

Carinthia II	163./83. Jahrgang	S. 317—330	Klagenfurt 1973
--------------	-------------------	------------	-----------------

Vorkommen und biologisches Verhalten der Blaualge *Oscillatoria rubescens* DC. in den österreichischen Alpenseen

Von Ingo FINDENEGG
(Mit 7 Abbildungen)

(Aus dem I.B.P.-Labor „Produktion österreichischer Alpenseen“
der Österreichischen Akademie der Wissenschaften)

Occurrence and Biological Behaviour of the Blue-green Alga
Oscillatoria rubescens in the Austrian Alpine Lakes

Synopsis:

In the course of the last decades a considerable part of the Austrian alpine lakes has been invaded by the blue-green alga *Oscillatoria rubescens* as a consequence of cultural eutrophication. The earliest invasion happened in the Zeller See only a few years later than the well known appearance in the Zürichsee. In the fall of 1909 the Wörthersee in Carinthia showed the first water blooms caused by this species. In this lake the special biology of *Oscillatoria rubescens* was studied during many years. In winter as a result of the water circulation the algae are distributed almost uniformly through all depth. In spring *Oscillatoria rubescens* retires into the metalimnion. In summer it does not occur in the upper part of the photic zone but forms density peaks in the strata where light intensity and temperature are low. Therefore it was considered to be an oligothermal and oligophotic species.

In 1961 STAUB demonstrated that *Oscillatoria rubescens* was growing in cultures at temperatures above 20 centigrades. This observation was confirmed by experiments of ZIMMERMANN (1969) who showed that in the light-thermostat maximum growth occurred up to 30 centigrades. Both authors advocate that the species is oligophotic, but not oligothermal.

Since about 15 years *Oscillatoria rubescens* is invading almost all lakes of Austria in rapid succession that were affected by domestic waste from the increasing tourist industry. Most of these invasions were going on rather inconspicuously. In the course of years the number of algae increased slowly and never did exceed the

mass of other species of the phytoplankton. In contrast to the majority in the Obertrumer and Mondsee (1968) and in the Millstätter See (1972) the progress in eutrophication went on spectacularly. These three invasions were remarkable in two respects: On the one hand *Oscillatoria rubescens* developed so rapidly that it contributed up to 98 % of the phytoplankton mass within a few months. On the other hand it did not migrate into the metalimnion during the warm season but reached its maximum density in the surface layers at 18—20° C and light intensities of 500—900 kcal/cm² min.

Unter den Algenarten, die durch ihr massenhaftes Auftreten in den Seen zuweilen das Wasser verfärben und durch Bildung von Schwimmschichten die Badequalität herabsetzen können, ist *Oscillatoria rubescens* eine der bekanntesten, zumindest in Kärnten. Aber auch in den anderen Seegebieten Österreichs gibt es kaum noch einen durch Abwässer belasteten See, in dem sie nicht im Laufe der letzten Jahre aufgetaucht wäre, bei manchen nur in sehr geringen Mengen, die von der Allgemeinheit kaum bemerkt werden, in anderen aber in solchen Massen, daß sie dem Wasser einen rötlichen Schimmer verleihen und im Winter sich die Algenfäden so verfilzen, daß sie treibende Flocken im See bilden.

Schon die erste wissenschaftliche Beschreibung unserer Alge knüpft an eine solche Massenentwicklung in einem Schweizer See an. Im Winter 1825 war sie im Murtensee so zahlreich, daß der See rot erschien. Die Seeanrainer glaubten, dies beruhe auf einem Aufwallen des Blutes der 1476 in einer Schlacht am See gefallenen Burgunder, und danach heißt die Alge in der Schweiz „Burgunderblut“. Der Genfer Botaniker DE CANDOLLE erkannte als Ursache der Verfärbung des Wassers die millimeter- bis zentimeterlangen, aber nur etwa sechs Tausendstelmillimeter dicken, rötlich schimmernden Fäden unserer Alge, der er den Namen *Oscillatoria rubescens* gab. Erst 73 Jahre später erregte diese Alge zum zweiten Male die Aufmerksamkeit nicht nur der Wissenschaft, sondern auch weiter Kreise der Bevölkerung, als sich im November 1898 im Zürichsee eine ähnliche Wasserblüte einstellte. Seither bildete die Alge einen an Menge wechselnden Bestandteil am Phytoplankton des Zürichsees. Erst in den letzten Jahren ist sie stark zurückgegangen und schließlich verschwunden, vielleicht als Folge der Sanierung des Sees. Fast gleichzeitig wie im Zürichsee ist *Oscillatoria rubescens* auch in zahlreichen anderen Schweizer Seen erschienen, so im Baldegger See, im Zuger See, im Rotsee und im Vierwaldstätter See. Die Einwanderung der Alge erfolgte oft mit unerwarteter Intensität, ihre Vermehrung ging „explosionsartig“ vor sich, man sprach von einer „Invasion“. Und es wurde bald klar, daß die Ursache dieser Veränderungen in der Zusammensetzung des Phytoplanktons in der

raschen Zunahme der Verschmutzung der betroffenen Seen durch die häuslichen Abwässer und der damit verbundenen Anhäufung von Pflanzennährstoffen im Seewasser zu suchen war.

Der erste österreichische See, in dem *Oscillatoria rubescens* (*O. r.*) auftauchte, scheint der Zeller See in Salzburg gewesen zu sein. Für den Wörthersee ist durch Beobachtungen von Dr. Roman PUSCHNIG (nachgelassene Aufzeichnungen) sichergestellt, daß 1909 in der Bucht von Loretto Flocken einer wahrscheinlich noch recht bescheidenen Wasserblüte im Winter angeschwemmt wurden. Seither ist unsere Alge, mit gewissen Schwankungen von Jahrzehnt zu Jahrzehnt allmählich an Menge zunehmend, ein fester Bestandteil des Phytoplanktons des Wörthersees geblieben. Im Zeller See hingegen begann die Art in den Jahren um 1956 wieder zurückzugehen und verschwand trotz der damals noch immer zunehmenden Verschmutzung des Wassers und steigender Produktion anderer Algenarten im See ganz aus dem Planktonbestand.

