgemein zeigen in diesem Monat die *Chlorophyceen* ihre reichste Entfaltung, allen voran *Sphaerocystis Schröteri*.

Die Proben vom 16./18. August stimmen wieder für den ganzen Untersee miteinander überein. *Tabellaria* hat sich noch etwas vermehrt. Sie erscheint als ausgesprochen warmwasserliebende Art und hält sich fast vollständig über der Sprungschicht auf, die im August zwischen 10 und 15 m liegt. In 10 m Tiefe sind bei Meilen 64,000 Kolonien pro Liter vorhanden, in 25 m Tiefe nur noch 2000. Etwas häufiger und zwar durchgängig ist *Fragilaria*, während *Asterionella*, *Synedra* und *Cyclotella* in unbedeutender Zahl erscheinen. Die Dinoflagellaten erreichen ihre höchste Entfaltung in diesem Monat, die stark gespreizten 3- und 4-hörnigen Formen von *Ceratium hirundinella* schwingen sich in der 2 m-Zone von Meilen zum zweithäufigsten Plankton auf mit 35,000 Individuen pro Liter!

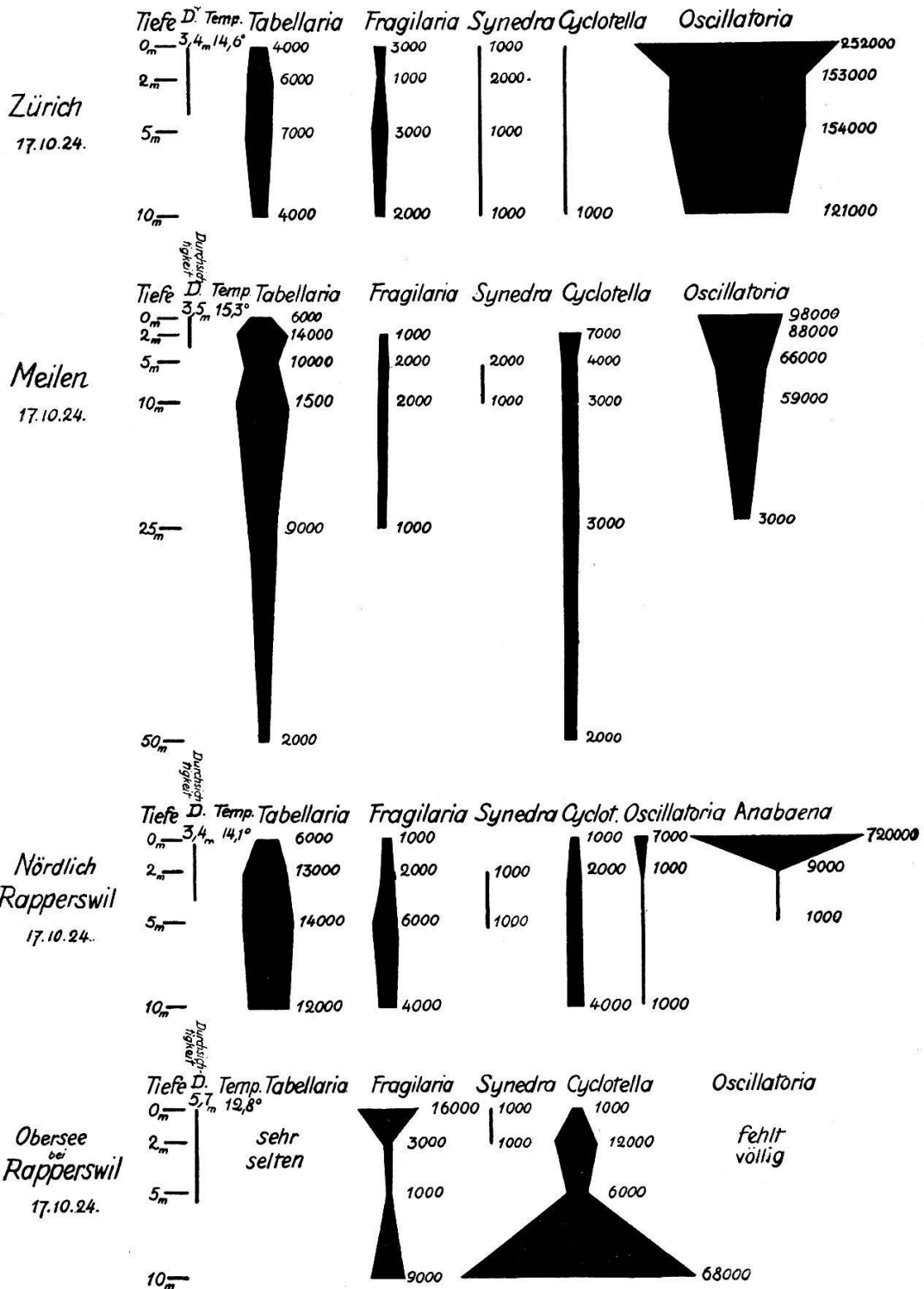
Der Obersee weist ein überaus spärliches Plankton auf. Noch dominieren die *Cyclotellen*, darunter namentlich *Cyclotella Schröteri*. Oft begegnet man Kolonien dieser Art mit 8 bis 16 Individuen in derselben Gallerte. Daneben zeigen die *Dinobryen* und *Ceratium hirundinella*, die kleine vierhörnige schwachgespreizte Form, noch ein etwas häufigeres Vorkommen.

