

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 Urheberrechtlichhabers. 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.

Produktionsbiologische Serienbestimmungen im südlichen Teil der Nordsee im März 1955¹⁾

Von Karl BANSE

Wie in den Jahren 1952 und 1953 wurden auch im März 1955 die hydrographischen und biologischen Verhältnisse der südlichen Nordsee während des Frühjahrs untersucht. Im Gegensatz zu den früheren Jahren waren drei deutsche Schiffe daran beteiligt: In den offenen Seegebieten arbeiteten „Anton Dohrn“ und „Gauß“, entlang der deutschen Küste „Uthörn“. Auf „Anton Dohrn“ war Gelegenheit gegeben, einige produktionsbiologische Beobachtungen auszuführen; das Ziel war dabei, mit Serienmethoden, welche eine Durchführung der Analysen in wenigen Tagen erlaubten (teilweise konnten die Messungen schon an Bord abgeschlossen werden), einen Überblick über den biologischen Zustand des Pelagials im südlichen Teil der Nordsee zu erhalten. Die fast gänzlich fehlende Vertikalschichtung des Wassers in den durchfahrenen Gebieten ließ eine Beschränkung auf Oberflächenproben gerechtfertigt erscheinen.

Da die Fahrtrouten der drei Schiffe aufeinander abgestimmt waren, können die hier vorgelegten Ergebnisse der Untersuchungen eines Schiffes nur ein lückenhaftes Bild vermitteln. Eine zusammenfassende Behandlung des Untersuchungsgebietes zusammen mit den anderen Bearbeitern des Gesamtmaterials ist beabsichtigt.

Die angewandten Methoden

Der erste Teil der Reise der „Anton Dohrn“ vom 8.—14. 3. (vergl. Taf. 14—17, unterer Teil) führte von der nordfriesischen Küste nach Westen bis zur Südseite der Doggerbank, von dort, nach einem kurzen Abstecher in das Mischungsgebiet nördlich und nordwestlich von Texel, zur englischen Küste und schließlich, nach viermaliger Durchquerung der Hoofden (Messungen wurden nur auf drei Profilen ausgeführt), bis Dover. Vom 18.—23. 3. wurde von Dover entlang der englischen Ostküste nach Norden gelaufen, die Doggerbank auf NE-Kurs überquert und auf 55° 25' N die dänische Küste angesteuert. Nach einem Aufenthalt in Cuxhaven wurden vom 25.—28. 3. Beobachtungen in der südöstlichen Nordsee bis Texel hin angestellt (Taf. 14—17, oberer Teil).

Vom fahrenden Schiff aus wurden alle 10—20 Min. aus einem Seeventil in 1 m Tiefe 1—2 l Wasser entnommen; da das Schiff ohne Bewuchs war, ist eine Verunreinigung der Proben nicht zu befürchten. Unter Berücksichtigung der fortlaufenden Registrierungen eines Durchsichtigkeits-Meßgerätes wurden 3—5 aufeinander folgende Proben zusammengefaßt; es wurde versucht, nur Wasser einheitlicher Trübung zu vermischen. An den daraus entstandenen 170 Proben, von denen jede das Mittel über etwa 10 sm darstellt (vergl. die Tafeln 14—17, in der die mittlere Lage der Entnahmestellen angegeben ist), wurden die Trübung, der Gehalt an suspendierter Substanz (Seston), der Eiweiß- und der Chlorophyllgehalt bestimmt. Zur mikroskopischen Orientierung über die Zusammensetzung des Planktons wurde von etwa jeder 10. Probe ein kleiner Teil mit Jod-Jodkalium-Lösung fixiert.

¹⁾ Die Arbeiten wurden von der Deutschen Wissensch. Kommission für Meeresforschung und der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützt, wofür ich auch hier herzlich danken möchte. Bei der Probennahme war Herr cand. rer. nat. G. ONASCH behilflich.

Die Trübung wurde mit dem Pulfrich-Photometer mit Filter S 72 (Schwerpunkt bei 720 m μ) bei 25 cm Schichtdicke gemessen. Die Ergebnisse sind in Tafel 14 dargestellt, in welcher der Extinktionskoeffizient für 1 m angegeben ist, abzüglich der Extinktion reinen Wassers. Der Verlauf der Isolinien zwischen den eigenen Profilen lehnt sich an die Messungen der „Gauß“ an; für die Erlaubnis zur Benutzung der Ergebnisse bin ich Herrn Dr. J. JOSEPH zu Dank verpflichtet.

Der Sestongehalt wurde nach der Methode von KREY (1950) bestimmt. Je nach dem Gehalt an suspendiertem Material wurden 0,4—2,5 l Wasser über gewogenen Papierfilter (Nr. 575 von Schleicher & Schüll) filtriert. Die Genauigkeit der Methode wird von KREY (1954) mit $\pm 0,1$ mg angegeben; der absolute Fehler ist in Gebieten mit geringer Trübung durch die Verwendung größerer Wassermengen und Reduktion der Wägungen auf 1 l kleiner. — Bei den ersten 25 Proben sind die Sestongewichte nur nach der Farbe der Filter geschätzt und nicht in die Darstellung in Tafel 15 (unterer Teil, Deutsche Bucht) aufgenommen.

Nach der Wägung wurde an diesen Filtern der Eiweißgehalt mit der Methode von KREY (1951) bestimmt. Dabei wird das Plankton in NaOH aufgelöst, und die durch die Biuret-Reaktion erzeugte Rotfärbung mit der Färbung bekannter Mengen von „Albumin aus Eiern“ (Merck) verglichen; streng genommen handelt es sich daher bei der Darstellung der Ergebnisse in Tafel 16 um „Albumin-Äquivalente“. Einige methodische Verbesserungen (KREY, BANSE u. HAGMEIER, in Vorbereitung) erlauben jetzt, auch sehr niedrige Eiweißgehalte bis hinab zu 0 γ zu bestimmen. Der mittlere Fehler ist unabhängig vom Gehalt der Proben $\pm 10 \gamma$; auch er ist in klarem Wasser bei der Verwendung größerer Wassermengen und Reduktion der Messung auf 1 l absolut geringer. — Die gefundenen Eiweißmengen werden in Tafel 16 wiedergegeben. Durch Änderungen in der Bestimmung der Blindwerte sind die hier mitgeteilten Ergebnisse um 10% höher als die Messungen von KREY (1952—1956).

Für die Chlorophyllbestimmungen nach KREY (1939) wurden entsprechend dem Gehalt an suspendiertem Material 0,4—2,5 l Wasser filtriert. Das Chlorophyll wurde in Methanol gelöst und an Bord mit dem Pulfrich-Photometer mit Filter S 66 (Schwerpunkt bei 660 m μ) bei 15 cm Schichtdicke bestimmt. Die Messungen sind auf „Chromatographisch reines Chlorophyll a“ (Sandoz) bezogen (vergl. KREY 1939). Die Genauigkeit der Methode beträgt $\pm 0,2$ — $0,3 \gamma$. In klarem Wasser ist der Fehler durch Verwendung größerer Wassermengen und Reduktion der Messungen auf 1 l kleiner. — Die Ergebnisse werden in Tafel 17 wiedergegeben.

Die hydrographischen Verhältnisse

Einen Eindruck von den hydrographischen Verhältnissen während der Untersuchungen vermitteln die Darstellungen der Verteilung von Salzgehalt und Temperatur in Taf. 13 (DIETRICH 1956)¹. Im März 1955 lassen sich im südlichen Teil der Nordsee, ebenso wie in den früheren Jahren, als Hauptwassermassen das Englische Kanal-Wasser und das Wasser der mittleren Nordsee, beide salzreich und relativ warm, und das englische und kontinentale Küstenwasser, beide salzarm und kalt, unterscheiden. Dazu kommt in diesem Frühjahr eine salzreiche, aber kalte Wassermasse über der Doggerbank.

Für die südwestliche Nordsee und die Hoofden ist bemerkenswert, daß die Achse des Kanalwassers nicht, wie gewöhnlich, nach Nordosten gerichtet ist (vergl. die Abb. 11 bei DIETRICH 1953), sondern auf etwa 52° 30' N nach Nordwesten umbiegt. Die Ursache ist das Vorherrschen östlicher Winde in den Wochen vor der Untersuchung (vergl. die Monatskarten des Cons. Intern. Explor. Mer für Februar und März 1955). In der Straße von Dover ist die Verbindung des Wassers von $> 34,8\text{‰}$ S mit dem atlantischen Wasser im Englischen Kanal unterbrochen. Das englische Küstenwasser mit dem Zufluß der Themse biegt ebenfalls nach Nordwesten ab, seine Ausläufer mit $< 34,4 \text{‰}$ S umfassen jedoch das Kanalwasser in weitem Bogen und berühren fast das kontinentale Küstenwasser (vergl. auch die Verteilung der Trübung in Taf. 14). Zwischen dem „Themse-Wasser“ und dem englischen Küstenwasser schiebt sich ein schmaler Arm des Wassers der mittleren Nordsee ungewöhnlich weit nach Süden, in der Deutschen Bucht reicht ein anderer Zweig dieses Wassers sehr weit nach Südosten. Vor der nordfriesischen Küste ist durch die östlichen Winde das Küstenwasser stärker als sonst nach Westen vorgeschoben.

¹) Für die Ermöglichung des vorzeitigen Abdrucks und einige Erläuterungen bin ich Herrn Dr. G. DIETRICH zu Dank verpflichtet.

Zur Temperaturverteilung ist zu bemerken, daß die Temperaturen wegen des kalten Frühjahrs allgemein um $1-3^{\circ}\text{C}$ niedriger sind als im Mittel der früheren Jahre (vergl. die Monatskarte des ICES für März 1955). Während die in Taf. 13 dargestellte Salzgehaltsverteilung im wesentlichen für den ganzen Monat gilt (eine Abweichung ist auf S. 170 erwähnt), zeigt die Abbildung der Temperaturverteilung in Taf. 13 die Verhältnisse der ersten zwei Märzdekaden; in den letzten Tagen des Monats sind die Temperaturen, besonders vor der nordfriesischen Küste, bereits im Ansteigen begriffen.

