

P r i m ä r p r o d u k t i o n /

Elke Geipel und Kurt Bauer, Zoologisches Institut
der Universität München

1. Einleitung

Im Rahmen des OECD-Programms wurden seit März 1975 monatlich an zwei Punkten des Attersees, in der Unteracher Bucht und vor Weyregg, Untersuchungen zur Primärproduktion durchgeführt. Für 1974 liegen Daten für den Punkt in der Unteracher Bucht vor. Dazu gehörte eine Charakterisierung des Algenbestandes in qualitativer wie quantitativer Hinsicht sowie eine Bestimmung des Chlorophyllgehaltes, der häufig als direktes Maß für die photosynthetische Potenz eines Gewässers angesehen wird. Ferner wurden die Lichtverhältnisse im Wasserkörper durch Transmissionsmessungen ermittelt, sofern die Wetterverhältnisse dies zuließen. Aus Aufzeichnungen der OECD-Wetterstation in Weyregg sowie aus Registrierungen auf einer Boje im See wurde die Globalstrahlungsenergie ermittelt, die während der Exposition der Produktionsproben auf dem See eintraf. Diese Produktionsproben bildeten den Kern der Untersuchung.

Der ursprüngliche Gedanke bei der Auswahl der Unteracher Bucht als Meßpunkt war es, der Einfluß der aus dem weit eutropheren Mondsee kommenden Seeache zu zeigen. Weyregg sollte dagegen als Referenzpunkt dienen. Die Ergebnisse legen allerdings eine weit differenzierte Betrachtung nahe.

2. Material und Methoden

Mit dem Ruttner-Schöpfer wurden aus 15 Tiefen bis 50 m Proben entnommen und folgendermaßen aufgeteilt: Je 2 x 100 ml für Primärproduktion (Hellflaschen) bis 30 m Tiefe; je 2 x 100 ml aus 5 Tiefen für Primärproduktion (Dunkelflaschen); je 200 ml für Gesamtkohlensäure aus allen Tiefen; je 100 ml zur Fixierung mit Lugol'scher Lösung (Artenzählung, Biomasse); je 1,3 l zur Chlorophyllbestimmung.

Nach einem Workshop zur Chlorophyllbestimmung wurde ab April 1975 auf Glasfaser filtriert und in der Ultraschallwanne extrahiert. Ansonsten wurde SCHROEDER's OECD-Anweisung befolgt. Bei den Ergebnissen sind nur die Werte für aktives Chlorophyll a angeführt, Phaeopigmente waren nicht zu finden. Die Bestimmung der Algen-Biomasse und der Artenzusammensetzung erfolgte in herkömmlicher Weise mit dem UTTERMÖHL'schen Umkehrmikroskop. Die Primärproduktion wurde mit der Radiocarbon-Methode, unwesentlich verändert nach STEEMANN NIELSEN, bestimmt. Die Proben wurden auf 0,45 μ -Membranfilter filtriert und mit der Scintillationstechnik ausgewertet. Die Exposition erfolgte über 3 Stunden zwischen frühestens 9.30 h und spätestens 14.00 h. Die Produktionswerte der Dunkelflaschen wurden beim üblichen orthograden Profil gemittelt und dieser Mittelwert wurde von allen Hellfixierungen abgezogen. Nur die Juliserie 1975 in Weyregg zeigte ein deutlich klinogrades Profil der Dunkelproduktion. Deshalb wurden hier Hell- und Dunkelproduktion getrennt angegeben.

Die Transmissionsmessungen wurden nach dem von SAUBERER beschriebenen Verfahren durchgeführt, jedoch rechnerisch statt graphisch ausgewertet. Die dort tabellierten Verschiebungen von Wellenlängen der Meßanordnung mit der Tiefe blieben unberücksichtigt.

Zusätzlich wurde von jeder Schöpferprobe die Temperatur registriert. Bei allen Probenentnahmen wurde die Sichttiefe mit der SECCHIscheibe und ab April 1975 auch mit je einer roten, grünen und blauen ELSTERScheibe bestimmt.

