Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Freising-Weihenstephan 1990) Band 20
1991

Vergleichende Untersuchungen der Phytoplanktonsukzession in 15 Seen des Osterseengebietes

Uta Raeder und Arnulf Melzer

Synopsis

An inter-lake comparison of the phytoplankton succession includes 15 lakes of the Osterseen. Due to the geological morphology the direction of flow of this chain of lakes is from south to north. As the sources of eutrophication are located at the southern lakes a descending nutrient gradient along the chain of lakes can clearly be observered. In order of ascending P-richness the absolute biomass of phytoplankton and the number of phytoplankton maximum increase. Additionally the individual lakes show significant differences in their phytoplankton composition.

Osterseen, phytoplankton succession, inter-lake comparison, eutrophic-oligotrophic gradient

1. Einführung

Die bereits dargestellten Ergebnisse der hydrophysikalischen Messungen und hydrochemischen Untersuchungen der Gewässer des Osterseengebietes (MELZER & RAEDER, in Vorbereitung, MELZER 1976, RAEDER 1990) lassen bereits umfangreiche Rückschlüsse auf die trophischen Zustände der Seen zu. Eine genauere Beurteilung der Verhältnisse erlaubt jedoch erst die Untersuchung der im See lebenden Organismen. Den am Beginn der Nahrungskette stehenden Primärproduzenten kommt dabei eine außerordentliche Bedeutung zu. Als Anfangsglied des Energieflusses im See reagiert das Phytoplankton, dessen Artenzusammensetzung und -häufigkeit weitgehend vom Nährstoffgehalt eines Sees abhängen, am empfindlichsten auf Veränderungen seines Lebensraumes.

Die hydrologische und chemische Vielfalt der Seen des Untersuchungsgebietes stellt die eale Basis zur vergleichenden Studie der Phytoplanktonsukzession in Abhängigkeit von unterschiedlichen Umgebungsfaktoren dar.

2. Phytoplanktonuntersuchungen

2.1 Vergleich der saisonalen Veränderung der Gesamtbiomasse des Phytoplanktons

Das entlang der Hauptseenkette des Osterseengebietes bestehende Nährstoffgefälle (vgl. MELZER & RAEDER 1991) schlägt sich deutlich in der Entwicklung einer entsprechenden Phytoplanktonbiomasse in den jeweiligen Seen nieder (Abb. 1).

Wasch- und Schiffhüttensee, die die höchsten mittleren Gesamt-P-Werte aufwiesen, setzen sich durch entsprechend höhere maximale Algenbiomassen deutlich von allen anderen Seen ab.

Auch der sich anschließende Sengsee, dessen durchschnittliche Gesamt-P-Konzentrationen etwas niedriger lagen, brachte stets eine relativ hohe Phytoplanktonbiomasse hervor. Die Algenbiomasse des in Durchströmungsrichtung folgenden Fohnsees nahm, entsprechend dem niedrigeren Gesamt-P-Gehalt, deutlich ab.

