

# 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.

# Eine neue Methode zur quantitativen Bestimmung des Planktons.

Von Johannes KREY.

Seit geraumer Zeit besteht von verschiedenen Seiten das Bedürfnis nach einer handlichen und serienfähigen Methode, um das Plankton quantitativ zu bestimmen. Man will häufig weniger die qualitative Zusammensetzung aus verschiedenen systematischen Gruppen und Arten wissen, als vielmehr eine konkrete Zahl bekommen für das, was im Wasser an geformter Substanz schwebt. Dabei ist zunächst gleichgültig, in welcher Maßeinheit die Angaben erfolgen. Diese können durch Anwendung entsprechender Faktoren unschwer in Volumen bzw. Masse überführt werden. Die Überführung der reinen Individuenzahl, wie man sie durch mikroskopische Untersuchung feststellt, in Volumeneinheiten ist alt. LOHMANN<sup>1)</sup> gibt eine Tabelle der Zellvolumina unserer häufigsten Plankter. Mit ihrer Hilfe kann man im Mikroskop gezählte Zellen bzw. Individuen in Volumina umrechnen. Diese Rechnung ist unbedingt notwendig, wenn man einen Überblick über die Planktonmenge in ccm erhalten will. Eine Zusammenzählung aller Individuen ohne Umrechnung ist wegen der vieltausendfachen Größenunterschiede der einzelnen Planktonkomponenten völlig unzulässig, besonders, wenn man Produktionsfragen behandeln will. Die Planktonzählmethode erfordert wie jede mikroskopische zur Erlangung gesicherter Ergebnisse einen großen Aufwand an Zeit und an dafür besonders vorgebildeten Arbeitskräften. Sie ist deswegen nur bedingt serienfähig, gibt aber neben den daraus errechneten Volumenangaben ein sehr detailliertes Bild von der qualitativen Zusammensetzung und dem Zustand der Plankter. Die quantitative Genauigkeit kann je nach der Zählmethode und bei genügendem Zeitaufwand sehr hoch sein, wie z. B. bei der UTERMÖHLMethode. Die Methoden, das Planktonvolumen direkt zu bestimmen, z. B. durch Messung des Absetzvolumens<sup>2)</sup> oder durch Messung der vom Plankton verdrängten Flüssigkeit<sup>3)</sup> nehmen wesentlich weniger Zeit in Anspruch und verlangen auch nicht so speziell geschulte Kräfte wie die mikroskopischen. Das Absetzvolumen liefert jedoch nur sehr bedingt brauchbare Werte, da das Plankton im Extremfalle aus sehr sperrigen oder aus fast völlig runden Individuen bestehen kann (z. B. Chaetoceras — Procentrum). Die so entstehenden Fehler sind leicht einzusehen und schon oft diskutiert worden. Die Planktonbestimmung nach USSATSCHEV<sup>3)</sup> hat neben ihren vielen Vorzügen, welche sie für Expeditionen gut brauchbar erscheinen lassen, den großen Nachteil, daß sie sich auf Organismen mit  $> 80 \mu$  Durchmesser beschränken muß, da sie mit Netzplankton arbeitet. Dieser Nachteil ist von grundsätzlicher Bedeutung, da auf diese Weise das gesamte Nannoplankton verloren geht. Insgesamt genügen die hier erwähnten direkten Volumbestimmungsmethoden den zu stellenden Ansprüchen nicht.

Auf zahlreichen chemischen Wegen ist eine Gesamtplanktonbestimmung versucht worden. KALLE<sup>3)</sup> z. B. bestimmt nach Filtration durch gehärtete Papierfilter mit einer Porenweite von  $1 \mu$  durch Differenzbildung aus Gesamtphosphat und gelöstem Phosphat den Phosphatgehalt des abfiltrierten Planktons. Diese Methode zeigt wegen des sehr empfindlichen P-Nachweises auch sehr kleine Werte an. Leider hat sie einen grundsätzlichen Nachteil: der Anteil des Phosphors an der Gesamtkörpersubstanz der Plankter schwankt innerhalb weiter Grenzen. Dieses zeigt COOPER<sup>5)</sup> in einer Untersuchung an größeren Zooplanktern: er fand Werte von 0,23 bis 1,7% P in der Trockensubstanz. Ebenso wie mit dem Phosphor geht

es mit allen Körperbestandteilen, seien es Elemente oder Stoffgruppen (z. B. Bestimmung von C oder N, von Fett, Kohlehydraten oder Chlorophyll). Diese Bestimmungen geben wohl sehr wertvolle Aufschlüsse über einzelne Bestandteile des Planktons, können aber das Gesamtplankton nur begrenzt repräsentieren. Dieses zeigt sich besonders in einer Untersuchung von BRANDT und RABEN<sup>6)</sup>. Tabelle 1 gibt den prozentualen Anteil der wichtigsten Stoffgruppen und Elemente am getrockneten Gesamtplankton an. Das hier untersuchte Plankton wurde mit quantitativen Netzen in Nord- und Ostsee gefangen. Die Schwankungen der Werte sind besonders in Anbetracht der verhältnismäßig geringen Zahl der Analysen (Copepoden 2, Diatomeen 9, Peridineen 8) sehr beträchtlich.

Tabelle 1:  
Prozentuale Zusammensetzung des Trockenplanktons.

Hauptbestandteil des Gesamt-fanges	Eiweiß %	Fett %	Kohlehydrate %	Rein- asche %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	N %
Copepoden	70,9—77,0	4,6—19,2	0 — 4,4	4,2— 6,4	0,9—2,6	11,1—12,0
Diatomeen	24,0—48,1	2,0—10,4	0 —30,7	30,4—59,0	0,9—3,7	3,8— 7,5
Peridineen	40,9—66,2	2,4— 6,0	5,9—36,1	12,2—26,5	0,7—2,9	6,4—10,3
Sagitten	69,6	1,9	13,9	16,3	3,6	10,9

Allein auf Grund dieser Zahlen würde man jede Methode, welche sich zur quantitativen Bestimmung des Gesamtplanktons einer dieser variierenden Bestandteile bedient, nur mit starken Einschränkungen anwenden dürfen. Man erhält auf dieser Basis gewiß ein gutes qualitatives Maß für den Planktongehalt. Hierher gehört auch das physiologische Maß der Produktionsbestimmung, das durch die O<sub>2</sub>-Produktion bzw. durch die CO<sub>2</sub>-Zehrung gegeben wird. Diese Methodik findet besonders in den Arbeiten von E. STEEMANN NIELSEN<sup>7)</sup> ihren Ausdruck. Dieses physiologische Maß gibt wohl die potentielle Produktion, den Substanzzuwachs oder seine Verminderung in bestimmten Grenzen wieder; es kann aber seiner Natur nach nichts aussagen über die vorhandene Volumeinheit des Planktons, wenn man absieht von groben Schätzungen durch Einführung eines mittleren Faktors, mit dem man von einer bestimmten O<sub>2</sub>-Produktion bei bekannten Umweltbedingungen auf die produzierte Menge schließen will.

Aus der vorstehenden Beurteilung der einzelnen Methodengruppen ist zu ersehen, welche Ansprüche wir an eine quantitative Planktonbestimmung stellen. Kurz gefaßt liegen diese in folgenden Punkten:

1. Bordbrauchbarkeit, d. h. mäßiger Gewichts- und Raumbedarf und besonders Seefestigkeit.
2. Serienfähigkeit, d. h. Probennahme und -aufarbeitung dürfen sich von dem bei hydrographischen Serien üblichen Zeitaufwand nicht zu stark unterscheiden.
3. Quantitatives Arbeiten in allen Größenordnungen des Planktons (2  $\mu$  bis 10 mm), also Repräsentation des tatsächlichen Gesamtplanktongehaltes.
4. Angabe der Werte in Volum- oder in Gewichtseinheiten des Gesamtplanktongehaltes: z. B. mg Trocken- oder Frischplankton im Liter oder in ccm Frischplankton im Liter.

