

Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck	Band 65	S. 11 - 21	Innsbruck, Okt. 1978
-------------------------------	---------	------------	----------------------

Chlorophyll-*a*-Konzentration und Zellvolumen als Parameter der Phytoplanktonbiomasse

von

Eugen ROTT *)

(Aus der Abteilung für Limnologie (Leiter: Univ.-Prof. Dr. R. PECHLANER) am Institut für Zoologie und dem Institut für Botanische Systematik und Geobotanik (Vorstand: Univ.-Prof. Dr. H. PITSCHMANN) der Universität Innsbruck)

Chlorophyll *a* Concentration and Cell Volume as Measures of Phytoplankton Biomass

S y n o p s i s : Two of the most frequently used methods for the estimation of phytoplankton biomass are the determination of chlorophyll *a* concentration by spectrophotometric analysis and the determination of fresh weight by microscopic counting, cell size measurement and cell volume calculation. Results obtained as part of an intensive research program carried out from 1973 to 1976 on the mesotrophic lake Piburger See are discussed. Comparison of vertical distribution types of cell volume and chlorophyll *a* values mainly in late summer and autumn showed significant differences in the hypolimnion (Fig. 1). Chlorophyll *a* concentrations increased considerably from 15 m down to 21 m depth, whereas cell volume decreased. A substance with similar extinction properties as chlorophyll *a* had been isolated by means of chromatographic analysis of water samples from this depth (ROTT, 1975, in press). This substance leads to errors, which cannot be recognized by conventional total pigment extract methods. Frequency distribution of chlorophyll *a* content as a percentage of phytoplankton fresh weight (Fig. 4) showed a negative binomial distribution. From this ensues a nonlinear correlation between chlorophyll *a* and cell volume values in Piburger See. Maximum frequency has been found in the range between 0.35 and 0.45 % for all single values collected between 1973 and 1976. Annual means of chlorophyll content of phytoplankton per cell volume are highly variable and show no clear relation to other factors (species composition, production rate, nutrients etc.). One reason for this could be the asymmetric correlation between chlorophyll *a* concentration and cell volume, but there is a complex relationship between chlorophyll content of cells and other factors. For obtaining comparable estimates of phytoplankton biomass, the analytical methods have to be optimized (e.g. results of spectrophotometric analysis must be checked chromatographically). Comparison of adequate data from different types of lakes is needed for finding out, if there are generalizable correlations between chlorophyll content and cell volume.

*) Anschrift des Verfassers: Dr. phil. E. ROTT, Institut für Botanische Systematik und Geobotanik, Sternwartestraße 15, A-6020 Innsbruck, Österreich.

R é s u m é : Les deux méthodes, utilisées le plus fréquemment pour estimer les valeurs de biomasse du phytoplancton sont de dosage de la chlorophylle et le dosage du poids frais par comptage en chambre de sédimentation, mesure de la taille des cellules et calcul du volume cellulaire total. Les résultats obtenus en utilisant les deux méthodes pendant la période de 1973 à 1976 au Piburger See (ce lac est un objet de recherche intensive d'écosystème depuis 1973; PECHLANER 1977) sont discutés. En présentant les types de variation en profondeur des deux facteurs un détail intéressant a été constaté: A partir du mois de septembre les teneurs en chlorophylle *a* augmentent dans les profondeurs de plus de 15 m (Fig. 1). Utilisant les méthodes de chromatographie une substance chlorophylloïde pouvait être séparée (ROTT, 1975, in Druck). Comme l'extinction spectrale est très proche de la chlorophylle *a* les erreurs dans les résultats obtenus par un dosage conventionnel d'extract mélangé sont inévitables. La distribution de fréquence des teneurs en chlorophylle *a* en % du volume cellulaire montrait une distribution binomiale négative (Fig. 4). Pour les résultats de Piburger See il en résulte une cohérence asymétrique et non linéaire des deux facteurs. La fréquence maximale des teneurs en chlorophylle varie entre 0.35 et 0.45 % du volume. Les teneurs moyennes annuelles sont très variable et aucune relation remarquable avec d'autres facteurs (fluctuations saisonnières d'espèces dominantes, substances nutritives, production primaire etc.) ne pouvait être démontrer. Bien que le contenu de chlorophylle d'une cellule soit le résultat d'une quantité de facteurs et d'actions réciproques, les résultats semblent être influencés par la cohérence asymétrique, laquelle favorise les hautes valeurs. Afin de pouvoir généraliser ces cohérences, plus de résultats provenant de différents types de lacs sont nécessaires. En même temps il faut perfectionner les méthodes pour obtenir des résultats comparables (p.e. contrôler les résultats du dosage de la chlorophylle conventionnel par les méthodes de chromatographie).

