

Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse
Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft
Band: 54 (1944)

Artikel: Untersuchungen der öffentlichen Gewässer des Kantons Zürich : biologische Untersuchungen am Greifensee
Autor: Thomas, E.A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-38515>

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: 17.01.2026

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

Untersuchungen der öffentlichen Gewässer des Kantons Zürich.

X.

Biologische Untersuchungen am Greifensee.

(Aus dem kantonalen Laboratorium Zürich; Vorstand : Dr. M. Staub.)

Von E. A. Thomas.

Eingegangen am 5. Januar 1944.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	141
1. Methodik	142
2. Planktonliste für den Greifensee	143
3. Horizontale Verschiedenheiten im Oberflächenplankton	169
4. Vertikale Verschiedenheiten im Plankton	170
a) Qualitative Verschiedenheiten	171
b) Quantitative Verschiedenheiten	172
5. Veränderungen der Planktonbeschaffenheit während des Untersuchungs- jahres	173
a) Qualitative Veränderungen	174
b) Quantitative Veränderungen	175
6. Veränderungen der Planktonbeschaffenheit während der letzten Jahr- zehnte	177
a) Veränderungen im Epilimnion	177
b) Veränderungen im Hypolimnion	179
7. Untersuchungen an den Sedimentzonen	180
8. Über Schaumbildungen auf der Seeoberfläche	185
9. Zur biologischen Produktionskraft des Greifenseewassers	186
10. Zusammenfassende Betrachtungen zur Eutrophierung des Greifensees	192
Literatur	195

Vorwort.

Da sich der Zustand des Greifensees in den letzten Jahren und Jahrzehnten verschlechtert hat und da immer wieder Anfragen und Klagen von fischereilicher und hygienischer Seite eingingen, stellte der verstorbene Kantonschemiker von Zürich, Prof. Dr. E. W a s e r, zusammen mit dem Schreibenden ein Programm für eine Jahresuntersuchung des Sees auf, wobei er die Arbeit so verteilte, daß ein Doktorand, dipl. sc. nat. E. M ä r k i, die chemischen und bakteriologischen Untersuchungen durchführte, das kantonale Laboratorium die biologischen. Beide Untersuchungen sind auf Grund gemeinsamer Probenahmen im Jahre 1941 durchgeführt und eng aneinander angelehnt; wir empfehlen des-

halb, die Untersuchung von E. M ä r k i gleichzeitig zu studieren (Ber. d. Schweiz. Bot. Ges., 1944).

Biologische Untersuchungen der Ufer mußten in dieser Arbeit wegleiben, da sie das Untersuchungsprogramm zu sehr belastet hätten. Es ist zu wünschen, daß sie nachgeholt werden. Auch für die vorliegenden Untersuchungen ist beizufügen, daß sie keinesfalls Vollständigkeit beanspruchen. Vielmehr betrachten wir sie als Grundlage für die Bearbeitung von Einzelproblemen. Sodann soll einige Zeit nach Inbetriebnahme der Kläranlage von Uster durch erneute Untersuchungen festgestellt werden, wie sich der Zustand des Sees verändert.

Von Vergleichen des Greifensees mit anderen Zürcher und Schweizer Seen sehen wir vorläufig ab, da wir es für nötig halten, vorerst weiteres Untersuchungsmaterial von anderen Seen beizubringen, Untersuchungen, die zurzeit bereits im Gange sind. Nach Abschluß dieser Arbeiten wird eine Zusammenfassung im Sinne der regionalen Limnologie erwünscht sein.

Auch an dieser Stelle möchten wir den Herren, die unsere Arbeit unterstützten, den besten Dank aussprechen: Laborant W. S c h n e e b e l i, Kantonsrat J. R ä h m i, Uster, und J. F l ü c k i g e r, Abwart des Strandbades Uster.

1. Methodik.

Wir waren bestrebt, bei den Planktonuntersuchungen eine möglichst vollständige Bestandesaufnahme durchzuführen, wissen aber, daß wir noch nicht alle Plankter erfaßt haben. Weitere Neufunde sind am ehesten bei den Flagellaten und Protozoen zu machen. Zur Gewinnung von Planktonproben aus dem Oberflächenwasser (0 bis 0,3 m Tiefe) gossen wir mittels eines Schöpfers von einem Liter Inhalt 40 Liter Wasser durch ein Planktonnetz von 15 cm Durchmesser und 40 cm Länge mit $\frac{1}{15}$ mm Maschenweite (78 Fäden pro Quadratzentimeter, M ü l l e r - G a z e Nr. 25). Die quantitative Bestimmung wurde von E. M ä r k i durchgeführt, ebenso bei den Vertikalplankton-Proben.

Zum Erheben des vertikalen Schichtplanktons benützten wir ein von der Firma H. F r i e d i n g e r, Luzern, bezogenes N a n s e n - oder Schließnetz von 37 cm Durchmesser und 1 m Länge mit der oben genannten Maschenweite. Man läßt dieses Netz, an dem unten ein Gewicht befestigt sein soll, z. B. in eine Tiefe von 20 m sinken, zieht es langsam (20 m pro Minute) bis z. B. 10 m Tiefe und schließt durch Fallgewicht. Das Netz hat den großen Nachteil, daß beim Hinunterlassen bereits etwas Oberflächenplankton hineingewirbelt wird. Durch sorgfältiges Handhaben kann man diesen Fehler klein halten, muß ihn aber bei der qualitativen Bestimmung unbedingt in Betracht ziehen. Mit Sicherheit bestimmt man also in Tiefenschichten nur diejenigen Plankter, die an

der Oberfläche nicht vorkommen. Dies war bedeutungsvoll für die Bestimmung der spezifischen Fauna des Hypolimnions. Wir sind zurzeit bestrebt, diesen Fehler des N a n s e n - Netzes zu beheben.

Für die Entnahme der Schlammprofile diente das N a u m a n n sche Profillot, bezogen von H. F r i e d i n g e r; die weitere Behandlung der Profile erfolgte nach der Methode von F. N i p k o w (1920). Die Schlammfarben bestimmten wir nach dem Code universel des couleurs von E. S é g u y (1936).

2. Planktonliste für den Greifensee.

Als Überblick über die bisherige Entwicklung des Greifenseeplanktons und zur leichteren Beobachtung kommender Veränderungen, geben wir im folgenden eine Zusammenstellung der bisher im Greifensee unseres Wissens gefundenen Plankter.

Schizomycetes (Bakterien).

Angaben über die Keimzahlen und den Gehalt des Wassers an Bakterien aus der Gruppe des *Bacterium coli* finden sich in der Arbeit von E. M ä r k i. Wir beschränken uns hier auf die Bestimmung einiger charakteristisch hervortretender Arten.

Leptothrix pseudovacuolata (P e r f i l.) D o r f f.

Die unecht verzweigten Fäden erreichten Längen von 80—210 μ ; Fadenenden oft verklebt; Länge einer Spirale 21 μ ; Durchmesser der Fäden 6 μ , der Zellen 2 μ . *Leptothrix* trat in den Monaten September bis März auf. Am 16. September 1941 zählten wir im Oberflächenwasser 129 Fäden pro Kubikzentimeter, in 10 m Tiefe 126 und in 20 m Tiefe 58 Fäden pro Kubikzentimeter.

Als Lebensraum wird für diese Bakterie nährstoffreicher Schlamm mit sehr geringer Sauerstoffspannung angegeben. Da sie im Greifenseeplankton nicht selten auftrat, scheint sie leicht zur planktischen Lebensweise überzugehen. Charakteristisch ist die Zeit ihres häufigsten Auftretens gegen Ende des Sommers, wenn das Tiefenwasser die minimalen Sauerstoffwerte erreicht.

Cladothrix dichotoma C o h n.

Wir fanden diese Bakterie nur in den Monaten Januar und März bei der tiefsten Stelle in einem Vertikalzug von 10—5 m Tiefe. Da die Möglichkeit der Identität von *Cladothrix dichotoma* mit dem Abwasserorganismus *Sphaerotilus natans* K g. besteht, vermuten wir, daß die Bakterie vom Aabach mitgeschwemmt und bis in die Seemitte getragen wurde. Es dürfte sich somit in unserem Falle um eine tychoplanktische Form handeln.

Chromatium Okenii (E.) P e r t y

fand sich in Tiefen von 25—30 m am häufigsten in den Monaten September bis Januar. Im Oktober zählten wir in 30 m Tiefe (ob Grund) 1948, im November 152 und im Dezember 420 Zellen pro Kubikzentimeter. Nach Untersuchungen von D ü g g e l i (1924, S. 204), könnte es sich um eine Varietät der genannten Art handeln. Jedenfalls scheint die Vermehrung von *Chromatium* auch im Greifensee mit der Bildung von Schwefelwasserstoff im Tiefenwasser (gegen Ende des Sommers) zusammenzuhängen. Massenentwicklung bis zur Rotfärbung des Wassers trat im Untersuchungsjahr nicht auf.

Schizophyceae (Blaualgén).

Microcystis aeruginosa K g. (Syn. *Clathrocystis aeruginosa* [K g.] H e n f r.)

wurde von B a c h m a n n (1901, S. 236) am 25. August 1898 « häufig » beobachtet und am 28. Oktober 1908 von G u y e r (1910, S. 45) « nicht selten ». Wir fanden die Alge im Jahre 1941 in den Monaten Juli bis Oktober über die ganze Seefläche verteilt, vor allem in Tiefen von 0—5 m, aber nie in Massen. Am häufigsten war sie im August und September, im oberen Seeteil etwas häufiger als im unteren.

Microcystis punctiformis K i r c h n.

von G u y e r (1910) beobachtet, worüber aber keine genaueren Angaben vorliegen. Diese Art ist bei H u b e r (1938) nicht aufgeführt und dürfte nahe verwandt oder identisch sein mit der folgenden.

Microcystis holsatica L e m m.

hat große Ähnlichkeit mit *M. aeruginosa*; ihre Zellen sind aber viel kleiner. Sie trat vereinzelt im März auf, sodann im September und ziemlich häufig im Oktober.

Chroococcus minutus (K g.) N a e g.

wurde von G u y e r (1910, S. 45) festgestellt, nachdem C h o d a t (1898) die *var. viridis* gefunden hatte.

Chroococcus limneticus L e m m.

war von Juli bis November an verschiedenen Probenahmestellen im Epilimnion vereinzelt vorhanden.

Gloeocapsa spec.

wird von G u y e r (1910, S. 45) aufgeführt, doch dürfte es sich hierbei um eine tychoplanktische Form handeln.

Gomphosphaeria lacustris C h o d.

von G u y e r (1910, S. 45) am 28. Oktober 1908 erwähnt und als seltener Winterplankter bezeichnet (S. 89). Bei unserer Untersuchung

trat die Alge in den Monaten Mai bis Juli an fast allen Stellen auf und dann bis zum Dezember nur noch in wenigen Proben vereinzelt. Die Vertikalverteilung erstreckte sich im Mai bis 10 m Tiefe.

Gomphosphaeria gryphia G a m s.

Der Autor (G a m s, 1922) fand die « fast farblose » Alge beinahe während des ganzen Jahres, in größeren Mengen jedoch nur im Winter, und zählte in einer Schöpfprobe von der Oberfläche im Februar 1915 « zehn der kleinen *Gomphosphaeria*-Kolonien pro Kubikzentimeter ». Die von uns gefundene *G. lacustris* trat nicht annähernd so häufig auf, doch besteht Wahrscheinlichkeit, daß sie mit der von G a m s gefundenen Art identisch sei.

Coelosphaerium Kuetzingianum N a e g.

von B a c h m a n n (1901, S. 236) am 25. August 1898 häufig gefunden und von G u y e r (1910, S. 45) bestätigt, war 1941 in Tiefen bis 10 m im ganzen See vereinzelt vorhanden in den Monaten Juni bis November.

Coelosphaerium Naegelianum U n g.

Die Abgrenzung dieser Art gegen *C. Kuetzingianum* ist heute noch nicht so weit sichergestellt, daß ein Zusammenziehen beider Arten außer Frage steht. Da hierzu die Durchsicht von viel Material und wenn möglich Kulturversuche nötig sind, können wir keine abklärende Ergänzung beibringen, weil die Alge im Greifensee immer nur vereinzelt auftrat. Falls es sich im Jahre 1941 nicht um Spezialformen von *C. Kuetzingianum* handelte, haben wir *C. Naegelianum* in den Monaten Oktober und November im unteren Seeteil gefunden. Weitere Beachtung ist dem Vorkommen von *C. pusillum* v a n G l o o r zu widmen, das wir im Oktober und Dezember gesehen zu haben glauben.

Als eingehender zu prüfende Beobachtung sei erwähnt, daß wir (im November) *Kuetzingianum*-Formen bei mit Formalin getötetem Material häufiger im Bodensatz fanden, *Naegelianum*-Formen dagegen schwimmend.

Merismopedia elegans B r a u n.

von G u y e r (1910, S. 45) gefunden, während wir *M. punctata* M e y e n im Oktober bei der schmalsten Stelle und *M. tenuissima* L e m m. im Juli bei Stuhlen feststellten. Das Auftreten dieser Arten war zweifellos nur tychoplanktisch.

Anabaena circinalis R b h.

ist nur von B a c h m a n n gefunden worden am 25. Oktober 1898. Vielleicht handelt es sich um eine Verwechslung mit der seither beobachteten

Anabaena flos-aquae (L y n g b.) Br é b.

die G u y e r (1910, S. 49) am 28. Oktober 1908 als « selten » erwähnt. Nach G a m s (1922) kommt sie während des ganzen Jahres vor, in größeren Mengen jedoch nur im Winter, und ist dicht mit farblosen Glockentierchen besetzt; damals trat sie als Wasserblüte häufig auf. Heute noch beachtenswert sind folgende Bemerkungen von G a m s (S. 16) : « Im letzten Jahrzehnt scheint diese Art in starker Zunahme begriffen; eine starke Wasserblüte scheint sie zum erstenmal im Winter 1912/13 gebildet zu haben. Da die meisten Blaualgen verschmutztes Wasser bevorzugen, hängt das wohl mit der stärkeren Verschmutzung des Greifensees zusammen, ebenso wohl das massenhafte Auftreten der kleinen Geißelalge *Cryptomonas erosa* E h r b g. und der *Gomphospharia gryphia* G a m s. » — Seither fand indessen die Invasion des Greifensees durch *Tabellaria fenestrata* (L y n g b.) K g. statt, die sich in enormen Massen ausbreitete und *Anabaena* wieder zurückdrängte.

Im Jahre 1941 war *A. flos-aquae* ziemlich häufig in den Monaten November und Dezember im ganzen Gebiet des Sees. Im Pumpplankton vom 17. November trat sie in Tiefen bis 10 m reichlich, bei 15 m häufig und bei 20 m noch vereinzelt auf. Auch in den Monaten Juli bis Oktober und im Januar fanden wir sie stellenweise, im Frühjahr und Frühsommer nur ganz vereinzelt. Ihre Bedeutung als Planktonalge ist, falls unsere Beobachtungen verallgemeinert werden dürfen, in den letzten 20 Jahren wieder zurückgegangen.

Anabaena Minderi H.-P.

die erst im Greifensee und nur im September 1935 gefunden wurde (H u b e r, 1938, S. 220), scheint wieder restlos verschwunden zu sein.

Oscillatoria rubescens D. C.

ist nach den bisherigen Publikationen aus dem Greifensee nicht bekannt. Da dieser Alge im benachbarten Zürichsee in Zusammenhang mit der Eutrophierung eine überaus wichtige Bedeutung zukommt und ihr Massenauftreten auch in anderen Seen an den limnologischen Verhältnissen einen bestimmenden Anteil nimmt, haben wir der Frage nach ihrem heutigen Auftreten im Greifensee besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Um von Anfang an eine Verunreinigung der Proben durch am Netz klebendes Plankton aus anderen Seen zu vermeiden, benützten wir im Greifensee nur Planktonnetze, die noch für kein anderes Gewässer verwendet worden waren. Als wir dann in den Monaten Januar bis April an verschiedenen Stellen des Sees im Oberflächenplankton ganz vereinzelt *Oscillatoria*-Fäden fanden, die in jeder Beziehung mit *O. rubescens* übereinstimmten, gewann die gestellte Frage für uns an Interesse, weil *O. rubescens* aus den Gewässern unseres Gebietes nur bekannt ist, wenn

sie in größeren Mengen auftrat. Endgültig wollten wir die Identität der im Greifensee gefundenen *Oscillatoria* mit *O. rubescens* erst abklären, wenn mehr Untersuchungsmaterial zur Verfügung stand. Das war im Monate Mai möglich, als wir im Vertikalplankton von 0—15 m Tiefe, besonders aber bei 5—10 m Tiefe die gesuchte *Oscillatoria* ziemlich häufig fanden; etwas seltener war sie im Juni, um in den folgenden Monaten nur noch ganz vereinzelt aufzutreten.

Eingehende Untersuchungen führten uns zur Überzeugung, daß es sich bei der vorliegenden Alge um *O. rubescens* handle. Nachdem Herr Prof. Dr. O. J a a g über diese Alge spezielle Untersuchungen ausgeführt hatte (J a a g, 1941), wollten wir es indessen nicht versäumen, auch seine Ansicht über die zu bestimmende Alge zu hören. Herr Prof. J a a g hatte die Freundlichkeit, die kritische Nachprüfung durchzuführen, wofür wir ihm auch hier den besten Dank aussprechen. Er kam zum Schluß, daß die gefundene *Oscillatoria* eindeutig mit *O. rubescens* zu identifizieren sei.

Somit steht heute fest, daß *Oscillatoria rubescens* den Greifensee bewohnt, wenn auch in geringen Mengen. Warum sie sich vorläufig nicht in Massenentwicklungen ausbreitet, ist noch nicht mit Sicherheit zu sagen. Möglicherweise steht der hohe Kalkgehalt des Greifenseeewassers damit in Zusammenhang.

Bekanntlich ist es gerade *O. rubescens*, die sich zeitweise auf der Wasseroberfläche und am Ufer sehr unliebsam bemerkbar macht, indem sich die Algenfäden in großer Zahl zu Fladen zusammenballen; diese sterben ab, faulen und breiten übelriechende Dünste aus. Im Greifensee traten solche Erscheinungen glücklicherweise noch nicht auf.

Ferner scheint aus den Verhältnissen im Zürichsee hervorzugehen, daß diese Blaualge nach ihrem Absterben und beim Absinken zum Seegrund in hohem Maße vom Sauerstoff des Tiefenwassers zehrt und damit die Lebensbedingungen der sauerstoffliebenden Organismen (als Fischnahrung dienende Grundfauna, Zooplankton und Fische) bis zur Unträglichkeit verschlechtert. Ob *O. rubescens* auch im Greifensee plötzlich in großen Massen auftreten wird zum Nachteil des Sees, oder ob die natürliche chemische Zusammensetzung der im Wasser gelösten Stoffe dies verhindert, ist noch nicht vorauszusagen; wir hoffen, daß letzteres der Fall sei.

Oscillatoria cf. tenuis A g.

fanden wir vereinzelt bei der tiefsten Stelle im Januar. Mangels genügenden Materials ist ihre Bestimmung nicht ganz sicher; sie scheint nur tychoplanktisch aufgetreten zu sein. Eine weitere, nicht näher bestimmte *Oscillatoria*-Art fand B a c h m a n n (1901) als wohl ebenfalls tychoplanktische Form.

Flagellatae (Geißelalgen).

Zunächst dürften einige Zahlenangaben über die Häufigkeit der einzelligen Flagellaten interessieren (pro Kubikzentimeter) :

	14. Oktober 1941	6. November 1941	3. Dezember 1941	6. Mai 1942
Oberfläche	194	261	56	1484
5 m Tiefe	190	196	56	2764
10 » »	42	72	46	1708
20 » »	4	—	26	542
30 » »	4	6	—	126

Beim Überblicken dieser Zahlen ist beachtenswert, daß sich die Flagellatenmenge im November 1941 nur unwesentlich erhöhte, obschon sich damals *Tabellaria fenestrata* um rund das Achtfache vermehrte. Das Frühjahr scheint demnach für die Flagellatenentwicklung günstiger zu sein als der Herbst. Von diesen einzelligen Flagellaten bestimmten wir nur die wenigen, im folgenden aufgeführten.