Entsprechend den starken Gezeitenströmen im größten Teil des Untersuchungsgebietes und wegen der frühen Jahreszeit ist das Wasser nur an wenigen Stationen geschichtet. In der Mehrzahl der Fälle handelt es sich um haline Schichtung, so vor der Themse-, Schelde und Weser-Elbe-Mündung und im nordfriesischen Küstenwasser. Temperaturdifferenzen von $> 1/2^{\circ}\text{C}$ werden praktisch nur im ersten Teil der Untersuchungen (unterer Teil der Darstellungen in Taf. 14—17; Wasseroberfläche kälter als das Tiefenwasser) angetroffen; Ende März hat die Frühjahrserwärmung die vertikalen Temperaturunterschiede gerade ausgeglichen.

Die Verteilung von Trübung und Seston

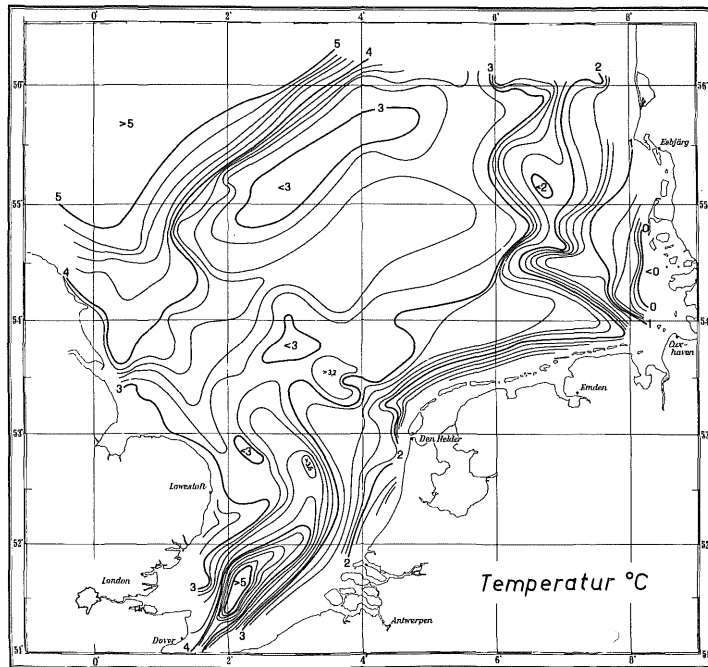
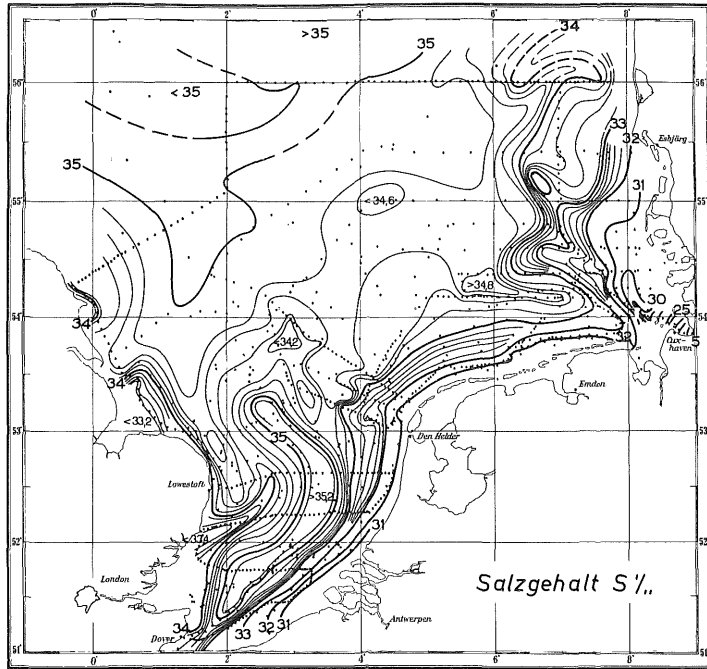
Trübung und Seston zeigen die Verteilung, die nach dem bisher Bekannten zu erwarten ist (Taf. 14 und 15): Die höchsten Beträge werden vor der Themse und in der Weser-Elbe-Mündung beobachtet ($> 20\text{ mg/l}$); das englische und kontinentale Küstenwasser zeigen hohe, das Kanalwasser und das Wasser der mittleren Nordsee bis in die Deutsche Bucht hinein niedrige Werte; das kalte Wasser über der Doggerbank ist durch erhöhte Trübung von seiner Umgebung abgehoben, ebenso wie das Mischungsgebiet vor Texel.

Beim zweiten Teil der Untersuchung (oberer Teil der Darstellungen in Taf. 14 und 15) sind die Werte für Trübung und Seston bei schematischer Mittelbildung nur etwa halb so groß wie während des ersten Teils: Das Mittel der 54 Proben des ersten Untersuchungsabschnittes ist $8,4\text{ mg/l}$ Seston, das Mittel des zweiten Abschnittes ist $3,7\text{ mg/l}$. Sowohl dieser grobe Vergleich als auch die Betrachtung der zweimal durchfahrenen Gebiete zeigen, daß die suspendierte Substanz während der zweiten Märzhälfte teilweise abgesunken ist. Der Grund dafür ist nicht im Wetter zu suchen: Sowohl unmittelbar vor Beginn der ersten als auch der zweiten Hälfte der Untersuchungen herrschten starke bis stürmische Winde, während auf See nur um den 20. 3., bei der Fahrt entlang der englischen Ostküste und auf der Doggerbank, ebenso wie gelegentlich an den folgenden Tagen, stärkerer Wind angetroffen wurde. Während des ersten Teils der Untersuchung wurden dagegen selten mehr als drei Beaufort gemessen. Man könnte deshalb eher die umgekehrte Trübungsverteilung erwarten.

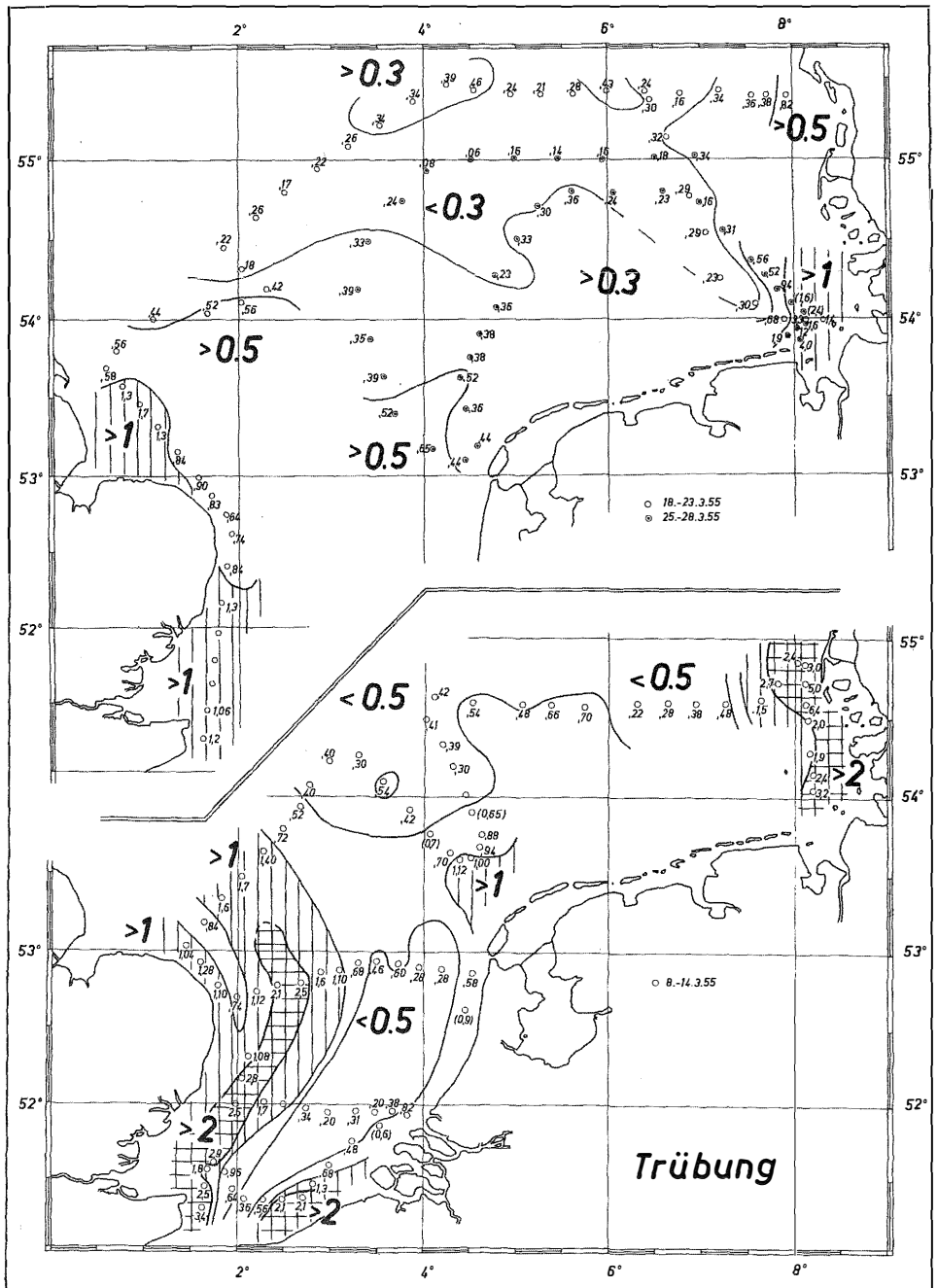
Auch die Gezeiten geben für das Absinken der suspendierten Substanz keine hinreichende Erklärung her: Die Springtide nach Vollmond trat am 10. 3. ein, die Nipptide am 18./19. 3. während der Hafenzzeit in Dover, die Neumondspringtide am 26. 3. Ebenso wenig decken sich die Gebiete vertikaler Homogenität des Wassers mit den Gebieten stärkerer Trübung; eine einfache Erklärung der Änderung des Sinkstoffgehaltes während der Untersuchungen ist also nicht möglich. Wahrscheinlich ist die Trübungsverteilung jeweils von mehreren der erörterten Faktoren in verschiedenem Maße beeinflusst.

