

Das Oberflächenplankton längs der Fahrtstrecke von der Deutschen Bucht zum Barentsmeer.

VON WALTER HOPPE †.

Mit 25 Abbildungen und 4 Zahlentafeln im Text.

Inhalt.

	Seite
I. Einführung	83
II. Methodik	84
III. Planktonveränderungen mit zunehmender geographischer Breite	86
1. Die Planktonverteilung im März	86
2. Vordringen von Volksmassen nach Norden von März bis September	90
a) Zunahme der Planktondichte nach Norden	92
b) Ausdehnung der Vorherrschaft nach Norden	98
IV. Gliederung der Fahrtstrecke nach der Planktonbevölkerung	101
1. Die Rangordnungsverhältnisse	102
2. Der Kurvenverlauf	102
a) Küstenbedingtes	102
b) Der Bruch am Nordende der sudnorwegischen Kuste	103
c) Temperaturbedingtes	104
V. Grenz- und Sprungstellen	106
1. Auf der Fahrtstrecke	106
2. An den Endpunkten	107
VI. Durchschnittswerte und Schwankungen der Werte	114
VII. Zusammenfassung — Ausblick	116

I. Einführung.

Die Planktonbeschaffenheit des östlichen Nordatlantik mit seinen angrenzenden Meeren ist mehrfach und eingehend untersucht worden. Diese Untersuchungen waren mit wenig Ausnahmen qualitativer Art. Durch Abschätzungen von Arten und Gattungen erzielte man außerdem rohe Vergleichswerte über die Verbreitung des Planktons. Diese Schätzungsmethode kam der quantitativen Arbeitsmethode schon nahe, denn sie ließ bereits Aussagen über die mengenmäßige Verbreitung einzelner Arten und Gattungen zu. Auch konnte sie den hydrographischen Beobachtungen einige Dienste leisten. — 1938 hat nun HENTSCHEL (15) einen Weg aufgezeigt, der mittels eines Zahlenmaterials aus Totalzählungen von Planktonproben einer bestimmten Größenordnung (40- μ -Plankton) zur Anfertigung von Isoplanktenkarten führt, in deren Isoplankten die „Unterschiede in der Produktion der Meeresgebiete“ zum Ausdruck kommen. Diese Karten geben auf Grund des verwandten absoluten Zahlenmaterials, das in den allermeisten Fällen allgemeine, nicht auf das Untersuchungsjahr beschränkte Gültigkeit besitzt, eine quanti-

tative Darstellung der Horizontalverbreitung des Planktons; und sie veranschaulichen in Verbindung mit den Fragen der Fischereibiologie die planktischen Nahrungsverhältnisse. Daneben sind sie wegen der engen Beziehung von Plankton und hydrographischer Wasserbeschaffenheit für die Ermittlungen der Verteilung und Mischung von Wassermassen, die wiederum für das Fischleben von Bedeutung sind, brauchbar. Nach diesen Gesichtspunkten hat Prof. HENTSCHEL seit längerer Zeit das Gebiet um Island (als Teilgebiet des Nordatlantik) bearbeitet, und zwecks Erweiterung des Gebietes 1938 die Entnahme von Planktonproben durch Fischereibiologen, die an Fahrten der Wesermunder Fischdampfer beteiligt waren, in dem Gebiet von der deutschen Küste bis zur Breite des Nordkap veranlaßt. Das Oberflächenplankton dieses Weges nach der erwähnten Methode zu untersuchen, ist die Aufgabenstellung für diese Arbeit.

Als mir die Untersuchungen übertragen wurden, stand das Material von drei Fahrten mit vier Probenserien zur Verfügung.

Die erste Serie wurde von Herrn Dr. BÜCKMANN vom 13. bis 17. März genommen und lief zwischen 53 und 70° nördl. Breite (Abb. 1). Sie wird in Zukunft Marzserie genannt.

Die zweite wurde an Bord des F. D. „Kehdingen“ von Herrn Dr. P. F. MEYER vom 16. bis zum 21. Juli zwischen den Breiten 55 und 71° genommen (Abb. 2) und wird weiter unten Juliserie genannt.

Die dritte Serie (Augustserie) wurde auf der Rückfahrt des F. D. „Kehdingen“ vom 9. bis 11. August entnommen (Abb. 3); sie wird ihrer Kürze wegen für die Arbeit nur beschränkt verwendet¹⁾.

Die vierte Serie endlich fällt in die Zeit vom 28. August bis zum 12. September (Septemberserie) und liegt im Bereich des 54. bis 79. Breitengrades²⁾ (Abb. 4); sie wurde an Bord des F. D. „Heinrich Baumgarten“ von Herrn Dr. J. LUNDBECK beschafft.

Die Beschaffung einer Probenserie aus der kalten Jahreszeit, die ich selbst ausführen wollte, war der Zeitumstände wegen leider nicht möglich.

Für die Übertragung dieser Arbeit sowie für so manche Anregung möchte ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. E. HENTSCHEL, meinen tiefempfundenen Dank aussprechen. Ebenso danke ich Herrn Dr. C. H. BRANDES dafür, daß er mir so häufig während meiner Arbeiten mit Rat und Tat zur Seite stand. Außerdem danke ich den Herren Dr. A. BUCKMANN, Dr. P. F. MEYER und Dr. J. LUNDBECK für die Entnahme der Proben auf den obengenannten Fischereifahrten.

II. Methodik.

Es wurden Oberflächenproben von 4,5 Liter untersucht, die vom fahrenden Schiff aus genommen wurden, und an Bord durch Phosphorbronzegaze von 40 μ Maschenweite geseiht waren. Die Methodik der Probengewinnung hat HENTSCHEL wiederholt 1936 a (13), 1936 b (14), 1939 (16) und 1941 (18) beschrieben. Die Proben wurden bei 80facher Vergrößerung unter Benutzung des Zwickertschen Zähltesches in einer selbst verfertigten, rechteckigen Planschale durchgezählt, deren schrägstehende Zelluloidwände durch Aceton aufgeklebt und durch Kanadabalsam verstärkt waren. Die Ergebnisse gelangten auf 10 Liter umgerechnet zur Darstellung. Wegen der z. T. sehr hohen Werte mußte die logarithmische Darstellungsmethode angewandt werden; somit sind die angegebenen Zahlen Logarithmen der Werte für 10 Liter. Durch die Multiplikation mit 2,2 entstehen gebrochene Zahlen, deren Stelle hinter dem Komma ich bei ein- und zweistelligen Werten beim Ausziehen der Logarithmen berücksichtigt habe und auch in den Zahlentafeln aufgeführt habe. Für die logarithmischen Werte unter 0 wurde in den graphischen Darstellungen allgemein — 0,3 gesetzt (vgl. HENTSCHEL 1941, S. 126).

Bei den graphischen Darstellungen bedeuten die Zahlen auf der Abszisse die Breitengrade. Ich habe jeden Abstand zweier Breitengrade in zwei Hälften geteilt, die südliche (von 1—29 Minuten) und die nördliche (von 30—59 Minuten). Fallen zwei Stationen in eine Hälfte, so habe ich die Mittelwerte errechnet und zur Darstellung gebracht. Da Angabe der Breite häufig notwendig sein wird, wird dies durch Abkürzungen geschehen; so werde ich beispielsweise die südliche Hälfte zwischen 57 und 58° nördl. Breite mit 57° s, die nördliche Hälfte zwischen 61 und 62° nördl. Breite mit 61° n usw. bezeichnen. Beziehe ich zur besseren Orientierung die Breitenangabe auf die Küste, so steht jene Abkürzung der Breitenangabe in Klammern gesetzt hinter der Ortsbezeichnung.

1) Diese Probenserie sollte ursprünglich einem anderen Zweck dienen, der in dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden kann.

2) Diese Serie wird z. T. in ihrer ganzen Ausdehnung, wobei im nördlichen Teil des Weges einzelne Stationen ausgewählt sind, in Verbindung mit den anderen Serien verwandt werden; daneben werden im Teil V der Arbeit die auf Abb. 4 eingetragenen Stationen des Gebietes zwischen Nord-Norwegen und Spitzbergen einer gesonderten Untersuchung dienen.