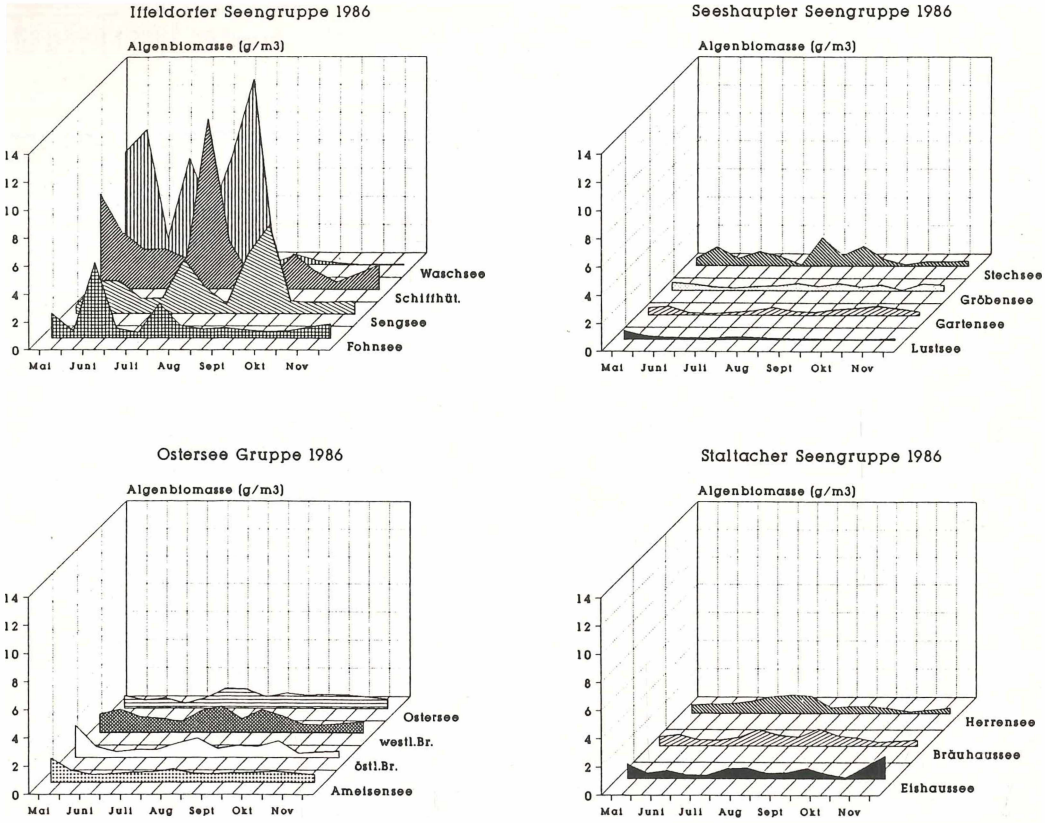


Abb. 1: Vergleich der saisonalen Veränderungen der Gesamtbiomasse des Phytoplanktons der Osterseen im Jahr 1986

Der sprunghaft sinkende Phosphatgehalt der nördlich des Fohnsees gelegenen Seen der Hauptseenkette läßt einen weiteren quantitativen Rückgang der Algenentwicklung in diesen Seen erwarten, was bei der Darstellung der Phytoplanktonentwicklung im Untersuchungszeitraum 1986 auch klar zum Ausdruck kommt.

Die Gewässer der Seeshaupter Gruppe kennzeichnet stets eine wenig ausgeprägte Phytoplanktonentwicklung. Die insgesamt geringste Algenbiomasse brachte in beiden Untersuchungsjahren der nährstoffarme Lustsee hervor, was den oligotrophen Charakter dieses Sees bestätigt.

Die Phytoplanktonentwicklung in den als Staltacher Gruppe zusammengefaßten Seen der Seitenkette gestaltet sich in den Vergleichsjahren 1986 und 1987 sehr unterschiedlich. Während im Eishaussee in beiden Untersuchungsperioden eine annähernd gleiche Algenbiomasse zu verzeichnen war, stieg sie 1987 im Herrensee und im Bräuhaussee auffallend an. Die geringe Algenentwicklung dieser Seen im ersten Untersuchungsjahr läßt sich schwer mit dem Nährstoffgehalt in Einklang bringen. Im Vergleich zu den nördlich des Fohnsees gelegenen Gewässern der Hauptseenkette kennzeichnen die Seen der Staltacher Gruppe höhere Phosphatkonzentrationen, was sich 1987 in der Algenentwicklung des Herrensees und insbesondere des Bräuhaussees niederschlug.

Insgesamt fällt beim Vergleich der 15 in die Phytoplanktonstudie einbezogenen Seen auf, daß mit zunehmender Belastung ausgeprägtere Schwankungen der Algenbiomasse auftraten.

Diese Ergebnisse lassen sich sehr gut mit dem von SOMMER (1986) geführten Vergleich der Periodizität des Phytoplanktons von neun großen Alpen- bzw. Voralpenseen in Einklang bringen.

Die in die Studie von SOMMER (1986) einbezogenen Seen (Königsee, Attersee, Walensee, Vierwaldstätter See, Lago Maggiore, Ammersee, Zürichsee, Genfer See und Bodensee) unterschieden sich ebenfalls gravierend in ihrem Nährstoffgehalt. Aus einem Vergleich der saisonalen Entwicklung des Phytoplanktons dieser Seen folgerte SOMMER (1986), daß die Geschwindigkeit und die Amplitude von Biomasseänderungen mit zunehmender Eutrophierung steigen. Ferner stellte er in stärker belasteten Seen auch während der Sommermonate ausgeprägte Algenmaxima fest.

