

Copyright ©

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Die Schrift darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

Aus dem Institut für Meereskunde an der Universität Kiel

Zur Leistungsfähigkeit der bei produktionsbiologischen Untersuchungen verwendeten Filtersorten¹⁾

Von VICTOR S. SMETACEK

Zusammenfassung: Die Leistungsfähigkeit — zusammengesetzt aus Retention, Durchlaufgeschwindigkeit und Variabilität — verschiedener in der marinen Produktionsbiologie verwendeter Filtersorten wurde mit Hilfe der Chlorophyll-a Bestimmung untersucht. Jeweils zwei der zehn getesteten Filtersorten wurden mit dem t-Test (nach STUDENT) statistisch ausgewertet.

Außer bei den vier untersuchten Glasfaserfiltern konnten keine bedeutenden Unterschiede in der Retention der untersuchten Filter festgestellt werden. Dies stimmt nicht überein mit den Ergebnissen anderer Autoren, die die ¹⁴C-Methode zur Bestimmung der Retention von photosynthetisierendem Phytoplankton durch Filter verschiedener Porengröße verwendeten. Eine Erklärung für diese Diskrepanz ist, daß viele Flagellaten durch die Filtration beschädigt werden. Das Zellplasma und die kleineren Organellen gehen dadurch verloren, die relativ großen und festen Chloroplasten werden jedoch von den meisten Filtern vollständig zurückgehalten.

Efficiency Comparison of some Filters used in Biological Oceanography (Summary): Filter efficiency, consisting of retention, variability and filtration time of different filters used in biological oceanography was tested with the help of the chlorophyll-a method. Of the ten filters tested, two were compared with one another in each case. The chlorophyll-a content of the filters after filtration was used as an index for their retention. The results obtained were statistically evaluated with the Student's t-test.

With the exception of the four fibreglass-filters tested, no significant difference in the retention of the filters was found. This does not tally with the results of other authors who used the ¹⁴C method to determine the retention of photosynthesizing phytoplankton by filters of varying poresize. This discrepancy could be explained by the fact that many flagellates that are damaged in the course of filtration, lose their plasma and the smaller organelles; the large and firm chloroplasts however, are retained by most filters.

Einleitung

Die Anreicherung von Plankton durch Vakuumfiltration mit feinporigen Filtern wurde von KREY (1939) in die Meeresforschung eingeführt. Die Filtration ermöglicht eine qualitative und quantitative Untersuchung des Planktons. Zur Bestimmung seiner Biomasse können u. a. Eiweiß, Chlorophyll und Kohlenstoff sowie die gesamte partikuläre Substanz bestimmt werden. Da oft verschiedene Filtersorten für diese Untersuchungen verwendet werden, ist es notwendig, die Unterschiede in der Leistungsfähigkeit — zusammengesetzt aus Retention, Durchlaufgeschwindigkeit und Variabilität — dieser Filter zu kennen.

Bei Filtern lassen sich zwei Haupttypen unterscheiden: Siebfilter und Tiefenfilter. Siebfilter werden entweder aus Metall, Kunststoff oder Textilfäden hergestellt. Die Porengröße ist durchweg einheitlich, und die Anreicherung des Sestons erfolgt lediglich auf der Oberfläche.

Tiefenfilter dagegen werden zum größten Teil aus Papier oder Glasfaser hergestellt. Die Porengröße ist nicht einheitlich, und die Anreicherung erfolgt nicht nur auf der

¹⁾ Diese Arbeit ist die gekürzte Fassung der Diplomarbeit des Verfassers. Für die Finanzierung meines Studiums in Deutschland bin ich dem Deutschen Akademischen Austauschdienst sehr verpflichtet, ebenso Herrn Professor Krey für die Überlassung des Arbeitsplatzes und die Unterstützung während der Arbeit.

Filteroberfläche, sondern auch in der Matrix. Obwohl diese Filter später verstopfen als die Siebfilter, haben sie eine längere Durchlaufzeit.

Die untersuchten Filter sind in der Tabelle 1 wiedergegeben.