Für die Hoofden ist der sehr hohe Sinkstoffgehalt des Themsewassers mit $16-23\text{ mg/l}$ hervorzuheben; es handelt sich dabei nicht um Sand, sondern um feine Partikel, ebenso

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 13)
Verteilung von Salzgehalt und Temperatur, aus DIETRICH (1956)



Tafel 13



Tafel 14

wie in der Weser-Elbe-Mündung. An der holländischen Küste der Hoofden findet sich die stärkste Trübung als Folge der Wetterlage nicht vor der Schelde, sondern südwestlich davon (vergl. die Restströme der ersten Märzdekade auf der Monatskarte des ICES). Das Kanalwasser ist durch relativ niedrige Werte für Trübung und Seston ausgezeichnet; doch sind die Sestongewichte bis zehnmal so hoch wie im März 1952 (KREY 1953, Abb. 2 und 3). Vermutlich beruht das auf dem Alter des Kanalwassers, das eine Vermischung mit dem umgebenden trüben Wasser erlaubt hat: Die Monatskarten des ICES zeigen, daß der Zufluß neuen Wassers aus dem Kanal seit zwei oder drei Wochen aufgehört, und der Oberflächenstrom nach Westen gesetzt hatte. Da zwar die Vermischung das salzreiche Wasser von der englischen und der festländischen Seite her angreift, der Partikelgehalt der Themse aber viel größer als derjenige der Rheinseite ist, muß die Sinkstoffverteilung durch die Mischung unsymmetrisch zur Salzgehaltsverteilung werden, wie es bereits von KALLE (1937) erläutert worden ist: In der Tat liegt das Minimum des Sestongehaltes östlich des Salzgehaltsmaximums (vergl. bes. Taf. 13 mit Taf. 15).

Wie von JOSEPH (1953) für den März 1952 beschrieben, kann auch die Trübung die Verteilung der wichtigsten Wasserarten im Gebiet anzeigen. Im Gegensatz zum Frühjahr 1952 sind aber im März 1955 die Wassermassen, die auf S. 167 genannt sind, nicht deutlich durch ihre spezifische Trübung (Extinktion bei 720 m μ /Gewichtseinheit des Sestons) unterscheidbar.

Die spezifische Trübung spiegelt sowohl die optischen Eigenschaften der trübenden Substanz als auch ihren Zerteilungsgrad wider; das verhältnismäßig große und teilweise lichtdurchlässige Plankton hat eine geringe, eine sehr feine anorganische Trübe eine hohe spezifische Extinktion. JOSEPH (loc. cit.) hatte für die Beziehung Extinktion/Seston Gleichungen der Form

$$EK = E_0 + E_s \cdot S$$

mitgeteilt. Dabei war EK die Extinktion für 1 m beim Filter S 72, abzüglich der des reinen Wassers; E_0 war die „Restextinktion“, die im März 1952 zwischen 0,09 und 0,14 schwankte; sie wurde auf Feintrübe mit einem Durchmesser $< 1 \mu$ zurückgeführt, die bei der Sestonbestimmung nach KREY nicht erfaßt wird. E_s bezeichnete die „Spezifische Extinktion“, die zwischen 0,095 (Nordseewasser) und 0,23 (festländisches Küstenwasser; das englische Küstenwasser wies eine spezifische Extinktion von 0,19 auf) schwankte. S war das Sestongewicht in mg/l.

Im März 1955 haben das Wasser des Englischen Kanals und der englischen Küste sowie das Gebiet auf $54^{\circ} 25' N$ eine kleine, die Deutsche Bucht dagegen, besonders bei Helgoland, eine hohe spezifische Extinktion. Die Werte für das festländische und das englische Küstenwasser sind nicht so klar voneinander geschieden wie im März 1952, zumindest bei Sestongewichten > 2 mg/l liegen sie zwischen den Koeffizienten von JOSEPH für das „Englische Küstenwasser“ und das „Nordseewasser“. Der Koeffizient für das Wasser der mittleren Nordsee liegt 1955 etwa bei dem für das „Nordseewasser“ von 1952, vielleicht etwas darunter. Das Wasser aus dem starken Trübungsgebiet vor der Themse, ebenso wie das aus der Weser- und Elbemündung, besitzt Koeffizienten von 0,12 bis höchstens 0,18, während um Helgoland bei > 2 mg/l Seston solche von etwa 0,4 gefunden werden; die Trübstoffe sind hier also besonders kleine Partikel. Die Restextinktion E_0 ist überall von ungefähr der gleichen Größe wie bei JOSEPH (1953).

Da sich die einzelnen Wasserarten 1955 nicht klar mittels der spezifischen Extinktion voneinander unterscheiden lassen, können die in ihnen enthaltenen Trübstoffe nicht so verschiedener Natur sein, wie es im März 1952 der Fall gewesen ist. Vielleicht ist das durch die gleichen Einflüsse mitverursacht, die auch die teilweise unübersichtliche Verteilung von Trübung und Seston bestimmt haben (siehe S. 168).

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 14)
Verteilung der Trübung (Extinktionskoeffizient bei 720 μ für 1 m, abzüglich der Extinktion reinen Wassers).

Eiweiß und Chlorophyll

Der Eiweißgehalt (Taf. 16) ist in mancher Hinsicht ähnlich wie die Trübung verteilt; hohe Werte sind an den Küsten, geringere auf See zu beobachten, in der südöstlichen Nordsee sind sie in manchen Proben nicht weit von 0 entfernt. Auch beim Eiweißgehalt sind die Werte beim zweiten Teil der Untersuchungen wesentlich niedriger als beim ersten Teil; vor der Themsemündung ist der Abfall besonders auffallend: Trotz starker Trübung ist kaum noch Eiweiß vorhanden. — Da in der Mitte des Kanalwassers (etwa im Bereich des Salzgehaltsmaximums, nicht des Trübungsminimums) eine stärkere Phytoplanktonentwicklung eingesetzt hatte (vergl. die Chlorophyllwerte in Taf. 17), steigen die Eiweißwerte hier, nach dem Abfall in einiger Entfernung von den Küsten, wieder auf $> 50 \text{ } \gamma/\text{l}$ an. Das Gleiche gilt für die Doggerbank und das Gebiet nordwestlich von Texel (2. Teil der Untersuchung). Das Gebiet starker Trübung und hoher Albuminwerte auf etwa $53^{\circ} 40' \text{ N}$, $4^{\circ} 40' \text{ E}$ wurde bei dem zweiten Besuch am 26. 3. nicht wieder angetroffen; an dieser Stelle zeigen die Salzgehaltsbeobachtungen für die Zwischenzeit eine Wasserverschiebung nach Südosten an.

Der mittlere Eiweißgehalt für die Beobachtungen vom 8.—14. 3. (unterer Teil der Taf. 16) ist $62 \text{ } \gamma/\text{l}$ (75 Proben), das Mittel für die Zeit vom 18.—23. 3. ist $33 \text{ } \gamma/\text{l}$ (84 Proben). Der niedrige zweite Wert dürfte teilweise auf der in der Zwischenzeit geänderten Sestonverteilung (siehe S. 168 und Taf. 15), teilweise auf der großen Eiweißarmut der südöstlichen Nordsee beruhen, die bei der Ausreise nur einmal durchquert worden war.

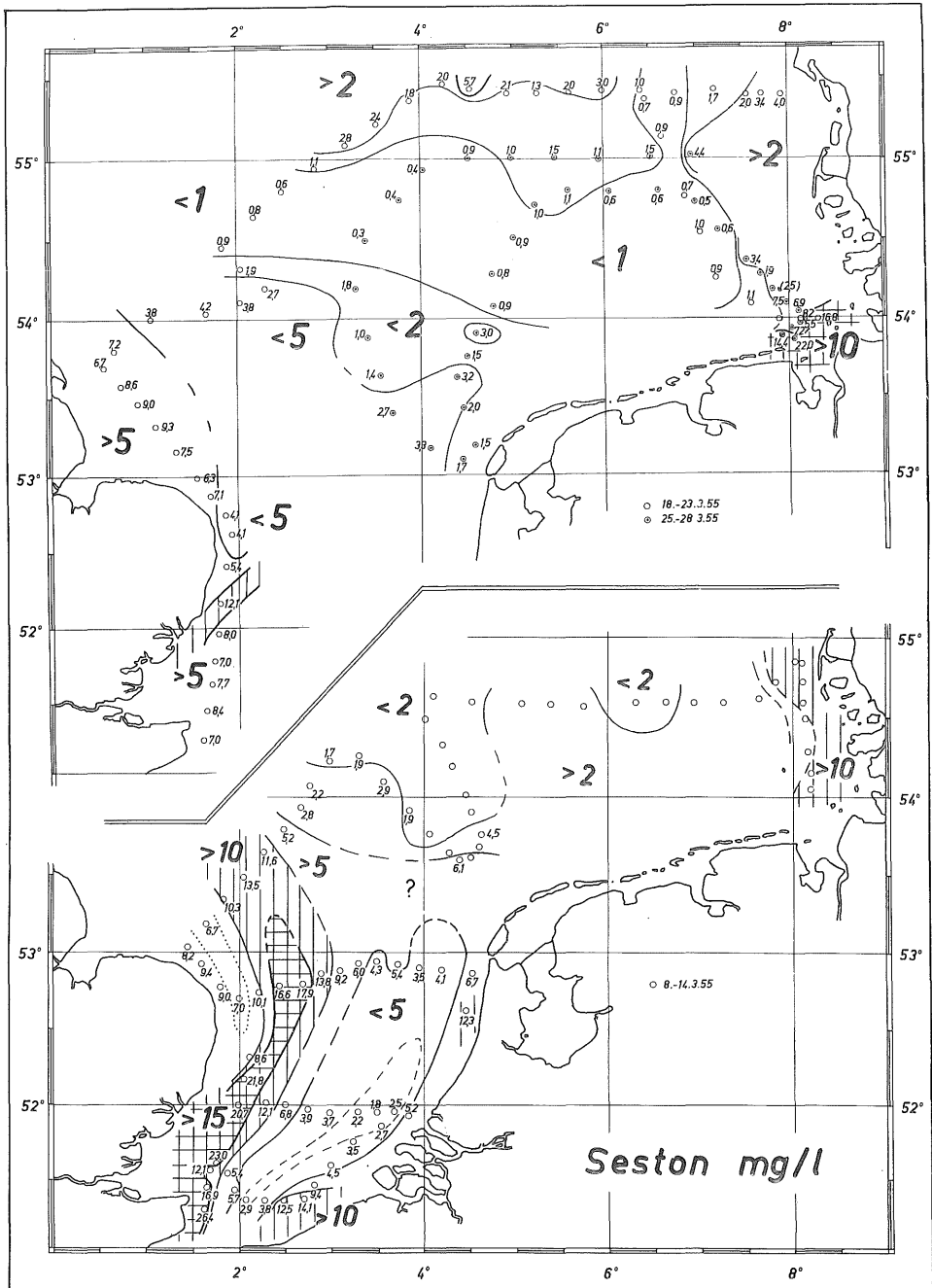
Im Vergleich zu früheren Jahren sind beide Mittelwerte des Eiweißgehaltes sehr niedrig; wahrscheinlich beruht das auf dem langen Winter, der sich in der niedrigen Temperatur des Untersuchungsgebietes ausdrückt (vergl. S. 168). Im März 1952 und 1953 wurden in der südlichen Nordsee im Mittel etwa $100 \text{ } \gamma/\text{l}$ Eiweiß gefunden (für die Beobachtungen von 1952 vergl. bei KREY 1953; die Werte für 1953 wurden von Herrn Prof. J. KREY mündlich mitgeteilt, wofür ich auch hier danken möchte). Da in den drei Jahren teilweise verschiedene Seegebiete untersucht wurden, seien zum besseren Vergleich die Ergebnisse für das Gebiet zwischen 52° — 54° N und 2° — 4° E (Oberfläche, Tab. 1) zusammengestellt, ohne Rücksicht auf die hydrographischen Begleitumstände.

