download unter www.biologiezentrum.at

Phytoplankton

Dipl. Biol. Elke Geipel und Cand. phil. Kurt Bauer
Zoologisches Institut der Universität München

1. Einleitung

Der vorläufige Bericht von 1976 enthielt Produktionsprofile von einem Probenpunkt in der Unteracher Bucht für 1975 und teilweise 1974 sowie von einem Probenpunkt nahe Weyregg für 1975. Ab November 1974 wurden auch die zugehörigen Chlorophyllprofile, das Artenspektrum mit Biomasseberechnung in der Säule von 0 bis 30 m sowie die Zellzahlen der dominanten Arten im Jahresgang wiedergegeben. (Die damals als Aphanocapsa aufgeführte Blaualge dürfte nach neueren Bestimmungsversuchen sehr viel wahrscheinlicher als Aphanothece anzusprechen sein.)
Ein erster Versuch, Biomasse, Chlorophyll, Einstrahlung und Produktion unter dem Quadratmeter miteinander durch einfache lineare Korrelationskoeffizienten in Zusammenhang zu bringen, zeigte signifikante Zusammenhänge zwischen Chlorophyll und Biomasse (r=0,71) und Chlorophyll bzw. Biomasse und Produktion (r=0,65; r=0,62). Dagegen war die Produktion von der Strahlung in denkbar größtem Maß unabhängig (r=0,055!). Das konnte entweder dadurch zustande kommen, daß die Produktion fast immer auf einem nahezu gleichen, durch die Nährstoffsituation begrenzten Niveau, lag oder dadurch, daß außer dem Chlorophyllgehalt andere, in den Korrelationen nicht enthaltene Faktoren (Artenspektrum, Nährstoffschwankungen etc.) die Produktion wesentlich stärker beeinflussen als die Strahlung. Die Tiefenprofile zeigten allerdings typische Merkmale des Strahlungseinflusses (Oberflächenhemmung, exponentieller Abfall in größeren Tiefen), was eine

download unter www.biologiezentrum.at

konstante Nährstofflimitierung unwahrscheinlich macht. Auf die zweite Erklärungsmöglichkeit der fehlenden Korrelation von Strahlung und Produktion pro Flächeneinheit weist auch eine auffällige Änderung der Tiefenprofile im Juli hin, die übereinstimmend 1974 und 1975 beobachtet wurde. Die produktive Schicht verengte sich jeweils in kurzer Zeit von ca. 30 m auf maximal 15 m, während die Spitzenwerte der Produktion von ca. 1 bis 3 auf 5 bis 8 mg C/m^3h anstiegen.
Bei allen gemessenen Parametern erbrachte der Vergleich Unterach Weyregg im Jahr 1975 leicht höhere Werte in Unterach.

2. Methodik

Im Jahr 1976 wurden die Routineuntersuchungen mit der gleichen Methode fortgesetzt. Dabei wurde der Unteracher Meßpunkt von ehemals ca. Punkt 2 - 3 der Abbildung 6.4. näher zur Mündung der Mondseeache (Punkt 1) verlegt. Von Mai bis September wurde zusätzlich ein Horizontalprofil längs der Seemitte gelegt, um den Einfluß der Mondseeache bzw. die Repräsentativität der Meßpunkte zu studieren.
Mit dem integrierenden Wasserschöpfer (System Schröder) wurde an den in Abbildung 6.4. angegebenen Punkten Wasser der obersten 20 m entnommen und davon wurden Chlorophyll und Lugol-fixierte Algenproben sowie Hell- und Dunkelflaschen für die ^{14}C-Fixierung abgefüllt. Diese Produktionsproben wurden gemeinsam für ca. 3 Stunden in 5 m Tiefe exponiert. Hierzu verwendeten wir mit Plexiglas abgedeckte, flache Drahtkörbe, in die die Flaschen nebeneinander gelegt wurden ohne voneinander oder vom Drahtkorb beschattet zu werden.

download unter www.biologiezentrum.at

In gleicher Weise wurde eine aus der Seeache knapp vor der Mündung entnommene Probe behandelt (Punkt O).
Zur Darstellung der Ergebnisse die für 1975 und 1976 zusammen gezweigt werden, haben wir eine von W. HOFMANN (1975) angegebene Methode gewählt. Um einen Punkt, der auf der Abszisse dem Meßpunkt und auf der Ordinate der Seetiefe der Messung entspricht, werden konzentrische, regelmäßige Sechsecke gezeichnet. Die Anzahl der konzentrischen Symbole wird aus dem jeweiligen Meßwert durch eine Klassenfunktion ermittelt, die linear logarithmisch oder die dritte Wurzel sein kann. Die Werte bzw. deren Logarithmen oder dritte Wurzeln werden um einen Sockelbetrag (in den hier gegebenen Abbildungen immer O!) vermindert und dann durch einen Klassenabstand geteilt. Die so ermittelte Klassenanzahl wird auf die nächste ganze Zahl gerundet.
Chlorophyll und Produktion sind linear dargestellt. Ein Ring bedeutet 0,5 mg Chlorophyll/m^3 bzw. 1,0 mg C_{fix}/m^3h. Bei den Frischgewichten der 10 dominanten Algenarten wurde die Tiefe durch eine Kennzahl ersetzt, welche nur die Lage des Wertes in der Graphik definiert. Hier wurden die Frischgewichte der Arten zum jeweiligen Zeitpunkt logarithmiert und im Abstand des log 2 in Klassenanzahlen umgewandelt. Dadurch entsprechen z.B. 5 Ringe einem Frischgewicht von 2^5=32 mg/m^3 als Mittelwert in der Zone von 0 bis 30 m.
Diese Darstellungsmethode hat drei Vorteile:

1. Sie erweckt im Umriß das Bild von Profilkurven
2. Sie erweckt durch eine direktere Flächenfüllung bei größeren Werten den Eindruck einer Isoplethendarstellung, nur daß die tatsächlichen Zeit- und Tiefenpunkte an Stelle interpolierter Klassengrenzen zu sehen sind.

download unter www.biologiezentrum.at

3. Sie stellt "graphische Tabellen" dar, d.h. mit ± einem halben Klassenabstand Genauigkeit kann daraus eine Zahlentabelle zurückgewonnen werden, die ein Leser rechnerisch verwerten kann.

