

Rotalgenrasen und Blaualgenteppiche im Zürichsee

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

Von
E. A. THOMAS

1. Einleitung

MESSIKOMMER (1954) wies darauf hin, dass die Algenflora der Zürichseeufer noch erstaunlich wenig untersucht worden ist, und er erwähnt an Hydrobiologen, die sich um die Erforschung der benthisch lebenden Algen bemüht haben, die Autoren HÖHN, MEISTER und NIPKOW. So stellt denn die genannte Arbeit von MESSIKOMMER eine wertvolle Ergänzung unserer Kenntnisse der Algenflora des Zürichsees dar, wobei der Autor selbst hervorhebt, dass es sich nicht um eine erschöpfende Darstellung handeln kann, «schon vor allem deswegen, weil sich die Untersuchungen auf den städtischen Seeteil beschränken und die Probenbeschaffung nicht einen ganzen Jahreszyklus berücksichtigt hat». Der letztere Punkt scheint mir besonders bedeutungsvoll.

Da gerade im vergangenen Jahrzehnt die absolute Menge der Uferalgen im Zürichsee augenfällig zugenommen hat und sowohl für Seeanwohner und Fischer als auch für Badende und Touristen zu schweren Belästigungen geführt hat und sehr wahrscheinlich mindestens mitschuldig ist am beängstigenden Schwinden des Schilfsaumes der Zürichseeufer, habe ich mich in den letzten Jahren in vermehrtem Masse mit allgemein limnologischen und auch algologischen Studien betreffend die Uferregion befasst. Dabei fiel mir auf, in wie eindrücklicher Weise sich an verschiedenen Biotopen eigene Algensukzessionen entwickeln, ja wie man heute aus der Zusammensetzung der Algenbiozönose auf die Beschaffenheit des Standortes (ob steinig oder seekreideartig-schlammig) schliessen kann.

Nur übersichtsweise sei auf die überreiche Diatomeen-Entwicklung im Winter und Frühling hingewiesen. Etwa gleichzeitig überwuchern Cyanophyceen alle Uferstellen, deren Oberfläche aus Schlamm oder Seekreide besteht, um hier gegen den Sommer hin den schleimigen *Spirogyra*-Polstern Platz zu machen. Im April, oder je nach Witterung früher, überziehen sich die ufernahen Steine mit einem feinen Rasen von *Ulothrix*-Fäden. Etwa von Mai bis Juli oder länger

dominieren dann an allen Uferstellen die grünen Fadenalgen. Dabei drängen sich in Tiefen bis über 3 m die auf Steinen, Holz, Schilf usw. festgewachsenen *Cladophora*-Fäden von der Befestigungsbasis gegen den Seespiegel, begleitet unter anderem von *Rhizoclonium*, *Microspora*, *Mougeotia*, *Zygnema*, *Oedogonium*, wobei die drei letzteren ihr Maximum etwas früher erreichen mögen, *Oedogonium* sich aber auch im Hochsommer lebhaft entwickelt.

Den Organen des Schweizerischen Nationalfonds für wissenschaftliche Forschung sowie der Stiftung für wissenschaftliche Forschung an der Universität Zürich verdanke ich die Förderung dieser aus einem weiteren Rahmen herausgegriffenen Studie. Die Algenphotographien (Abb. 1 bis 5) wurden durch die Kantonale Baudirektion aufgenommen.

2. Die Rotalgenrasen

Für den 29. März 1960 hatte ich vorgesehen, am Zürichsee an einer grösseren Zahl von Uferstellen Temperatur- und p_H -Wert-Messungen vorzunehmen und gleichzeitig eine Anzahl von Wasserproben zu erheben, um den Sauerstoffgehalt, die Nährstoffverhältnisse und andere limnologisch interessante Faktoren zu untersuchen, worüber an anderer Stelle berichtet wird. Nebenbei nahm ich einige Behälter mit, um Algenproben zu erheben.