3. Ergebnisse

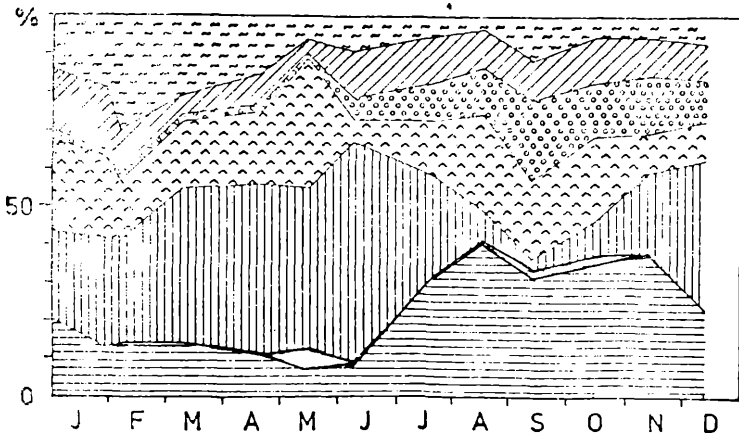
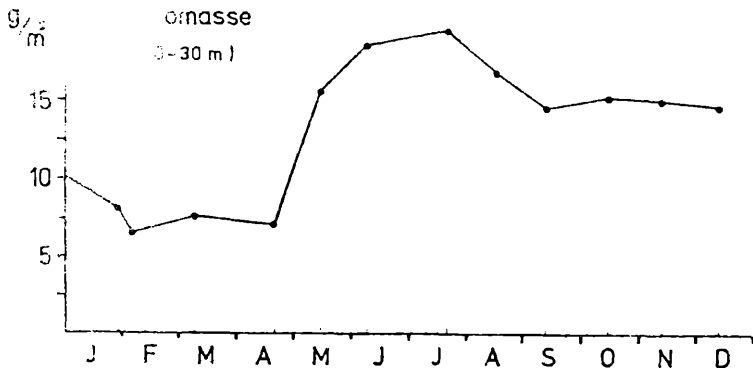
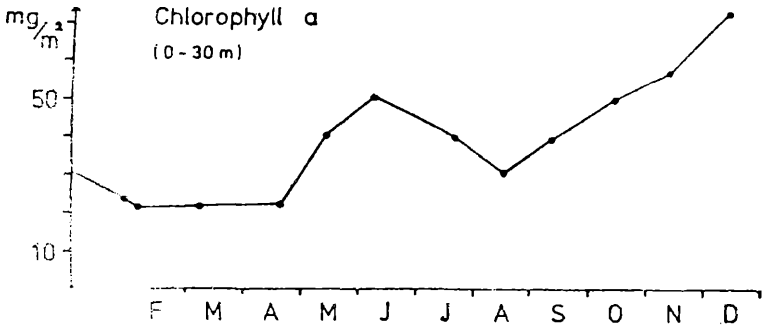
Die Abbildung 1 zeigt im Vergleich für Unterach und Weyregg eine Charakterisierung des Phytoplanktons im Laufe des Jahres 1975. Der obere Teil zeigt den Jahresgang des Chlorophyll a unter dem Quadratmeter bis zu 30 m Tiefe. Diese Tiefengrenze wurde einheitlich auch für die Biomasse (Frischgewicht) und die Produktion gewählt. Der Jahresgang der Biomasse ist im mittleren Teil der Abbildung 1 zu finden.

Die Chlorophyllmengen sind demnach in Unterach und Weyregg annähernd gleich oder liegen in Unterach geringfügig höher. Beim Frischgewicht liegen insbesondere die Werte von Juli und August in Unterach höher. Bemerkenswert ist an beiden Orten, daß im Herbst das Frischgewicht praktisch gleich bleibt, während sich der Chlorophyllgehalt mehr als verdoppelt.

Der untere Teil der Abbildung 1 zeigt den Jahresgang der prozentuellen Zusammensetzung des Frischgewichts aus den Angehörigen verschiedener systematischer Gruppen. Dabei ist auf den höheren Anteil der Blaualgen in Unterach hinzuweisen, der dort auf *Oscillatoria rubescens* zurückgeht.

Abbildung 2 zeigt Kugelkurven der Zellzahl ausgewählter Arten im Jahresgang. Hier zeigt sich, daß *Oscillatoria* das ganze Jahr über in geringen Mengen vorhanden ist und auch nur im Spätsommer in Unterach ein bescheidenes Maximum entwickelt. Im übrigen gibt Tabelle 1 eine Artenliste wieder.

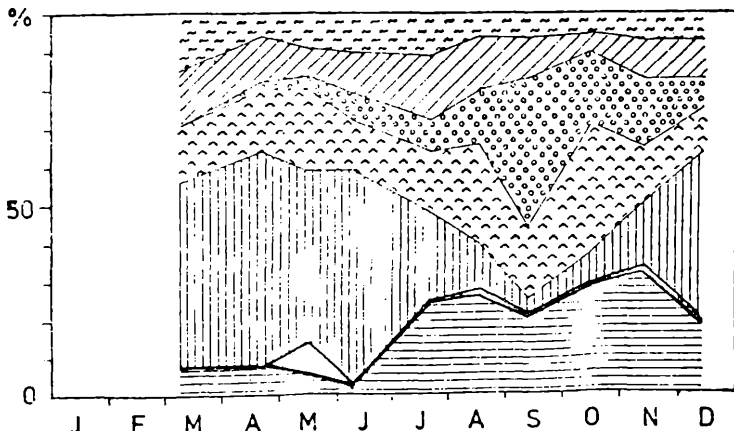
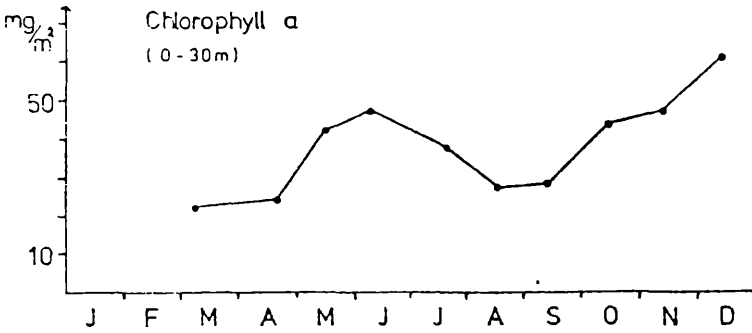
1975 ATTERSEE Unteracher Bucht