Die Ermittlung genauer und doch rationeller Methoden zur Bestimmung der Phytoplanktonbiomasse stellt ein zentrales Anliegen der limnologischen Erforschung und Überwachung stehender Gewässer dar. Zur quantitativen Beschreibung und Prognose von Eutrophierungserscheinungen (Algenblüten, Fischsterben etc.) ist es wesentlich, neben dem Artenspektrum auch die mengenmäßige Entwicklung des pflanzlichen Planktons allein oder in Zusammenhang mit direkten Messungen der Produktionsrate genau zu verfolgen. Die Phytoplanktonbiomasse wird durch abiotische Faktorenkomplexe, wie Licht-, Temperatur-, Strömungs- und Nährstoffverhältnisse beeinflusst, stellt aber auch das Resultat verschiedenster biologischer Vorgänge, wie Entwicklung und Abfolge verschiedener Phytoplanktonpopulationen, Konkurrenzierung zwischen verschiedenen Arten und taxonomischen Gruppen, Wechselwirkungen mit Zoo- und Bakterioplankton usw. dar. Wegen ihres im Verhältnis zur Aussagekraft hohen zeitlichen und apparativen Aufwandes werden Produktionsmessungen in der Praxis vielfach durch häufige Bestimmung der Phytoplanktonbiomasse ersetzt. Die beiden gebräuchlichsten Methoden zur Quantifizierung der Phytoplanktonbiomasse, die Berechnung des Gesamtzellvolumens nach Algenzählung im Umkehrmikroskop und die Chlorophyllbestimmung, liefern oft Ergebnisse, die nur schwer vergleichbar und schwierig zu interpretieren sind.

Im Projekt "Restaurierungsverlauf Piburger See", das im Rahmen des "Cooperative Programme for Monitoring of Inland Waters (Eutrophication Control)" der OECD in den Jahren 1973 bis 1977 durchgeführt wurde, wurde die Analyse der Chlorophyllkonzentrationen parallel zur Bestimmung des Zellvolumens des Phytoplanktons durchgeführt. Die Ergebnisse aus den Jahren 1973 bis 1976 werden hier dargelegt, um die Anwendbarkeit der beiden Methoden zur Schätzung der Phytoplanktonbiomasse zu diskutieren. Methodische Detailprobleme der Chlorophyll- und Zellvolumensbestimmung werden hier ausgeklammert; sie werden in anderem Zusammenhang behandelt (ROTT in Druck).

Methodik:

Die Entnahme von Wasserproben aus dem Piburger See erfolgte mit einem RUTTNER-Schöpfer (bis Oktober 1974 aus 12, dann aus 13 verschiedenen Tiefen). Aus demselben Schöpfer wurden jeweils 1 l Wasser zur Chlorophyllanalyse und 100 ml zur Planktonzählung abgefüllt. Die Zählproben wurden sofort nach der Entnahme mit 3 bis 4 Tropfen LUGOL'scher Lösung fixiert, während für die Chlorophyllanalyse noch am selben Tag zwischen 0.5 und 1 l Probenwasser im Labor vorsichtig durch Glasfaserfilter (Whatman CF/C) filtriert wurden. Die Filter wurden dann sofort tiefgefroren. Spätestens nach 2 Wochen Lagerung wurden die Filter mit 90 %igem Aceton überschichtet. Die Extraktion wurde bis Ende 1974 durch "Über-Nacht-stehen-Lassen" im Kühlschrank, ab diesem Zeitpunkt durch Behandlung (2 x 1 Minute) mit einer Ultraschallsonde (Wave Energy Systems, Newton, USA) durchgeführt. Die Analyse des Pigmentextraktes erfolgte nach der spektrophotometrischen Methode von LORENZEN (1967). Die Konzentrationen an Phaeopigment a waren meist gering.

Die Phytoplanktonzählung wurde nach der Methode von UTERMÖHL (1958) mit Verbundkammern am Umkehrmikroskop durchgeführt. Dabei wurde stets die Anzahl und das Volumen aller vorkommenden Arten bestimmt und sowohl das Gesamtzellvolumen als auch der taxonomischen Gruppen bestimmt. Zur Volumbestimmung einzelner Arten wurde jeweils eine ausreichende Anzahl von Individuen vermessen und mittels einfacher oder angepaßter geometrischer Körper eine Volumsbeziehung durchgeführt. Soweit Werte für Zellvolumina als Frischgewichtswerte angegeben sind, wurde ein spezifisches Gewicht von 1 mg/mm^3 angenommen. Gewichtete Mittelwerte (pro m^3) sind hier als volumsbezogene Mittelwerte zu verstehen, wobei jeweils die unterschiedlichen Wasservolumina der einzelnen Tiefenstufen des Piburger Sees berücksichtigt wurden. Bezüglich morphometrischer und weiterer limnologischer Daten des Piburger Sees sei auf PECHLANER (1977) und ROTT (1976) verwiesen.

Ergebnisse:

Die Vertikalverteilung der mittels Zählung ermittelten Phytoplanktonfrischgewichtswerte und der Chlorophyll- a -Konzentrationen (Abb. 1) läßt sich im Piburger See auf 6 verschiedene Verteilungstypen zurückführen, wenn auch diese nicht immer klar ausgeprägt sind. Eine Übereinstimmung der Vertikalverteilung beider Parameter war in einigen Fällen nicht gegeben. Ein Verteilungstyp wird durch vertikale Homogenität während der Herbstzirkulation repräsentiert, die übrigen werden durch die Anordnung der Maximalwerte

- in der Oberflächenschicht
- in der Tiefenschicht (zwischen 21 und 24 m)
- in mittlerer Tiefe (meist zwischen 9 und 12 m)
- in Oberflächen- und Tiefenschicht sowie
- in mittlerer Tiefe und in der Tiefenschicht charakterisiert.

