

burg. Nr. 2. 1940. — Steier, A.: Neue Ergebnisse der Erforschung der Flora von Würzburg und Umgebung. Mitt. Bay. Bot. Ges. 3, 1913, 53—68. — Stichel, Wolfgang: *Heteroptera* aus der Umgebung von Hammelburg, erschienen im American Camp 9. Hammelburg 1946. — Sueßenguth, A.: Jdeen zur Pflanzengeographie Unterfrankens. Ber. Bay. Bot. Ges. München 1915. — Volk, O. H.: a) Über einige Trockenrasengesellschaften des Würzburger Wellenkalkgebietes. Beih. Bot. Centralbl. 57. B. 1937. b) Untersuchungen über das Verhalten der osmotischen Werte von Pflanzen aus steppenartigen Gesellschaften und lichten Wäldern des mainfränkischen Trockengebietes. Z. f. Botanik. Jena 1937. — Weidner, H.: Die Geradflügler (*Orthopteroidea* und *Blattoidea*) des unteren Maintales. Mitt. Münchner Entom. Ges. XXXI. Jg. 1941. Heft 2. Welt, A.: Der Weinbau des mittleren Mainlandes in seiner ehemaligen Verbreitung. Forsch. z. d. Landes- u. Volkskunde. Stuttgart 1934. b) Stand und Aufgabe der geographischen Forschung in Mainfranken. Zeitschr. f. Erdk. 5, 1937. — Zener, H.: Vom edlen Frankenwein. Bayerland-Ver. München. — Geologische Karten: Blatt Würzburg, 1 : 25 000. Geognostische Karte von Bayern, 1 : 100 000. 6. Abt. Bl. Würzburg. Nr. XXIII. Teilblatt Würzburg-W.

## Das Phytoplankton der Seen Oberbayerns in seiner quantitativen Entfaltung.

Von Dr. habil. Fritz Gessner, München.

(Aus der Biologischen Station „Woltereck“ des Bundes Naturschutz in Bayern, Secon-Chiemgau.)

### I. Einleitung.

Aufgabe der hier veröffentlichten Untersuchungen war es nicht, eine Aufzählung der in den zahlreichen Seen Oberbayerns vorkommenden Planktonarten zu geben und ihre räumlichen und jahreszeitlichen Veränderungen darzustellen. Im Vordergrund stand vielmehr das quantitative Problem, die Besiedlungsdichte in ihrer Beziehung zu den Umweltfaktoren.

Seit jeher hat ja das „Produktionsproblem“ im Brennpunkt limnologischer Forschung gestanden, und zwar nicht nur deswegen, weil von hier aus zahlreiche Wege zu wirtschaftlichen Fragen führen, sondern weil das Problem der Quantität viele ökologische Beziehungen zwischen dem Leben und seinem Lebensraum erkennen läßt, die bei rein qualitativer Betrachtung nicht hervortreten.

Was verstehen wir nun aber unter der Produktivität eines Gewässers? Daß ein See zu manchen Zeiten durch Vegetationsfärbung getrübt ist und ein anderer stets klares, durchsichtiges Wasser besitzt, ist eine Erscheinung, die ja nicht nur einem Hydrobiologen auffällt. Versucht man aber den Unterschied quantitativ zu erfassen, so werden immer wieder neue Schwierigkeiten sichtbar. Erstens ist es nicht leicht, ein Maß für die Lebensmasse anzugeben, die sich zu einem bestimmten Zeitpunkt im Wasser befindet (in der angelsächsischen Literatur hat sich für diese Lebensmasse der Begriff des „standing crop“ eingebürgert), andererseits muß auch der Zeitfaktor berücksichtigt werden, denn unter „Produktivität“ eines Gewässers verstehen wir ja die Menge an organischer Substanz, welche während einer bestimmten Zeit gebildet wird. Würde diese Lebensmasse unverändert erhalten bleiben (etwa als organische Ablagerung am Seegrund), so wäre das Problem leicht zu lösen. So aber findet im See ein ständiger Auf- und Abbau des Organischen statt, der die exakte Lösung des Produktionsproblems verhindert. Es durchlaufen ja die Lebensvorgänge im See (wie natürlich auch auf dem Lande) einen großen Kreisprozeß, wobei die „Umdrehungsgeschwindigkeit“ dieses Kreislaufes von verschiedensten Faktoren abhängig ist und somit sehr verschiedene Werte erreichen kann. Zur Aufrechterhaltung dieses Kreislaufes muß dem See nun Energie zugeführt werden, die ausschließlich von der Sonne stammt. Ein Teil der dem See zugestrahlten Sonnenenergie (etwa 1 %) wird vom Leben in chemische Energie umgewandelt und zum Aufbau organischer Körper verwendet, die dann bis zu ihrer Mineralisierung zahlreiche Passagen durch andere Organismen durchmachen. Somit entscheidet also über die Biomasse, die sich in einem See bildet, die Menge an Sonnenenergie, die vom Leben zum Aufbau organischer Körper ausgenützt werden kann. Für diese aber finden wir ein Maß in jener Substanz, in welcher sich die Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie vollzieht, dem Chlorophyll.

Immer steigendem Maße ist darum in den letzten 10 Jahren die Chlorophyllbestimmung zur Erfassung des Produktionsproblems im Wasser herangezogen worden, und sie soll auch in dieser Arbeit dazu dienen, einen vorläufigen Vergleich der Phytoplanktonmasse bayerischer Seen zu ermöglichen. Über die Methode ist an anderer Stelle ausführlich berichtet worden (Gessner 1944), so daß hier nur einige Worte nötig sind. Aus verschiedenen Seetiefen wurden Wasserproben mit dem Ruttner-Schöpfer entnommen und diese durch ein Ultrafilter (Membranfiltergesellschaft

Göttingen) unter Druck filtriert, der Filtrerrückstand in Methanol aufgelöst und im Pulfrich-Photometer beim Absorptionsmaximum des Chlorophylls (666 m $\mu$ ) an Hand einer Standardlösung die Chlorophyllmenge bestimmt. Das zur Filtration nötige Wasservolumen betrug ein bis mehrere Liter. Daß der Transport von 20 bis 30 Liter Wasser auf weite Strecken im Fußmarsch und in überfüllten Zügen die physische Leistungsfähigkeit bis an ihre Grenzen beanspruchte, sei nur deshalb vermerkt, weil sich daraus die Lückenhaftigkeit des Materials einerseits und die Unmöglichkeit, derartige Untersuchungen unter den derzeitigen Verhältnissen fortzusetzen, ergibt. Die Verarbeitung erfolgte meist am Tage nach der Probenentnahme. Da das Chlorophyll unter Verwendung von Mikroabsorptionsrohren noch mit einer Genauigkeit von 0,18/L. erfaßt werden kann, handelt es sich wohl um eine der feinsten chemischen Bestimmungsmethoden überhaupt.

Welche Beziehung besteht nun zwischen dem Chlorophyllgehalt und der lebendigen Masse seiner Träger? Diese so einfach gestellte Frage ist ungemein schwer zu beantworten, denn was ist „lebendige Masse“? Ist es das Frischgewicht oder das Trockengewicht; sollen organische oder anorganische Abscheidungsprodukte der Zellen (Gallerten, Kieselschalen) mit einbezogen werden oder nicht? Man hat sich — namentlich in der amerikanischen Literatur — vielfach dazu entschlossen, sich bei vergleichenden Betrachtungen einfach auf das Trockengewicht des Planktons zu beziehen, war sich aber natürlich bewußt, daß z. B. die „toten“ Kieselpanzer der Diatomeen einen viel größeren Anteil an dem Trockengewicht besitzen als die dünnen Zellwände der Blau- und Grünalgen.

In einigen, am Plankton des Klostersees bei Seon ausgeführten Untersuchungen wurde die Beziehung zwischen dem Chlorophyllgehalt und dem Trockengewicht des Planktons (filtriert durch ein Ultrafilter) festgestellt, um wenigstens größenordnungsmäßig zu ermitteln, zu welchem Prozentsatz das Phytoplankton aus Chlorophyll besteht. Bei einer Planktongesellschaft, die nahezu rein aus *Anabaena flos-aquae* (Wasserblüte) bestand, machte das Chlorophyll 1,6% des Trockengewichtes aus, bei einer Gesellschaft, in der Kieselalgen (*Synedra acus f. delicatissima* und *Melosira ambigua*) vorherrschten, betrug der Chlorophyllgehalt 0,84%. Zwischen diesen beiden Extremen dürfte sich normalerweise der Chlorophyllanteil bewegen, und wir werden wohl nicht fehlgehen, wenn wir sagen, daß das Phytoplankton etwa zu 1% seines Trockengewichtes aus Chlorophyll besteht.