Die im folgenden beschriebene Methode zur Planktongewichtsbestimmung kann nur in jenen Meeresgebieten angewandt werden, in denen die nichtplanktischen

Festkörper des Wassers nur einen geringfügigen Bruchteil ausmachen an der mit dieser Methode bestimmten gesamten absiebbaren Substanz. Wo diese Voraussetzung nicht gegeben ist, also überall dort, wo der hiermit gleichfalls erfaßte Detritus einen wesentlichen Anteil einnimmt, bestimmt man mit dieser Methode die systematische Obergruppe des Planktons, das Seston. Dieser Begriff stammt aus der Limnologie (KOLKWITZ<sup>8)</sup>). In seiner ursprünglichen Bedeutung umfaßt der Begriff des Seston alles das, was aus dem Wasser durch Sieben abscheidbar ist. Das Seston wird gegliedert in Bioseston (= Plankton) und Abioseston (= Detritus). In allen Fällen, in welchen der Anteil des Abioseston gering ist gegenüber dem Gesamtseston, sind also praktisch die Sestonwerte gleich denen des Plankton zu setzen. Die mit der hier zu beschreibenden Methode bestimmten Werte sind wegen der technischen Durchführung der Methode grundsätzlich als Seston zu bezeichnen. Man darf diese Werte aber in den Gebieten des offenen Meeres unbedenklich als Plankton ansprechen.

#### A. Beschreibung der Methode.

Die in den obigen vier Punkten aufgestellten Forderungen werden im Ganzen mit nur kleinen Einschränkungen durch die nachfolgend näher beschriebene Methode der Trockenplankton-Gewichtsbestimmung erfüllt. Zunächst gingen die Bemühungen dahin, das Feuchtgewicht des Planktons zu bestimmen. Dieses Ziel ist deshalb besonders erstrebenswert, weil damit das Gewicht des lebenden Planktons erfaßt wird, und weil dieses Lebendgewicht etwa eine Zehnerpotenz höher liegt als das Trockengewicht. Bei dieser Bestimmung würde der stark variierende Wassergehalt, der nicht nur von Art zu Art, sondern auch von einem Individuum zum anderen wechselt, mit erfaßt werden.

Leider erweist es sich als zu schwierig, Filter mit einer konstanten Feuchtigkeit bis auf 0,1 mg zu finden. Aus diesem Grunde muß vorläufig auf eine Feuchtgewichtsbestimmung des Planktons verzichtet werden. Bei der Trockengewichtsbestimmung entfällt dieses Hindernis.

##### 1) Probennahme.

Das für die folgenden Bestimmungen benötigte Wasser wird, ebenso wie bei der hydrographischen Probennahme, von den gewünschten Tiefenpunkten mit dem Wasserschöpfer geholt. Für unsere Untersuchungen in den westlichen Teilen der Ostsee werden mit gutem Erfolg die Systeme Krümmel- und Pettersson-Isolierwasserschöpfer benutzt. Sie bieten gegenüber den Kippwasserschöpfern (Modell NÄNSEN und DAE) den Vorteil, daß sie das Wasser nur aus einer 50 cm dicken Schicht schöpfen. Die genannten Kippschöpfer entnehmen die Proben aber aus einer 150 cm starken Schicht. Gerade dieser Umstand darf bei der in unserem Gebiet oft laminaren Trübungsschicht nicht vernachlässigt werden. Auch RUTTNER und SAUBERER<sup>9)</sup> weisen schon auf diese Fehlerquelle in der Probennahme hin (S. 408). Noch günstiger wäre für gewisse Teile der Beltsee und der westlichen Ostsee die Anwendung des Horizontalwasserschöpfers, wie er schon von WOHLBERG mit gutem Erfolg im Wattenmeer der Nordsee benutzt worden ist.

Zu einer Gesamtgewichtsbestimmung werden in der Ostsee 0,5 bis 5 Liter Wasser benötigt. Wenn von demselben Punkt außerdem noch Trübungsmessungen, Nährstoff-, Salzgehalts-,  $p_H$ -, Sauerstoff-, Chlorophyll- und qualitative Planktonbestimmungen vorgenommen werden sollen, so sind insgesamt maximal etwa 10 Liter Wasser von einem einzigen Punkt notwendig. Zur Förderung dieser Wassermenge empfiehlt sich der Gebrauch eines 20-Liter-Wasserschöpfers aus Segeltuch, wie er

schon von E. STEEMANN NIELSEN<sup>9)</sup> in einer Größe von 100 Litern zur Anwendung gekommen ist. In Ermangelung eines solchen Schöpfers wurden zu den hier beschriebenen Untersuchungen 3-Liter-Krümmschöpfer gebraucht und gegebenenfalls mehrmals in die Tiefe gegangen.

Aus dem Vorhergesagten geht hervor, daß die Probennahme in unserem Verfahren im Gegensatz zur Netzmethode punktförmig erfolgt. Wir erhalten damit beim Bearbeiten einer Station ein perlschnurartiges Mosaik, nie aber einen Durchschnittswert wie beim Arbeiten mit quantitativen Netzen. Für die allermeisten Zwecke der quantitativen Planktonforschung wird die punktförmige Probennahme vorzuziehen sein. Die Lage der Probenpunkte wird man am besten vorher durch Messung mit einem Trübungsmesser, wie er u. a. von PETERSSON<sup>10)</sup> und WATTENBERG<sup>11)</sup> mit viel Erfolg benutzt worden ist, feststellen. Das so zu Tage geförderte Wasser wird in sorgfältig gereinigte 1-Liter-Flaschen abgefüllt und, falls es nicht sofort verarbeitet werden kann, kalt und dunkel gestellt und mit 40%igem Formaldehyd fixiert, indem man zu 950 ccm Wasser 50 ccm Formaldehyd gibt. Die Konzentration in dem so fixierten Wasser beträgt 2 %.

## 2) Filtration, Fixierung und Auswaschung.

Das Prinzip der weiteren Verarbeitung besteht darin, daß durch ein vorher gewogenes Papierfilter eine bestimmte Menge Schöpfwasser unter Vakuum filtriert wird. Die Filter werden im Trockenschrank getrocknet und der Gewichtszuwachs gegenüber einem Vergleichsfilter bestimmt. Nach demselben Prinzip hat schon Helge GR<sup>Y</sup><sup>12)</sup> den Sedimentgehalt des Wattenmeeres bei Skallingen bestimmt. Er findet, daß Filtrierpapier trotz seiner Empfindlichkeit gegen die Luftfeuchtigkeit verhältnismäßig schnell ein konstantes Gewicht erreicht und daß gleiches Papier sich annähernd gleich verhält. Er verwendet beim Arbeiten mit einer analytischen Waage Kontrollfilter als Gegengewichte. Die von ihm angegebene Genauigkeit ist mit 0,1 mg recht groß. Im Einzelnen erfolgt die Bestimmung nach folgendem Gang: Das Wasser wird bei ca. 700 mm Quecksilber-Unterdruck durch ein gehärtetes Papierfilter, das bei 100° im Trockenschrank getrocknet und dann nach entsprechender Akklimatisation auf 0,05 mg gewogen ist, filtriert. Dazu werden gehärtete, nicht fasernde Papierfilter der Firma Schleicher und Schüll (Rundfilter von 37 mm Durchmesser, Nr. 575) verwandt. Die Porenweite beträgt nach einer Auskunft der Firma 1,3  $\mu$  (Bestimmung von Dr. H. Witzmann, KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie, Berlin-Dahlem). Mit diesem Filter dürften alle Plankter, soweit sie über 2  $\mu$  groß und nicht von plasmatischer Konsistenz sind, auf dem Filter als Filtersatz zurückgehalten werden. Diese Filtration geschieht in einem früher beschriebenen Filtriergestell<sup>13)</sup> (Abb. 1, 2, 3) mit der Stefi-Filtrierapparatur. Um Vakuumverlust zu vermeiden, wird eine dicht schließende Gummimanschette über die Verbindungsstelle von Filterkopf und Aufsatzstutzen geschoben. Man regelt den Unterdruck an den Stefitrichtern mit den unten angebrachten Glashähnen so, daß in dem 50 ccm fassenden Glasaufsatz stets mindestens etwa 2 ccm Wasser stehen bleiben. Dazu darf zu Beginn der Filtration der Hahn nur ganz wenig geöffnet werden; zum Schluß kann man ihn ganz öffnen. Je nach der Filtrationsgeschwindigkeit bzw. der Menge des Filtersatzes bringt man noch weiteres Wasser zur Filtration. Die Erfahrung hat gezeigt, daß mindestens 1 mg, höchstens aber 5 mg als Satz zu sammeln sind, wenn man bei erträglichem Zeitaufwand für die Filtration eine genügende Genauigkeit erreichen will. Kurz bevor das letzte Wasser durch das Filter rinnt, gibt man einige Tropfen 40%iges Formaldehyd zum Filtrationsrest. Dadurch wird der Satz fixiert und so bei der nachfolgenden Spülung mit destilliertem Wasser vor Verlusten durch Auswaschung oder Zerplatzen