2.2 Vergleich der saisonalen Veränderung der Zusammensetzung des Phytoplanktons

Auch hinsichtlich der Phytoplanktonentwicklung und der Zusammensetzung der Algengesellschaften weisen die Gewässer des Untersuchungsgebietes signifikante Unterschiede auf. Bestimmte Seen sind jedoch durch ein vergleichsweise ähnliches Arteninventar gekennzeichnet und lassen sich zu folgenden Gruppen zusammenfassen (Abb. 2):

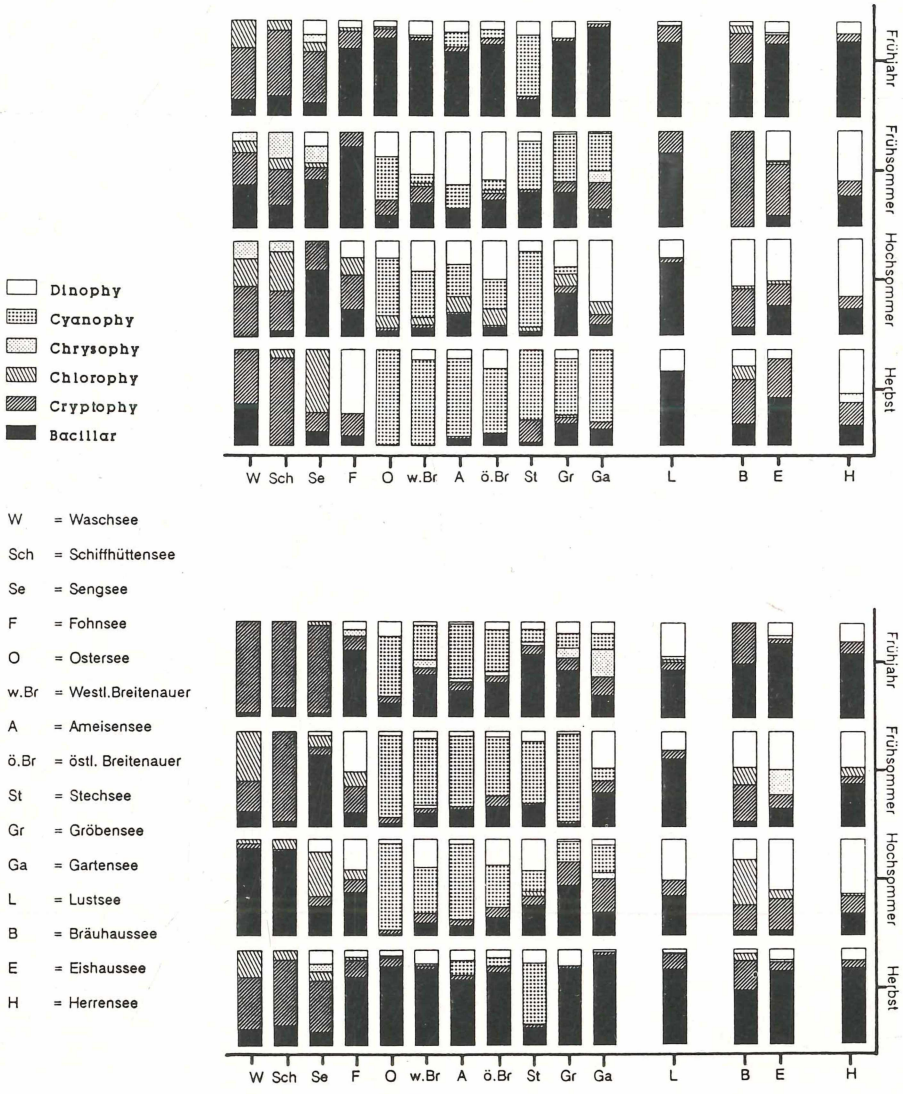


Abb. 2: Vergleich der saisonalen Zusammensetzung des Phytoplanktons 1986 und 1987

Wasch- und Schiffhüttensee, die aufgrund ihres hohen Phosphat- und Nitratgehaltes die nährstoffreichsten Gewässer des Untersuchungsgebietes darstellen, spiegeln nicht das typische Planktonbild hochbelasteter Kleingewässer wider, obwohl diese Seen vergleichsweise hohe Algenbiomassen hervorbrachten. Die Tatsache, daß kontinuierlich zuströmendes Grundwasser die Thermik und demzufolge die Stabilität dieser Seen nachhaltig beeinflußt, macht sich aber deutlich in ihrer Phytoplanktonentwicklung bemerkbar.