Die Zählungen der Proben vom 18. September ergeben, dass die Planktonmenge eine geringe ist. Mit Ausnahme von *Oscillatoria* und *Peridinium* haben alle andern Spezies an Zahl abgenommen und zwar wieder im ganzen untern See im selben Mass. Noch steht *Tabellaria* im Vordergrund, begleitet von geringen Mengen *Fragilaria* und *Cyclotella*. *Asterionella* ist sehr selten. Von den Dinoflagellaten ist *Peridinium* etwas zahlreicher, die übrigen sind spärlich. Sonst ist wie in den warmen Vormonaten das Vegetationsbild ein mannigfaltiges. Ueber der Sprungschicht deutet sich eine lebhaftere Entfaltung der *Oscillatoria* an. Während aller Sommermonate ist ihre Zahl sich ungefähr gleich geblieben und immer stand die Alge in 10—15 m Tiefe.

Im Obersee dauert die *Cyclotella*-Vegetation an, wieder mit *Cyclotella Schröteri* an der Spitze. Auch die übrigen Bacillariaceen weisen eine leichte Zunahme auf. Das Wasser ist auffallend reich an Detritus.

Horizontale und vertikale Verteilung der wichtigsten Planktonen im Zürichsee im Oktober 1924

Zahl der Individuen, beziehungsweise Kolonien im Liter Seewasser



Im O k t o b e r setzt die Sommerteilzirkulation kräftiger ein und das verändert mit einem Schlage den Planktoncharakter, die *Oscillatoria* steigt aus der Tiefe auf und wird zur Beherrscherin des Feldes, wenigstens im Gebiet von Zürich und Meilen, während nördlich Rapperswil *Anabaena flos aquae* in solchen Quantitäten die obersten Wasserschichten belebt, dass eine Wasserblüte entsteht, und auf der spiegelglatten Oberfläche des Sees zaubern die in den *Anabaena*-Zellen enthaltenen Oeltröpfchen durch die Brechung der Sonnenstrahlen einen Regenbogen hervor.

Und der Obersee schwingt sich zu einem relativ unerhörten *Cyclotella*-Maximum auf (siehe die graphische Darstellung auf S. 469).

An allen vier Stellen erfolgte die Probeentnahme am 17. Oktober, und wollte man den See nach diesen Fängen charakterisieren, so müsste doch zweifellos ein ganz falsches Bild entstehen.

Noch ist im ganzen untern See *Asterionella* äusserst selten, *Tabellaria* ist auf der ganzen Linie zurückgegangen, ebenso *Fragilaria* und *Synedra*. Diese sonst so konstanten Arten erreichen wohl in dieser Zeit ihr Minimum. Die *Cyclotellen* scheinen zuzunehmen an Zahl. Dafür sind die Flagellaten und Dinoflagellaten stark im Zurückgehen begriffen und mit den Chlorophyceen zusammen sinken sie zur Bedeutungslosigkeit hinab.