Eine Trennung in Chlorophyll a und b wurde in keinem Falle durchgeführt, denn Kieselalgen und Blaualgen, die die Hauptmasse des Phytoplanktons ausmachen, führen die b-Komponente nicht, und die wenigen Grünalgen, die außerdem noch vorhanden sind, haben die Ergebnisse bestimmt nicht dadurch beeinflußt, daß das Absorptionsspektrum von b etwas von dem von a abweicht.

## II. Die untersuchten Seen.

Sämtliche oberbayerischen Seen haben sich — wenn auch auf verschiedene Weise — nach der letzten Würmvereisung gebildet, besitzen also ein Alter von einigen zehntausend Jahren und sind in den glazialen Untergrund eingesenkt. Ihre morphologischen Verhältnisse sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle I.

See	Höhe ü. d. M.	Max. Tiefe	Mittl. Tiefe	Volumen in Millio- nen cbm	Areal qkm	Zahl d. Un- tersuch- Tage	Zahl der Einzel- proben	See- Nummer
Achensee	930	138	71		7,19	2	6	1
Ammersee	534	82,5	37,8	1725,0	47,00	5	29	2
Chiemsee	518	73,6	24,5	2200,0	80,10	2	13	3
Eibsee	973	34,5	—	—	1,77	2	9	4
Kochelsee	600	65,0	28,5	195,1	5,95	2	9	5
Königssee	602	188,2	93,1	481,5	5,17	6	47	6
Pilsensee	535	16,0	9,4	18,0	1,93	2	8	7
Schliersee	778	37,0	24,9	54,5	2,19	2	10	8
Simsee	471	22,5	13,4	87,6	6,54	1	5	9
Tegernsee	725	71,0	40,0	362,0	9,12	2	12	10
Walchensee	802	198,0	79,3	1357,0	16,38	3	13	11
Wörthsee	560	33,0	13,5	17,4	4,49	2	10	12
Würmsee	584	123,0	54,0	3100,0	57,10	12	85	13

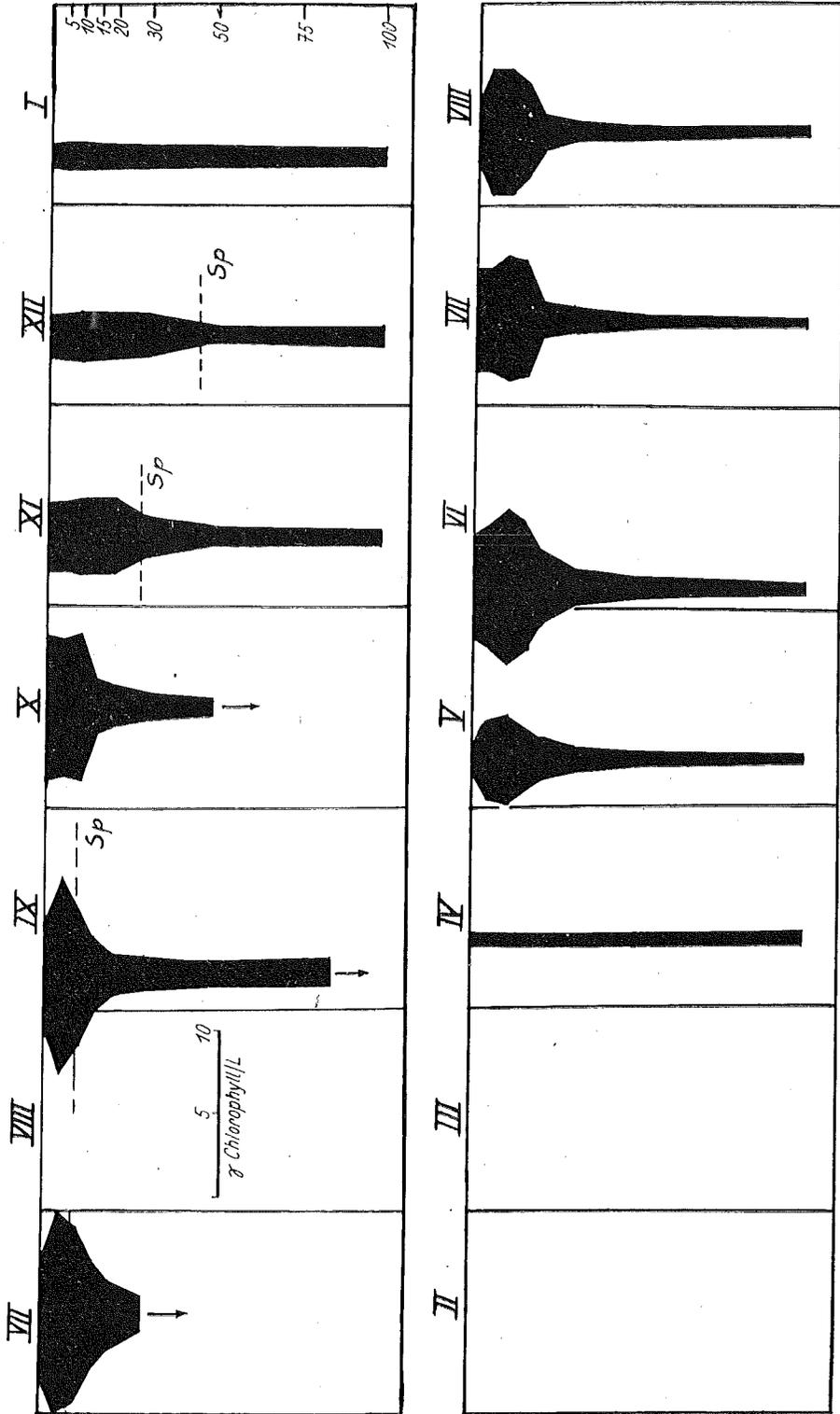


Abb. 1. Vertikale Chlorophyllverteilung im Würnsee (Starnberger See). Sp = Sprungschichte.

### III. Der Würmseec (Starnberger See).

Das Phytoplankton des Würmsees bietet wenig Besonderheiten. Im Frühjahr herrschen Kieselalgen vor, und zwar vor allem *Synedra acus delicatissima*, *Asterionella formosa*, *Cyclotella catenata*, *C. planctonica* und *C. bodanica*. Im Sommer treten einige Peridineen hinzu, vor allem *Ceratium hirundinella* und kleine Gymnodinien. Mit zunehmender Wassererwärmung gewinnen neben allen diesen Formen auch Blau- und Grünalgen an Häufigkeit (*Anabaena flos aquae*, *Sphaerocystis Schröteri*, *Botryococcus Braunii*). Das sehr spärliche Winterplankton ist vor allem durch *Rhodomonas*-, *Cryptomonas*- und *Ankistrodesmus*-Arten gekennzeichnet.

In folgender Tabelle sehen wir nun, wie der Chlorophyllgehalt all dieser Formen räumlich und zeitlich schwankt. ( $\gamma$  Chlorophyll/L).

Tabelle II.

m	15. 7.	5. 9.	16. 10.	10. 11.	10. 12.	7. 1.	10. 4.	7. 5.	3. 6.	24. 6.	13. 7.	11. 8.
0	6,9	6,0	8,6	4,1	2,5	1,2	0,8	2,1	5,9	4,0	6,2	3,5
5	12,1	11,2	8,2	3,9		1,4		4,9	7,2	5,9	6,2	7,6
10	10,2	8,2	8,6	4,4	3,0	1,5	0,8	5,2	9,3	10,5	7,2	7,3
15	6,6	4,5	3,3						7,6	2,6	6,8	5,2
20	3,9	2,4	2,3	4,4	2,8	1,2		2,4	4,3	2,6	2,2	2,0
30	2,1	1,7	1,6	2,3	2,8	1,2	0,8	1,8	2,1	1,2	1,4	1,1
50		1,5	1,2	0,9	0,8	1,2	0,8	0,9	1,2	1,0	0,6	0,9
75					1,0							
100		1,5		0,7	1,0	1,0	0,8	0,7	0,8	0,9	0,5	0,7

Diesen Zahlen sowie der Abb. 1 können wir nun folgende Tatsachen entnehmen:

1. Im Monat April ist die ganze Wassersäule noch gleichmäßig von chlorophyllführenden Organismen besiedelt, quantitativ jedoch in äußerst geringer Menge.
2. Von April bis Mai beginnen sich unter dem Einfluß der Sonnenstrahlung die oberen Wasserschichten mit Phytoplankton zu besiedeln.
3. Während des ganzen Sommers bleibt das epilimnische Phytoplanktonmaximum erhalten, wobei die Wasseroberfläche in der Regel etwas geringere Planktonmengen zeigt als die Schichten darunter, und im Bereiche der Sprungschichte ein scharfer Abfall stattfindet.
4. Mit dem Tiefsinken der Sprungschichte im Herbst dehnt sich auch das Phytoplanktonmaximum nach unten aus, wobei es — infolge Verdünnung durch pflanzenarme Wassermassen — an Größe abnimmt.
5. Mit dem Aufhören einer thermischen Schichtung hat auch die Phytoplanktonschichtung ihr Ende gefunden, und das Wasser ist im Januar physikalisch und biologisch in vertikaler Richtung einheitlich.
6. Unter dem Eise (Januar bis April) nimmt der Chlorophyllgehalt insgesamt ab.
7. Die in den einzelnen Jahren erreichten Maxima scheinen ungleich zu sein.