Im Jahresgang zeigen die gewichteten Mittelwerte des Algenfrischgewichtes (Abb. 2) in allen Jahren ein Frühjahrsmaximum, dessen Ausprägung zwischen 1973 und 1975 deutlich zunahm. Die geringsten Werte wurden stets während der Eisbedeckung bei schlechten Lichtverhältnissen (zwischen Jänner und Mitte März) erreicht. Die gewichteten Mittelwerte lagen dabei zwischen 0.14 und 3.81 g/m^3 , die Einzelwerte zwischen 0.01 und 20.36 g/m^3 .

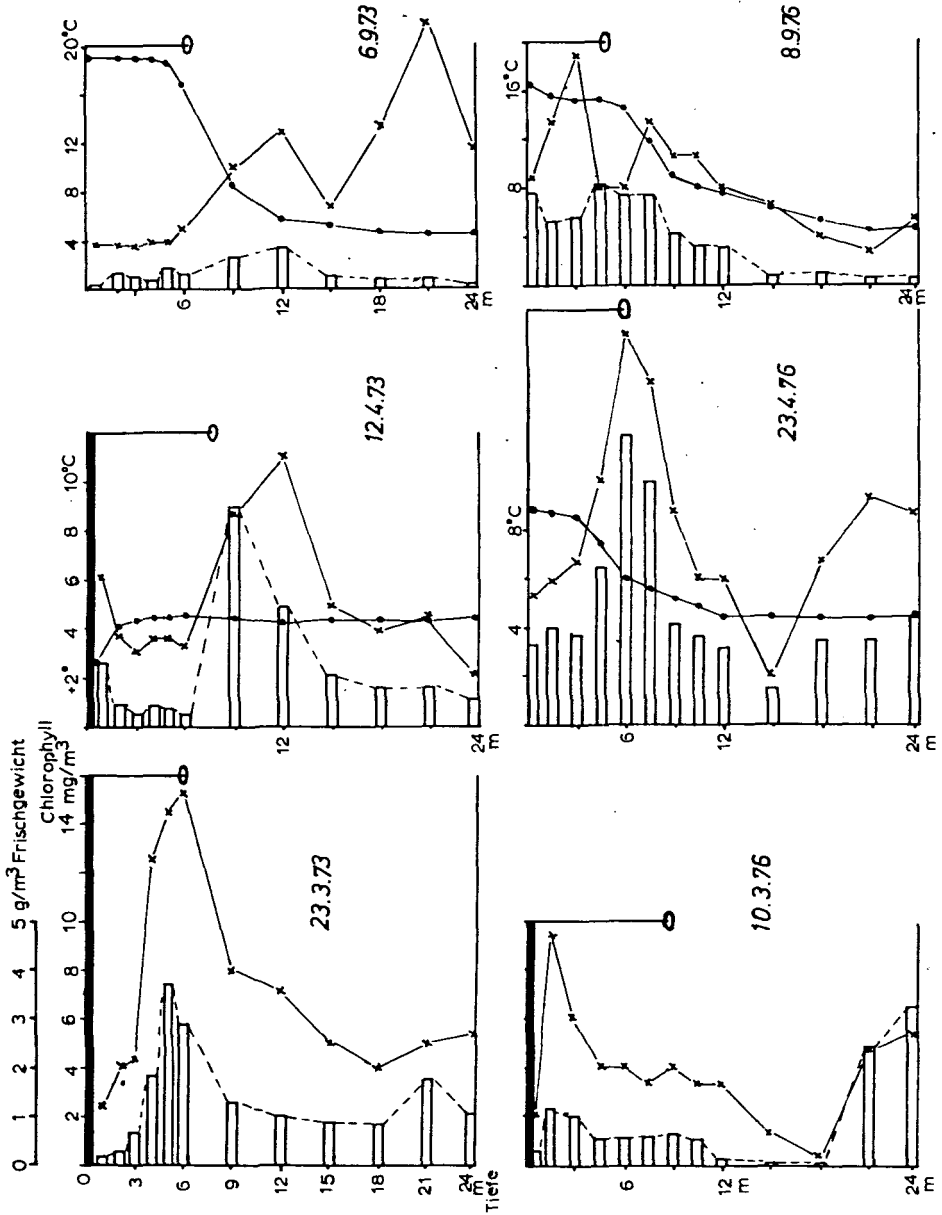


Abb. 1: Beispiele für Vertikalverteilungstypen von Chlorophyll-a-Konzentrationen (x) und durch Zählung ermittelten Phytoplanktonfrischgewichtswerten (Säulen); Skalen für Chlorophyll und Frischgewicht gleichbleibend gültig; Skala der Temperaturwerte (o) jeweils angegeben; Sichttiefenwerte durch Ellipsen angedeutet.