- Cyanophyta
- Chrysophyceae
- Diatomeae
- Dinophyceae
- Chlorophyta
- Cryptophyceae
- Sonstiges Nanoplankton

1975 ATTERSEE Weyregg

Abb. 1



- Cyanophyta
 Chrysophyceae
 Diatomeae
- Dinophyceae
 Chlorophyta
 Cryptophyceae
- sonstige Nanoplankton

Abb. 2

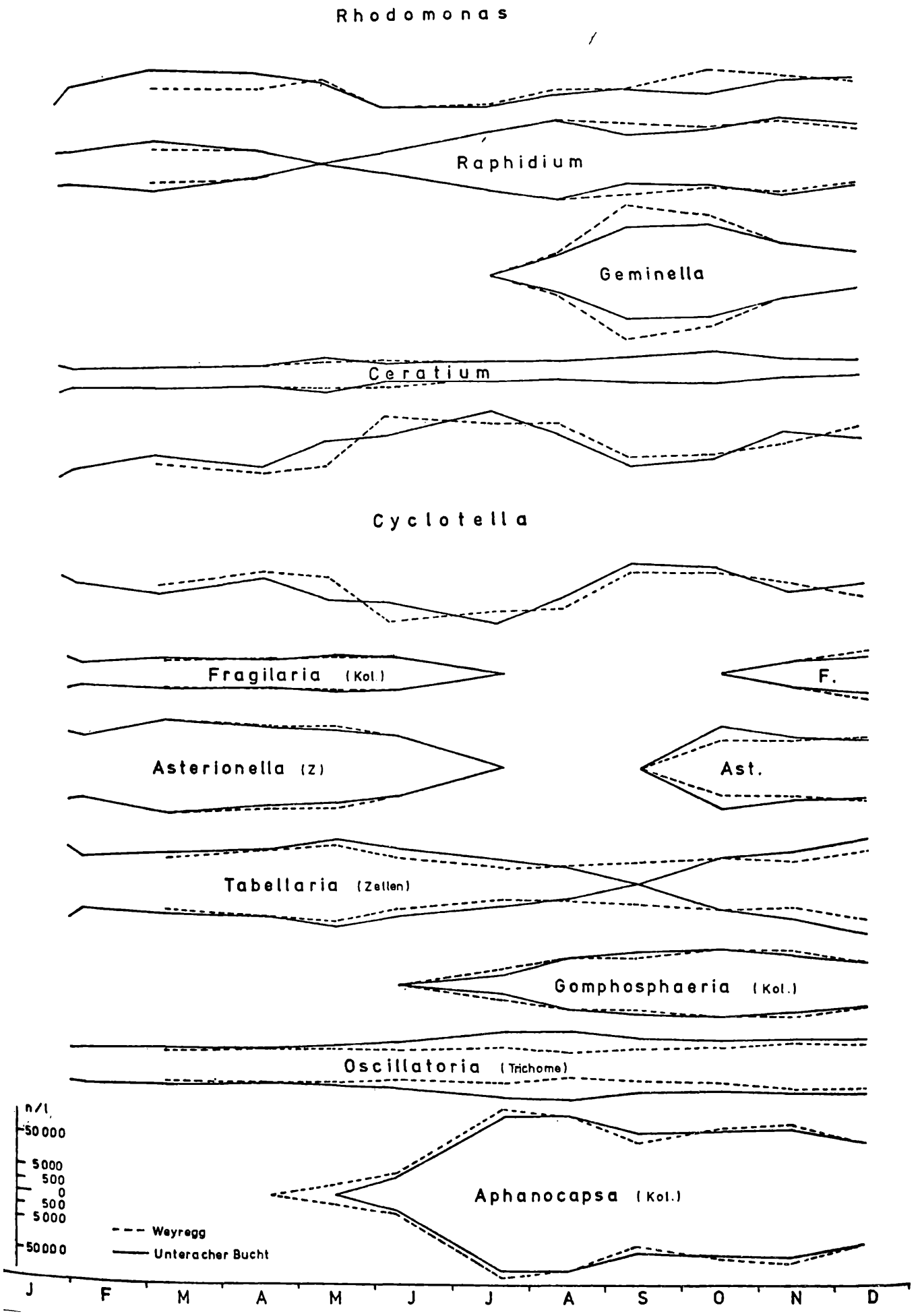


Tabelle 1: Artenliste 1975

Cyanophyta:

Aphanocapsa elachista
 Chroococcus limneticus
 Coelosphaerium kuetzingianum
 Gomnosphaeria aponina
 Gomphosphaeria lacustris
 Oscillatoria rubescens
 Anabaena sp.
 Holopedia sp.