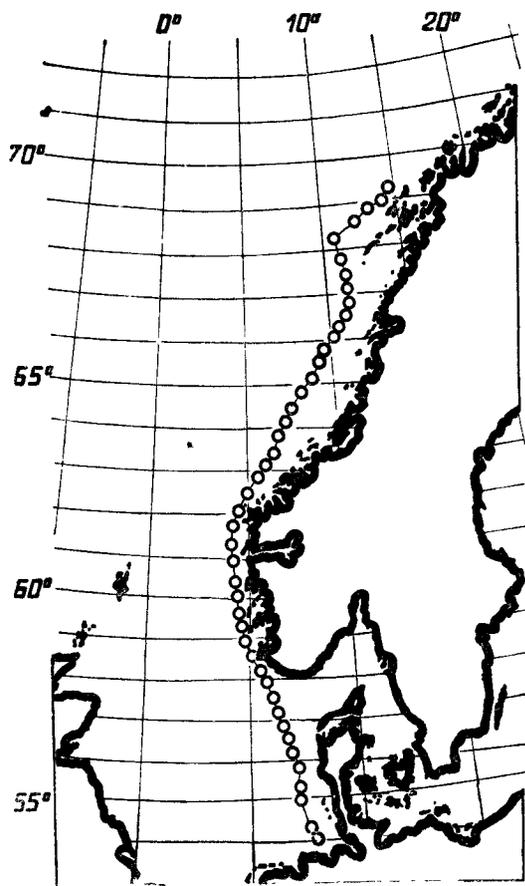


Abb. 1. Reiseweg und Orte der Probeentnahme der Fahrt des „Heinrich Baumgarten“, 13. bis 17. März 1938.

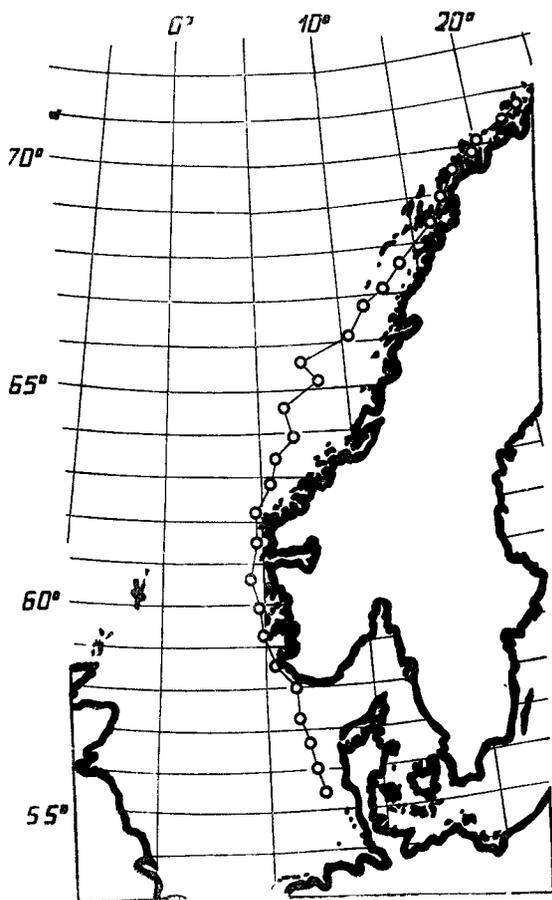


Abb. 2. Reiseweg und Orte der Probeentnahme der Fahrt des „Kehdingen“, 16. bis 21. Juli 1938.

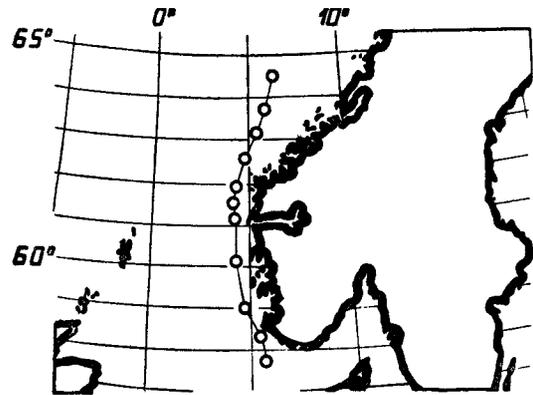


Abb. 3. Reiseweg und Orte der Probeentnahme der Fahrt des „Kehdingen“, 9. bis 11. August 1938.

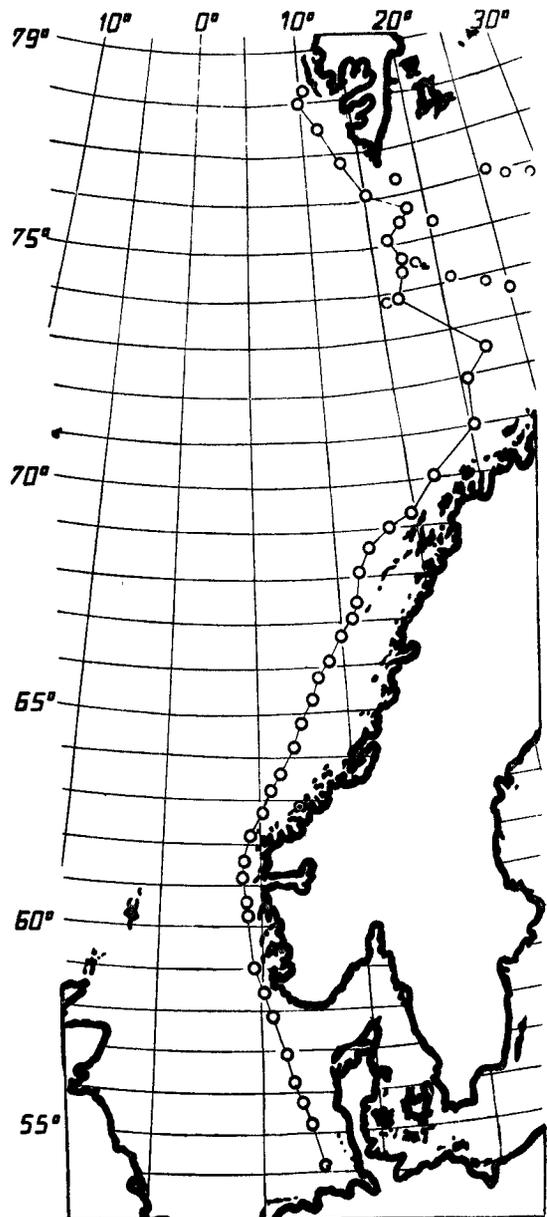


Abb. 4. Reiseweg und Orte der Probeentnahme der Fahrt des „Heinrich Baumgarten“, 28. August bis 12. Sept. 1938.

III. Planktonveränderungen mit zunehmender geographischer Breite.

Infolge des Verlaufs der Fahrtlinien etwa von Süden nach Norden über mehr als 20 Breitengrade (Abb. 1, 2 u. 4) drängt sich die Frage auf, ob nicht die stetige Veränderung der klimatischen Verhältnisse mit zunehmender geographischer Breite auch stetige Veränderungen der Planktonverhältnisse zur Folge hat. Diese Frage soll zunächst untersucht werden. — Soweit es angebracht ist, wird das Plankton an seinen Hauptgruppen untersucht, deren Verhalten an den sie beherrschenden Gattungen und Arten erläutert wird.

1. Die Planktonverteilung im März.

Die Gesamtzahlen der Diatomeen ergeben für den März eine Kurve (Abb. 5), die von der Deutschen Bucht bis zur Höhe der Insel Sylt (54° n) sehr stark abfällt (von 5,37 auf 3,52), dann aber fast ebenso stark wieder ansteigt, bis sie vor dem Skagerrak ihr Maximum mit 6,73, d. h. mit über 5 Millionen Zellen in 10 Liter erreicht. Danach beginnt sogleich wieder ein Ab-

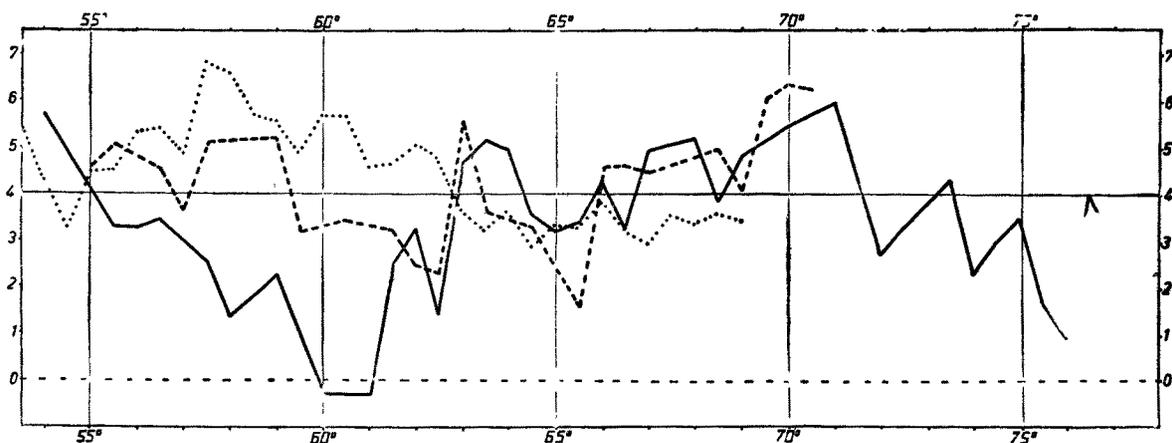


Abb. 5. Logarithmische Häufigkeit der Diatomeen auf dem Reiseweg zu verschiedenen Jahreszeiten: März, Juli, ——— September.