In der Zeit von 1930 bis 1938 habe ich eingehende Untersuchungen über die Eigenheiten der Vertikalverteilung der *O. r.* zu den verschiedenen Jahreszeiten vor allem im Wörthersee, aber auch im Keutschacher See und im Längsee angestellt. Die scharfe thermische Schichtung der Kärntner Seen mit einem sommerwarmen Epilimnion von 20 bis 24° C, mit einer Temperatursprungschicht (Metalimnion) zwischen etwa 5 und 15 m Tiefe bei einer Temperaturabnahme von mehreren Graden je Meter Tiefe und einer hypolimnischen Temperatur von nur 5° C schien günstig, die Abhängigkeit der Vertikalverteilung unserer Art von der Temperatur festzustellen. Schon von Schweizer Beobachtern war nämlich bemerkt worden, daß sich *O. r.* im Sommer nur in etwas tieferen Seeschichten vorfindet.

Wie aus der Abb. 1 zu ersehen ist, wird unsere Alge im Winter durch die mit der Abkühlung des Sees parallel gehende Wasserdurchmischung auf alle davon betroffenen Seeschichten einigermaßen gleichmäßig verteilt. Mit dem Einsetzen der Erwärmung des Epilimnions verschwand mit großer Regelmäßigkeit die Alge aus der Oberschicht, vermehrte sich aber zwischen etwa 10 und 20 m Tiefe trotz der hier viel ungünstigeren Lichtverhältnisse ziemlich stark. So entsteht der Eindruck, daß es sich bei *O. r.* um eine kaltstenotherme Art handelt, deren Temperaturoptimum bei etwa 5 bis 7° C liegt. Im weiteren Verlauf des Jahres zeigt sich aber auch, daß die Schichtungsmaxima im Spätsommer und im Herbst, offenbar als Folge der schwächer werdenden Sonnenstrahlung, sich allmählich gegen die Oberfläche verschieben und die dichteste Besiedlung jetzt bei 8 bis 9° C zu finden ist. Ich habe daraus den Schluß gezogen, daß die Vertikalverteilung der *O. r.* durch das Zusammenspiel von Temperaturschichtung und Lichtverhältnissen zustande kommt, die

Art niedere Temperaturen und schwache Beleuchtung zum Gedeihen beansprucht, also oligotherm und oligophot ist.

Allerdings war aus gelegentlichen Beobachtungen zu entnehmen, daß *O. r.* in einigen Fällen auch im Sommer an der Seeoberfläche gefunden wurde. Da es sich dabei anscheinend immer um kurzfristige Erscheinungen gehandelt hat, lag es nahe, diese Ausnahmen mit ab-

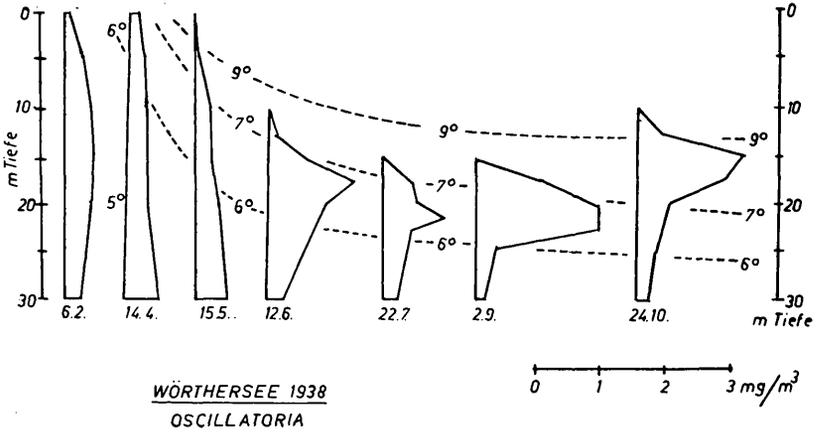


Abb. 1: Schichtung der *Oscillatoria rubescens* im Verhältnis zur Temperatur im Wörthersee zwischen 0 und 30 m Tiefe zu verschiedenen Zeitpunkten des Jahres 1938.

normen Witterungsverhältnissen in Zusammenhang zu bringen. So schrieb der bekannte Züricher Hydrobiologe JAAG im Jahre 1949: „Gelegentlich kann freilich das Burgunderblut auch mitten im Sommer in Erscheinung treten, nämlich dann, wenn durch eine anhaltende Regenperiode die oberflächlichen Wasserschichten sich abkühlen und eine vorzeitige Teilzirkulation einleiten.“ Im Wörthersee ereignete sich während meiner 40jährigen Beobachtungszeit dies nur einmal. Im August erschienen in Teilen des unteren Seebeckens scharf begrenzte, braune, etwa nußgroße Algenklümpchen, etwa ein bis zwei Stück je Quadratmeter Seefläche, nach einem starken Gewittersturm. Sie waren nach wenigen Tagen wieder verschwunden. Die Kügelchen bestanden aus Hunderten von verfilzten *Oscillatoria*-Fäden.