Tabelle 1
Verwendete Filter

Filtername	Material	Filterart	Porengröße
Schleicher u. Schüll			
Nr. 9	Glasfaser	Tiefenfilter	—
Nr. 6	Glasfaser	Tiefenfilter	—
575	Papier	Tiefenfilter	1,2 μ
Selectron BA 85	Cell.ester	Siebfilter	0,45 μ
Membranfilter GmbH			
SM 134 00	Glasfaser	Tiefenfilter	—
SM 113 05	Cell.ester	Siebfilter	0,6 μ
Cella „Grob“	Cellulose	Siebfilter	0,7 μ
Milliporefilter GmbH			
HA	Cell.ester	Siebfilter	0,45 μ
Whatman			
GF/C	Glasfaser	Tiefenfilter	—
Selas Flotronics			
Metall Filter	Silber	Siebfilter	0,45 μ

Methodik

Die Experimente wurden während und nach der Frühjahrsblüte durchgeführt, und zwar in der Kieler Innenförde. Die weitaus häufigste Art während der Blüte war *Skeletonema costatum*, das verwendete Wasser enthielt aber auch eine erhebliche Menge kleiner nackter Flagellaten.

GOLDBERG, BAKER und FOX (1952) stellten fest, daß zwei Seewasserproben, zur gleichen Zeit und von der gleichen Stelle entnommen, sich in ihrem Planktongehalt oft um eine Größenordnung unterschieden. Um vertretbare Werte zu erreichen, war es notwendig, ein Verfahren für die Wasserentnahme zu entwickeln, mit dessen Hilfe Fehlerquellen, die mit der Heterogenität verbunden sind, möglichst klein gehalten werden konnten. Es wurden zwei Versuchsreihen durchgeführt, wobei das Verfahren der direkten Probenentnahme mit einer indirekten verglichen wurde. Bei der direkten Entnahme wurden zwanzig 1 Liter-Flaschen jeweils einzeln mit Oberflächenwasser gefüllt und durch Schleicher und Schüll-Papierfilter 575 an Ort und Stelle filtriert; bei der indirekten Entnahme dagegen wurde eine 25 Liter-Flasche mit dem gleichen Wasser gefüllt, der Inhalt gut durchgeschüttelt und dann auf zwanzig 1 Liter-Flaschen verteilt, die wie bei dem ersten Verfahren weiter behandelt wurden. Die Ergebnisse zeigen bei der ersten Reihe eine Standardabweichung des Mittelwertes von 12%, bei der zweiten Reihe jedoch eine von nur 7%. Das zweite Verfahren wurde dann bei allen Messungen angewendet, da die durch die Heterogenität verursachte Streuung hierbei wesentlich geringer war.

Es wurden jeweils zwei Filtersorten gegeneinander getestet. Der Unterdruck bei der Filtration betrug 400 mm Quecksilbersäule, und die feuchten Filter wurden 20 Stunden lang im Dunkeln und bei 0°C im Aceton (90%) extrahiert, um den Gehalt an Chloro-

phyll-a zu messen. Anschließend wurde bei 5500 U/min zehn Minuten lang zentrifugiert. Da es sich nur um Vergleichswerte handelt, wurden die Filter nicht homogenisiert, was sonst bei einer Pigmentanalyse nicht unterlassen werden darf. Der Extrakt wurde in 5 cm-Küvetten gegen 90%iges Aceton im Spektralphotometer PMQ II (Firma Zeiss) bei Wellenlängen von 663 m μ und 750 m μ gemessen. Der durch die Trübung verursachte Extinktionswert bei 750 m μ wurde von dem bei 663 m μ abgezogen. Das Endergebnis kann als die durch Chlorophyll-a bedingte Extinktion angesehen werden (KREY, 1958).

Die Standardabweichung und das Variationskoeffizient dieser Extinktionswerte wurden ermittelt, und die Signifikanz der Differenz zwischen den Mittelwerten der beiden Reihen wurde nach dem Student'schen t-Test auf dem 0,05 Niveau geprüft. Diese Mittelwerte wurden außerdem noch nach der von der SCOR-Unesco Working Group (1966) empfohlenen Formel in mg Chlorophyll a/m³ umgerechnet.