Insbesondere im kleinen, relativ flachen Waschsee (5,4 m) ließ sich keine periodisch wiederkehrende, gerichtete Abfolge bestimmter Algengesellschaften beobachten. Dieses wird besonders beim Vergleich der Ergebnisse der Phytoplanktonuntersuchungen beider Untersuchungsjahre deutlich. Während im ersten Jahr vor allem Cryptophyceen und volvocale Chlorophyceen in hoher, jedoch schwankender Individuendichte das Planktonbild prägten, zeichnete sich die Algenentwicklung in der folgenden Untersuchungsperiode durch einen einzigen, ausgeprägten Diatomeengipfel aus. Auch im sich anschließenden Schiffhüttensee verlief die Phytoplanktonentwicklung in ähnlicher Weise, wenngleich die Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsjahren weniger markant ausfielen.

Da diesen beiden Seen kontinuierlich über das belastete Grundwasser Nährstoffe zugeführt werden, entfällt eine Steuerung der Richtung der Phytoplanktonentwicklung durch die normalerweise im Verlauf des Sommers abnehmende Nährstoffkonzentration. Offensichtlich bestimmen in diesen beiden Seen physikalische Faktoren wie die Temperatur, die Stabilität der Wassersäule und die Retentionszeit des Wassers den Verlauf der Phytoplanktonentwicklung nachhaltig.

Im sich anschließenden, nährstoffreichen Sengsee läßt sich eine deutliche Periodizität der Phytoplanktonentwicklung feststellen. Dennoch beeinflußt auch in diesem See die starke Grundwasserzufuhr die Entwicklung der Algen deutlich. Die gleichmäßige, über das Grundwasser erfolgende Silikatzufuhr fördert die auffallende Dominanz von Kieselalgen in diesem See. Nacheinander bildeten *Asterionella formosa, Fragilaria crotonensis* und *Cyclotella comta* ausgeprägte Algenblüten aus. Nur bei lang anhaltenden Schönwetterperioden können coccale Grünalgen die Diatomeen während der Sommermonate verdrängen. Der jederzeit hohe Planktongehalt des Sengsees entspricht seinem hohen Nährstoffangebot.

Der im Vergleich zum Sengsee deutliche Rückgang der Nährstoffkonzentration im Fohnsee macht sich auch in dessen Phytoplanktonsukzession bemerkbar. Während in diesem See im Frühsommer eine teilweise zum Sengsee analoge Algenentwicklung erfolgte, unterblieb eine entsprechende Diatomeen- und/oder Chlorophyceenentwicklung während der Sommermonate weitgehend. Stattdessen dominierten in dieser Zeit die an eine Ressourcenverknappung angepaßten Dinophyceen.

Von einer Phytoplanktonsukzession, also einer zeitlichen Abfolge charakteristischer Algengemeinschaften, kann im Fall des Ostersees, seiner drei Anhangseen (Westl. -, Östl. Breitenauer See, Ameisensee) und des Stechsees kaum noch gesprochen werden. Besonders im zweiten Untersuchungsjahr beherrschte die Blaualge *Oscillatoria rubescens* das Planktonbild dieser Seen. Dennoch läßt sich vor dem Hintergrund der dominierenden Blaualge eine Verschiebung der Artenzusammensetzung des Phytoplanktons von Diatomeen im Frühjahr und im Frühsommer zu Dinophyceen in Hochsommer und Herbst feststellen. Im ersten Untersuchungsjahr erschien zusätzlich in allen Seen der Ostersee-Gruppe und im Stechsee ein wenig ausgeprägtes Chlorophyceenmaximum im Hochsommer. 1987 trat im Stechsee in den Sommermonaten ein schwacher Chrysophyceenhöhepunkt auf. Eine entsprechende Phytoplanktonentwicklung stellte HARTMANN (1985) in den Jahren 1982/1983 im mesotrophen Schliersee fest.

Im Garten- und im Gröbensee, in denen *Oscillatoria rubescens* nur noch eine untergeordnete Rolle spielte, blieb die Phytoplanktonsukzession im wesentlichen auf den Wechsel von Diatomeen im Frühsommer zu Dinophyceen im Hochsommer beschränkt. Auch hier trat ein schwaches Grünalgenmaximum nur 1986 auf.