fall, bis der tiefste Wert 2,38 bei 64° n erreicht wird; hernach tritt wieder ein leichter Anstieg ein. — Obgleich die Diatomeenflora auf der ganzen Fahrtstrecke (besonders aber in der Nordsee) sehr vielgestaltig ist, wird ihr Bild doch im wesentlichen durch 4 Gattungen bzw. Arten bestimmt, nämlich durch die Gattungen *Chaetoceros*, *Thalassiosira*, *Leptocylindrus* und durch die Art *Skeletonema costatum* (Abb. 6). Die hohen, nach Norden zu abfallenden Werte in der Deutschen Bucht sind bedingt durch *Skeletonema costatum*. Diese Art nimmt von der Küste aus sogleich stark ab und erreicht bei 55° den Wert 0. Vor dem Skagerrak steigt sie aber ebenso schnell wieder zum Küstenwert an, um weiterhin ohne große Unterbrechungen nur um zwei logarithmische Einheiten abzunehmen. Das Maximum vor dem Skagerrak finden wir bei allen Diatomeen, soweit sie über einen größeren Teil unseres Untersuchungsgebietes verbreitet sind. Allein *Coscinodiscus* macht hier eine wesentliche Ausnahme. *Coscinodiscus* zeigt (Abb. 6) bereits sein Maximum in der Deutschen Bucht, erreicht beim Skagerrak den ersten 0-Wert, kommt bis 61° sehr unregelmäßig vor, um von dort ab etwa zwischen 2 und 1 sehr geradlinig abzunehmen. Die hohen Werte auf der Höhe der Insel Sylt (54° n) kommen durch eine Wucherung der Art *Coscinodiscus concinnus* zustande. — Das Maximum der Gesamtdiatomeen bei 57° n wird in seiner Größenordnung bestimmt durch die Gattungen *Leptocylindrus* und *Chaetoceros*, denn nur sie übersteigen eine Million Zellen pro 10 Liter, d. h. den logarithmischen Wert 6, während *Skeletonema*, *Thalassiosira* und *Phaeoceros* nur 5 und *Thalassiotrix*, *Nitzschia*, *Rhizosolenia*, *Eucampia* und *Ditylium* nur 4 überschreiten. Die Kurven für *Chaetoceros* und *Thalassiosira* verlaufen weiter ähnlich der Gesamtdiatomeenkurve und bestimmen zusammen mit *Skeletonema* deren Verlauf. *Phaeoceros*, *Thalassiotrix* und *Nitzschia* wurden bei 64° , dem Tiefpunkt der Diatomeenkurve, gar nicht gefunden, erscheinen dann aber wieder, zu nennenswerten Zahlen ansteigend, während alle außerdem noch vorkommenden Diatomeen außerhalb der Nordsee nur noch sehr spärlich anzutreffen sind oder gar, wie *Eucampia*, ganz verschwinden.

Die Gruppe der Peridineen (Abb. 7) hat ihr absolutes Maximum von 3,5 in dem Küstenwert der Deutschen Bucht, fällt dann steil ab auf 2,12 und bleibt etwa auf dieser Höhe bis zur Nordspitze Jütlands (57°). Alsdann wird von dem Skagerrak in den Abschnitten 56° n,

57° n und 58° s ein zweites Maximum größer als 3 erreicht, dessen Zwischenabschnitt 57° s allerdings einen Tiefwert zeigt, der bei den Diatomeen auch in geringem Maße vorhanden ist. Ich werde weiter unten (S. 106 ff.) noch darauf zu sprechen kommen. Von diesem Maximum beginnt dann ein fast geradliniger Abfall bis zur nördlichsten Station auf 1,61. Unterbrochen wird diese

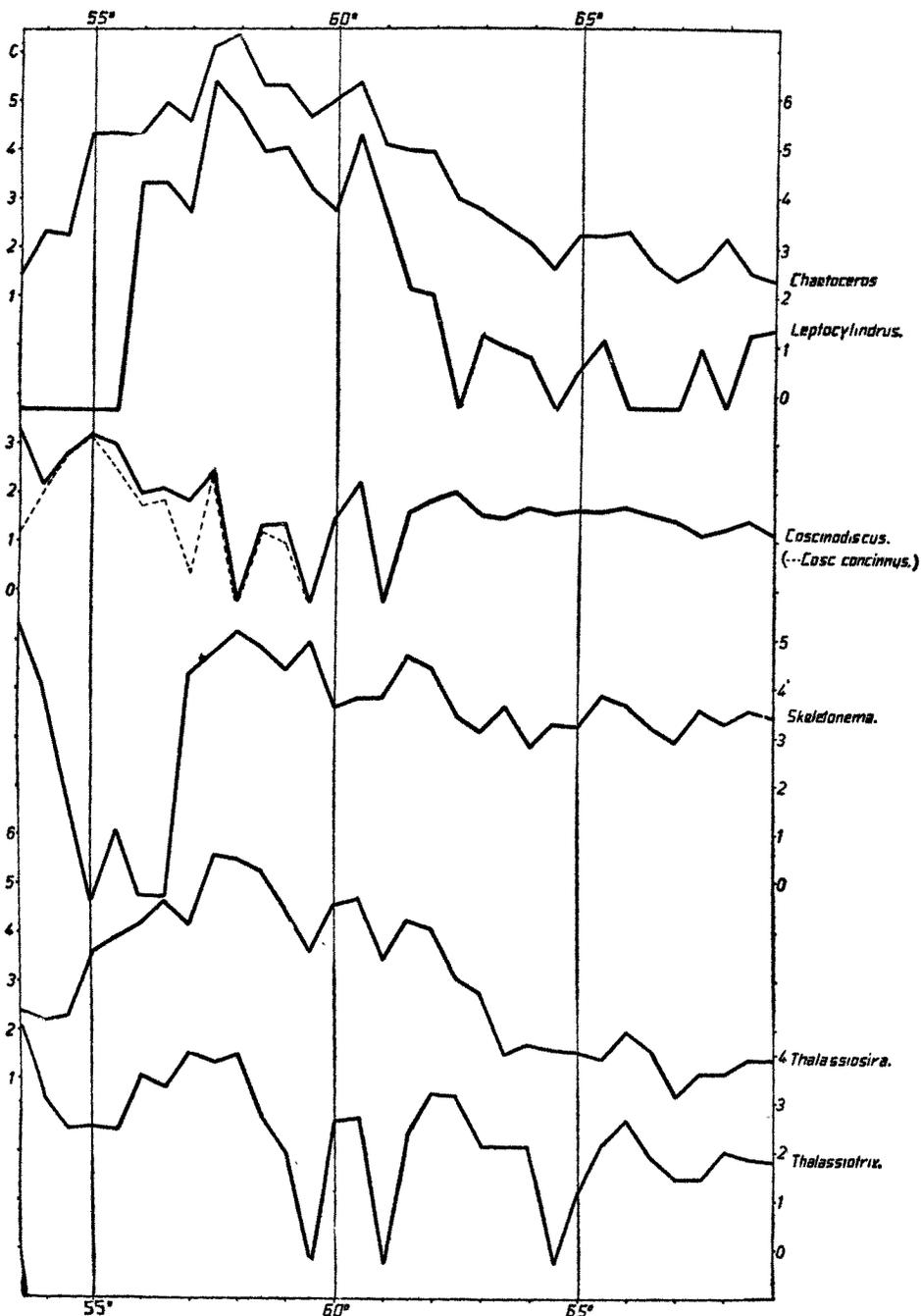


Abb. 6. Logarithmische Häufigkeit einzelner Diatomeengattungen auf dem Reisewege im März.