Ergebnisse

Um die Zuverlässigkeit dieser Methode bei verschiedener Chlorophyllkonzentration festzustellen, wurde folgendes Experiment durchgeführt:

Versuch I

2,5 l Seewasser wurden auf vier Flaschen verteilt, und zwar in folgenden Mengen: 0,25; 0,5; 0,75 und 1 l. Der Inhalt dieser Flaschen wurde durch vier verschiedene Membranfilter (SM 113 05) filtriert, die dann auf ihren Chlorophyll-a Gehalt geprüft wurden. Dieses Verfahren wurde viermal wiederholt. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 1 und 2 graphisch dargestellt. Abb. 1 zeigt die Zeit in Abhängigkeit von der Menge des filtrierten Wassers; in Abb. 2 sind Extinktion und Wassermenge gegeneinander aufgetragen. Aus diesen Diagrammen ist zu ersehen, daß bereits kleine Wassermengen einen repräsentativen Wert ergeben; selbstverständlich ist die Durchlaufzeit bei größeren Wassermengen wesentlich höher.

Versuch II

Es wurden drei Glasfaserfilter miteinander verglichen, und zwar die von Schleicher und Schüll Nr. 6, Nr. 9 und das Filter SM 134 00 von der Membranfilter GmbH. Da dieser Versuch während einer Schiffsfahrt durchgeführt wurde, sind die einzelnen Werte jeder Reihe nicht miteinander zu vergleichen; es wurde deshalb keine Standardabweichung errechnet. Die Ergebnisse der Filter Nr. 9 und SM 134 00 wurden jeweils einzeln mit denen des Filters Nr. 6 unter Anwendung des „paired difference test“ (MENDENHALL, 1963) verglichen.

	S. u. S. Nr. 9	SM 134 00	S. u. S. Nr. 6
\bar{x} (Δ Extinktion)	0,4524	0,4400	0,4784
\bar{x} (mg Chlorophyll a/m ³)	5,3 mg	5,1 mg	5,6 mg
Filtrationszeit (1 l)	4 Minuten	5 Minuten	16 Minuten
n = 11			

Beide t-Werte sind auf dem 0,01 Niveau signifikant. Das Filter Nr. 6 hat eine wesentlich höhere Retention als die anderen zwei. Die Filter SM 134 00 und Schleicher und Schüll Nr. 9 eignen sich wegen ihrer hohen Durchlaufgeschwindigkeit als Vorfilter bei Filtrationen mit leichtverstopfenden Filtersorten wie z. B. das Papierfilter Schleicher und Schüll 575 und das Silberfilter von „Flotronics“.

Versuch III

Vergleich zwischen Glasfaserfilter Schleicher und Schüll Nr. 6 und Whatman GF/C.

	S. u. S. Nr. 6	Whatman GF/C
\bar{x} (Δ Extinktion)	0,2486	0,2669
\bar{x} (mg Chlorophyll a/m ³)	2,9 mg	3,1 mg
Standardabweichung	0,023	0,020
Variationskoeffizient	9,25%	7,52%
Filtrationszeit (2 l) ohne Vorfilter	15—18 Min.	25—60 Min.
mit Vorfilter	10—15 Min.	10—15 Min.
n = 18		

Da die Whatman GF/C-Filter nach einiger Zeit verstopften, wurden bei beiden Versuchsreihen Vorfilter SM 134 00 vorgeschaltet, um die Filtrationszeit zu verkürzen. Der t-Wert ist auf dem 0,025 Niveau signifikant; Whatman GF/C-Filter sind deshalb Schleicher und Schüll Nr. 6 vorzuziehen.

Versuch IV

Vergleich zwischen Glasfaserfilter GF/C und Membranfilter SM 113 05.