Bei einer Besichtigung der Uferalgen im Grenzgebiet zwischen der Stadt Zürich und der Gemeinde Kilchberg fielen mir in 5 bis 20 cm Wassertiefe auf Steinen und Pfählen festgewachsene, 1 bis 2 cm lange Algenfäden von tief dunkelrotbrauner Farbe auf. Auf manchen Unterlagen nur einige Quadratcentimeter bedeckend und überall von grünen, fädigen Algen begleitet, fand ich einige Steine, auf denen die rotbraunen Rasen überwogen. Die gelbbraunen Kieselalgenbeläge, die zu dieser Jahreszeit am Seeufer überall sehr häufig sind, schienen die rotbraunen Algenfäden weniger zu belästigen als das epiphytenreiche Gewirr grüner Algen.

Meine Vermutung, dass es sich bei den rotbraunen Algenrasen um eine Rotalge handelt, bestätigte sich bei der mikroskopischen Betrachtung, die mich die Alge nach PASCHER (1925, S. 158) als *Bangia atropurpurea* (Roth.) Ag. erkennen liess. Die grossenteils mehrreihigen Fäden deuteten auf ein gewisses Alter dieser Organismen. War also die Alge schon an ihrem natürlichen Standort von Auge auffällig, mehr als dies bei einer Schwarzweissphotographie (Abb. 1) zum Ausdruck kommt, so verdeutlichte sich ihr Auftreten gegenüber den umgebenden Algen beim Trockenlassen des Steines an der Luft, indem die grünen Algen sich nun hell verfärben und auch die Farbe der Kieselalgen zurücktritt, während die prächtig rotbraune Farbe von *Bangia* beim Trocken durch einen schillernden Seidenglanz gewinnt (Abb. 2). Über ihr Vorkommen gibt PASCHER an: «Sehr zerstreut in ganz Europa, an Mühlrädern, Pfählen, an Wasserfällen, Wehren, in bewegtem Wasser. Holz wird als Unterlage bevorzugt. Im kalten Wasser ebenso wie im warmen reinen Wasser. Perennierend!» – Ende November fand ich am oben genannten Standort jüngere, 20 bis 60 μ breite (bis 3 cm lange)

Fäden von *Bangia*, die im Gegensatz zu den Grünalgenfäden nicht von epiphytischen Kieselalgen besiedelt waren, was eine Folge der Abscheidung von Hemmstoffen sein könnte.

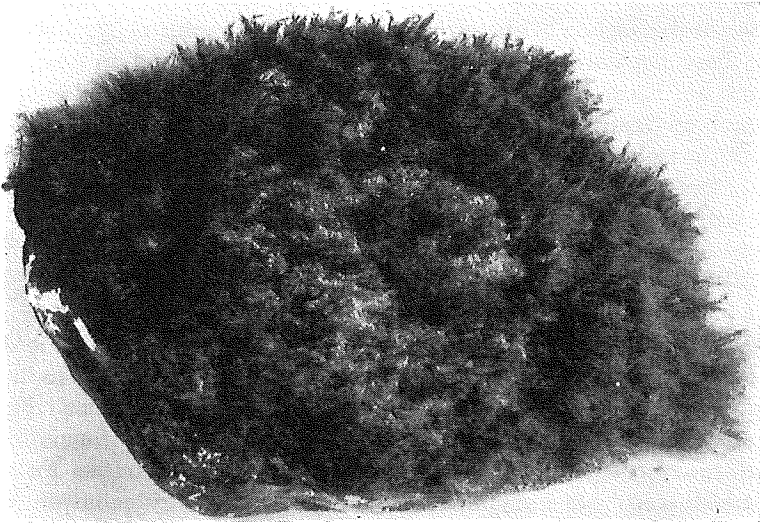


Abb. 1 Stets untergetauchter Uferstein mit *Bangia atropurpurea* und Begleitalgen. Grenze Stadt Zürich-Gemeinde Kilchberg, 29. März 1960. Halbe natürliche Grösse.