Chrysophyceae:

Dinobryon bavaricum
 Dinobryon sociale
 Dinobryon divergens
 Bitrichia chodatii
 Mallomonas sp.

Dinophyceae:

Ceratium hirundinella
 Gymnodinium helveticum
 Gymnodinium uberrium
 Peridinium pusillum

Diatomeae:

Tabellaria fenestrata
 Asterionella formosa
 Cyclotella comensis
 Cyclotella bodanica
 Stephanodiscus astraes
 Melosira sp.
 Fragilaria crotonensis
 Synedra acus
 Synedra acus angustissimus

Chlorophyta:

Raphidium sp.
 Cosmarium sp.
 Chlamydomonas sp.
 Oocystis lacustris
 Geminella minor
 Eudorina elegans

Cryptophyceae:

Rhodomonas minuta var.
 nannoplanctica
 Cryptomonas erosa

Tabelle 3: Korrelationen

	Biomasse	Chlorophyll	Produktion
Einstrahlung	-0,198	-0,188	+0,055
Biomasse		<u>+0,709</u>	<u>+0,621</u>
Chlorophyll			<u>+0,646</u>

Multipler Korrelationskoeffizient: 0,715

Unterstrichene Korrelationskoeffizienten sind signifikant (1%)

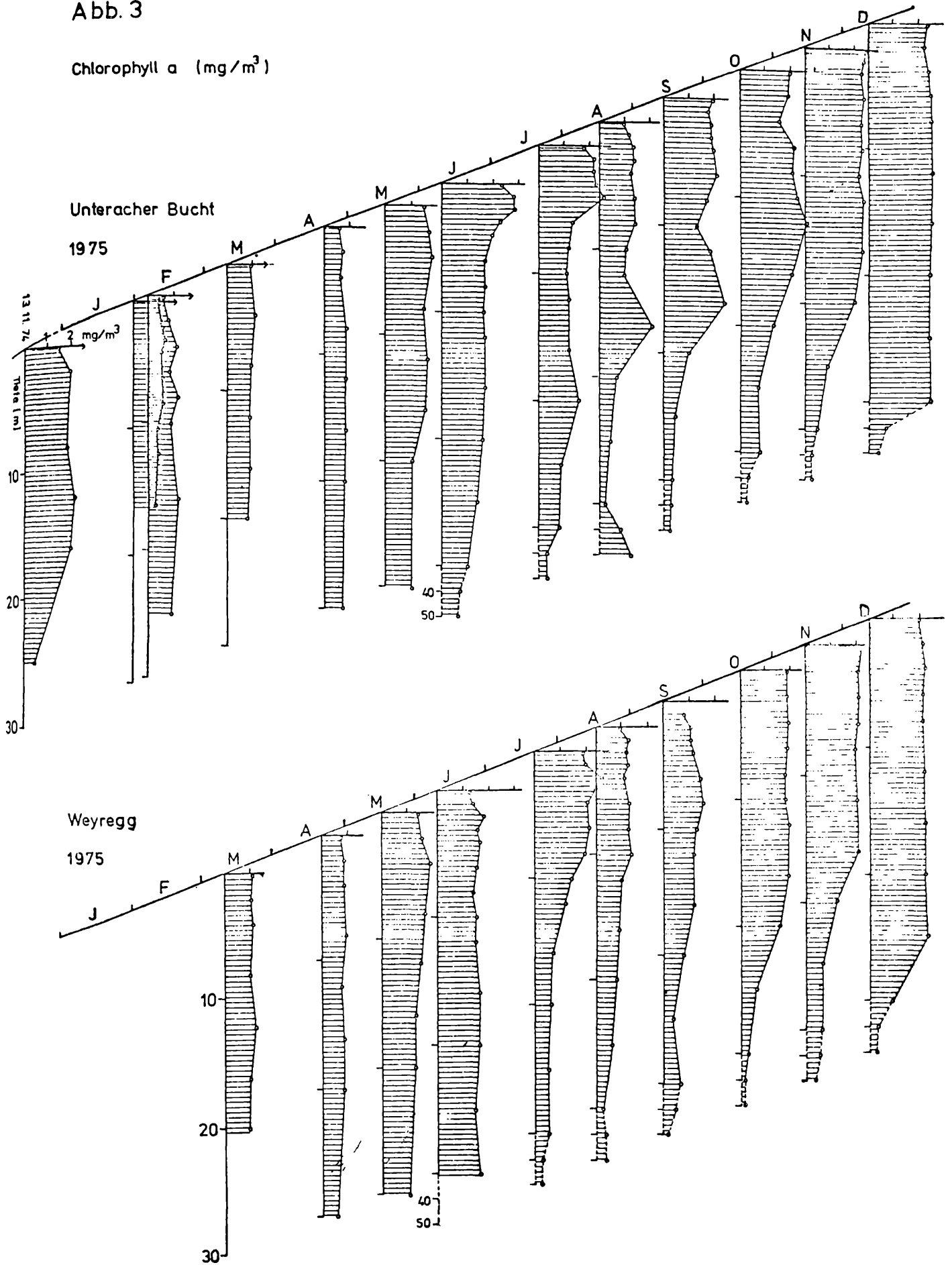
Abbildung 3 zeigt die Vertikalprofile der Chlorophyllkonzentrationen. Sie zeichnen sich im allgemeinen durch einen weitgehend orthograden Verlauf bei extrem niedrigen Maximalwerten um 2 mg/m^3 aus. Die Unteracher Profile zeigen in den Monaten Juli, August und September die Entfaltung der Oscillatoria durch einen schwachen Gipfel an, der allmählich von 20 auf 16 m ansteigt.