Chromulina pyriformis B a c h m. und cf. *Chr. gigantea* N a u m a n n.

Die beiden Arten sind noch nicht mit Sicherheit voneinander abgegrenzt. Wir fanden einzelne Individuen bis zu 45 μ Länge und 21 μ Breite mit 21 μ langer Geißel, während des ganzen Jahres vereinzelt, etwas häufiger im März. Eine einwandfreie Beschreibung dürfte erst bei einer Massenentwicklung möglich sein.

Mallomonas P e r t y

G u y e r (1910, S. 89) fand *M. producta* I w a n o f f als Winterform, während G a m s (1922) bemerkt, daß *M. dubia* L e m m. oft im Winter erscheine. In unseren Planktonfängen war *Mallomonas* nur vom Dezember bis April in wenigen Exemplaren vorhanden; wir bestimmten *M. caudata* I w a n o f f.

Uroglena americana C a l k i n s (Syn. *Uroglenopsis americana* [C a l k.] L e m m.)

wird von G a m s erstmals aus dem Greifensee erwähnt als « eigentliche Herbst- und Winterform », die das Wasser bei reichlichem Auftreten trüb gelbgrün färbt.

Wie wichtig *Uroglena* für den Greifensee als Planktonbildner sein kann, erfuhren wir am 5. Juli 1939. Damals berichtete uns die Gesundheitsbehörde von Uster, das Wasser des Greifensees sei in der Gegend des Strandbades Uster stark trüb, bräunlich-gelb und von durchdringend üblem Geruche. Auftragsgemäß entnahmen wir am gleichen und am folgenden Tage Proben zur chemischen, bakteriologischen und biologischen Untersuchung, wobei wir durch Augenschein feststellten, daß es sich um eine Wasserblüte handelte. Unter dem Mikroskop erkannten wir als Erreger *Uroglena americana*.

Bei einer Wassertemperatur von 26° C hatte das Oberflächenwasser eine Durchsichtigkeit von nur 6 cm (bestimmt nach der Leseprobe); am 6. Juli stieg sie auf 35 cm. Ungewöhnliche Zahlen ergab auch die chemische Untersuchung. Das Wasser ($\text{pH} = 8,0$) war nicht fäulnisfähig (Methylenblauprobe), enthielt keinen Schwefelwasserstoff, und die freie Kohlensäure war an der Oberfläche aufgezehrt. Während der Sauerstoffgehalt mit 12,8 mg/l und die Sauerstoffsättigung mit 168 % sich als sehr günstig erwiesen, stiegen die Sauerstoffzehrung mit 72 % und der biochemische Sauerstoffbedarf mit 97 % erschreckend hoch (am 6. Juli 17 % und 48 %). Entsprechend hoch lag der Kaliumpermanganatverbrauch mit 41 mg/l. Daß dabei neben 2,9 mg/l Nitrat noch 0,3 mg/l Nitrit und sogar 0,3 mg/l freies Ammoniak auftraten, überraschte in diesem Zusammenhang nicht mehr. Phosphat ließ sich deutlicher nachweisen, jedoch weniger als 0,1 mg/l. Die Härte betrug 17,5° F, der Chloridgehalt 4,5 mg/l, der Trockenrückstand 217 mg/l, wovon beim Glühen 62 % als Asche zurückblieben.

Im Gegensatz zu den chemischen Untersuchungszahlen blieb der Bakteriengehalt im üblichen Rahmen (in Klammer die Untersuchung vom 6. Juli) :

Keimzahl 102 (280) pro Kubikzentimeter, Colikeime auf Endoagar 13 (16) pro Kubikzentimeter, Colititer 0,1 (0,1).

Alle diese Beobachtungen weisen darauf hin, daß die unangenehmen Erscheinungen am Seewasser, wie gelbbraune Trübung und tranig-öliger Fischgeruch nur durch das Massenauftreten von *Uroglena* hervorgerufen wurden. Als gefährliche Nebenerscheinung ist die beim Absterben der Algen auftretende, überaus große Sauerstoffzehrung hervorzuheben, die unter Umständen Fischsterben zur Folge haben könnte. Interessant ist, daß sich die *Uroglena*-Massenentwicklung am 5. Juli 1939 nicht mit gleicher Intensität über den ganzen See ausbreitete, sondern in einem Umkreis von einigen hundert Metern auf das Gebiet vom Strandbad Uster beschränkt blieb.

Während des Untersuchungsjahres 1941 fanden wir *Uroglena* vereinzelt fast in allen Monaten, am seltensten von Mai bis Juli. Sehr reichlich trat sie im September auf und nahm im Oktober wieder ab. Nachdem G u y e r (1910) und frühere Beobachter die Alge als Greifenseeplankter nicht erwähnten und G a m s (1922) sie unseres Wissens zum erstenmal fand, scheint ihre Einwanderung Hand in Hand mit der Eutrophierung des Sees vor sich gegangen zu sein. Ihr zeitweise massenhaftes Auftreten in den letzten Jahren verstärkt diese Auffassung.

Dinobryon sertularia E h r e n b g. (Syn. *D. thyrsoideum* C h o d a t)

von C h o d a t (1898) gefunden, ebenso von B a c h m a n n (1901) am 25. August 1898 vereinzelt. Über die von C h o d a t aufgestellte Art

D. thyrsoides bemerkt B a c h m a n n (S. 207): « Meine Planktonproben vom Jouxsee und Greifensee enthielten ein *Dinobryon*, welches C h o d a t offenbar als *thyrsoides* bezeichnete. Mit dem besten Willen kann ich diese Form nicht von *D. sertularia* trennen. » G u y e r (1910, S. 58) fand *D. sertularia* vom April bis im Dezember, mit maximaler Entwicklung im Oktober; nach G a m s (1922) erscheint es im Herbst.

Wir beobachteten *D. sertularia* vom April bis zum Oktober, aber nie häufig. Nach allen, sich über Jahrzehnte erstreckenden Untersuchungen, die sich im ganzen decken, darf das Vorkommen der Art als regelmäßig bezeichnet werden.

Dinobryon bavaricum I m h o f (Syn. *D. stipitatum* S t e i n)

von B a c h m a n n (1901) am 25. August 1898 und von G a m s (1922) als « eigentliche Herbst- und Winterform » bezeichnet. Wir fanden diese Art nur vereinzelt von September bis November.

Dinobryon sociale E h r e n b e r g (Syn. *D. stipitatum* var. *lacustris* C h o d.)

wurde von G u y e r (1910, S. 58) als « ein typischer Sommerplankter » in den Monaten April bis November gefunden, mit deutlichem Maximum in den Monaten Juni und Juli und kleinerem Maximum im Oktober. G a m s (1922) dagegen bezeichnet *D. sociale* als « eigentliche Herbst- und Winterform ».

Im Jahre 1941 war die Alge vom März bis zum November vorhanden; maximale Entwicklung erfolgte im Mai. Während G u y e r ausdrücklich bemerkt, sie in Kolonieform gefunden zu haben, sahen wir weitaus am häufigsten nur getrennte Becherchen. Dieser Unterschied verdient auch bei späteren Untersuchungen Beachtung.

Dinobryon divergens I m h o f (Syn. *D. cylindricum* var. *divergens* [I m h.] L e m m.)

von B a c h m a n n (1901) am 28. August 1898 dominierend gefunden. Nach G u y e r (1910, S. 89) perennierend vorhanden, im Sommer etwas häufiger als im Winter, während G a m s (1922) die Alge als Herbst- und Winterform bezeichnet. Wir fanden sie von Mai bis Oktober, häufig besonders im August. Die im Mai vorhandenen einzelschwimmenden Individuen wurden im Spätsommer durch Kolonien ersetzt.

Dinobryon E h r e n b.

Unsere Bemerkungen über das Auftreten von *Dinobryon* zusammenfassend, fanden wir die Gattung fast ausschließlich vom März bis zum Dezember. Bei einem Maximum im Mai überwogen Einzelindividuen von *D. sociale*, vermischt mit einzelnen *D. divergens*-Zellen und *D. sertularia*-Kolonien. Ein zweites Maximum bildete *D. sociale* in einzelnen Becherchen im August (bei der Mönchaltorfer Aa schon im Juli), während

jetzt *D. sertularia* und *D. divergens* in Kolonieform erschienen. Wir wollen damit andeuten, wie schwierig es ist, etwas über Koloniebildung bzw. -auflösung von *Dinobryon* auszusagen. Rasche Vermehrung und Kolonieauflösung scheinen z. T. parallel zu gehen.

Daß wir, insbesondere im Oktober 1941, auch Übergangsformen zwischen einzelnen *Dinobryon*-Arten fanden, sei hier nur angedeutet. Bachmann (1901, S. 207) hatte schon darauf aufmerksam gemacht: « Wenn eine Gattung der Plankter geeignet ist, die Ansicht von der Konstanz der Arten zu erschüttern, so ist es *Dinobryon*. » Ähnliche Angaben machten Lauper (1940, S. 459) und neuerdings sehr eingehend Braun (1943). Wir sind deshalb bei den *Dinobryon*-Arten des Greifensees nicht auf Varietätenbestimmungen eingegangen.

Cryptomonas erosa Ehrbg.

trat bei den Untersuchungen von Gams (1922) zeitweise massenhaft auf, was 1941 nicht der Fall war. Vereinzelt fanden wir die Flagellate fast in allen Monaten.

Gymnodinium helveticum Pénard

ist nach Gams (1922) « in den Wintermonaten im Greifen- und Zürichsee nicht selten ». Wir fanden es nur vereinzelt im Dezember. Guyer (1910, S. 58) gibt als typischen Sommerplankter *G. palustre* Schill. an. Die Gattung war früher im Verhältnis zum übrigen Plankton zweifellos häufiger.

Glenodinium pusillum (als Sommerform) und *Gl. uliginosum*

wurden von Guyer gefunden, nicht aber von Gams und uns.

Peridinium goslaviense Wolosz.

trägt auf der Epivalva eine Ausstülpung (Apikalblase) und an der Hypovalva einen stachelähnlichen Anhang. Diese mit charakteristischen Merkmalen versehene Peridinee, aus dem Greifensee bisher nicht bekannt, trat anfangs und Ende März über den ganzen See verteilt im Oberflächenplankton ziemlich häufig auf. Am 28. März beobachteten wir bei einzelnen Individuen innerhalb des Panzers die Bildung von dunkelbraunen Dauersporen ($36 \times 30 \mu$).

Peridinium cinctum (Müll.) Ehrbg.

wurde von Bachmann (1901), Guyer (1910) und Gams (1922) in den Sommermonaten häufig beobachtet. Wir fanden es 1941 weniger häufig als *P. Willei*.

Peridinium tabulatum (Ehrbg.) Clap. et Lachm.

ist im Greifensee erst von Chodat (1898) und Guyer (1910) gefunden worden. Da die Form leicht übersehen werden könnte, ist weiterhin auf sie zu achten.

Peridinium Willei H u i t f. - K a a s.

trat bei unserer Untersuchung häufiger auf als *P. cinctum*. Vereinzelt von März bis Dezember vorhanden, entwickelte es sich maximal (= ziemlich häufig) im August.

Ceratium hirundinella O. F r. M ü l l.

von C h o d a t (1898), B a c h m a n n (1901), G u y e r (1910) und G a m s (1922) häufig beobachtet; war auch 1941 einer der häufigsten Plankter mit maximaler Entwicklung im Juli und August. Im September und Oktober bildeten sich Dauerstadien. Erwähnt sei das reichliche Auftreten einer zum *gracile*-Typus gehörenden Form im Januar in Tiefen von 5—10 m. Im übrigen lassen wir uns an dieser Stelle auf die verschiedenen Unterarten nicht ein.

Vacuolaria virescens C i e n k.

wurde nur von G u y e r (1910, S. 90) gefunden, häufig während der wärmeren Jahreszeit (Länge 70 μ). Wir halten eine Verwechslung nicht für ausgeschlossen.

Stylosphaeridium inhaerens (B a c h m.) P a s c h e r.

Diese grüne Flagellatenalge lebt zusammen mit Spirillen und Bakterien epiphytisch auf *Anabaena*-Kolonien. Anscheinend dieselbe Form geht im Winter zeitweise auf *Cyclops* und *Diaptomus*, seltener auf *Daphnia* über, auf denen sie sich in Massen ansiedelt und grüne Überzüge bildet.

Colacium vesiculosum E h r b g.

von G a m s (1922) « auf Krebsen oft in Menge festsitzend » gefunden; 1941 von März bis Mai besonders auf *Diaptomus*.

Phacotus lenticularis S t e i n

war am 25. September im Gebiete der Aabachmündung häufig. Vermutlich stammte er aus dem Pfäffikersee, in dem wir am 1. Oktober 1942 eine *Phacotus*-Wasserblüte beobachteten.

Gonium pectorale O. F. M ü l l e r

im Januar nicht selten, wohl nur tychoplanktisch.

Pandorina morum (O. F. M ü l l e r) B o r y,

auch von G u y e r (1910) gefunden, war in unserem Untersuchungsjahr selten.

Eudorina elegans E h r b g.

von G u y e r (1910, S. 89) und G a m s (1922) als Sommerform erwähnt. 1941 fehlte sie im Sommer, trat vom Oktober an vereinzelt auf, um sich von Januar bis März im Oberflächenwasser in Massen zu ent-

wickeln; dann fand sie sich auch reichlich im Darm von *Asplanchna priodonta* und *Keratella cochlearis*. Am 6. Mai 1942 zählten wir im Oberflächenwasser 14 Kolonien pro Kubikzentimeter, in 5 und 10 m Tiefe 10 pro Kubikzentimeter, während sie in 20 und 30 m Tiefe fehlte.

Bicosoeca lacustris J. Clark

trat vorwiegend auf *Melosira islandica* und *Fragilaria crotonensis* auf, fast ausschließlich in den Monaten Oktober bis März. Als Beobachtung sei erwähnt, daß die Geißel stets so zum Gehäuse hinausgeschoben wird, daß das distale Ende die Gehäuseöffnung zuletzt verläßt.

Salpingoeca frequentissima (Zach.) Lemm. (Syn. *Diplosiga frequentissima* Zach.)

ist aus dem Greifensee bekannt durch Bachmann (1901, S. 228) und Guyer (1910, S. 87): « Sobald *Asterionella* im Greifensee über 70 μ lang ist, fehlen ihr jene Epiphyten. » Auch wir fanden *Salpingoeca* im Greifensee, doch seltener als z. B. im Zürichsee.

Chlorophyceae (Grünalgen).

Dactylococcus raphidioides Hansg.

trat nur im Juli vereinzelt auf; als Planktonbildner kommt ihm vorläufig wenig Bedeutung zu.

Chlorangium cf. *stentorinum* (Ehrbg.) Stein

sahen wir gelegentlich als Epiphyt von *Cyclops*; für eine sichere Bestimmung wäre mehr Beobachtungsmaterial nötig gewesen.

Botryococcus Braunii Kg.

von Bachmann (1901) und Guyer (1910) vereinzelt, von Gams (1922) etwas häufiger gefunden; verbreitete sich von September bis November 1941 in geringer Menge über das Oberflächenwasser des ganzen Sees.

Sphaerocystis Schroeteri Chod. (Syn. *Gloeococcus Schroeteri* [Chod.] Lemm.)

ist aus dem Greifensee bekannt durch Chodat (1898), Bachmann (1901) und Guyer (1910); Gams (1922) fand die Alge « jeden Sommer in Menge ». Im Jahre 1941 trat sie in den Monaten Juni und Juli häufig auf, sonst nur vereinzelt vom April bis zum Oktober und im Dezember. Sie bewohnte nur oberflächliche Wasserschichten.

Dictyosphaerium Ehrenbergianum Naeg.

war in den Monaten August und September im Gebiet von Uster und Maur ziemlich häufig zu finden; vermutlich wurde es vom Aabach aus kleineren Bächen mitgebracht.

Oocystis lacustris Chodatt

nur in den Monaten Juli bis Oktober; ziemlich selten.

Eremosphaeria viridis De By.

von Chodatt (1898) und Guyer (1910) vereinzelt gefunden, von uns nur im August (Größe 50 bis 70 μ). Die Gattung scheint erneuter Durchsicht zu bedürfen.

Ankistrodesmus lacustris (Chod.) Osterf. (Syn. *Rhaphidium* Kütz.)

war im Januar an beiden Ufern als Litoralplankter zu finden.

Scenedesmus curvulatus Bohlin

von Gams (1922) beobachtet, trat im Juli, November und Dezember 1941 vereinzelt auf.

Coelastrum sphaericum Naeg.

beobachteten wir in typischen Exemplaren nur selten im August. In der Gallerthülle lebten oft radiär angeordnete Bakterien.

Micractinium pusillum Fresn. (Syn. *Richteriella botryoides* Lemm., *Golenkinia botryoides* Schmidle)

ist eine der zierlichsten Planktonalgen des Greifensees. Wir fanden sie auf der Ostseite des Greifensees am 27. Juli ziemlich häufig, ein zweites Mal im November. Obschon die Alge im Untersuchungsjahr im ganzen selten auftrat, kommt ihr als Eutrophierungsindikator eine gewisse Bedeutung zu, da Bachmann (1931) sie im Rotsee ebenfalls sporadisch traf.

Nephrocytium Agardhianum Naeg.

war von Juli bis Oktober nicht selten und über den ganzen See verbreitet.

Tribonema spec.

trat von Januar bis Mai im Epilimnion nur vereinzelt auf, so daß wir uns nicht an eine Artbestimmung wagten.

Pediastrum Boryanum Menegh.

von Guyer (1910, S. 46) gefunden, trat 1941 in verschiedenen Monaten unregelmäßig und vereinzelt auf.

Conjugatae (Jochalgen).

Closterium moniliferum Ehrbg.

fanden wir nur im unteren Seeteil, also im Einflußbereich des Aabaches, in den Monaten April bis Mai und im Oktober. Krieger (1937, S. 291) bezeichnet die Art als Bewohner eutropher Gewässer. Ob sie in unserem Falle vom Aabach eingeschwemmt wurde und sich im

offenen See schwebend halten konnte, oder ob sie als echter, sporadisch auftretender Plankter zu betrachten ist, bleibe weiteren Beobachtungen überlassen.

Cosmarium scenedesmus D e l p.

von C h o d a t (1898) und G u y e r (1910) angegeben.

Cosmarium depressum (N ä g e l i) S u n d.

von G a m s (1922) « vereinzelt » gefunden.

Cosmarium subtumidum N o r d s t.

war nach unseren Beobachtungen in fast allen Monaten vereinzelt vorhanden. Die Art hat viel Ähnlichkeit mit *C. phaseolus* B r é b.

Cosmarium ochthodes N o r d s t.

trat im Juli 1941 im Gebiete der tiefsten Stelle auf und stammt möglicherweise aus dem Aabach.

Staurostrum gracile R a l f s

von G u y e r (1910, S. 46) beobachtet; war während des ganzen Jahres 1941 nur vereinzelt vorhanden, etwas häufiger im August bei der schmälsten Stelle des Sees.

Mougeotia spec.

Einzelne Fäden eines Vertreters dieser Gattung traten in den Monaten Februar bis Juli an verschiedenen Stellen des Sees auf. Die Zellen maßen 7 bis 10 \times 60 bis 130 μ . Eine genaue Bestimmung war infolge Fehlens von Fruktifikationsorganen nicht möglich. Da im Zürichsee eine analoge, planktische *Mougeotia* vorkommt, könnte auch diese Greifenseealge als Plankter Bedeutung erlangen. Im Zürichsee macht sich *Mougeotia* gelegentlich an Fischernetzen unangenehm bemerkbar, indem sie sich daran flockenbildend festsetzt.

Bacillariaceae (Diatomeen, Kieselalgen).

Melosira varians C. A. A g a r d h

von G u y e r (1910) beobachtet. Wir fanden sie im Plankton nicht, wohl aber vereinzelte Skelette im Seeschlamm; kommt wohl nur tycho-planktisch vor.

Melosira italica (E.) K g.