Stetigkeit durch ein stärkeres Absinken der Kurve ab 63° s, das zum Tiefstwert der Kurve von 1,3 bei 64° n führt. — Diese Kurve deckt sich förmlich mit derjenigen aller Ceratien (vergl. Abb. 7 mit Abb. 16); sie wird gänzlich von den Ceratien beherrscht. — Allerdings ist auch die Gattung *Peridinium* nicht unwesentlich vertreten, doch können ihre Werte die Herrschaft der Ceratien kaum beeinflussen. Ihre Kurve zeigt in großen Zügen den Charakter der Peridineenkurve, nur daß ihr Küstenwert 0 ist, und ein Aufstieg von der Deutschen Bucht bis zur Küste Jütlands

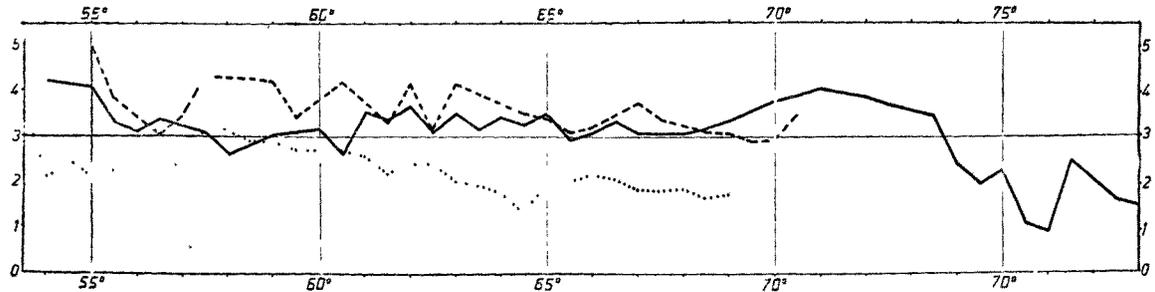


Abb. 7. Logarithmische Häufigkeit der Peridineen auf dem Reiseweg zu verschiedenen Jahreszeiten: ···· März, - - - - Juli, ——— September.

vorhanden ist. Der Tiefwert bei 57° ist hier sehr stark ausgeprägt. Die drei weiter vorkommenden Peridineengattungen *Dinophysis*, *Phalacroma* und *Pyrophacus* finden wir in der ganzen Nordsee außer in der Deutschen Bucht wenig, aber regelmäßig, sie verschwinden aber gänzlich im Atlantik. Allein *Dinophysis* scheint ein Maximalvorkommen vor dem Skagerrak zu haben.

Betrachten wir nun die Tintinnen (Abb. 11), so sehen wir, daß ihr Vorkommen in der ganzen Nordsee sehr schwankt. Im südlichen Teil haben wir Vorkommen zwischen 0 und 100 Individuen in 10 Liter. Ein deutliches Maximum von 2,8 zeigt sich vor der Südspitze Norwegens (57° n¹⁾), das im Vergleich zu den anderen Gruppen etwas verschoben ist. Danach verläuft die Kurve zwar stufenförmig, aber im großen und ganzen absteigend. Sie geht zunächst von 60° s an ruhig in Höhe von 2 weiter, bis bei 63° s ein geradliniger Abfall nach dem bei allen Gruppen auftretenden Minimum bei 64° n erfolgt, wo 0 erreicht wird. Darauf steigt die Kurve wieder auf 1 an und verläuft, wenig abnehmend, ohne große Schwankungen bis zur letzten Station weiter. Daß der zweitletzte Wert nochmals 0 ist, besagt der niedrigen Werte wegen wenig. Die Tintinnen werden in der Hauptsache von den Gattungen *Parafavella* und *Ptychocylys* gestellt. Diese zeigen in ihrem Vorkommen große Übereinstimmung, so daß sich ihre Kurven fast decken und der Gesamtintinnenkurve stark ähneln. Allein südlich des Skagerrak fehlen sie, wo *Stenosemella*, *Tintinnopsis* und *Tintinnidium* das Kontingent stellen, deren unregelmäßiges Vorkommen sich auf die Nordsee beschränkt. Mehrere andere Gattungen wurden ganz vereinzelt an der norwegischen Küste gefunden.

Die Metazoen (Abb. 8) nehmen von allen Gruppen den ausgeglicheneren Verlauf. Ihre Kurve steigt von 1,82 in der Deutschen Bucht stetig an, um bei 56° n vor dem Skagerrak

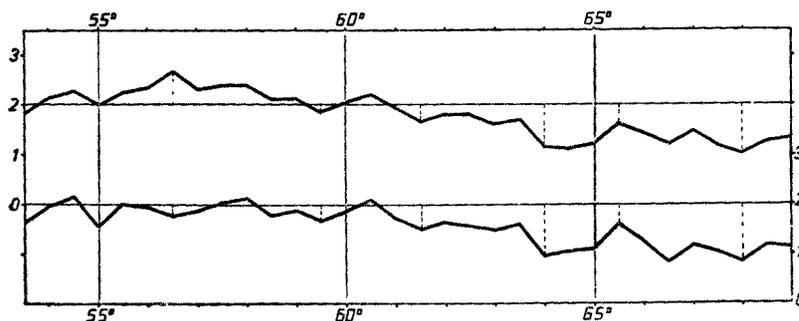


Abb. 8. Häufigkeit aller Metazoen (obere Kurve) und der Nauplien allein (untere Kurve) auf dem Reiseweg im März (Logarithmen).

den Höchstwert 2,65 zu erreichen. Darauf folgt wieder ein langsames und im großen und ganzen stetes Abfallen bis auf gut 1, kaum unterbrochen durch ein Minimum zwischen 64° s und 65° s mit dem niedrigsten Wert von 1,12 bei 64° n. — Der Verlauf dieser Kurve ist größtenteils von den Crustaceen, diese wiederum sind von den Nauplien so stark bestimmt, daß die betreffenden drei Kurven formlich kongruieren. Nur das sonst so typische Maximum vor dem Skagerrak findet sich bei den Crustaceen nicht, es scheint bei ihnen im Gegenteil eine ganz leichte Einbuchtung der Kurve nach unten vorhanden zu sein (Abb. 8). Das Skagerrakmaximum der Gesamtmetazoen wird vielmehr gestellt von den übrigen hier vorkommenden Metazoen, den Appendicularien, Rotatorien, Molluskenlarven und Polychaetenlarven, die alle hier nicht nur ein ausgesprochenes Maximum [Zahlentafel 1²⁾] haben, sondern deren Vorkommen sich zum Teil fast auf dieses Gebiet beschränkt, mit Ausnahme der beiden letzten, die längs der südnorwegischen Küste noch regelmäßig in nennenswerten Mengen vorkommen.

1) Da im Abschnitt 57° n zwei Stationen liegen, ist 2,8 ein Mittelwert aus zwei Werten, von denen der südliche, auf 57° 30' liegende, sogar 3,1 beträgt.

2) In den Zahlentafeln bedeutet ein Punkt, daß in dem betreffenden Gebiet keine Wasserprobe entnommen wurde, ein Strich, daß in der Probe kein Individuum der Art vorhanden war.

Wie die Kurven nicht nur sämtlicher Planktonhauptgruppen, sondern auch mit wenig Ausnahmen aller bedeutenden Gattungen uns zeigen, ergibt das gesamte Plankton im März ein einheitliches Bild: Von der Deutschen Bucht, in deren Bereich nach einem hohen Küstenwert beim Phytoplankton zunächst ein steiler Abfall nach Norden hin stattfindet, erfolgt ein Anstieg bis vor das Skagerrak, wo ein ausgeprägtes Maximum erreicht wird. [In diesem Maximum liegt bei 57° s, mehr oder weniger ausgeprägt, ein Einschnitt, auf den wir ebenso wie auf das Minimum vor Mittelnorwegen später (S. 106 ff.) noch zu sprechen kommen.] Darauf folgt längs der norwegischen Küste, d. h. auf fast 80 % der gesamten Fahrtstrecke, ein steter Abfall bis zur Breite 69° (der unterbrochen wird durch ein Minimum in dem Bereich 63° s bis 64° n).

Für die Deutung dieser regelmäßigen Veränderungen des Planktonzustandes von Süden nach Norden stehen mir die während der Fahrt gemachten Temperaturmessungen des Oberflächenwassers zur Verfügung. Die kurvenmäßige Darstellung der Temperaturen (Abb. 9) läßt mit dem beim gesamten Plankton einheitlichen Anstieg der Werte in der Nordsee bis zum Skagerrak sowie mit seinem Abfall längs der norwegischen Küste keinen Zusammenhang

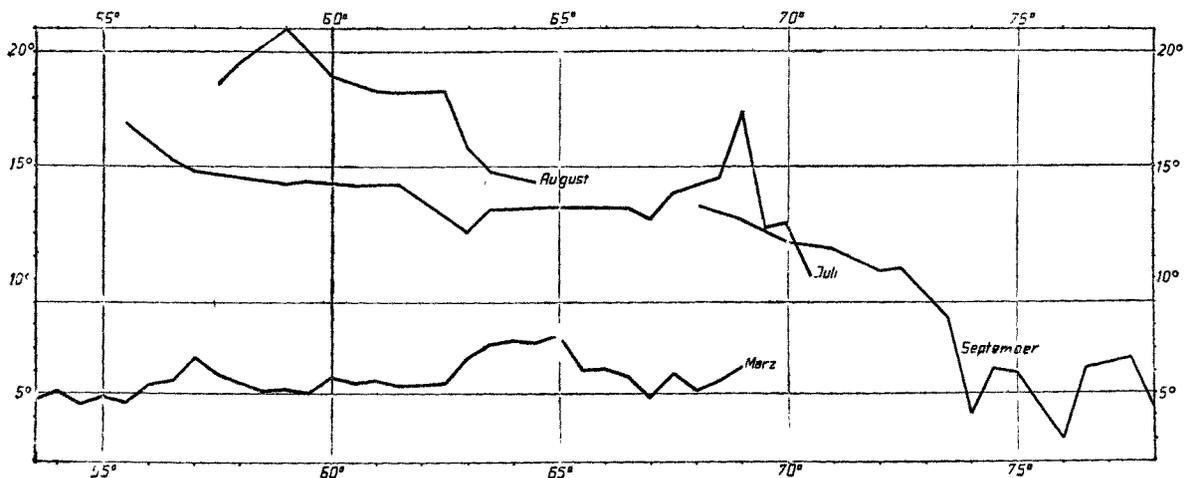


Abb. 9. Wassertemperatur an der Oberfläche auf dem Reiseweg zu verschiedenen Jahreszeiten.