Ihr Nachteil ist, daß nur mit zeichnenden Rechenmaschinen bei vertretbarem Aufwand verwirklicht werden kann. (Unsere Graphiken wurden alle durch den Tischrechner Tektronix 31 mit Digitalplotter erstellt, der dem Zoologischen Institut der Universität München als außerordentlich vielseitiges Handwerkszeug zu Verfügung steht.)

3. Ergebnisse

Abbildung 6.1. zeigt die Zweijahresgänge für 1975 und 1976, zusammengestellt von den Biomassen der zehn dominanten Arten, von der prozentuellen Zusammensetzung des Planktons aus den systematischen Taxa, von den Chlorophyll- und Produktionsprofilen, wie sie in der Unteracher Bucht ermittelt wurden. Abbildung 6.2. ist die entsprechende Darstellung für Weyregg. Abbildung 6.3. zeigt im Vergleich beider Meßpunkte jeweils den Zweijahresgang der Produktion unter dem Quadratmeter, des Chlorophylls und des Algenfrischgewichts in der 30 m-Säule sowie des Anteils von Chlorophyll a am Frischgewicht. Abbildung 6.4. zeigt die Ergebnisse der horizontalen Probenentnahme neben einer Kartenskizze (6.4.d) von der Lage der Probenpunkte. Die eingekreisten Orte 1 und 10 sind die Probenpunkte, an denen auch die Tiefenprofile gemessen wurden. Zunächst sind die absoluten Meßwerte von Chlorophyll (6.4.a) und Produktion (6.4.b) dargestellt. Dabei zeigt sich neben dem unterschiedlichen Durchschnittsniveau

download unter www.biologiezentrum.at

für verschiedene Zeitpunkte unklar eine gewisse Abnahme der Werte von Süd nach Nord. In Anlehnung an die beim Zooplankton (Kapitel 7) gewählte Aufarbeitung der Ergebnisse wurden nun für jedes Profil die Durchschnittswerte des ganzen Sees ermittelt und die Einzelergebnisse in Prozent des Durchschnitts ausgedrückt. Die Prozentsätze aus allen Probenentnahmen wurden für jeden Punkt gemittelt. Das Ergebnis zeigt die Abbildung 6.4.c.

4. Diskussion

Unter den dominanten Arten wie auch in der prozentuellen Zusammensetzung des Phytoplanktons überwiegen die Kieselalgen. Besonders Tabellaria fenestrata, die sich auch im Mondsee stark entwickelt, wurde 1976 zur dominanten Art schlechthin. Dabei ist sie regelmäßig in Unterach stärker vertreten. Auch Fragilaria crotonensis tritt in Unterach zeitweise wesentlich dichter auf. Asterionella formosa, die nicht gesondert gezählten Cyclotella-Arten sowie die Cryptophycee Rhodomonas minuta zeigen dagegen keinen deutlichen Unterschied zwischen Unterach und Weyregg. Dadurch zeichnen sich diese Arten als Attersee-eigene Formen aus. Diese Vermutung bleibt anhand der Eindrift (Siehe Kapitel 5) zu überprüfen. Die hier als Geminella aufgeführte Grünalge, die nur in der zweiten Jahreshälfte zu finden ist, war 1975 in Weyregg sogar mit wesentlich höheren Biomassen vertreten als in Unterach, was zu der Vermutung Anlaß gibt, der Mondsee-Einfluß sei dieser Form abträglich. Tabellaria und in geringerem Maße Fragilaria dürften also in ihrem Bestand deutlich vom Mondsee her aufgestockt werden. Das zeigt sich bei Fragilaria auch an ihrem plötzlichen Auf-