Tabelle 1
Eiweißgehalt im Gebiet zwischen 52° — 54° N und 2° — 5° E in
verschiedenen Jahren (Oberfläche)

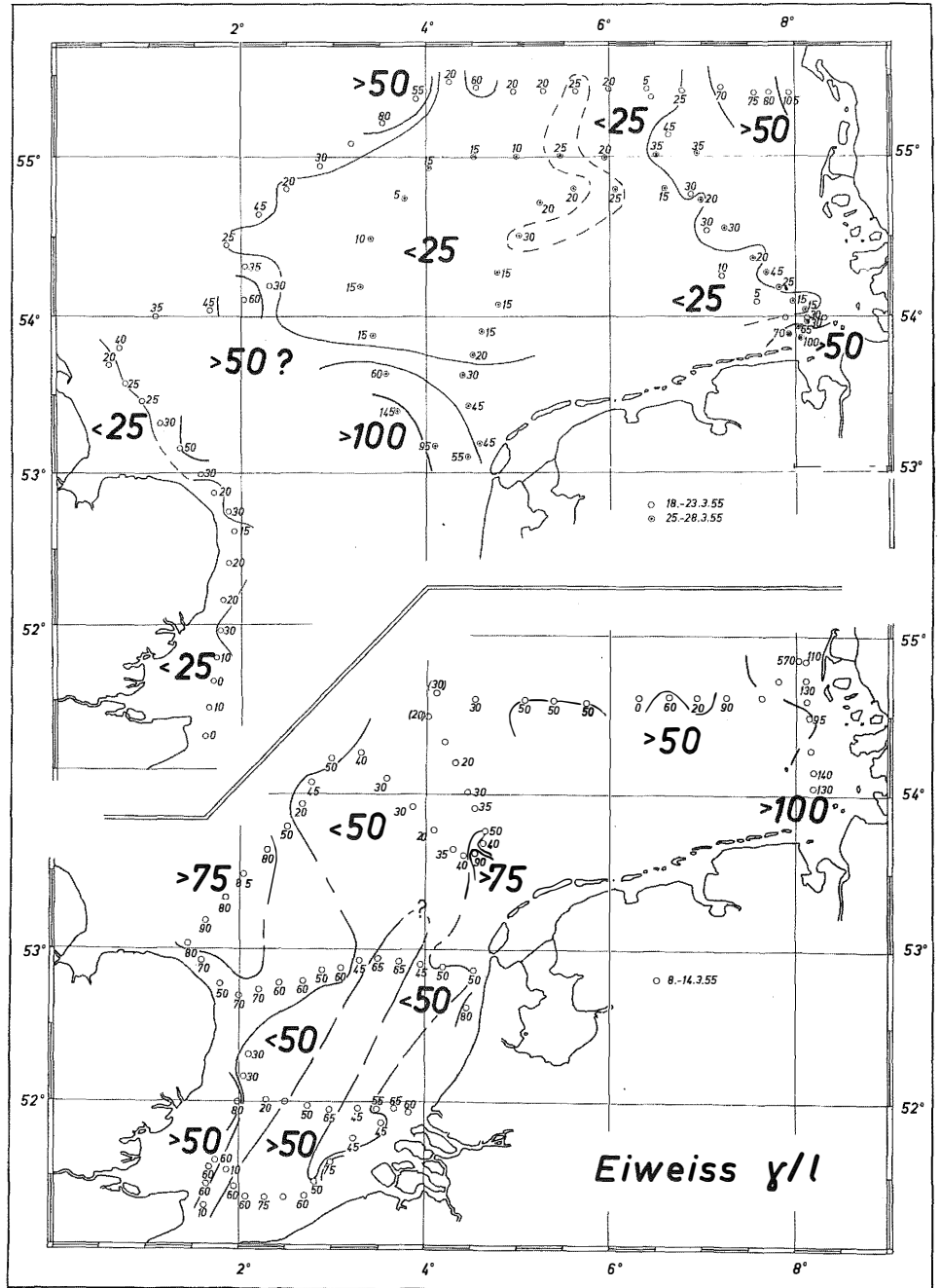
Untersuchungsfahrt	Eiweißgehalt γ/l	Zahl der Proben
„Gauß“ 1952 I	112	116
„Gauß“ 1952 II	92	123
„Gauß“ 1953	115	53
„A. Dohrn“ 1955 I	50	27
„A. Dohrn“ 1955 II	53	10

In Tabelle 1 ist das Mittel für „Anton Dohrn“ 1955 II durch zwei besonders hohe Werte aus der Gegend nordwestlich von Texel ziemlich groß; zwischen dem ersten und zweiten Besuch ist in diesem Gebiet sowohl beim Eiweiß als auch beim Chlorophyll eine Zunahme zu verzeichnen gewesen. Die Zeit zwischen den beiden Überquerungen des 4. Längengrades auf $53^{\circ} 20' \text{ N}$ beträgt 16 Tage.

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 15)
Verteilung des Sestons



Tafel 15



Tafel 16

Schließlich sei die Verteilung des Chlorophylls besprochen (Taf. 17): Während der Südosten des Gebietes sehr arm an Chlorophyll ist ($<0,5 \gamma/l$), finden sich im Westen und Süden Werte von $2-4 \gamma/l$. Vier Gebiete mit sehr hohen Werten (bis $16,6 \gamma/l$ Chlorophyll) stechen hervor: Das warme Kanalwasser in den Hoofden (auch nach dem Umbiegen des salzreichen Wassers nach Nordwesten finden sich in seinem Bereich hohe Chlorophyllwerte), das warme Wasser in der mittleren Nordsee und die flacheren, nicht zu trüben Gebiete vor der nordfriesischen Küste und über der Doggerbank; an der letzteren Stelle war das Wasser kälter, in den übrigen Gebieten wärmer als $3^{\circ}C$ (vor der nordfriesischen Küste war bei dem Besuch am 22. 3. gegenüber der Darstellung in Taf. 13 schon eine beträchtliche Erwärmung zu bemerken). Die Tiefen betragen $20-40 m$, das Phytoplankton besteht an allen vier Plätzen vorwiegend aus Diatomeen. — Die Verhältnisse in der Zunge warmen Wassers, die sich vor der englischen Ostküste südwärts schiebt, sind besonderer Art und werden unten behandelt werden; den sehr hohen Chlorophyllwerten entspricht dort nicht eine ebenso große Menge von Phytoplankton.

Der mittlere Chlorophyllgehalt der 60 Proben des ersten Teils der Untersuchungen ist $3,8 \gamma/l$, derjenige der 87 Proben des zweiten Teils ist $1,55 \gamma/l$. Diese Differenz dürfte vor allem auf dem verschiedenen Entwicklungszustand des Planktons in den durchfahrenen Meeresgebieten und nicht so sehr auf grundsätzlichen Verschiedenheiten dieser Gebiete beruhen; in geringerem Maß kommt die gleiche Tendenz des Absinkens der suspendierten Substanz in der Zeit zwischen den beiden Beobachtungsabschnitten dazu, die für das Seston und das Eiweiß schon erörtert worden ist: Als Beispiel sei auf den Abfall der Chlorophyllwerte vor der Themse-Mündung hingewiesen.

Wegen der geringen Zahl älterer Chlorophyllbeobachtungen aus der südlichen Nordsee während dieser Jahreszeit läßt sich nicht ohne weiteres sagen, ob sich die Phytoplanktonblüte des Frühlings an den Plätzen mit größerem Chlorophyllgehalt schon auf dem Höhepunkt befand oder nicht. Betrachtet man die Chlorophyllmessungen im Frühjahr aus vergleichbaren europäischen Gebieten (ATKINS u. PARKE 1951; GILLBRICHT 1952; ATKINS u. JENKINS 1953; STEELE 1956; für die Hoofden im März 1953 mündl. Mitteilung von Prof. KREY. Phosphatmessungen aus dem Frühjahr als Maß für die mögliche Produktivität in diesen Gebieten bei KALLE 1937; GRAHAM 1938; GRAHAM u. HARDING 1938; ARMSTRONG u. HARVEY 1950; GILLBRICHT 1952; BRAARUD, GAARDER u. GRØNTVED 1953; ARMSTRONG 1954; POSTMA 1954; STEELE 1956; *Annales Biologiques Copenhague*), so lassen sich ganz grob $20 \gamma/l$ Chlorophyll schätzen, die maximal in der offenen südlichen Nordsee an lebendes Plankton gebunden sein können; im allgemeinen findet man aber viel weniger Chlorophyll, obwohl zu späterer Jahreszeit eine gewisse Menge des Pigments an Detritus gebunden sein kann. Wahrscheinlich ist im März 1955 in einigen günstigen Gebieten der Beginn der Phytoplanktonentwicklung des Frühjahrs angetroffen worden, die sich von hier nach allen Seiten hin ausbreitet. Ohne gleichzeitige Beobachtungen wenigstens des Phosphatgehaltes bleibt das nur eine Vermutung.