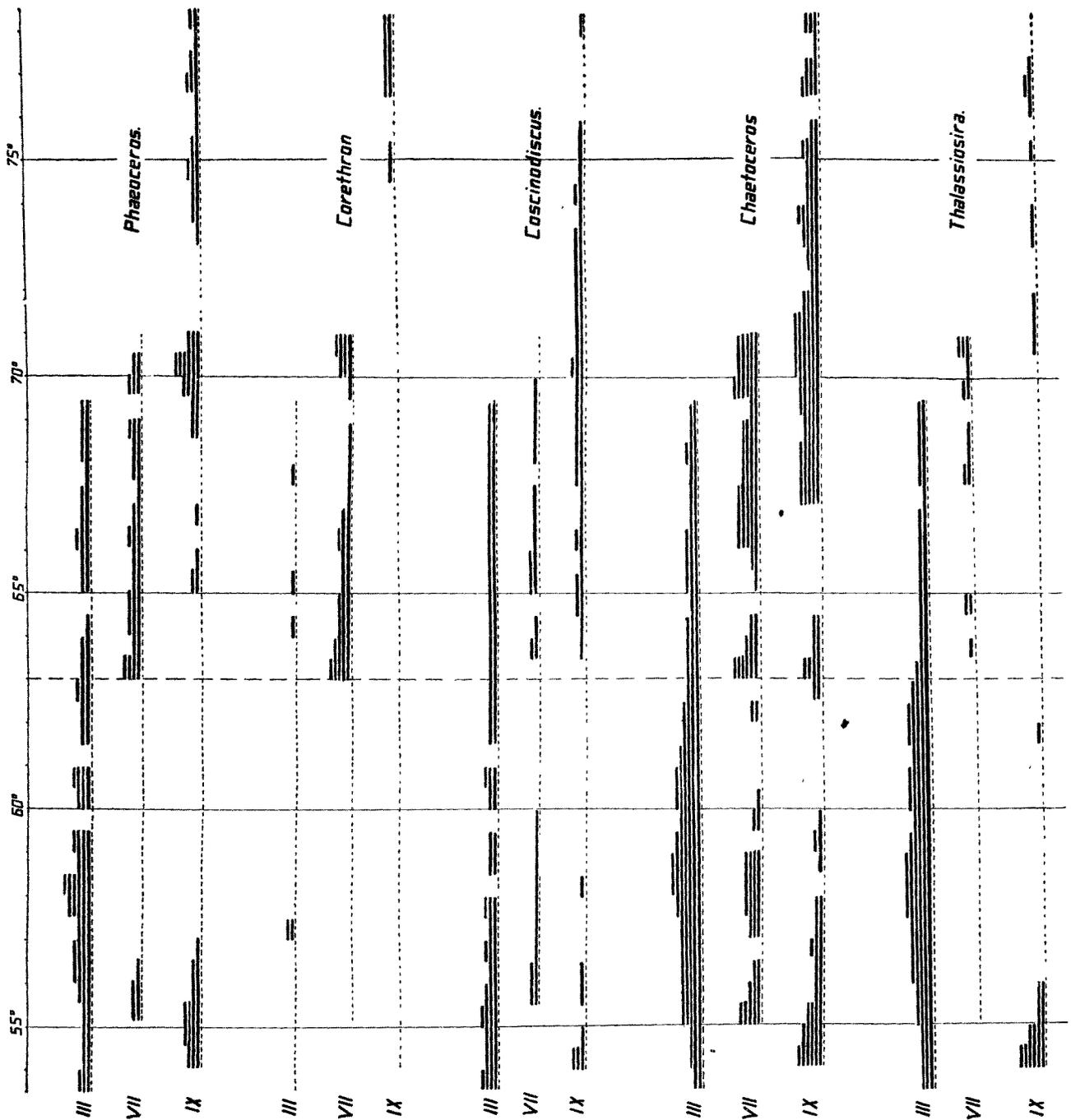
erkennen. Allein die Extreme der Planktonkurven, nämlich das Maximum vor dem Skagerrak und das Minimum vor Mittelnorwegen liegen in genau den gleichen Gradintervallen wie die Temperaturmaxima. Jedoch die Erscheinung, daß unabhängig von Planktonzunahme und -abnahme in beiden Fällen Temperaturzunahme beobachtet wurde, beweist, daß die Planktonproduktion nicht unmittelbar mit der Temperatur in Zusammenhang zu bringen ist. Vielmehr zeigen uns die Planktonkurven in Verbindung mit der Temperaturkurve, daß wir es in den genannten Gebieten mit anderem Wasser zu tun haben, in dem offenbar andere, uns unbekannte Faktoren die Planktonproduktion bestimmen. Wir werden später noch auf jene Punkte der Kurve zu sprechen kommen.

Nach GRAN (6) läßt sich das Skagerrakmaximum der Diatomeen recht gut erklären: das Aufblühen der Diatomeenflora im Frühjahr beginnt im Süden im März, während es im Norden erst im April bis Mai beginnt. In den Wintermonaten, in denen das Pflanzenleben im Meere arm ist, häufen sich die Pflanzennährstoffe im Meere an. Ist die Lichtintensität für die Vermehrung der Diatomeen groß genug, und das ist im Südteil unseres Gebietes im März der Fall, so beginnt ein rapides Wuchern der nördlichen Diatomeen, deren Dauersporen (es handelt sich in den nördlichen Küstenmeeren um neritische, sporenbildende Arten) in den seichten Küstengewässern in großer Zahl vorhanden sind. So entsteht im März das Diatomeenmaximum vor dem Skagerrak, während in der südlichen Nordsee weniger nördliche als südlichere Arten vorhanden sind, für die die günstigste Temperatur noch nicht erreicht ist. — Die Peridineen, deren Verhalten sehr stark temperatur- und lichtabhängig ist, sind augenscheinlich in ihrer größten Produktion im Südteil des Gebietes durch das intensivere Licht beeinflusst, da die Temperaturunterschiede zwischen Nord und Süd zu gering erscheinen.

2. Vordringen von Volksmassen nach Norden von März bis September.

Hatten die Kurven des Frühjahrsplanktons einen sehr gleichförmigen Verlauf, so zeigt das Sommerplankton innerhalb kleiner Bereiche z. T. große Schwankungen. Sehr ausgeprägt ist dies bei den *Diatomeen* der Fall, wie die Gesamtdiatomeenkurven (Abb. 5) und die ihrer Hauptgattungen [Abb. 10¹⁾] zeigen. Die Wolkenbildungen des Sommers im Küstengebiet entstehen offenbar dadurch [GRAN (6)], daß durch die starke Wucherung der Diatomeen die Nährstoffe schnell verbraucht werden, worauf die Diatomeen eine Zeit ruhen müssen, bis durch neue Nährstoffe wieder günstige Lebensbedingungen geschaffen werden (was im Küstengebiet sehr schnell möglich ist). Da immer Sporen vorhanden sind, beginnt dann sofort eine starke Vermehrung, so daß die Nährstoffe bald wieder verbraucht sind und wieder eine Ruhepause entsteht.

1) Die Erläuterung zu Abb. 10 ist auf S. 92 gebracht.