Im Fall des oligotrophen Lustsees kann ebenfalls keine Phytoplanktonsukzession im eigentlichen Sinn beobachtet werden, da die Phytoplanktonentwicklung dieses Sees im wesentlichen auf ein einziges Diatomeenmaximum, das *Cyclotella comensis* bildete, beschränkt blieb.

Im Frühjahr bestimmten zunächst Diatomeen das Phytoplankton des Eishaussees. Anschließend bildete *Dinobryon divergens* jeweils ein schwaches Chrysophyceenmaximum aus, auf das 1987 ein nur geringfügig stärker ausgebildeter Chlorophyceenhöhepunkt folgte. Danach prägten außer Dinophyceen vor allem Cryptophyceen das späte Stadium der Phytoplanktonsukzession dieses Sees.

In dem von zentrischen Kieselalgen dominierten Plankton des Herrensees läßt sich eine Phytoplanktonsukzession nur angedeutet erkennen. Nur im Hochsommer verdrängten Dinophyceen, vor allem *Ceratium hirundinella*, die Diatomeen aus ihrer dominierenden Rolle.

Der Bräuhaussee brachte im zweiten Untersuchungsjahr die von REYNOLDS (1984) beschriebene charakteristische Phytoplanktonsukzession eines eutrophen Kleingewässers hervor. Auf eine aus diversen Diatomeen und Cryptophyceen bestehende Algengesellschaft im Frühjahr folgte im Frühsommer eine Chlorophyceengesellschaft, die sich aus verschiedenen Scenedesmus-Arten zusammensetzte. Im Anschluß daran bildete sich eine weitere Grünalgenassoziation, an der sich zunächst neben den Scenedesmus-Arten *Crucigenia quadrata, Eutetramorus fottii, Lagerheimia subsalsa* und *Oocystis parva* beteiligten. Im Herbst erweiterten die zusätzlich erschienenen Grünalgen *Coelastrum pseudomicroporum, Crucigeniella apiculata, Quadrigula lacustris, Pediastrum boryanum* und *Tetraedron minimum* das Arteninventar der bestehenden Chlorophyceengesellschaft. Mit zunehmender Destabilisierung der geschichteten Wassersäule setzte sich ab Oktober erneut eine Diatomeengesellschaft im Plankton des Bräuhaussees durch.

2.3 Der Zusammenhang zwischen der Sichttiefe, dem Gesamt-P-Gehalt und der Phytoplanktonbiomasse

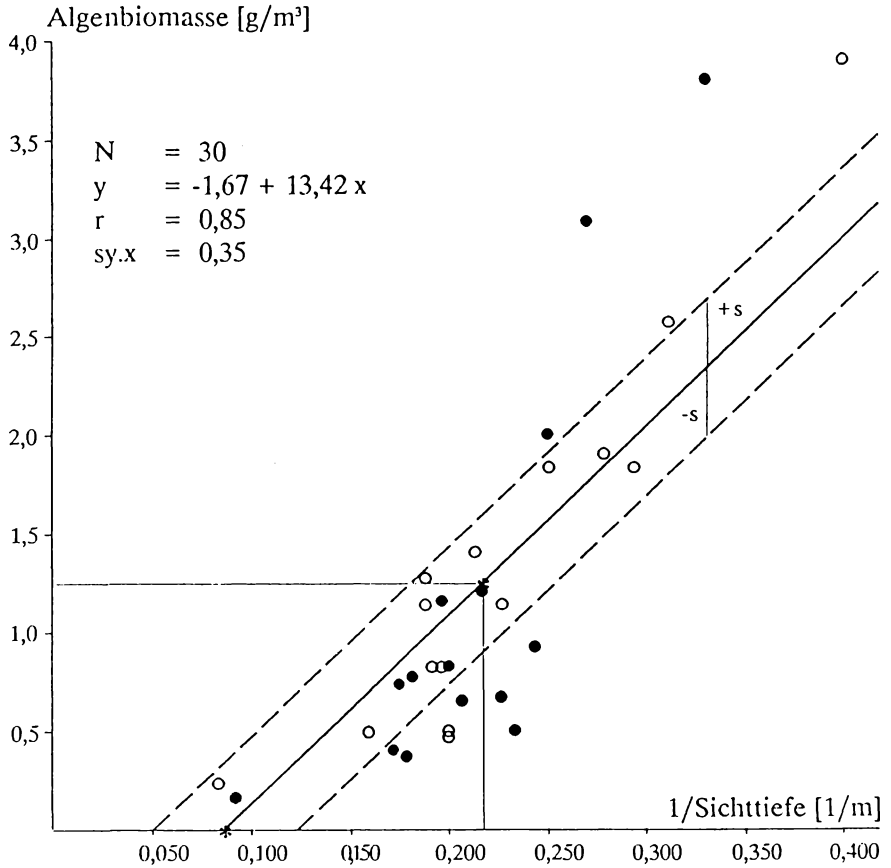
Erwartungsgemäß bewirkt das in der Durchströmungsrichtung der Seen bestehende Gefälle der P-Konzentrationen einen auffallenden Rückgang der Phytoplanktonbiomasse in den Gewässern. Diese Abnahme des Algenbestandes spiegelt sich in der beobachteten Zunahme der Transparenz der Seen wider (vgl. MELZER & RAEDER 1991 und Abb. 1).