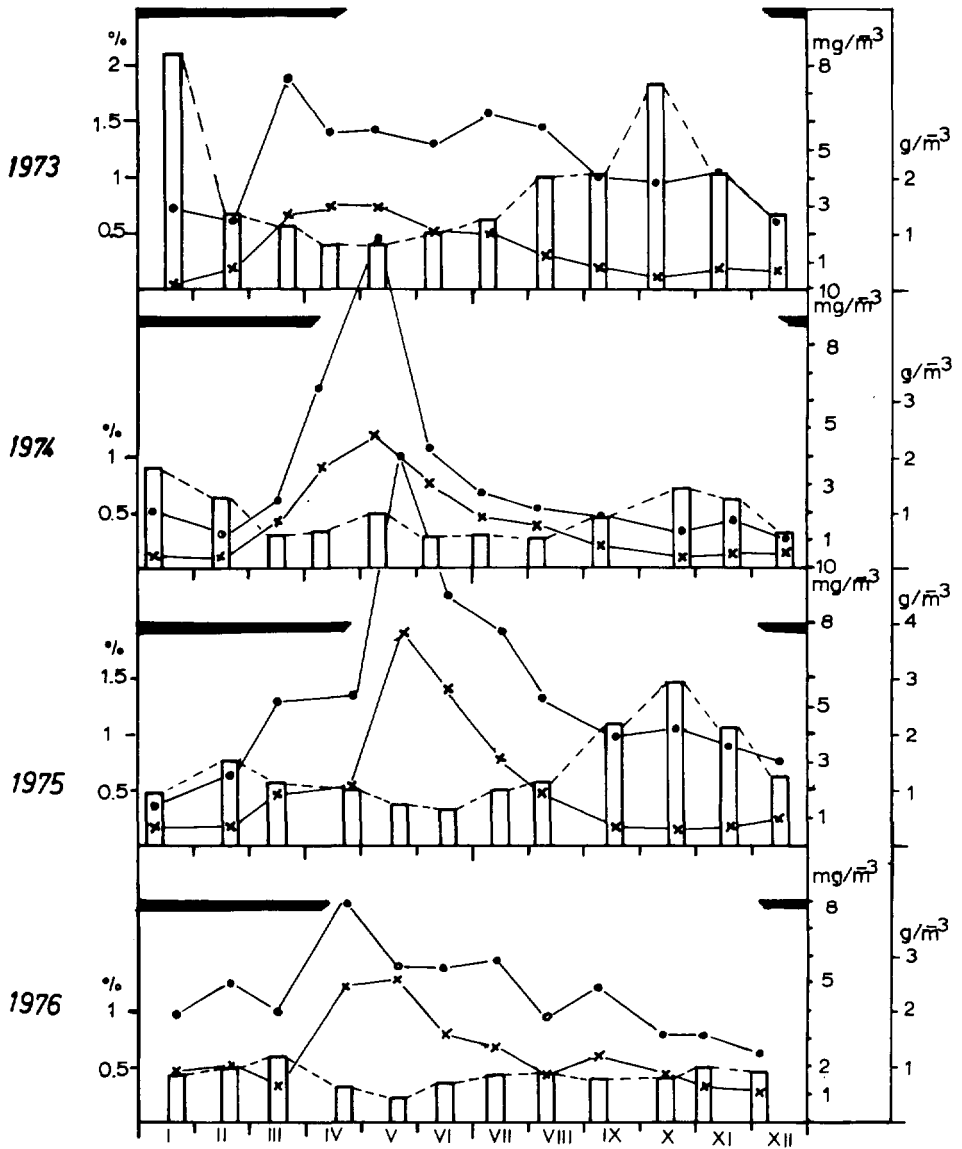


Abb. 2: Jahresgang der gewichteten Chlorophyll-*a*-Anteile am durch Zählung ermittelten Frischgewicht (Säulen, linke Skala) der gewichteten Mittelwerte der Chlorophyll-*a*-Konzentrationen (o, rechte Skala in mg/m^3) und der Frischgewichte (x, rechte Skala in g/m^3).

Der Jahresgang der gewichteten Mittelwerte der Chlorophyll- α -Konzentrationen (Abb. 2) zeigte ebenfalls ein Frühjahrsmaximum, das aber nur 1974 und 1975 stark ausgeprägt war. Die gewichteten Mittelwerte lagen dabei zwischen 1 und 14 $\text{mg}/\bar{\text{m}}^3$, die Einzelwerte zwischen 0.21 und 62.3 mg/m^3 .

Die Jahresmittelwerte des Phytoplanktonfrischgewichtes stiegen zwischen 1973 und 1976 kontinuierlich von 0.72 auf 1.23 $\text{g}/\bar{\text{m}}^3$ an, während bei der Chlorophyll- α -Konzentration der geringste Jahresmittelwert mit 3.24 $\text{mg}/\bar{\text{m}}^3$ 1974 und der höchste Wert mit 5.44 $\text{mg}/\bar{\text{m}}^3$ 1975 verzeichnet wurde (siehe Tab. 1).