	Whatman GF/C	SM 113 05
\bar{x} (Δ Extinktion).	0,019	0,0223
\bar{x} (mg Chlorophyll a/m ³)	0,883 mg	1,038 mg
Standardabweichung	0,00624	0,00425
Variationskoeffizient	32,8%	19,1%
Filtrationszeit (1 l)	2 Minuten	5 Minuten
n = 16		

Der t-Wert ist auf dem 0,05 Niveau signifikant. Das Membranfilter hat eine höhere Retention.

Versuch V

Vergleich zwischen Celluloseesterfiltern SM 113 05 (Membranfilter GmbH) und Selektion BA 85 (Schleicher und Schüll).

	SM 113 05	Selektion
\bar{x} (Δ Extinktion)	0,3369	0,342
\bar{x} (mg Chlorophyll a/m ³)	15,68 mg	13,92 mg
Standardabweichung	0,0368	0,0275
Variationskoeffizient	10,0%	8,0%
Filtrationszeit (0,5 l)	5 Minuten	7 Minuten
n = 11		

Es besteht kein signifikanter Unterschied in der Retention der beiden Filter.

Versuch VI

Vergleich zwischen Celluloseesterfiltern SM 113 05 (Membranfilter GmbH) und Milliporefilter HA.

	SM 113 05	Millipore HA
\bar{x} (Δ Extinktion)	0,1239	0,1296
\bar{x} (mg Chlorophyll a/m ³)	5,76 mg	6,04 mg
Standardabweichung	0,0206	0,0325
Variationskoeffizient	16,6%	25,1%
Filtrationszeit (0,5 l)	4 Minuten	5 Minuten
n = 8		

Tafel 1 (zu V. S. Smetacek)

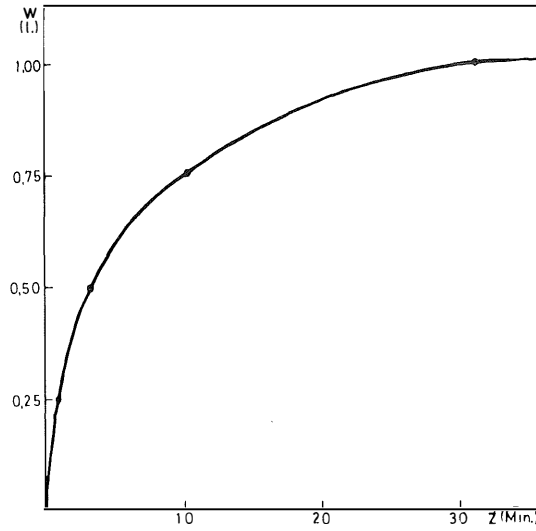


Abbildung 1: Filtrationszeit (Z) in Abhängigkeit von der filtrierten Wassermenge (W).

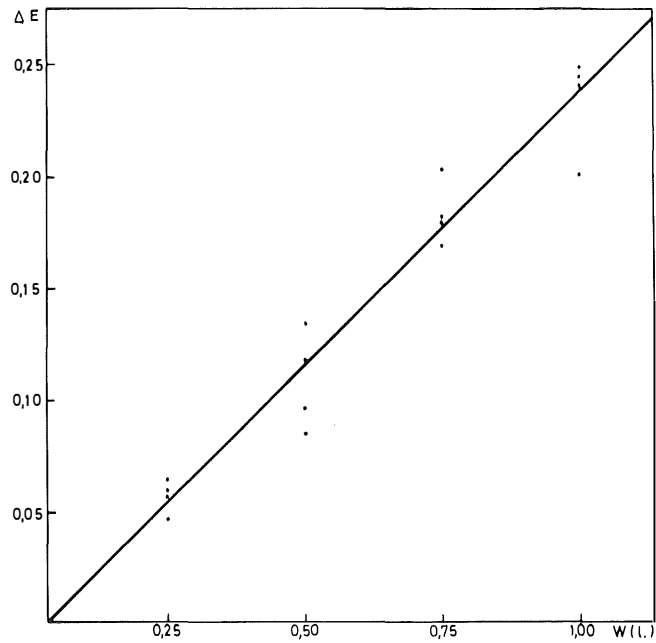


Abbildung 2: Chlorophyllkonzentration in Extinktionseinheiten (ΔE) als Funktion der filtrierten Wassermenge (W).