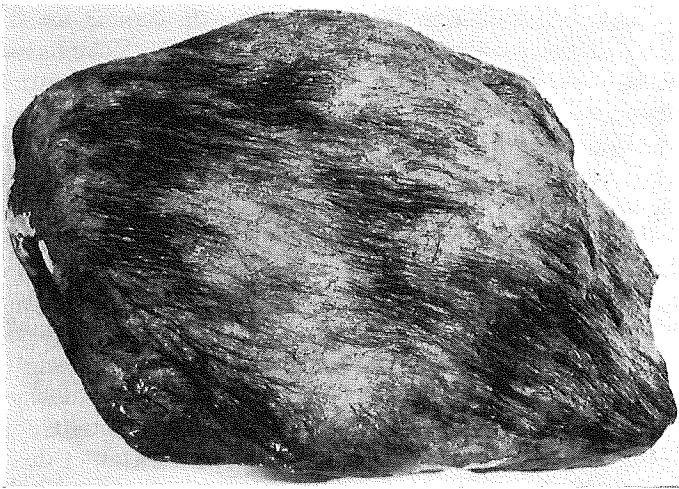


Abb. 2 Wie Abbildung 1, aber lufttrocken. *Bangia* hebt sich mit dunkelroter Farbe und Seidenglanz hervor.

An den Ufern des Zürichsees ist diese Alge, wie ich aus den Arbeiten von HÖHN (1944) und MESSIKOMMER ersah, bisher nicht gefunden worden, wohl aber im Genfersee von FOREL (1904, S. 152) im April 1900 bei St-Prex in der Nähe von Morges auf einigen Geröllsteinen des überschwemmten Strand,es, ferner in fliessenden Gewässern, so unterhalb von Zürich durch GAMS (1950, S. 171) im Jahre 1909 in der Limmat und – ebenfalls in der Nähe von Zürich – im oberen zürcherischen Sihllauf durch HÖHN (Naturschutzgutachten). Weitere Angaben über das Vorkommen der Alge in der Schweiz und im übrigen Europa finden sich bei KANN (1959, S. 157ff.) und ISRAELSON (1942), ebenso über das Vorkommen an Seeufern. *Bangia* ist übrigens nur einer von zahlreichen pflanzlichen und tierischen Organismen, die zuerst oft in Fliesswässern gefunden und daher als Fliesswasserorganismen bezeichnet, später aber auch an Seeufern beobachtet wurden. Nachdem die Alge nach FOREL (1904) im Genfersee und nach STANKOVIĆ (1960, S. 140/41) auch im Ochridasee vorkommt, interessanterweise wie im Zürichsee in Begleitung von *Cladophora* und anderen fädigen Grünalgen, ist in ihrem Auftreten kein direkter Eutrophierungsindikator zu sehen. Da das Zürichseewasser andererseits nur 0,8 mg/l Chlorid enthält, die Alge aber auch in chloridreichem Wasser gedeiht, ist sie mit Recht als euryhalin bezeichnet worden. Auch die an den Zürichseeufern wuchernden grünen Fadenalgen *Cladophora glomerata* und *Rhizoclonium*, wichtige Begleitorganismen von *Bangia atropurpurea*, erwiesen sich übrigens in bakterienfreien Reinkulturen (Einfadenkulturen) als euryhalin, indem sie bei Chloridgehalten von 1 bis 1000 mg/l kaum Wachstumsunterschiede zeigten.