G u y e r (1910) bemerkt, daß sie im November rasch zunimmt, im Dezember und Januar dominiert und auch im Sommer noch vereinzelt vorhanden ist. G a m s (1922) fand sie im Winter. 1941 war *M. italica* im Plankton nicht nachweisbar, wohl aber die nachfolgend erwähnte *M. islandica*. Wir hielten deshalb eine Verwechslung der beiden Formen

bei früheren Untersuchungen für möglich; Untersuchungen an Schlammprofilen belehrten uns jedoch eines bessern. Erst im obersten Zentimeter der Seeschlamm-Ablagerung läßt sich *M. islandica* nachweisen, während in den unteren Schichten die typische *M. italica* häufig vorhanden ist, was die Bestimmungen der genannten Autoren bestätigt.

Melosira islandica ssp. *helvetica* O. Müller

war bei unseren Untersuchungen häufig in den Monaten Dezember bis März, vereinzelt aber während des ganzen Jahres besonders im Metalimnion vorhanden; im Januar sehr oft Verjüngungsstadien beobachtet. Aus dem vorher Gesagten ist zu schließen, daß *M. islandica* erst in den letzten Jahren den Platz von *M. italica* eingenommen und diese verdrängt hat. Ob daran die zunehmende Eutrophierung schuld ist, können parallele Beobachtungen an anderen Seen beantworten helfen.

Cyclotella operculata (Ag.) K g.

bisher nur von Chodat (1898) erwähnt.

Cyclotella Kützingiana Thwaites

wird von Guyer (1910) und Gams (1922) aufgeführt.

Cyclotella compta (E.) K g.

von Bachmann (1901) und Guyer (1910) vereinzelt erwähnt; von uns im Dezember 1941 in wenigen Exemplaren gefunden.

Cyclotella bodanica Eulens t.

wurde von Guyer (1910) gefunden und ist in den tieferen Schichten des Seeschlammes leicht nachzuweisen.

Cyclotella quadrijuncta (Schroter) em. Hustedt

von Guyer (1910) und Gams (1922) erwähnt.

Cyclotella comensis Grun. (Syn. *C. melosiroides* [Kirchn.] Lemm.)

von Chodat (1898) und Guyer (1910, S. 45) beobachtet und von Gams (1922) als « unter den Kieselalgen besonders häufig » erwähnt. Sie trat bei unseren Untersuchungen vom Januar bis März vereinzelt auf, hatte also als Plankter keine große Bedeutung; Durchmesser 8 bis 12 μ , meist einzeln.

Cyclotella Kütz.

Aus dieser Aufzählung geht deutlich hervor, daß die Gattung *Cyclotella* noch vor 20 Jahren als Planktonbildner quantitativ und qualitativ eine viel größere Bedeutung hatte als heute. Sie war 1941 so selten, daß ihr Nachweis Mühe bereitete. Dieser Rückgang kann kein Zufall sein, sondern dürfte mit der Änderung der limnologischen Verhältnisse zusammenhängen.

Tabellaria flocculosa (R o t h) K g.

nennt G u y e r (1910, S. 90) « im eulimnetischen Plankton so überaus häufig, daß ich sie ohne weiteres dieser Vergesellschaftung beifügen würde ». Wir fanden sie nur vereinzelt in verschiedenen Monaten, unabhängig von Jahreszeit und Probenahmestelle.

Tabellaria fenestrata (L y n g b.) K g.

fehlte dem Greifensee, wie aus Untersuchungen an Schlammprofilen hervorgeht, bis zirka 1930 fast ganz. Eine genaue Datierung ihrer Invasion dürfte nicht mehr möglich sein, da der Tiefenschlamm des Greifensees keine ausgeprägte Jahresschichtung aufweist wie z. B. derjenige des Zürichsees. Erstmals und bereits zeitweise dominierend genannt wird sie von W a s e r, H u s m a n n und B l ö c h l i g e r (1934, S. 354) (cf. auch T h o m a s, 1941, S. 44).

Zu Beginn des Jahres 1941 spärlich vorhanden, entfaltete *Tabellaria* im oberen Seeteil schon im März eine Massenentwicklung, die erst im April auf den unteren Seeteil übergriff. Im August trat sie von ihrer dominierenden Stellung zurück, um sie im Oktober bis November wieder zu erreichen, worüber einige Zahlen Auskunft geben; sie beziehen sich auf das Gebiet der tiefsten Stelle und bedeuten Kolonien pro Kubikzentimeter :

Tiefe	14. Oktober 1941	6. November 1941	3. Dezember 1941	6. Mai 1942
0,3 m	336	2440	52	4
5 m	336	2424	45	6
10 m	66	1730	47	26
20 m	0	189	57	1
30 m	0	106	31	1

Diatoma elongatum (L y n g b.) A g.

trat von März bis Mai im ganzen See ziemlich häufig bis vereinzelt auf, am häufigsten im April in Tiefen bis 10 m.

Fragilaria crotonensis K i t t o n (Syn. *F. crotonensis* var. *subprolongata* S c h r ö t. et V o g l e r)

von C h o d a t (1898) und B a c h m a n n (1901) erwähnt; nach G u y e r (1910, S. 56) ein perennierender Plankter, aber im Sommer weniger zahlreich als im Winter (Maximum im November 1910 bei 7,9° C); nach G a m s (1922) im November und Februar in Menge.

Wir fanden *F. crotonensis* von Februar bis anfangs März vereinzelt, dann häufiger bis zu einer reichlichen Entwicklung im Mai, worauf sie wieder zurücktrat, um im August zuzunehmen und im September zu dominieren. Gegen Jahresende nahm ihre Zahl wieder rasch ab, in Kolonien pro Kubikzentimeter :

Tiefe	14. Oktober 1941	6. November 1941	3. Dezember 1941	6. Mai 1942
0,3 m	182	81	0	2
5 m	216	76	0	6
10 m	12	29	0	4
20 m	8	0	5	2
30 m	0	0	8	1

Es scheint somit, daß im Herbst *Tabellaria fenestrata* die *Fragilaria crotonensis* gegenüber früher verdrängt.

Fragilaria capucina Desmaz.

nach Guyer (1910) im November « in ziemlicher Menge ». Im Jahre 1941 nur vereinzelt von Januar bis Juni an verschiedenen Stellen.

Fragilaria virescens Ralfs

nur von Guyer (1910) als vereinzelt und perennierend erwähnt.

Asterionella gracillima (Hantzsch) Heiberg

von Chodat (1898) und Bachmann (1901) nicht selten gefunden. Guyer (1910, S. 55) nennt sie kälteliebend und fand namentlich kurz vor oder nach Zufrieren des Sees fast reines *Asterionellaplankton*. « Mit zunehmender Wassertemperatur geht sie zurück und fehlt im August fast vollständig. » Ein kleineres Herbstmaximum im Oktober bis November nahm bis anfangs Januar wieder ab. Gams (1922) zählte am 6. Februar 1915 15 Kolonien pro Kubikzentimeter und sah sie bis im April. Im Jahre 1941 fanden wir nur

Asterionella formosa Hassal.

Bei der vorher als *A. gracillima* bezeichneten Form war wohl ebenfalls *A. formosa* gemeint. Bei Jahresanfang reichliche Entwicklung bis zur dominierenden Stellung anfangs März und dann allmählich zurückgehend, bis sie im Juli fehlte. Vom August an stieg die Koloniezahl pro Kubikzentimeter wieder und betrug gegen Jahresende :

Tiefe	14. Oktober 1941	6. November 1941	3. Dezember 1941	6. Mai 1942
0,3 m	60	10	0	1852
5 m	96	15	1	2174
10 m	6	7	0	1044
20 m	0	0	1	78
30 m	0	0	1	11

Synedra ulna var. *delicatissima* (?)

von Chodat (1898) erwähnt.

Synedra acus var. *angustissima* Grun. (Syn. *Synedra Schröteri* Meister)

nach Guyer (1910, S. 56) « beinahe immer im Greifenseeplankton, aber die Individuenzahl ist meistens sehr gering ».

Synedra acus var. *radians* (Kg.) Hust. (Syn. *S. delicatissima* W. Smith)

war nach Bachmann (1901) am 25. August 1898 vorhanden (in Tab. S. 238 « fehlend »). Nach Guyer (1910, S. 56) dominierte sie von April bis Mai. « Es scheint, daß dieser Alge Temperaturen von 4—8° C am besten zusagen. » In denselben Monaten fand Gams (1922) sie reichlich.

Beide Varietäten von *S. acus* waren im Jahre 1941 nur von Juni bis Dezember vereinzelt vorhanden, was auf einen erheblichen Rückgang der Alge hinweist.

Cymbella cistula var. *excelsa* Meister

im Januar bei der tiefsten Stelle in 0—5 m Tiefe vereinzelt.

Nietzschia lamprocapa Hantzsch

im Februar und Juni bis Juli im unteren Seeteil vereinzelt.

Cymatopleura solea (Bréb.) W. Smith

kann nach Bachmann, der sie am 25. August 1898 fand, eine pelagische Lebensweise führen. Auch Guyer (1910, S. 90) sah sie « im eulimnetischen Plankton so überaus häufig », daß er sie dieser Vergesellschaftung beifügen möchte. Wir beobachteten sie vereinzelt im März.

Campylodiscus noricus var. *hibernica* (E.) Grun. (Syn. *C. hibernicus* E.)

von Bachmann (1901) im August vereinzelt gefunden, von uns ebenfalls vereinzelt im Dezember bei der Mönchaltorfer-Aa-Mündung.

Gyrosigma attenuatum (Kütz.) Rabh.

im Oktober selten vorhanden.

Amphora ovalis Kütz.

im Februar und Oktober vereinzelt. Wie die letztgenannten Arten offenbar tychoplanktisch.

Surirella spiralis Kütz.

tychoplanktisch im Uferplankton von Greifensee am 27. Juli 1941.

Protozoa (Urtiere)

Amoebina (Amöben).

Diffugia hydrostatica Zach.

nach Gams (1922) nur im Sommer « sich aus *Cyclotellen* ein kugeliges Gehäuse bauend ». *Diffugia spec.* wird von Guyer (1910, S. 89)

als Winterform erwähnt. Häufig scheint die Gattung nicht aufgetreten zu sein.

Im Jahre 1941 bemerkten wir *Diffugia* im Greifensee nicht. Ob sie überhaupt noch auftritt, mögen weitere Untersuchungen zeigen; jedenfalls ist sie gleichzeitig mit der Eutrophierung stark zurückgegangen.

Arcella vulgaris Ehrbg.

nur von Guyer (1910, S. 46) gefunden.

Heliozoa (Sonnentierchen).

Actinophrys sol Ehrbg.

nach Guyer (1910, S. 89) eine Sommerform, nach Gams (1922) « nur im Winter ». Wir fanden das Tierchen nur im Februar und anfangs März vereinzelt in Vertikalzügen, ferner *A. vesiculata* Pen. am 27. Juli 1941 im Uferplankton von Greifensee.

Rhaphidiophrys symmetrica Pen.

von uns nur im Januar in einer Tiefe von 25—30 m vereinzelt gefunden.

Acanthocystis cf. ludibunda Pen.

vereinzelt im April und Oktober.

Ciliata (Wimpertiere).

Holophrya spec.

nur vereinzelt vorhanden im Hypolimnion in den Monaten Januar und Oktober; möglicherweise mehrere Arten (Durchmesser $75 \times 45 \mu$ und $90 \times 180 \mu$), die noch genauerer Untersuchung bedürfen.

Bursella spumosa W. J. Schmidt

in Größen von 150 bis 200 μ und ständig in Bewegung. Im November vereinzelt vorhanden, vermehrte sie sich bis im Dezember im oberen Seeteil zur Häufigkeit und bildete einen wesentlichen Bestandteil des Zooplanktons, was selten vorzukommen scheint!

Askenasia (Halteria) volvox Clap. et L.

Bei der von uns beobachteten Form war eine in der Frontalansicht erkennbare, längs verlaufende Furche (Durchmesser 25 μ) vorhanden. Von September bis Dezember vereinzelt im unteren Seeteil.

Coleps hirtus Nitzsch.

Wird von Guyer (1910, S. 89) als Sommerform bezeichnet, von Gams (1922) als perennierend. Nach Kahl (1930, S. 134) ist *C. viridis* « wohl nur eine mit Zoochloellen behaftete Form von *hirtus* ». Gilt als katharob bis mesosapropel. Wir beobachteten *C. hirtus* im September bis zu 20 m Tiefe vereinzelt.

Amphileptus (Dileptus) trachelioides (Zach. 1893) Kahl, nec Maskell

von Januar bis April und September bis November vereinzelt; im Dezember etwas häufiger. Soll sich bei Temperaturen über 22° C inkapseln. Außer dieser Form beobachteten wir eine in die Verwandtschaft gehörende ohne Zoochlorellen (7. September 1941).

Spirostomum minus Roux

lebt nach unseren Beobachtungen regelmäßig im Tiefenschlamm. Wie wir experimentell feststellten, steigen die Tiere ins freie Wasser, sobald sein Sauerstoffgehalt unter eine gewisse Grenze sinkt. Gegen geringe, durch den Geruch nachweisbare Spuren von Schwefelwasserstoff sind sie nicht empfindlich. Im Wasser nehmen sie mit ihrer Längsachse eine vertikale Stellung ein.

Entsprechend diesen Lebensgewohnheiten findet man *Spirostomum* gegen Ende der Sommerstagnation in den sauerstoffarmen Schichten des Hypolimnions. Immerhin beobachteten wir es nie in so großer Zahl wie in gewissen Uferregionen des Zürichsees. Am 2. September 1941 vom Grund bis 20 m Tiefe.

Stentor roeseli Ehrbg.

im Oktober vereinzelt in 10 m Tiefe, in Gallerthüllen.

Stentor coeruleus Ehrbg.

war am 1. September in Tiefen von mehr als 5 m ziemlich häufig, am häufigsten in 7,5 m Tiefe, doch sagen ihm auch die sauerstoffarmen Schichten ob Grund zu. Das Tier schwamm frei im Wasser, teilweise in mehr als 10 Exemplaren pro Liter. Im Oktober beobachteten wir es nur noch selten, worauf es wieder aus dem Plankton verschwand. *St. coeruleus* ist bekannt aus sapropelen Tümpeln und ist somit für den Greifensee ein charakteristischer Anzeiger für die Eutrophierung.

Codonella cratera (Leidy, 1877) Kahl (Syn. *C. lacustris* Entz)

fehlte nach Guyer (1910, S. 82) dem Greifensee nur während der Sommermonate, während Gams (1922) sie das ganze Jahr beobachtete. Im Jahre 1941 trat sie ziemlich häufig im Juli und im Dezember auf und in den dazwischen liegenden Monaten vereinzelt.

Strongylidium crassum Sterki

am 2. September 1941 bei der tiefsten Stelle im Oberflächenplankton und in 2,5 m Tiefe vereinzelt. Das Tier trat in den damals vorhandenen Bakterienklumpen (*Schmidlea luteola*?) auf, in denen es seine Gallerröhren baute. Länge im ausgestreckten Zustand 180 μ . Es vermag sich innerhalb seiner Gallertröhre um die Längsachse zu drehen.

Oxytricha chlorelligera K a h l

am 9. Juni nicht selten im Plankton bei der Kiesgrube Riedikon; vermutlich tychoplanktisch.

Stylonychia pustulata E h r b g.

trat gleichzeitig mit *Oxytricha* auf (Größe $45 \times 110 \mu$).

Dipleurostyla acuminata R o u x

ist nach K a h l eine in Rekonstruktion begriffene *Stylonychia*. Wir fanden den Organismus im Februar vereinzelt an der Oberfläche bei der schmälsten Stelle. Damit ist zwar die Ansicht von K a h l nicht widerlegt; wir halten sie aber der Überprüfung wert.

Rhabdostyla spec. K e n t.

nach G a m s (1922) auf Ruderkrebschen, *Fragilaria* und *Anabaena* festsetzend und « anscheinend an keine Jahreszeit gebunden ». Wir fanden sie vereinzelt von November bis März.

Epistylis plicatilis E h r b g.

von G u y e r (1910) aufgeführt und von G a m s (1922) auf Algen und Ruderkrebschen während des ganzen Jahres beobachtet. Bei unserer Untersuchung ziemlich häufig im August, vereinzelt bis Dezember.

Vorticella spec. (L i n n é) E h r b g.

nach G u y e r (1910) und G a m s (1922) nicht selten. Die von uns untersuchten *Anabaena*-Kolonien waren fast immer mit *Vorticella* besetzt, gelegentlich auch *Fragilaria* und andere Kieselalgen oder Krebschen. In der kühleren Jahreszeit eher etwas häufiger. Wir bestimmten *V. monilata* T a t e m und *V. similis* S t o k e s (Syn. *V. nebulifera* E h r b g.). Ferner trat auf *Anabaena* neben *V. similis* vereinzelt eine Form mit Zoochlorellen auf.

Ophrydium versatile M ü l l e r

von G a m s (1922, S. 22) als Uferform erwähnt. Obwohl diese Ciliate kaum planktisch vorkommt, sei sie hier erwähnt, weil sie noch heute, wie vor Jahren am Nordostufer des Greifensees an Schilf und Steine angeheftet in Massen auftritt und eine Charakterart bildet. Sie enthält Zoochlorellen.

Vaginicola (Planicola) attenuata F r o m e n t e l

im Frühling und Herbst vereinzelt an Kieselalgen sitzend.

Suctoria (Sauginfusorien).

Acineta flava S t o k e s

auf *Fragilaria crotonensis* aufsitzend gefunden im Februar. Da unsere Form mit der von S c h o e n i c h e n (1927, S. 273) gegebenen Be-

schreibung und Zeichnung gut übereinstimmt, glauben wir annehmen zu dürfen, daß die von G a m s (1922) unsicher bestimmte *A. cf. papillifera* K ö p p e n ebenfalls hierher gehört.

Staurophrya elegans Z a c h.

im Februar und März an verschiedenen, über den ganzen See verteilten Stellen und bis zu 20 m Tiefe vereinzelt.

Spongiae (Schwämme).

Spongilla lacustris L.

Skelettnadeln waren im Plankton von April bis Oktober vereinzelt anzutreffen; Schwämme fanden wir im September beim Seeausfluß an *Potamogeton*-Stengeln.

Hydrozoa (Hydropolypen).

Hydra spec. L i n n é

am 25. August im Plankton bei Uster.

Rotatoria (Rädertiere).

Collotheca mutabilis B o l t o n (Syn. *Floscularia mutabilis* B o l t o n)

von G u y e r (1910, S. 46) und G a m s (1922) als Sommer- und Herbstform bezeichnet, was auch für unsere Untersuchungen zutrifft (August bis November an verschiedenen Stellen im Epilimnion vereinzelt).

Conochilus unicornis R o u s s e l e t

von I m h o f (1884), G u y e r (1910) und G a m s (1922) aufgeführt. Wir fanden *Conochilus* nur in Kolonieform im Januar vereinzelt unter der Eisdecke.

Asplanchna priodonta G o s s e

von I m h o f (1884), B u r c k h a r d t (1900), G u y e r (1910, S. 46 und S. 85, Zyklomorphose) und G a m s (1922) gefunden, war 1941 während des ganzen Jahres vorhanden; häufiger nur von April bis Juni. Am 6. März war der Darm der bei der Mönchaltorfer-Aa-Mündung gefundenen Tiere mit *Eudorina* gefüllt. Ebendort im Juni eine Massenentwicklung. Auf die *var. helvetica* I m h o f haben wir nicht geachtet.

Synchaeta tremula E h r b g.

war im Novemberplankton nicht selten. Sie ist leicht zu übersehen, da sie ihre Form verändert bis zu derjenigen von *S. kitina*.

Synchaeta pectinata E h r b g.

fehlte nur im Juli und trat im Dezember häufig auf.

Polyarthra trigla Ehrbg. (Syn. *P. platyptera* Ehrbg.)

von Burckhardt (1900) erwähnt; nach Guyer (1910, S. 59) « vorzugsweise Sommergast » mit maximaler Entwicklung im September; fehlte von Januar bis Mai. Gams (1922) fand sie ebenfalls häufig.

Im Jahre 1941 beobachteten wir sie im Oktober nicht, im September und November sehr selten. Am häufigsten war sie in den Monaten März und April. Damals enthielt ihr Darm massenhaft *Eudorina elegans*.