Diese Verhältnisse stimmen ganz genau mit jenen Ergebnissen überein, die die Untersuchungen — 1934/35 über die räumliche und zeitliche Verteilung von *Cyclotella* und *Rhodomonas* (von mir als *Chroomonas* bezeichnet) im Bodensee durchgeführt — gezeigt haben (Gessner 1937).

Verfolgen wir nun den Chlorophyllgehalt des Phytoplanktons im Jahresverlauf, so erkennen wir aus Abb. 2, daß sich die jahreszeitlichen Schwankungen nur in den Oberflächenzonen ausprägen, wogegen der Chlorophyllgehalt in 100 m Tiefe ein sehr gleichmäßiger ist. (Hierbei muß allerdings hervorgehoben werden, daß hier die Mengen so gering sind, daß die Werte nicht in jenem Maße gesichert sind wie die des Epilimnions.)

Von besonderem Interesse ist es nun, wie sich die Chlorophyllmasse des **gesamten** Sees im Laufe des Jahres verhält. Hierzu genügt es nicht, etwa die Mengen in einer Wassersäule an der tiefsten Stelle miteinander zu vergleichen, da sich im Herbst das Oberflächenwasser mit tieferem vermischt und somit die Verjüngung des Seebeckens mit in die Betrachtung einbezogen werden muß. Berücksichtigt man die morphometrischen Verhältnisse, die an anderer Stelle angegeben

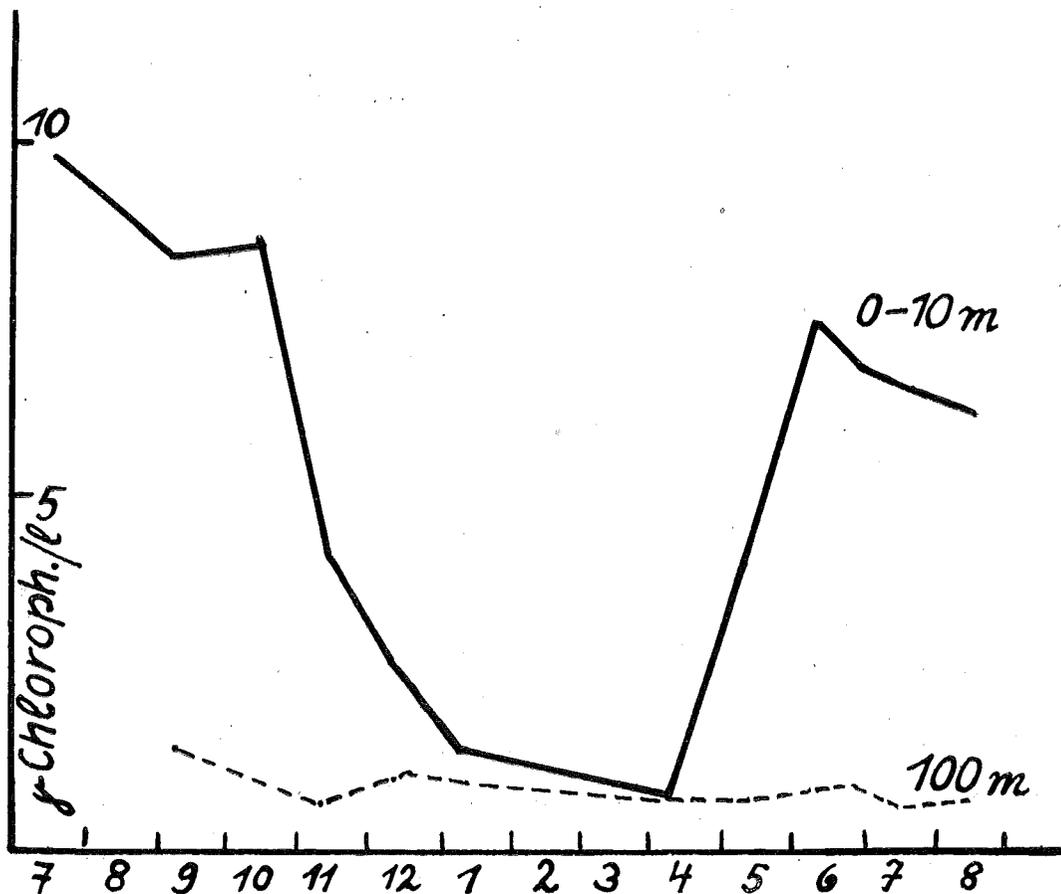


Abb. 2. Jährlicher Gang des Chlorophyllgehaltes im Würmsee an der Oberfläche und in der Tiefe.

worden sind (Gessner 1944), so erhält man die in Abb. 3 wiedergegebene Kurve, die nun erstmalig die Schwankungen des Gesamtphytoplanktons eines Sees während eines Jahres wiedergibt. Voraussetzung dabei ist freilich eine gleichmäßige horizontale Besiedlung mit Phytoplankton; da jedoch der Würmsee ein einfaches ungegliedertes Seebecken darstellt, in dem der Horizontalaustausch der Wassermassen ungehindert vor sich gehen kann, dürfte diese Voraussetzung in erster Annäherung erfüllt sein. Wir erkennen, daß das Planktonmaximum etwa in den Juni fällt, und daß von da ab — offenbar infolge Verarmung der oberen Wasserschichten an Nährstoffen (vor allem dem Minimumstoff Phosphat) — die Menge des pflanzlichen Planktons abnimmt, um im Winter die geringsten Werte zu erreichen. Im April erfolgt ein rapider Anstieg, welcher dadurch bedingt ist, daß sich nun in den Oberflächenzonen genügend Nährstoffe befinden, die durch die Winterzirkulation von unten her zugeführt worden sind. Der Vergleich von Abb. 2 und 3 ergibt, daß die epilimnische Chlorophyllkurve der obersten 10 m die Jahreskurve für das Gesamtchlorophyll im See recht deutlich widerspiegelt.

#### IV. Der Königssee.

Völlig andere Verhältnisse als im Würmsee treffen wir im Königssee an. Qualitativ besteht das Phytoplankton im wesentlichen aus den gleichen Arten, soweit es sich um die Kieselalgen und Flagellaten handelt. Nur die Cyanophyceen und Chlorophyceen fehlen dem Königssee-Plankton fast vollkommen, doch findet man dafür im Herbst mitunter kleine *Cosmarium*- und *Staurastrum*-Arten.

Quantitativ zeigt das pflanzliche Plankton im Königssee im Frühjahr — wie Abb. 4 zeigt — ähnliche Mengen wie der Würmsee, nur liegt hier das Maximum nicht bei etwa 5 m Tiefe, sondern



Abb. 3. Jährlicher Gang des Gesamtchlorophylls im Würmsee.