Von den süsswasserbewohnenden Rotalgen finden sich nach HÖHN (1937, S. 62 und 80) in der Nähe von Zürich auch *Batrachospermum moniliforme* Roth in Zuflüssen der Sihl und *Lemanea fluviatilis* C. Ag. auf dauernd bespülten Steinen des Flusses. Bei meinen Beobachtungen an *Bangia* im Laboratorium gelang mir das Auffinden einer zweiten, für das Ufer des Zürichsees neuen Rotalge in folgender Weise: ich stellte im Mai *Bangia*-Material mit Begleitorganismen in einer grossen Porzellanschale an ein kühles Nordostfenster, um die weitere Entwicklung der Alge zu verfolgen. Tatsächlich blieb die Alge wochenlang am Leben, ohne ihren Habitus zu ändern. Im Gespinnst der begleitenden Moosfäden fielen mir nach drei Wochen plötzlich kleine Algenklümpchen von seltsamer blaugrüner Farbe auf, die 2 bis 3 mm Durchmesser erreichten. Ob diese Algenklümpchen sich von Anfang an in der Probe befanden oder erst im Laboratorium heranwuchsen, weiss ich nicht. Jedenfalls zeigte die mikroskopische Untersuchung, dass es sich nicht um eine Blualge handelte, wie ich erst vermutete, sondern um einen Vertreter der Rotalgengattung *Chantransia*. Nach PASCHER (1925) kann es sich dabei um Vorkeime der Rotalgen *Batrachospermum* und *Lemanea* handeln, wobei allerdings noch unentschieden ist, ob dies für alle Süsswasser-Chantransien gilt. Da ich im Gebiet des natürlichen Biotops bisher weder *Lemanea* noch *Batrachospermum* gefunden habe, ist diesen beiden Gattungen künftig an den Seeufern vermehrte Aufmerksamkeit zu schenken.

Batrachospermum moniliforme ist (vgl. auch KANN, 1959) übrigens bereits von FOREL (1904, S. 133, 150, 185) für den Genfersee erwähnt, ebenso *Chantransia* (S. 179); SCHROETER und KIRCHNER (1896, S. 53) nennen die beiden Algen (*Ch. chalybea* Fries) für den Bodensee. Während BRUTSCHY (1922) *Batrachospermum* im Hallwilersee fand, traf ich die Alge im Sommer 1959 auf Ufersteinen des Baldeggersees in 10 bis 20 cm Tiefe in der Nähe des Naturschutzlaboratoriums. Weitere Untersuchungen sind auch an diesen Seen erwünscht. Den Organen des Schweizerischen Bundes für Naturschutz (Präsident der Baldeggersee-Kommission: Herr Prof. Dr. KONRAD ESCHER, Zürich) danke ich bestens für die Benützungsbewilligung des Laboratoriums am Baldeggersee.

PS. Fräulein Dr. JOSÉPHINE TH. KOSTER, Kurator am Rijksherbarium in Leiden, danke ich für die Überlassung wertvoller Literaturangaben betreffend *Bangia*, die für diese Arbeit allerdings nicht mehr ausgewertet werden konnten.

3. Die Blaualgenteppeiche und Schwimmfladen

Vor Jahrzehnten hoben sich die vorwiegend aus Seekreide bestehenden Uferbänke des Zürichsees gegenüber den tieferen Stellen durch ihre helle, fast weisse Farbe hervor. Im Bodensee nennt man diesen Biotop «Wyssen». Seit der zunehmenden Eutrophierung des Zürichsees ist nun einerseits die Farbe des