Einige Planktonzählungen aus dem Kanalwasser, von der Doggerbank und der nordfriesischen Küste, wo größere Chlorophyllmengen gefunden wurden, lassen trotz der Jahreszeit einen höheren Anteil von pigmenthaltigem Detritus erwarten. Die besonders großen Chlorophyllwerte in der Zunge salzreichen Wassers, das an der englischen Ostküste nach Süden vordringt, können nicht lebendes Phytoplankton darstellen, weil die Eiweißwerte in keinem Verhältnis zu dem hohen Chlorophyllgehalt der Proben stehen: Für die Achse dieses Wassers errechnen sich etwa $120 \gamma/l$ Eiweiß, die an Phyto-

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 16)
Verteilung des Eiweißes

plankton gebunden sein müßten (vergl. Tab. 2, S. 173); stattdessen wurden nur 75 γ /l Eiweiß insgesamt angetroffen, obwohl hier neben eventuell vorhandenem Phytoplankton eine große Menge von Konsumenten-Eiweiß (vor allem Bakterien, die von der eingeschwemmten organischen Substanz leben, vergl. KREY 1953) zu erwarten ist. Soweit es aus den drei Zählproben aus dem Einflußbereich dieser Wasserart zu beurteilen ist, unterscheidet sich hier die Artzusammensetzung des Planktons auch stark von der aller anderen untersuchten Gebiete.

Die niedrigen Chlorophyllwerte in der südöstlichen Nordsee machen aber deutlich, daß in einigen Gebieten zumindest nach langen Wintern der chlorophyllhaltige Detritus völlig verschwinden kann. Die wenigen Zählproben aus dem chlorophyllarmen Gebiet der südöstlichen Nordsee, das im Osten durch das Küstenwasser mit >2 mg/l Seston begrenzt wird, zeigen eine verhältnismäßig große Phytoplanktonmenge wechselnder Zusammensetzung; errechnet man in diesen Proben das Plasmavolumen nach LOHMANN und setzt dessen Gewicht zu der gefundenen Pigmentmenge in Beziehung, so ergeben sich Chlorophyllgehalte der organischen Substanz von 1—5% (der mittlere Chlorophyllgehalt der organischen Substanz, für die das Plasmavolumen ein Maß ist, beträgt 3—4%, vergl. im Anhang, S. 177). Berücksichtigt man dabei, daß in den chlorophyllarmen Proben der Mittelfehler der Pigmentbestimmung $\pm 100\%$ der gefundenen Werte beträgt, und daß ferner bei den Zählungen aus den Funden einzelner Diatomeenzellen in 50 ml-Proben der Gehalt in Liter errechnet wird, scheint der Schluß erlaubt, daß in den Proben mit einem Chlorophyllgehalt <1 γ /l im genannten Gebiet 50—100% des gefundenen Pigments an Phytoplankton gebunden gewesen sind. Das Chlorophyll kann daher hier als Maß für das vorhandene Phytoplankton verwendet werden.

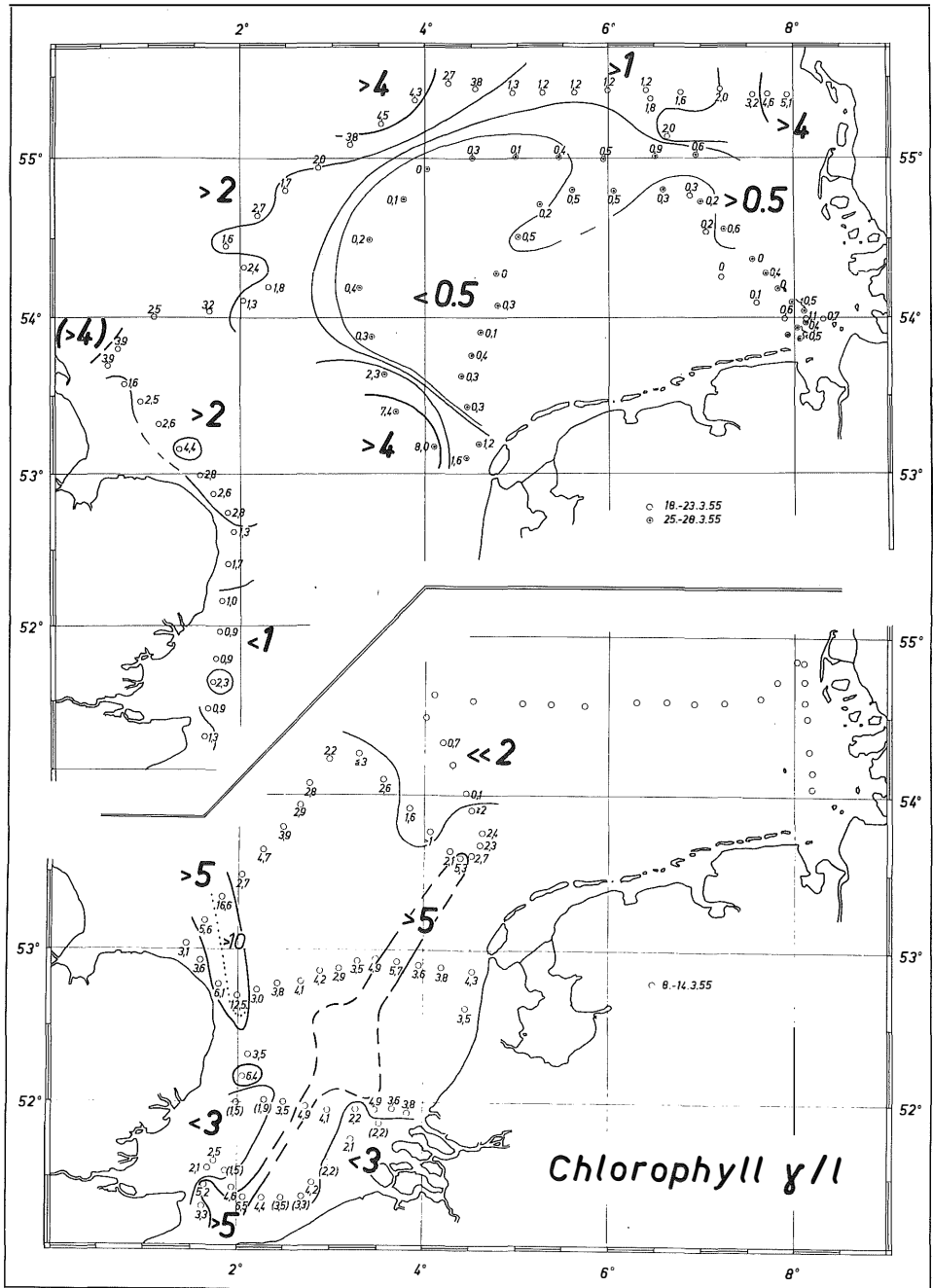
Im folgenden soll auf dieser Grundlage eine Abschätzung der Planktonmengen in den Proben aus der südöstlichen Nordsee bis Texel hin mittels der Chlorophyll- und Eiweißbestimmungen durchgeführt werden. Für die übrigen Gebiete ist, zusammen mit den anderen Bearbeitern des Gesamtmaterials, eine eingehendere Beurteilung des Entwicklungszustandes des Planktons in einiger Zeit beabsichtigt.

Die Zusammensetzung des Sestons in der südöstlichen Nordsee im März 1955

In diesem Kapitel soll in dem Teil des Untersuchungsgebietes mit <1 γ /l Chlorophyll (oberer Teil der Tafeln 15—17), das im Osten durch das Küstenwasser mit >2 mg/l Seston begrenzt wird, die mittlere Zusammensetzung der suspendierten Substanz errechnet werden. Im vorhergehenden Kapitel wurde bereits dargelegt, daß in diesem Gebiet der chlorophyllhaltige Detritus im wesentlichen verschwunden und das gefundene Pigment daher als ein Maß für das vorhandene Phytoplankton anzusehen sei.

Zuvor soll daran erinnert werden, daß die hydrographischen Beobachtungen an den meisten Stationen eine vertikale Gleichförmigkeit des Wassers zeigen. Die ungefähr gleichzeitige Untersuchung der Vertikalverteilung der Trübung durch Herrn Dr. JOSEPH auf „Gauß“ ergaben in der südöstlichen Nordsee außerhalb des Küstenwassers teilweise eine tatsächliche Gleichförmigkeit der Trübung von der Oberfläche bis zum Boden, teilweise eine leichte Zunahme zum Boden hin. Wie unten dargelegt werden soll, ist die Trübung ganz überwiegend durch anorganische Schwebstoffe verursacht; die einander ähnliche regionale Verteilung von Seston und Eiweiß lassen aber vermuten, daß die organische Substanz grundsätzlich wie die anorganischen Trübstoffe verteilt ist. Bei nicht zu starker Turbulenz mag durch Assimilation des Phytoplanktons in der Nähe

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 17)
Verteilung des Chlorophylls



Tafel 17

der Oberfläche eine Zunahme der organischen Substanz auftreten, welche die Zunahme der übrigen suspendierten Substanz am Boden etwa ausgleicht, so daß der Gehalt an organischem Material in allen Tiefen ähnlich ist. Über die vertikale Verteilung der Nährstoffe in der vergleichbaren südwestlichen Nordsee und den Hoofden sind von KALLE (1937) Beobachtungen mitgeteilt worden, welche das Gleiche vermuten lassen. Für eine Überschlagsrechnung können demzufolge die Oberflächenmessungen auf die ganze Wassersäule verallgemeinert werden.