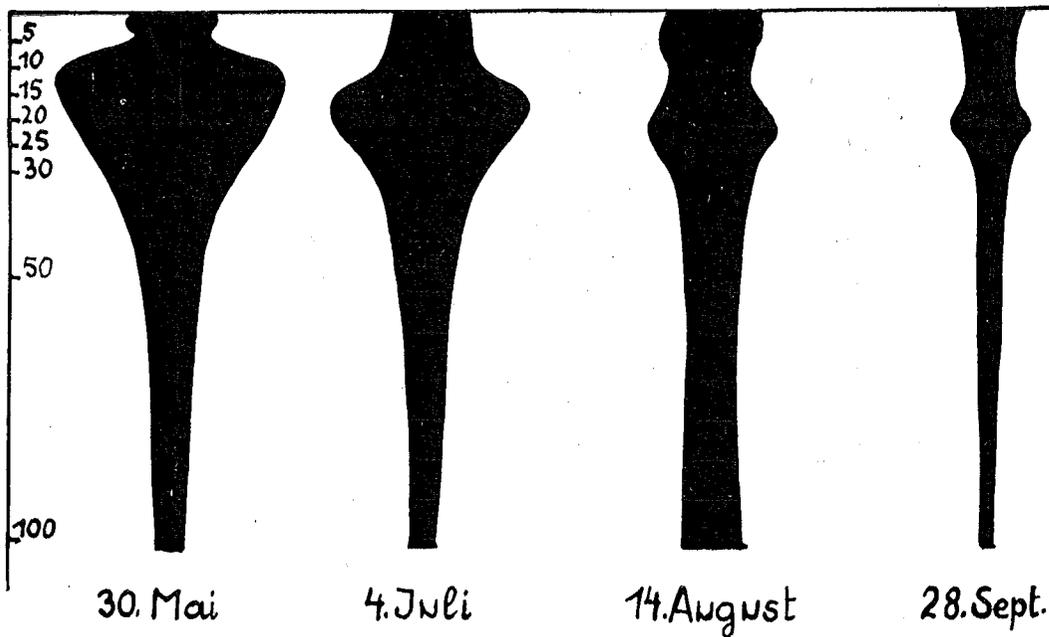


Abb. 4. Vertikale Chlorophyllverteilung im Königssee.

zwischen 10 und 15 m. Mit fortschreitender Jahreszeit sinkt dieses Maximum weiter in die Tiefe und nimmt so stark ab, daß schon im August in vertikaler Hinsicht kaum mehr große Unterschiede in der Planktondichte bestehen. Die Tatsache, daß das Tiefenwasser um diese Zeit sehr chlorophyllreich ist, läßt erkennen, daß ein rasches Absinken der Oberflächenformen in die Tiefe stattfindet. Wir stellen somit zwischen dem Würmsee und dem Königssee deutliche Unterschiede fest, die ihre Erklärung in folgenden Umständen finden.

1. Das Wasser des Königssees ist sehr viel klarer und durchsichtiger als das des Würmsee (Durchsichtigkeit im Königssee 10 bis 12 m, im Würmsee 3 bis 5 m). Somit muß sich das Phytoplankton, das ja bekanntlich zu hohe Lichtintensitäten meidet, in tieferen Wasserschichten entwickeln.
2. Der Königssee ist in ein tiefes Felsental eingebettet und besitzt demzufolge eine sehr windgeschützte Lage. Dies aber bedingt wieder eine hochgelegene Sprungschichte der Temperatur, für die die folgende Tabelle einige Angaben bringt.

Tabelle III. Temperaturen in °C.

m	Würmsee 1938			Königssee 1947		
	26. 6.	17. 7.	7. 8.	30. 5.	4. 7.	14. 8.
0	18,9	18,8	24,4	17,2	22,2	18,6
3	—	—	—	15,7	—	18,3
5	16,3	17,6	21,4	12,5	14,6	13,2
10	11,4	13,6	14,2	7,7	8,9	7,9
15	9,0	9,6	11,4	6,1	—	6,2
20	8,6	8,4	10,2	5,3	5,1	5,3
25	8,2	8,1	9,2	—	—	—
30	7,6	8,0	9,0	—	—	4,6

Während sich nun die Hauptvermehrungszone des Phytoplanktons im Würmsee im Epilimnion, also **über** der Sprungschichte befindet, liegt sie im Königssee **in** der Sprungschichte oder sogar darunter. Dies hat nun aber einschneidende Folgen, denn wir wissen, daß der ausschlaggebende Faktor, durch den sich das Phytoplankton in Schwebelage erhält, die Turbulenz des Wassers ist. Diese aber ist im Epilimnion — infolge von Windwirkung und thermischer Zirkulation — groß, in und unter der Sprungschichte aber sehr gering. Wie Untersuchungen von Grim (1939) im Bodensee ergeben haben, sinken Phytoplankter darum in den oberen Zonen vielmals langsamer als in der Tiefe. Folgende Tabelle gibt hierfür einige Zahlen:

Tabelle IV.

Sinkgeschwindigkeit in verschiedenen Seetiefen (Bodensee).  
(Nach J. Grim.) (Angaben in m pro Tag.)

Seetiefe	<i>Synedra acus. f. delic.</i>	<i>Cyclotella</i> (tot)
10—15	0,5	2,5
15—20	1—1,5	3,0
25—30	4—5	3,5
30—50		5,0
50—100		7,0
100—200	20	8,0

Da sich nun im Königssee wegen der großen Durchsichtigkeit einerseits, der hohen Lage der Sprungschichte andererseits das Phytoplankton hauptsächlich im Hypolimnion vermehrt, muß

es von dort rasch absinken und kann sich nicht den ganzen Sommer über halten wie im Würmsee. Wir erkennen somit, daß die morphologische Beschaffenheit der See-Umgebung von grundlegender Bedeutung für die biologische Schichtung im See selbst ist.

Der Sommer 1947 war für die Untersuchungen am Königssee besonders gut geeignet, da er fast niederschlagsfrei war und somit äußerst einfache Bedingungen gegeben waren. Durch Regenfälle kann nämlich die Planktonschichtung selbst in geringen Zeitabständen erheblich beeinflußt werden, da einerseits durch die eingeschwemmten Nährstoffe die Phytoplanktonmenge ansteigen kann, andererseits aber auch wieder das Plankton aus dem See hinausgespült wird. Je kleiner der See ist, desto stärker werden sich diese Wirkungen ausprägen. Es ist also zu erwarten, daß wir im Königssee wegen seiner relativ geringen Größe in aufeinanderfolgenden Jahren ganz verschiedene Besiedelungsdichten antreffen, wie diese in Tab. V zum Ausdruck kommen. Die hohen Zahlen, welche im September 1941 gefunden wurden, sind sicherlich auf die extrem hohen Niederschläge im August 1941 zurückzuführen, die extrem niederen Werte im Juli 1942 beweisen, daß manchmal schon um diese Jahreszeit das Frühjahrsmaximum vollständig abgesunken ist.

Tabelle V.  
Chlorophyllmenge im Königssee in  $\gamma$  Chlorophyll/L.

Meter Tiefe	m	0	5	10	15	20	30	50
2. September 1941 . .		3,5	4,3	5,4	8,0		3,2	4,0
30. Juli 1942 . . . .		0,4	0,2	0,7		1,0	0,5	—

### V. Der Ammersee.

Der Blick auf die Landkarte würde vermuten lassen, daß zwei Seen in so ähnlicher Lage, so nahe beieinander gelegen und auch größenordnungsmäßig ähnliche Dimensionen besitzend, sich in biologischer Hinsicht ebenfalls ähnlich verhalten müßten. Die Untersuchung jedoch ergibt, daß dies nicht der Fall ist. Schon qualitativ zeigt das Phytoplankton mancherlei Unterschiede. Wenn auch in den Hauptarten übereinstimmend, fällt doch im Ammersee — gegenüber dem Würmsee — während der warmen Jahreszeit das ständige Vorkommen von *Ceratium cornutum*, verschiedener häufiger *Dinobryon*-Arten, und unter den Kieselalgen *Cymatopleura elliptica* auf. Dagegen vermissen wir hier im Sommer das für den Würmsee erwähnte häufige Vorkommen von Blau- und Grünalgen.

Weit größer aber als diese qualitativen Unterschiede sind die quantitativen. Zwar sind die Mai- und Juni-Werte des Chlorophyllgehaltes denen des Würmsees ähnlich (Abb. 5). Dann aber tritt — gleich dem Königssee — eine rapide Phytoplanktonverarmung ein, die nun in krassem Gegensatz zu den konstanten sommerlichen Verhältnissen des Würmsees steht.

Nun ist es nicht angängig, hierfür etwa dieselbe Ursache geltend zu machen wie beim Königssee, denn im Ammersee ist weder die Sichttiefe so groß, daß sich das Phytoplankton in tiefere Schichten zurückziehen müßte, noch ist etwa die Lage besonders windgeschützt, wodurch eine hochgelegene Temperatursprungschicht zustande käme. Es spielt jedoch hier ein Faktor herein, der unzweifelhaft für die großen Unterschiede maßgebend ist. Während nämlich der Würmsee nahezu keine Durchströmung aufweist — er erhält nur sehr geringen Zufluß aus dem Gebiet der Osterseen —, gelangen durch die Ammer im Süden des Ammersees im Jahresdurchschnitt 16 cbm Wasser pro Sekunde in den See, das sind etwa 1,4 Millionen cbm im Tag. Dies aber würde bedeuten, daß sich das ganze Seewasser in 1214 Tagen erneuert. Nun kann aber keine Rede davon sein, daß das Wasser des Ammersees durch den Zustrom der Ammer ganz gleichmäßig in allen Tiefen ersetzt wird. Gerade durch Untersuchungen aus dem Bodensee wurde bekannt, daß sich das Wasser des Zustroms in jene Seetiefen einschichtet, die dem spezifischen Gewicht des Zufließwassers entsprechen.