Da sich die mittleren Gesamt-P-Konzentrationen, die mittleren Sichttiefen und die mittleren Phytoplanktonbiomassen beider Untersuchungsjahre statistisch nicht signifikant voneinander unterschieden, ließen sich in die folgenden Überlegungen die entsprechenden Mittelwerte der 15 untersuchten Seen von 1986 und 1987 einbeziehen.

Bei der Darstellung der Phytoplanktonbiomasse im Bezug zum reziproken Wert der Sichttiefe besteht ein linearer Zusammenhang, der durch folgende Regressionsgerade beschrieben wird (Abb. 3):

Phytoplanktonbiomasse = -1,67 + 13,42/Sichttiefe
r = 0,85

Danach nimmt die Phytoplanktonbiomasse um 1,342 g/m^3 zu, wenn sich die Sichttiefe so verschlechtert, daß sich ihr Kehrwert um 0,1/m erhöht. Das sich aus dem Korrelationskoeffizienten r ergebende Bestimmtheitsmaß von 72,3 % gilt für biologische Fragestellungen als ausreichend hoch.



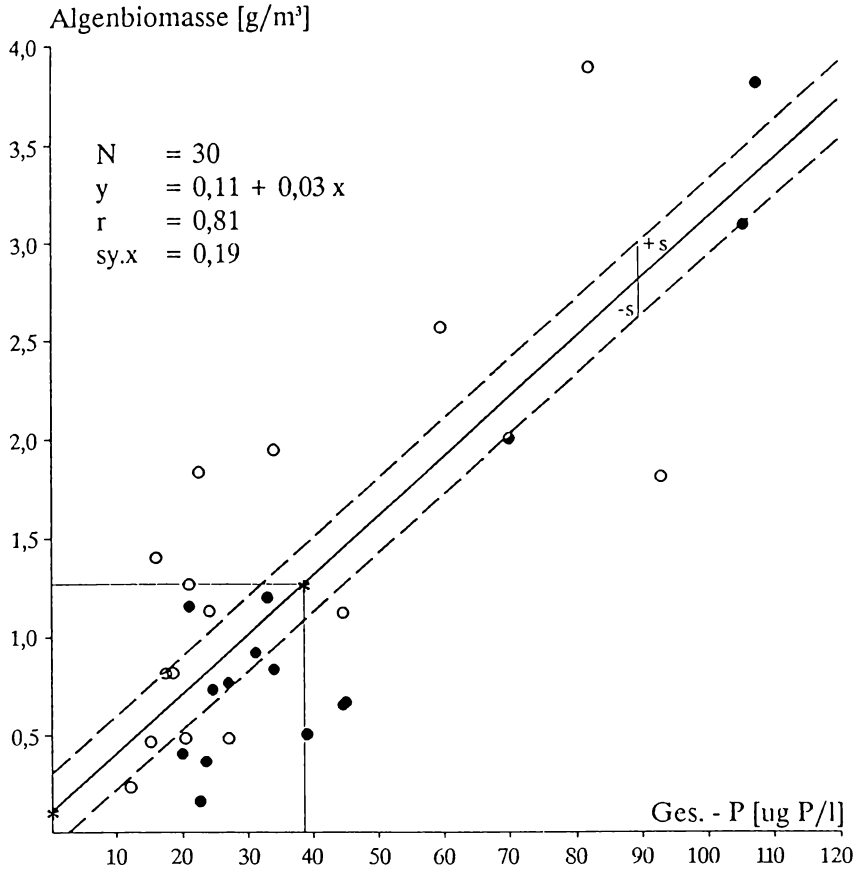
* = aus der Funktion berechnete Punkte

● = mittlere Sichttiefe 1986 (Mai-Dez.)

o = mittlere Sichttiefe 1987 (April-Dez.)