Filina longiseta Ehrbg. (Syn. *Triarthra longiseta* Ehrbg.)

von Burckhardt (1900) gefunden, von Guyer (1910, S. 89) als Winterform, von Gams (1922) als Frühlingsform bezeichnet. Sie trat im Oberflächenplankton nur im April 1941 auf; in den Monaten Mai und Juni sowie August und September vereinzelt bis ziemlich häufig in Tiefen von 5 bis gegen 15 m.

Notommata najas Ehrbg.

vereinzelt am Ufer bei Greifensee am 27. Juli 1941, offenbar tychoplanktisch.

Trichocerca capucina Wierzejski et Zacharias (Syn. *Rattulus capucinus* Wierz. et Zach., *Mastigocerca hudsoni* Lauterborn)

von Guyer (1910) und Gams (1922) aufgeführt; war von August bis Dezember 1941 ziemlich häufig bis vereinzelt.

Diurella stylata Eyferth (Syn. *Rattulus bicornis* Western, *Mastigocerca bicornis* Huds. et Gosse)

bisher nur von Guyer (1910, S. 89) als Sommerform erwähnt. In unserem Untersuchungsjahr etwas seltener als *Trichocerca capucina*, aber jahreszeitlich gleich verteilt. Im September ebenso häufig wie diese.

Salpina mucronata O. F. Müller

vereinzelt im Mai bei der tiefsten Stelle in 5 bis 10 m Tiefe und im Juli bei Greifensee.

Monostyla lunaris Ehrbg.

im Ausfluß des Greifensees (Glatt) am 21. Juli 1941 tychoplanktisch.

Colurus bicuspidatus Ehrbg.

vereinzelt im Oberflächenplankton vom Juli 1941.

Pompholyx sulcata Hudson

nach Guyer (1910) und Gams (1922) Sommer- und Herbstform. Von uns nur im November bei Stuhlen ziemlich häufig beobachtet, zum Teil mit kugeligem Dauerei. Ob die Art heute immer so selten ist, bleibt abzuwarten.

Pompholyx complanata G o s s e

nur im Dezember bei 5—10 m Tiefe; als Plankter bisher wohl nicht von Bedeutung.

Brachionus spec. P a l l a s

nur im Januar in 5—10 m Tiefe sowie im März oberflächlich bei Riedikon sehr vereinzelt, weshalb die Art nicht zu bestimmen war.

Keratella quadrata M ü l l. (Syn. *Anuraea aculeata* M ü l l.).

G u y e r (1910, S. 85) bemerkt: « Im Sommer scheinen sie ganz zu fehlen » und betrachtet sie als Winterform (S. 89), ebenso G a m s (1922). Wir beobachteten *K. quadrata* von Februar bis Juni und im August vereinzelt; häufig in einer Tiefe von 5—10 m im Mai.

Keratella cochlearis G o s s e (Syn. *Anuraea cochlearis* G o s s e)

von B u r c k h a r d t (1900) gefunden; fehlt nach G u y e r (1910, S. 58) dem Greifensee-Plankton nie, entwickelte sich maximal im Mai und trug während des ganzen Jahres Eier. Unsere Untersuchungen bestätigen diesen Befund auch hinsichtlich der Maximalentwicklung im Mai. In der wärmeren Jahreszeit scheint sie in 5—10 m Tiefe häufiger zu sein als an der Oberfläche (bei Tag). Wir betrachten sie als die 1941 häufigste Rotatorie.

Notholca longispina K e l l i c o t

von B u r c k h a r d t (1900) gefunden, fehlte bei den Untersuchungen von G u y e r (1910, S. 58) im Greifensee nie. Im Winter nur vereinzelt, beobachtete G u y e r im Mai zeitweise eine so massenhafte Entwicklung, daß « dem Wasser durch die Millionen eiertragender Tiere eine rote Farbe verliehen wird ». Auch G a m s (1922) fand sie häufig. Demgegenüber war 1941 eine starke Abnahme zu verzeichnen. Nur im Mai trat *N. longispina* ziemlich häufig auf, sonst höchstens vereinzelt. Dies muß für den biologischen Kreislauf im See grundlegende Bedeutung haben.

Notholca acuminata E h r b g.

nur von G u y e r (1910, S. 46) einmal gefunden; verdient weitere Aufmerksamkeit.

Gastropus styliifer I m h o f (Syn. *Hudsonella pygmaea* Z a c h.)

nach G u y e r (1910) und G a m s (1922) vorhanden, ohne nähere Angaben. Bei unserer Untersuchung von Juni bis November im Oberflächenplankton vereinzelt, häufig in den Monaten Juli und August. Im Februar unter der Eisdecke vereinzelt Exemplare.

Chromogaster testudo L a u t e r b o r n (Syn. *Anapus testudo* L a u t e r b.)

im August im ganzen See ziemlich häufig, im September und Oktober seltener; sonst nicht beobachtet.

Chromogaster ovalis B e r g e n d a l

von B u r c k h a r d t (1900) und G a m s (1922) aufgeführt; vermutlich identisch mit unserer Form.

Pleosoma truncatum L e v a n d e r

von B u r c k h a r d t (1900) erwähnt; von uns im Uferplankton bei Greifensee am 27. Juli 1941 nicht selten gefunden.

Chaetonotus maximus E h r b g.

trat im Oktober in der bodennahen Wasserschicht auf, wo er sich anscheinend von *Chromatium Okenii* ernährte. Die Angabe von S c h o e n i c h e n (1927, S. 478): « Scheint gegen etwas Schwefelwasserstoff wenig empfindlich zu sein », trifft in unserem Falle zu. *Ch. maximus* ist als Eutrophierungsindikator zu betrachten.

Crustacea (Krebstiere).

Cladocera (Wasserflöhe).

Sida crystallina O. F. M.

von K l o c k e (1893) gefunden und von G a m s (1922) auf der Unterseite der Seerosen-Schwimtblätter beobachtet. Im Plankton fanden wir sie nur im September in 100 m Entfernung vom Ufer bei Uster. In der Zone der untergetauchten Wasserpflanzen ist sie indessen recht häufig.

Diaphanosoma brachyurum L i é v i n

wurde von K l o c k e (1893) und B u r c k h a r d t (1900), sodann von G a m s (1922) « vereinzelt im Sommer » gefunden. Wir stellten *Diaphanosoma* regelmäßig, aber nicht häufig in den im September und Oktober gefaßten Planktonproben fest. In den übrigen Monaten haben wir teilweise zu wenig nach ihm gesucht, doch war es nie ein Hauptbestandteil des Planktons, während B u r c k h a r d t (1900) bemerkte: « Auch in diesem See bildete *Diaphanosoma* die Hauptmasse des Zooplanktons. »

Daphnia longispina ssp. *hyalina* L e y d i g (Syn. *D. hyalina* L e y d i g ?)

von K l o c k e (1893), B u r c k h a r d t (1900), G u y e r (1910) und G a m s (1922) genannt. Alle von uns beobachteten Formen ließen sich in diese Subspezies einreihen; wir möchten aber die Möglichkeit für das Vorhandensein anderer Formen nicht ablehnen. Es ist dringend zu wünschen, daß die *Daphnien* unseres Gebietes in vitro kultiviert und

auf ihre Variabilität hin untersucht werden. Dabei würde sich herausstellen, wie weit eine Aufspaltung in Varietäten gerechtfertigt ist.

Die von Guyer aufgeführte *D. galeata* Sars. ist wohl ebenfalls hierher zu stellen.

Daphnia cucullata G. O. Sars.

wird von Guyer (1910) und Gams (1922) erwähnt. Wir fanden die typische Form nicht; möglicherweise ist sie im Zusammenhang mit der Eutrophierung des Sees zurückgegangen.

Daphnia O. F. Müller

fehlte in der Oberflächenschicht in den Monaten Februar bis April, war aber sonst während des ganzen Jahres reichlich vorhanden, besonders in den Monaten Juni und Juli in 5—10 m Tiefe. Sie ging bis ins Hypolimnion, wenn genügend Sauerstoff vorhanden war, was aus der Pumpplankton-Bestimmung vom 17. November 1941 ersichtlich ist. Bei einer Wassertemperatur von 6,0° C lebten damals am meisten *Daphnien* in einer Tiefe von 20 m, um zahlenmäßig nach oben und unten abzunehmen (Oberfläche 7,1° C, 30 m Tiefe 6,1° C).

Ceriodaphnia pulchella Sars.

wird von Guyer (1910, S. 92) als heleoplanktisches Element bezeichnet, war aber im Plankton ziemlich häufig (S. 89). Nach Gams (1922) hält sie sich mehr am Ufer auf. Unseren Planktonproben, die sich vorwiegend auf den offenen See bezogen, fehlte *Ceriodaphnia*.

Bosmina longirostris O. F. Müller

von Klocke (1893), Burckhardt (1900) und Guyer (1910) erwähnt, von Gams (1922) als häufig bezeichnet. Wir beobachteten sie im Untersuchungsjahr vom März bis Juni in Tiefen bis 10 m, am häufigsten aber im Mai in Ufernähe; bei der Aabachmündung sahen wir dann nicht selten Individuen mit zwei lebenden Jungen im Brutraum und solche, deren Darm mit *Dinobryon* gefüllt war.

Bosmina longispina O. F. M. (zu *B. coregoni* Baird)

von Klocke (1893), Burckhardt (1900) (« nur einige Trümmer gefunden ») und Guyer (1910) aufgeführt; *B. coregoni* Baird nach Gams (1922) häufig. Diese Gruppe fehlte bei unserer Untersuchung, was möglicherweise auf die Eutrophierung des Sees zurückzuführen ist.

Chydorus sphaericus O. F. Müller

von Gams (1922) am Ufer beobachtet. Wir fanden ihn häufig im Mai am Ufer bei Uster (Wassertemperatur 13°) und im Juni bei Riedikon; im Juli im Oberflächenplankton bei der tiefsten Stelle vorhanden.

Acropérus harpae B a i r d

von G a m s (1922) am Ufer gefunden, ebenso von uns am 27. Juli 1941 bei Greifensee.

Peracantha truncata O. F. M ü l l e r

am 19. September 1941 am Ufer bei Greifensee.

Leptodora kindti F o c k e (Syn. *L. hyalina* L i l l j e b.)

von I m h o f (1884), B u r c k h a r d t (1900) und G u y e r (1910, S. 47) gefunden, im Sommer vereinzelt auch von G a m s (1922). Auch 1941 war dieses große Krebschen noch vorhanden, so im August bei 5—10 m Tiefe und im September im Oberflächenplankton von Stuhlen, Maur und in der Seemitte.

Copepoda (Ruderfußkrebse).

Eudiaptomus gracilis S a r s. (Syn. *Diaptomus gracilis* S a r s.)

nach G u y e r (1910) und G a m s (1922) während des ganzen Jahres häufig, ebenso 1941; am relativ häufigsten in den Monaten Dezember bis Januar, am spärlichsten gegenüber den anderen Planktonkrebsechen im Juli.

Cyclops strenuus F i s c h.

von B u r c k h a r d t (1900) gefunden; nach G u y e r (1910) und G a m s (1922) während des ganzen Jahres reichlich. Dies traf auch für unser Untersuchungsjahr zu.

Cyclops oithonoides S a r s.

von G u y e r (1910) und G a m s (1922; reichlich) gefunden.

Mesocyclops leuckarti C l a u s (Syn. *Cyclops leuckarti* C l a u s)

von B u r c k h a r d t (1900) erwähnt.

Larven von Planktonkrebsechen waren 1941 am häufigsten im Mai.

Hexapoda (Insekten).

Chironomiden-Larven gerieten im September vereinzelt ins Uferplankton von Stuhlen, Riedikon und Mönchaltorf.

Chaoborus crystallinus d e G e e r (Syn. *Corethra plumicornis* L., *Sayomyia plumicornis* F a b r.)

wurde von G a m s (1922) am Ufer beobachtet. Seither hat die Zahl der Mückenlarven im See anscheinend im Zusammenhang mit der Eutrophierung stark zugenommen (T h o m a s , 1941, S. 45). Im Oberflächenplankton findet man sie meist nur nachts, während sie sich bei Tag auf dem Bodenschlamm oder in Tiefen von 5—10 m, etwas weniger häufig bei 10—15 m aufhält oder in größeren Tiefen im sauerstoffarmen Was-

ser. Die jungen Larven bevorzugten das Ufer; so fanden wir am 27. Juli 1941 in 40 Liter Plankton bei Greifensee 276 junge Larven von 5—7 mm Länge.

Die Zeit der Verpuppung und der Entwicklung zu Imagines war im Untersuchungsjahr der Monat Juni; in großen Mengen wurden dann die Puppenhäute ans Ufer geschwemmt, und die Uferbüsche waren voll von Mücken.

Planktonfremde Sestonbestandteile.

Pollenstaub lag im Juni stellenweise in großer Menge auf der Wasseroberfläche, eine Gelbfärbung (Seeglück) erzeugend. Um die absterbenden Pollenkörner entwickelten sich *Cladethrix dichotoma* und andere Bakterien sowie reichlich Protozoen. Da die Pollenkörner Eiweiß enthalten, kommt auf diese Weise eine natürliche Verunreinigung in den See, die in den seltenen Jahren der Massenentwicklungen von Flugpollen für den Kreislauf des Sees eine gewisse Bedeutung erlangen kann. Überaus viel Pollen produzierten die Rottannen im Jahre 1942.

Wollfasern waren fast in allen Monaten zu finden und deuten auf die Einleitung von wenig gereinigtem Abwasser hin.

Detritus aus organischen Stoffen war hier und da im Plankton vorhanden, scheint aber natürlichen Ursprungs gewesen zu sein. Im Mai enthielt das Wasser am meisten anorganische, ungelöste Stoffe, die teils aus den reichlich Wasser führenden Zuflüssen stammten, teils aus biochemisch gefälltem Kalk bestanden.

3. Horizontale Verschiedenheiten im Oberflächenplankton.

Wie von anderen Seen, so ist auch vom Greifensee bekannt, daß die qualitative und quantitative Beschaffenheit des Planktons unter Umständen bei eng benachbarten Probenahmestellen verschieden sein kann; man spricht dann von Plankton-« Schwärmen » (G u y e r, 1910, S. 48). Diese Erscheinungen sind im Greifensee lokaler Art, und wir messen ihnen für die Gesamtheit des Sees wenig Bedeutung bei.

Von Natur aus zerfällt das Becken des Greifensees, offenbar bedingt durch den früheren Lauf und die Deltabildung des Aabaches, in einen kleinen oberen und einen großen unteren Teil. Nur der untere Teil ist direkt beeinflußt durch die vom Aabach mitgebrachten Abwässer, während von der in den oberen Seeteil mündenden Mönchaltorfer Aa weniger Düngstoffe zu erwarten waren. Es stellte sich somit die Frage, ob die Nährstoffzufuhr auf gewisse Regionen des Sees beschränkt bleibe und sich im Charakter des Planktons ausdrücke, oder ob die Wassermasse des Sees so gleichmäßig durchmischt werde, daß regelmäßige Unterschiede nicht auftreten. Zur Abklärung dieser Frage verteilten wir neun Probenahmestellen über das ganze Gebiet des Sees, wie in der Arbeit von E. M ä r k i angegeben.

Hinsichtlich der Regionenbildung im Pelagial des Sees machten wir im Frühjahr interessante Beobachtungen. *Tabellaria fenestrata*, die bedeutendste Planktonalge des Untersuchungsjahres 1941, trat im oberen Seeteil am 28. März erstmals dominierend und in großen Massen auf. Am gleichen Tage war sie unterhalb der schmalsten Stelle nicht häufiger als am 6. März und knapp so häufig wie *Fragilaria crotonensis*. Erst bei der Probenahme vom 18. April entfaltete sich *Tabellaria* auch im unteren Seeteil zur Massenentwicklung. Am 28. März war die Oberflächentemperatur im oberen Seeteil um $0,7^{\circ}$ höher als im unteren; möglicherweise genügte dieser Unterschied, um in der Zusammensetzung des Planktons zum Ausdruck zu kommen. Im übrigen war das Oberflächenplankton von allen Stellen des Sees in seinen markanten, qualitativen Merkmalen einheitlich.

Aus den Jahresmittelwerten der quantitativen Bestimmungen geht hervor, daß auch die Menge des Oberflächenplanktons im ganzen See annähernd gleich ist, durchschnittlich 22,0 mg Trockenrückstand pro 40 Liter und 9,7 mg Asche (Glührückstand). Am meisten Plankton bzw. Seston fanden wir im Jahresmittel im Gebiete der tiefsten Stelle (23,9 mg Trockenrückstand und 11,0 mg Asche pro 40 Liter) und am wenigsten in der Seemitte bei Greifensee (20,0 mg Trockenrückstand und 9,5 mg Asche), was sich auf die Stoffzufuhr des Aabaches zurückführen läßt. Nach Erfahrungen der Fischer strömt nämlich das Aabachwasser nicht direkt der Glatt zu, sondern bewegt sich auf dem Westufer des Sees zunächst gegen den oberen Seeteil. Die Unterschiede zwischen oberem und unterem Seeteil sind somit, was die Sestonmenge anbelangt, offenbar infolge der Seeströmungen weit weniger ausgeprägt, als zu erwarten gewesen wäre.

Vom Pelagial zum Litoral traten im Plankton keine wesentlichen Änderungen ein. Naturgemäß waren in Ufernähe häufiger tychoplanktische Formen zu finden; diese sind in Abschnitt 2 erwähnt.

4. Vertikale Verschiedenheiten im Plankton.

Im oligotrophen See sind die Unterschiede zwischen Oberflächen- und Tiefenplankton verhältnismäßig klein. Manche pflanzlichen und tierischen Plankter des Oberflächenwassers steigen bis in tiefere Wasserschichten hinab, weil dort die Lebensbedingungen, was den Sauerstoff- und Kohlensäuregehalt anbetrifft, ganz ähnlich sind und auch dort Ammoniak und Schwefelwasserstoff während des ganzen Jahres fehlen.

Anders im eutrophen See: hier bilden sich mindestens in den Stagnationszeiten zwei Zonen, in denen die Lebensbedingungen extrem verschieden sind und die durch eine dünne Grenzlamelle, die Sprungschicht, voneinander getrennt sind. Sie liegt im Sommer bei weniger als 10 m Tiefe und gliedert die Wassermasse des Sees in eine obere, sehr

sauerstoffreiche, und eine untere, sehr sauerstoffarme Zone. Die Unterschiede dieser Zonen drücken sich auch in ihren Bewohnern aus, die einerseits aus sauerstoffliebenden Organismen bestehen, anderseits aus Organismen, die ohne oder fast ohne freien Sauerstoff leben können.

Wie aus den Sauerstoffbestimmungen von E. Märki hervorgeht, bilden sich sauerstoffarme Zonen im Greifensee vor allem in den Monaten Juli bis Dezember und im Februar, also gegen Ende der Stagnationsperioden. In diesen Monaten sind im Vertikalplankton die größten Unterschiede zu erwarten.

a) Qualitative Verschiedenheiten.

Aus der Untersuchung von partiellem Vertikalplankton (mit dem Nansen-Netz gefangen), von Pumpplankton und von Kammerplankton aus Schöpfproben war ersichtlich, daß diejenigen Algen, die im Oberflächenplankton in großer Menge auftraten, auch in den tieferen Wasserschichten reichlich vorhanden waren. Viele der unterhalb der Sprungschicht gefundenen Algen waren jedoch, nach ihrem Inhalt zu schließen, tot. Zweifellos handelte es sich um Individuen, die im Epilimnion abgestorben waren und nur langsam zu Boden sanken.

Nur wenige Phytoplankter bevorzugten das Hypolimnion als Lebensraum. *Chromatium Okenii* stieg nicht über das grundnahe Wasser hinauf, während *Leptothrix pseudovacuolata* zeitweise bis ins Oberflächenwasser hinauf nicht selten war. Vor allem in Tiefen von 5—10 m fanden wir *Oscillatoria rubescens*, wenn auch nur in spärlicher Menge. Unter den Kieselalgen schien *Melosira islandica* am ehesten tiefeliebend, da sie gelegentlich im Metalimnion vorhanden war, gleichzeitig aber im Epilimnion fehlte. Die kühlere Temperatur des Metalimnions dürfte dann für ihr Auftreten maßgebend gewesen sein.