Der Berechnung der Sestonzusammensetzung liegen die Verhältniszahlen der Tab. 2 zugrunde, die im Anhang begründet werden (S. 175). Als Abkürzungen werden benutzt: Chl = Chlorophyll; Ew = Eiweiß; OS = trockene aschefreie organische Substanz; Tr = Trockengewicht.

Tabelle 2
Verhältniszahlen für die Berechnung der
Sestonzusammensetzung in Tabelle 3

Phytoplankton	Zooplankton einschl. der Bakterien
Ew = 1/3 OS	Ew = 2/3 OS
Chl = 0,04 OS	OS = Tr
OS = 2/3 Tr	
OS = 3 Ew	
OS = 25 Chl	
Tr = 1,5 OS = 37,5 Chl	

In Tabelle 3 wird für das bezeichnete Gebiet für die Zeit vom 25.—28. 3. 1955 ein Überblick über die Sestonkomponenten und die Planktonzusammensetzung versucht. Wie im vorhergehenden Kapitel besprochen, läßt sich die Rechnung für die übrigen Gebiete nicht durchführen, weil die Grundvoraussetzung, eine Beziehung zwischen gefundenem Chlorophyll und vorhandenem Phytoplankton, nicht gegeben ist.

In der ersten Zeile (A) ist die Rechnung für den gesamten, eingangsumschriebenen Teil der südöstlichen Nordsee durchgeführt, in der zweiten Zeile (B) sind drei Proben im Südwesten mit Sestongehalten ≥ 2 mg/l fortgelassen; hier ist ferner eine leichte Schichtung des Wassers zu beobachten gewesen, die eine Verallgemeinerung der Oberflächenmessungen auf die ganze Wassersäule nicht zuläßt. Nach der Angabe der Herkunft der

Tabelle 3
Zusammensetzung des Sestons in der südöstlichen Nordsee
Ende März 1955

(Zur Erläuterung vergl. den Text. Spalten 3—11 in γ/l)

Herkunft der Proben	Zahl der Proben	Chlorophyll	Organ. Substanz d. Phytoplanktons	Trockensubstanz d. Phytoplanktons	Eiweiß gesamt	Eiweiß des Phytoplanktons	Eiweiß des Zooplanktons	Organ. Substanz = Trockensubstanz d. Zooplanktons	Gesamtplankton (Bioseton)	Seston	% Bioseton im Seston	% Phytoplankton im Seston	Phytopl. x 100 Zooplankton (Organ. Substanz)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A	27	0,30	7,5	11	21,7	2,5	19,2	29	40	1160	3,4	1,0	26
B	24	0,31	7,7	12	21,6	2,6	18,0	27	39	980	4,0	1,2	29

Proben und der Probenzahl werden aus dem mittleren Chlorophyllgehalt (Spalte 3) die organische Substanz (Spalte 4) und das Trockengewicht (Spalte 5) des Phytoplanktons

errechnet. Die folgenden Spalten enthalten den gemessenen mittleren Gesamteiweißgehalt, den Eiweißgehalt des Phytoplanktons (Produzenten) und als Differenz aus diesen beiden Werten den Eiweißgehalt des Zooplanktons (Konsumenten, Spalte 8). Aus dem letzteren Wert ergeben sich die organische Substanz des Zooplanktons (= der Trockensubstanz, Spalte 9), und durch Addition der Spalten 5 und 9 die gesamte Trockensubstanz organischer Herkunft einschließlich der Skelettmasse des Phytoplanktons (Bioseston, Spalte 10); das im organischen Detritus enthaltene Eiweiß wird hierbei den Konsumenten zugeschlagen, soweit es nicht mit Chlorophyll vergesellschaftet und dem Phytoplankton zugerechnet ist. In den Spalten 12 und 13 wird der Anteil des Biosestons und des Phytoplanktons am Gesamtseston (aus Spalte 11) mitgeteilt, und in Spalte 14 schließlich das Verhältnis der organischen Substanz der Produzenten zu derjenigen der Konsumenten angegeben.

Bei den Spalten 3—10 bzw. 11 bedarf es keiner weiteren Erläuterung. Etwas näher sei auf die folgenden Spalten eingegangen: Obwohl das Wasser des untersuchten Gebietes recht klar war, ist der Anteil des Gesamt- bzw. Phytoplanktons am Seston (Spalten 12 und 13) sehr gering. Grundsätzlich das Gleiche gilt auch für die übrigen untersuchten Gebiete: Selbst bei der unberechtigten Annahme, daß alles gefundene Chlorophyll an Phytoplankton gebunden gewesen sei, würde der Phytoplanktongehalt des Sestons nur in Gebieten mit hohen Chlorophyllwerten ($> 2,5 \gamma/l$) und geringer Trübung gerade 5% übersteigen und die Gesamtplanktonmenge gewöhnlich noch unter 10% der suspendierten Substanz bleiben. In dem sehr trüben englischen Küstenwasser ist der so errechnete Gehalt an Bioseston nicht wesentlich geringer als in den anderen Teilen des Untersuchungsgebietes. Für den März 1952 gibt KREY (1953) für den Kern des englischen Küstenwassers 4—8% „lebender organischer Substanz“ an, während zur gleichen Zeit im sehr klaren Wasser des Englischen Kanals 22—24% enthalten waren.

Aus dieser Überschlagsrechnung, die wegen der oben gemachten Annahme Maximalwerte ergibt, ist zu schließen, daß im März 1955 im südlichen Teil der Nordsee der Gehalt an errechnetem Bioseston einschließlich des wenig abgebauten organischen Detritus und der Gerüstsubstanz des Phytoplanktons nur einen sehr kleinen Teil der gesamten suspendierten Substanz ausmachte. Es sei aber darauf hingewiesen, daß Vergleichsmessungen (Berechnung der organischen Substanz in prinzipiell gleicher Weise wie hier, zusammen mit direkter Bestimmung durch Veraschung, mit Korrektur für Karbonate; KREY 1956) gezeigt haben, daß sich neben der „lebenden organischen Substanz“ noch andere in Suspension befindet, die nicht mit Eiweiß oder Chlorophyll vergesellschaftet ist, und daher mit der hier benutzten Methode nicht erfaßt werden kann. Dennoch bleibt die Hauptmasse des Sestons anorganischer Natur; Analysen für das benachbarte Gebiet von Plymouth werden von ARMSTRONG u. ATKINS (1950) mitgeteilt.

Die Tiefe des in Tabelle 3 behandelten Teils der südöstlichen Nordsee schwankt zwischen 30 und 50 m. Da die Wassermassen vertikal weitgehend durchmischt waren, können die Oberflächenwerte für grobe Schätzungen auf die ganze Wassersäule übertragen werden; bei einer mittleren Tiefe von 40 m ergeben sich aus Spalten 4 und 9 als „standing crop“ $1,4 \text{ g/m}^2$ trockener aschefreier organischer Substanz ($0,6—0,7 \text{ g/m}^2 \text{ C}$), die an lebendes Plankton oder wenig abgebauten Detritus gebunden gewesen sind. Wegen des späten Frühlings, der eine über das Übliche hinausgehende Aufzehrung der vom Vorjahr stammenden organischen Substanz wahrscheinlich macht, dürfte diese Zahl als Mittelwert das winterliche Produktionsminimum ungefähr kennzeichnen und in der ganzen südlichen Nordsee nur lokal unterschritten werden. Das Phytoplankton macht nur $\frac{1}{5}$ dieser Menge aus.

Anhang

Im Anhang soll die Verwendung der Verhältniszahlen begründet werden, die bei der Berechnung der Sestonkomponenten in Tabelle 3 (S. 173) benutzt worden sind.

Die Abkürzungen sind die gleichen wie dort: Chl = Chlorophyll; Ew = Eiweiß; OS = trockene aschefreie organische Substanz; Tr = Trockengewicht. Wenn nicht anders vermerkt, handelt es sich um γ .

Eiweiß/Organische Substanz: Für Diatomeen ermittelten BRANDT (1898) 28,7%, BRANDT u. RABEN (1920) etwa 35% Ew in der OS; aus den Analysen von REDSFIELD u. WAKSMAN errechnete HARVEY (1950) sogar 47%. Für die Peridineen, welche im vorliegenden Material manchmal in relativ großer Menge neben den Diatomeen vorkommen, gaben BRANDT (1898) 13,7%, BRANDT u. RABEN (1920) jedoch über 50% Ew in der OS an. Die Diskrepanz beruht nicht auf wechselnder Einlagerung von Reservestoffen.

Im Hinblick auf diese unterschiedlichen Angaben wird der Eiweißgehalt des Phytoplanktons mit $\frac{1}{3}$ der OS veranschlagt. Aus Unkenntnis des Mengenverhältnisses der Diatomeen und Peridineen in den Proben muß ein mittlerer Aschegehalt des Phytoplanktons angenommen werden (Tr = 1,5 OS; bei Diatomeen Tr \approx 2 OS, bei Peridineen Tr \approx 1,1 OS). Der Fehler, der für die Berechnung der Tr beider Gruppen hieraus entsteht, wird durch die Annahme eines mittleren Chlorophyllgehaltes der OS wieder ausgeglichen (siehe unten).

Für die Copepoden als den wichtigsten Vertretern des Zooplanktons ergibt sich aus dem von FLEMING (in SVERDRUP, JOHNSON u. FLEMING 1946) genannten Verhältnis C : N : P = 40 : 7,4 : 1, unter Verwendung einer von HARVEY (1950) durchgeführten Analyse von Zooplankton, ein Eiweißgehalt von fast 55% der OS (Ew = 6,25 N). Die Analysen von BRANDT (1898), DELFF (1912) und BRANDT u. RABEN (1920) nennen für Copepoden Werte zwischen 65 und 80%; MARSHALL u. ORR (1955) geben dagegen nur etwa 33% Ew in der OS an; entsprechend dem stark wechselnden Fettgehalt der Copepoden müssen die Analysenergebnisse natürlich schwanken. Eine Zusammenfassung älterer Untersuchungen zusammen mit neuen Werten ist von BAALSRUD (1955) mitgeteilt worden. — Für Bakterien, die am Detritus haften und bei der Filtration der Wasserproben miterfaßt werden, muß man mit einem Eiweißgehalt bis zu 0,9 Tr (\approx OS) rechnen.