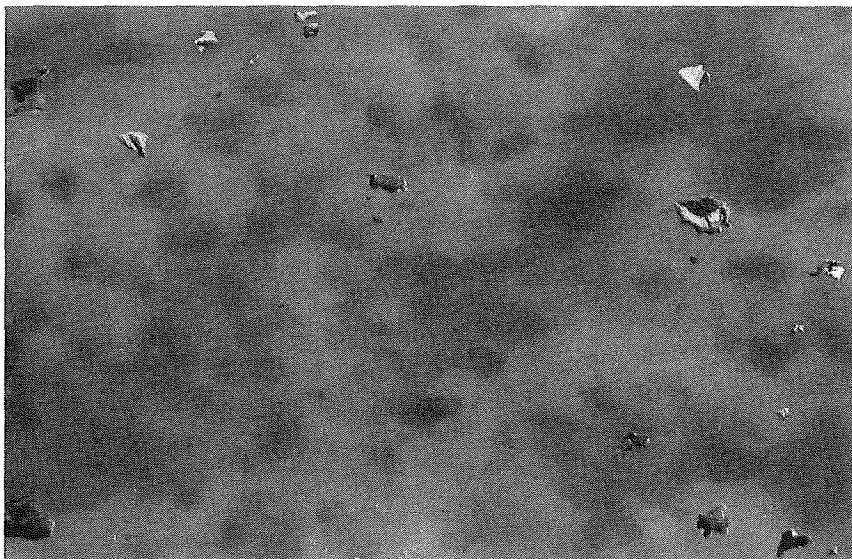


Abb. 3 Blick gegen den Seegrund beim Bad Wollishofen, 1,5 m Tiefe. Die dunklen Stellen bestehen aus Überzügen von *Oscillatoria limosa*, während sich an den hellen Stellen die Fladen abgelöst haben und zusammen mit Bodenbestandteilen zu Schwimmschlamm geworden sind. Einzelne Fladen an der Oberfläche. Etwa ein Zwanzigstel natürlicher Grösse.

ufernen Sedimentes mehr und mehr mit Grautönen durchsetzt, ein Hinweis auf den Gehalt an oxydierbaren Stoffen; anderseits überziehen sich die schlickigen Uferbänke in neuerer Zeit schon im frühen Frühjahr mit dunklen Teppichen von Blaualgen (Abb. 3). Die von mir bisher aus dem Zürichsee untersuchten Proben enthielten an Blaualgen fast ausschliesslich die kräftigen Fäden der üblicherweise festsitzenden *Oscillatoria limosa* Ag., während sich im Gewirr dieser Fäden eine artenreiche Kieselalgenflora entwickelt.

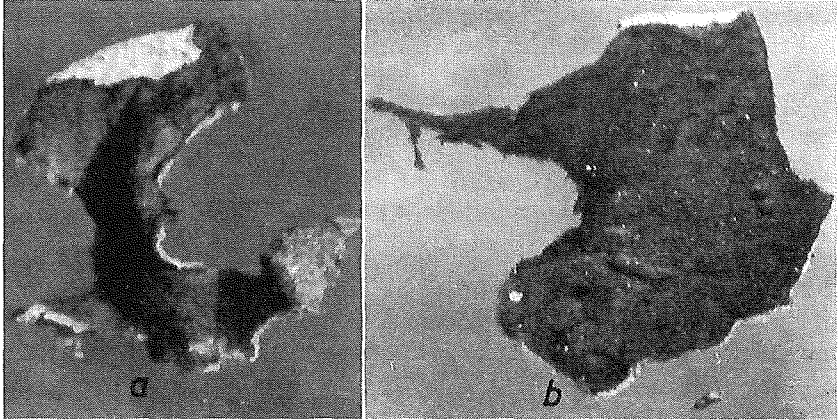


Abb. 4 Wie Abbildung 3.

a = Vom Grund aufsteigende Algenhaut (beachte den Schattenwurf!)

b = Schwimmende «Krötenhaut» auf dem Seespiegel. Etwa ein Drittel natürlicher Grösse.