der zarten Mikroorganismen bewahrt. Die Notwendigkeit des Fixierens wird in Tabelle 4 erwiesen. Nach der Fixierung wird das in Meerwasser gelöste Salz mit

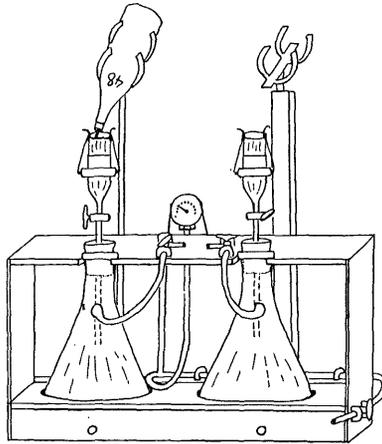


Abb. 1. Filtriergestell für die automatische Filtration von 2 Wasserproben

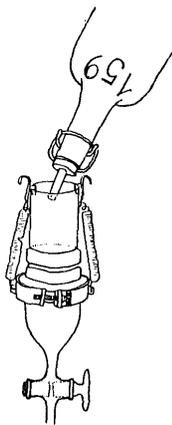


Abb. 2. „Steffi“-Trichter mit an-  
gesetzter Probenflasche 159.

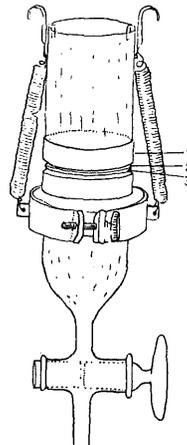


Abb. 3. „Steffi“-Trichter mit Filter  
1 = Dichtungsmanschette  
2 = Dichtungsring  
3 = Papierfilter

destilliertem Wasser aus dem Filter und seinem Satz gewaschen. Es genügt dazu, bei anhaltendem Unterdruck zweimal 10 ccm labordestilliertes Wasser durchlaufen zu lassen. Dann wird der Aufsatz mit Gummiring abgenommen und der Rand des

Filters bei weiterhin anhaltendem Vakuum mit einer Spritzflasche abgespritzt, um alles noch kapillar anhaftende Meerwasser auszuspülen.

### 3) Vergleichswägung der getrockneten Filter.

Die so behandelten Filter werden nun zusammen mit zwei Vergleichsfiltern, die völlig in aqua labordest. getaucht sind, in großen Petrischalen in den Trockenschrank gebracht<sup>1)</sup>. Hierin werden sie bei 100° ein bis zwei Stunden getrocknet. Darauf läßt man die Schalen im Wägezimmer neben der Waage an freier Luft, geschützt gegen Staub, ca. 1/2 bis 1 Stunde abkühlen und sich dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft anpassen. Bei der methodischen Entwicklung wurde zunächst eine Semimikrowaage der Sartoriuswerke in Göttingen mit automatischer Milligrammauflage benutzt. Später wird wegen des schnelleren Arbeitens und der unvergleichlich viel besseren Bordbrauchbarkeit eine Torsionswaage von Hartmann und Braun mit 100 mg Höchstlast und 0,2 mg-Teilung vorgezogen. Auf dieser war es mit dem Visierzeiger noch möglich, 0,05 mg mit einer Lupe abzulesen. Bei den Wägungen ist so verfahren, daß zu Beginn und am Ende die Vergleichsfilter gewogen wurden. Bei genügender Akklimatisationszeit und nicht zu langen Wägungszeiten zeigen sich bei diesen Doppelwägungen keine wesentlichen Abweichungen, welche über die Ablesefehler hinausgehen.

### 4) Berechnungen und Größenordnungen.

Das Filtersatzgewicht wird folgendermaßen berechnet: Zuerst wird an den getrockneten Blankfiltern die Differenz zum Vergleichsfilter errechnet: Blankgewicht. Nach der Filtration mit der darauffolgenden Trocknung wird erneut die Gewichts-differenz zu denselben Vergleichsfiltern berechnet: Satzgewicht. Satzgewicht minus Blankgewicht geben dann den gesuchten Wert für den Filtersatz, also das Trockenplankton. Dieses wird dann auf 1 Liter Schöpfwasser umgerechnet.

Die so gewonnenen Trockenplanktongewichte bewegen sich in der westlichen Ostsee um 0,1 bis 10 mg/Liter, meistens jedoch um 1—2 mg. Bei zahlreichen Filtrationen bekommt man an der Farbdichte des Filtersatzes einen Maßstab für dessen Gewicht. Aus dem Trockenplanktongewicht könnte man unter Anwendung eines aus vielen Bestimmungen ermittelten Faktors das Feucht- oder Lebendgewicht errechnen und damit auch weiterhin das Planktonvolumen. Im folgenden wird von dieser Umrechnung abgesehen, da die derart hereingebachte Unsicherheit nicht gerechtfertigt erschien durch den Vorteil, mit Volumangaben zu arbeiten. Es bleibt auch weiterhin das Ziel, das Feuchtgewicht des Planktons in verhältnismäßig kleinen Wassermengen direkt zu bestimmen.

## B. Kritische Untersuchungen zur Methode.

Die im vorhergehenden geschilderte Methode wurde in allen Einzelheiten einer Prüfung unterzogen. Dabei werden ihre Brauchbarkeit und auch ihre Grenzen festgestellt. Zunächst interessiert die Frage, wieweit die Filtergewichte der nicht behandelten Filter reproduzierbar sind. Dabei bestätigt sich, daß das Filtermaterial stark hygroskopisch ist. Die Filtergewichte ändern sich mit wechselnder Luftfeuchtigkeit, und zwar bis zu 2 mg auf 80 mg Filtermasse. Es ist also für den praktischen Gebrauch ausgeschlossen, mit Absolutgewichten zu arbeiten, wenn man Exsikkator und Wägegglas umgehen will. Dieses ist aber im Interesse einer Serienarbeit notwendig.

<sup>1)</sup> Es wurden elektrische Trockenschränke von Heräus-Hanau mit Thermoregulator verwendet.

1) Vergleich der Wägungen der analytischen und der Torsionswaage.

Nach dem Vorgang von Gry sind Versuche mit einer Relativwägung unternommen. Dazu wird eine größere Anzahl von Filtern im Trockenschrank bei 100° getrocknet. Nach einstündiger Akklimatisation in der Nähe der Waage wird die Gewichts Differenz gegen eines dieser Filter, das Bezugs- oder Vergleichsfilter, auf einer analytischen oder Semimikrowaage bestimmt. Diese Gewichts Differenz muß bei gleicher Behandlung praktisch gleich bleiben. Wenn man anstelle der gleicharmigen analytischen Waage eine Torsionswaage benutzt, muß man die Absolutgewichte bestimmen und die Differenz zum Bezugsfilter errechnen. Dieses letzte Verfahren wird wegen seiner Einfachheit und der schnellen Arbeitsweise später, auch bei methodenkritischen Untersuchungen, bevorzugt. Die Leistungen dieser Wägungen gehen aus Tabelle 2 hervor. Es zeigt sich dabei, daß das Wägungsmittel

Tabelle 2: Vergleichsbestimmung gleichen Materials und Vergleichswägung mit einer Semimikro- und einer Torsionswaage.