download unter www.biologiezentrum.at

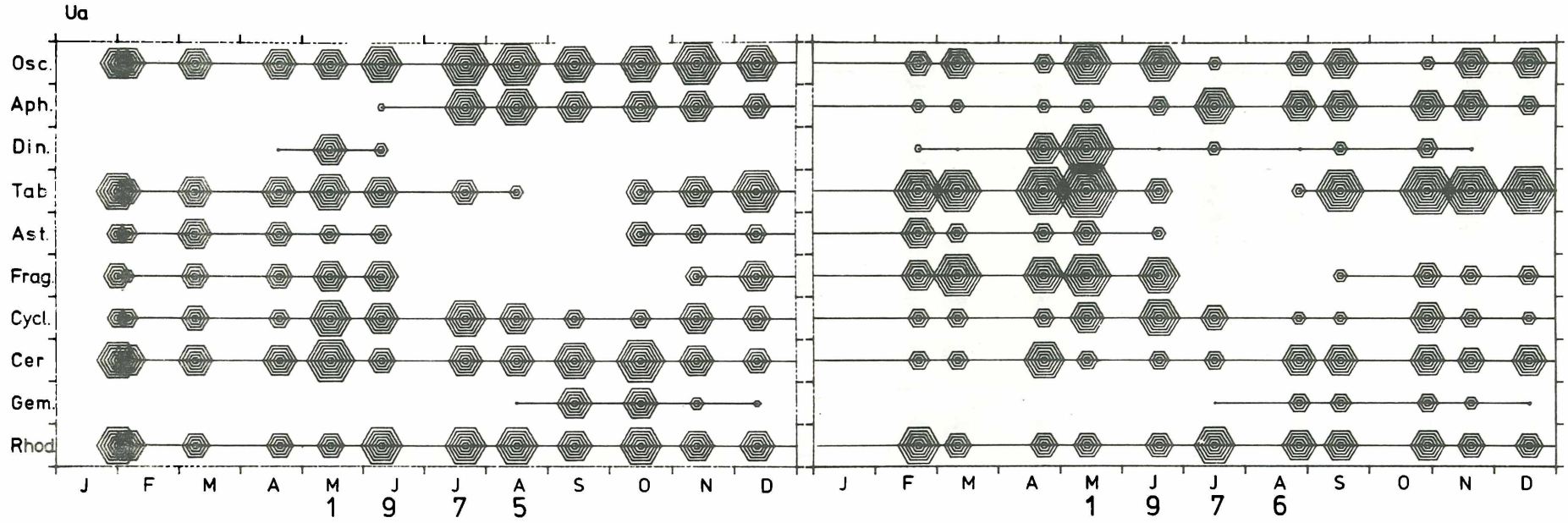


Abb.: 6.1.a

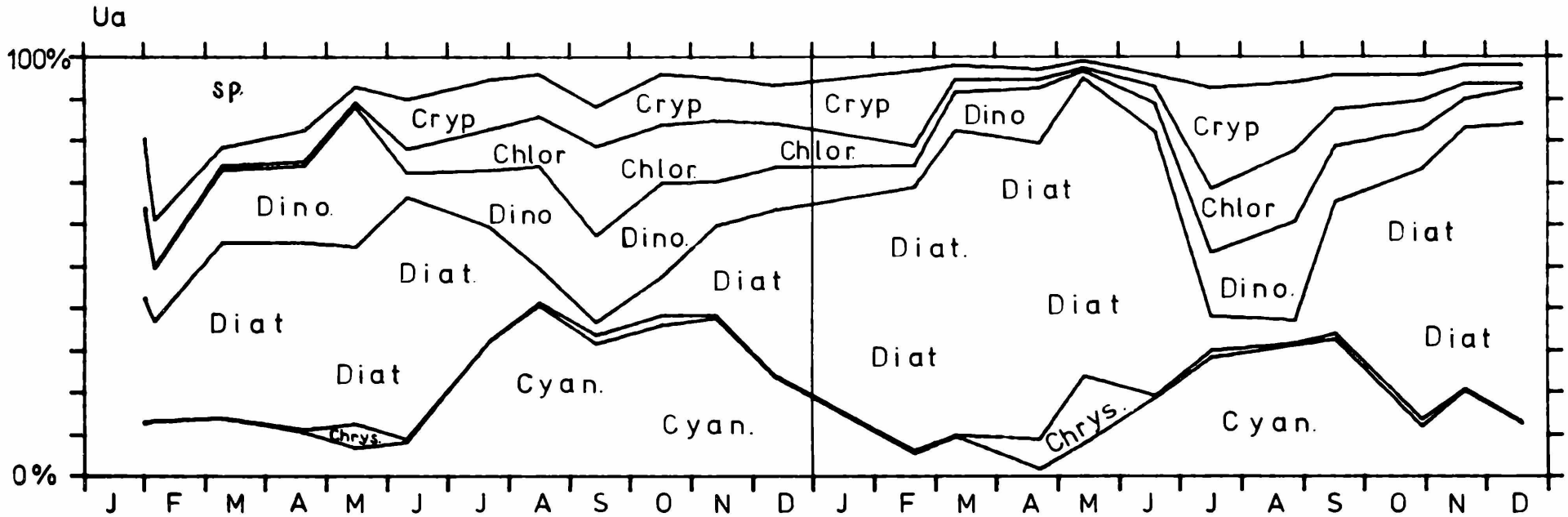


Abb.: 6.1.b.

download unter www.biologiezentrum.at

Abb.: 6.1.c.

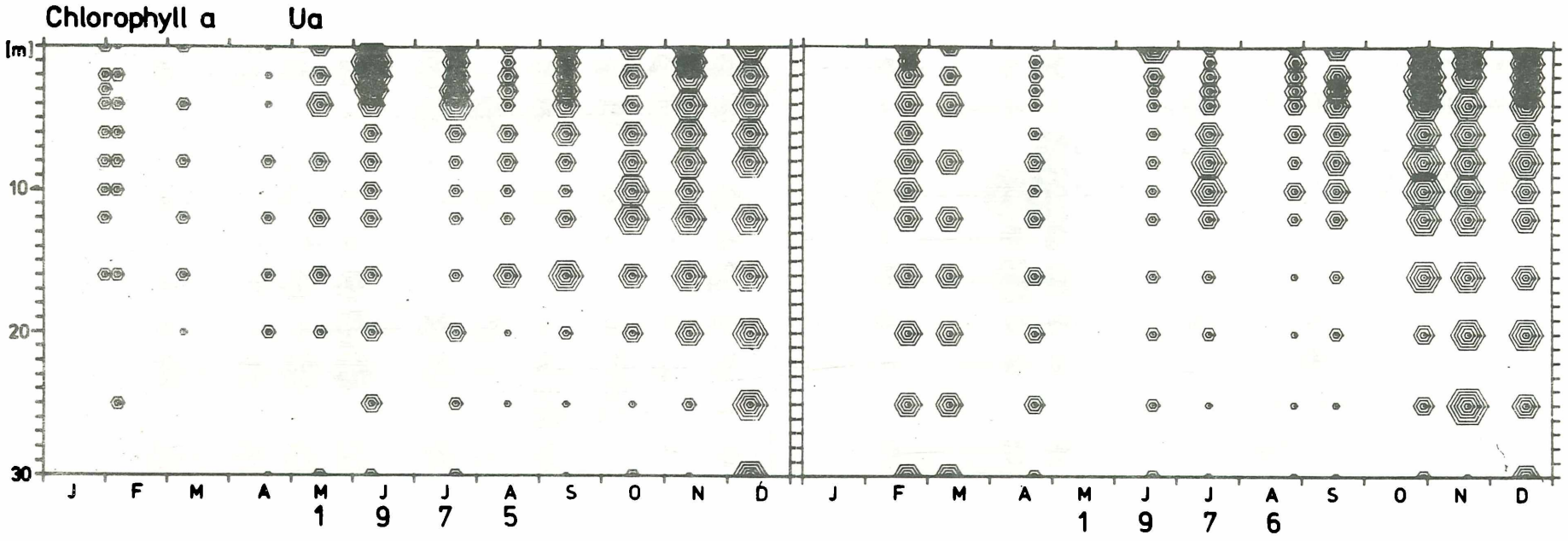
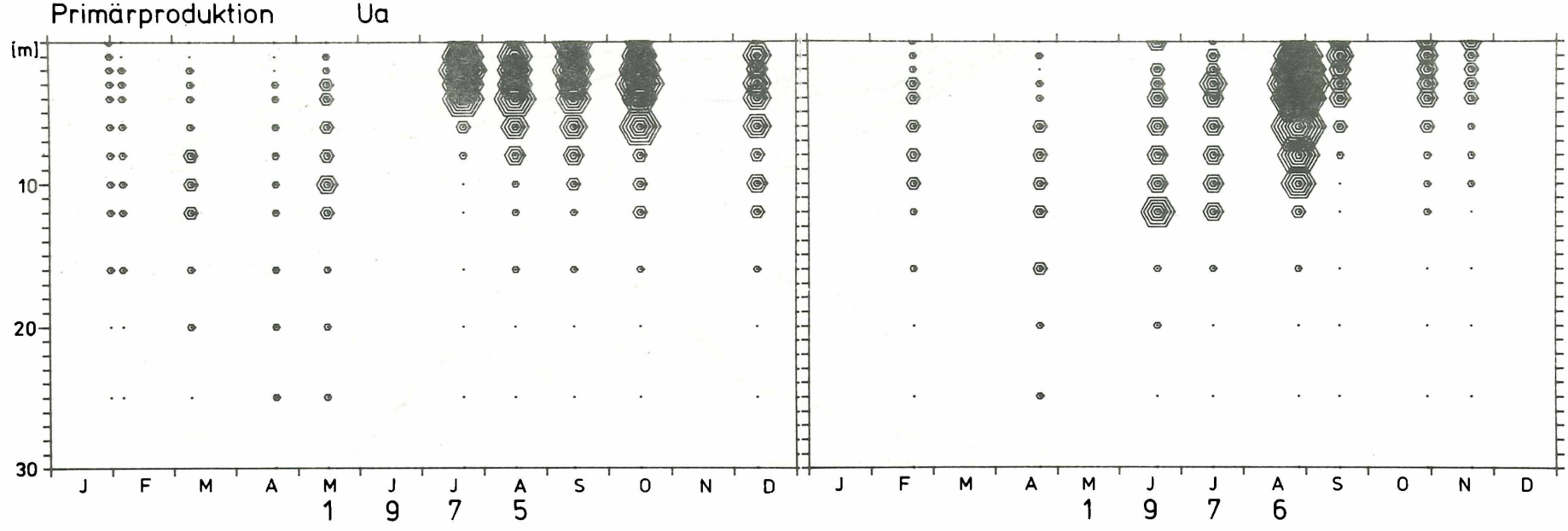