Die graphische Darstellung (S. 469) gibt näheren Aufschluss über die horizontale und vertikale Verteilung im Oktober.

In den Proben vom 17. N o v e m b e r ist der Ausgleich wieder ein besserer. In Zürich und Meilen herrscht *Oscillatoria* vor, und zwar ist die Entwicklung am stärksten bei Zürich, am schwächsten bei Rapperswil, sie erreicht dort nur $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{10}$ der Menge im unteren Seebecken. Und da sich *Asterionella* rasch zu einem Teilmaximum aufschwingt, setzt sie sich an erste Stelle. Auch die übrigen Kieselalgen, vorab *Fragilaria*, bekunden ein leichtes Anschwellen, während alle andern selten werden oder ganz zurückbleiben. Merkwürdig ist, dass *Anabaena*, die vor einem Monat in so gewaltigen Mengen das Wasser bevölkerte, jetzt schon äusserst selten geworden ist und kaum im Netzplankton in spärlichen Exemplaren erwischt wird.

Im Obersee haben *Asterionella* und *Cyclotella* ihre Rollen vertauscht. *Cyclotella* ist fast ganz verschwunden und *Asterionella* herrscht weit vor, im ganzen Untersee erreicht sie in diesem Monat nirgends so hohe Zahlenwerte. Daneben ist *Fragilaria* noch etwas häufiger, ebenso *Synedra delicatissima*. Ganz spärlich werden auch *Ceratium hirundinella*, *Dinobryon sociale* var. *stipitatum* und *Tabellaria fenestrata* getroffen.

Die auffallendste Beobachtung vom 9./11. D e z e m b e r ist eine schwache Wasserblüte von *Oscillatoria rubescens* bei Zürich. Die Zählung ergab 1,145,000 Fäden pro Liter im Oberflächenwasser. Die Oberfläche war von einer äusserst zarten braunroten Decke überzogen und ein leichter Wind trieb die Fäden in langen Streifen zusammen. Diese Erscheinung ist schon oft beobachtet worden im Zürichsee, so wiederholte sie sich nach den Beobachtungen von LOZERON im Dezember 1900 mehrmals. Meilen und Rapperswil weisen bei weitem nicht so hohe Zahlen auf, die Zunahme der *Oscillatoria* gegenüber dem Vormonat ist dort nur gering. Die übrigen Planktonten sind ungefähr stationär geblieben, einzig *Tabellaria* weist eine etwas reichlichere Entfaltung auf bei Zürich.

Im Obersee ist das *Asterionella*-Maximum schon wieder abgeklungen. Immerhin behält die Sternalge die Führung. Daneben sind *Fragilaria*, *Synedra*, *Cyclotella* bemerkenswert, *Anabaena flos aquae*, ganz mit Vorticellen besetzt, sei erwähnt, auch *Acanthocystis turfacea*, *Ceratium hirundinella*, jetzt die dreihörnige, wenig gespreizte Form.

Die Proben vom 13./15. J a n u a r zeigen im grossen ganzen im Untersee wieder ein übereinstimmendes Bild. *Oscillatoria* steht noch obenan, aber bei Zürich ist die Zahl stark gesunken, sodass absolut die Zahlen nördlich Rapperswil grösser sind, als für Zürich. Bei den Kieselalgen deutet sich eine ganz schwache Zunahme der *Tabellaria* an, bei Zürich übertrifft sie an Zahl die leicht abschwächenden *Asterionella* und *Fragilaria*.

Im Obersee hat sich der Charakter nicht geändert.

Wie die Zählungen vom 13./14. F e b r u a r erkennen lassen, erreicht wohl in diesem Monat die Planktonmenge ihr Minimum. *Oscillatoria* hat sich weiter vermindert, dominiert aber

noch, während nur *Tabellaria* eine schwache Vermehrung aufweist.