In der Zeit zwischen 1930 und 1950 kam es in Österreich anscheinend zu keiner weiteren Ausbreitung der *O. r.* Mit dem Aufkommen des Massentourismus und dem damit verbundenen Neubau von Hotels, Campingplätzen und Strandbädern setzte eine neue Welle der Verschmutzung und Veralgung unserer Seen ein. Es ist daher nicht verwunderlich, wenn in der nun folgenden Zeit auch die *Oscillatoria*-Invasionen in einem bisher unbekanntem Maße wie-

der auflebten. Nachdem die Alge schon einige Jahre vorher in den Wolfgangsee eingewandert war, zeigten sich hier im Winter des Jahres 1955 die ersten stärkeren Wasserblüten. Es folgte der Ossiacher See, in dem ich 1959/60 erstmalig nennenswerte Mengen antraf, fast zur gleichen Zeit fand sich die Art auch im Feldsee (Brennsee) und ein Jahr später (1961) im Millstätter See. 1962 folgte der Klopeiner See. In allen diesen Gewässern blieben die Mengen der *O. r.* in den ersten Jahren noch sehr gering, im Feldsee verschwand sie zeitweilig sogar ganz. Nirgends spielte die Art schon von Anfang an eine solche Rolle wie etwa im Wörthersee oder in einigen Schweizer Seen: Im Wörthersee schwillt, wie aus der Abb. 2 zu erkennen ist, die Masse der *O. r.*, wenn auch unter nicht unbeträchtlichen Schwankungen, immer mehr an. In dieser Abbildung ist in der oberen Reihe die Vertikalschichtung der Algenmasse für die Jahre 1964/65, in der unteren jene von 1969/70 dargestellt. Aus dieser Abbildung ist auch schön zu erkennen, mit welcher Präzision im Frühjahr die Abwanderung der Alge aus dem Epilimnion erfolgt, wie aber später im Laufe des Spätsommers die Zone des stärksten Wachstums wieder etwas nach oben rückt.

Inzwischen haben, unabhängig voneinander, zwei Schweizer Limnologen versucht, das Problem der wechselnden Schichtungs-

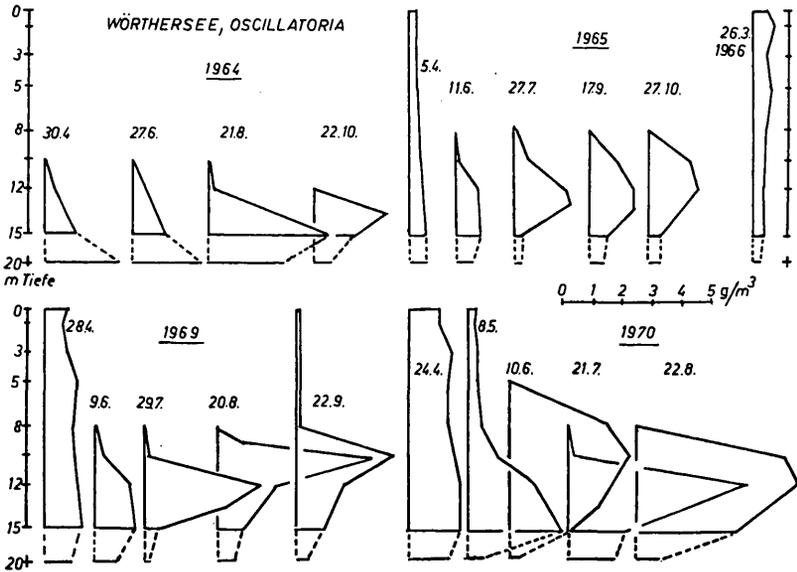


Abb. 2: Schichtung der *Oscillatoria rubescens* im Wörthersee zu verschiedenen Jahreszeiten zwischen 0 und 20 m Tiefe in den Jahren 1964 bis 1965 und 1969/70.

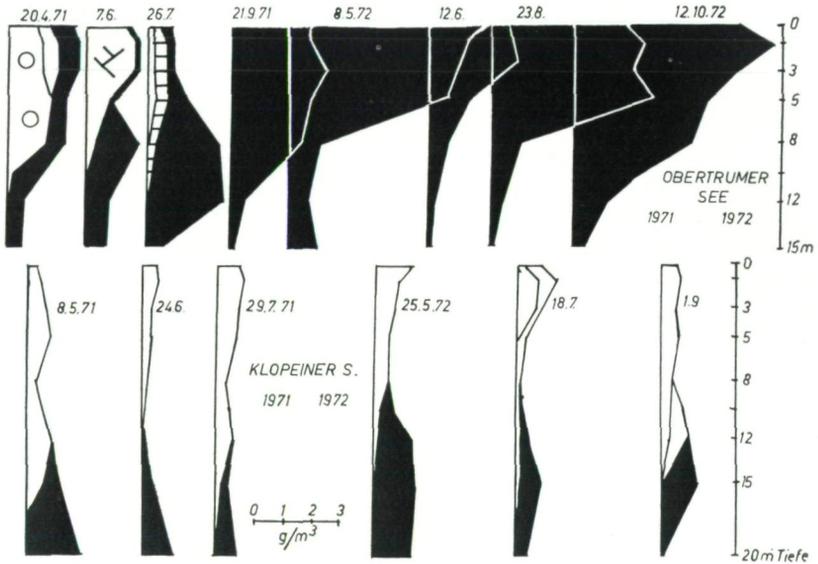


Abb. 3: Schichtung der *Oscillatoria rubescens* im Obertrumer See zwischen 0 und 15 m Tiefe in den Jahren 1971/72. Untere Reihe: Schichtung im Klopeiner See zwischen 0 und 20 m Tiefe in den gleichen Jahren. Schwarze Flächen: *Oscillatoria*; weiße Flächen: übrige Planktonalgen.

verhältnisse unserer Alge im Laboratorium zu klären. STAUB (1961) konnte anlässlich von Untersuchungen über die Ernährungsansprüche der *O. r.* zeigen, daß die Art keineswegs nur bei niederen Temperaturen gedeiht, sondern in Kulturen bei über 20° C sogar noch besser wächst. Und ZIMMERMANN (1969) hat das Verhalten der *O. r.* in mehreren Schweizer Seen und auch experimentell in Lichtthermostaten studiert und die Befunde von STAUB bestätigt, daß unsere Alge keineswegs eine Kaltwasserform ist, sondern viel eher als eurytherm zu bezeichnen wäre. Er vertritt die Ansicht, daß starke Lichtintensitäten von der Alge zur Photosynthese nicht ausgenutzt werden können, bei gleichzeitig vorhandenen höheren Temperaturen aber sogar zu Wachstumshemmungen führen. *O. r.* müsse daher als eurytherme Schwachlicht-Art angesehen werden.