Typisch für die Abnahme des Sauerstoffgehaltes im Tiefenwasser war das planktische Auftreten von *Spirostomum minus* in den bodennahen Schichten und von *Stentor coeruleus* und *St. roeseli* im Metalimnion. Beobachtungen in vitro lassen uns vermuten, daß diese Urtiere sich so lange im oder auf dem Bodenschlamm aufhalten, als das Tiefenwasser ob Grund noch genügend Sauerstoff enthält. Wenn sein Sauerstoffgehalt im Experiment unter zirka 0,5 mg/Liter sank, stiegen die Tiere ins freie Wasser. *Spirostomum minus* und die beiden *Stentor*-Arten werden somit im Greifensee zu Indikatoren für sapropeles Wasser, d. h. für sauerstoffarmes, leicht schwefelwasserstoffhaltiges Tiefenwasser, das über schwarzem bis dunkelbraunem Faulschlamm steht. Ihr regelmäßiges Auftreten zeigt die Eutrophierung des Sees an.

Als tierischer Plankter des Metalimnions trat auch im Greifensee *Filina longiseta* auf, die nur selten bis ins Oberflächenplankton hinauf stieg. Bemerkenswert ist das vereinzelte Auftreten von *Cyclops* in sehr sauerstoffarmen Schichten. Schließlich sei noch erwähnt, daß die Plank-

tonkrebsschen nach unseren Beobachtungen wie bei anderen Seen abends regelmäßig an die Oberfläche steigen, um am frühen Morgen wieder in die Tiefe zu verschwinden, soweit dort Sauerstoff vorhanden ist.

b) Quantitative Verschiedenheiten.

In Tab. 1 sind die Wägungen der partiellen Vertikalzüge mit dem Nansen-Netz dargestellt. Aus den Jahresmittelwerten geht hervor, daß weitaus die Hauptmasse des Planktons sich im Greifensee bei 0—5 m Tiefe aufhielt; nur noch halb so groß war die Planktonmenge in 5—10 m Tiefe und nahm in den Schichten von 10—15 m und 15—20 m weiterhin ab. Hierbei sind die unter « Methodik » erwähnten Fehler des Nansen-Netzes zu berücksichtigen.

Tabelle 1.

Trockenrückstand und Aschengewicht des Vertikalplanktons im Gebiete der tiefsten Stelle des Greifensees in mg, entnommen mittels Nansen-Netzes.

Tiefe in m	Rückstand	16.1.	6.3.	28.3.	18.4.	9.5.	9.6.	2.7.	15.8.	16.9.	14.10.	6.11.	3.12.	Mittel
0—5	trocken	5	73	65	43	256	137	36	53	82	10	65	15	70,0
	Asche	2	40	14	11	89	64	9	7	27	4	33	4	25,3
5—10	trocken	11	22	35	15	109	55	27	17	51	12	65	8	35,6
	Asche	1	12	12	4	51	29	10	3	20	5	33	4	15,3
10—15	trocken	4	19	35	14	71	28	16	8	5	3	13	10	19,1
	Asche	1	14	13	5	39	14	6	2	2	1	4	4	8,8
15—20	trocken	<1	12	18	9	31	14	15	9	6	4	5	12	11,3
	Asche	<1	9	7	2	7	6	7	3	2	1	1	5	4,2
20—25	trocken	<1	10	26	11	36	15	12	13	8	6	12	6	13,0
	Asche	<1	8	8	5	18	7	5	3	3	3	3	2	5,5
25—30	trocken	2	15	30	14	28	11	12	24	8	11	20	9	15,3
	Asche	<1	8	12	7	14	6	6	5	4	4	8	3	6,5
Summe	trocken	24	151	212	106	531	260	118	124	160	46	180	60	—
	Asche	7	91	66	34	218	126	43	23	58	18	82	22	—

Von 20 m Tiefe an erfolgte eine leichte Zunahme im Sestongehalt, was vor allem auf totes, absinkendes Material zurückzuführen ist. Die Sinkgeschwindigkeit dieser Stoffe scheint bei 15—20 m größer zu sein als bei 20—30 m Tiefe. Wie aus Bestimmungen des Trockenrückstandes und des mineralischen Anteils des filtrierten Greifensee-Wassers hervorgeht, nimmt die Dichte dieser Süßwasserlösung gegen die bodennahen Wasserschichten hin zu; auch die Abnahme der Temperatur gegen die Tiefe hin wirkt im Sinne einer Vergrößerung der Dichte. Möglicherweise

hängt deshalb die Abnahme der Sinkgeschwindigkeit unterhalb von 20 m Tiefe von der Zunahme der Dichte gegen die Tiefe hin ab.

Wägungen des Pumpplanktons führten wir nur an Proben durch, die wir am 17. November 1941 entnommen hatten, bei einer Wassertemperatur von oberflächlich = 6,0° C, in 30 m Tiefe = 5,4° C. Der See befand sich also zu dieser Zeit bereits fast in Vollzirkulation, wodurch die erwähnten Verschiedenheiten in der Dichte des Wassers aufgehoben waren. Von der Oberfläche bis zu 30 m Tiefe betrug die Planktonmenge von 5 zu 5 m in mg/40 l: 47 (25), 52 (25), 57 (29), 47 (26), 14 (10), 9 (5), 5 (2), wobei die eingeklammerten Zahlen sich auf die Aschenbestandteile beziehen.

Wie aus der qualitativen Untersuchung hervorgeht, bildete zu dieser Zeit *Tabellaria fenestrata* eine Massenentwicklung; Flagellaten, die im Netzplankton immer nur teilweise erfaßt sind, fielen nach unseren Beobachtungen nicht ins Gewicht. Somit dürften wir uns nicht täuschen, wenn wir annehmen, daß im November die reichlichste Planktonentwicklung in einer Tiefe von zirka 10 m stattgefunden hatte. Diese Erscheinung ist bemerkenswert, weil die Belichtung in diesem Monat verhältnismäßig klein ist. Es scheint, daß die durch die Vollzirkulation aufsteigenden Nährstoffe vom Phytoplankton sofort zur Vermehrung verwendet werden, sobald sie die unterste Schicht erreichen, die für das Leben des Phytoplanktons noch günstig ist. Jedenfalls war die Planktonschichtung bei der in Gang gekommenen Zirkulation sehr ausgeprägt.

Schließlich erwähnen wir die in Abschnitt 2 aufgeführten Auszählungen des Kammerplanktons, die wir leider nur in den Monaten Oktober bis Dezember 1941 und im Mai 1942 durchführten. Auch hier zeigt sich das rasche Ansteigen des Planktongehaltes in der Zeit vom 14. Oktober bis 6. November, das sich vor allem auf die obersten 5 m Tiefe bezieht. Erst in der Zeit vom 6. bis 17. November erfaßte die Massenentwicklung in voller Stärke die 10-m-Schicht, wie aus der erwähnten Pumpplanktonbestimmung vom 17. November ersichtlich ist. Ferner geht hervor, daß *Leptothrix* bei 10 m Tiefe am häufigsten war, während *Chromatium* sich im Oktober ob Grund am reichlichsten entfaltete. Die Flagellatenzahl nahm in den vier Untersuchungsmonaten von der Oberfläche bis zum Grund mit Regelmäßigkeit ab.

5. Veränderungen der Planktonbeschaffenheit im Verlaufe des Untersuchungsjahres.

Nachdem aus Abschnitt 3 hervorgeht, daß die Zusammensetzung des Oberflächenplanktons an den verschiedensten Punkten des Greifensees zur gleichen Zeit im allgemeinen dieselbe ist, können wir uns im folgenden vor allem an die Untersuchungsergebnisse von Proben halten, die im Gebiete der tiefsten Stelle gefaßt wurden.

a) Qualitative Veränderungen.

Charakteristisch für das Plankton von Dezember bis März war das häufige Auftreten von *Melosira islandica*, die allerdings von *Eudorina elegans* im Januar überflügelt wurde. Einzig im Januar fand ich *Conochilus unicornis*, während gleichzeitig *Eudiaptomus gracilis* häufiger war als die übrigen Planktonkrebse. Die dominierende Stellung von *Eudorina elegans* übernahm gegen den März hin *Asterionella formosa*. Die schon im Januar erschienene *Keratella quadrata* blieb weiterhin vorhanden bis im Juli. Im April wurde *Tabellaria fenestrata* dominierend und blieb es bis Ende Juli; sie breitete sich in riesigen Massen aus.

Die massenhafte Phytoplanktonentwicklung des Frühjahrs erfolgte zwei bis drei Wochen vor der Hauptentfaltung des Zooplanktons, nämlich gegen Ende April. Eine Ausnahme machte *Polyarthra trigla*, indem sie ihre maximale Entwicklung im März bis April erreichte. Ebenfalls früh, von April bis Juni zeigte *Asplanchna priodonta* die Hauptentwicklung.

Neben *Tabellaria* vermehrten sich im Mai *Dinobryon sertularia*, *D. sociale*, *D. divergens* sehr bedeutend, und *Fragilaria crotonensis* und *Oscillatoria rubescens* ließen sich erstmals mit Sicherheit nachweisen.

Nachdem das Phytoplankton die höchste Entwicklung erreicht hatte, setzte mit dem Wärmerwerden der Wassertemperatur und dem Vorhandensein reichlicher Nahrungsmengen eine lebhafte Vermehrung mancher Zooplankter ein. Darunter befanden sich vor allem *Keratella cochlearis*, *Notholca longispina*, *Daphnia* und *Bosmina longirostris*. Ende Juni stieg *Chaoborus crystallinus* vom Grunde auf ins freie Wasser, verpuppte sich und flog aus, um wiederum die Eiablage zu besorgen. Im ganzen blieb aber die Zooplanktonmenge verschwindend klein gegenüber der erdrückenden Masse des Phytoplanktons.

Im Juni zeichnete sich das Bild der sommerlichen Planktonbio-coenose ab, in der die einzelligen Grünalgen häufiger wurden und *Uroglena americana* zeitweise eine sehr bedeutende, dominierende Rolle spielte (Juni 1939). Auch *Peridinium* und *Ceratium hirundinella* traten hervor. Letzteres dominierte im August zusammen mit *Fragilaria crotonensis*. Im Hochsommer machte sich *Gastropus stylifer* bemerkbar, der allerdings nicht streng an eine Jahreszeit gebunden ist. Ebenso fanden wir *Filina longiseta* bis zum Metalimnion häufig.

Während bisher die Planktonqualität des Hypolimnions von der des Epilimnions nur wenig verschieden war, änderten sich die Verhältnisse gegen Ende des Sommers grundlegend. Mit dem Längerwerden der sommerlichen Stagnationsperiode nahm der Sauerstoffgehalt im Hypolimnion mehr und mehr ab, um im August Werte zu erreichen, die den sauerstoffliebenden Organismen dort den Aufenthalt verunmöglichten. An ihre Stelle traten Lebewesen, die sehr wenig oder keinen freien Sauerstoff benötigen.

Von Ende September bis zum März beobachteten wir *Leptothrix pseudovacuolata*, die im September bis ins Oberflächenwasser stieg. Im schwefelwasserstoffhaltigen Tiefenwasser entwickelte sich *Chromatium Okenii* in großer Zahl. Als charakteristische Vergesellschaftung traten sodann im Hypolimnion bis zur Grenze des Epilimnions die Protozoen *Spirostomum minus*, *Stentor roeseli* und *St. coeruleus* auf sowie die Rotatorie *Chaetonotus maximus*. Das Hypolimnion bildete zu dieser Zeit einen artenarmen Lebensraum.

Mit dem Monat August machte sich die Bildung einer neuen Bio-coenose bemerkbar, die das Eintreten des Herbstes ankündigte. Erstmals erlangten die Blaualgen *Microcystis aeruginosa*, *Coelosphaerium Kützingerianum* und *Anabaena flos aquae* einige Bedeutung, ohne daß sie sich in Massen ausgebreitet hätten. Unter den Tieren waren *Collotheca mutabilis*, *Trichocerca capucina*, *Diurella stylata*, *Chromogaster testudo*, *Diaphanosoma brachyurum* und *Leptodora kindti* charakteristisch.

Eine weitere Umwandlung in der Planktonqualität ergab sich im November, als die von Oktober bis Dezember wieder dominierende *Tabellaria fenestrata* eine zweite Maximalentwicklung erreichte. Diesmal erschien als sonst wenig beobachteter Begleitorganismus *Bursella spumosa* in überraschender Menge, nur selten auch die Rotatorien *Pompholyx sulcata* und *P. complanata*.

Übersichtshalber seien anschließend die dominierenden Phytoplankter der obersten Wasserschichten für das Jahr 1941 zusammengestellt:

16. Januar	<i>Eudorina elegans</i>
6. März	<i>Asterionella formosa</i>
28. März	<i>Eudorina elegans</i>
18. April	<i>Tabellaria fenestrata</i>
9. Mai	» »
9. Juni	» »
2. Juli	» »
15. August	<i>Fragilaria crotonensis</i> , <i>Ceratium hirundinella</i>
16. September	<i>Fragilaria crotonensis</i>
14. Oktober	<i>Tabellaria fenestrata</i>
6. November	» »
3. Dezember	» »

Der von G u y e r (1910, S. 55) erwähnte Unterschied zwischen Sommerplankton mit vorwiegend Peridineen und Winterplankton mit vorwiegend Diatomeen ist demnach heute als Folge der Eutrophierung nicht mehr so ausgeprägt.

b) Quantitative Veränderungen (Tab. 2).

Während der Eisbedeckung im Monat Januar enthielt das Wasser oberflächlich und in den tieferen Schichten überaus wenig Plankton. Als wir möglichst bald nach Eisbruch bei einer Wassertemperatur von rund

Tabelle 2.

Minimale, mittlere und maximale Werte des Sestongehaltes von den neun über die Seeoberfläche verteilten Probenahmestellen in mg pro 40 Liter durchgeseihten Wassers.

Datum	Minimum		Mittel		Maximum	
	trocken	Asche	trocken	Asche	trocken	Asche
16. Januar . .	<1	<1	3,0	1,4	8	2
6. März . . .	8	4	20,8	10,4	36	17
28. März . . .	10	4	19,0	7,6	27	12
18. April . . .	6	2	14,4	5,8	38	20
9. Mai	39	15	48,7	19,9	54	23
9. Juni	22	8	26,2	10,8	29	13
2. Juli	6	2	9,2	3,4	14	4
15. August . .	6	2	14,4	2,9	21	4
16. September .	12	5	23,1	11,1	28	13
14. Oktober . .	12	5	17,1	7,6	24	13
6. November .	53	26	60,6	1,9	74	40
3. Dezember .	5	2	8,4	3,7	13	6

4° C Proben erhoben, hatte sich das Plankton bereits stark vermehrt, am meisten vorerst in der obersten Schicht bis 5 m Tiefe. Am 28. März reichte die lebhaft Entwicklung bis zu 15 m Tiefe. Nach einer Planktonabnahme im April (7° C) schnellte der Planktongehalt im Mai zu hohen Werten empor (Oberfläche = 11° C), die nur im November oberflächlich überboten werden. Die Abnahme der Planktonmenge in den Monaten Juni und Juli läßt darauf schließen, daß ein wesentlicher Teil der verfügbaren Nährstoffe des Seewassers rasch verbraucht wird. Eine leichtere Zunahme im August und September deutet an, daß die nächtlich tiefer greifenden Austauschströmungen bereits wieder Nährstoffe mobil machen, ein Prozeß, den der ungewöhnlich warme Oktober zunächst abbremsen.

Im November erfaßte die Zirkulation bereits die unterhalb von 10 m Tiefe liegenden Schichten; die auf diese Weise an die Oberfläche gebrachten Nährstoffe bewirkten die zweite Massenentwicklung von *Tabellelaria fenestrata*, was in der gravimetrischen Planktonbestimmung deutlich zum Ausdruck kommt. Im Dezember erfolgte erneut eine rasche Abnahme im Planktongehalt, eine Entwicklung, die sich bis mindestens im Januar fortgesetzt haben dürfte. Es ist offensichtlich, wie beide Planktonmaxima (Mai und November) als Folge der Zirkulation entstanden, die die Nährstoffe des Hypolimnions an die Oberfläche brachte.

6. Veränderungen der Planktonbeschaffenheit während der letzten Jahrzehnte.

Es gibt in der Schweiz nur wenige Seen, an denen im Verlauf der letzten Jahrzehnte regelmäßig und in kürzeren Abständen eingehende Planktonuntersuchungen durchgeführt wurden. Und auch diese Untersuchungen gehen, da die Hydrobiologie eine noch sehr junge Wissenschaft ist, nur wenige Jahre vor die Jahrhundertwende zurück. Für die allgemeine Kenntnis eines Sees, seiner Eigenschaften und Eigenheiten ist es aber wichtig, nicht nur einen momentanen Zustand zu kennen, sondern sich ein Bild machen zu können über seinen Zustand vor Jahren und vor Jahrzehnten. Aus diesem Grunde kommen den in Abschnitt 2 erwähnten Planktonuntersuchungen früherer Jahrzehnte erhöhte Bedeutung zu.

Eine zweite Möglichkeit, über die Beschaffenheit des Planktons früherer Jahre Auskunft zu erhalten, besteht in der Untersuchung des autochthonen Seeschlammes. Alljährlich sterben in den Seen große Planktonmengen ab. Ein Teil davon, vor allem die skelettlosen Pflanzen und Tiere, löst sich vor oder nach Erreichen des Seegrundes auf und verschwindet. Von vielen Planktern entgehen jedoch kieselsäurehaltige, zelluloseartige oder chitinhaltige Bestandteile der Zersetzung und lagern sich mit der ausgefällten Seekreide auf dem Seegrund ab, jährlich in einer Schicht von mehreren Millimetern. Der Seeschlamm stellt somit ein allerdings nicht lückenloses Archiv über das Planktonleben früherer Zeiten dar.

Die Entnahme von Schlammproben für derartige seehistorische, biologische Untersuchungen geschieht mit Vorteil mittels des *N a u m a n n* schen Profilstechers. Das Instrument besteht aus einer Glasröhre, die durch ein Gewicht in den Schlamm gepreßt wird, wobei ein Ventil verhütet, daß beim Herausziehen die Schlammprobe dem Rohr entgleitet. Die Untersuchungstechnik bereitet einige Schwierigkeiten, doch sind z. B. für den Zürichsee durch Untersuchungen von *F. N i p k o w* (1920) sehr wertvolle Ergebnisse erzielt worden. Der Greifenseeschlamm ist für biologische Profiluntersuchungen weniger gut geeignet, weil die Abgrenzung der einzelnen Jahresschichten verwischt ist, was eine genaue Datierung erschwert. Dennoch bilden die Untersuchungen an Schlammprofilen eine wertvolle Stütze für die im folgenden dargelegten Veränderungen der Planktonbeschaffenheit in den letzten Jahrzehnten.

a) Veränderungen im Epilimnion.

Charakteristisch für die Veränderungen im Oberflächenplankton des Greifensees ist das Auftreten einiger früher nicht vorhandener Arten, die zum Teil eine dominierende Stellung erreichten. Andererseits ist die Entwicklung einiger früher häufiger Formen stark zurückgegangen; einzelne sind sogar verschwunden.

Die Häufigkeit der *Blualgen* ist, nach den vorhandenen Angaben zu schließen, geringer als 1922. Immer noch findet man vor allem *Microcystis aeruginosa*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Coelosphaerium Kützingerianum*, *Anabaena flos aquae*. Neu fanden wir die in anderen Seen so bedeutungsvolle *Oscillatoria rubescens*. Im Greifensee lebt sie erst in so spärlicher Menge, daß ihr Auftreten auch in der günstigsten Zeit (Mai bis Juni) nur mit Mühe zu bemerken war. Sollte indessen die Eutrophierung infolge von Abwasserzuleitung weiterhin rasche Fortschritte machen, so wäre eine plötzliche Massenentwicklung von *Oscillatoria rubescens* mit allen ihren unangenehmen Nebenerscheinungen durchaus denkbar.