Tabelle 2 gibt die Werte der Primärproduktion unter dem Quadratmeter wieder. Dabei zeigt sich, daß die Unteracher Werte fast das ganze Jahr höher liegen, besonders aber im Juli und August, wo in Weyregg die Produktion große Unregelmäßigkeiten (weit erhöhte Dunkelfixierung) zeigte und das Wasser mit erheblichen Mengen mineralischer Trübstoffe belastet war. Dennoch sind diese Produktionswerte nicht unabhängig von Chlorophyll und Biomasse interpretierbar. Besonders wichtig erscheint auch die Einstrahlung, die beispielsweise von März bis Dezember während der Expositionen in Unterach durchschnittlich $271,5 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ betrug, jedoch in Weyregg (zufällig!) nur $175 \text{ kcal/m}^2\text{h}$. Deshalb sind in Tabelle 2 Einstrahlung, Biomasse, Chlorophyll und Produktion zusammengestellt. Zugleich enthält die Tabelle 2 weitere optische Daten. Das sind Sichttiefen sowie Tiefen, in denen 10 % der Globalstrahlung bzw. verschiedener Filterschwerpunkte vorhanden sind.

Zwischen den Größen Einstrahlung (I), Biomasse (B), Chlorophyll (C) und Produktion (P) wurden je paarweise die linearen Korrelationskoeffizienten und zwischen allen der multiple Korrelationskoeffizient berechnet (Tabelle 3). Demnach korrelieren erwartungsgemäß B und C signifikant, aber nicht streng. Die Koeffizienten zwischen B bzw. C und der Produktion sind signifikant und nahezu gleich. Demnach gehen die Schwankungen der Produktion zu ca. 40 % (r^2) auf die Schwankungen der Biomasse bzw. des Chlorophylls zurück. Dagegen ist eine Korrelation zwischen

Abb. 3

Chlorophyll a (mg/m³)



Datum:	Strahlg. kcal/m ² h	Biomasse g/m ²	Chlor.a mg/m ²	Produkt. mg/m ² h	Transmission: 10%-Tiefen (m) bei λ						Sichttiefen (m):				
					Gesamt	365 nm	404 nm	525 nm	578 nm	652 nm	672 nm	weiß	blau	grün	rot
Unterach:															
13.11.74.	-	13,6	42,7	36,0	-	-	-	-	-	-	-	12,5	-	-	-
29. 1.75.	74	8,1	23,5	18,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30. 1.75.	13	8,1	23,5	6,0	-	-	-	-	-	-	-	11,5	-	-	-
5. 2.75.	291	6,7	21,5	19,0	-	siehe 6.2.75.			-	-	-	12,0	-	-	-
6. 2.75.	103	6,7	21,5	18,4	11,4	-	-	14,6	12,0	5,4	4,1	12,0	-	-	-
8. 3.75.	322	7,8	22,0	28,4	9,6	5,6	-	13,9	12,3	5,2	3,9	15,0	-	-	-
19. 4.75.	698	7,2	22,4	27,6	9,8	6,1	-	14,7	11,8	5,5	4,3	12,5	8,3	9,5	7,8
14. 5.75.	538	15,6	40,8	37,3	9,2	5,3	-	14,1	11,1	5,3	4,0	9,2	7,0	7,6	6,2
9. 6.75.	65	18,3	50,9	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	4,4	4,6	3,4
20. 7.75.	92	19,6	40,7	38,2	-	-	-	-	-	-	-	3,0	-	1,8	2,0
15. 8.75.	224	16,7	30,9	44,6	5,6	3,4	5,8	7,8	6,6	3,9	3,2	2,8	2,2	1,5	2,1
13. 9.75.	126	14,3	40,0	55,1	-	siehe 12.9.75.			-	-	-	(4,0)	-	3,6	3,4
15.10.75.	107	15,2	49,9	60,5	6,6	4,1	6,8	9,7	8,5	4,5	3,6	5,9	3,5	4,5	3,9
12.11.75.	-	15,0	56,8	-	-	-	-	-	-	-	-	9,0	6,7	7,3	5,8
11.12.75.	-	14,8	72,6	42,7	-	-	-	-	-	-	-	10,6	7,5	8,4	6,6
Weyregg:															
9. 3.75.	348	6,2	22,6	27,6	9,8	5,6	-	15,5	11,3	5,1	4,1	12,0	-	-	-
20. 4.75.	98	8,7	24,5	20,1	11,0	9,0	-	16,2	12,5	5,1	3,9	12,3	8,5	10,3	7,0
15. 5.75.	675	11,5	42,7	47,9	9,0	5,5	-	14,0	10,4	5,0	4,1	8,6	6,6	7,2	5,4
8. 6.75.	148	19,1	47,5	29,2	-	-	-	-	-	-	-	6,8	5,0	5,4	4,2
19. 7.75.	52	13,2	35,3	(53,3)	-	-	-	-	-	-	-	2,6	-	1,5	2,0
16. 8.75.	30	10,3	28,2	(18,6)	-	siehe 15.7.75.			-	-	-	2,7	-	1,5	2,2
12. 9.75.	175	14,2	29,3	48,8	5,9	3,7	6,2	8,6	7,7	4,2	3,2	(4,2)	-	3,4	3,5
14.10.75.	81	14,3	44,5	43,3	-	siehe 15.10.75.			-	-	-	5,2	3,4	4,0	3,5
13.11.75.	65	12,5	48,2	52,9	-	-	-	-	-	-	-	7,6	6,2	7,0	5,8
12.12.75.	76	13,1	62,2	36,7	8,6	5,2	9,3	12,6	11,3	5,6	4,3	11,4 (gelb)	8,4	9,0	6,8