Von 340 Filtern, über die bei der vorliegenden Untersuchung bis 2,5 l Wasser filtriert wurden, wiesen nur vier Stück 1 oder 2 Copepoden auf; von den 19 Zählproben à 50 ml enthielt nur eine Probe 2 Copepoden-Nauplien. Da das „Zooplankton“ des vorliegenden Materials vorwiegend aus Ciliaten und Bakterien besteht, wird der Eiweißgehalt des Zooplanktons auf $\frac{2}{3}$ der OS geschätzt. Der Aschegehalt des Zooplanktons schwankt zwischen < 5 und 10% der Tr; der Einfachheit halber wird er vernachlässigt und OS = Tr = 1,5 Ew gesetzt.

Chlorophyll/Organ. Substanz: Die Beziehung zwischen Chl und OS ist besonders schwierig zu beurteilen. Unter den Peridineen gibt es neben normal gefärbten auch ausgesprochen helle Arten, die heterotroph leben mögen; ferner ist bekannt, daß schwach belichtete Pflanzen dazu neigen, mehr Chl pro Gewichtseinheit OS zu bilden. Für Diatomeen zeigte HARVEY (1953), daß bei N-Mangel im Kulturmedium relativ weniger Chl ausgebildet wird; schließlich ist von MARGALEF (1954) dargelegt worden, daß Diatomeen bei höherer Temperatur relativ mehr Chl ausbilden als bei niedriger Temperatur.

Ferner gibt es nicht viele Analysen und Beobachtungen im Freiland. Mehrere Autoren haben daher in letzter Zeit auf Grund der wenigen vorhandenen Werte den Chlorophyllgehalt der OS zu etwa 3% angenommen.

In diesem Zusammenhang wird oft ein Anteil von 2,91% genannt, der RILEY (1941a) zugeschrieben wird. Es sei aber darauf hingewiesen, daß RILEY in seiner Studie über den Long-Island-Sound weder die OS noch das Tr des Planktons bestimmt hat. Vielmehr sagt er nur (RILEY 1941a, p. 9): „... the mean chlorophyll 17,44 mgs per m³, representing about 600 mgs of dry organic matter per m³“; es handelt sich um eine Schätzung.

Von POSTMA (1954) wurde der Chlorophyllgehalt der OS zu 6% angesetzt. Teilweise wurde er dazu durch einen Druckfehler bei HARVEY (1950)¹ veranlaßt; ferner glaubte er, daß die genannte, von RILEY stammende Schätzung auf Tr bezogen sei, und schließlich ließen die hohen Werte von GILLBRICHT das Verhältnis Chl/OS = 0,03 als zu niedrig erscheinen.

GILLBRICHT (1952) hatte den Chlorophyllgehalt einer großen Zahl von Proben gegen das Rechenvolumen (Plasmavolumen) nach LOHMANN aufgetragen und mit der Methode der kleinsten Quadrate (vergl. auch bei RILEY 1941b) das Chlorophyll, das an Detritus gebunden ist, eliminiert. Für die Peridineen ergaben sich 4%, für die Diatomeen 11,8% Chl in der OS.

Um vom Plasmavolumen auf die OS übergehen zu können, stützte GILLBRICHT (1952) sich auf die Analysen von BRANDT u. RABEN (1920, p. 195, Tab. A—E). Das dort angeführte Volumen, das etwa 10 Tr beträgt, ist aber Verdrängungsvolumen; da die analysierten Proben nicht gezählt wurden (vergl. BRANDT u. RABEN p. 194), muß es sich um empirisch bestimmtes Verdrängungsvolumen handeln, für das außerdem nur fixiertes Material zur Verfügung gestanden hat. Man erhält dadurch ein zu großes Volumen und pro Volumeneinheit ein zu kleines Gewicht.

Da das Volumen der Vakuolen, das in die Bestimmung des Verdrängungsvolumens eingeht, für produktionsbiologische Betrachtungen ohne Interesse ist, machte LOHMANN (1908) zur Berechnung des Plasmavolumens die Annahme, daß bei Diatomeen je nach der Zellgröße der Plasmabelag der Wände 1—2 μ stark ist, und daß die Plasmafäden, welche das Innere der Vakuole durchziehen, 10% des Vakuolenvolumens ausmachen. Für große Zellen ist die letztere Annahme zu hoch gegriffen: GROSS (1940) zeigte für *Ditylium brightwelli*, daß die Dauersporen bei kleinen Zellen $\frac{1}{4}$, bei großen aber nur $\frac{1}{20}$ des Zellvolumens einnehmen; die Dauersporen entstehen vor allem durch Ausstoßen der Vakuolen-Flüssigkeit aus normalen Zellen. Nimmt man an, daß die Dauersporen gar keine Vakuolen mehr besitzen, aber die gleiche Plasmaquellung wie die normalen Zellen aufweisen, so ist die Annahme LOHMANNs, wonach 10% des ursprünglichen Vakuolenvolumens aus Plasma bestehen, für große *Ditylium*-Zellen reichlich um 100% zu hoch. Allerdings sind im Vergleich zu großen *Coccinodiscus*-Arten die *Ditylium*-Zellen recht durchsichtig; sie enthalten daher vielleicht weniger OS als andere Diatomeen-Arten.

Für die Peridineen zog LOHMANN vom stereometrischen Volumen (dem errechneten Verdrängungsvolumen, das z. B. auch RILEY 1941b benutzt hat, weil die empirische Bestimmung des Verdrängungsvolumens zu hohe Werte ergibt) 25% ab, die als Gerüstsubstanz betrachtet wurden und ohne Interesse waren.

Um vom Plasmavolumen auf die OS übergehen zu können, muß man stattdessen Annahmen machen: Das Naßgewicht von $10^9 \mu^3$ (1 mm³) Plasma sei 1 mg, sein Gehalt an Tr \approx OS = 15—20%. Dann ergibt sich aus den Beziehungen von GILLBRICHT (1952 p. 181),

$$1 \gamma \text{ Chl} = 278,8 \mu^3 \text{ Plasmavolumen von reinem Peridineenplankton}$$

$$1 \gamma \text{ Chl} = 139,4 \mu^3 \text{ Plasmavolumen von reinem Diatomeenplankton,}$$

als Chlorophyllgehalt der organischen Substanz jetzt

$$\text{Chl} = 0,018 \text{ bis } 0,024 \text{ OS bei Peridineen}$$

$$\text{Chl} = 0,036 \text{ bis } 0,048 \text{ OS bei Diatomeen.}$$

Für die Peridineen ist dabei zu beachten, daß in dieser OS die organische Gerüstsubstanz (25% des Volumens) nicht enthalten ist, die bei der Bestimmung der OS als Glühverlust miterfaßt wird; verglichen mit den Ergebnissen der Autoren, welche die OS als Glühverlust (ev. mit Korrektur für Karbonate) bestimmt haben, ist das hier

¹) Nach HARVEY (1950, p. 101) soll 1 UPP ca. 0,003 mg Chlorophyll entsprechen. Statt 3 γ muß es 0,3 γ heißen, wie u. a. aus den Untersuchungen von ATKINS u. PARKE (1951) hervorgeht.

errechnete Verhältnis Chl/OS um etwa $\frac{1}{4}$ zu hoch. — Da in dem Diatomeenplankton aus der Kieler Bucht, das GILLBRICHT als Grundlage seiner Berechnung gedient hat, größere Formen häufig waren (GILLBRICHT 1951) ist das Verhältnis Chl/OS für die Diatomeen vielleicht zu niedrig.

Aus den neuen Werten des Verhältnisses Chl/OS folgt für die Beobachtungen von GILLBRICHT (1952, p. 183), daß die Menge des chlorophyllhaltigen Detritus zugunsten des Phytoplanktons erniedrigt wird, gleichzeitig aber das Verhältnis Chl/Tr des chlorophyllhaltigen Detritus stark ansteigt (für die Beobachtungen vom Oktober 1949 auf fast 0,1 Tr). Ob das Chlorophyll gegenüber den übrigen organischen Bestandteilen derartig stabil ist, müßte durch Untersuchungen gezeigt werden.

Für einen Vergleich der Werte des Chlorophyllgehaltes von Phytoplankton nach GILLBRICHT mit anderen Angaben in der Literatur muß beachtet werden, daß die letzteren auf Einzelanalysen beruhen; die Errechnung des Verhältnisses Chl/OS stützt sich dabei auf die Annahme, daß zur Chlorophyllmenge σ auch das Trockengewicht σ gehört. Die rechnerische Behandlung von Analysen an Netzplankton durch RILEY (1941b) zeigen, daß das keineswegs der Fall ist (erst recht nicht in Schöpfproben wie bei GILLBRICHT, der eine große Menge von chlorophyllhaltigem Detritus gefunden hat); auch nach dem Auslesen der größeren Copepoden sind im Netzplankton noch Ciliaten und Detritus enthalten, die einen zu großen Gehalt des Phytoplanktons an OS vortäuschen. Die in der Literatur angegebenen Werte für den Chlorophyllgehalt der organischen Substanz, die durch einfache Division Chl/OS errechnet sind, werden daher zu niedrig sein.

Der mittlere Chlorophyllgehalt von gemischtem Phytoplankton in gemäßigten Breiten scheint nach den europäischen Untersuchungen zwischen 3 und 4% der trockenen, aschefreien organischen Substanz zu liegen, vielleicht mehr nach 4% hin.

Für die Georges-Bank errechnen sich (nach RILEY, 1941b, unter Zugrundelegung der sich aus diesem Material ergebenden mittleren Beziehung: 1 UPP = 0,26 Chl) bei Verwendung der Methode der kleinsten Quadrate nur 0,75% (bei einfacher Mittelbildung 0,4%); STEELE (1956) verwendete für seine Untersuchungen am Fladen Grund ein ähnliches Verhältnis. Wie auf S. 176 zitiert, hat RILEY (1941a) für die Studien im Long-Island-Sound einen Chlorophyllgehalt der OS von etwa 3% angenommen.