Aber noch ehe die Arbeit von ZIMMERMANN erschienen war, bereitete unsere Alge der Wissenschaft eine neue Überraschung. Nachdem sie 1965 im Plankton des Obertrumer Sees in Salzburg (4,9 km², 35 m tief) aufgetaucht war, verhielt sie sich zunächst bei relativ geringer Mengenerfaltung hinsichtlich ihrer Vertikalschichtung völlig normal. 1968 aber zeigte sie eine ganz ungewöhnliche Massenentwicklung und diese Entwicklung spielte sich im wesentlichen gerade

in den obersten Schichten ab, in denen Temperaturen um 20° C und hohe Lichtintensität herrschten (Abb. 3, untere Reihe, Serien vom 19. Juni und 24. Juli 1968). Dieses abnormale Verhalten führte zu spektakulären Wasserblüten im Hochsommer und blieb auch nicht auf diesen Sommer beschränkt, sondern setzte sich bis 1972 fort. Wohl kamen manchmal, wie in den Serien vom 7. Juni und 26. Juli 1971, Maxima in etwas tieferen Schichten vor, die meisten aber lagen doch zwischen 0 und 5 Meter Tiefe. Sie erreichten besonders 1972 die Mengen von 6 bis 7 g Frischgewicht je Kubikmeter Wasser.

Kurz nach dieser spektakulären Invasion der *O. r.* im Obertrumer See folgte eine sehr ähnliche, wenn auch geringere im Mondsee, die wegen der wirtschaftlichen Bedeutung dieses Sees aber nicht weniger Aufsehen erregte. Ich fand *O. r.* zuerst 1968 im Mondsee in geringen Mengen, gegen Herbst nahm die Art stark zu (Abb. 4), verdrängte schließlich das im Sommer stark vorherrschende *Ceratium* fast vollständig und bildete in der Folge auffallende Wasserblüten. Nach einer relativ starken Abnahme im Vorsommer 1969 vermehrte sie sich in der zweiten Jahreshälfte neuerlich sehr stark, dieser Ablauf wiederholte sich 1970 unter stetigem Anwachsen der vorhandenen Massen von *O. r.* und erreichte den Höhepunkt im Frühjahr 1971. Seither geht der Bestand der Alge im Mondsee zurück, was man als

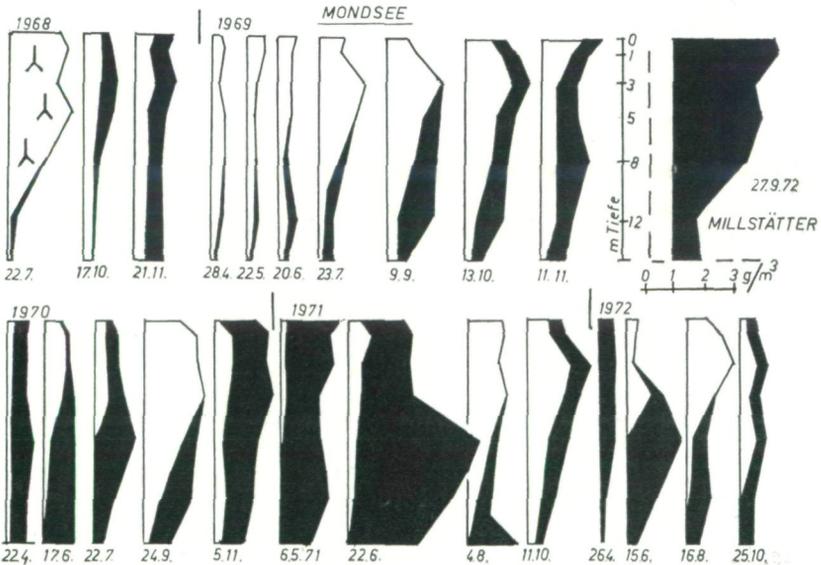


Abb. 4: Jahreszeitliche Schichtungsbilder der *Oscillatoria rubescens* (schwarze Flächen) und der übrigen Planktonalgen (weiß) vom Mondsee in den Jahren 1968 bis 1972.

eine Folge der inzwischen angelaufenen Sanierungsmaßnahmen gegen die Verschmutzung des Sees durch die Abwässer der Ufersiedlungen ansehen kann.