Im Obersee ist eine leichte Zunahme von *Synedra* und *Cyclotella* unverkennlich.

Zusammenstellung der vorherrschenden Arten an den vier Fangstellen

	Tag	Zürich	Tag	Meilen	Tag	nördlich Rapperswil	Tag	südlich Rapperswil
1924								
Mai	15.	Asterionella	16.	Asterionella	16.	Asterionella	16.	Dinobryon
Juni	26	Tabellaria	12.	»	12.	»	12.	Cyclotella
Juli	10.	»	10.	Tabellaria	10.	Tabellaria	10.	»
August	18	»	16.	»	16.	»	16.	»
Sept.	18.	»	18.	»	18.	»	18.	»
Okt.	17.	Oscillatoria	17.	Oscillatoria	17.	Anabaena	17.	»
Nov.	17.	»	17.	»	17.	Asterionella	17.	Asterionella
Dez.	11.	»	9.	»	9.	Oscillatoria	9.	»
1925								
Januar	15.	»	13.	»	13.	»	13.	»
Febr.	14.	»	13.	Tabellaria	14.	»	13.	»

Die gewonnenen Ergebnisse zusammenfassend, kommen wir zu dem Schluss, dass die horizontale Verteilung des Planktons im Untersee im allgemeinen eine recht gleichmässige ist. Das zeigt uns die obenstehende Tabelle mit aller Deutlichkeit. Zwei Ausnahmen weist das flache Becken unterhalb Rapperswil auf mit der spontanen Entwicklung von *Anabaena* im September und *Asterionella* im Oktober. Die Ausnahme bei Zürich im Juni ist sicher nur scheinbar; hätte ich die Probe nicht am 26., sondern am 12. Juni, wie in Meilen und Rapperswil, entnommen, so hätte sich auch noch wie an den beiden andern Stellen *Asterionella* als dominierend gezeigt.

Der Obersee jedoch verhält sich total anders: *Oscillatoria* fehlt absolut, auch *Anabaena* ist stets höchst selten, ebenso *Tabellaria*, dazu ist das Gesamtquantum viel geringer als im Untersee, neben den *Diatomeen* wird höchstens *Dinobryon* dominierend.

Noch kennen wir die Ursachen für die gewaltigen Unterschiede im Planktoncharakter der beiden Seen nicht genügend. Von ausschlaggebender Bedeutung ist sicherlich der Nährstoff-

gehalt. In einer demnächst erscheinenden Arbeit wird MINDER (22, 23) besonders auf diese Fragen eingehen.

Eine Angabe möchte ich hier machen, die ich der Freundlichkeit von Dr. MINDER verdanke: Es betrug am 18. September 1924:

	in Meilen in 50 m Tiefe	im Obersee b. Rapperswil in 20 m Tiefe
Die Karbonathärte (franz. Gr.)	12,25°	11,75°
Gehalt an Chlorionen	3,9 m/g pro l	2,8 m/g pro l
Gehalt an N ₂ O ₅	1,2 » » »	0,8 » » »

BACHMANN (24) reiht den Zürichsee bei den oligotrophen Seen ein, Typus *Cyclotella*-Seen, in die Untergruppe *Cyanophyceen*-Seen mit den kleinen *Cyclotella*-Arten, während MINDER (23) aus chemischen Erwägungen den Untersee als eutroph anspricht und nur den Obersee als oligotroph gelten lässt. In Uebereinstimmung mit MINDER möchte ich den Obersee nach seinem Planktoncharakter als oligotroph bezeichnen und ihn dem Typus der *Cyclotella*-Seen zuweisen. Er verhält sich also noch wie die grösseren Schweizerseen. Der Untersee dagegen ist den eutrophen Seen schon stark genähert, ich möchte ihn mit BACHMANN (24) immerhin noch zu den oligotrophen stellen und ihn als *Diatomeen*-*Cyanophyceen*-See bezeichnen. Diese Umwandlung des Untersees ist zweifellos die Folge einer zunehmenden Verschmutzung durch Abwässer, verursacht durch die starke Bevölkerungszunahme der letzten Jahrzehnte in den Ufergeländen des Sees. Die Nährstoffanreicherung mag quantitativ gering sein, aber riesenhaft reagiert darauf die Lebewelt. Die Zählmethode gibt uns ein Mittel an die Hand, das Tempo dieser Umwandlung, das leider im Untersee rascher als der normale Reifeprozess verläuft, genau zu verfolgen.