Abb.: 6.1.d.



download unter www.biologiezentrum.at

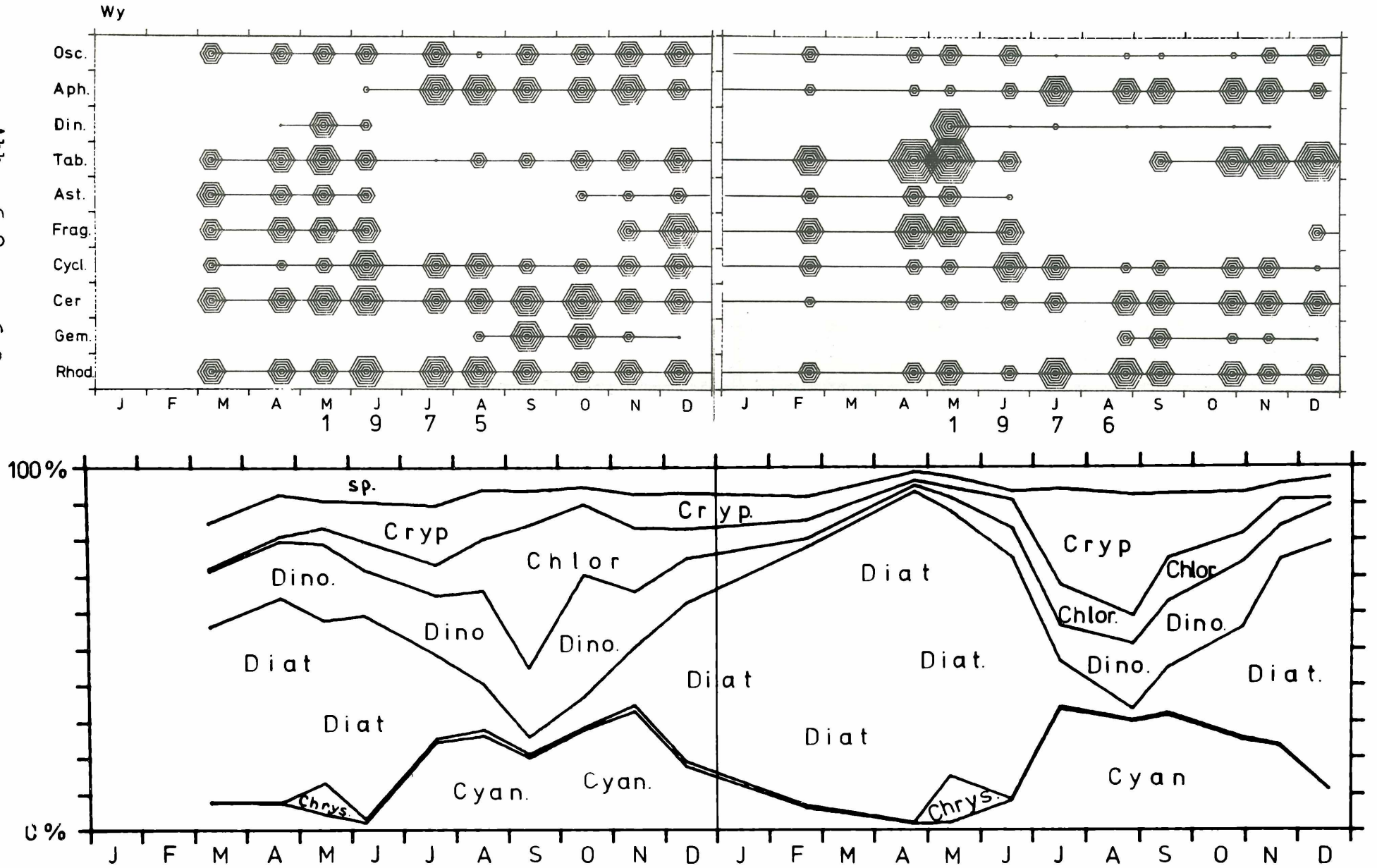


Abb.: 6.2.a. + 6.2.b.

download unter www.biologiezentrum.at

Abb.: 6.2.c.