Abb. 3: Beziehung zwischen der Algenbiomasse und der Sichttiefe

Zwischen der mittleren Phytoplanktonbiomasse und dem mittleren Gesamt-P-Gehalt der Seen des Osterseengebietes ergab sich der in Abb. 4 wiedergegebene lineare Zusammenhang aus dem sich die anschließende Regressionsgerade ableiten ließ:



* = aus der Funktion berechnete Punkte

● = mittlere Gesamt-P-Konzentration 1986 (Mischprobe 0-4 m, Mai-Dez.)

o = mittlere Gesamt-P-Konzentration 1987 (Mischprobe 0-4 m, April-Dez.)

Abb. 4: Beziehung zwischen der Algenbiomasse und dem Gesamt-P-Gehalt

Phytoplanktonbiomasse = 0,11 + 0,03 x [Ges-P]
r = 0,81

Demzufolge nimmt die mittlere Phytoplanktonbiomasse um 0,03 g/m^3 zu, wenn der mittlere Gesamt-P-Gehalt um 1 µg P/l steigt. Das Bestimmtheitsmaß liegt mit 65,6 % ebenfalls noch in einem für biologische Fragestellungen akzeptablen Bereich. Es ergibt sich jedoch eine relativ hohe Restvarianz, so daß sich für die beschriebene Beziehung zwischen der Phytoplanktonbiomasse und dem Gesamt-P-Gehalt 34,4 % der Streuung um die Regressionsgerade nicht durch die Normalverteilung erklären läßt.

Eine multiple Regressionsanalyse, in die sowohl der reziproke Wert der mittleren Sichttiefen als auch die mittleren Gesamt-P-Konzentrationen als unabhängige Variablen zur Beschreibung der Phytoplanktonbiomasse eingingen, führte zu folgender Regressionsgleichung.

Phytoplanktonbiomasse = -1,23 + 0,015 x [Ges-P] + 8,7/Sichttiefe
R = 0,89

Der multiple Korrelationskoeffizient R verbesserte sich gegenüber den beiden einfachen Korrelationen von 0,85 bzw. 0,81 auf 0,89. Demzufolge erhöht sich das Bestimmtheitsmaß bei der Abschätzung der Phytoplanktonbiomasse durch die mittlere Sichttiefe und die mittlere Ges-P-Konzentration auf 79,8 %.

Literatur

HARTMANN, H., 1985: Das Phytoplankton dreier oberbayerischer Kleinseen unter dem Einfluß verschiedener Therapiemaßnahmen mit Berücksichtigung physikalisch-chemischer Parameter. Diplomarbeit Inst. f. Botanik LMU München: 1-235.

MELZER, A., 1976: Makrophytische Wasserpflanzen als Indikatoren des Gewässerzustandes oberbayerischer Seen. Diss. Bot. 34: 1-196.

MELZER, A. & U. RAEDER, 1991: Hydrochemische und hydrobotanische Untersuchungen an den Osterseen. Verh. Ges. Ökol. 20: 487-495.

RAEDER, U., 1990: Vergleichende Untersuchungen der Phytoplanktonsukzession von 15 Seen des Osterseengebietes. Diss. TU München: 1-202.

REYNOLDS, C. S., 1984: The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge: 1-384.

SOMMER, U., 1986: The periodicity of phytoplankton in Lake Constance (Bodensee) in comparison to other deep lakes of central Europe. Hydrobiologia 138: 1-7.

Adresse

Prof. Dr. Arnulf Melzer
Dr. Uta Raeder
Limnologische Station der TUM
Hofmark 3

W - 8127 Iffeldorf

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: 20_2_1991

Autor(en)/Author(s): Raeder Uta, Melzer Arnulf

Artikel/Article: Vergleichende Untersuchungen der Phytoplanktonsukzession in 15 Seen des Osterseengebietes 497-504