Bezeichnung der Wägungsreihe	Nr. des Filters	Filtersatz in mg	
		Semimikrowaage	Torsionswaage
24. 3. 43 Ba	87	1,82	1,8
	88	1,70	1,5
	89	1,43	1,5
	90	1,42	1,5
	91	1,35	1,5
	92	1,21	1,4
	93	1,37	1,4
	94	1,41	1,4
	Mittel	1,46	1,5
	Mittlere Abweichung	± 0,15	0,08
24. 3. 43	95	2,06	2,2
	96	2,07	2,1
	97	2,00	2,1
	98	2,34	2,4
	Mittel	2,12	2,2
	Mittlere Abweichung	± 0,11	0,10
27. 3. 43	105	2,30	2,4
	106	2,30	2,5
	107	2,26	2,5
	108	2,45	2,5
	Mittel	2,33	2,5
	Mittlere Abweichung	± 0,06	0,03
27. 3. 43	114	2,98	3,1
	115	3,19	3,4
	116	3,00	3,1
	117	3,06	3,2
	Mittel	3,06	3,2
	Mittlere Abweichung	± 0,07	0,12

von vier verschiedenen Bestimmungsreihen nur um 0,04 bis 0,17 mg, die mittlere Abweichung vom Mittel nur um 0,01 bis 0,05 mg differieren. Das ist eine durchaus tragbare Differenz, die sich nicht allein aus den Eigenschaften der Waagen, sondern vor allem aus den hygroskopischen Eigenschaften der Filter erklären dürfte.

2) Das Verhalten angefeuchteter und wieder getrockneter Filter.

a) Hydratation der fabrikneuen Filter.

In Tabelle 3 wird das Verhalten der Papierfilter ohne vorangegangene Filtration gezeigt, also nur die Reproduzierbarkeit der Filtergewichte erwiesen. Dabei wird folgendermaßen vorgegangen: zunächst werden die fabrikfrischen Filter, welche vorher mit einem spitzen, harten Bleistift numeriert worden waren, im Trockenschrank getrocknet, akklimatisiert und gewogen. Dieses Gewicht wird als Anfangsgewicht gesetzt. Darauf werden die Filter in labordestilliertes Wasser getaucht, wiederum getrocknet und gewogen wie vorher. Sie zeigen ohne Ausnahme eine

Tabelle 3: Reproduzierbarkeit der Filtergewichte nach gleicher Behandlung. Gewichts­differenz gegen das Anfangsgewicht.

Stunden im Trocken- schrank an Luft Nr. des Filters	Bestimmung								Mittel
	48	22	45	1	3	10	2	5	
	0,3	1	1	1	1	1	4	1,5	
1	+ 0,18	0,17	0,19	0,23	0,22	0,18	0,23	0,21	0,20
2	+ 0,19	0,21	0,28	0,32	0,33	0,22	0,28	0,29	0,27
3	+ 0,21	0,17	0,31	0,36	0,31	0,21	0,35	0,32	0,28
4	+ 0,21	0,19	0,33	0,47	0,34	0,20	0,34	0,32	0,30
Mittel	+ 0,20	0,19	0,28	0,35	0,30	0,20	0,30	0,28	0,28

nicht unbedeutende Gewichtszunahme, selbst nach langen Trocknungszeiten. Diese Manipulation wird mit denselben Filtern insgesamt achtmal vorgenommen bei verschiedenen Trocknungs- und Akklimatisationszeiten. Der Unterschied bleibt nach dem ersten Befuchten gleich. Es zeigen sich Trockengewichtszunahmen von 0,17 bis 0,47 mg, im Mittel von 32 Bestimmungen 0,28 mg. Diese 0,28 mg kann man als mittlere Gewichtszunahme durch Hydratation ansehen. Es ist also notwendig, entweder bei der Berechnung des Filtersatzes 0,28 mg vom Trockensatz abzuziehen oder mit Filtern zu arbeiten, die vor der ersten Wägung schon einmal in labordestilliertes Wasser getaucht und dann in der üblichen Weise im Trockenschrank getrocknet worden sind. Auch im weiteren Verlauf erweist es sich als günstiger, das „Blankgewicht“ an hydrierten Filtern zu ermitteln. Damit werden auftretende individuelle Hydratationsunterschiede der einzelnen Filter umgangen. Tabelle 3 gibt auch für diese Unterschiede einen Anhalt. Selbst bei der geringen Zahl von nur vier Probefiltern zeigt sich bei insgesamt je acht Prüfungen eine mittlere Gewichts­differenz von 0,2 bis 0,3 mg unter den verschiedenen Filtern.

b) Bestimmung der mittleren Gewichtsabweichung gleichbehandelter Filter.

Tabelle 3 zeigt weiterhin, wie völlig gleichartige Behandlung auf vier verschiedene Filter wirkt. Die Filter werden alle in gleicher Weise in labordestilliertes Wasser getaucht, im Trockenschrank getrocknet und neben der Waage akklimatisiert. Trocknungs- und Akklimatisationszeiten gehen aus der Tabelle hervor. Insgesamt zeigt sich eine mittlere Gewichtszunahme gegenüber dem Anfangsgewicht von 0,19 bis 0,35 mg. Das sind im Durchschnitt 0,16 mg Gewichts-differenz bei gleichbehandelten Filtern. Diese Größe geht als Grundschwankung mit ein in alle Bestimmungen. Man wird sie als Mindestgröße beim Vergleich von Parallelbestimmungen am natürlichen Plankton wiederfinden.

### 3) Verlust an Filtermasse bei Vakuumfiltration.

Weiterhin ist die Frage wichtig, wie sich die Filter gegenüber der Vakuumfiltration im Stefttrichter verhalten. In Tabelle 4 wird eine Versuchsreihe wiedergegeben, in der durch 5 Filter je 5 Liter labordestilliertes Wasser unter Vakuum filtriert wurden. Zur gleichen Zeit zeigt die Tabelle den Gang der Bestimmung. Filter 487 ist das Vergleichs- oder Bezugsfilter, gegen welches die anderen Filter gewogen wurden. In Spalte II findet man die Gewichte der Filter vor der Filtration (Blankgewicht), in Spalte IV die Filtergewichte nach der Filtration (Satzgewicht). Ein Vergleich der Spalten III und V zeigt die ganz minimale Abweichung von im Mittel — 0,1 mg. Es würden also bei der Filtration von 5 Litern Wasser 0,1 mg verloren gehen. Wenn man nun wie gewöhnlich nur 1—2 Liter filtriert, dann fällt die Menge von 0,02 mg überhaupt nicht ins Gewicht. Erst bei der Filtration größerer Wassermengen ist der Verlust an Filtermasse mit in Rechnung zu setzen.

Tabelle 4. Verlust durch Filtration von je 5 Litern destillierten Wassers. (Angabe der Werte in mg, Wägung mit Torsionsw.)

I	II	III	IV	V	V-III
Filter-Nr.	Gewicht der Blankfilter	Differenz z. Vergleichsf.	Gewicht der Satzfilter	Differenz z. Vergleichsf.	Satz
487	85,2	—	85,8	—	—
488	80,4	— 4,8	81,0	— 4,8	0,0
489	82,4	— 2,8	83,1	— 2,7	— 0,1
490	84,0	— 1,2	84,7	— 1,1	— 0,1
491	81,9	— 3,3	82,5	— 3,3	0,0
492	83,4	— 1,8	84,2	— 1,6	— 0,2
				Mittel	— 0,1

### 4) Die Fixierung des Filtersatzes bei Meeresplankton.

Auf Seite 8 ist darauf hingewiesen, daß der Filtersatz kurz vor Beendigung der Filtration mit einigen Tropfen 40 %igen Formalin fixiert wird. Eine Fixierung des Satzes scheint bei Meerwasser aus folgendem Grunde erforderlich: alle Meeresorganismen erleiden bei einem schnellen Wechsel des osmotischen Druckes ihres Mediums erheblichen Schaden. Soweit sie nicht von einer festen Membran umgeben sind, platzen sie oft, sobald der Druck des Außenmediums unter ein

bestimmtes Maß sinkt. Diese Zellbruchstücke werden von den Filtern mit ihrer Porenweite von  $1,3 \mu$  nicht mehr erfaßt. Durch eine Fixierung wird der Plasmakörper durch Gerinnung widerstandsfähiger. Jetzt kann er, ohne in einzelne Bruchstücke zu zerfallen, größere Schwankungen des osmotischen Druckes ertragen.