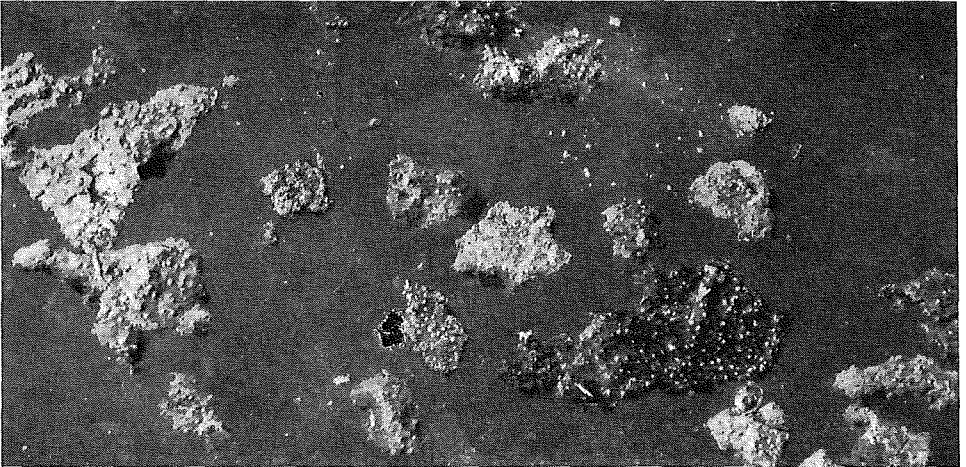


Abb. 5 *Oscillatoria limosa*-Fladen, vom Wind zusammengetrieben, Stäfa, 29. März 1960.
Etwa ein Viertel natürlicher Grösse.

Bei Sonnenschein verfangen sich die bei der Assimilation freigesetzten Sauerstoffblasen in den Algenbelägen und bewirken schliesslich, dass sich über handgrosse Flächen vom Grund loslösen und an die Seeoberfläche emporschwimmen, dort hässliche Fladen bildend, die aussehen wie Krötenhäute (Abb. 4 und 5). Glücklicherweise zerstören die Regen und Winde des Monats April oder Mai diese unangenehme Erscheinung, und die ursprünglichen Biotope der «Krötenhäute» werden dann von anderen Algen, auf weiten Flächen von *Spirogyra*, überwuchert. Auch *Spirogyra*-Polster steigen im Sommer an die Seeoberfläche und verunzieren die Ufer.

Die Kieselalgenmenge, mit der diese Blaualgenteppeiche und Schwimmfladen durchsetzt sind, kann erheblich schwanken. So zählte ich in dunklen, schwarzbraunen Häuten pro *Oscillatoria*-Faden (mit durchschnittlich mehreren hundert Zellen) 24 Kieselalgenzellen, in helleren, gelbbraunen Häuten pro Fladen nur 9 Diatomeen. Eine qualitative Bestimmung der Diatomeen-Flora von *Oscillatoria limosa*-Schwimmfladen, die ich am 5. April 1958 in der Seemitte bei Wollishofen gesammelt habe, ist von Dr. A. JURILJ (heute Professor in Sarajewo) während seiner Assistentenzeit in Zürich durchgeführt worden. Die Diatomeen dieser Probe sind in der nachstehenden Zusammenstellung alphabetisch aufgeführt; wie ersichtlich, befinden sich darunter auch einige planktische Diatomeen, die aber wohl als Skelette vom Seegrund mitgerissen wurden. Im übrigen sei auch auf die Kieselalgenbestimmungen von MEISTER (1912), НИРКОВ (1928), HÖHN (1944) und MESSIKOMMER (1954) hingewiesen.

Diatomeen-Flora von *Oscillatoria limosa*-Schwimmfladen, Seemitte Wollishofen, 5. April 1958:

Achnanthes exigua var. *heterovalvata*

Krasske

Achnanthes lanceolata Bréb.

Achnanthes minutissima Kütz.

Amphora ovalis Kütz.

Amphora ovalis var. *pediculus* Kütz.

Amphora ovalis var. *perlonga* Meister

Amphora perpusilla Grun.

Caloneis latiuscula Cleve

Caloneis silicula Cleve

Campylodiscus noricus var. *hibernica* Grun.

Cocconeis pediculus Ehr.

Cocconeis placentula Ehr.