Es besteht kein signifikanter Unterschied in der Retention der beiden Filter.

Versuch VII:

Vergleich zwischen Celluloseesterfiltern Selektion BA 85 und Milliporefilter HA.

	Selektion BA 85	Millipore HA
\bar{x} (Δ Extinktion)	0,2235	0,2315
\bar{x} (mg Chlorophyll a/m ³)	10,4 mg	10,7 mg
Standardabweichung	0,0296	0,0281
Variationskoeffizient	13,2%	12,1%
Filtrationszeit (0,5 l)	7 Minuten	7 Minuten

n = 11

Es besteht kein signifikanter Unterschied in der Retention der drei Celluloseesterfilter.

Versuch VIII

Vergleich zwischen Cella „Grob“ (Membranfilter GmbH) und Millipore HA.

	Cella „Grob“	Millipore HA
\bar{x} (Δ Extinktion)	0,0662	0,0732
\bar{x} (mg Chlorophyll a/m ³)	1,54 mg	1,7 mg
Standardabweichung	0,00297	0,0130
Variationskoeffizient	4,5%	17,7%
Filtrationszeit (1 l)	7 Minuten	20 Minuten

n = 10

Es besteht kein signifikanter Unterschied.

Versuch IX

Vergleich zwischen Cella „Grob“ (Membranfilter GmbH) und Papierfilter 575 (Schleicher und Schüll).

	Cella „Grob“	Papierfilter 575
\bar{x} (Δ Extinktion)	0,2111	0,2176
\bar{x} (mg Chlorophyll a/m ³)	9,8 mg	10,1 mg
Standardabweichung	0,0248	0,0142
Variationskoeffizient	11,7%	6,5%
Filtrationszeit ohne Vorfilter (500 ml)	7 Minuten	65 Minuten
mit Vorfilter (500 ml)	5 Minuten	5 Minuten

n = 10

Es besteht kein signifikanter Unterschied. Da die Papierfilter 575 sehr schnell verstopfen, wurden bei beiden Versuchsreihen Vorfilter S. u. S. Nr. 9 vorgeschaltet, um die Filtrationszeit zu verkürzen.

Versuch X:

Vergleich zwischen Metallfilter (Selas Flotronics) und Cella „Grob“.

	Metallfilter	Cella „Grob“
\bar{x} (Δ Extinktion)	0,2347	0,2444
\bar{x} (mg Chlorophyll a/m ³)	10,9 mg	11,2 mg
Standardabweichung	0,0181	0,0386
Variationskoeffizient	7,7%	15,8%
Filtrationszeit ohne Vorfilter (500 ml)	40 Minuten	5 Minuten
mit Vorfilter (500 ml)	15 Minuten	5 Minuten

n = 9

Es besteht kein signifikanter Unterschied. Da die Metallfilter sehr schnell verstopften, wurden bei beiden Versuchsreihen Vorfilter S. u. S. Nr. 9 vorgeschaltet, um die Filtrationszeit zu verkürzen.

Diskussion

Die grobporigen Glasfaserfilter SM 134 00 (Membranfilter GmbH) und Nr. 9 (Schleicher und Schüll) eignen sich wegen ihrer hohen Durchlaufgeschwindigkeit als Vorfilter für schnellverstopfende Filter. Das Glasfaserfilter Nr. 6 (Schleicher und Schüll) ist für produktionsbiologische Untersuchungen nicht zu empfehlen, da die Retention zu niedrig ist und die Filtrationszeit zu lang ist. Das Glasfaserfilter mit der höchsten Retention, das Whatman GF/C, ist weniger zuverlässig als die Filter aus anderem Material und sollte nicht für Chlorophyllbestimmungen verwendet werden. HUMPHREY und WOOTTON (1966) kamen zu einem ähnlichen Schluß und schlugen vor, bei der Verwendung der Glasfaserfilter 25% zu den Ergebnissen zu addieren. Da jedoch die Retention eines Filters von der Anzahl bzw. Zellengröße der verschiedenen am Aufbau des Phytoplanktons beteiligten Organismen abhängt, kann man keinen solchen konstanten Korrekturfaktor für eine Filtersorte zugrundelegen. Auch für Kohlenstoffbestimmungen sollte man, um genaue Ergebnisse zu erzielen, das ebenfalls kohlenstofffreie Metallfilter von „Selas Flotronics“ benutzen, soweit keine anderen analytischen Probleme entstehen.