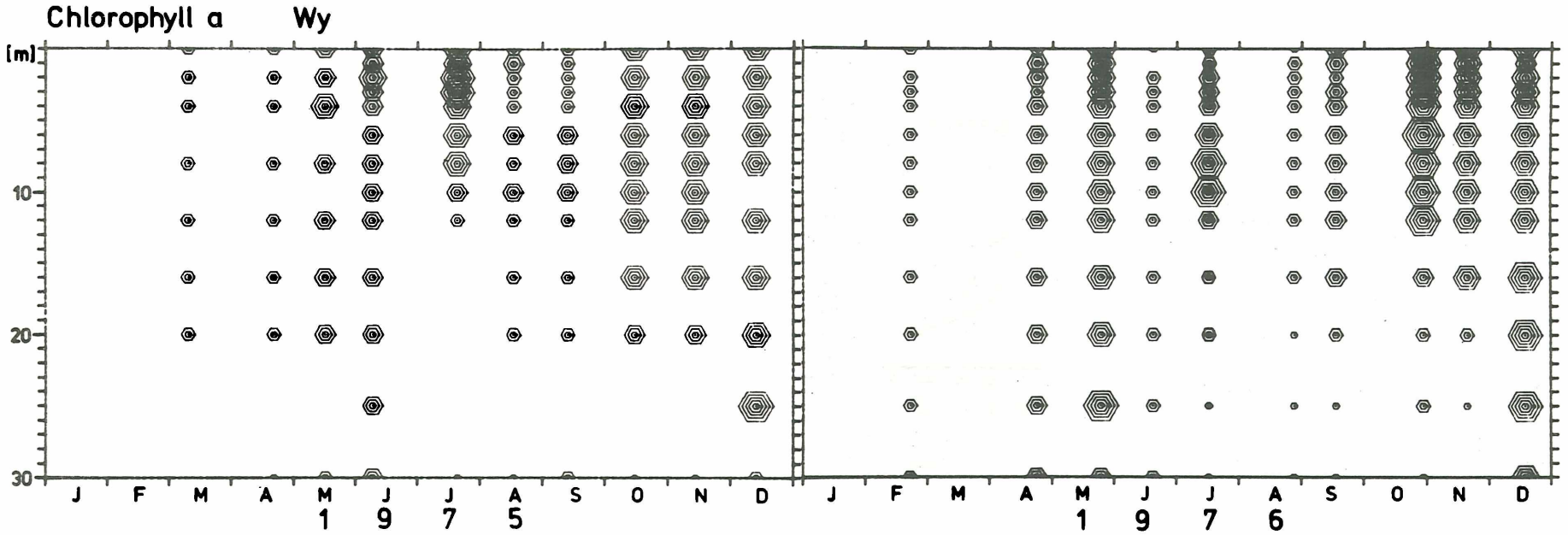
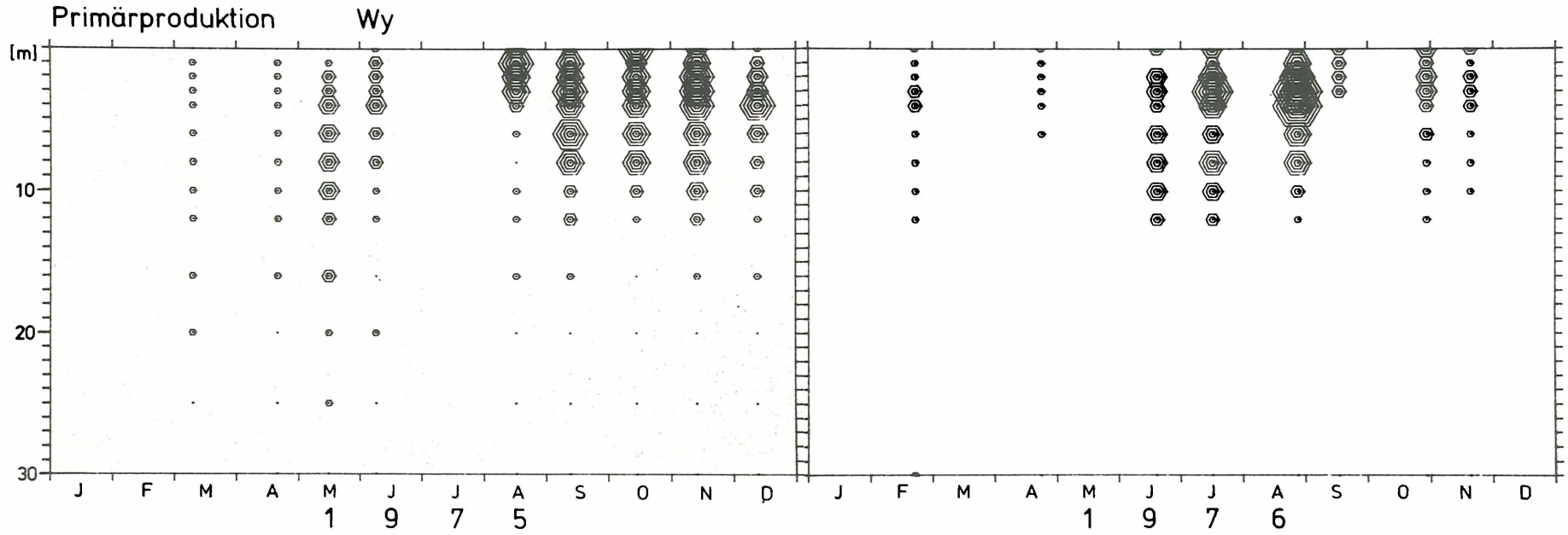
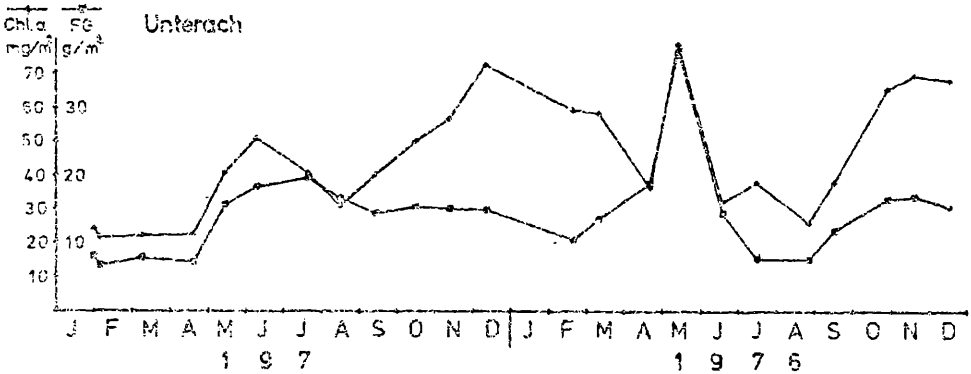
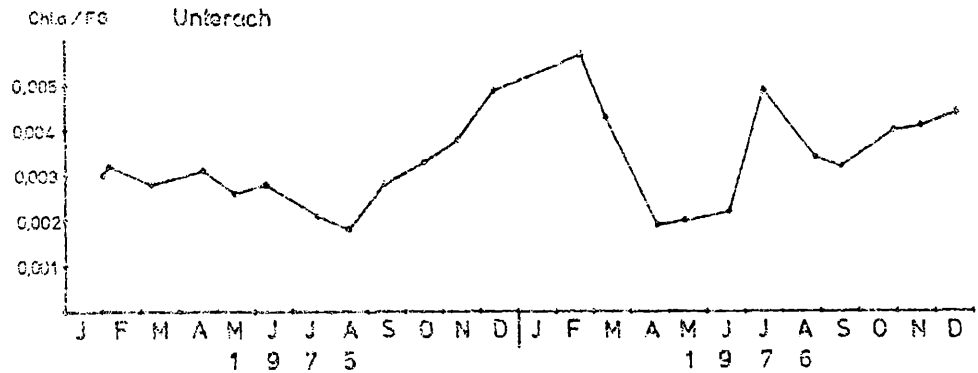