Vergleicht man das Verhalten der *Oscillatoria*-Bestände in den beiden Nordalpenseen mit dem der Kärntner Vorkommen im Wörthersee und im Klopeiner See (Abb. 3, untere Reihe), so läßt sich der Unterschied am besten durch die Lage der Massenschwerpunkte beschreiben: Diese liegen bei den Kärntner Seen (wenn man den Millstätter See zunächst ausschaltet) im tieferen Metalimnion, beim Obertrumer See und beim Mondsee aber im Epilimnion. Dies gilt für die Sommerschichtung. Im Winter ist die Alge auf alle in Zirkulation begriffenen Schichten ungefähr gleichmäßig verteilt. Für die metalimnische Lage des sommerlichen Produktionsschwerpunktes ist es unwesentlich, ob *O. r.*, wie im Wörthersee, in gewaltigen Massen (Abb. 2) oder wie im Klopeiner See (Abb. 3, unten) nur in bescheidenen Mengen vorhanden ist. Hingegen liegt der Produktionsschwerpunkt nur dann im Epilimnion, wenn der See große Massen der Burgunderblutalge produziert. Im Hinblick auf diesen Umstand und auf die von ZIMMERMANN geäußerten Vorstellungen über den bei höherer Temperatur hemmenden Einfluß starker Beleuchtung auf das Wachstum der *O. r.* könnte man vielleicht doch meinen, die epilimnischen Massen der Alge seien gar nicht hier entstanden, es handle sich dabei vielmehr doch nur um durch starken vertikalen Wasseraustausch nach oben verschleppte, ihrem zusagenden Milieu entrissene und daher schon langsam absterbende Algen, welche die sommerlichen Wasserblüten verursachen. Daß dem nicht so ist, läßt sich durch Messungen der Produktionsintensität mit radioaktivem Kohlenstoff beweisen. Im Mondsee lagen die Schichten mit der höchsten Produktion in 1 bis 2 m Tiefe (FINDENEGG 1969). Wenn es aber noch eines Beweises bedürfte, daß die epilimnischen *Oscillatoria*-Massen nicht durch starke Windeinwirkung aus dem Metalimnion hochgeschwemmte Bestände sind, also mit der starken Windexposition des Obertrumer Sees und des Mondsees zusammenhängen, so ist dieser Beweis durch die *Oscillatoria*-Invasion im Millstätter See im Jahre 1972 erbracht, denn der Millstätter See befindet sich, wie alle Kärntner Seen, in einer windgeschützten Beckenlage.

Das Auftauchen der Burgunderblutalge im Millstätter See (1961) fällt mit anderen Anzeichen rasch zunehmender Eutrophierung zusammen. Die „alteingesessenen“ Planktongesellschaften mit Vorherrschen von pennalen Diatomeen in der kühlen und *Cyclotella* und *Ceratium* in der warmen Jahreszeit werden immer mehr durch *Stephanodiscus hantzschii* im Vorfrühjahr, später durch *Stephanodiscus astraea* verdrängt, während sich im Sommer gewaltige Massen von Chlorococcalen, besonders *Oocystis*, *Ankistrodesmus* und *Chlorella* entwickeln. *O. r.* nahm zwar allmählich an Menge zu, verhielt

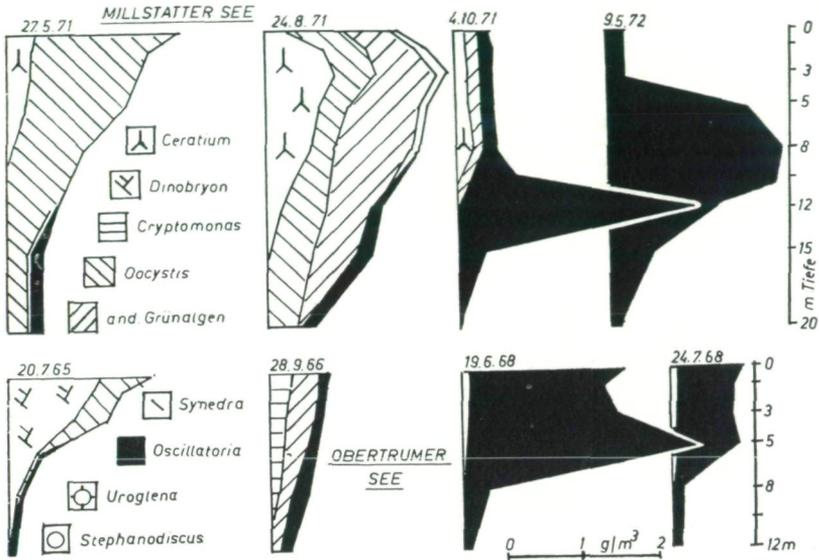


Abb. 5: Obere Reihe: Schichtung der wichtigsten Gattungen des Phytoplanktons im Millstätter See 1971 bis Mai 1972. Untere Reihe: Zum Vergleich analoge Zustände des Obertrumer Sees während der Jahre 1965 bis 1968. Im linken Teil: Erklärung der Symbole zur Bezeichnung des Anteiles der Algengattungen an der Gesamtmenge des Phytoplanktons.

sich aber genau so wie im Wörthersee, blieb also im Sommer den oberen Seeschichten fern. In den Abb. 5 und 6 ist nun die weitere Entwicklung der eben skizzierten Situation im Planktonbestand des Millstätter Sees dargestellt. Um die Ähnlichkeit der Entwicklung mit jener im Mondsee und im Obertrumer See besser verfolgen zu können, habe ich im unteren Teil dieser Abbildungen analoge Zustände im Obertrumer See, die allerdings schon etwas früher (ab 1965) auftraten, mitaufgezeichnet. Um die in den Ausgangssituationen noch vorhandenen anderen Algenarten ersichtlich machen zu können, ist der Maßstab dieser beiden Abbildungen vergrößert. Die Anteile der einzelnen Algenarten im Schichtungsbild des Gesamtplanktons sind durch Symbole angedeutet.