Außer bei den Glasfaserfiltern konnten keine bedeutenden Unterschiede in der Retention der untersuchten Filter festgestellt werden. Die drei Celluloseesterfilter sind einander in jeder Hinsicht sehr ähnlich; sie eignen sich besonders für die Chlorophyll-a Bestimmung. Das Cellafilter „Grob“ wird feucht geliefert und ist aus diesem Grunde etwas umständlich in der Handhabung. Das Papierfilter 575 ist am preiswertesten, beansprucht jedoch viel Zeit bei der Filtration. Das von „Selas Flotronics“ hergestellte Metallfilter hat zwar eine hohe Retention, verstopft allerdings schnell. Aus diesem Grund sollte es nach Möglichkeit zusammen mit einem grobporigen Glasfaser-Vorfilter verwendet werden, wodurch die Filtrationsdauer erheblich verkürzt wird.

In der Tabelle 2 sind die Leistungsfähigkeiten der untersuchten Filter aufgetragen: die Retention und die Durchlaufgeschwindigkeit werden jeweils mit „hoch“, „mittel“, „niedrig“ und „langsam“, „mittel“, „schnell“ beurteilt. Die Variabilität in der Retention der Filter wird als arithmetisches Mittel der Variationsbreite der jeweiligen Filter angegeben; sie ist zum größten Teil durch die Heterogenität des Wassers bedingt.

Tabelle 2
Leistungsfähigkeit der Filter

Filtername	Retention	Durchlaufgeschwindigkeit	Variabilität
SM 134 00	niedrig	schnell	—
S. u. S. Nr. 9	niedrig	schnell	—
S. u. S. Nr. 6	mittel	mittel	9,25%
Whatman GF/C	mittel	mittel	20,2 %
Cella „Grob“	hoch	schnell	10,9 %
S. u. S. 575	hoch	langsam	6,5 %
SM 113 05	hoch	mittel	15,5 %
Selektron	hoch	mittel	10,6 %
Millipore HA	hoch	mittel	16,6 %
Metallfilter	hoch	langsam	8,1 %

Das ideale Filter sollte eine hohe Retention und Durchlaufgeschwindigkeit und eine kleine Variabilität haben. Diese Voraussetzungen werden vom Cellafilter „Grob“ erfüllt. Leider wird dieses Filter, wie schon erwähnt, feucht geliefert und ist für Routinearbeiten nicht geeignet. Außerdem ist es in Aceton unlöslich und bereitet deswegen etwas Schwierigkeit bei der Homogenisation. Das Celluloseesterfilter SM 113 05 ist das preiswerteste der Celluloseesterfilter und für Chlorophyll-a Bestimmungen zu empfehlen.