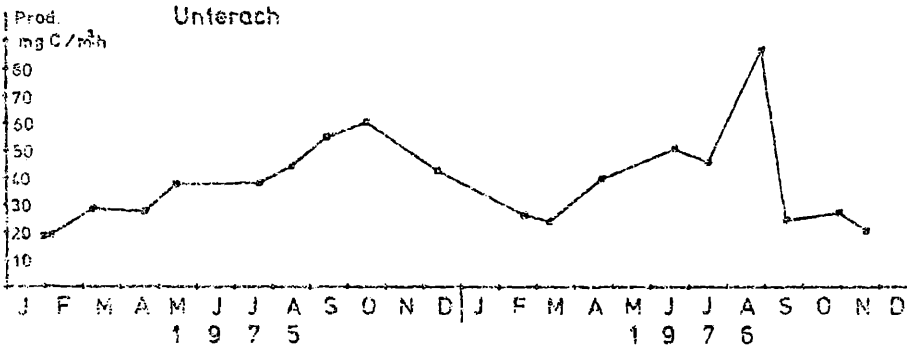
Abb.: 6.2.d.



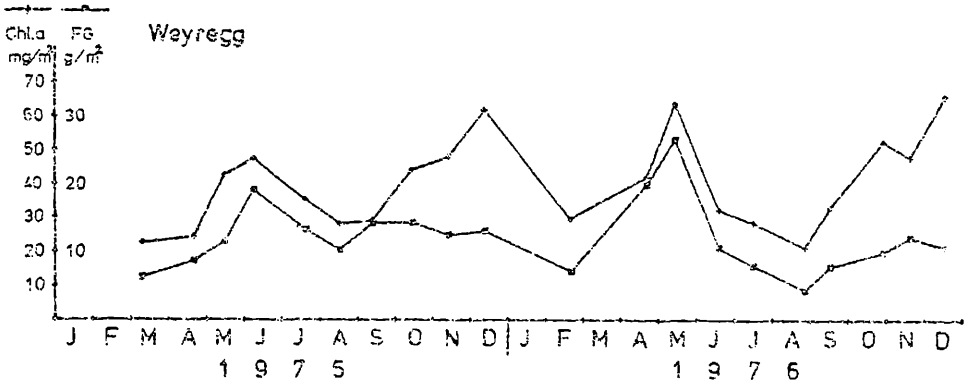
download unter www.biologiezentrum.at

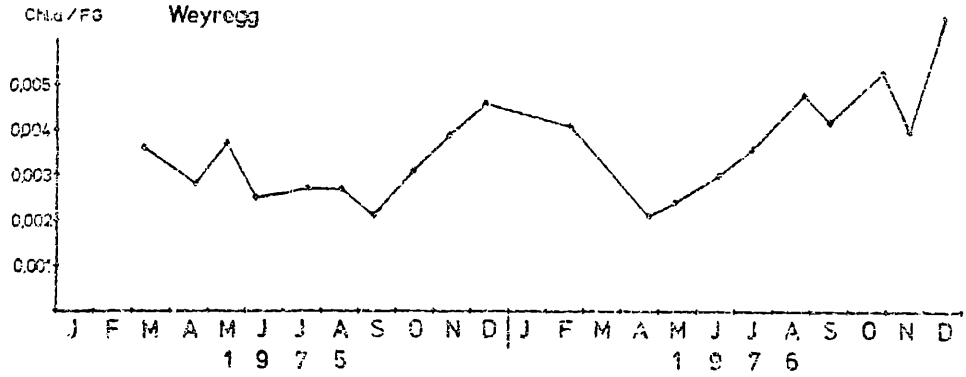


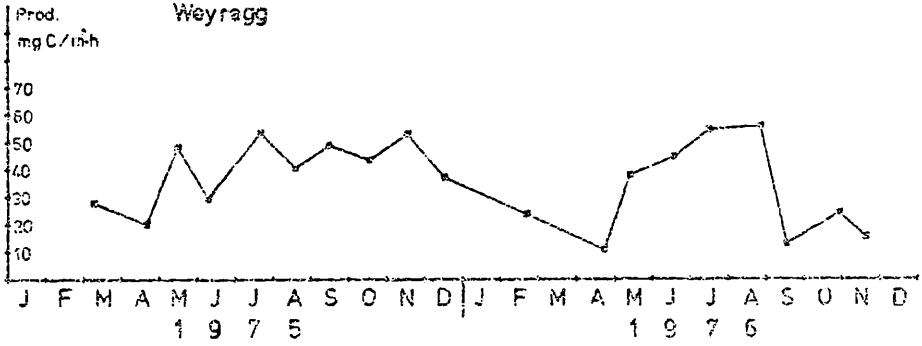




download unter www.biologiezentrum.at







download unter www.biologiezentrum.at

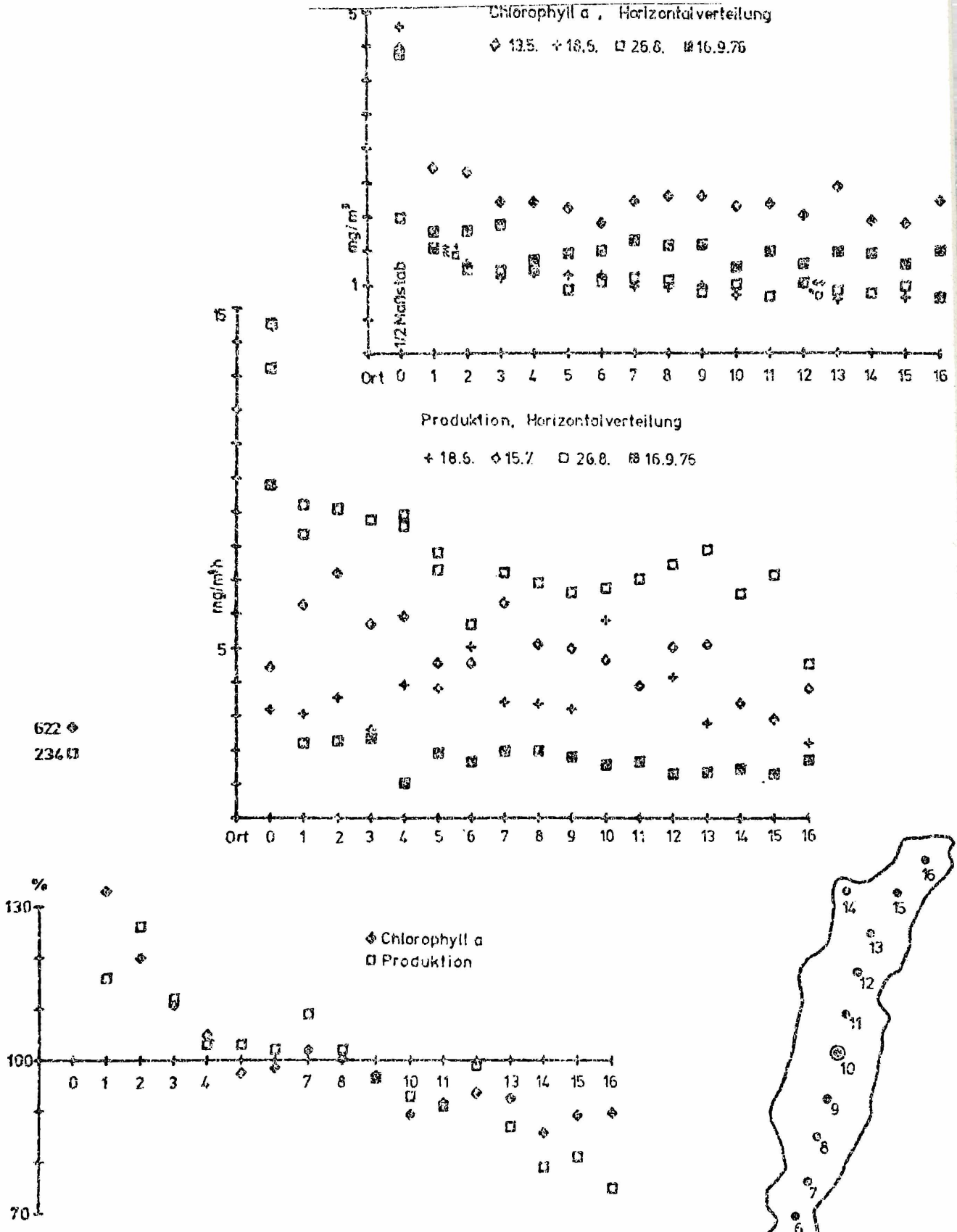


Abbildung 6.4.:

Horizontalverteilung von Chlorophyll und Produktivität

download unter www.biologiezentrum.at

tauchen ab September 1976 in Unterach, während sie in Weyregg erst im Dezember wieder zu finden war. Übereinstimmend mit dem Zusammenbruch des Diatomeenanteils verschwinden Tabellaria, Asterionella und Fragilaria ab Juli für wenige Monate ganz, während sich die Cyclotellen zunächst stärker entwickeln. Sie werden danach aber ebenfalls stark dezimiert. Asterionella ist nach dem Zusammenbruch 1976 (bis auf wenige Individuen) bis jetzt ganz verschwunden. Gleichmäßig in beiden Jahren und an beiden Punkten entwickelt sich mit dem Umschwung im Juli Aphanothece sp., die zusammen mit Coelosphaerium und Gomphosphaeria (beide nicht abgebildet) hauptsächlich für den aufkommenden Cyanophyceen-Anteil verantwortlich ist. Dieser ist nur 1975 in Unterach höher, was auf das unterschiedliche Auftreten von Oscillatoria zurückgeht.
Ihr Gefälle von Unterach nach Weyregg ist drastisch und ihre Hauptquelle ist die Eindrift aus dem Mondsee. Sie wurde 1976 in mehreren Einschüben in Unterach angetroffen, zwischen denen sie immer auf sehr geringe Mengen zurückging. Bis nach Weyregg gelangte sie in der zweiten Hälfte 1976 fast gar nicht. Offenbar findet sie im Attersee kaum Lebensbedingungen und wird rasch abgebaut.