Cocconeis placentula var. *euglypta* Cleve

Cyclotella bodanica var. *lemanensis* O. Müll.

Cyclotella comta var. *glabriuscula* Grun.

Cyclotella comta var. *oligactis* Grun.

Cyclotella Meneghiniana Kütz.

Cymatopleura elliptica W. Smith

Cymatopleura solea var. *apiculata* Ralfs.

Cymatopleura solea var. *gracilis* Grun.

Cymbella aspera Cleve

Cymbella cistula Grun.

Cymbella cymbiformis van Heurck

Cymbella Ehrenbergii Kütz.

Cymbella turgida Cleve

Diatoma vulgare var. *brevis* Grun.

Diatoma vulgare var. *grandis* Grun.

Diploneis elliptica var. *genuina* Meister

Epithemia argus Kütz.

Epithemia Muelleri Fricke

Eunotia monodon Ehr.

Eunotia praerupta Ehr.

Fragilaria brevistriata Grun.

Fragilaria construens Grun.

Fragilaria construens var. *binodis* Grun.

Fragilaria intermedia Grun.

Fragilaria pinnata var. *lancettula* Hust.

Fragilaria virescens var. *mesolepta* Rabh.

Gomphonema angustatum Rabh.

Gomphonema constrictum var. *capitata*

Cleve

Gomphonema intricatum var. *pumila* Grun.

Gomphonema olivaceum Kütz.

<i>Gyrosigma attenuatum</i> Rabh.	<i>Nitzschia acicularis</i> W. Smith
<i>Melosira granulata</i> var. <i>angustissima</i> Müll.	<i>Nitzschia angustata</i> Grun.
<i>Melosira islandica</i> subsp. <i>helvetica</i> Meister	<i>Nitzschia angustata</i> var. <i>acuta</i> Grun.
<i>Melosira varians</i> C. A. Ag.	<i>Nitzschia denticula</i> var. <i>Delognei</i> Grun.
<i>Navicula bacilliformis</i> Grun.	<i>Nitzschia dissipata</i> Grun.
<i>Navicula bacillum</i> Ehr.	<i>Nitzschia sigmoidea</i> W. Smith
<i>Navicula cuspidata</i> Kütz.	<i>Nitzschia sublinearis</i> Hust.
<i>Navicula gastrum</i> O. Müll.	<i>Pinnularia microstauron</i> var. <i>Brébissonii</i>
<i>Navicula gracilis</i> Ehr.	Hust.
<i>Navicula hungarica</i> var. <i>capitata</i> Cleve	<i>Pinnularia viridis</i> Ehr.
<i>Navicula menisculus</i> Schum.	<i>Pinnularia</i> spec.
<i>Navicula oblonga</i> Kütz.	<i>Stephanodiscus astraea</i> Grun.
<i>Navicula pupula</i> var. <i>elliptica</i> Hust.	<i>Stephanodiscus astraea</i> var. <i>minutula</i>
<i>Navicula radiosa</i> Kütz.	Grun.
<i>Navicula Reinhardtii</i> Grun.	<i>Surirella linearis</i> var. <i>helvetica</i> Meister
<i>Navicula scutelloides</i> W. Smith	<i>Surirella robusta</i> Ehr.
<i>Neidium dubium</i> Cleve	<i>Synedra parasitica</i> W. Smith
<i>Neidium iridis</i> Cleve	<i>Synedra ulna</i> Ehr.
<i>Neidium productum</i> Cleve	<i>Tabellaria fenestrata</i> Kütz.

Genauere Angaben über den Biotop dieser Cyanophyceen-Teppiche und über die Ursachen der Wucherungen von *Oscillatoria limosa* finden sich in einer zurzeit im Druck liegenden Abhandlung (Schweiz. Zeitschrift für Hydrologie). Immerhin möchten wir nicht versäumen, darauf hinzuweisen, dass dem Zürichsee früher solche Algenmassen fehlten und dass ihre Entwicklung in erster Linie auf die sich stets vergrössernde Zufuhr von Düngstoffen aus Abwässern zurückzuführen ist.