Als Fixierungsmittel wird das in die Planktonkunde gut eingeführte Formaldehyd (Formalin) in 2%iger Konzentration, sowie Lugolsche Lösung angewandt. In einem ersten Versuch wird die Wirkung dieser Fixierungsmittel auf eine Rohkultur von Meeresplankton erprobt. Diese Kultur besteht fast ausschließlich aus Diatomeen der Gattung *Chaetoceras* und *Melosira*. Tabelle 5 gibt die einzelnen Wägungen dieser Versuchsreihe wieder, sowie die daraus errechneten Mittel. Dabei tritt klar hervor, daß die Werte der fixierten Proben höher liegen als die der nicht fixierten, und zwar sowohl im Mittel als auch in den Einzelwerten. Der Unterschied beträgt bei formalinfixiertem Plankton + 15%, bei lugolfixiertem + 31,4%.

Tabelle 5: Fixierung des Filtersatzes.

Material: Meeresplankton-Rohkultur, vorwiegend aus *Chaetoceras* und *Melosira* bestehend.

Wägung: Semimikrowaage.

Bezeichnung der Bestimmung	Flüssigkeitsmenge in ccm	Filtersatz in mg	Abweichung vom Mittel mg	vom %	auf 1 Liter berechnet mg/L	Fixierungsmittel
27. 2. 43	200	2,30	-0,03	-1,3	11,50	ohne
	200	2,30	-0,03	-1,3	11,50	ohne
	200	2,26	-0,04	-3,0	11,30	ohne
	200	2,45	+0,12	+5,1	12,25	ohne
Mittel	200	2,33	$\pm 0,06$	$\pm 2,6$	11,65	ohne
27. 3. 43	200	2,54	-0,14	-5,2	12,70	Formalin
	200	2,78	+0,10	+3,7	13,90	Formalin
	200	2,86	+0,18	+6,7	14,30	Formalin
	200	2,53	-0,15	-5,6	12,65	Formalin
Mittel	200	2,68	$\pm 0,14$	$\pm 5,2$	13,40	Formalin
27. 3. 43	200	2,98	-0,08	-2,6	14,90	Lugol
	200	3,19	+0,13	+4,3	12,95	Lugol
	200	3,00	-0,06	-2,0	15,00	Lugol
	200	3,06	0	0	15,30	Lugol
Mittel	200	3,06	$\pm 0,07$	$\pm 2,3$	15,30	Lugol

Bei solchen großen Unterschieden, besonders dem Zuwachs bei lugolfixiertem Plankton, liegt der Verdacht nahe, daß das Trockengewicht durch Absorption des Fixierungsmittels durch das Plankton verfälscht sein könnte. Deswegen wird in einem weiteren Versuch mit Süßwasserplankton, bei dem eine Spülung mit destilliertem Wasser nicht notwendig war, der Einfluß der beiden Fixierungsmittel weiter untersucht. Bei einem brauchbaren Fixierungsmittel müßte das Satzgewicht der fixierten Probe gleich dem einer unfixierten sein.

Das Versuchsmaterial wurde aus einem kleinen Süßwassertümpel gewonnen und durch Planktongaze 3 und 12 filtriert, um die größeren Plankter aus dem Mate-

rial herauszuholen. Im Filtrat befinden sich ausschließlich lebhaft bewegliche, stark phototaktische Peridinium-Arten. Um mit möglichst wenig Flüssigkeit zu arbeiten, wird das Plankton phototaktisch angereichert und dann isoliert. Aus dem kräftig geschüttelten Gefäß werden mit einer 50er Vollpipette in einem Zuge in 15 Bechergläser je 100 ccm Flüssigkeit pipettiert. Dadurch ist eine völlig gleichmäßige Verteilung in allen Proben gewährleistet.

Tabelle 6 zeigt das Ergebnis der Bestimmungen. Es tritt klar hervor, daß durch die Lugolfixierung eine erhebliche Gewichtszunahme von 4,6 % erfolgte gegenüber den nicht fixierten Proben.

Tabelle 6: Der Einfluß verschiedener Fixierungsmittel.

Material: phototaktisch angereichertes Süßwasserplankton, ausschließlich aus Peridineen bestehend.

Bezeichnung der Bestimmung	Flüssigkeitsmenge in ccm	Filter-satz in mg	Abweichung vom Mittel mg	%	auf 1 Liter berechnet mg/L	Fixierungs-mittel
14. 4. 43	100	5,95	-0,08		59,5	ohne
	100	5,89	-0,14		58,9	ohne
	100	6,23	+0,20		62,3	ohne
	100	5,90	-0,13		59,0	ohne
	100	6,17	+0,14		61,7	ohne
Mittel	100	6,03	± 0,14	± 2,3	60,3	ohne
14. 4. 43	100	6,29	+0,31		62,9	Formalin
	100	6,12	+0,14		61,2	Formalin
	100	6,11	+0,13		61,1	Formalin
	100	5,45	-0,53		54,5	Formalin
	100	5,91	-0,07		59,1	Formalin
Mittel	100	5,98	± 0,24	± 4,0	59,8	Formalin
14. 4. 43	100	6,71	+0,40		67,1	Lugol
	100	6,11	-0,20		61,1	Lugol
	100	6,26	-0,05		62,6	Lugol
	100	5,97	-0,34		59,7	Lugol
	100	6,51	+0,20		65,1	Lugol
Mittel	100	6,31	± 0,24	± 3,8	63,1	Lugol

Diese Zunahme läßt sich dadurch erklären, daß durch die Organismen vor allem Jod absorbiert wird. Davon kann man sich im Mikroskop überzeugen: das Plasma zeigt eine starke Braunfärbung. Lugolsche Lösung ist demnach für unsere Gewichtsbestimmungen nicht brauchbar. Der Unterschied zwischen dem Mittel der nicht fixierten und der formolfixierten Proben liegt innerhalb der Fehlergrenze. Formalin verfälscht also das Wägungsergebnis nicht. Es wird in der Folge stets angewandt bei der Verarbeitung von Meeresproben.

##### 5) Vergleich von Parallelbestimmungen an natürlichem Plankton.

Nachdem die einzelnen Stufen der Methode einer kritischen Prüfung unterzogen sind, sollen jetzt Parallelbestimmungen an Meeresplankton miteinander verglichen werden. Um Unterschiede, welche in einer natürlichen Planktonverteilung im

Meere bedingt sein können, zu vermeiden, werden Doppelbestimmungen an aufgeteilten Wasserproben vorgenommen. Im Februar 1943 sind in der Eckernförder Bucht und dem angrenzenden Seegebiet eine Anzahl Proben untersucht worden. Die Wasserproben sind mit einem Kippwasserschöpfer genommen und zunächst in 1-Liter-Flaschen abgefüllt. Nach kräftigem Umschütteln wurde etwa die Hälfte in einen Meßzylinder gegossen, das Volumen bestimmt und dann die Probe verarbeitet. Tabelle 7 zeigt die Daten dieser Bestimmung. Zu einem Teil sind die Unterschiede aus nicht näher ersichtlichen Gründen sehr groß, maximal bis + 0,63 mg und - 0,74 mg bei einem Litergewicht von 2,5 mg. Im Mittel halten sich die Unterschiede aber um  $\pm 0,20$  mg. Das sind 10,1% des Litergewichtes bei einem absoluten Gewicht von 0,98 bis 3,70 mg/Liter. Auf einer späteren Fahrt in die Beltsee wurden mit dem 3-Liter-Krümmlwasserschöpfer Proben entnommen

Tabelle 7: Trockenplankton in aufgeteilten Wasserproben aus der Eckernförder Bucht.