Bemerkenswert ist die zeitliche Übereinstimmung des Auftretens von Arten an beiden Punkten, bei denen sich deutliche Anzeichen für die Eindrift aus dem Mondsee interpretieren lassen. Trotz des Süd-Nord-Gefälles scheint also eine teilweise Verdriftung nach Weyregg weniger als einen Monat zu beanspruchen, was angesichts der großen Erneuerungszeit des Wasserkörpers und der Beckenunterteilung bemerkenswert ist.

download unter www.biologiezentrum.at

Mit dem Zusammenbruch der Diatomeen geht die bereits 1974 und 1975 gefundene Änderung der Produktionsverteilung einher. Hohe Volumenswerte verteilen sich auf stark verringerte Tiefen. Der See wird durch biogene Kalkfällung milchig und die Sichttiefe vermindert sich stark auf Werte um 5 m (Siehe Kapitel 1, Abbildung 1.1.). Erst mit einer gewissen Verzögerung entstehen auch hohe Chlorophyllkonzentrationen. Ohne daß bisher passende Produktionswerte gefunden wurden, hat Chlorophyll bereits im Mai und Juni höhere Konzentrationen, die in der Jahresmitte wieder abnehmen. Damit verhält sich das Chlorophyll eher entsprechend den klassischen Vorstellungen von einem Frühjahrs- und einem Herbstmaximum als Produktion und Artenspektrum. Zum Teil kann dieses Frühjahrsmaximum auch durch die Eindrift erklärt werden (Kapitel 5). Wie dort gezeigt, werden dem See 50 Prozent seines durchschnittlichen Chlorophyllinhaltes jährlich in mehreren Hochwasserschüben zusätzlich aus dem Mondsee hinzugefügt.