Die qualitative Zusammensetzung des Phytoplanktons, die in anderem Zusammenhang noch genauer besprochen werden soll, zeigt bis 1976 ein deutliches Vorherrschen von Blaualgen (Tab. 1). Vorkommen und Verteilung dieser Algengruppe wurde dabei vorwiegend von *Oscillatoria limosa* AG. bestimmt, auf die zwischen 1973 und 1976 mehr als 90 % des Blaualgenfrischgewichtes entfiel. Andere wichtige Algengruppen waren die Dinophyceen (wichtigste Art *Gymnodinium uberrimum* (ALLM.) K. et SW.) und die Chrysophyceen.

Tabelle 1:

	Gewichtete Jahresmittelwerte			5-Anteile taxonom. Gruppen am Phytoplanktonfrischgewicht						
	Phyto- plankton- frisch- gewicht $\text{g}/\bar{\text{m}}^3$	Chloro- phyll- α - Konzent- ration $\text{mg}/\bar{\text{m}}^3$	Chloro- phyll- α - Anteil am Frischgew. in %	Cyano- phyceen %	Dino- phyceen %	Chryso- phyceen %	Chloro- phyceen %	Crypto- phyceen %	Diato- meen %	übrige Gruppen %
1973	0.72	4.65	0.91	50.0	8.5	7.0	14.0	7.0	8.7	4.8
1974	0.82	3.24	0.47	49.0	13.6	14.0	8.5	7.3	2.1	5.5
1975	1.10	5.44	0.72	38.0	20.7	21.0	4.9	7.5	1.0	6.9
1976	1.23	4.62	0.42	19.5	27.2	29.6	9.0	9.3	0.2	5.2

Der Frischgewichtsanteil dieser beiden Gruppen nahm zwischen 1973 und 1976 deutlich zu, während eine mehr oder weniger gegenläufige Entwicklung bei den Diatomeen und Chlorophyceen zu verzeichnen war. Die Cryptophyceen waren stets in etwa ähnlichen Mengen vorhanden.

Diskussion:

Routinemethoden der Chlorophyllanalyse und der Bestimmung des Zellvolumens des Phytoplanktons sind mehr oder weniger fehlerhafte Verfahren zur Biomassenschätzung. Während die Fehler bei der Direktzählung des Phytoplanktons durch methodische Verbes-

erungen eingegrenzt werden können, kann es bei der routinemäßigen Bestimmung von Chlorophyll-*a*-Konzentrationen aus einem Gesamtpigmentextrakt zu unkontrollierbaren Fehlern kommen. Ein Beispiel dafür stellt die Vertikalverteilung vom 6.9.1973 in Abb. 1 dar. Hier erkennt man unterhalb von 15 m Tiefe eine starke Zunahme der Chlorophyll-*a*-Konzentrationen, während das Algenfrischgewicht mit zunehmender Tiefe weiter abnimmt. Mittels chromatographischer Analyse von Proben aus diesen Schichten konnte nachgewiesen werden, daß diese hohen Werte vorwiegend durch eine chlorophyllähnliche Substanz zustande kommen, die beim spektrophotometrischen Routineverfahren als maskiertes Chlorophyll-*a* aufscheint. (Genauere Angaben über diese Substanz siehe ROTT (1975) und (in Druck). Im Extremfall ergab die Pigmentanalyse eine Chlorophyll-*a*-Konzentration, die 30 % (statt rund 1 %) des Zellvolumens beträgt. Auch die gewichteten Mittelwerte für den Chlorophyll-*a*-Anteil am Frischgewicht (in Abb. 2) werden dadurch beeinflusst: Gerade im Oktober der Jahre 1973 bis 1975 wurden in der Tiefe die größten Mengen der chlorophyllähnlichen Substanz festgestellt, die einen scheinbaren Anstieg der Chlorophyllanteile verursachen, während die Frischgewichtswerte weiter absinken.

Die Isoplethendarstellung der Chlorophyll-*a*-Anteile am Frischgewicht für das Jahr 1976 (Abb. 3) zeigt mit Ausnahme der Tiefenschichten (Entwicklung von *Oscillatoria limosa*) bei schlechten Lichtverhältnissen unter der Eisdecke merklich höhere Chlorophyllanteile als während der Frühjahrsentwicklung. Deutlich geringer waren die Werte in nahezu allen Tiefen im Frühjahr, aber auch im Epilimnion im Sommer. Schon während des Sommers nahmen die Pigmentgehalte vom Grund her ansteigend bis in mittlere Was-