Wenn wir die Gattungen, die die Diatomeenflora im Frühjahr ausmachen, mit denen des Sommers vergleichen (Abb. 10), so erhalten wir ganz verschiedene Bilder. Nicht nur, daß einzelne Gattungen z. T. durch neue, im Frühjahr minimal vorhandene ersetzt werden, sondern besonders auch insofern, als in der Nordsee und im Atlantik verschiedene Gattungen die Gesamtdiatomeen beherrschen. So ist im Juli das Diatomeenplankton der Nordsee vorherrschend ein *Rhizosolenia*-Plankton; eine geringere Rolle spielen noch *Leptocylindrus danicus* und die Gattung *Chaetoceros*; im Atlantik wirken bestimmend die großen Vorkommen von *Chaetoceros*, *Nitzschia* und im Norden in erster Linie *Skeletonema*, während einen geringen Anteil *Rhizosolenia* behält. In ihrer Produktionshöhe wechseln sie miteinander ab, manchmal von Station zu Station. Der September zeigt wiederum ein anderes Bild: Die Deutsche Bucht wird vornehmlich von *Eucampia*, *Thalassiosira*, *Asterionella*, *Biddulphia* und *Leptocylindrus danicus* bevölkert, die weiter nördlich fast gänzlich verschwinden; hinzu kommen noch *Rhizosolenia*, *Chaetoceros* und

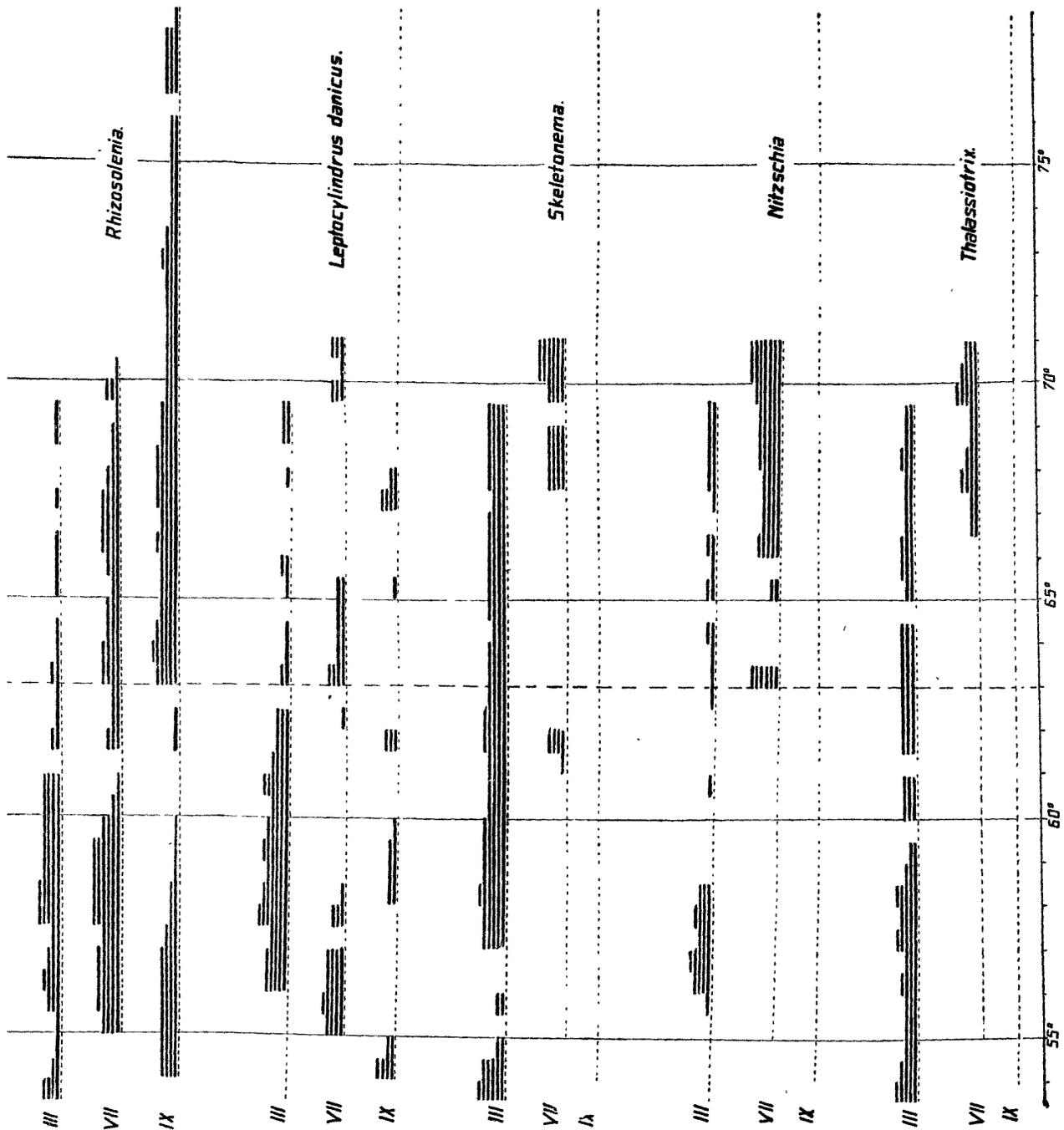


Abb. 10. Häufigkeit der einzelnen Diatomeengattungen auf dem Reisezug im März, Juli und September (Kennziffern der Logarithmen)

Phaeoceros, die fast ausschließlich die Nordsee besiedeln. Der Atlantik wird beherrscht von *Rhizosolenia* und *Chaetoceros*, zum geringen Teil von *Phaeoceros* und *Coscinodiscus*. *Chaetoceros* und vor allen Dingen *Rhizosolenia* sind auf diesem ganzen Abschnitt im September derart vorherrschend, daß wir von einem *Rhizosolenia-Chaetoceros*-Diatomeenplankton des September sprechen können.

Wenn die jeweils vorherrschenden Diatomeengattungen vom Frühjahr zum Herbst an den verschiedenen Punkten des Reiseweges stark wechseln, so hängt das einmal mit der Abnahme der Vielgestaltigkeit vom Frühjahr zum Sommer und (jedenfalls in der warmen Jahreszeit) von Norden nach Süden zusammen (ausgenommen ist hier die Deutsche Bucht, die auch im Hochsommer durch die Küstenformen eine vielgestaltige Diatomeenflora besitzt), vor allen Dingen aber damit, daß die Gedeihgebiete der einzelnen Gattungen nach Norden vordringen.

Wir wollen, um dies zu erweisen, die einzelnen Gattungen gesondert besprechen und sie in Verbindung mit der oben besprochenen Märzfahrt besonders in dieser Hinsicht untersuchen.

Um nun diese stark schwankenden Werte der Diatomeen besser vergleichen zu können, habe ich hierfür in Abb. 10 folgende Darstellungsmethode angewandt: Die dicken, übereinanderliegenden Striche stellen je eine logarithmische Einheit dar, d. h. ein Strich bedeutet logarithmische Werte zwischen 0 und 1, zwei Striche bedeuten Werte zwischen 1 und 2 usw., während die dünne, gestrichelte Linie unten Werte < 0 und zugleich die Ausdehnung des untersuchten Gebietes angibt. Die römischen Zahlen links vor der Darstellung geben den Monat der Probeentnahme an.

a) Zunahme der Planktondichte nach Norden.

Die Gattung *Phaeoceros* hat wie fast alle Gattungen (eine Ausnahme ist lediglich *Coscinodiscus*) im März ein gutes Maximum vor dem Skagerrak. Das Julivorkommen beginnt erst (ausgenommen ist die südliche Nordsee, wo im Juli wie im September verhältnismäßig hohe Werte erreicht werden) vor Christiansund (63° s) und schwankt von hier ab um 2. Im September beginnt erst nördlich der Lofoten ein nennenswertes Auftreten, worauf bei 70° das Maximum von über 5 erreicht wird. Nach einem jähren Abfall wird erst wieder nördlich des Nordkap (73° n) geringes Auftreten festgestellt.

Corethron ist im März nur spärlich vertreten: vor dem Skagerrak werden auf einer Station fast 100 Zellen gefunden; dann erscheint die Diatomee noch ganz spärlich vor der mittelnorwegischen Küste. Im Juli erscheint sie erst bei 63° s und erreicht sofort fast den Wert 4, fällt dann stetig ab, um bei 70° nochmals dieselbe Höhe zu erreichen. Der September zeigt sie erstmalig bei 75° . An der Südwestspitze Spitzbergens kommen dann immerhin fast 30 Zellen in 10 Liter vor.