Tabelle 2: Erklärungen im Text

der Einstrahlung I und der Produktion praktisch nicht gegeben. (!)

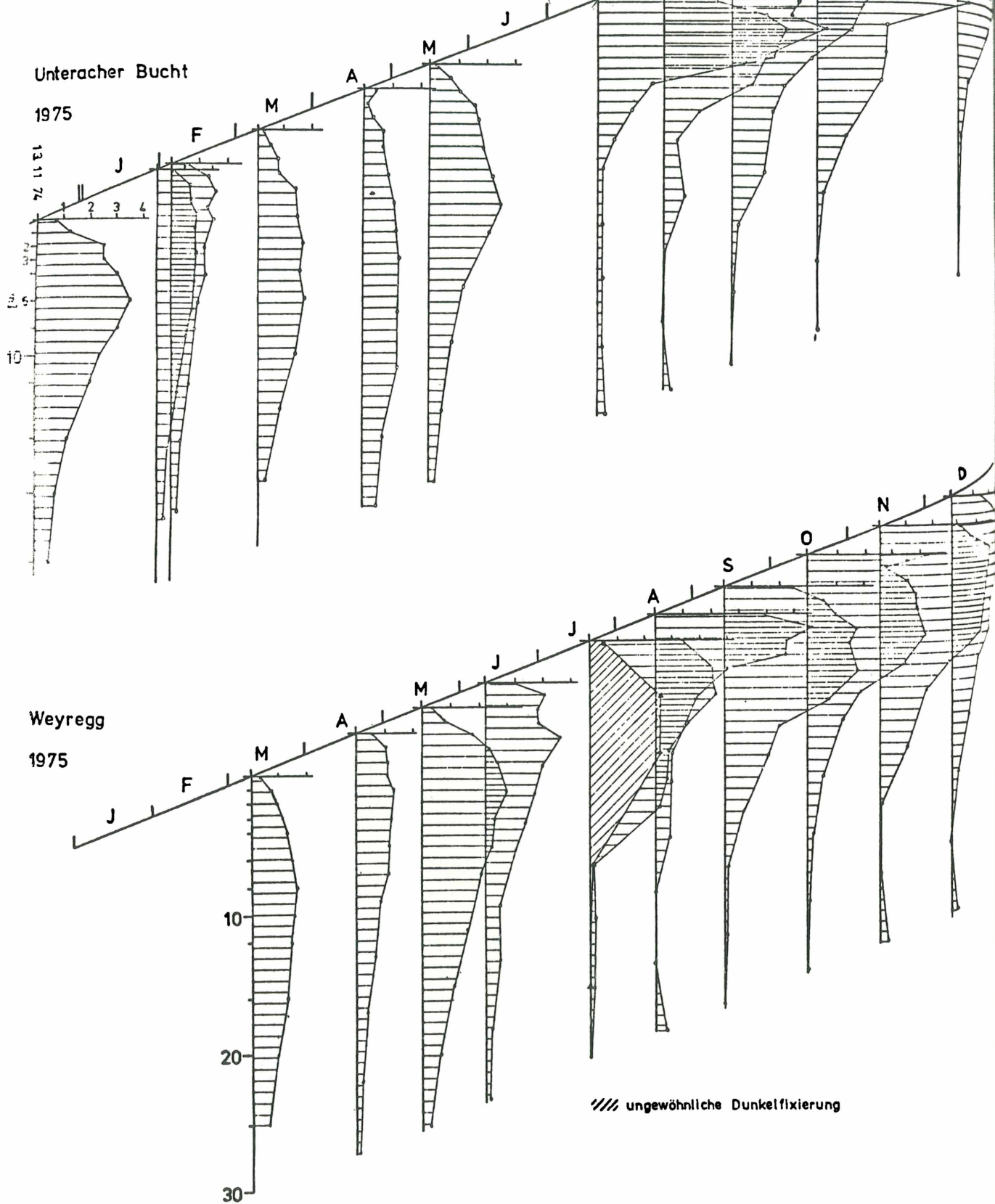
Abbildung 4 zeigt schließlich die Vertikalprofile der Primärproduktion. Sie beginnen im Winter mit ausgesprochen orthograden Profilen, wie sie nach FINDENEKG charakteristisch für oligotrophe Seen sein sollen, in denen nicht die Lichtverhältnisse den limitierenden Faktor darstellen. Im Juli 1974 war jedoch bereits eine ausgesprochene Maximumskurve des "eutrophen Typus" gefunden worden (siehe Abbildung 5), von der noch am 13.11.74. etwas zu bemerken ist. 1975 trat dieser Profiltyp mit maximalen Werten bis $7 \text{ mg/m}^3\text{h}$ ab Juli wieder auf und behielt diese Form noch bis Dezember im wesentlichen bei. In Abbildung 5 sind die Produktionsprofile für 1974 dargestellt, die von Friedrich Merkle ermittelt wurden.