4. Die vertikale Verteilung des Planktons

Wie überall, so ist auch im Zürichsee das wegen der Kohlensäureassimilation an das Licht gebundene Phytoplankton in den obersten Wasserschichten am häufigsten und doch zeigen verschiedene Planktonten weder eine gleichmässige Verteilung in der bewohnten Zone, noch eine gleichmässige Abnahme von

der Oberfläche zur organismenarmen Tiefenzone. Abgesehen von der täglichen vertikalen Wanderung des Zooplanktons, die es befähigt, die ihm zusagenden Schichten aufzusuchen, ist die biologische Schichtung des Phytoplanktons infolge des Mangels einer Eigenbewegung in hohem Masse von dem Kreislauf des Wassers abhängig, von welchen den Konvektionsströmungen wohl die grösste Bedeutung zukommt. Nach LOZERON (02) bedingt thermische Stratifikation die vertikale Schichtung des Phytoplanktons, während Auftriebsströmungen eine qualitative und quantitative Verteilung herbeiführen. PFENNIGER (02) gibt die Dauer der Sommerstagnation von Anfang April bis Ende Juli an, dann setzt die Zirkulation ein, bis Ende Dezember die ganze Wassersäule die gleichmässige Temperatur von 4° C. aufweist. Die umgekehrte Schichtung ist im vergangenen Winter, wohl ausnahmsweise, gar nicht eingetreten, sodass eine deutliche Winterstagnation ausblieb. Von den *Cyanophyceen* ist *Anabaena flos aquae* das einzige Mal, wo es in beträchtlicher Menge erscheint, streng an die Oberfläche gebunden, sogar trotz Teilzirkulation (nördlich Rapperswil 17. Okt.). Die Zählungen ergaben 720,000 Kolonien in 0 m pro Liter, 9,000 in 2 m und 1000 in 5 m. In der 10 m-Schicht ist sie nicht mehr vorhanden. *Oscillatoria* hält sich den ganzen Sommer über grösstenteils direkt unterhalb der thermischen Sprungschicht auf. So hat sie im Mai ihr Maximum in ca. 5 m Tiefe, ohne aber ganz aus den Oberflächen- und tieferen Schichten zu verschwinden. Im Juni weisen die 5 m- und 10 m-Schichten die höchsten Zahlen auf, im Juli ist die obere 10 m-Schicht völlig leer, die 10- bis 15 m-Schicht beherbergt die Alge. Das gleiche gilt für den August. Aber mit der stärker einsetzenden Zirkulation steigt sie auch wieder an die Oberfläche und in die Tiefe. Im Oktober hat sie ihr Maximum an der Oberfläche und reicht bis 25 m, im November und Dezember bis 50 m, noch mit Oberflächenmaximum. Im Januar zeigt sie fast gleichförmige Verteilung von der Oberfläche bis 100 m und im Februar ähnlich, sogar ein leichtes Maximum in 100 m.

Die folgende Zusammenstellung illustriert das Verhalten von *Oscillatoria* für die Proben aus Meilen.

Die Zahlen bedeuten die Anzahl Fäden im cm³ Seewasser.

Wassertiefe	0 m	2 m	5 m	10 m	25 m	50 m	100 m
16. Mai 1924	3	5	31	16	5	—	keine Probe entnommen
12. Juni 1924	—	—	1	40	13	1	»
10. Juli 1924	—	—	—	110	4	—	»
16. August 1924	—	—	10	22	4	—	»
18. Sept. 1924	3	5	4	110	1	1	»
17. Oktober 1924	98	88	66	59	3	—	»
17. Nov. 1924	130	115	111	138	105	1	»
9. Dez. 1924	73	75	48	44	16	4	—
13. Januar 1925	24	25	33	32	40	15	7
13. Februar 1925	7	8	7	6	7	9	15

Von den Flagellaten hält sich *Dinobryon* streng an die obersten Wasserschichten, nur einmal beobachtete ich eine Kolonie in 25 m Tiefe (im August). Aber auch die Oberfläche wird gemieden. Die 2 m- und 5 m-Schicht zeigt die reichsten Ansammlungen. Dasselbe gilt für *Ceratium* und *Peridinium*. Fast stets weist die 2 m-Schicht das Maximum auf.