Die Retention photosynthetisierenden Phytoplanktons durch Filter verschiedener Porengröße ist von HOLMES (1958) und SAIJO (1964) mit Hilfe der ^{14}C -Methode untersucht worden. Sie versuchten, festzustellen, wie hoch der prozentuale Anteil von Phytoplankton über $1,2\mu$, zwischen $1,2$ und $0,8\mu$, sowie zwischen $0,8$ und $0,45\mu$ an der Gesamtprimärproduktion ist. Sie filterten die mit ^{14}C behandelten und anschließend inkubierten Seewasserproben durch Filter mit $1,2\mu$, $0,8\mu$ und $0,45\mu$ Porengröße und bestimmten die ^{14}C -Aktivität der Anreicherung der verschiedenen Filter. Ihre Ergebnisse zeigen, daß 20% bis 50% der partikulären ^{14}C -Aktivität von Filtern mit einer Porengröße von $0,8\mu$ und mehr nicht erfaßt wurden, jedoch vom $0,45\mu$ -Filter. Wenn man annimmt, daß selbst die kleinsten Phytoplankter in der Regel größer als 2μ sind (RAYMONT, 1963) und daß der kleinste bekannte von Bakterien größtmäßig schwer zu unterscheidende autotrophe Flagellat *Chromulina pusilla* $1,5\mu$ Zellenlänge hat, dann ist dieser hohe Prozentsatz an partikulärer ^{14}C -Aktivität unter $0,8\mu$ Teilchengröße recht hoch. HOLMES glaubt nicht, daß die hohe Aktivität dieser Teilchen nur von kohlenstoff-fixierenden Bakterien verursacht wird; er vermutet, daß zerbrechliche Flagellaten bei der Filtration an der Filteroberfläche zum Platzen gebracht werden, und daß die so entstehenden Plasmateilchen erst von Filtern mit einer geringeren Porengröße angereichert werden. Diese Annahme wird durch die Beobachtungen von RONDE (1957, nicht veröffentlicht) gestützt, der mit Hilfe der Mikroskopie feststellte, daß viele nackte, auf einem Membranfilter angereicherte Flagellaten vermutlich durch die mechanische Wirkung der Filtration — bis zur Unkenntlichkeit geschädigt waren. Wahrscheinlich spielt hierbei der bei der Filtration verwendete Unterdruck eine große Rolle.

LASKER und HOLMES (1957) führten ähnliche Versuche wie HOLMES (1958) und SAIJO (1964) durch, aber mit Planktonkulturen. Sie vermuteten einen Zusammenhang zwischen dem Zustand der Kultur und ihrer Anreicherung auf Filtern verschiedener Porengröße. Die Zerbrechlichkeit der Zelle und die Anwesenheit von Zerfallsprodukten des Phytoplanktons, bedingt durch das Alter der Kultur und durch bakterielle Aktivität, sind die wahrscheinlichen Gründe dafür, daß 50% der partikulären ^{14}C -Aktivität durch das Millipore AA-Filter mit Porengröße $0,8\mu$ nicht erfaßt werden. LASKER und HOLMES arbeiteten mit Kulturen von *Dunaliella*, einem Flagellat mit 6 bis 8μ Zelldurchmesser, machten aber keine Angaben über den von ihnen verwendeten Unterdruck bei der Filtration.

HUMPHREY und WOOTTON (1966), die u. a. auch mit *Dunaliella*-Kulturen arbeiteten, verwendeten statt der ^{14}C -Methode die Chlorophyll a-Bestimmung und konnten in der Retention der Milliporefilter mit $0,45\mu$, $0,8\mu$ und $1,2\mu$ Porengröße keinen Unterschied feststellen, auch nicht bei Anwendung eines hohen Unterdrucks. Ihre Ergebnisse werden durch die vorliegende Arbeit bestätigt.

Offensichtlich ist die Retention verschiedener Filtersorten mit Porengröße unter $1,2\mu$ für die Chlorophyllbestimmung mehr oder minder gleich; dies gilt aber keinesfalls für die ^{14}C -Methode. Es läßt sich wahrscheinlich folgendermaßen erklären: das gesamte Chlorophyll einer Zelle befindet sich in den Chloroplasten, die — verglichen mit den anderen Zellorganellen — verhältnismäßig groß und fest sind. Bei den kleinsten Fla-