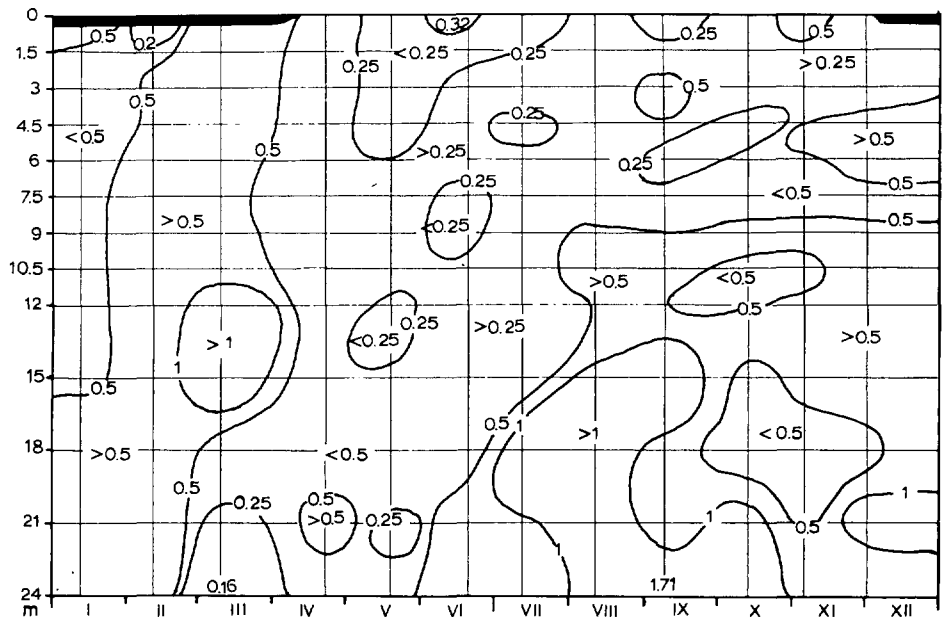


Abb. 3: Isolethen der %-Anteile der Chlorophyll-*a*-Konzentrationen am Frischgewicht, Piburger See 1976.

serschichten wieder deutlich zu. Die hohen Werte in Schichten unterhalb 15 m Tiefe zwischen Juli und Oktober dürften wieder teilweise auf die besprochene, chlorophyllähnliche Substanz zurückzuführen sein, doch konnten chromatographische Analysen zu diesem Zeitpunkt nicht durchgeführt werden. Im Jahre 1976 war der spätsommerliche Anstieg in den Tiefenschichten deutlich geringer ausgefallen als in allen vorangegangenen Jahren, er machte sich damit auch in den Mittelwerten des Herbstes 1976 nicht bemerkbar (Abb. 2). Ein Anstieg des Chlorophyll-*a*-Anteiles am Zellvolumen mit zunehmender Tiefe, der auf Chlorophyllanreicherung in den Zellen zurückzuführen ist, konnte bei stabiler Schichtung mehrmals beobachtet werden. Ob diese Chlorophyllanreicherung als Anpassung an die geringeren Lichtintensitäten in tieferen Schichten, wie von TILZER u. SCHWARZ (1976) für den Vorderen Finstertaler See diskutiert wurde, zu bewerten ist, oder auf hohe Pigmentgehalte alternder Algenzellen, unterschiedliche Artenzusammensetzung oder andere Faktoren zurückzuführen ist, ist schwer zu beurteilen. Die Vertikalverteilungen vom 23.3. und 12.4.73 (Abb. 2) zeigen ein Maximum der Chlorophyll-*a*-Konzentration, das unterhalb des Frischgewichtsmaximum liegt. Hier könnte die Chlorophyllanreicherung als Reaktion auf die Selbstabschattung durch hohe Individuendichten interpretiert werden, da die Artenzusammensetzung in den betreffenden Schichten homogen war.

Die gewichteten Mittelwerte der Chlorophyll-*a*-Anteile (Abb. 2) zeigen durchwegs hohe Werte unter der Winterdecke und die geringsten Werte im Frühjahr oder Frühsommer (Mai, Juni). Auch im Vorderen Finstertaler See wurde kurz nach Eisbruch der geringste Mittelwert festgestellt (mod. nach TILZER u. SCHWARZ, 1976).

Um die Zusammenhänge zwischen Chlorophyll-*a*-Konzentrationen und Frischgewichtswerten besser erkennbar zu machen, wurden in Abb. 4 die Häufigkeiten der Chlorophyll-*a*-Anteile in % des Frischgewichtes zusammengefaßt zu Intervallen (von 0.05 bis 1 % jeweils 0.1 % Intervalle) dargestellt. Während alle 595 gesammelten Einzelwerte aus den Jahren 1973 bis 1976 eine deutliche negative Binomialverteilung darstellen, ergibt eine Auftrennung nach Kalenderjahren meist keine klar ansprechbaren Verteilungstypen; nur 1976 waren die Verhältnisse ähnlich wie die Gesamtverteilung. Das Frequenzdiagramm für die gewichteten Mittelwerte der jeweiligen Entnahmetage (Abb. 4c) ergibt ebenfalls kein deutliches Verteilungsbild.

Die deutlich asymmetrische Verteilung der Häufigkeiten, wie sie – allerdings für Mittelwerte der Monate Mai bis Oktober – auch von TOLSTOY (1974) für den Mälaren gefunden wurde, spricht gegen einen linearen Zusammenhang des Chlorophyll-*a*-Gehaltes mit dem Frischgewicht, weshalb die Berechnung einer linearen Korrelation zwischen diesen beiden Parametern wenig sinnvoll erscheint.