Während im Frühjahr und im Sommer 1971 (Abb. 5, links oben) *O. r.* noch ganz bescheidene Bestände im Metalimnion aufwies und die Hauptmasse des Phytoplanktons aus *Oocystis* und anderen Chlorococcalen bestand, setzt in den Tiefen um 12 m im Millstätter See ganz plötzlich eine gewaltige Vermehrung der Burgunderblutalge ein. Sie wird alsbald durch die einsetzende Herbstzirkulation auch in die Oberschichten eingeschwemmt, wo sie sich im Vorwinter ebenfalls stark vermehrt. So weit verläuft alles normal und

könnte sich auch im Wörthersee abgespielt haben. Immerhin besteht das Mai-Plankton des Jahres 1972 fast nur noch aus dem Burgunderblut. Im späteren Frühjahr (Abb. 6) scheint sich wieder eine Normalisierung anzubahnen, die Alge verschwindet fast ganz aus dem Epilimnion, es entwickelt sich hier eine Diatomeen-*Ceratium*-Gesellschaft. Aber schon im Juli wird die Entwicklung wieder rückläufig, die Burgunderblutalge beginnt sich sichtlich auch im Epilimnion zu vermehren, an der Seeoberfläche erscheinen die ersten Algenfilme. Im August machte noch einmal die Goldalge *Uroglena* ihr den Besitz

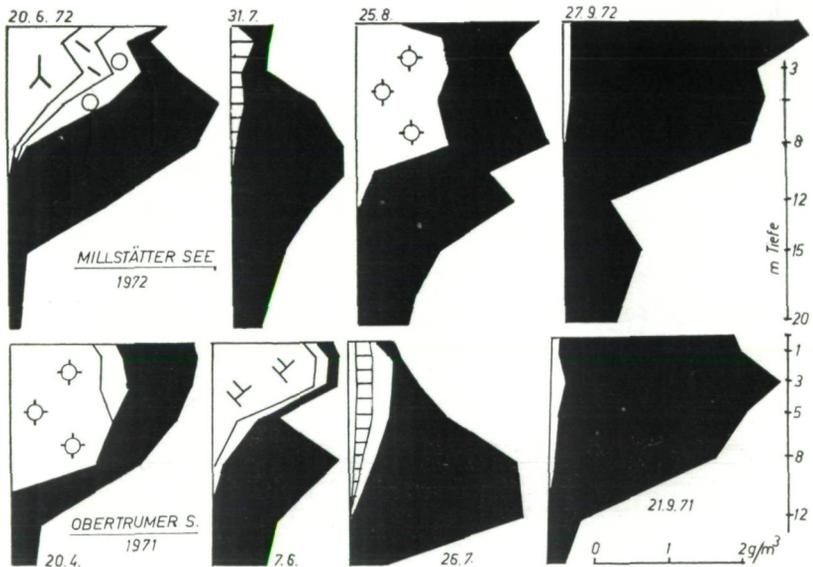
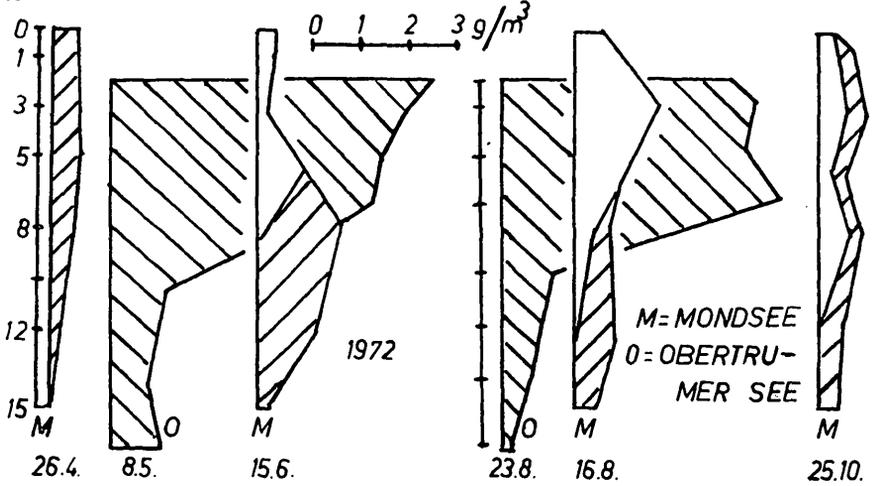
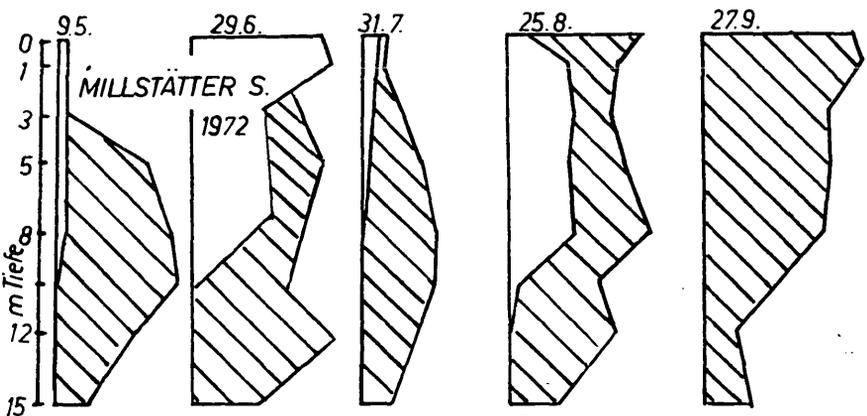
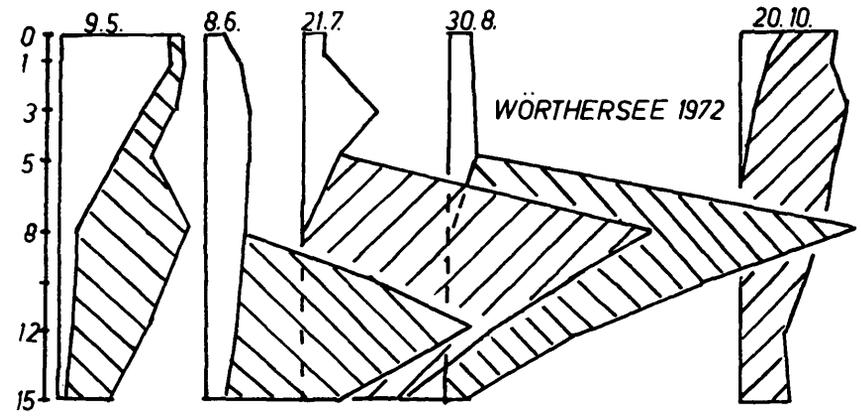


Abb. 6: Obere Reihe: Verlauf der *Oscillatoria*-Invasion im Millstätter See im Jahre 1972. Unten: Zum Vergleich analoge Zustände des Obertrumer Sees 1971. Symbole für die Algenarten wie in Abb. 5.

des Epilimnions streitig. Ab Mitte September aber gab es im See praktisch nur noch *Oscillatoria*. Das Seewasser war eine Aufschwemmung rotbrauner fädiger Massen, zum Teil zu Flocken und Fladen verfilzt. Der Badebetrieb war schon im August zum Erliegen gekommen.