Die Ammer fließt nun vor ihrer Einmündung in den See durch ein 32 m breites und nur 30 bis 40 cm tiefes Bett, wodurch während des Sommers die Bedingung für eine starke Erwärmung gegeben ist. Nach Angaben von W. Engelhardt beträgt die Temperatur der Ammer während des Winters 5—6° C, während der Sommermonate aber 18° bis 20°. Das Wasser wird also im wesentlichen das untere Epilimnion durchströmen und das hier befindliche Phytoplankton aus dem See hinausschwimmen. Dazu kommt noch, daß gerade zur Zeit der stärksten Phytoplanktonentfaltung die Wasserführung der Ammer und damit der ausschwemmende Effekt am stärksten ist. Folgende Zusammenstellung gibt (nach J. Purz) die mittlere Wasserführung der Ammer im Monatsmittel von 1901 bis 1930.

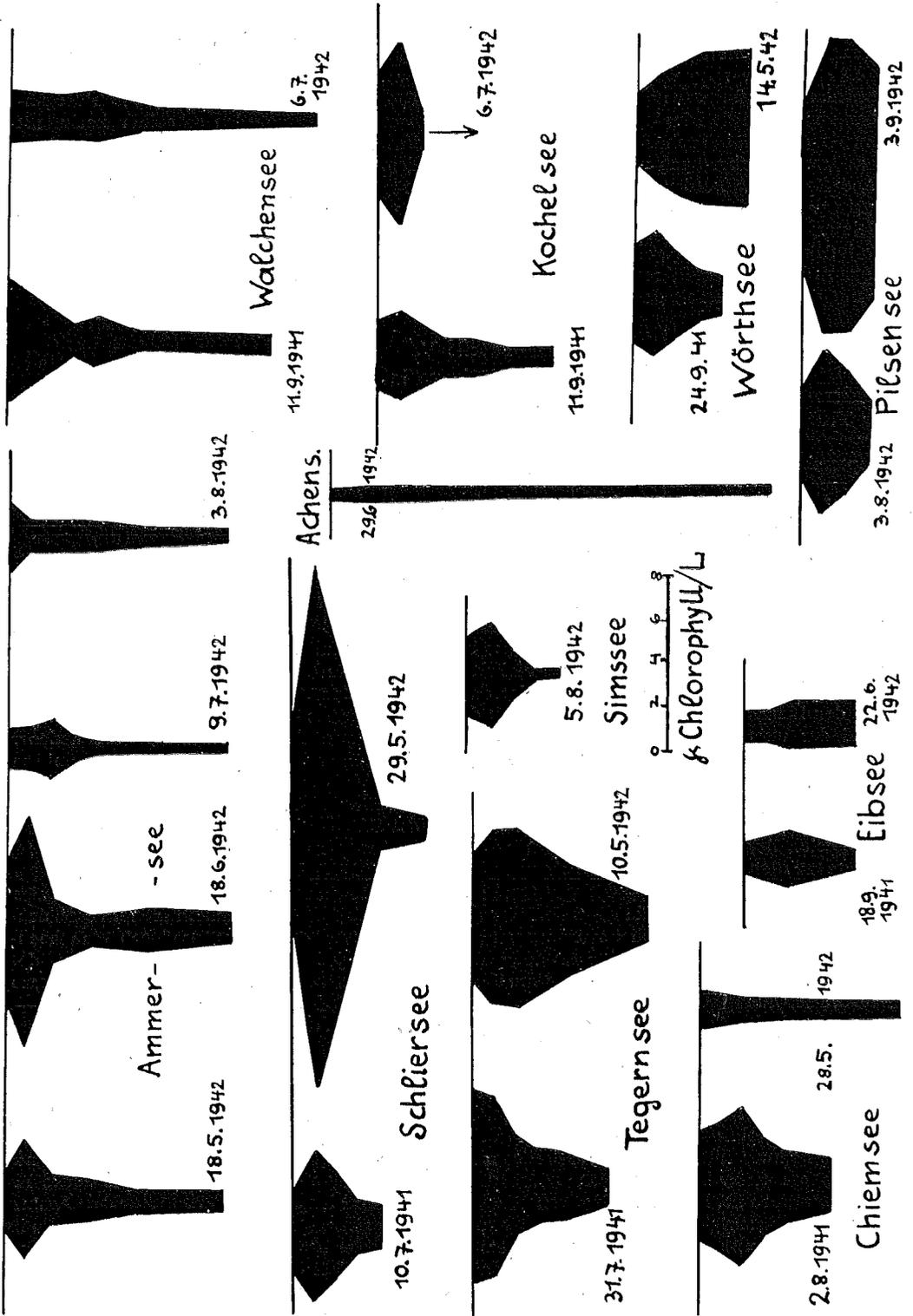


Abb. 5. Vertikale Chlorophyllverteilung in den Seen Oberbayerns.

Tabelle VI.

Wasserführung der Ammer in cbm/sek. für die einzelnen Monate.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
12,4	11,2	13,9	18,6	21,0	21,1	19,7	17,7	17,5	14,0	12,2	12,3

Nehmen wir für das Epilimnion eine Wassertiefe von ca. 10 m an, so besitzt die epilimnische Wassermasse ein Volumen von 470 000 000 cbm. Diese würde bei der mittleren Wasserführung von 16,0 cbm/sek. in 336 Tagen ausgeschwemmt werden, bei dem starken Frühjahrszustrom jedoch schon in ca. 250 Tagen.

Diese Überlegungen haben natürlich nur den Zweck, die Verhältnisse größenordnungsmäßig zu erfassen, doch sie zeigen, daß der verdünnende Einfluß des Ammerwassers von großer Bedeutung für seine Phytoplanktonproduktion sein muß.

### VI. Tegernsee und Schliersee.

Diese beiden Seen zeigen in ihrer Phytoplanktonzusammensetzung wenig Besonderheiten. Meist herrschen die gewöhnlichen Diatomeen vor, so vor allem *Synedra acus f. delicatissima*, *Asterionella formosa* und *Fragilaria crotonensis*. Lediglich durch ein Kennzeichen sind sie immer gut unterschieden, nämlich durch das Vorkommen von *Tabellaria fenestrata*, eine Form, die in ihrer Massenentwicklung gegenüber allen anderen Seen Oberbayerns für den Tegernsee kennzeichnend ist. Auffallend sind die großen jahreszeitlichen Unterschiede in der Planktondichte des Schliersees.

### VII. Der Chiemsee.

Das Phytoplankton des Chiemsees hat große Ähnlichkeit mit jenem aus dem Ammersee und dem Würmsee. Den Hauptanteil haben Diatomeen (*Asterionella formosa*, *Synedra acus f. delicatissima*, *Fragilaria crotonensis*) und verschiedene *Cyclotella*-Arten (*C. planctonica*, *C. melosiroides* u. a.). Von den Flagellaten seien außer *Ceratium hirundinella* noch *Mallomonas caudata* und verschiedene *Dinobryon*-Arten (*D. sociale*, *D. divergens*) erwähnt.

Jahreszeitlich scheint das Chiemseeplankton sehr starken quantitativen Schwankungen unterworfen zu sein, doch kann naturgemäß aus den beiden Untersuchungsreihen nichts darüber ausgesagt werden. Im Sommer scheinen ähnliche Schichtungsverhältnisse vorzuliegen wie im Würmsee.

### VIII. Kochel- und Walchensee.

Da der Kochelsee einen guten Teil seines Zuflusses aus dem Walchensee erhält, ist es nicht verwunderlich, daß beide Seen weitgehende Übereinstimmungen zeigen. Folgende Tabelle bringt die Planktonzusammensetzung vom 6. Juli 1942.

Tabelle VII.