Coscinodiscus hat im März sein bestes Gedeihgebiet in der südlichen Nordsee, das durch eine Wucherung der im Atlantik nur spärlich, im Sommer gar nicht auftretenden Form *Coscinodiscus concinnus* bedingt ist. Im Juli kommt *Coscinodiscus* überall in kleinen Mengen, aber regelmäßig vor, mit Ausnahme des Übergangsbereiches von der Nordsee zum atlantischen Wasser, wo die Gattung fehlt. Im September wird ihr Auftreten in der Nordsee (außer einem hohen Küstenwert) sehr spärlich; ihr Fehlen erstreckt sich über die ganze südnorwegische Küste, aber vom Trondhjem-Fjord an (63° n) tritt sie wieder regelmäßig und stärker als im Juli auf, mit einem kleinen Maximum bei Tromsø (70° s). Erst nördlich der Bäreninsel (76° s) verschwindet sie wieder, um an der Südspitze Spitzbergens (78° s) nochmals aufzutauchen.

Chaetoceros bevorzugt im März eindeutig die Nordsee mit dem Maximum vor dem Skagerrak. Im Juli erreicht sie nach einem Abfall von der Deutschen Bucht her vor dem Skagerrak nicht mehr den Wert 4, hat vor der südnorwegischen Küste ein Minimum und überschreitet bei 63° s den Wert 5. Bei der Einbuchtung vor dem Trondhjem-Fjord (64° n) wird der 0-Wert erreicht, die Kurve steigt dann aber wieder auf 4 an, um vor Tromsø (69° n) das Maximum zu erreichen. Die Septemberkurve zeigt nach dem Abfall von der Deutschen Bucht bis Nordjütland von über 5 bis zum 0-Wert nur noch zu Beginn des atlantischen Wassers einen kurzen, nennenswerten Anstieg auf 3, steigt dann aber bei 67° s auf über 4 (mehr als 25 000 Zellen in 10 Liter), um bis zur Breite des Nordkap (71° s) auf 6 anzusteigen. Darauf folgt ein stetiger und starker Abfall.

Thalassiosira, die im März prächtig mit einem Maximum vor dem Skagerrak gedeiht, erscheint im Juli erst vereinzelt nördlich 63° und überschreitet am Nordkap (70° n) 2. Im September hat sie in der Deutschen Bucht einen Küstenwert von über 5; außerdem finden wir sie in geringen Mengen vor dem Barentsmeer.

Die Diatomeergattungen *Phaeoceros*, *Corethron*, *Coscinodiscus*, *Chaetoceros* und *Thalassiosira* dringen also vom März zum September nach Norden vor unter Zurücktreten im südlichen Gebiet, doch behalten die beiden letztgenannten in der Deutschen Bucht hohe Küsten-

werte, die diejenigen des Frühjahrs noch beträchtlich übersteigen. Sie bilden den Übergang zu der folgenden Gattung, die lediglich ein Hinaufwachsen nach Norden zeigt.

Die Gattung *Rhizosolenia* hatte bei der Märzfahrt ein ausgesprochenes Maximum auf der Höhe des Skagerraks (56° n—57° n). Sie hat im Juli ebenfalls ihr Maximum um 5 unterhalb der Südspitze Norwegens, fällt danach steil ab bis zum 0-Wert, steigt dann wieder an, um zwischen 63° und 67° nochmals 3 zu überschreiten, worauf ein abermaliger Abfall bis 0 erfolgt. Die fast immer auftretende Einbuchtung der Kurven vor dem Trondhjem-Fjord (etwa zwischen 63° s und 65° s), die wir bei der Märzfahrt haben und auch z. T. bei der Septemberfahrt sehen werden, wird auch hier außer acht gelassen, da ihre Eigenart später besprochen werden soll. — Im September bewegen sich die *Rhizosolenia*-Werte in der südlichen Nordsee zwischen 3 und 4, beginnen vor dem Skagerrak (57° s) stark abzufallen, um im Beginn des atlantischen Wassers steil zum Maximum von über 5 anzusteigen, das erst wieder in Höhe der Insel Hindö (68° n) durch einen stetigen Abfall verlassen wird. Das Gedeihgebiet von *Rhizosolenia* (Abb. 10) liegt also im März vor dem Skagerrak, sie bildet aber im Juli vor Mittelnorwegen neben diesem ein zweites, weniger starkes aus, das dann im September deutlich ausgeprägt ist.

Die Art *Leptocylindrus danicus*, die im Frühjahr ein ausgesprochenes Maximum in der nördlichen Nordsee hat, hält im Sommer in der südlichen Nordsee ihr Maximum, erreicht aber im Juli wie im September an der mittel- und nordnorwegischen Küste wesentlich höhere Werte als im März. Von 68° an erscheint sie im September nicht mehr.

Skeletonema, *Nitzschia* und *Thalassiotrix* gedeihen im Frühjahr auf der ganzen Fahrtstrecke mit maximalen Werten vor dem Skagerrak gut, außer *Nitzschia*, die vor der sudnorwegischen Küste kaum vorkommt. Im Juli treten *Skeletonema* und *Nitzschia* zu Beginn des atlantischen Wassers in Wolkenbildungen, vor Mittelnorwegen erst alle drei Gattungen stetig auf und gedeihen bei Tromsö (um 70°) am stärksten. Aus dem Septemberplankton sind sie gänzlich verschwunden.

Wir sehen also, daß (mit Ausnahme einiger Gattungen, die wir wegen des alleinigen Vorkommens in der südlichen Nordsee oder gar nur im Küstenmeer später besprechen werden), alle wesentlich vorkommenden Diatomeen die Tendenz zeigen, vom Frühjahr zum Hochsommer mit ihren Bevölkerungsgebieten nach Norden vorzudringen, wobei sie in der Nordsee gänzlich oder teilweise zurücktreten oder aber das Verbreitungsgebiet nur nordwärts ausdehnen. Diese Tatsache hängt offensichtlich einmal damit zusammen, daß das Gedeihgebiet der Diatomeen im März im südlichen Teil, im September im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes liegt, während im Juli durch die starken Wolkenbildungen an der norwegischen Küste die größten Diatomeenvorkommen zwischen den März- und Septemberwucherungen liegen, zum anderen, daß die Diatomeen die Fähigkeit besitzen, günstige Lebensbedingungen schnell und absolut auszunutzen.

Das Frühjahrsmaximum vor dem Skagerrak hatten wir nach GRAN'S Ausführungen (S. 89) bereits erklärt. Mit Hilfe dieser Gedankengänge lassen sich auch die Gedeihgebiete an der norwegischen Küste im Juli und die Maxima vor der Nordspitze Norwegens im September begründen. Um den Anschluß an die Erklärung des Frühjahrsmaximums aufzunehmen, besprechen wir zunächst die nördlichen Bevölkerungsstellen im September. Neben der Frühjahrswucherung haben wir nach GRAN (6) eine zweite im Herbst, die im Norden früher einsetzt als im Süden, nämlich im September. Sie beginnt im Grenzgebiet zwischen arktischem und atlantischem Wasser, wobei das erste die gespeicherten Pflanzennährstoffe, das zweite die Keime der Diatomeen liefert. Dieses Grenzgebiet liegt für unsere Untersuchungsstrecke oberhalb der Nordspitze Norwegens, wo die Maxima im September auch liegen. Ein Diatomeenmaximum besteht nach GRAN und anderen Autoren in diesem Gebiet den ganzen Sommer über (was wegen der Kürze unserer Julifahrtstrecke nicht nachgewiesen werden konnte), jedoch findet die größere Wucherung in der kühlen Jahreszeit statt, da die meisten Diatomeen gegen höhere Temperaturen empfindlich sind. — Im Juli liegen die Maximalwucherungen in Form von Wolkenbildungen fast ausschließlich entweder im Beginn des atlantischen Wassers oder an dem Nordende der Julifahrtstrecke. An beiden Stellen können wir Nährstoffreichtum vermuten: nämlich im Beginn des atlantischen Wassers durch Wirbeltätigkeit aus der Tiefe aufgewühlt (die später auf S. 104 noch besprochen wird) und am Nordende durch den Verlauf des Reiseweges zwischen den Lofoten und der Küste, wo ebenfalls durch immer vorhandene Strudel und durch die Küstennähe Nährstoffreichtum herrscht.