Die Diatomeen finden sich in der Hauptvegetationszeit meist in den oberen 50 Metern. Die Oberflächenschichten werden etwas gemieden, das Maximum ist in 2 bis 10 m Tiefe zu beobachten und dann tritt eine meist gleichmässige Abnahme ein (siehe Tab. S. 466/67). Die Vollzirkulation bringt auch da wieder die mehr gleichmässige Verteilung, wie die Zählung vom 13. Januar in Meilen zeigt.

Die Zahlen bedeuten die Anzahl Kolonien im cm³ Seewasser.

Seetiefe	0 m	2 m	5 m	10 m	25 m	50 m	100 m
Asterionella	1	3	3	1	3	2	—
Tabellaria	11	9	8	8	9	3	4
Fragilaria	—	1	1	7	3	3	1

Von den Chlorophyceen tritt einzig *Sphaerocystis Schröteri* während den Sommermonaten etwas häufiger auf, nimmt von der Oberfläche bis in 2 m oder 5 m Tiefe zu, wo die Höchstzahl erreicht wird, und findet bei 10 m die untere Verbreitungsgrenze.

Pandorina morum unter den *Volvocales* zeigt ein ähnliches Verhalten nur mit stärker ausgeprägtem Maximum und stärkerer Verbreitung nach der Tiefe (siehe Tabelle S. 467).

Die Beobachtungen ergeben also, dass die Organismen nur vorübergehend an der Oberfläche ihre maximale Entfaltung erreichen, sonst meist in der Tiefe von 2 bis 10 m.

Inwieweit ausser dem Licht und dem thermischen Zustand als den Hauptfaktoren auch der Gehalt des Wassers an Sauerstoff, Kohlensäure und andern Nährstoffen Bedeutung besitzt, harrt noch der Abklärung.

Angeführte Literaturangaben

- 1924 BACHMANN HANS, Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten. Verhandlg. der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft. 105. Jahresversammlung in Luzern.
- 1907 BALLY WALTER, Der obere Zürichsee. Diss. Zürich.
- 1901 FOREL F. A., Handbuch der Seenkunde. Stuttgart.
- 1915 HEUSCHER HANS, Das Zooplankton des Zürichsees. Sonderabdr. a. d. Arch. f. Hydrobiologie und Planktonkunde. Bd. XI. 1915/16. Stuttgart.
- 1902 LOZERON HENRI, La répartition verticale du Plancton dans le lac de Zurich. Diss. Zürich.
- 1912 MEISTER FRITZ, Die Kieselalgen der Schweiz. Bern.
- 1922 MINDER LEO, Studien über den Sauerstoffgehalt des Zürichsees. Sonderabdr. aus «Arch. für Hydrobiologie».
- 1923 MINDER LEO, Ueber biogene Entkalkung im Zürichsee. Verhandlg. der Internat. Vereinigung f. Limnologie. Kiel.
- 1920 NIPKOW FRITZ, Vorläufige Mitteilungen über Untersuchung des Schlammabsatzes im Zürichsee. Separatabdruck aus der Zeitschrift für Hydrologie. Aarau.
- 1902 PFENNIGER ANTON, Beiträge zur Biologie des Zürichsees. Diss. Zürich.
- 1914 RUTTNER FRANZ, Die Verteilung des Planktons in Süßwasserseen. Fortschr. d. naturw. Forschg. Berlin u. Wien.
- 1897 SCHRÖTER CARL, Die Schwebeflora unserer Seen. Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Zürich.
- 1912 STEINER HANS, Das Plankton und die makrophytische Uferflora des Luganersees. Diss. Zürich.
-