Um den Zustand des Phytoplanktons in den hier näher behandelten Seen im Jahre 1972 vergleichen zu können, sind in der Abb. 7

Abb. 7: Schichtungsbilder für das Gesamt-Phytoplankton im Wörthersee, Millstätter See, Mondsee (M) und Obertrumer See (O) im Jahre 1972. Schraffiert: *Oscillatoria*; weiße Flächen: Anteil der übrigen Planktonalgen.



die Schichtungsverhältnisse des Gesamt-Phytoplanktons untereinander zusammengestellt. Der Anteil der *O. r.* ist schraffiert, die weißen Flächen bedeuten andere Algenarten. Es mag erstaunlich erscheinen, daß nach allem über die spektakulären Invasionen Gesagten keiner der davon betroffenen Seen, vielmehr der Wörthersee, die größte Menge der Burgunderblutalge unter einem Quadratmeter seiner Oberfläche aufweist. Ausgedrückt als Frischgewicht waren es bei ihm 59 g/m² am 30. August und am 21. Juli nur unwesentlich weniger. Trotzdem haben diese Massen bisher noch nie den Badebetrieb gestört. Man kann sich aber eine Vorstellung von ihrer Größe machen, wenn man sich die Mühe nimmt, im Vor- oder im Nachwinter die auf dem See treibenden oder ans Ufer geschwemmten Fladen und Flocken mengenmäßig abzuschätzen.

An zweiter Stelle stand im Jahre 1972 der Obertrumer See mit einem *Oscillatoria*-Frischgewicht von maximal 52 g je Quadratmeter Oberfläche. Zwei Serien mit dem größten Planktongehalt sind in Abb. 7 in der untersten Reihe, zwischen den Profilen des Mondsees, eingezeichnet und mit „O“ kenntlichgemacht. An dritter Stelle folgte im letzten Jahre der Millstätter See mit 41 g Frischgewicht unter dem Quadratmeter Fläche in der Serie vom 27. September, also an dem bisherigen Höhepunkt seiner *Oscillatoria*-Invasion. Das vergleichsweise geringste Maximum an Frischgewicht der *O. r.* in diesem Jahre hatte der Mondsee. Es betrug am 15. Juni nur 17 g/m². Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß sich die Entwicklung im Mondsee im letzten Jahre bereits zum Besseren gewendet hat, der Höhepunkt der Invasion also schon überschritten war. Aus der Abb. 4 läßt sich entnehmen, daß dieser ungefähr der Serie vom 22. Juni 1971 entsprochen hat. Damals betrug das *O.-r.*-Frischgewicht etwa 43 g/m², war also eher ein wenig höher als das bisherige Maximum des Millstätter Sees.

In allen zur Sprache gekommenen Fällen spektakulärer Invasionen waren die Produktionsleistungen der *O. r.* erstaunlich hoch, wie Assimilationsmessungen mit radioaktivem Kohlenstoff zeigten, wesentlich höher als in jenen Seen, in denen unsere Alge schon seit längerer Zeit zum etablierten Phytoplanktonbestand gehört, wie im Klopeiner See oder im Längsee, aber auch im Wolfgangsee oder im Traunsee. Das Problem der Ursachen dieser unterschiedlichen Produktionsleistungen und die damit zusammenhängende Frage nach der Rolle von Temperatur und Licht kann hier nicht behandelt werden. Der offenbar sehr komplexe ernährungsphysiologische Prozeß bedarf sicherlich noch weiterer Untersuchungen. Hingegen sei auf eine Frage von praktischem Interesse noch kurz eingegangen, auf die Frage nämlich, wie sich die künftige Entwicklung solcher von Invasionen der Burgunderblutalge heimgesuchten Seen gestalten wird, in unserem speziellen Fall, welche Aussichten bestehen, die im ver-

gangenen Jahre schwer angeschlagene Badequalität des Millstätter Sees in absehbarer Zeit wieder herzustellen.

Daß die Eutrophierung und die damit verbundene Veralgung unserer Seen in erster Linie auf die unbeabsichtigte Düngung der Wasserflächen durch die häuslichen Abwässer der Siedlungen im Einzugsgebiet der Seen zurückzuführen ist, steht außer Zweifel. In unserem Fall erhebt sich nur die Frage, wieso gerade der tiefste und wasserreichste See Kärntens als erster von einer so schweren Invasion der *Oscillatoria* heimgesucht werden konnte. Offenbar wirkt sich beim Millstätter See ein Zusammentreffen mehrerer ungünstiger Umstände aus. Zunächst ist zu bedenken, daß der Millstätter See in einem Gebiet relativ fruchtbarer Böden liegt, seine Zuflüsse und der Grundwasserstrom ihm daher schon von Haus aus mehr Pflanzennährstoffe zuführen, als es bei den von Kalkalpen oder von Schotterböden umgebenen Seen der Fall ist. Schon 1953 habe ich die Nockbergseen als natürlich eutrophe Gewässer den übrigen Kärntner Seen mit viel geringerem Nährstoffgehalt gegenübergestellt. Dazu kommt, daß das Einzugsgebiet des Millstätter Sees sehr groß, die eingebrachte Fracht an Phosphor- und Stickstoffverbindungen daher auch bedeutend ist.