In der Erwärmungsperiode des Sees wird diese Wirkung unter anderem durch thermisch bedingte Horizontalzirkulationen vergrössert. Dabei erwärmt sich das ufernahe Wasser, das durch die Uferalgen rasch seiner Nährstoffe beraubt ist, durch Einstrahlung schneller als das uferferne. Die an der Oberfläche seewärts gerichtete Strömung lässt vom See her Richtung Ufer das nährstoffreiche Wasser tieferer Schichten über die Vegetation der Uferbank streifen, das Wachstum der Uferalgen zusätzlich fördernd. Die Überhandnahme der Cyanophyceen-Teppiche erfolgte im Zürichsee parallel zu anderen Eutrophierungserscheinungen in Etappen: die ersten grösseren Schwimmfladenbildungen um 1930 und die massenhafte Ausbildung seit etwa 1948.

Während das erstmalige Auffinden von Rotalgenrasen mit Hinweis auf die Funde von FOREL im Genfersee nicht als Eutrophierungsmerkmal zu werten ist, kann die zunehmend starke Veralgung der Zürichseeufer als Spiegelbild für die wachsende Zufuhr von Abwässern gelten. Die Rotalgenrasen stellen am Zürichsee eine interessante Seltenheit dar, die sich übermässig entwickelnden Blaualgenteppiche dagegen werden vor allem durch die massenhaft auftreibenden Schwimmfladen zur hässlichen Belästigung.

Literaturverzeichnis

- BRUTSCHY, A. (1922): Die Vegetation und das Zooplankton des Hallwilersees. *Int. Rev. ges. Hydrogr. u. Hydrobiol.*, 10.
- FOREL, F. A. (1904): *Le Léman. Monographie limnologique. Tome troisième. F. Rouge & Cie, Lausanne.*
- GAMS, H. (1950): Die Rotalgen Tirols. *Der Schlern*, S. 170—172, Bozen.
- HÖHN, W. (1937): Die Pflanzen- und Tierwelt unserer Heimat. VIII. *Neujahrsblatt der Lesegesellschaft Wädenswil*, 95 S.
- (1944): Die stehenden Gewässer und Moore der Herrschaft Wädenswil. Zweiter Teil. XIV. *Neujahrsblatt der Lesegesellschaft Wädenswil*, 83 S.
- ISRAELSON, G. (1942): The Freshwater Florideae of Sweden. *Symbolae Bot. Upsalienses*, VI, 1, 134 S.
- KANN, E. (1959): Die eulitorale Algenzone im Traunsee. *Arch. f. Hydrobiol.*, 55, 2, S. 129—192.
- MEISTER, FR. (1912): Die Kieselalgen der Schweiz. Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz, IV, H. 1, 254 S., XLVIII Taf.
- MESSIKOMMER, E. (1954): Die Algenflora des Zürichsees bei Zürich. *Schweiz. Z. f. Hydrologie*, XVI, S. 27—63.
- NIPKOW, F. (1928): Über das Verhalten der Skelette planktischer Kieselalgen im geschichteten Tiefenschlamm des Zürich- und Baldeggersees. *Schweiz. Z. f. Hydrologie*, 4, S. 71 bis 120.
- PASCHER, A. (1925): Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Heft 11, Gust. Fischer, Jena.
- SCHROETER, C., und KIRCHNER, O. (1896): Die Vegetation des Bodensees. *Bodensee-Forschungen*, neunter Abschnitt; Lindau i. B.
- STANKOVIĆ, S. (1960): The Balkan Lake Ohrid and its living world. W. Junk, Den Haag.
- THOMAS, E. A. (im Druck): Wucherungen von Cyanophyceen an den Ufern des Zürichsees und deren Ursachen. *Schweiz. Z. f. Hydrologie*.