Die Zahl einzeln lebender *Flagellaten* ist entsprechend dem Eutrophierungszustand des Sees hoch. Eine eigentliche Massenentwicklung von einzeln lebenden Flagellaten kam aber im Untersuchungsjahr nicht zustande. Die Peridineen *Ceratium hirundinella* und *Peridinium* erreichten als Planktonbildner zeitweise eine wesentliche Bedeutung, wenn auch nicht so sehr wie in früheren Jahren; dies gilt auch für die Gattung *Dinobryon*. Häufiger als in früheren Jahren trat *Eudorina elegans* auf, die im Januar und März im Oberflächenplankton dominierte. Als bedeutendsten Flagellaten des Greifensees erachten wir heute *Uroglena americana*, von der wir im Juli 1939 eine Massenentwicklung mit Wassertrübung und intensiver Geruchbildung beobachteten. Ihr unberechenbares Auftreten macht sie zu einem der unerwünschtesten und gefährlichsten Plankter, da durch ihr plötzliches Absterben nach Massenentwicklungen im Wasser eine erhebliche Sauerstoffzehrung entsteht.

Im Bestand der *Grünalgen* sind seit früheren Jahren nur geringe Änderungen aufgetreten. Neu erschien im Untersuchungsjahr *Micractinium pusillum*, das als Eutrophierungsindikator gelten darf. Dies gilt auch für die *Conjugatenalge* (Jochalge) *Mougeotia spec.*, die als Plankter bei späteren Untersuchungen vermehrte Beachtung verdient.

Am auffälligsten sind die Veränderungen, die in den letzten Jahren unter den *Kieselalgen* vorkamen. Die früher häufige *Melosira italica* ist, wie sich auch an Hand von Schlammprofilen beweisen läßt, vollständig durch *Melosira islandica ssp. helvetica* ersetzt worden. Dieselbe Erscheinung wurde von Messikommer (1942) und uns für den ebenfalls künstlich eutrophierten Pfäffikersee beobachtet. Die Gattung *Cyclotella*, früher in verschiedenen Arten sehr reichlich vertreten, ist heute aus dem Planktonbild fast ganz verschwunden, ebenso *Stephanodiscus*. *Tabellaria fenestrata*, erstmals 1932 in der Glatt erwähnt (Waser, Husmann und Blöchliger, 1934), ist heute als die bedeutendste Planktonalge des Greifensees zu betrachten (vgl. Thomas, 1941, S. 44). Ihre Invasion, die leider nicht genau bekannt wurde, muß im Jahrzehnt 1922 bis 1932 erfolgt sein. Entsprechend dem Überhandnehmen von *Tabellaria* ist die planktische Bedeutung von *Asterionella formosa* und *Fragilaria*

crotonensis etwas gesunken. Neu für den Greifensee fanden wir *Diatoma elongatum*, eine leicht zu übersehende, echt planktische Kieselalge. Die Gattung *Synedra* ist in ihrer Häufigkeit gegenüber früheren Jahren zurückgegangen.

Unter den *Protozoen* des Oberflächenplanktons ist *Diffugia* anscheinend verschwunden; wenigstens haben wir sie nie gefunden. Als erstmals beobachtete Epilimnionbewohner nennen wir die auch im Zürichsee beobachtete *Askenasia volvox*, ferner *Amphileptus trachelioides*, *Strongylidium crassum*, *Bursella spumosa*, *Vaginicola* (= *Planicola*) *attenuata*; einige weitere Arten, die vermutlich nur tychoplanktisch vorkamen, sind in Abschnitt 2 aufgeführt. Da von den genannten Arten *Bursella* und *Amphileptus* größere Bedeutung erlangten, darf man die Protozoenfauna gegenüber früheren Jahren als deutlich verändert bezeichnen.

Von den bisher aus dem Greifensee erwähnten *Rädertieren* fanden wir alle wieder, mit Ausnahme von *Notholca acuminata*, die auch früher selten war. Erstmals bemerkten wir *Synchaeta tremula*, *S. pectinata*, *Salpina mucronata*, *Colurus bicuspidatus* und einige sicher tychoplanktische Rotatorien. Mengenmäßig ist der Rückgang von *Notholca longispina* auffällig.

Bei den *Kleinkrebsen* ist *Diaphanosoma brachyurum* gegenüber den Untersuchungen von Burckhardt (1900) stark zurückgegangen. *Bosmina coregoni* scheint infolge der Eutrophierung verschwunden zu sein, eine Beobachtung, die M e s s i k o m m e r (1942) und wir auch am Pfäffikersee machten. Wie sich die Mengenverhältnisse von *Daphnia*, *Cyclops* und *Diaptomus* verschoben haben, läßt sich heute nicht mehr genau beurteilen. Bei den von uns am Ufer gefundenen, für den Greifensee neuen Krebschen handelt es sich um planktisch bedeutungslose Arten.

b) Veränderungen im Hypolimnion.

Leider sind aus früheren Jahren keine Untersuchungen über die Lebewesen des Hypolimnions im Greifensee bekannt, so daß wir Vergleiche nur auf Grund von Schlammprofil-Analysen ziehen können. Wie aus Abschnitt 7 hervorgeht, waren die Lebensbedingungen im Hypolimnion noch vor wenigen Jahrzehnten viel günstiger; vor allem enthielt das Wasser zu allen Jahreszeiten noch reichlich Sauerstoff. Mit Sicherheit lebten damals in diesen Tiefen noch Planktonkrebse, die den Fischen (besonders Felchen) als Nahrung dienten. Gegenwärtig ist die Biocoenose des Hypolimnions grundlegend verändert. Sie besteht während der ausgeprägtesten Stagnationsperiode des Hochsommers und Sommerendes aus *Bakterien* und farblosen *Flagellaten*, speziell *Leptothrix pseudovaculolata* und *Chromatium Okenii*, aus *Chaetonotus maximus*, der sich wohl vorwiegend von *Chromatium* ernährt, aus *Spirostomum minus*, *Stentor roeseli*, *Stentor coeruleus* und Larven von *Chaoborus*

crystallinus. Diese Lebewesen charakterisieren ein Milieu mit Faulschlamm, dessen überstehendes Wasser sehr wenig Sauerstoff enthält, aber Ammoniak und Schwefelwasserstoff aufweisen kann. Aus unseren Untersuchungen an Schlammprofilen geht hervor, daß diese Biocoenose das Hypolimnion des Greifensees seit höchstens 25 Jahren, aber seit mindestens 9 Jahren bewohnt.

Interessant sind in diesem Zusammenhang die Angaben von Guyer (1910, S. 49): « Von allen Faktoren, die bei dieser Frage (vertikale Verteilung des Planktons) ins Gewicht fallen, wie z. B. Licht, Transparenz des Wassers, Strömungen, Gasgehalt, Wärme- und Druckverhältnisse usw., scheinen das Licht und die Transparenz den größten Einfluß auszuüben. Die vertikale Verteilung des Planktons richtet sich im Greifensee genau nach der Beleuchtungsintensität und der Transparenz des Wassers. » Dies traf für den damals noch oligotrophen See zu; heute ist es während der Sommerstagnation der Gasgehalt, der der Planktonentwicklung gegen unten (6 m Tiefe) eine scharfe Grenze zieht und bewirkt, daß sich das Greifenseeplankton im Hypolimnion in den letzten Jahrzehnten weitaus am meisten verändert hat.

7. Untersuchungen an den Sedimentzonen.

Mit den im vorhergehenden Abschnitt aufgeführten seehistorisch-biologischen Angaben, die auf Grund von Schlammprofiluntersuchungen gewonnen wurden, ist die Bedeutung dieser Untersuchungsmethode für die Erkenntnis der Entwicklung des Sees nicht erschöpft.

Vorerst interessierte uns die Stärke der jährlichen Schlammablagerung im Greifensee, die leider nicht so deutlich wie beim Zürichsee aus der Schichtung des Schlammes abgelesen werden kann. Wahrscheinlich erfolgt aus verschiedenen Gründen keine ausgeprägte Jahresschichtung. Die Annahme, daß durch die Tätigkeit der Schlammbewohner eine Schichtenbildung erschwert wird, ist zu beachten. Im Greifensee durchwühlen vor allem *Chaoborus*-Larven und *Tubifex* die abgesetzten Schlammsschichten, während *Chironomiden*-Larven aus dem Hypolimnion seit der Eutrophierung infolge von Sauerstoffmangel verschwunden sind. Sodann ist vermutlich die relative Planktonproduktion des Greifensees, auf die Oberfläche bemessen, kleiner als beim Zürichsee, weshalb die jährlich abgelagerte biogene Schlammsschicht dünner wäre. Eine weitere wichtige Möglichkeit scheint im Charakter des Sees zu liegen. Im Greifensee ist der minimale Sauerstoffgehalt des Hypo- und Metalimnions schon im August beinahe erreicht, also einem Monat, in dem die biochemische Kalkfällung intensiv fortschreitet. Mit anderen Worten kommen sich die aus der Tiefe aufsteigende Grenze minimalen Sauerstoffgehaltes und die von der Oberfläche aus absinkende Grenze maximaler

Kalkfällung schon im August erstmals sehr nahe. Diese beiden grundlegenden Veränderungen in der chemischen Beschaffenheit der Wassermasse sind größtenteils biologisch bedingt und bestätigen, daß im August einerseits die Planktonhochproduktion bereits vorüberging, andererseits das Absterben einzelner Planktongruppen schon weit fortgeschritten ist. Somit fallen im Greifensee und vermutlich auch in anderen kleinen Seen die Sedimentation des biochemisch gefällten Kalkes und die Sedimentation der abgestorbenen Plankter, die infolge von Überaltern, von Nährstoffmangel oder von Sauerstoffmangel zugrunde gingen, zeitlich nahe zusammen. Teilweise dürften die beiden Sedimentarten sogar gleichzeitig abgelagert werden, wobei eine Schichtbildung verunmöglicht wäre.

Da wir aus der Schichtung des Sedimentes die Stärke des jährlichen Zuwachses nicht eindeutig herauslesen konnten, versuchten wir sie zu ermitteln durch den Vergleich von Schlammprofilen, die wir in einem Zeitabstand von einem Jahr gestochen hatten. Bei den am 25. September 1941 gestochenen Profilen aus dem engeren Gebiet der tiefsten Stelle waren die obersten 22 bis 23 mm dunkelblau bis dunkelgrau verfärbt, so daß schon nach der Farbe zu schließen war, daß diese Schlammschicht im allgemeinen unter Sauerstoffmangel gelitten hatte und reichlich reduzierte Verbindungen enthielt. Als Zahlen für die Farbe dieser Schlammschicht treffen nach dem Code universel des couleurs von E. S é g u y (1936) am besten die Nrn. 591 und 597 zu. Der Schlamm ist also heller als der in mehr als 100 m Tiefe abgelagerte Faulschlamm des Zürichsees und hat etwa die gleiche Farbe wie stellenweise Schlamm aus 20—30 m Tiefe im Zürichsee (531, 597). Außer Urtieren bewohnten ihn nur *Chaoborus*-Larven und wenig *Tubifex*.

Unter der noch verhältnismäßig dünnen Faulschlammschicht bemerkten wir, gegen oben deutlich abgegrenzt, eine hellere, bläulich-graue Schicht, die sich mit der Farbe Nr. 434 in einer Stärke von 50 bis 60 mm ausdehnte. Diese offensichtlich nicht ganz oxydierte Schicht war teilweise von gelb-grauen und dunkelgrauen Stellen durchsetzt, doch viel unregelmäßiger als bei Jahresschichtungen. Gegen unten ging sie ohne scharfe Grenze in ein helles Sediment über. Unterhalb von 8 cm Tiefe liegen somit echte Seekreidesedimente, die die Beschaffenheit des oxydierten Schlammes von oligotrophen Seen aufweisen.

Am 14. Oktober 1942, also rund ein Jahr später, entnahmen wir an derselben Stelle wiederum Schlammprofile, um insbesondere den Zuwachs der Faulschlammschicht zu beobachten. Im allgemeinen maßen wir eine Zunahme von 2—3 mm, was bedeutet, daß die alljährlich im Greifensee autochthon abgelagerte Schlamm-Menge nur etwa 2—3 mm beträgt. Weil sich diese Messung nur auf ein Jahr bezieht, ist sie allerdings ungenau; eine genauere Zahl wird nach zehn oder mehr Jahren zu erhalten sein, da die Faulschlammschicht auf dem Seegrund erfah-

rungsgemäß in ihrem Zustand während so kurzen Zeiträumen unverändert bestehen bleibt.

Eine Bestätigung für diese Messung fanden wir in einem in der Seemitte bei Greifensee gestochenen Profil, in dem wir eine schwach ange deutete Jahresschichtung des Faulschlammes fanden. Der Abstand zwischen zwei schwarzen Schichten, die — wohl aus den erwähnten Gründen — bei weitem nicht so ausgeprägt abstachen wie bei Zürichsee-Schlammprofilen, betrug 2—3 mm.

Teilt man die 22—23 mm starke Faulschlammschicht in Jahres schichten von 2,5 mm ein, so ergibt sich für 1941 als Dauer der Faulschlammablagerung die Spanne von neun Jahren. Mit anderen Worten hat sich im Greifensee anscheinend im Jahre 1932 die erste, Jahr für Jahr sich wiederholende, echte Faulschlammablagerung gebildet.

Die unter der Faulschlammschicht liegende, 50—60 mm starke, bläulich-graue Schicht, die ebenfalls noch eine gewisse Menge reduzierter Stoffe enthält und somit sauerstoffbedürftig ist, entstand nach der gleichen Berechnung in den Jahren 1917 bis 1932. Diese Jahre müssen als Übergangszeit gelten. Nach den Beobachtungen an dieser Schicht, die unregelmäßig hellere und dunklere Stellen aufweist, erlebte der See während dieser Zeitspanne günstigere und ungünstigere Jahre. Dabei ist zu bemerken, daß schon mehrere Jahre früher — immer nach den Schlammprofilen zu schließen — gelegentlich besonders ungünstige Bedingungen den See heimsuchten. Im ganzen ist wohl vor etwa 1917 noch die ganze Wassermasse des Sees für Fische bewohnbar gewesen.

Eine interessante Erscheinung beobachteten wir an im August 1942 gestochenen Schlammprofilen. Ein Profil aus der Seemitte bei Greifensee wies in 15 cm Tiefe eine 5 mm starke, kräftig braune Schicht auf, die mikroskopisch betrachtet reichlich Pflanzenreste enthielt. Eine gleich beschaffene Schicht fanden wir im Profil bei der tiefsten Stelle 9 cm unterhalb der Schlammoberfläche. Diese Tatsache und die allgemeine Lagerung der Schichten sprechen dafür, daß auch im Greifensee, ähnlich wie im Zürichsee, Uferrutschungen stattfinden, die das folgerichtige Bild der Ablagerungen stören können. Das Gebiet der tiefsten Stelle ist in den letzten Jahren durch Rutschungen nicht beeinflußt worden.

Die mögliche Störung der Sedimentschichtung durch Uferrutschungen veranlaßte uns zu Zurückhaltung in der Bewertung unserer Schlammprofiluntersuchungen, weshalb wir nur einen Teil unserer Beobachtungen wiedergeben. Zweifellos würde die weitere Untersuchung von Schlammprofilen verschiedener Stellen des Sees noch eine Fülle interessanter Ergebnisse liefern.

Neben rein seehistorischen Betrachtungen verfolgten unsere Schlammprofiluntersuchungen einen praktisch bedeutsamen Zweck. Wir versuchten, die ungefähre heutige Ausdehnung der Faulschlammschicht festzustellen, um über die Lebensbedingungen der Fische Aufschluß zu

erhalten. Für manche Fischarten ist nämlich die Beschaffenheit des Seegrundes von vitaler Bedeutung, sei es für die Laichablage und das Auschlüpfen der Brut, sei es für die Nahrungsbeschaffung.

Eine erste Serie von Schlammprofilen entnahmen wir von der tiefsten Stelle ausgehend gegen Südwesten in 200 m, 150 m, 100 m, 50 m und 30 m Entfernung vom Ufer beim Bad Maur. Der Vergleich mit später entnommenen ufernahen Profilen anderer Stellen zeigte, daß die Entfernung vom Ufer für die Beschaffenheit des Seeschlammes hauptsächlich insofern eine Rolle spielt, als sich die Seetiefe ändert. Dies trifft selbstverständlich nur für Uferpartien zu, die außerhalb des direkten Einflusses von Abwassereinleitungen stehen. Für die Gesamtbeurteilung des Sees genügen deshalb Schlammuntersuchungen in verschiedenen Tiefen von Profundal bis Litoral an einigen wenigen Rändern des Sees.

Unsere stichprobenartigen Untersuchungen ließen erkennen, daß aller unterhalb von 25 m Tiefe liegende Seeschlamm dieselbe Beschaffenheit hat wie der bei 32 m Tiefe liegende. Wie oben erwähnt, maß die charakteristische Faulschlammschicht im Herbst 1941 22—23 mm. Diese Schichtbildung kann man auch noch an den Schlammablagerungen in 20—25 m Tiefe sehen, doch ist die Farbe der hier abgelagerten obersten 22—23 mm bereits etwas heller als bei den unterhalb von 25 m Tiefe liegenden Sedimenten. Danach ist in der Tiefe von 20—25 m der Sauerstoffmangel nicht ganz so schwerwiegend wie in größerer Tiefe, was durch die Zahlen der Sauerstoffbestimmungen bestätigt ist. Die Sauerstoffzehrung dieses Schlammes läßt aber eine Entwicklung von aufsteigenden Fischeiern (Felcheneier) noch kaum zu.

Die von 25 m Tiefe sich bis zum Seegrund ausdehnende Schlammfläche des Greifensees beträgt nach der Siegfriedkarte 1 : 25 000 (auf den Seespiegel projiziert) 1,5 km² oder etwa $\frac{1}{6}$ der Seeoberfläche. Da dieser Sechstel heute von Faulschlamm bedeckt ist, kommt er für die fischereiliche Nutzung vorläufig nicht mehr in Frage; er ist als Opfer der künstlichen Eutrophierung zu betrachten. Weitere 2,5 km² (ebenfalls auf den Seespiegel projiziert) liegen in 20—25 m Tiefe. Auch diese Schlammfläche ist heute fischereilich kaum noch nutzbar, während ihr vor der Eutrophierung als Produzent von Fischnahrung und als Ort der Laichentwicklung eine wichtige Bedeutung zukam.

Damit ist die Schädigung des Seeschlammes und seiner Bewohner noch keineswegs voll erfaßt. Wie aus den Sauerstoffbestimmungen von E. M ä r k i hervorgeht, dehnt sich die fast sauerstofffreie Zone im Laufe des Sommers von der Seetiefe gegen höhere Wasserschichten hin aus, um bei Sommerende die 6 m unter Seespiegel gelegene Wasserschicht zu erreichen. Der Sauerstoffschwund im Hypo- und Metalimnion kann für die Beschaffenheit und für die Bewohner des Schlammes nicht ohne Bedeutung bleiben. Tatsächlich ist die Farbe der obersten 3 cm bei Schlammprofilen aus 10—20 m Tiefe deutlich und einheitlich dunkler

als in den darunter liegenden Schichten derselben Profile. Da die Beschaffenheit des abgelagerten Schlammes sich während Jahrzehnten nur unwesentlich verändert, geht daraus hervor, daß der Zustand des Sees seit etwas mehr als zehn Jahren für Tiefen von 20—10 m empfindlich schlechter geworden ist; diese Periode deckt sich annähernd mit der Zeit der eigentlichen Faulschlamm Bildung in Tiefen von mehr als 25 m.

Die Fauna des in 10—20 m Tiefe liegenden Schlammes ist sehr spärlich und besteht im wesentlichen aus *Tubifex* und *Chaoborus*-Larven; Krebschen, wie sie in oligotrophen Seen in dieser Tiefe häufig vorkommen, sind — mit Ausnahme einiger zeitweise vorhandener *Cyclops* — verschwunden. Zu erwähnen ist das Auftreten von Protozoen, die an den Sauerstoffgehalt des Milieus sehr geringe Ansprüche stellen. Die Flora dieses Schlammes besteht aus Schwefelbakterien und Flagellaten.