Die Größe des Einzugsgebietes bringt aber auch mit sich, daß es verhältnismäßig viele Siedlungen aufweist, darunter solche mit Industrie (Radenthein), viele Sommerfrische-Orte mit im Sommer hohem Belag und Bad Kleinkirchheim mit ganzjährigem Betrieb. Die häuslichen Abwässer aller dieser Orte düngen den See. Ein weiterer, den See belastender Umstand ist die Lage unter dem verhältnismäßig dicht mit Streusiedlungen besetzten Südhang der Millstätter Alpe. Die von hier herabkommenden Bäche bringen nicht nur organisches Material von Wald und Wiesen, sondern bei Hochwasser auch Müll und Unrat in den See ein. Schließlich wirkt sich noch ein Umstand ungünstig aus. Im Millstätter See findet zwischen den Wasserschichten an der Oberfläche und jenen der Tiefe ein verhältnismäßig starker Austausch statt. Während sich in den meisten Kärntner Seen die durch die Verwesung der organischen Stoffe wieder in Lösung gehenden Phosphor- und Stickstoffverbindungen in der Seetiefe ansammeln und dort zum großen Teil verbleiben, bringt sie der Wasseraustausch im Millstätter See wieder in die oberen Seeschichten und düngt so laufend die Algen produzierenden hellen Oberschichten. Es läßt sich zeigen, daß zum Beispiel der Wörthersee gegenüber dem derzeitigen Zustand eine dreimal so große Algenmasse produzieren würde, wenn die in seiner Tiefe lagernden Pflanzennährstoffe an die Oberfläche kämen.

Es ist demnach klar, daß es nur eine Möglichkeit gibt, den See wieder in Ordnung zu bringen, nämlich die Fernhaltung aller häuslichen Abwässer, nicht nur jener der Ufersiedlungen, sondern auch

möglichst aller in seinem Einzugsbereich gelegenen Ortschaften. Es ist zu hoffen, daß die in Bau befindliche Kanalisation so schnell als möglich fertiggestellt wird. Bevor diese nicht funktioniert, ist an eine dauernde Besserung der derzeitigen Lage nicht zu denken.

Für die allernächste Zeit eine Prognose zu geben, ist einigermaßen schwierig. Die letzten, vor Drucklegung dieser Arbeit, im März und April 1973 entnommenen Wasserproben lassen gegenüber dem Spätherbst 1972 einen bedeutenden Rückgang des Gehaltes an *O. r.* erkennen. Wie lange dieser Rückgang aber anhält, beziehungsweise ab wann eine neuerliche Zunahme erfolgen wird, kann man nicht sagen. Nach den Erfahrungen am Mondsee (Abb. 4) zu schließen, wird dieses und wohl auch noch das nächste Jahr einen Wechsel von Zeitabschnitten mit abnehmendem und solchen mit zunehmendem Burgunderblutalgegehalt bringen. In Analogie zur Entwicklung des Mondsees kann man hoffen, daß auf den katastrophalen Einbruch des Jahres 1972 im Millstätter See eine Phase der Erschöpfung in der Produktion von Algen folgen wird. Es wäre für die Badequalität ja schon viel gewonnen, wenn sich die Alge, wie im Mondsee 1969 und 1972, im Sommer aus dem Epilimnion wenigstens zum Großteil zurückziehen würde.

L I T E R A T U R

- BACHMANN, H. (1897): Das Burgunderblut im Baldegger See. — Biol. Centralbl., 7:230—241.
- DE CANDOLLE, A. P. (1825): Notice sur la matière qui a coloré en rouge le lac de Morat au printemps de 1825. — Mém. Soc. phys. hist. nat. de Genève, 3:29—37.
- FINDENEGG, I. (1953): Kärntner Seen, naturkundlich betrachtet. — Sonderheft 15, Carinthia II, Klagenfurt.
- (1967): Die Bedeutung des Austausches für die Entwicklung des Phytoplanktons in den Ostalpenseen. — Schweiz. Z. Hydrolog., 29:125—144.
- (1969): Die Eutrophierung des Mondsees im Salzkammergut. — Wasser-Abw. Forsch., 2:139—144.
- (1971): Unterschiedliche Formen der Eutrophierung von Ostalpenseen. — Schweiz. Z. Hydrol., 33:85—95.
- JAAG, O. (1949): Die neue Entwicklung und der heutige Zustand der Schweizer Seen. — Verh. Intern. Ver. Limnol., 10:192—209.
- STAUB, R. (1961): Ernährungsphysiologisch-autökologische Untersuchungen an der planktischen Blaualge *Oscillatoria rubescens* D. C. — Schweiz. Z. Hydrol., 23:82—198.
- THOMAS, E. A. (1969): The Process of Eutrophication in Central European Lakes (In: Eutrophication, Proc. Symp. Nat. Acad. Scienc. Washington, D. C.): 29—49.
- ZIMMERMANN, U. (1969): Ökologische und physiologische Untersuchungen an der planktischen Blaualge *Oscillatoria rubescens* D. C., unter besonderer Berücksichtigung von Licht und Temperatur. — Schweiz. Z. Hydrol., 31:1—58.

Anschrift des Verfassers: Dr. Ingo FINDENEGG, Rosentaler Straße 62, 9020 Klagenfurt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carinthia II](#)

Jahr/Year: 1974

Band/Volume: [163_83](#)

Autor(en)/Author(s): Findenegg Ingo

Artikel/Article: [Vorkommen und biologisches Verhalten der Blaualge *Oscillatoria rubescens* DC.in den österreichischen Alpenseen \(Mit 7 Abbildungen\) 317-330](#)