Liegt eine derartige asymmetrische Häufigkeitsverteilung vor, wie sie etwa aus Abb. 4b ersichtlich ist, so werden bei der Berechnung arithmetischer Mittel die höheren Prozentanteile von Chlorophyll *a* am Frischgewicht überbewertet. Diese Fehlerquelle ist auch bei den folgenden Vergleichen im Auge zu behalten: Die Jahresmittelwerte der Chlorophyll-*a*-Anteile (Tab. 1) lagen mit Werten zwischen 0.42 und 0.91 % zwar weitgehend in dem Bereich, den TOLSTOY (1977) für einzelne schwedische Seen angibt (0.3 bis 0.8 %), doch sei auf die starken Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren hingewiesen, für die sich Ursachen in phytoplanktoneigenen Faktoren (Artenzusammensetzung, Produktions-

verhältnisse) nicht finden lassen. Die größte Häufigkeit der Einzelwerte der Chlorophyll-*a*-Anteile am Frischgewicht lag im Piburger See im Zeitraum 1973 bis 1976 zwischen 0.35 und 0.45 %. Die Verteilung der Häufigkeiten für Phytoplanktonproben mit einem Frischgewichtsanteil von *Oscillatoria limosa* von mehr als 90 % (Abb. 4d) zeigt hingegen ein Häufigkeitsmaximum zwischen 0.45 und 0.55 %, wobei Prozentanteile unterhalb dieses Maximums weit häufiger waren als höhere. Der arithmetische Mittelwert betrug für diese Blaualge 0.39 % und lag damit deutlich unter dem Häufigkeitsmaximum und auch unter dem Wert von 0.5 %, der von TOLSTOY (1977) für Blaualgen angegeben wird.

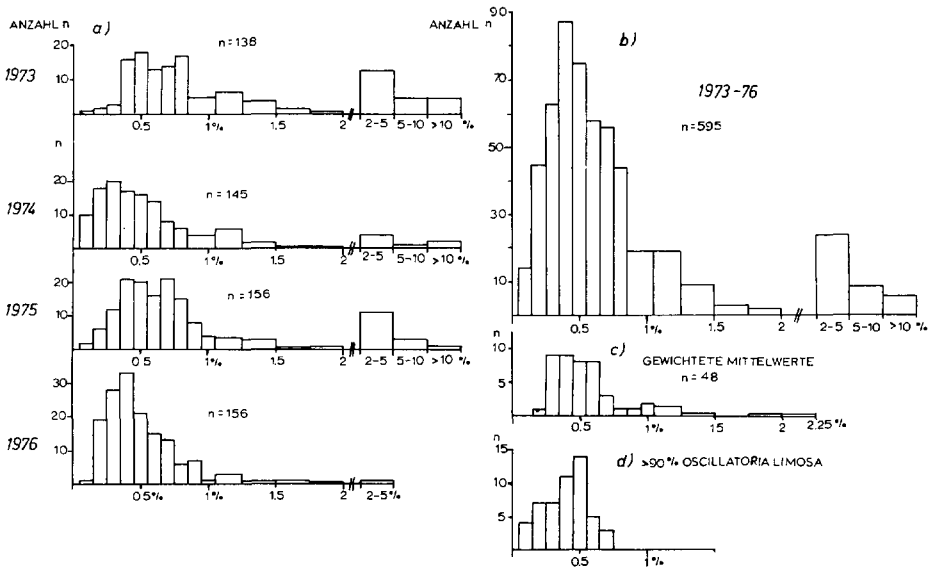


Abb. 4: Häufigkeitsverteilungen der %-Anteile der Chlorophyll-*a*-Konzentrationen am Phytoplanktonfrischgewicht im Piburger See: a) Jahresverteilungen der Einzelwerte für die Jahre 1973 bis 1976, b) Verteilung sämtlicher Einzelwerte aus den Jahren 1973 bis 1976, c) Verteilung aller gewichteten Mittelwerte an den Entnahmetagen, d) Verteilung der Einzelwerte aus Proben mit mehr als 90 %igem Frischgewichtsanteil von *Oscillatoria limosa* AG. Nach Doppelstrich Skala gerraft und Gültigkeitsintervalle der %-Skala angegeben.

Häufigkeitsverteilung und jahreszeitliche Verteilung der Chlorophyll-*a*-Konzentrationen sowie Mittelwerte lassen erkennen, daß im Piburger See kein linearer Zusammenhang zwischen Chlorophyll- und Frischgewichtswerten (Einzel- und Mittelwerte) besteht und daher innerhalb vertretbarer Fehlergrenzen keine Umrechnung von Chlorophyll- auf Frischgewichtswerte (oder umgekehrt) möglich ist.