Oberhalb von etwa 10 m wird die chemische Beschaffenheit des Schlammes günstiger, indem sein Sulfidgehalt abnimmt, was an der helleren Farbe von Auge erkennbar ist. Als pflanzlicher Leitorganismus tritt hier *Oscillatoria splendida* auf, eine Blaualge, die wir auch in anderen eutrophierten Seen (Zürichsee, Pfäffikersee, Türlensee) in dieser Tiefe sehr reichlich fanden. Die Alge überzieht den Boden stellenweise in großen Massen und macht sich bei der Netzfischerei sehr unangenehm bemerkbar. Wo nämlich die Bodennetze an solchen Stellen den Seegrund berühren, klettern die Algen dank ihrer Fähigkeit zur Eigenbewegung mehrere Zentimeter an den Netzen empor und bewirken so eine Verschlammung der Netze. Der Fischer erhält dadurch den Eindruck, daß die Netze (angeblich bis 15 cm tief) in den Schlamm hineinsinken; wegen des üblen Geruches nach Schwefelwasserstoff und Fäulnisprodukten spricht er dann von « Abwasserschlamm » oder « Abwasserpilzen ». Die Klagen, daß die Grundnetze wegen dieser « Verschlammung » bedeutend weniger lange haltbar sind, dürften begründet sein. In früheren Jahrzehnten ist die Alge nach den Angaben der Fischer nicht bemerkbar gewesen.

Oscillatoria splendida ist in unseren Seen ein Indikator für die Eutrophierung, da sie in Massen nur an Orten vorkommt, wo reichlich Nährstoffe vorhanden sind. Organische, faulige Stoffe scheinen ihr besonders zuzusagen; gegen Sauerstoff- und Lichtmangel ist sie wenig empfindlich. Als Nahrung für Kleintiere ist sie, mit Ausnahme einiger Protozoen, nicht geeignet, so daß sie für den Aufbau von Fischfleisch keine gute Grundlage bildet. Wertvoller sind in dieser Beziehung die oligosaprobien Algen reiner Seen.

In den letzten Jahrzehnten am wenigsten verändert hat sich in chemischer und biologischer Beziehung das Litoral des Greifensees bis zu einer Tiefe von etwa 6 m. In dieser Zone steht dem Uferschlamm reichlich Sauerstoff zur Verfügung, was auf die an diesen Biotop gebundenen Pflanzen und Tiere eine günstige Auswirkung hat. Das Wasser

des Epilimnions ist im allgemeinen nicht nährstoffreich, weil das Phytoplankton die vorhandenen Nährstoffe rasch verbraucht. Durch die reichliche Phytoplanktonentwicklung wird aber die Schlammablagerung intensiver und nährstoffreicher als im oligotrophen See. Deshalb findet man im Litoral des Greifensees trotz des reichlichen Sauerstoffgehaltes des Epilimnions unter Steinen leicht sulfidhaltigen Schlamm; die sich langsam zersetzenden organischen Stoffe werden also, weil in großer Menge vorhanden, nicht vollständig oxydiert.

Eingehende makro- und mikrobiologische Uferuntersuchungen am Greifensee stehen noch aus. Hier sei nur erwähnt, daß die charakteristische Protozoe *Ophrydium versatile* Müller, von Gams vor 1922 gefunden, auch heute an den Greifenseeufeln noch häufig ist, besonders im Gebiet von Jungholz.

Wir haben die Litoralzone als denjenigen Gürtel des Sees bezeichnet, der am wenigsten unter der Eutrophierung gelitten hat; er wird dadurch fischereilich zum wichtigsten und leider auch letzten Laich- und Brutgebiet. Deshalb dürfte eine Betrachtung seiner Ausdehnung am Platze sein, die nur annähernd möglich ist, da die Grenze gegen die Seetiefe hin nicht streng zu ziehen ist. Rechnet man das Litoral bis zu einer Tiefe von 6 m, so beträgt seine Ausdehnung (auf den Seespiegel projiziert) etwa 1 km² oder einen Achtel des gesamten Seebeckens. Sieben Achtel des Seeschlammes wurden also durch die Eutrophierung entweder stark geschädigt oder fischereilich unbrauchbar gemacht. Auf die produktionsbiologische Auswirkung dieser Veränderung kommen wir in Abschnitt 9 zu sprechen.

8. Über Schaumbildungen auf der Seeoberfläche.

Gams (1922) bemerkt, daß man vom November bis gegen den Frühling hin am Greifenseeufel nicht selten große Mengen von weißem, gelblichem oder durch Ruß schwarz gefärbtem Schaum treffe: « Seine Entstehungsweise ist noch durchaus unabgeklärt; sie scheint aber in Verbindung mit der Massenentwicklung schleimbildender Planktonorganismen zu stehen. »

Gleichartige Schaumbildungen wurden im Untersuchungsjahr öfters ans Ufer geschwemmt; vier beim Bad Uster angeschwemmte Proben unterzogen wir einer mikroskopischen Untersuchung und fanden an toten Organismen:

am 2. Juli 1941: *Daphnia*, *Cyclops*, *Bosmina*, *Nauplien*, *Asplanchna priodonta*, *Notholca longispina*, *Peridinium Willei*, *Ceratium hirsutinella*, *Tabellaria fenestrata*, *Fragilaria crotonensis*, *Synedra acus*, *Cymatopleura elliptica*, *Pediastrum Boryanum*, *Pandorina morum*, *Cosmarium*, *Mougeotia*, *Spirogyra*, *Gomphosphaeria lacustris*, daneben Kalkkristalle, Pollenkörner, pflanzliche und tierische Reste;

- am 8. Juli 1941 fast ausschließlich *Daphnia* und Kalkkristalle;
- am 23. Juli 1941 *Chaoborus*-Hüllen, Kalkkristalle, Protozoen (*Paramecium* und andere Infusorien);
- am 25. September 1941 fast ausschließlich *Daphnia*, Kalkkristalle und organischen Schlamm.

Damit ist einerseits der Beweis erbracht, daß im Hochsommer massenhaft Plankter absterben. Nur ein kleiner Teil davon gelangt an die Oberfläche, nämlich diejenigen Organismen, die mit Gasbläschen behaftet und dadurch spezifisch leichter als Wasser sind. Andererseits gewinnt die Auffassung von Gams an Wahrscheinlichkeit, daß Zersetzungsprodukte von Planktern an der Schaumbildung beteiligt sind. Sie könnte aber auch durch eingeschwemmte Humusstoffe verursacht sein oder allgemein mit der veränderten physikalischen Beschaffenheit des eutrophierten Wassers zusammenhängen (Viskositätsänderung). Eine eingehende Untersuchung hierüber wäre erwünscht.

9. Zur biologischen Produktionskraft des Greifenseewassers.

Um gut fundierte fischereiwirtschaftliche Betrachtungen an einem See anstellen zu können, ist es notwendig, seine biologische Produktionskraft zu kennen. Diese setzt sich aus der Produktionskraft des litoralen und profundalen Seeschlammes und aus der Produktionskraft des Wassers zusammen. Primär erfolgt eine Umwandlung von vorwiegend anorganischer Substanz in Pflanzensubstanz, nämlich in ganz oder teilweise untergetauchte und schwimmende Makrophyten und in sessile und planktische Mikrophyten. Sekundär geht ein Teil der lebenden oder toten pflanzlichen Substanz in tierische Substanz über. Für die Bildung von Fischfleisch kommt lebende oder tote, pflanzliche oder tierische Substanz in Frage. Da im See alle diese Größen voneinander und von vielen Außenfaktoren abhängig sind, liegen die Verhältnisse sehr kompliziert.

Statistisch kann man bei einem See durch jahrelange Beobachtungen annähernd genau feststellen, wie viele Kilogramm von den verschiedenen Fischarten jährlich im Durchschnitt hervorgebracht werden. Dabei ist man selbstverständlich auf die wahrheitsgetreuen Angaben der Fischer angewiesen. Für eine zweckmäßige Bewirtschaftung des Sees sind diese Fangstatistiken unerläßlich. Allein betrachtet, sagen sie aber nichts darüber aus, ob der See wirklich optimal bewirtschaftet wurde. Man kann sich sogar darüber streiten, welche Bewirtschaftung eines Sees als optimal zu bezeichnen ist: diejenige, die in den nächsten Jahren den höchsten Geldertrag abwirft oder diejenige, die am meisten Fischfleisch hervorbringt und für den See auf weite Sicht hinaus am günstigsten ist.

Beim Greifensee hat man in den vergangenen drei Jahrzehnten der fischereilichen Bewirtschaftung des Sees zu wenig Aufmerksamkeit ge-

schenkt, weil man die Veränderungen im Gesamtzustand des Sees teils zu wenig kannte, teils zu wenig beachtete. Die Umstände haben, nachdem der Sauerstoffmangel im Hypolimnion immer mehr überhandnahm, den früher auf die ganze Wassermasse verteilten Fischbestand gewaltsam auf das Epilimnion zusammengepreßt, indem der Großteil der Felchen durch Fischsterben beseitigt wurde. Das erste größere Fischsterben trat nach Angaben eines Fischers im Jahre 1906 auf. Weitere Fischsterben erfolgten besonders zur Zeit der Eisbedeckung des Sees, dann aber auch bei Sommerende.

Es dürfte interessieren, an dieser Stelle einen maßgebenden Augenzeugenbericht über das größte Fischsterben des Greifensees zu hören. Am 14. September 1932 wurde Herr Prof. Dr. W. F e h l m a n n benachrichtigt, daß im Greifensee ein großes Schwalen-Sterben aufgetreten sei. Auf eine weitere Meldung vom 25. September hin, daß das Fischsterben auch auf die Felchen übergreife, nahm Prof. F e h l m a n n am 27. September zusammen mit Fischermeister E. Z o l l i n g e r einen Augenschein vor, über den er an E. Z o l l i n g e r einen « Bericht zu beliebiger Verwendung als objektives Zeugnis » des von ihm beobachteten Sachverhaltes ausstellte. Diesem Bericht vom 28. September 1932 entnehmen wir :

« Das Ergebnis des Augenscheines ist ein wirklich erschreckendes. Die Oberfläche des Sees, die beim Befahren in Begleitung von Herrn Z o l l i n g e r jun. durch leichten Westwind gekräuselt war, blitzt allüberall auf infolge der Lichtreflexe auf den weißen Leibern der auf dem Wasser treibenden toten Fische. Vorwiegend Weißfische (Schwale) sind von mir beobachtet worden, und zwar vor allem Angehörige des zweiten bis vierten Jahrganges. Zwischen diesen Leichen eingestreut finden sich in dem von uns befahrenen obersten Seeteil in Entfernung von vielleicht etwa 50 m die aufgeblähten Kadaver von Felchen, und zwar, genaue Untersuchung vorbehalten, wohl vorwiegend von Sandfelchen. Auch hier handelt es sich um Angehörige höherer Jahrgänge, wogegen die ein- und zweijährigen Felchen vollständig zu fehlen scheinen.

Eine kurze Fahrt entlang dem Ufer ließ ein erschreckendes Bild beobachten. In jeder Stillbucht, die etwas tiefer ins Schilf einschneidet, liegt Fischleiche an Fischleiche, und der Schilf- und Binsenwald des Ufers enthält, wo man hinblickt, Leichen vorwiegend von Schwalen.

Beim Brunnen vor Ihrem Hause (E. Z o l l i n g e r) konnte ich in größerer Zahl frischgefangene Felchen untersuchen. Nach Ihrer Angabe sind diese Tiere im Schwebnetz gefangen worden, und zwar nur in 1½ Klafter tiefem Satz.

Die Untersuchung der Fische ergab weder am Land noch auf dem See irgendwelche Anhaltspunkte für die Ursache des Sterbens, dagegen waren die Leichen auf dem See teilweise von den Wasservögeln stark bearbeitet, vor allem der Augen und Kiemen beraubt.

Die Quantitäten der so zugrunde gegangenen Fische sind zweifellos ganz gewaltige und mögen nach einer oberflächlichen Schätzung vielleicht die Hälfte des Fischbestandes Ihres Sees ausmachen. Ja wenn man berücksichtigt, daß dieses Fischsterben nach Ihrer Aussage nun schon den zweiten Monat hindurch anhält, so wird man kaum fehlgehen, wenn man den größeren Teil der Fischwelt des Greifensees für verloren hält. »

Nach Berichten der Tageszeitungen sollen Zehntausende von toten Fischen an die Ufer gespült worden sein (« Tages-Anzeiger » Zürich, 28. September und 3. Oktober 1932; « Anzeiger von Uster »). Die Abklärung der Ursachen des Fischsterbens bereitete erhebliche Mühe. In diesem Zusammenhang zeigten Untersuchungen des kantonalen Laboratoriums Zürich erstmals, daß der See an zwei Stellen (nach unseren heutigen Kenntnissen überall) in mehr als 7 m Tiefe weniger als 1 mg/l Sauerstoff enthielt, daß also in diesen Tiefen Fische nicht mehr leben konnten. Unsere in Abschnitt 7 dargelegten Untersuchungen an Schlammprofilen lassen darauf schließen, daß die Sauerstoffverhältnisse des Greifenseeewassers vor 1932 noch bedeutend günstiger waren. Dies bestätigt die Auffassung, daß der Sauerstoffschwund im Tiefenwasser der auslösende Faktor für das Fischsterben war; ob dem Fischsterben eine Planktonmassenentwicklung voranging, ob das Seewasser Ammoniak oder Schwefelwasserstoff enthielt und andere für die Entstehung des Fischsterbens wichtige Fragen lassen sich heute nicht mehr beantworten.

Nachdem der Naturzustand des Greifensees in den letzten 25 Jahren — wie wir dargelegt haben — gewaltsam und einschneidend verändert wurde, fragen wir uns, ob der Fischbestand diesen Eingriff in das Naturgeschehen in günstiger Weise pariert habe. Wie man beim Ackerbau die Wahl der Kulturpflanzen entsprechend der Beschaffenheit des Bodens und der vorgesehenen Düngung auswählen muß, so soll der Fischbestand eines Sees artlich und mengenmäßig den chemischen und biologischen Bedingungen des Sees entsprechen. Bevor der Einfluß des Menschen auf die Gewässer das heutige Maß erreicht hatte, gingen alle limnologischen Veränderungen sehr langsam und Hand in Hand vor sich. Bei dem raschen Tempo der Eutrophierung im Greifensee hat der Fischbestand seine produktionsbiologisch optimale Zusammensetzung nicht erreicht. Wir schließen dies daraus, daß sich die pflanzenfressenden Fische nicht im gleichen Maße vermehrten wie die Pflanzen des Sees (besonders Algen). An uns ist es deshalb, aus dem durch menschlichen Einfluß eutrophierten Greifensee das herauszuholen, was heute noch zu retten ist. Hierzu muß man die Eigenheiten des Sees kennen, wie sie aus den Untersuchungen hervorgehen.

Im Frühjahr durchläuft der See einen Idealzustand. Die Sauerstoffsättigung des Seewassers erreicht in allen Tiefen (mit Ausnahme der Tiefenzone in der Seemitte bei Greifensee) Werte von 90 % und mehr, was auf die temperaturbedingte Vollzirkulation der Wassermasse zu-

rückzuführen ist. Mit der Vollzirkulation findet gleichzeitig eine Vereinheitlichung in der Wasserbeschaffenheit der Seeoberfläche und -tiefe statt. Das Oberflächenwasser enthält dann nicht nur ungefähr gleich viel gelöste Stoffe, sondern — was besonders wichtig ist — annähernd gleich viel Nährstoffe wie das Tiefenwasser. Aus diesem Grunde vermehren sich gleichzeitig mit der intensiver werdenden Insolation und der steigenden Wassertemperatur die für den See charakteristischen Planktonalgen rasch und zu ungeheuren Mengen. Das Zooplankton, das sich vorwiegend vom Phytoplankton ernährt, vermag der spontanen Algenvermehrung erst mit einem gewissen Abstand zu folgen, erreicht dann aber ebenfalls maximale Häufigkeitszahlen.

Von der Oberfläche gegen die Tiefe hin wird die Planktonentfaltung durch die Sprungschicht abgegrenzt, die gegen den Sommer hin beim Greifensee in eine Tiefe von etwa 6 m sinkt. Oberhalb der Sprungschicht sind die Entwicklungsbedingungen in den Monaten März bis Mai sehr günstig; die Planktonvermehrung geht aber auf Kosten der im Wasser gelösten Nährstoffe. Von den quantitativ wichtigsten Aufbaustoffen der Organismen stehen Sauerstoff, Wasserstoff, Kalzium, Magnesium und Schwefel im Oberflächenwasser reichlich zur Verfügung. Knapp bemessen sind außer Kohlenstoff die beiden Elemente Stickstoff und Phosphor, die in Nitrat- bzw. Phosphatform gelöst sind.

Wie von den Blütenpflanzen her bekannt ist, sind die Nährstoffansprüche einzelner Pflanzengruppen sehr verschieden. Dies trifft mit Sicherheit auch für die Planktonalgen zu; auch unter ihnen dürfte es Arten geben, die mehr oder weniger Stickstoff oder Phosphor zu ihrem Aufbau benötigen, die ein kalkreiches Milieu bevorzugen oder vermeiden usw. Daraus erklärt sich teilweise die verschiedene Planktonbeschaffenheit in Seen mit physikalisch ähnlichen Bedingungen und der Wechsel in der Planktonbeschaffenheit eines Sees im Laufe eines Jahres, der neben anderen Einflüssen von der chemischen Zusammensetzung der im Wasser gelösten Stoffe abhängig ist. Leider wissen wir zurzeit über die spezifischen Nährstoffansprüche der einzelnen Algenarten sehr wenig, und es harrt hier noch ein weites Forschungsfeld der Bearbeitung. Wir hoffen, durch die chemische Analyse von Planktonmasse, die wir im Begriffe sind durchzuführen, dieser Frage näher zu kommen.

Während der Massenentwicklung des Phytoplanktons im Frühjahr wird ein großer Teil der anorganischen, gelösten Nährstoffe organisch gebunden. Das Mengenverhältnis der verbrauchten Stoffe untereinander kann, wie erwähnt, wechseln (z. B. entzieht das Phytoplankton eines Diatomeensees dem Wasser mehr Kieselsäure als dasjenige eines Blaualgensees). Da aber jede Pflanze zu ihrem Aufbau gewisse Mengen von den aufgezählten lebenswichtigen Elementen braucht, verschwinden bei der Phytoplankton-Massenentfaltung des Frühjahrs die lebenswichtigen Stickstoff- und Phosphorverbindungen und vielleicht andere wichtige

Stoffe (Spurenelemente, Wachstumsstoffe) am schnellsten, wodurch die weitere Vermehrung der Algen unterbunden wird. Einen Stoff, der bei sonst günstigen Lebensbedingungen durch seine nur in geringem Maße vorhandene Menge die weitere Phytoplanktonentwicklung aufhält, bezeichnet man als Minimumstoff. Im Seewasser können gleichzeitig ein oder mehrere Stoffe Minimumstoffe sein. Würden diese Stoffe vollständig aus dem Wasser verschwinden, dann wäre ein weiteres Planktonleben nicht mehr möglich. Durch Abwassereinleitung und durch das Absterben von Planktern und anderen Wasserorganismen werden aber ständig wieder Nährstoffe frei, worauf wieder eine gewisse Menge von Minimumstoff verfügbar ist; diese wird sofort wieder verbraucht. Es sei erwähnt, daß für einzelne Algenarten spezifische Minimumstoffe vorkommen können.

Nur ein kleiner Teil des toten Planktons zersetzt sich im Epilimnion, ein größerer Teil löst sich im Hypolimnion auf, und die restlichen, zum Teil schwer zersetzbaren Stoffe setzen sich als Seeschlamm ab. Auf diese Weise wandern die Minimumstoffe aus dem Epilimnion ins Hypolimnion, wo sie sich anreichern, bis die herbstliche Vollzirkulation das Oberflächen- und Tiefenwasser wieder gründlich miteinander mischt.

Ein zweiter Nährstoffentzug im Epilimnion erfolgt durch die Umwandlung von Planktonsubstanz in Fischsubstanz, von der der See durch den Menschen oder auf andere Weise (Wasservögel, Raubtiere) teilweise befreit wird. Das Herausziehen von Fischen bringt also für den Greifensee neben dem praktischen Nutzen noch den Vorteil, daß er etwas weniger unter Überdüngung zu leiden hat.