4. Diskussion

Die Entwicklung von Chlorophyll und Biomasse entspricht am Attersee nicht dem üblichen Schema mit Frühjahrs- und Herbstmaximum und sommerlich erniedrigten, stark fluktuierenden Beständen. Das Artenspektrum spricht eher für einen mäßig eutrophen als einen oligotrophen See, für den ein starkes Überwiegen der Diatomeen als typisch gilt. Dagegen liegen die niedrigen Werte für Chlorophyll, Biomasse und Produktion durchaus im Rahmen der Erwartungen für einen als oligotroph zu beschreibenden See. Die nahezu orthograden Produktionsprofile der ersten Jahreshälfte 1975 deuten nach FINDENEKG ebenfalls in diese Richtung. In der zweiten Jahreshälfte tritt jedoch, wie schon 1974, sehr konstant und ausgeprägt der Maximumstyp eines Produktionsprofils auf, wenngleich mit recht niedrigen Werten.

Abb. 4

Primärproduktion (mg C/m³·h)



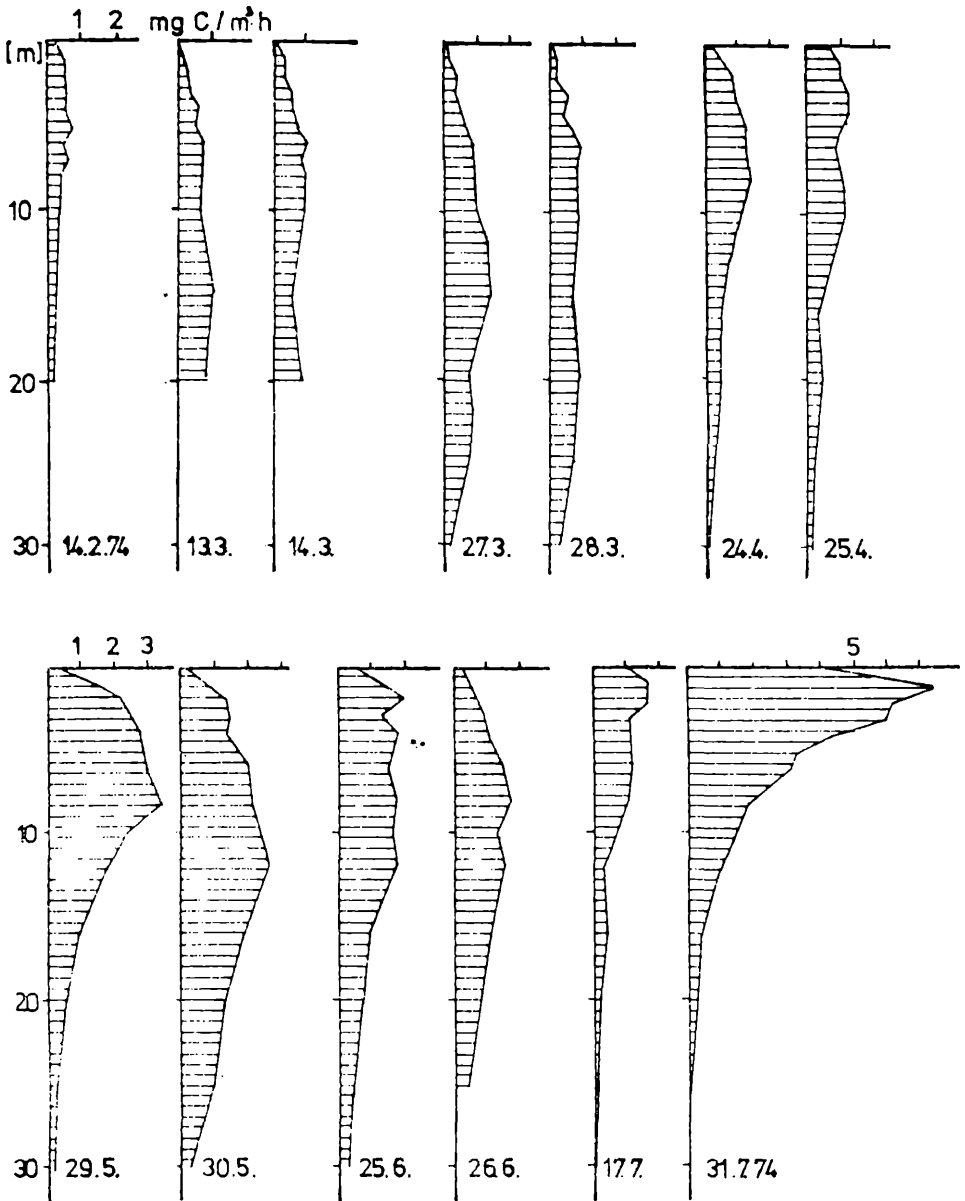


Abbildung 5:

Primärproduktionsprofile im Jahr 1974, Punkt:
Unteracher Bucht.

Es gibt also Befunde, die den Attersee als oligotroph einstufen lassen, aber auch solche, die in Richtung einer Eutrophierung weisen. Auch die immerhin klare Anwesenheit eines so gefürchteten Eutrophierungsindicators, wie *Oscillatoria rubescens*, gibt zu denken. Es dürfte also nicht unbedingt richtig sein, den Attersee im OECD-Programm als "den" oligotrophen See zum Vergleich heranzuziehen.

Dennoch sprechen die Korrelationen für den oligotrophen Status des Attersees. FINDENEKG erklärte den orthograden Verlauf der Produktionsprofile oligotropher Seen damit, daß hier nicht das Licht der limitierende Faktor sein. Ihm müßte die Produktion, zumindest unterhalb der Lichtsättigung ansonsten proportional sein. Im oligotrophen See sollten die Algen stattdessen über den größten Teil des Tiefenprofils eine nährstofflimitierende Produktion zeigen, deren momentane Rate dann der Biomasse und/ oder dem Chlorophyllgehalt proportional wäre. Tatsächlich zeigen die Korrelationen einen relativ starken Zusammenhang zwischen Produktion und Chlorophyll bzw. Biomasse, dagegen keinen mit der Einstrahlung. Diese Korrelationen beziehen sich zwar auf Werte unter dem Quadratmeter, stützen aber genau eine Argumentation im Sinne FINDENEKGS.