	Kochelsee	Walchensee
<i>Asterionella formosa</i> . . . . .	+ + + +	+ + + + +
<i>Synedra acus angustissima</i> . . . . .	+ + + + +	+
<i>Cyclotella socialis</i> . . . . .		+ + +
<i>Cyclotella comta</i> . . . . .	+	+
<i>Cyclotella planctonica</i> . . . . .		+ + + +
<i>Fragilaria crotonensis</i> . . . . .	+ +	+ + + + +
<i>Ceratium hirundinella</i> . . . . .	+ +	+ + + + +
<i>Peridinium spec.</i> . . . . .	+	+
<i>Dinobryon divergens</i> . . . . .	+	

Es ist hierbei interessant, daß zwar die Artenliste in beiden Seen ähnlich ist, daß jedoch der Anteil, den diese Arten am Gesamtplankton hatten, bei diesen beiden Seen trotz ihrer benachbarten Lage eine durchaus verschiedene war. So bestand im Kochelsee die Hauptmasse des Phytoplanktons aus *Synedra acus angustissima*, in zweiter Linie aus *Asterionella formosa*, beim Walchensee dagegen stand *Asterionella* neben *Fragilaria* und *Cyclotella* an erster Stelle.

Quantitativ scheinen zwischen beiden Seen keine großen Unterschiede zu bestehen. Im Sommer dürfte der Kochelsee etwas produktiver sein als der Walchensee. Dieser scheint übrigens ziemlich labil in seiner Besiedlungsdichte zu sein, denn während er noch am 11. 9. 1941 (bei Urfeld) an der Oberfläche einen Chlorophyllgehalt von 5,7  $\gamma$ /L aufwies (in 5 m Tiefe 4,1  $\gamma$ /L), waren an derselben Stelle am 30. 9. 1941 nur mehr 1,9  $\gamma$ /L nachweisbar.

Es sei hier noch erwähnt daß das Zooplankton beider Seen ziemlich häufig ein Sönnentierchen (*Raphidocystis tubifera*) beherbergt, das in anderen Seen Oberbayerns nur sehr selten auftritt. In größeren Mengen habe ich diese Form nur noch im Achensee gefunden.

### IX. Achensee und Eibsee.

Die große Seehöhe ist das gemeinsame Merkmal dieser beiden Seen. So prächtig sie vom landschaftlichen Standpunkt aus sind, so langweilig sind sie für den Planktonforscher. Ich gebe im folgenden eine Zusammenstellung der Formen, die ich bisher dort nachweisen konnte.

Tabelle VIII.

	Eibsee	Achensee
<i>Asterionella formosa</i> . . . . .	+	+ + + +
<i>Fragilaria crotonensis</i> . . . . .	+	+
<i>Cyclotella planctonica</i> . . . . .		+ +
<i>Cyclotella sociale</i> . . . . .		+
<i>Synedra acus delicatiss.</i> . . . . .	+	
<i>Gymnodinium spec.</i> . . . . .	+	+
<i>Ceratium hirundinella</i> . . . . .	+	+ + +
<i>Peridinium spec.</i> . . . . .	+	
<i>Dinobryon divergens</i> . . . . .	+ + +	
<i>Cosmarium spec.</i> . . . . .	+	
<i>Cryptomonas spec.</i> . . . . .	+	

Der Hauptunterschied zwischen diesen beiden Seen bestand in bezug auf das Phytoplankton vor allem darin, daß im Eibsee die Kieselalgen stark zurücktraten. Quantitativ ist der Achensee planktonärmer als der ohnehin schon sehr schwach besiedelte Eibsee.

### X. Wörthsee und Simssee.

Der Wörthsee gehört — ähnlich wie der große Ostersee und die Seen der Umgebung von Seon bei Obing (Chiemgau) — zu jenen zahlreichen, meist in einer Toteislandschaft entstandenen Wasserbecken Oberbayerns, die einen eigentümlichen Übergangstypus vom oligotrophen zu den eutrophen Seen darstellen. Im Frühjahr herrscht hier *Melosira ambigua* bei weitem vor. Die anderen Planktondiatomeen treten hierbei meist stark zurück, und nur *Dinobryon*-Arten (*D. divergens*) kommen noch zur Massentfaltung. Im Herbstplankton finden wir neben mehr oder minder großen Mengen von *Asterionella*, *Fragilaria* und *Cyclotella*-Arten *Anabaena flos aquae*, *Microcystis*, *Chroococcus* und *Cryptomonas*-Arten. Spezifisch für den Wörthsee ist ein Massenaufreten von *Rhabdoderma lineare*.

Über den Simssee kann nichts besonderes ausgesagt werden, da er nur an einem einzigen Tage untersucht worden ist. Zu jener Zeit (5. August 1942) war die vorherrschende Form *Ceratium hirundinella*. Daneben kam vereinzelt noch *C. cornutum* und in größeren Mengen *Dinobryon sociale* vor.

## XI. Der Pilsensee.

Von allen hier aufgeführten Seen ist der Pilsensee der kleinste und seichteste. Er stellt schon einen typisch eutrophen See mit starkem Sauerstoffschwund in der Tiefe dar und weicht in seiner Planktonzusammensetzung erheblich von den übrigen Seen ab. Zwar sind die gewöhnlichen Planktonkieselalgen (*Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*), verschiedene Dinobryonarten (z. B. *D. divergens*) sowie *Ceratium hirundinella* und *C. cornutum* auch vertreten, mitunter sogar massenhaft, doch kommen hier auch schon, namentlich im Sommer und Herbst, verschiedene Grün- und Blaualgen vor, die auf einen höheren Eutrophiegrad des Wassers schließen lassen. Hierher gehören *Sphaerocystis Schröteri*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Coelosphaerium Kützingianum*, *Anabaena*-Arten, verschiedene kleine Protococcalen und über dem Seegrund neben *Cyclotella catenata* ein Massenaufreten von *Oscillatoria Mougeautii*.

Aus diesem See liegen nur zwei Serien vom August und September vor, die beide schon recht hohe Chlorophyllwerte zeigen. Es ist jedoch anzunehmen, daß die Zeit der maximalen Produktion das Frühjahr ist.

## XII. Produktionsbiologischer Vergleich der Seen Oberbayerns.

Das reizvollste Problem, das uns die produktionsbiologische Betrachtung der Seen Oberbayerns bietet, ist jenes, das nach den Ursachen für die großen quantitativen Unterschiede in den einzelnen Seen fragt. Wenn wir aber zur Beantwortung solcher Fragen die Seen Oberbayerns miteinander vergleichen, so legt uns der Blick auf Abb. 5 größte Zurückhaltung auf. Wir sehen ja darin, daß bei vielen Seen sehr starke jahreszeitliche Schwankungen vorkommen, und daß wir somit einigermaßen gültige Angaben erst werden machen können, wenn aus jedem See nicht zwei, sondern mindestens 20 Untersuchungsserien vorliegen. Wenn wir nun trotz des bisher völlig unzureichenden Materials, das keinerlei bindende Schlüsse zuläßt, einen ersten Versuch eines Vergleiches wagen wollen, so erstens deshalb, weil zwischen den einzelnen Seen (z. B. Achensee einerseits, Schliersee andererseits) die Unterschiede so gewaltig sind, daß wir sie wenigstens größenordnungsmäßig festlegen können, zweitens aber, um künftigen Untersuchungen einen Weg aufzuzeigen, der zur endgültigen Analyse unseres Problems führen kann.

In welcher Weise können nun die Seen miteinander verglichen werden? Zunächst könnte man daran denken, einfach die Chlorophyllmengen, die sich unter 1 qm mittlerer Wassertiefe befinden, miteinander in Beziehung zu setzen, wie ich dies auch in einer früheren Arbeit (Geßner 1944) getan habe. Dies muß jedoch, wie ich jetzt in Abänderung meiner früheren Auffassung einsehe, zu völlig irrigen Angaben führen, sofern es sich um Seen handelt, die große morphologische Verschiedenheiten aufweisen. Nehmen wir z. B. die Verteilungsbilder zweier Seen her, von denen der eine 100, der andere 10 m tief ist. In dem 10 m tiefen See ist die ganze Wassermasse die Produktionszone, die Phytoplanktonorganismen sind größenordnungsmäßig etwa gleich alt, ihr „Standing crop“ spiegelt also wirklich die momentane Produktivität wieder, denn die aus früheren Produktionsperioden stammenden Formen sind inzwischen abgesunken und werden in der Probeserie nicht mehr erfaßt. Ganz anders im tiefen See. Hier stellt ja nur das Epilimnion oder die knapp darunter liegende Zone die produktive dar; nur die Chlorophyllmenge in dieser entspricht dem momentanen „Standing crop“, während die Chlorophyllmengen darunter ja absinkende Formen umfassen, die einer früheren Periode entstammen. Würden wir also in der angegebene Weise zwei Seen miteinander vergleichen, so ist nun klar, daß wir im 10 m tiefen See die Lebensmasse, die sich in einer sehr kurzen Zeitspanne gebildet hat, im 100 m tiefen See mit einer Biomasse in Beziehung setzen, die sich auf einen sehr viel längeren Zeitraum bezieht. Der Vergleich muß also sehr zuungunsten des 10 m tiefen Sees ausfallen, und wenn in der früher zitierten Arbeit errechnet wurde, daß der „Standing crop“ des oligotrophen Starnberger Sees (= Würmsees) 42 % von dem des sehr stark eutrophen Weßlingsees ausmacht, so liegt nach unseren jetzigen Erkenntnissen dieses Verhältnis weit zugunsten des oligotrophen Sees. Nach neuerlicher Berechnung würde die Produktionskraft des Würmsees nur etwa 10 % der des Weßlingsees betragen.