Nachdem wir gesehen haben, daß die Planktonhochproduktion des Frühjahrs durch das Aufbrauchen der Nährstoffe einer weiteren Planktonvermehrung selbst im Wege steht, müssen wir gleichzeitig auf den großen Nachteil der übermäßigen Planktonerzeugung hinweisen. Die abgestorbenen Plankter werden während des Absinkens teilweise oxidiert, wobei das Tiefenwasser immer mehr von seinem gelösten Sauerstoff verliert; dieser kann während der ganzen Sommer-Stagnationsperiode nicht ersetzt werden. So entsteht gegen Sommerende der schon genannte, bedenkliche Zustand, daß nur noch die oberste, sechs Meter starke Wasserschicht einen für das Fischleben genügend hohen Sauerstoffgehalt aufweist. Wir stehen dann vor der widersprechenden Tatsache, daß das Epilimnion bezüglich Nährstoffgehalt und Planktonmenge einen fast oligotrophen Charakter erlangen kann, das Hypolimnion aber in extremer Weise eutrophiert ist! Für die Fische ist dieser Zustand besonders ungünstig, weil ihr Aufenthaltsraum sehr klein ist und weil die Nahrungsproduktion dann ebenfalls gering ist.

Beim Vorgang der Eutrophierung nimmt die Menge der in der gesamten Wassermasse des Sees vorhandenen Nährstoffe zu, weil die dem See zugeführte Nährstoffmenge größer ist als die aus dem Kreislauf, der im See vor sich geht, ausscheidende. Deshalb findet eine Nährstoffanrei-

cherung statt, die so lange dauert, bis Nährstoffzufuhr und -ausscheidung gleich groß sind; erst dann hat der eutrophe See einen Gleichgewichtszustand erreicht.

Aus diesen produktionsbiologischen Überlegungen heraus ergeben sich für die Verbesserung des Gesamtzustandes des Greifensees zwei wichtige Richtlinien. Primär muß die Düngstoffzufuhr mit allen Mitteln verkleinert werden. Durch die Inbetriebnahme der projektierten Kläranlage von Uster, deren Erstellung nunmehr beschlossen ist, wird dem einzuleitenden Abwasser ein großer Teil der für den See schädlichen Düngstoffe entnommen. Diese Entlastung dürfte sich im See im Laufe der kommenden Jahre in einer geringeren Planktonproduktion bemerkbar machen.

Die zweite Möglichkeit, den menschlichen Einfluß im Sinne einer Verbesserung des Zustandes des Sees geltend zu machen, liegt in einer straff gerichteten fischereilichen Bewirtschaftung des Sees. Im Prinzip ist danach zu trachten, den Bestand an planktonfressenden Fischen nach Möglichkeit zu verstärken, wobei den Vertilgern von Phytoplankton die Vorzugsstellung zukommt. Auf diese Weise würde im Idealfall die massenhafte Planktonentwicklung des Frühjahrs abgebremst und in die Länge gezogen. Das Planktonsterben und Absinken in den Monaten Juni bis September und der damit verbundene Sauerstoffschwund im Hypolimnion würden gemildert; statt dessen würde viel mehr Planktonsubstanz in Fischfleisch umgewandelt. Man könnte den Überschuß an Düngstoffen teilweise in Form von Fischfleisch aus dem Wasser ziehen.

So einfach dieser Vorschlag zur Sanierung ist, so schwierig ist seine Durchführung. Es sind nur verhältnismäßig wenige Fischarten, die im heutigen Greifensee als Beseitiger von Phytoplankton in Frage kommen, am ehesten Karpfen, Schleien und Brachsmen. Auch Nasen, Rotaugen, Rotfedern, Schneider, Lauben und Blicken könnten im Kampf gegen das Plankton nützlich sein. Felchen kommen vorläufig nicht in Betracht, weil das Tiefenwasser im Sommer fast keinen Sauerstoff enthält; über die Aussicht des Einsatzes von ortsfremden Fischen wollen wir uns hier nicht äußern.

Die aufgezählten Fische sind vorwiegend Friedfische, und es ist einleuchtend, daß vom biologischen Standpunkt aus eine intensive Bewirtschaftung des Greifensees mit Friedfischen erwünscht ist, weil die Raubfische die Zahl der planktonfressenden Fische verkleinern und deren Fleisch nur teilweise in Raubfischfleisch umwandeln, andererseits aber durch Ausscheidung von Exkrementen dem See erneut Düngstoffe zuführen. Raubfische beeinflussen daher von produktionsbiologischen Gesichtspunkten aus betrachtet den eutrophen See nachteilig. Nur durch intensive Bewirtschaftung des Greifensees mit Friedfischen ist es möglich, ein Maximum von Planktonsubstanz und von litoralen Organismen in Fischfleisch umzuwandeln und damit der Eutrophierung wirksam

entgegenzuarbeiten. Dem stehen drei Gegengründe im Wege : die heute noch geringe wirtschaftliche Bedeutung und die ungünstige Fangmöglichkeit der Friedfische sowie der heutige Fischbestand des Greifensees.

Wir haben darauf hingewiesen, daß der Fischbestand des Greifensees heute den Verhältnissen entsprechend nicht als ideal zu bezeichnen ist; die Angaben des Zürcher Fischereiverwalters E. A m m a n n (1943, S. 230) bestätigen dies, indem der Greifensee pro Quadratkilometer Oberfläche nur 530 kg Fischertrag abwirft, der Pfäffikersee aber 1072 kg. Dabei sind die produktionsbiologischen Verhältnisse in beiden Seen nach unseren Untersuchungen (vgl. Thomas, 1942) durchaus ähnlich. Solange der Fischbestand des Greifensees einen großen Prozentsatz Raubfische enthält, wird es nicht möglich sein, die Planktonfresser so sehr zu vermehren, daß sie einen wesentlichen Einfluß auf den Zustand des Sees haben. Die Raubfische beeinträchtigen die « Oligotrophierung » eines Sees, weil sie Planktonfresser vernichten und teilweise wieder in Planktonnährstoffe umwandeln.

Ein Verzicht auf die Bewirtschaftung des Sees mit Raubfischen hätte zur Folge, daß gerade die einträglichsten Fischarten ausfielen. Ob der Mehrertrag an Friedfischen diesen Verlust wettmachen würde, ist ungewiß. Die Tatsache, daß die karpfenartigen Fische schwieriger zu fangen sind als die Raubfische, scheint uns weniger ins Gewicht zu fallen, da wir glauben, diese Schwierigkeit könnte überwunden werden.

Unsere Ausführungen zeigen, wie die Fischereiwirtschaft infolge der Veränderungen, die in unseren Seen vor sich gingen, vor großen Problemen steht. Hauptsächlich handelt es sich um die eingangs gestellte Frage : Soll man einen See so bewirtschaften, daß er momentan den größten Geldertrag abwirft, oder so, daß sich der nach produktionsbiologischen Gesichtspunkten günstigste Fischbestand ausbildet, der gewichtsmäßig den größten Fischertrag abwirft. Wenn der einheimische Fisch wirklich zur Volksnahrung werden soll, wie vielfach gefordert wird, dann muß er für wenig Geld erhältlich sein, und billig sind vor allem die nach der letztgenannten Bewirtschaftungsart gewonnenen Fische. Von hydrobiologischen Gesichtspunkten aus wäre es sehr wertvoll, wenn man an einem kleineren eutrophen See die Methoden der Bewirtschaftung und ihre Auswirkung auf den Zustand des Sees experimentell prüfen könnte.

10. Zusammenfassende Betrachtungen zur Eutrophierung des Greifensees.

Von fachwissenschaftlicher Seite aus ist die Bemerkung gemacht worden, daß ein unbefangener Beobachter mit Kenntnissen aus der Seetypenlehre, aber ohne von Untersuchungen etwas zu wissen, den Greifensee als eutroph charakterisieren müßte. Daraus könnte leicht der Schluß

abgeleitet werden, daß dieser See auf natürlichem Wege zum eutrophen Typus übergegangen sei. Dem widersprechen alle Tatsachen und Beobachtungen, und es dürfte am Platze sein, an dieser Stelle den Verlauf der Eutrophierung zusammenfassend darzustellen, nachdem wir schon eingehend auf die speziellen Vorgänge hingewiesen haben.

Wie aus fischereilichen Angaben, aus biologischen Untersuchungen (besonders von Guyer, 1910) und aus unseren Untersuchungen von Seeschlammprofilen hervorgeht, gehörte der Greifensee vor 30 Jahren dem oligotrophen Typus an. Auf den ersten Schritt zur Eutrophierung haben in den Jahren 1915 und 1916 Prof. Dr. W. Silberschmidt und Prof. Dr. W. Fehlmann hingewiesen. Sie beobachteten, daß der reichlich mit Abwasser belastete Aabach bis weit in den See hinaus ein Delta von fauligem Schlamm gebildet hatte, während der Seeschlamm im übrigen aus heller, oxydierter Seekreide bestand. Mit anderen Worten war der Sauerstoffgehalt des Hypolimnions damals noch während des ganzen Jahres befriedigend, mit Ausnahme der bodennahen Wasserschichten im engeren Gebiet der Aabachmündung. Die beiden Forscher haben schon damals die Befürchtung ausgesprochen, daß der See infolge der Einschwemmung großer Abwassermengen durch den Aabach in kurzer Zeit den eutrophen Zustand erreichen könnte, wobei sie auf die damit verbundenen schlimmen Folgen hinwiesen.

Eine zweite, weit gefährlichere Stufe der Eutrophierung muß der Greifensee ungefähr im Jahre 1917 erreicht haben, wie aus unseren Schlammprofiluntersuchungen hervorgeht. Damals lagerte sich erstmals ziemlich dunkler, also nicht restlos oxydierter Schlamm ab. Wenn auch von eigentlichem Faulschlamm noch nicht gesprochen werden kann, so läßt doch seine Beschaffenheit darauf schließen, daß im Hypolimnion mindestens zeitweise ein erheblicher Sauerstoffmangel herrschte.

Dieser Zustand dauerte rund 15 Jahre. Interessanterweise ging nun der letzte Schritt zur vollständigen Eutrophie nicht allmählich vor sich, sondern sprungartig ungefähr im Jahre 1932. Damals erfolgte die Invasion von *Tabellaria fenestrata*, ein großes Fischsterben fand statt, und es lagerte sich in Tiefen von mehr als 25 m erstmals echter, dunkler Faulschlamm ab; der See hatte den eutrophen Zustand erreicht, nicht auf natürlichem Wege, sondern infolge von Abwassereinleitung und damit verbundener Überdüngung des Planktons.

Die Übergangszeit vom oligotrophen zum eutrophen Typus beträgt also 15 bis 20 Jahre. Bedenkt man, daß der Greifensee schon viele Jahre vor 1915 Abwasser schlucken mußte und später durch die Bevölkerungszunahme des Einzugsgebietes von Jahr zu Jahr mehr, so erkennt man, daß der Greifensee nicht als hochempfindlicher oligotropher See angesprochen werden durfte. Seine Fähigkeit, Abwasser zu verarbeiten, war groß (biologische Selbstreinigungskraft sensu lato); sie ist aber schließlich durch den dauernden Abwasserzustrom gebrochen worden; ohne

Zutun des Menschen hätte anderseits der Greifensee noch jahrhundertelang dem oligotrophen Typus angehört.

Für die Verbesserung des Zustandes des Greifensees (oder anderer eutropher Seen) nennen wir zusammenfassend folgende Möglichkeiten, die teils mit, teils ohne Zutun des Menschen wirken :

1. Möglichst weitgehende Verminderung der Abwassereinleitung. Durch die Erstellung der Abwasserreinigungsanlage für die Gemeinde Uster, die nach dem neuesten Stande der Abwasserreinigungstechnik erbaut wird, kann man dem Abwasser einen großen Teil seiner Düngstoffe entnehmen. Dadurch verliert es von seiner schädigenden Wirkung.

2. Herausziehen einer maximalen Menge von Fischfleisch. Je mehr organische Substanz wir aus dem See entfernen, um so mehr erleichtern wir seine Sauerstoffbilanz, besonders was die tieferen Wasserschichten anbetrifft.

3. Abfließen von Plankton. Mit dem aus dem See abfließenden Wasser verschwinden aus dem See Nährstoffe; dieser Verlust ist klein, weil oberflächlich die wichtigsten Stoffe durch biogene Wirkung zu Minimumstoffen werden. Dagegen befreit der Abfluß den See ständig von Planktonsubstanz, die sonst im See absterben und das Tiefenwasser verschlechtern würde. Dem Zürichsee entzieht die Limmat durch das herbstliche Abfließen gewaltiger Massen von *Oscillatoria rubescens* alljährlich eine beträchtliche Menge von organischer Substanz, die bei ihrer Zersetzung im See das Tiefenwasser noch mehr verschlechtern würde. Deshalb bedeutet der Abfluß des Zürichsees einen wesentlichen Faktor für seine Selbstreinigungskraft; wir versuchen gegenwärtig, diese Verhältnisse rechnerisch zu erfassen. Wenn auch die Bedeutung des Planktonabfließens im Greifensee kleiner sein mag, so verdient sie doch Beachtung. Es handelt sich hier um einen natürlichen Vorgang, der vom Menschen kaum zu beeinflussen ist.

4. Sedimentation von Nährstoffen. Mit der Bildung der jährlichen Sedimentschicht gehen gewisse Nährstoffmengen aus dem freien Wasser in den Schlamm über, um aus dem Kreislauf des Sees auszuschcheiden. Unter den wichtigeren Nährstoffen werden z. B. Phosphorverbindungen verhältnismäßig stark ausgefällt, um im Schlamm zu bleiben, während Stickstoffverbindungen leichter in löslicher Form bleiben. Von dieser Seite betrachtet kommt der Sedimentbildung des Sees eine selbstreinigende Komponente zu, die sich aber durch menschliches Zutun vorläufig nicht intensivieren läßt.

5. Emporsaugen des Tiefenwassers. Wenn zur Zeit der Stagnationsperioden an Stelle von Oberflächenwasser nur noch emporgesogenes Tiefenwasser zum Abfluß käme, wäre dem See viel geholfen, indem dadurch die konzentrierte Nährlösung des Hypolimnions bedeutend abnähme. Durch eine kleine Belüftungsanlage wäre das Wasser für die Glatt geeignet gemacht. Ebenfalls verbessern würde man den Zustand

des Sees, wenn man in den Stagnationszeiten Tiefenwasser emporsaugen und mittels Fontäne auf das Oberflächenwasser verrieseln würde, unter Beachtung der Temperaturdifferenzen. Als Folge davon fände im Oberflächenwasser nicht nur während den Zirkulationszeiten (wie heute) eine Planktonmassenentwicklung statt, sondern ständig, weshalb sich der See dann fischereilich intensiver bewirtschaften ließe.

6. Einblasen von Luft in das Tiefenwasser. Dadurch würde das Tiefenwasser für aerophile Organismen wieder bewohnbar. Die letztgenannten beiden Möglichkeiten sind aber sehr kostspielig.

Literaturverzeichnis.

- Ammann, E. d., 1943. Die neue Fischzuchtanlage in Rörlenen bei Stäfa und ihre Bedeutung für die Fischerei im Zürichsee. (Jahrbuch vom Zürichsee, Max-Niehans-Verlag, Zürich, S. 219—236.)
- Arndt, W., 1928. *Porifera*. (Die Tierwelt Deutschlands, von Fr. Dahl, Jena, Gust. Fischer, 4. Teil, S. 1—89.)
- Bachmann, H., 1901. Beitrag zur Kenntnis der Schwebeflora der Schweizerseen. (Biol. Zentralblatt, Bd. XXI, S. 193—247.)
- Braun, R., 1943. Untersuchungen über die Variabilität im Gehäusebau von *Dinobryon bavaricum* Imhof. (Ber. d. Schweiz. Bot. Ges., Bd. 53, S. 475—490.)
- Broch, H., 1928. *Hydrozoa*. (Die Tierwelt Deutschlands von Fr. Dahl, Jena, Gust. Fischer, 4. Teil, S. 95—160.)
- Burckhardt, G., 1900. Faunistische und systematische Studien über das Zooplankton der größeren Seen der Schweiz und ihrer Grenzgebiete. (Revue suisse de Zoologie, t. 7, p. 353—713.)
- Chodat, R., 1902. Algues vertes de la Suisse. (Berne.)
- Düggeli, M., 1924. Bakteriologische Untersuchungen am Ritomsee. (Zeitschr. f. Hydrologie, Heft 3/4, S. 65—205.)
- Gams, H., 1922. Naturgeschichte der Gemeinde Maur. (Herausgeber Pfarrer G. Kuhn, Maur.)
- Guyer, O., 1910. Beiträge zur Biologie des Greifensees mit bes. Ber. d. Saisonvariation v. *Ceratium hirundinella*. (E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart; Diss.)
- Huber-Pestalozzi, G., 1938—1942. Das Phytoplankton des Süßwassers, Teil 1 und 2. (Die Binnengewässer, Bd. XVI, Stuttgart, Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung.)
- Hustedt, Fr., 1930. *Bacillariophyta*. (Die Süßwasserflora Mitteleuropas, A. Pascher, Jena, Gust. Fischer, H. 10, 466 S.)
- Jaag, O., 1941. Die Zellgröße als Artmerkmal bei den Blaualgen. (Zeitschr. f. Hydrologie, Bd. 9, S. 16—33.)
- Imhof, O. E., 1884. Resultate meiner Studien über die pelagische Fauna kleinerer und größerer Süßwasserbecken der Schweiz. (Zeitschr. f. wissensch. Zool., Bd. 40.)
- 1884. Weitere Mitteilungen über die pelagische Fauna der Süßwasserbecken. (Zool. Anzeiger, Bd. 7, Nr. 169.)
- Kahl, A., 1930/1932. Urtiere. (Die Tierwelt Deutschlands von Fr. Dahl, Jena, Gust. Fischer, Teile 18, 21, 25, 30, 886 S.)
- Keilhack, L., 1909. *Phyllopora*. (Brauer, Heft 10.)

- Klocke, E., 1893. Beiträge zur *Cladoceren*fauna der Ostschweiz. (Vierteljahrsschr. Zürcher Naturf. Ges., Bd. 38.)
- Krieger, W., 1937. Die *Desmidiaceen*. (Rabenhorsts Kryptogamenflora, 13. Bd. *Conjugatae*, 1. Abt., Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft.)
- Laupper, K., 1940. Der Sihlsee bei Einsiedeln. (Ber. d. Schweiz. Bot. Ges., Bd. 50, S. 425—474.)
- Lindau, G., und Melchior, H., 1926/1930. Die Algen. (Kryptogamenflora für Anfänger, Bd. 4, Berlin, Jul. Springer.)
- Meister, Fr., 1912. Die Kieselalgen der Schweiz. (Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz, Bd. IV, H. 1, Bern.)
- Messikommer, Ed., 1942. Beitrag zur Planktonkunde des Pfäffikersees. (Mitt. der Naturw. Ges. in Winterthur, H. 23, S. 145—200.)
- Minder, L., 1918. Über chemische Untersuchungen des Greifensees. (Z. H. Finanzdirektion d. Kt. Zürich; nicht publiziert, war uns erst nach Abschluß dieser Arbeit zugänglich.)
- Nipkow, Fr., 1920. Vorläufige Mitteilungen über Untersuchungen des Schlammabsatzes im Zürichsee. (Zeitschr. f. Hydrologie, H. 1/2, S. 100—122.)
- Rylov, W. M., 1935. Das Zooplankton der Binnengewässer. (Die Binnengewässer, Bd. XV, Stuttgart, Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, 272 S.)
- Séguy, E., 1936. Code universel des couleurs. (Paris, P. Lechevalier.)
- Schoenichen, W., 1925/1927. Einfachste Lebensformen des Tier- und Pflanzenreiches, Bd. 1 und 2 (Berlin-Lichterfelde, Hugo Bermühler.)
- Thomas, E. A., 1941. Beitrag zur Kenntnis des Planktons dreier Zürcher Seen. (Zeitschr. f. Hydrologie, Bd. 9, S. 34—49.)
- 1942. Untersuchungen am Greifensee und am Pfäffikersee. (Schweiz. Fischerei-Zeitung, Nr. 2, S. 25—31.)
- Waser, E., Husmann, W., und Blöchliger, G., 1934. Die Glatt. (Ber. d. Schweiz. Bot. Ges., Bd. 43, S. 253—388.)
-