Teil	Wasser- menge in ccm	Trockenplankton gewogen in mg	auf 1 Liter berechnet	Abweichung von a + b in mg	Abweichung in %
a	450	0,73	1,64	+0,23	+16,3
b	500	0,61	1,22	-0,19	-13,5
a+b	950	1,34	1,41		
a	500	0,65	1,30	-0,03	- 2,3
b	480	0,65	1,35	+0,05	+ 3,8
a+b	980	1,30	1,33		
a	430	0,75	1,75	$\pm 0$	0
b	500	0,88	1,76	+0,01	0
a+b	930	1,63	1,75		
a	510	0,87	1,71	+0,19	+12,5
b	490	0,65	1,33	- 0,19	-12,5
a+b	1000	1,52	1,52		
a	500	0,49	0,98	-0,12	-10,9
b	400	0,50	1,25	+0,15	+13,6
a+b	900	0,99	1,10		
a	500	0,68	1,36	-0,08	- 5,6
b	460	0,70	1,52	+0,08	+ 5,6
a+b	960	1,38	1,44		
a	540	1,69	3,13	+0,63	+25,2
b	460	0,81	1,76	-0,74	-29,6
a+b	1000	2,50	2,50		
a	570	0,63	1,11	-0,05	- 4,3
b	430	0,53	1,23	+0,07	+ 6,0
a+b	1000	1,16	1,16		
a	500	1,26	2,52	+0,18	+ 7,7
b	480	1,03	2,15	-0,19	- 8,1
a+b	980	2,29	2,34		
a	500	1,45	2,90	-0,37	-11,3
b	370	1,39	3,70	+0,43	+13,2
a+b	870	2,84	3,27		
			Mittel	$\pm 0,20$	$\pm 10,1$

und sofort in 1-Liter-Flaschen abgefüllt. Tabelle 8 zeigt das Ergebnis dieser Parallelbestimmungen. Auch hier beträgt die mittlere Differenz zwischen zwei Bestimmungen 0,23 mg bei einem absoluten Trockenplanktongewicht von 0,7 bis 2,8 mg. Gegenüber diesen verhältnismäßig hohen Unterschieden zeigt das weitgehend homogene Kulturplankton geringere Abweichungen vom Mittel. In Tabelle 5 zeigt sich, daß bei gleicher Größenordnung des gewogenen Filtersatzes von 2,3 bis 3,1 mg/L die Abweichungen wesentlich geringer sind mit  $\pm 0,06$  bis 0,14 mg, d. s.  $\pm 2,3$  bis 5,3 %. Dabei muß freilich betont werden, daß vor dem Abfüllen der Proben die ganze Rohkultur durch ein Sieb aus Seidengaze 3 gegossen wurde. Dadurch wurden gröbere Flocken zurückgehalten und gleichzeitig für eine gute Durchmischung gesorgt. Auch das ziemlich homogene Süßwasserplankton (Tabelle 6) zeigt prozentual die etwa gleiche Abweichung von + 2,3 bis 4 %. Hier handelt es sich freilich um die 2—3fache Menge gewogenen Filtersatzes: 5,98—6,31 mg zeigten eine mittlere Abweichung von  $\pm 0,14$ —0,24 mg.

Es liegt die Vermutung nahe, daß durch größere Partikel die starken Schwankungen in den Bestimmungen am natürlichen Meerwasser hervorgerufen werden. Ein noch größerer Ausschlag der Werte wurde bei der Verarbeitung der allwöchentlich in der Kieler Außenförde genommenen Doppelproben beobachtet. Hier wechseln sehr gut übereinstimmende Proben mit solchen großer Differenzen bis zu 1 mg.

#### 6) Unterteilung des Filtersatzes in Größenordnungen.

Weiterhin wird der Versuch gemacht, bei sehr dichtem, größenordnungsmäßig verschiedenem Plankton dieses durch ein entsprechendes Sieb in zwei Bestandteile zu trennen. Im Juli 1943 wurde aus dem benachbarten Kasseteeich eine größere Wasserprobe auf ihren Gehalt an Trockenplankton untersucht. Das Plankton besteht zum allergrößten Teil aus der großen Sichelalge *Aphanizomenon flos aquae*. An Zooplankton sind hauptsächlich große Daphniden, und kleine Rädertiere vertreten. Nach 3 Gesamtbestimmungen wurden 500 ccm Wasser durch ein

Tabelle 8: Parallelbestimmungen an Schöpfproben aus dem Gebiet der Beltsee und der Westlichen Ostsee.

Stationsnummer	Tiefe	Filtrierte Wassermenge in ccm	Gewogener Filtersatz in mg	Satz auf 1 Liter berechnet	Unterschied in den Bestimmungen
23	43	1000	2,45	2,45	0,35
		1000	2,80		
28	16	1000	0,5	0,5	0,2
		1000	0,3	0,3	
38	20	1500	2,3	1,6	0,2
		1500	2,75	1,8	
39	0	1500	1,85	1,2	0,4
		1500	2,45	1,6	
42	22	1000	1,8	1,8	0,1
		1000	1,7	1,7	
59	0	3000	2,55	0,85	0,15
		3000	2,15	0,7	
Mittlere Abweichung					0,23

Bronzesieb von 100  $\mu$  Maschenweite gegossen. Der Siebrückstand und das Filtrat wurden dann auf Gewicht verarbeitet. Tabelle 9 zeigt die einzelnen Daten dieser Untersuchung. Man sieht aus dieser Tabelle eine außerordentlich gute Übereinstimmung zwischen der Bestimmung der Gesamsubstanz und der Summe der Teilbestimmungen. 3 Proben ergeben im Mittel 20,7 mg Trpl/L. Davon bestehen 20 mg aus Bestandteilen über 100  $\mu$  Größe, der Rest von 0,7 mg/L aus kleinem Plankton von 2 bis 100  $\mu$  Größe. Besonders bei einem Plankton, welches reich an großen Bestandteilen ist, läßt sich solche Trennung sehr gut durchführen. Bei entsprechender Größenordnung der einzelnen Fraktionen könnte man mit einer entsprechenden Siebanordnung zweckmäßig noch eine weitere Untergliederung in Größenklassen vornehmen.

Tabelle 9: Unterteilung des Planktons in Größenordnungen.

Material: Schöpfwasser aus einem Fischteich mit starker Wasserblüte von *Aphanizomenon flos aquae*.