Ein wirklicher Vergleich wird also nur möglich sein, wenn man nur die tatsächlich produzierenden Zonen, also im wesentlichen die oberen 20 m, miteinander in Beziehung setzt. Auch hierbei wird aber ein solcher Vergleich nur zur größenordnungsmäßigen Orientierung ausreichen, denn die Zonen, die lichtklimatisch in den einzelnen Seen organische Produktion ermöglichen, sind naturgemäß sehr verschieden dick.

Folgende Tabelle bringt die Durchschnittswerte des Chlorophyllgehaltes für die obersten 20 m der untersuchten Seen.

Tabelle IX.  
Chlorophyll in  $\gamma/L$ . in den obersten 20 m.

Achensee	0,9	Kochelsee	3,8	Simssee	2,2
Ammersee	3,0	Königssee	4,4	Tegernsee	5,8
Chiemsee	3,3	Pilsensee	8,0	Walchensee	2,7
Eibsee	1,7	Schliersee	9,6	Wörthsee	4,1
				Würmsee	5,9

Würde man versuchen, diese Seen etwa nach ihrem Areal, ihrem Volumen oder ihrer Seehöhe zu gruppieren, so würde man keine steigende oder fallende Reihe der Chlorophyllwerte erhalten und daraus erkennen, daß diese topographischen Faktoren **nicht** für die Produktivität maßgebend sind. **Was allein für den Eutrophiegrad eines Gewässers ausschlaggebend ist, wird durch den Grad der Nährstoffzufuhr bedingt.** Von allen Nährstoffen, die in den Gewässern die Entwicklung des pflanzlichen Lebens fördern, kommt in unserem Seengebiet dem Phosphor bei weitem die größte Bedeutung zu. Er ist im Oberflächenwasser niemals frei als anorganisches Phosphat nachweisbar und spielt also eindeutig die Rolle eines Minimumstoffes. Nun ist die Phosphorzufuhr aus **natürlichen** Quellen bei uns nahezu null. Unsere aus den nördlichen Kalkalpen kommenden Flüsse enthalten sehr viel ungelöstes Calciumkarbonat, durch welches der Phosphor ausgefällt wird (Gessner 1939). Außerdem wird das Phosphat im Wasser sehr leicht durch die festen Partikelchen absorbiert und damit ebenfalls sedimentiert. Im Jahre 1942 wurden über dieses Problem umfangreiche Untersuchungen begonnen, die aber — durch Kriegs- und Nachkriegsereignisse bedingt — nicht weitergeführt werden konnten. Meinen damaligen Protokollen seien hier nur einige Angaben entnommen:

Das Wasser des Achensees und des Pilsensees war ursprünglich — wie das Wasser aller anderen Seen ebenfalls — an der Oberfläche frei von löslichem Phosphat. Nun wurde so viel  $KH_2PO_4$  zugegeben, daß ein Phosphatgehalt von 10  $\gamma/P/L$  erreicht wurde. Einen Tag später wurde zentrifugiert und der P-Gehalt festgestellt. Folgende Tabelle bringt die Werte.

Tabelle X.  
Phosphatabnahme durch Absorption an festen Bestandteilen.

See	Tiefe	Chlorophyllgehalt in $\gamma/L$	P-Gehalt ursprünglich	P-Gehalt nach P-Zugabe in $\gamma/L$	P-Gehalt des zen- trifugierten Wassers 1 Tag später
Achensee	0	1,4	0	10	2,3
Pilsensee	0	7,2	0	10	3,0

Wir erkennen, daß trotz des großen Unterschiedes im Phytoplanktongehalt, wie er sich in den Chlorophyllzahlen ausdrückt, die Phosphatabnahme ungefähr gleichartig erfolgt ist und dürfen annehmen, daß das Phosphat vornehmlich durch die anorganischen Partikelchen absorbiert worden ist. Aus diesen Versuchen, die auch in bester Übereinstimmung zu den in der Natur beobachteten Tatsachen stehen, darf geschlossen werden, daß die Zufuhr des anorganischen Phosphors in unsere Seen nur eine sehr geringe Rolle spielt.

Ganz anders ist dies nun mit jenem Phosphor, der mit jenen organischen Kolloiden in den See gelangt, die aus menschlichen Abwässern entstammen. Hierdurch tritt tatsächlich in hohem Maße eine Düngung des Sees ein, und hier treffen wir nun auf einen entscheidenden Faktor, der die Produktivität eines Sees beeinflußt. In immer steigendem Maße hat man in den letzten Jahrzehnten die große Bedeutung menschlicher Siedlungen für den Eutrophiegrad eines Sees erkannt und festgestellt, daß durch Abwässer ein See schon in wenigen Dezennien sein biologisches Gepräge vollkommen verändern kann. Untersuchungen der Eutrophierung durch menschliche Einflüsse am Zürichsee (L. M i n d e r), Hallwilersee und Rotsee in der Schweiz, dem Lake Windermere in England (P e n n i n g t o n 1943), dem Vaxjö-See in Südschweden (G e s s n e r 1934, T h u n m a r k 1945) und den Seen von Wisconsin (S a w y e r 1947) haben uns schon ein sehr reiches Material über die Veränderungen geliefert, die freiwillige oder unfreiwillige Seedüngung in der Planktonzusammensetzung, dem qualitativen und quantitativen Fischbestand und der Sedimentzusammensetzung hervorgerufen haben (Zusammenstellung bei H a s l e r 1947).

Es kann darum kein Zweifel bestehen, daß Einflüsse, die von menschlichen Siedlungen ausgehen, die entscheidende Rolle bei der Eutrophierung der Seen Bayerns spielen. Daß natürliche Zuflüsse den Nährstoffgehalt kaum erhöhen, zeigt vielleicht am deutlichsten der Bodensee. Jede Sekunde verlassen große Mengen von Phosphor, eingebaut in die Organismen des Planktons, den Obersee bei Konstanz. Zehntausende Kilogramm Phosphor gehen dem See jährlich durch die Fischerei verloren, doch werden diese Verluste nicht durch den Rheinstrom bei Bregenz ergänzt, da das Rheinwasser immer phosphatfrei ist (E l s t e r u. E i n s e l e 1937). Als einzige Quelle kommt hier vielmehr der Abwasserstrom in Betracht, der den menschlichen Randsiedlungen entstammt.

Versuchen wir nun, diese Verhältnisse auf unser Gebiet zu übertragen, so müssen wir uns darüber klar sein, daß zwischen der Besiedlungsdichte des Seeufers und dem Seevolumen eine enge Beziehung bestehen muß. Ein kleiner See wird natürlich schon durch eine viel geringere Anzahl seiner Anwohner (A) eutrophiert werden als ein großer. So werden wir also erwarten dürfen, daß das Verhältnis der Seeanwohner (A) zum Seevolumen (V) größenordnungsmäßig ein Maß für die Eutrophierung darstellt.

Natürlich sind auch da gewisse Vorbehalte zu machen, denn wenn ein Ort am Seeausfluß gelegen ist — wie z. B. Zürich am Zürichsee — so wird sein düngender Einfluß sehr gering sein. Würde z. B. Zürich seine Abwässer wirklich alle in den See leiten, so wäre dieser ebenso verjaucht wie die Zuidersee bei Amsterdam. Andererseits kann natürlich eine Siedlung, die sich zwar nicht unmittelbar am Seeufer befindet, jedoch an einem Zustrom in nicht zu großer See-Entfernung gelegen ist, düngend wirken. Daß hierbei auch die Durchströmungsgeschwindigkeit eine sehr große Rolle spielt und demgemäß der A/V-Quotient nicht schematisch ausgewertet werden darf, liegt auf der Hand.