Für die vorliegende Untersuchung wird der Wert von 4% benutzt. In Unkenntnis der Art-Zusammensetzung des Planktons kann der verschiedene Chlorophyllgehalt der Diatomeen und Peridineen nicht berücksichtigt werden; durch die Annahme eines mittleren Chlorophyllgehaltes wird aber wenigstens bei der Berechnung des Trockengewichtes des Phytoplanktons der Fehler kompensiert, der durch die Annahme eines mittleren Aschengehaltes für die Diatomeen und Peridineen gemacht wird (s. S. 175).

Zusammenfassung

Mittels 170 Oberflächenproben, an denen Parallelbestimmungen der Trübung, des Seston-Gewichtes, des Eiweiß- und Chlorophyllgehaltes vorgenommen wurden, wird ein Überblick über den produktionsbiologischen Zustand des Pelagials im südlichen Teil der Nordsee im März 1955 gegeben. Die Beobachtungen sind in den Tafeln 14 bis 17 dargestellt, aufgeteilt in zwei Untersuchungsabschnitte. Wegen der fast überall fehlenden hydrographischen Schichtung dürften die Verhältnisse in der Tiefe ähnlich sein.

Trübung und Seston zeigen während des zweiten Teils der Untersuchungen eine Verminderung, die nicht vollkommen erklärt werden kann; sie kehrt in der Verteilung des Albumins und des Chlorophylls wieder. Da wegen des späten Frühlings das Wasser noch im Winterzustand angetroffen wurde, sind der Eiweiß- und Chlorophyllgehalt sehr niedrig, von einigen günstigen Gebieten abgesehen. Für die südöstliche Nordsee wird gezeigt, daß der chlorophyllhaltige Detritus, zumindest nach langen Wintern, verschwinden kann. Für dieses Gebiet wird die Zusammensetzung des Sestons im einzelnen errechnet (Tabelle 3, S. 173).

Allgemein ergibt sich für den ganzen südlichen Teil der Nordsee, daß die suspendierte Substanz zu 90% anorganischer Natur ist. Für die südöstliche Nordsee errechnen sich bei 40 m mittlerer Tiefe als *standing crop* 1,4 g/m² trockener aschefreier organischer Substanz (0,6—0,7 g/m² C). Dieser Wert wird als das winterliche Minimum im ganzen Untersuchungsgebiet betrachtet.

Ein Anhang enthält Bemerkungen über das Verhältnis Chlorophyll : Organische Substanz und ähnliche Beziehungen.

Summary

The aim of the present investigation in the southern parts of the North Sea during March 1955 has been to get an idea of the standing crop of plankton by serial analysis which were completed within a few days. The observations are given in the plates 14 to 17 which show the distribution of turbidity, weight of particulate matter, albumine and chlorophyll. Caused by the long winter the amounts of the two latter components are very low. The water columns being vertically homogenous in most parts of the area of investigation, the results may hold right from the surface to the sea bed.

For the southeastern part of the North Sea it is shown that, at least after long winters, the detritus contenting chlorophyll may be desintegrated; in that case the amount of phytoplankton can be calculated from the chlorophyll observations, as has been done in table 3 p. 173, where with the aid of the albumine values the composition of the suspended matter is approximated.

In all areas investigated, either in turbid or clear water, the content of "plankton" (including bacteria and fresh detritus) in the total suspended matter never exceeds 10%. For the named southeastern part of the North Sea in the end of March 1955 the dry weight of "plankton" is calculated as 1,4 g/m² dry ash-free organic matter, assuming a mean depth of 40 m. This value corresponds to 0,6—0,7 g/m² Carbon which is thought to be the minimum standing crop for the southern North Sea in winter.

In an appendix some comments are given on the ratio chlorophyll / organic matter and similar relationships.

Literaturverzeichnis

- ARMSTRONG, F. A. J. (1954): Phosphate and silicone in sea water off Plymouth during the years 1950—1953. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, NS, **33**, 381—392. — ARMSTRONG, F. A. J. u. ATKINS, W. R. G. (1950): The suspended matter of sea water. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, NS, **29**, 139—143. — ARMSTRONG, F. A. J. u. HARVEY, H. W. (1950): The cycle of phosphorus in the waters of the English Channel. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, NS, **29**, 145—162. — ATKINS, W. R. G. u. JENKINS, P. G. (1953): Seasonal changes in phytoplankton during the year 1951/2 as indicated by spectrophotometric chlorophyll estimations. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, NS, **31**, 495—508. — ATKINS, W. R. G. u. PARKE, M. (1951): Seasonal changes in the phytoplankton as indicated by chlorophyll estimations. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, NS, **29**, 609—618. — BAALSRUD, KJ. (1955): Utilisation of plankton. *Norwegian Whaling Gazette* **3**, 125—133. — BRAARUD, T., GAARDER, K. R. u. GRØNTVED, J. (1953): The phytoplankton of the North Sea and adjacent waters in May 1948. *Cons. Perm. Intern. Explor. Mer, Rapp. Procès-Verb.* **133**, 87 S. — BRANDT, K. (1898): Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Planktons. *Wiss. Meeresunters. Kiel*, NF, **3**, 43—90. — BRANDT, K. u. RABEN, E. (1920): Zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Planktons und einiger Bodenorganismen I. *Wiss. Meeresunters. Kiel*, NF, **19**, 175—210. — DELFF, CHR. (1912): Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung wirbelloser Meerestiere. *Wiss. Meeresunters. Kiel*, NF, **14**, 51—82. — DIETRICH, G. (1953): Verteilung, Ausbreitung und Vermischung der Wasserkörper in der südwestlichen Nordsee auf Grund der Ergebnisse der „Gauß“-Fahrt im Februar/März 1952. *Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresf.*, NF, **13**, 104—129. — DIETRICH, G. (1956): Near Northern Seas, Hydrography. *Cons. Perm. Intern. Explor. Mer, Ann. Biol.* **12** (im Druck). — GILLBRICHT, M. (1951): Produktionsbiologische Untersuchungen in der Kieler Bucht. *Diss. Kiel*, 92 + VI + 77 S. — GILLBRICHT, M. (1952): Untersuchungen zur Produktionsbiologie des Planktons der Kieler Bucht I: Die zeitlich und räumliche Verteilung des Planktons und die quantitativen Beziehungen zwischen Plankton-, Chlorophyll- und

Sestonbestimmungen. Kieler Meeresf. **8**, 173—191. — GRAHAM, M. (1938): Phytoplankton and the herring III: Distribution of phosphate in 1934—36. Fish. Invest., Ser. II, **16**, No 3, 30 S. — GRAHAM, M. u. HARVING, J. P. (1938): Some observations of the hydrology and plankton of the North Sea and English Channel. J. Mar. Biol. Ass. UK, NS, **23**, 201—206. — GROSS, F. (1940): The osmotic relations of the plankton diatom *Ditylium brightwelli*. J. Mar. Biol. Ass. UK, NS, **24**, 381—415. — HARVEY, H. W. (1950): On the production of living matter in the sea off Plymouth. J. Mar. Biol. Ass. UK, NS, **29**, 97—137. — HARVEY, H. W. (1953): Synthesis of organic nitrogen and chlorophyll by *Nitzschia closterium*. J. Mar. Biol. Ass. UK, NS, **31**, 477—487. — JOSEPH, J. (1953): Die Trübungsverhältnisse in der südwestlichen Nordsee während der „Gauß“-Fahrt im Februar/März 1952. Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch., NF, **13**, 93—103. — KALLE, K. (1937): Nährstoffuntersuchungen als hydrographisches Hilfsmittel zur Unterscheidung von Wasserkörpern. Ann. Hydrographie usw. **65**, 1—18. — KREY, J. (1939): Die Bestimmung des Chlorophylls in Meerwasserschöpfproben. J. du Cons. Perm. Intern. Explor. Mer **14**, 201—209. — KREY, J. (1950): Eine neue Methode zur quantitativen Bestimmung des Planktons. Kieler Meeresf. **7**, 58—75. — KREY, J. (1951): Quantitative Bestimmung von Eiweiß im Plankton mittels der Biuret-Reaktion. Kieler Meeresf. **8**, 16—29. — KREY, J. (1952): Die Untersuchungen des Eiweißgehaltes in kleinen Planktonproben. Kieler Meeresf. **8**, 164—172. — KREY, J. (1953): Plankton- und Sestonuntersuchungen in der südwestlichen Nordsee auf der Fahrt der „Gauß“ Februar/März 1952. Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresf., NF, **13**, 136—153. — KREY, J. (1956): Die Trophie küstennaher Meeresgebiete. Kieler Meeresf. **12**, 46—64. — LOHMANN, H. (1908): Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton. Wiss. Meeresunters. Kiel, NF, **10**, 129—370. — MARGALEF, R. (1954): Consideraciones sobre la determinación cuantitativa del fitoplancton por la valoración de pigmentos solubles y los factores que afectan a la relación entre cantidad de pigmento y peso seco. Publ. Inst. Biol. Aplic. **16**, 71—84. — MARSHALL, S. M. u. ORR, A. P. (1955): Biology of a marine Copepod. London u. Edinburgh, 188 S. — POSTMA, H. (1954): Hydrography of the Dutch Wadden Sea. Arch. Néerl. Zool., **10**, No. 4, 106 S. — RILEY, G. A. (1941a): Plankton studies III: Long Island Sound. Bull. Bingham Ocean. Coll. **7**, No. 3, 93 S. — RILEY, G. A. (1941b): Plankton studies IV: Georges Bank. Bull. Bingham Ocean. Coll. **7**, No. 4, 73 S. — STEELE, J. H. (1956): Plant production on the Fladen Ground. J. Mar. Biol. Ass. UK, NS, **35**, 1—34. — SVERDRUP, H. U., JOHNSON, M. W. u. FLEMING, R. H. (1946): The Oceans. New York, 1087 S.