Die Unterschiede zwischen Weyregg und Unterach sind bei allen Größen gleichsinnig: immer zeigt Unterach etwas höhere Werte. Andererseits sind die Unterschiede nicht gravierend genug, um sie als den Einfluß des eutropheren Mondsees, bezogen auf einen repräsentativen Bezugspunkt zu interpretieren. VOLLENWEIDER fand an den Great Lakes in Nordamerika, daß sich die Produktivität über die Fläche eines Sees wesentlich ungleichmäßiger verteilen kann. Die Exposition von

Wasserproben, die von netzartig über den ganzen See verteilten Entnahmepunkten entstammen, unter den gleichen Bedingungen, könnte ein zutreffenderes Bild über Herkunft und Verteilung eutrophierender Einflüsse auf den Attersee liefern. Die Durchführung solcher Untersuchungen hängt jedoch von technischen und finanziellen Voraussetzungen ab, die augenblicklich noch nicht gegeben sind.

Literatur:

- ELSTER H.-J. und STĚPÁNEK M., 1967, Eine neue Modifikation der Secchischeibe, Arch. Hydrobiol. Suppl. 33, 101 - 106
- FINDENEGG I., 1964, Types of planktic primary production in the lakes of the Eastern Alps as found by the radioactive carbon method, Verh. Int. Ver. Limnol. 15, 352 - 359
- SAUBERER F., 1962, Empfehlungen für die Durchführung von Strahlungsmessungen an und in Gewässern, Mitt. Int. Ver. Limnol. Comm. No. 11
- STEEFMAN NIELSEN E., 1952, The use of radioactive carbon for measuring organic production in the sea, J. Cons. Int. Explor. Mer. 18, 117 - 140
- UTTERMÖHL H., 1958, Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik, Mitt. Int. Ver. Limnol. No. 9
- VOLLENWEIDER R. A., MUNAWAR M. and STADELMANN, 1974, A comparative review of phytoplankton and primary production in the Laurentian Great Lakes, J. Fish. Res. Board Can. 31: 739 - 762

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten aus dem Labor Weyregg](#)

Jahr/Year: 1976

Band/Volume: [1_1976](#)

Autor(en)/Author(s): Geipel Elke, Bauer Kurt

Artikel/Article: [Primärproduktion 102-115](#)