Schließlich darf auch nicht vergessen werden, daß das Eutrophierungsproblem nicht zuletzt auch ein zeitliches ist. Je länger sich eine Siedlung an den Ufern eines Sees befindet, desto stärker wird sich ihr Einfluß geltend machen. Dementsprechend kann es vorkommen, daß ein weniger dicht, doch schon seit langer Zeit besiedelter See einen höheren Trophiegrad zeigt als ein erst seit

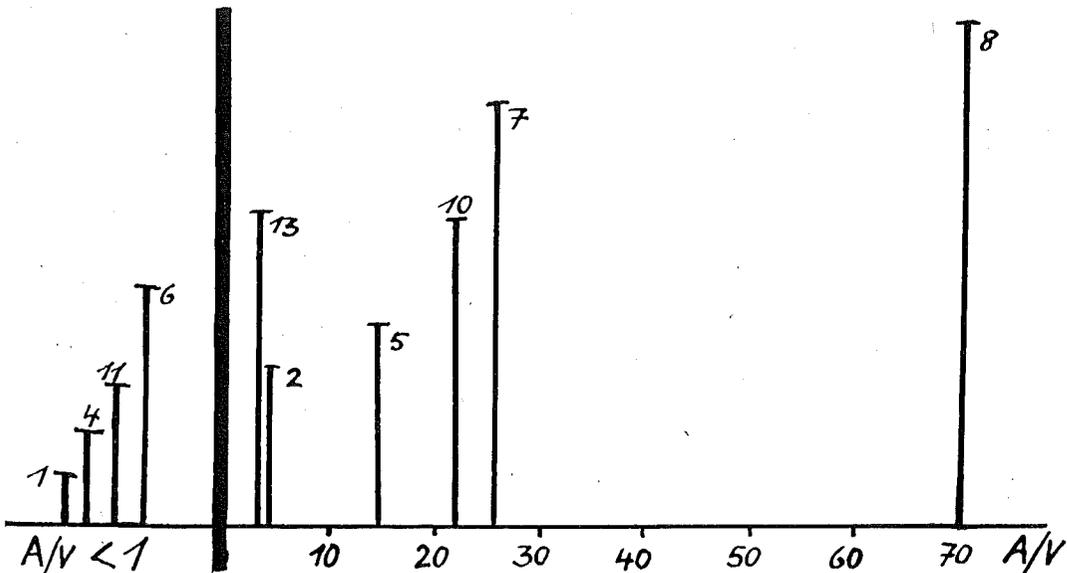


Abb. 6. Beziehung zwischen Besiedlungsdichte und Chlorophyllgehalt in bayerischen Seen. (Nummern der Seen siehe T. I.)

kurzem dicht besiedelter See. Nach Lundquist soll es in Schweden Seen geben, die schon zwischen der Eisen- und Bronzezeit durch menschliche Siedlungen eutrophiert worden sind. Neuerdings wird dies allerdings durch Thunmark (1945) angezweifelt.

In Abb. 6 sehen wir nun die durchschnittlichen Chlorophyllwerte aus Tabelle IX in Beziehung zum A/V-Quotienten gesetzt. Diese wurden so berechnet: Am Ufer des Würmsees wohnen (laut dem amtlichen Gemeindeverzeichnis für Bayern, Heft 141 für 1946) ca. 13 500 Menschen. Das Seevolumen beträgt 3100 Millionen cbm; dies gibt ein A/V von 4,3. Am Ufer des Ammersees wohnen etwa 8500 Menschen. Bei einem Seevolumen von 1725 Millionen cbm A/V 4,9.

Wenn wir nun — mit allen oben erwähnten Vorbehalten — daran gehen, die Abb. 6 auszuwerten, gelangen wir zu folgendem Ergebnis:

In der Abb. 6 links sind zunächst jene Seen angegeben, deren A/V so gering ist, daß er nicht berechnet werden kann, denn die Ufer sind dort allzu dünn besiedelt. In guter Übereinstimmung dazu finden wir auch beim Achensee, Eibsee und Walchensee sehr geringe Produktionszahlen. Nur der Königssee fällt stark heraus und zeigt durch seine ungewöhnlich hohe Produktivität — die sich übrigens auch in der Dichte des Zooplanktons ausdrückt —, daß alle früheren Angaben über die angebliche Lebensarmut des Königssees irrig sind und offenbar wegen der großen Klarheit des Wassers auf einer „optischen Täuschung“ beruhen.

Vor allem kann wohl das geringe Lichtgefälle, welches durch große Durchsichtigkeit gekennzeichnet ist, zur Erklärung der Produktionskraft herangezogen werden. Je stärker der Lichtabfall im Wasser, auf desto kleineren Raum wird auch die trophogene Schicht zusammengepreßt, um so geringer ist aber auch das Wasservolumen, das mit seinen Nährstoffen dem Phytoplankton zur Verfügung steht. Dadurch, daß das Licht im Königssee in so große Tiefen vordringt, kann das Plankton den Phosphorvorrat einer großen Wassermasse ausschöpfen und dementsprechend große Produktionszahlen erreichen. Die große Durchsichtigkeit des Wassers ist nun wieder Folge der windstillen Lage des Königssees, denn je ruhiger die Oberflächenschichten sind, desto rascher können die eingeschwemmten Trübungsstoffe absinken. Damit aber kommen wir zu der eigenartigen Schlußfolgerung, daß die Klarheit des Wassers im Königssee nicht — wie man früher glaubte — Folge der großen Lebensarmut sei, sondern daß sie Ursache ist für den großen Reichtum an Planktonorganismen.

Im rechten Teil von Abb. 6 ist nun zu erkennen, daß die Produktionszahlen tatsächlich mit steigendem A/V ansteigen, wobei nur der Würmsee herausfällt. Dies mag vielleicht mit seiner sehr geringen Durchströmung zusammenhängen.

Vergleichsweise sei noch angeführt, daß der kleine und sehr stark eutrophierte Weßlingsee ein A/V von 750 und eine Produktionszahl von 53  $\gamma$  Chlorophyll/L. besitzt.

So lückenhaft und erweiterungsbedürftig die bisherigen Daten auch sein mögen, so lassen sie doch erkennen, daß die düngende Wirkung, die durch menschliche Besiedlung zustande kommt, auch in Oberbayern den Trophiegrad und somit die Gesamtbilogie der Seen entscheidend beeinflußt.

#### Schriftenverzeichnis.

1. Elster H. J. und Einsele W., 1937. Beiträge zur Hydrographie des Bodensees (Obersee). Jnt. Rev. d. ges. Hydrobiol. usw. Bd. 35 (Wolterreck-Festschrift). — 2. Gebner Fr., 1937. Phytoplanktonverteilung und Vertikalzirkulation im Bodensee. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 55. — 3. Gebner Fr., 1934. Nitrat und Phosphat im Dystrophen-See. Archiv. f. Hydrobiol. Bd. XXVII. — 4. Gebner Fr., 1939. Die Phosphorarmut der Gewässer und ihre Beziehung zum Kalkgehalt. Jnt. Rev. d. ges. Hydrobiol. usw. 38. — 5. Gebner Fr., 1944. Der Chlorophyllgehalt der Seen als Ausdruck ihrer Produktivität. Archiv. f. Hydrobiol. XL. Thienemann-Festband. — 6. Gebner Fr., 1948. The vertical distribution of Phytoplankton and the Thermocline. Ecology 29. Nr. 3. — 7. Grim J., 1939. Beobachtungen am Phytoplankton des Bodensees (Obersee) sowie deren rechnerische Auswertung. Jnt. Rev. d. ges. Hydrobiol. usw. 39. — 8. Hasler A. D., 1947. Eutrophication of lakes by domestic drainage. Ecology 28. Nr. 4. — 9. Minder L., 1938. Der Zürichsee als Eutrophierungsphänomen. Summarische Ergebnisse aus fünfzig Jahren Zürichseeforschung. Geol. Meere u. Binnengew. 2. — 10. Pennington Winifred, 1943. Lake sediments: The Bottom deposits of north basin of Windermere, with special reference to the diatom succession. New. Phytologist. 42. — 11. Sawyer Cl. N., 1947. Fertilization of lakes by Agricultural and urban Drainage. Journ. New. England Water Assoc. LXI. No. 2. — 12. Thunmark Sv., 1945. Die Abwasserfrage der Väckjöseen in hydrobiologischer Beleuchtung. Medd. från Lunds Universitets Linnolog. Inst. Nr. 4.