Filternummer	Filtriertes Wasser ccm	Gewogener Filtersatz mg	Filtersatz auf 1 Liter berechnet	Bemerkungen
249	100	2,1	21,0	unfiltriertes Wasser
250	100	2,1	21,0	unfiltriertes Wasser
251	100	2,0	20,0	unfiltriertes Wasser
252	500	10,1	20,2	Rückstand auf dem Bronzegazesieb
253	500	0,4	0,8	Plankton d. Filtrates

#### 7) Fixierung der Wasserproben.

Da auf kleinen Fahrzeugen (Fischkuttern u. ä.) und auf Exkursionen nicht immer die Möglichkeit besteht, die Proben mit der eingangs beschriebenen Filtrierapparatur, selbst in sehr vereinfachter Ausführung, zu verarbeiten, ist weiterhin die Frage zu untersuchen, wie weit formalinfixierte Wasserproben brauchbare Werte geben. Wenn sich die fixierten Wasserproben unverändert erhalten, kann man sie über weite Strecken zum Aufarbeitungsort verschicken. Zu diesem Zweck sind drei Versuchsreihen angesetzt: Das Material der ersten besteht aus normalem Meerwasser der Kieler Außenförde mit einem Planktongehalt von 3,2 mg Trpl/L (I). Das Material der zweiten (II) und der dritten (III) Reihe ist aus demselben Wasser mit einem Zusatz von Netzplankton bereitet; es enthält 8,8 mg Trpl/L. Beide Wassersorten sind, nachdem jede für sich in einem großen Aquarium gründlich durchmischt ist, in 1- bzw. 2-Liter-Flaschen abgefüllt, so daß eine möglichst gleichmäßige Verteilung gesichert ist. Darauf wird das Material in den Flaschen fixiert, und zwar kamen auf 950 ccm Wasser 50 ccm 40%iges Formalin. Alle Flaschen sind in einem kühlen Keller bei schwachem Lichteinfall aufbewahrt. Die Flaschen der dritten Reihe sind täglich in einer Schüttelapparatur mehrere Stunden heftig geschüttelt. Von jeder Reihe sind in verschiedenen Abständen Doppelbestimmungen gemacht. Tabelle 10 gibt die Beobachtungsdaten im Einzelnen wieder. Aus allen drei Reihen ergibt sich keinerlei Veränderung, welche über die früher besprochenen Abweichungen hinausgeht. Die mittleren Abweichungen vom Mittel betragen innerhalb der ganzen Reihe nur  $\pm 0,20$ ,  $0,33$  und  $0,16$  mg. Das ist dieselbe Größenordnung der Differenzen, wie sie in Tabelle 7 mit  $\pm 0,20$  mg und in

Tabelle 8 mit  $\pm 0,23$  mg an Planktongewichtsuntersuchungen in der Ostsee festgestellt sind.

Es folgt also, daß man, ohne die Brauchbarkeit der Bestimmungen zu beeinträchtigen, die Proben in fixiertem Zustande wochenlang stehen lassen kann. Diese Feststellung gilt vorerst nur für die gezeigten Versuchsbedingungen: mittlerer Planktongehalt bis zu 10 mg und gemäßigte Temperaturen bis zu etwa 20°.

Tabelle 10: Gewichtsuntersuchungen an fixierten Wasserproben.

Reihe	I			II			III		
	a	b	Mittel	a	b	Mittel	a	b	Mittel
Bestimmung	mg in 950 ccm			mg in 475 ccm			mg in 475 ccm		
Tage									
0	2,9	3,1	3,0	3,6	3,8	3,7	—	—	—
1	3,0	2,7	2,85	4,4	4,3	4,35	—	—	—
4	2,8	2,8	2,8	4,1	4,1	4,1	3,8	4,1	3,95
8	3,3	3,4	3,35	5,3	4,4	4,85	3,85	3,9	3,9
12	—	—	—	3,9	4,05	3,95	—	—	—
17	3,2	3,2	3,2	4,6	4,3	4,45	3,95	3,8	3,9
22	—	—	—	3,9	3,6	3,75	4,5	3,9	4,2
Mittel	3,04	3,04	3,04	4,26	4,08	4,19	4,03	3,93	3,99
Abweichung									
in mg	$\pm 0,17$	0,23	0,20	0,44	0,22	0,33	0,24	0,09	0,16
in %	$\pm 5,6$	7,6	6,6	10,3	5,4	7,9	5,95	2,3	4,1

#### 8) Optischer Vergleich von Planktensuspensionen mit ihren Filtraten.

Eine Kontrolle und Ergänzung der Gewichtsbestimmungen ist in der optischen Untersuchung der Suspension und des Filtrates gegeben. Dabei liegen folgende Überlegungen zugrunde: Das natürliche Meerwasser enthält suspendierte Partikel von verschiedener Korngröße und mit verschiedener Häufigkeit der Korngrößen. Durch die Filtration wird alles, was über  $1,3 \mu$  groß ist, und nicht unter dem Filtrationsdruck zerplatzt, auf dem Filter zurückgehalten. Die im Filtrat enthaltenen Partikel sind von der Größenordnung von  $1,3 \mu$  bis zur Größe der Kolloide. Ihr Anteil an der Gesamtrübung wechselt.

Im Zeißschen Pulfrichphotometer wird die Trübung bestimmt durch Messung der Extinktion bei  $530 m \mu$ . Man nimmt dabei an, daß das natürliche Meerwasser keine gelösten Stoffe in Konzentrationen enthält, welche bei dieser Wellenlänge eine meßbare oder wechselnde Extinktion hervorrufen. Weiterhin nimmt man an, daß das Extinktionsminimum bei gleicher Menge Substanz das gleiche ist, d. h. also, daß die Größe der Plankter keinen Einfluß auf die Extinktion hat, sondern nur ihre Konzentration. Eine strenge Beziehung zwischen Trübung und Gewicht der suspendierten Teilchen von der Größe des Planktons besteht nicht, da im Plankton das Verhältnis Volumen zu Oberfläche sehr verschieden sein kann. Bei der Untersuchung des durch die quantitativen Papierfilter filtrierten Wassers wird

\*) Sämtliche hier wiedergegebenen Extinktionskoeffizienten sind bei 25 cm Schichtdicke bestimmt und auf 1 m berechnet. Sie enthalten nicht mehr den Anteil des reinen Wassers, da die Messungen gegen destilliertes Wasser als Vergleichsflüssigkeit erfolgten.

man sich nur ein annäherndes Bild machen können, wie groß der Anteil der Trübung unter  $1,3 \mu$  ist. Diese Bestimmung ist vorerst rein qualitativ. In Tabelle 11 sind eine Anzahl von Bestimmungen des Extinktionskoeffizienten bei  $530 m \mu$  an verschiedenen Suspensionen wiedergegeben zusammen mit den Trockenplanktongewichten. Bei der Filtration durch Filter verschiedener Porenweite wird ein wechselnder Anteil der Trübung im Filtrat wiedergefunden, und zwar bei groben Filtern mehr als bei feinen. Das bedeutet, daß z. B. bei einer Korngröße von 1 bis  $1,3 \mu$  (Bestimmung I) und von  $1,3$  bis  $3 \mu$  (Bestimmung II) ein sehr wesentlicher Teil der Trübung liegt. Weiterhin ist bemerkenswert, daß bei den verschiedenen Suspensionen der Quotient  $a_{530}/Trpl$  nicht gleich bleibt. Das hat seine Ursache in der heterogenen Zusammensetzung des Materials: ein stark wechselnder Anteil der Gesamttrübung läuft durch das Filter. Wenn man die auf dem Filter zurückgebliebene Trübung in Beziehung setzt zu dem gewogenen Filtersatz (Spalte A—B/Trpl), so ist auch dieser Quotient bei den verschiedenen Bestimmungen nicht gleich, wenn auch die Unterschiede kleiner sind als bei dem Quotienten  $a_{530}/Trpl$ . Auch für dieses Verhalten ist das sehr verschiedene Verhältnis von Volumen und Oberfläche der Plankter verantwortlich. Auf Grund dieser Berechnungen ist vorerst nur ein Urteil möglich, ob viel oder wenig von den suspendierten Teilchen durch das Filter gelaufen ist.

Tabelle 11: Optisches Verhalten der Filtrate.