Für die geschilderten Vorgänge im Juli/August schält sich folgende Arbeitshypothese heraus, die weiter verfolgt werden sollte: Auf Grund der speziellen physikalischen Bedingungen (niedrige Temperatur, dickes Epilimnion) des Attersees könnten Diatomeen hier ganzjährig gute Lebensbedingungen vorfinden. Die Oligotrophie des Sees limitiert das Diatomeenwachstum ferner auf ein Niveau, bei dem das Silikat erst im Juli soweit verbraucht ist, daß die Diatomeenpopulation zusammenbricht. Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen (Siehe Kapitel 4) widersprechen dem zumindest nicht, da ca. 0,5 mg SiO_2/l in der Literatur als Grenze für Diatomeen gelten (LUND et al. 1963) und zu dieser Zeit noch 0,2 bis 0,65 mg SiO_2/l zu finden sind.

download unter www.biologiezentrum.at

Beim Absterben der Diatomeen werden Nährstoffe freigesetzt, die nun zu einer raschen Nannoplanktonproduktion führen. Bei dem erhöhten Umsatz dieses Algentypus bildet sich verzögert Biomasse. Gleichzeitig wegen der höheren Photosyntheserate setzt die Kalkfällung ein.
Die Interpretation der Produktionswerte sollte nicht über die geschilderten Änderungen im Typus des Tiefenprofils ausgedehnt werden. Zum einen ergibt sich eine minimale Korrelation zwischen der Einstrahlung und der Produktion unter der Flächeneinheit. Die Profile selbst zeigen dagegen sehr wohl typische Lichteinflüsse. Deshalb soll versucht werden, in Anlehnung an GÄCHTER (1972), Photosynthese/Lichtcharakteristiken zu ermitteln und anhand der kontinuierlich registrierten Strahlungswerte (Kapitel 2) Jahresgänge der Produktion abzuschätzen, die den wahren Verhältnissen wesentlich näher kommen sollten, als die praktisch nicht interpretierbaren Kurven der Abbildung 6.2., in denen nur die gemessenen Einzelergebnisse verbunden wurden.

Die horizontale Verteilung zeigt trotz der geringen Anzahl von Probenterminen ein eindeutiges Ergebnis: Die Chlorophyllkonzentrationen der Mondseeache liegen enorm höher als der Seedurchschnitt, jedoch ist die Produktivität dieses Wassers keineswegs im gleichen Ausmaß erhöht. (Siehe auch Kapitel 5)
Das kann sowohl am geschädigten Zustand der enthaltenen Algen als auch daran liegen, daß für den hohen Oscillatoria-Anteil (Schwachlichtform) die Lichtverhältnisse bei einer Exposition in 5 m Tiefe zu ungünstig sind.
Im Bereich der Unteracher Bucht sinkt der Chlorophyllgehalt nahezu exponentiell auf das Durchschnittsniveau

download unter www.biologiezentrum.at

des Sees ab. Bis Weyregg bleibt dieses Niveau fast unverändert erhalten, erst im nördlichsten Teil des Sees macht sich nochmals eine abnehmende Tendenz bemerkbar. Die Produktivität verhält sich ähnlich, wobei jedoch Punkt 1 niedriger liegt als die folgenden. Möglicherweise enthält also dieser Bereich vorwiegend absterbende Algen des Mondsees, während an den folgenden Punkten bereits erhöhte Produktivität von den freigesetzten Nährstoffen herrühren könnte. Im Sinne dieser Hypothese würde sich beim Chlorophyll vorwiegend ein "Primäreffekt" (Allochthone Aufstockung des Bestandes), bei der Produktivität dagegen vorwiegend ein "Sekundäreffekt" (Autochthone Leistungssteigerung aufgrund der Verfügbarkeit der Nährstoffe) bemerkbar machen. Im weiteren Verlauf folgt die Produktivität dem Chlorophyll, mit dem Unterschied, daß der Abfall im Nordteil stärker ausgeprägt ist. Ausdrücklich sei an dieser Stelle auf die hervorragende Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Zooplanktonuntersuchung (Kapitel 7) hingewiesen. Dort findet sich sowohl der Abfall in der Unteracher Bucht für jene Arten, die eingedriftet werden, als auch das konstante Niveau bis Weyregg und schließlich der erneute schwache Abfall gegen den Ausfluß hin. Sogar ein Detail zeigt Übereinstimmung: Punkt 7 hinter der Seenge von Stockwinkel ergibt immer einen etwas höheren Wert.

5. Zusammenfassung

Zusammenfassend ergebn sich neben dem allgemeinen Befund, daß Biomasse, Chlorophyll und Produktion im Vergleich zu den meisten Seen im Attersee besonders niedrige Werte erreichen, vorallem zwei herausragende Ergebnisse:

download unter www.biologiezentrum.at

1. Der Attersee zeigt ein atypisches Produktionsverhalten, bei dem die erste Jahreshälfte durch eine tieferreichende, niedrige Produktion mit einem Vorherrschen der Diatomeen, die zweite Jahreshälfte durch eine ab Juli/August plötzlich sehr viel höhere Produktion gekennzeichnet ist, die auf viel geringere Tiefen beschränkt ist und mit einem Zusammenbruch der Diatomeen zugunsten der anderen Algengruppen beginnt.
2. Ein enormer Eintrag von lebendem Plankton aus dem Mondsee führt zu einem trophischen Gradienten von Süd nach Nord. Dabei zeigt insbesondere der starke Gradient im Bereich der Unteracher Bucht, daß der eutrophierende Einfluß des Mondsees auf den Attersee nur dadurch halbwegs zutreffend abgeschätzt werden kann, daß man zwischen dem allochthonen bestimmten Erscheinungsbild (Primäreffekt) und den trophischen Auswirkungen auf das Attersee-eigene Geschehen (Sekundäreffekt) unterscheidet. Das wird jedoch erst durch intensive analytische Studien mit neuen Methoden möglich.

6. Literatur

GÄCHTER R., 1972, Die Bestimmung der Tagesraten der planktischen Primärproduktions-Modelle und In-situ Messungen, Schw. Zeschr. Hydrol. 34, 211-244

HOFMANN W., 1975, The influence of spring circulation on zooplankton dynamics in the Plußsee, Verh. int. Ver. Limnol. 19, 1241-1250

LUND J.W.G., MACKERETH F.J.H. and MORTIMER C.H., 1963, Changes in depth and time of certain chemical and physical conditions and of the standing crop of Asterionella formosa Hass. in the north basin of Windermere in 1947, Philos. Trans. R. Soc. London, 246: 255-290

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Arbeiten aus dem Labor Weyregg

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: 2_1978

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

Artikel/Article: Phytoplankton 63-78