gellaten ist der Chloroplast fast so groß wie die gesamte Zelle (BUTCHER, 1953). Wenn zerbrechliche nackte Flagellaten durch mechanische Wirkung der Filtration zum Platzen gebracht werden, ist anzunehmen, daß ein großer Teil ihres Zellinhalts durch das Filter hindurchgeht, mit Ausnahme der größeren Zellpartikel einschließlich der Chloroplasten. Dies bedeutet, daß zwar fast alle Chloroplasten mit dem in ihnen gebundenen aktiven Chlorophyll zurückgehalten werden, nicht aber der gesamte Zellinhalt. Trifft diese Vermutung zu, so wird verständlich, warum sowohl bei Filtern mit 1,2 μ als auch bei Filtern mit 0,45 μ Porengröße der Chlorophyllgehalt in der Anreicherung gleich ist. Da gerade bei den kleinen Flagellaten die Assimilationstätigkeit sehr intensiv ist (GESSNER, 1960), wird das gebundene ^{14}C innerhalb kürzester Zeit aus den Chloroplasten in andere kleinere Organellen verlagert, die dann bei der Filtration mit grobporigen Filtern verlorengehen können. DERENBACH (1969), der verschiedene chemische Methoden zur Erfassung der Biomasse miteinander verglich, weist ebenfalls auf diese Möglichkeit hin.

Hieraus geht hervor, daß die Chlorophyll-a-Methode, durchgeführt mit Filtern einer Porengröße unter 1,2 μ , praktisch das gesamte vorhandene aktive Chlorophyll erfaßt, daß aber für andere Methoden zur Bestimmung der Biomasse — wie Gesamtkohlenstoff, Eiweiß und ^{14}C Filter mit einer viel kleineren Porengröße erforderlich sind. Bisher wurden Whatman GF/C-Glasfaserfilter für die Kohlenstoffbestimmung von den meisten Forschern verwendet; die so ermittelten Werte wurden dann miteinander verglichen, um ein Bild über die Zusammensetzung des vorhandenen Sestons zu erhalten. Da aber das Chlorophyll mit Celluloseesterfiltern offensichtlich viel vollständiger erfaßt wird als der partikuläre Kohlenstoff mit Glasfaserfiltern, erscheint ein solcher Vergleich problematisch. Um eine genügend gesicherte Aussage über die Relation partikulärer Kohlenstoff — Chlorophyll-a machen zu können, sollte man in der Zukunft Filter mit höchstens 0,45 μ Porengröße benutzen.

Literaturverzeichnis

- BUTCHER, R. W. (1953): Contributions to our knowledge of the smaller marine Algae. J. Mar. biol. Ass. U.K., **31**, 175—191.
- DERENBACH, J. B. (1970): Zytologische Methoden zur Untersuchung von Phytoplanktonpopulationen in ihrem natürlichen Lebensraum. Kieler Meeresforsch. **26**, 85—104.
- GESSNER, F. (1955): Hydrobotanik Bd. I und II. Dtsch. Verl. Wiss. Berlin.
- GOLDBERG, E. D., M. BAKER and D. L. FOX (1952): Microfiltrations in oceanographic research. I. Marine sampling with the molecular filter. J. mar. Res., **11**, 194—204.
- HOLMES, R. W. (1958): Sizefractionation of photosynthesizing phytoplankton. Spec. Scient. Rep. U.S. Fish. Wildl. Serv. (Fisheries), **279**, 69—71.
- HUMPHREY, G. F. and M. WOOTTON (1965): Comparison of the techniques used in the determination of phytoplankton pigments. Monographs on oceanographic methodology I. UNESCO **37**—63.
- KREY, J. (1939): Die Bestimmung des Chlorophylls in Meerwasserschöpfproben. J. Cons. perm. int. Explor. Mer **14**, 201—209.

- KREY, J. (1958): Chemical methods of estimating standing crop of phytoplankton. Rapp. P.-v. Reun. Cons. perm. int. Explor. Mer, **144**, 20—27.
- LASKER, R. and R. W. HOLMES (1957): Variability in retention of marine phytoplankton by membrane filters. Nature, **180**, 1295—1296.
- MENDENHALL, W. (1963): Introduction to Statistics. Wadsworth Publ. Comp. Inc., Belmont, California.
- MILLIPORE FILTER GMBH (1969): Konzentrate unserer täglichen Arbeit.
- RAYMONT, J. E. G. (1963): Plankton and Productivity in the Oceans. New York, Pergamon Press. 660.
- SAIJO, Y. (1964): Size distribution of photosynthesizing phytoplankton in the Indian Ocean. J. Oceanogr. Soc. Japan **19**, 187—189.