Bestimmungsnummer	Material	Trpl mg/L	$a_{530}$	$\frac{a_{530}}{Trpl}$	$\frac{A-B}{Trpl}$
I A	Rohkultur v. Skeletonema	12,85	5,44	0,423	0,405
B	Durch quantitatives Papierfilter filtriert		0,24		
C	Durch Cellafilter filtriert		0,22		
II A	Fördewasser v. 22. 9. 43	2,4	0,72	0,30	0,237
B	Durch quant. Papierfilter		0,152		
C	Durch Membranfilter ( $3 \mu$ )		0,192		
III A	Rohkultur von Süßwassermonadinen v. 12. 7.	17,0	26,60	1,563	0,980
B	Durch quant. Papierfilter		9,92		
IV A	Fördewasser vom 5. 10. 43	1,3	0,272	0,209	0,117
B	Durch quant. Papierfilter		0,120		
V A	Fördewasser vom 20. 10. 43		0,48		
B	Durch quant. Papierfilter		0,20		

Diese Unterschiede werden besonders augenfällig in der Abbildung 4, in der die Werte für die Extinktionskoeffizienten bei den verschiedenen Spektralfiltern aufgetragen sind, sowohl für Plankton suspensionen als auch für deren Filtrate. Dabei ist der Extinktionskoeffizient für  $720 m \mu$  für alle Lösungen gleich eins gesetzt. Der Anstieg im kurzwelligen Bereich des Spektrums deutet auf eine Gelbfärbung der Flüssigkeit hin, wenn man davon absieht, daß sehr kleine suspendierte Teilchen im kurzwelligen Teil des Spektrums eine höhere Extinktion zeigen als im langwelligen. Ferner zeigt sich sehr deutlich, daß ein wechselnder Anteil der Trübung von den Filtern zurückgehalten wird. Der zurückgehaltene Teil ist bei der verhältnismäßig groben Skeletonema-Kultur größer als im natürlichen

Plankton des Meerwassers. Das verschiedene Verhalten zweier Flagellaten-Suspensionen ist auf deren verschiedenen physiologischen Zustand zurückzuführen. Die Kultur vom 12. 7. ist gegenüber der vom 7. 7. gealtert und hat die Filtration schlechter überstanden. Bei der Filtration der alten Kultur wird ein großer Teil der

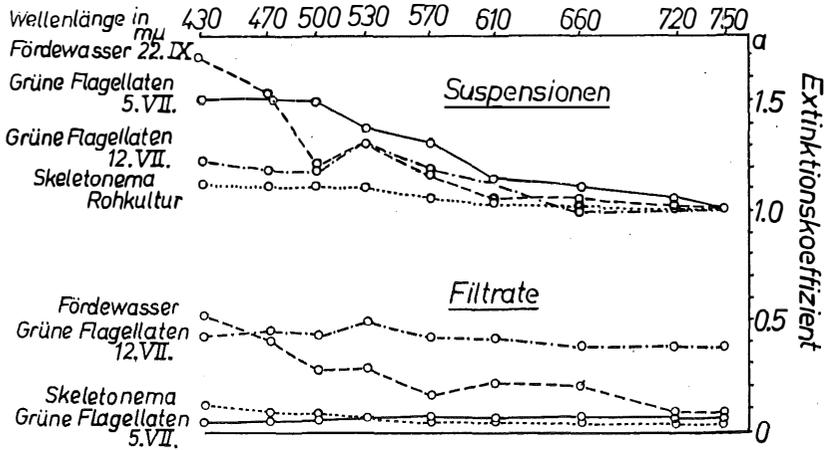


Abbildung 4: Optisches Verhalten von Planktonsuspensionen und deren Filtraten.

Flagellaten geplatzt sein während der Filtration. Insgesamt ergibt sich, daß durch die Filtration nur ein wechselnder Teil der Trübung zurückgehalten wird. Dieser Anteil richtet sich nach der Größenzusammensetzung der Suspension. Durch die optische Untersuchung gewinnt man einen Anhalt dafür, wieviel von einer Suspension beim Filtrieren zurückgehalten wird.

#### Zusammenfassung.

Im vorhergehenden wird eine Methode beschrieben zur quantitativen Bestimmung des Trockengewichtes des Meeresplanktons. Sie besteht darin, daß durch ein vorher getrocknetes und gewogenes gehärtetes Papierfilter von 1,3  $\mu$  Porenweite eine relativ kleine Menge Meerwasser (1—5 Liter) filtriert wird. Der Filtersatz wird mit Formaldehyd fixiert und das Salz mit destilliertem Wasser ausgewaschen. Dann wird das Filter mit dem Satz bei 100° im Trockenschrank getrocknet und wieder gewogen. Die Wägung erfolgt mit einer Torsionswaage auf 0,05 mg genau mit Vergleichsfiltern. Die Beziehung auf Vergleichsfilter ist notwendig, da das Filtermaterial stark hygroskopisch ist. Zu einer Bestimmung werden 0,5 bis 5 Liter Meerwasser filtriert. Die Trockenplanktonwerte bewegen sich in der Kieler Außenförde im Laufe des Jahres zwischen 1 und 11 mg/Liter mit mittleren Werten um 3 mg Trpl./L.

Die mittlere Abweichung vom Wägungsmittel wird an 10 aufgeteilten Meerwasserschöpfproben in 20 Bestimmungen zu  $\pm 0,2$  mg =  $\pm 10\%$  bestimmt. Auch an zahlreichen anderen Proben von Meeres- und Süßwasserplankton wird die

mittlere Abweichung zu 0,24 mg/L beobachtet. Die prozentuale Abweichung ist entsprechend dem Mittelwert verschieden; sie stieg aber bei den bisherigen Bestimmungen nur in Ausnahmefällen über 10%. Bestimmungen an fixierten Wasserproben ergeben auch nach mehrwöchigem Stehen brauchbare Werte. Mit Formalin fixierte Proben können auch verschickt werden, ohne daß die Gewichtsbestimmung darunter leidet. Die optische Untersuchung zeigt, daß von den Filtern je nach der Zusammensetzung der Suspension aus verschiedenen Korngrößen ein wechselnder Teil der Trübung zurückgehalten wird.

#### Literaturverzeichnis.

- 1) LOHMANN, H.: Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen, Abt. Kiel, N. F. Vol. X, 1908.
- 2) HENSEN, V.: Über die Bestimmung des Planktons. 5. Bericht der Kommission z. wissenschaft. Unters. d. Deutschen Meere. Kiel 1887.
- 3) USSATSCHEV, P. L.: Description of New Devices (Volume meters) for Determining Volume of Plankton in Expeditional Conditions and Methods of applying them. Volume in Honour of N. M. Knipowich, Institute of Marine Fisheries and Oceanography of USSR. 1939.
- 4) KALLE, K.: Meereskundliche chemische Untersuchungen mit Hilfe des Zeißschen Pulfrichphotometers. V. Mittel.: Die Bestimmung des Gesamtphosphorgehaltes, des Planktonphosphorgehaltes und Trübungs-messungen. Ann. d. Hydrographie, Vol. 63, 1935.
- 5) COOPER, L. H. N.: Phosphorus, Nitrogen, Iron and Manganese in Marine Zooplankton. Journal Mar. Biolog. Association. Vol. 23, 1939.
- 6) BRANDT, K. und RABEN, E.: Zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Planktons und einiger Bodenorganismen. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen, Abteilung Kiel, N. F. Vol. 19, 1919—1922.
- 7) STEEMANN NIELSEN, E.: The annual amount of organic matter produced by the phytoplankton in the Sound of Helsingør, Meddel. fra Komm. Danmarks Fiskeri- og Havunders. Ser. Plankton. Vol. III, 2, 1937.
- 8) KOLKWITZ, Plankton und Seston, Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 1912, 1918.
- 9) RUTTNER, F. und SAUBERER, F.: Durchsichtigkeit des Wassers und Plankton-schichtung. Intern. Revue Hydrobiol. Vol 37, 1938.
- 10) STEEMANN NIELSEN, E.: Eine Methode zur exakten quantitativen Bestimmung von Zooplankton. Journal du Conseil, Vol. X, 1935.
- 11) PETERSSON, H.: A Transparencymeter for Seawater. Meddel. Göteborgs Hogskolas Oceanografiska Institution, Nr. 7, 1934.
- 12) WATTENBERG, H.: Untersuchungen über Durchsichtigkeit und Farbe des Seewassers. Kieler Meeresforschungen, Vol. II, 1938.
- 13) GRY, H.: Das Wattenmeer bei Skallingen. Quantitative Untersuchungen über den Sinkstoffgehalt der Gezeitenströmungen. Fol. Geographica Danica, Vol. II, 1942.
- 14) KREY, J.: Die Bestimmung des Chlorophylls in Meerwasserschöpfproben. Journal du Conseil, Vol. XIV, 1939.