Zusammenfassende Schlußfolgerung:

Chlorophyll-*a*-Konzentration und mittels Zählung ermitteltes Phytoplanktonfrischgewicht sind unterschiedliche Maßzahlen zur Schätzung der Phytoplanktonbiomasse. Die bisher angewendeten Methoden zur Bestimmung beider Faktoren sind mehr oder weniger fehlerhaft. Eine bessere Vergleichbarkeit von Resultaten aus Phytoplanktonzählung und Chlorophyllbestimmung – sowohl innerhalb als auch zwischen diesen Parametern – kann nur durch Methodenverbesserung und Vergleichstests erzielt werden. Bei der Chlorophyllanalyse aus dem Gesamtextrakt können unkontrollierbare Fehler, wie das Vorkommen chlorophyllähnlicher Substanzen, unterschiedliche Überschreitungen des Gültigkeitsbereiches der Extinktionskoeffizienten durch konzentrationsabhängig unterschiedliche Überlagerung der einzelnen Chlorophylle usw. (ROTT, in Druck) auftreten. Derartige Fehlerquellen bei der Chlorophyllanalyse können nur durch Optimierung der Extraktionsmethoden und Kontrolle spektrophotometrischer Ergebnisse durch routinemäßige chromatographische Analyse ausgeschaltet werden (RIEMANN, 1976, in press).

Die Ergebnisse aus dem Piburger See lassen keinen einfachen linearen Zusammenhang zwischen Chlorophyll-*a*- und Frischgewichtswerten erkennen. Es könnte allerdings zutreffen, daß im mesotrophen Bereich, dem der Piburger See angehört, die Schwankungen des Chlorophyll-*a*-Anteils am Frischgewicht besonders stark sind, während in eutrophen Seen ein besserer Zusammenhang zwischen Chlorophyll-Konzentration und Frischgewicht besteht.

Da in der Praxis der Seenüberwachung der Aussagewert von Chlorophyllwerten ohne zusätzliche mikroskopische Untersuchung des Phytoplanktons nur relativ gering ist, sollte jeweils mindestens eine Mischprobe oder eine Probenreihe einer genauen quantitativen Auszählung unterzogen werden. Bei hoher Probenzahl und vor allem bei Fragen der Horizontalverteilung in großen Seen ist die Chlorophyllanalyse in Verbindung mit wenigen, mikroskopisch ausgezählten Probenreihen sehr wertvoll, sonst aber verdient nach unserer Erfahrung bei der Überwachung eutrophierungsgefährdeter Seen die Phytoplanktonzählung – unter Verzicht auf Chlorophyllanalysen – den Vorzug.

In der Grundlagenforschung sollten, um die physiologisch aktive Phytoplanktonbiomasse besser erfassen zu können, einerseits Methoden für Chlorophyll- und Zellvolumenbestimmung optimiert, andererseits aber möglichst viele andere Faktoren – wie Kohlenstoffgehalt, ATP (RIEMANN, 1976), Fette, Lipide etc. miteerfaßt werden.

Literatur:

- LORENZEN, C. J. (1967): Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. – *Limn. Ocean.*, **12**: 343 - 346.
- PECHLANER, R. (in press): Response of a eutrophicated lake (Piburger See) to reduced nutrient load and selective water renewal. – Jubilee Symposium, Uppsala, Aug. 22. - 27.1977; *Metabolism and management of lakes. Ergebnisse der Limnologie.*
- RIEMANN, B. (1976): Studies on the biomass of the phytoplankton. – *Rep. Bot. Inst. Univ. Aarhus*, No. **1**: 186 pp.

- RIEMANN, B. (in press): Quantitative and qualitative determinations of chlorophylls and phaeopigments in Lake Mosso. – Verh. Int. Ver. Limn., **20**.
- ROTT, E. (1975): Phytoplankton (Artenspektrum, Biomasse, Pigmente, Produktionsrate) und kurzwellige Strahlung im Piburger See. – Diss. Univ. Innsbruck, 113 pp.
- ROTT, E. (1976): Ökologische Beobachtungen an der Blaualge *Oscillatoria limosa* AG. im Piburger See (Tirol, Österreich). – Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck, **63**: 57 - 66.
- ROTT, E. (in Druck): Spectrophotometric and chromatographic chlorophyll analysis – comparison of results and discussion of the trichromatic method. Ergebnisse der Limnologie.
- TILZER, M. u. SCHWARZ, K. (1976): Seasonal and vertical patterns of phytoplankton light adaptation in a high mountain lake. – Arch. Hydrobiol., **77**: 488 - 504.
- TOLSTOY, A. (1974): Klorofyll som mått på växtplankton i Mälaren. In Rapp. Nordiskt Symp. Norr Malma 16 - 18 Oktober 1973, OECD Eutrophieringsprogram; Nordforsk: 37 - 45.
- TOLSTOY, A. (1977): Chlorophyll *a* as a measure of phytoplankton biomass. – Acta Univ. Upsal., **416**: 30 pp.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [65](#)

Autor(en)/Author(s): Rott Eugen

Artikel/Article: [Chlorophyll-Alpha-Konzentration und Zellvolumen als Parameter der Phytoplanktonbiomasse. 11-21](#)