Die Gruppe der *Tintinen*, die bis auf ein paar belanglose Ausnahmen die Protozoen ausmachen, zeigen ebenfalls die Eigenschaft des Vordringens ihrer Gedeihgebiete nach Norden vom Frühjahr zum Sommer. Am klarsten ist es ausgeprägt bei der Gattung *Ptychocylis* (Abb. 11). Im März liegt deren Gedeihgebiet zwischen den Breiten 57 und 63°, das nach beiden Seiten kleine Ausläufer minimalen Vorkommens aufweist. Im Juli liegt die Südspitze ihres Maximums bei

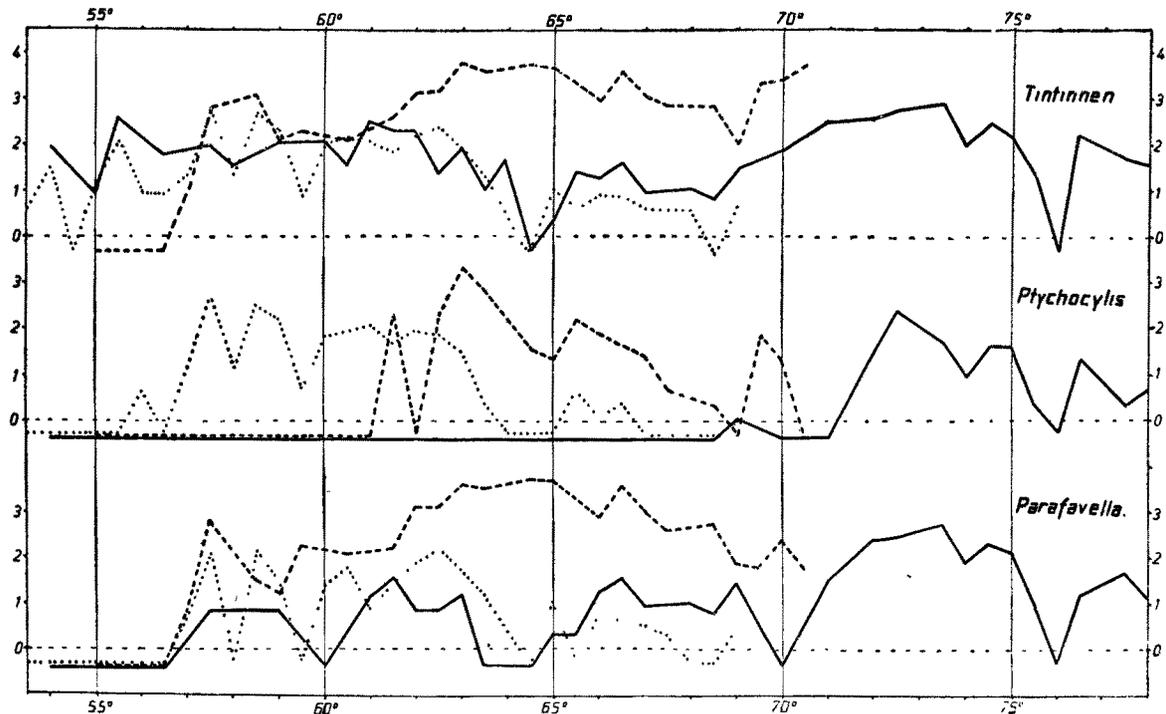


Abb. 11. Häufigkeit der Tintinnen auf dem Reiseweg zu verschiedenen Jahreszeiten (Logarithmen): März, - - - - Juli, ——— September.

61°, das bis 70° hinaufreicht, während es im September gar erst beim Nordkap (71°) beginnt und bis zur Südspitze Spitzbergens (76° n) reicht. Auffällig ist, daß die Maximalpunkte der Gedeihgebiete immer hart am Südzipfel der Gebiete liegen und daß das Vorkommen der Gattung vom Maximalpunkt aus nach Norden hin stetig abnimmt. Der Grund hierfür liegt wohl darin, daß die Bedingungen für die Vermehrung nur im Bereich der Maxima günstig sind, die durch die Strömung nach Norden getragenen Individuen aber mehr und mehr infolge der veränderten Lebensbedingungen zugrunde gehen, wodurch die Keilform der Kurven entsteht.

Etwas weniger gut finden wir das Vordringen nach Norden ausgeprägt bei der Gattung *Parafavella*. Ihr Hauptlebensgebiet im März liegt zwischen 57 und 63°, woran sich noch ein geringer Ausläufer nach Norden hin anschließt. Im Juli ist sie bis ans Ende unserer Fahrtroute nordwärts gewachsen mit einem deutlichen Maximum von 5000 Individuen in 10 Liter um 65°. Im September haben wir vom Skagerrak bis zur Nordspitze Norwegens nur geringes Auftreten, von hier bis zur Bäreninsel das stärkste Gedeihgebiet mit maximal fast 8000 Tieren in 10 Liter Wasser; weiter nördlich wird das Auftreten wieder geringer. Südlich des Skagerraks wurde *Parafavella* bei keiner Fahrt gefunden. Aus ihrem südlichen Vorkommensgebiet tritt sie im Sommer nicht ganz zurück, aber ihr Auftreten in jenem Gebiet wird im Verhältnis zu den neuen Maximalgebieten zum September hin immer geringer, so daß man bei *Parafavella* im Gegensatz zu *Ptychocylis* mehr von einem Hinaufwachsen nach Norden sprechen kann.

Die Tintinnen bilden in bezug auf Veränderungen ihrer Bevölkerungsgebiete zum Sommer hin keine einheitliche Gruppe. Die besprochenen Gattungen *Ptychocylis* und *Parafavella* finden ihr Gegenstück in den Gattungen *Tintinnus*, *Acanthostomella* und *Helicostomella*, die anschließend gleich mit erwähnt werden sollen. Im März wurden die drei Gattungen im untersuchten Gebiet nur vereinzelt bzw. gar nicht angetroffen (Zahlentafel 2). Im Juli liegen für alle drei Gattungen die höchsten Werte am nördlichsten Punkt der Fahrtstrecke (70° n); zum Teil befinden sich noch hohe Werte um 63°. Der August, die augenscheinlich beste Gedeihzeit für diese Tintinnen, zeigt deutliche Maxima der drei Gattungen auf seiner kurzen Fahrtstrecke (sie liefern zwar keinen zwingenden Beweis, fügen sich aber gut in das Zahlenmaterial ein), die alle nördlicher liegen als die entsprechenden Höchstwerte für September, wo sie für *Tintinnus* und *Helicostomella* in Höhe der Shetlands (zwischen 60 und 61°), für *Acanthostomella* in der südlichen Nordsee liegen. Augenscheinlich dringen ihre Wachstumsgebiete im Sommer nach Süden vor (über das Frühjahr kann nach dem vorliegenden Material nichts ausgesagt werden), und zeigen damit ein ausgesprochen gegenteiliges Verhalten zu den Gattungen *Ptychocylis* und *Parafavella*. Somit ist auch zu erklären, daß bei den Tintinnen insgesamt (Abb. 11) trotz der

zahlenmäßigen Überlegenheit der Gattungen *Ptychocylis* und *Parafavella* nur in geringem Maße ein Nach-Norden-Wachsen zu bemerken ist.

Die *Metazoen* insgesamt weisen absolut keine Gebiete bevorzugten Gedeihens auf; ihre Kurven verlaufen äußerst gleichförmig (Abb. 12). Die Kurve für März steigt von 1,82, dem Küstenwert in der Deutschen Bucht, zum absoluten Maximum von 2,65 bei 56° n an und fällt bis ans Ende der Fahrtstrecke (69°) gleichförmig bis auf etwa 1 ab. Dieser Abfall ist typisch

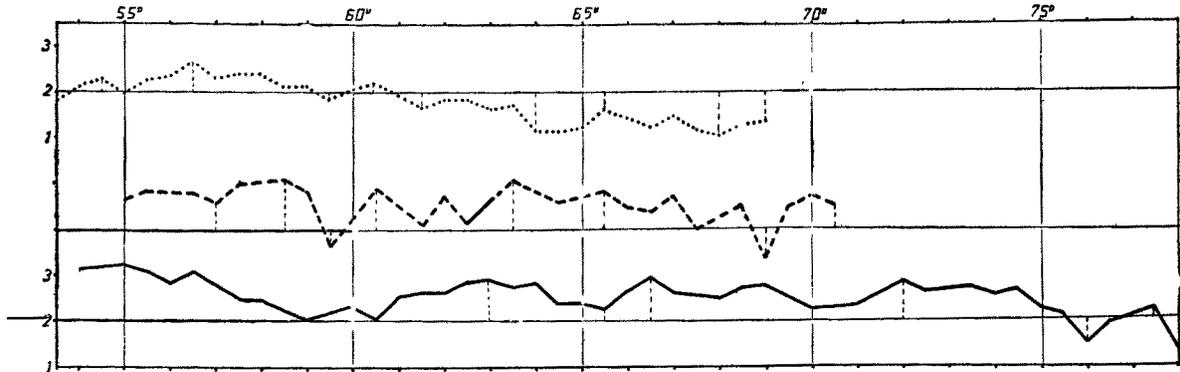


Abb. 12. Häufigkeit der Metazoen auf dem Reiseweg zu verschiedenen Jahreszeiten (Logarithmen): März, - - - - - Juli, ——— September.

für alle Gruppenkurven im März. Für Juli verläuft sie ohne erhebliche Schwankungen auf dem ganzen Reiseweg um 2,5; allein alle Werte südlich 59° liegen über 2,5, die aber den gleichmäßigen Verlauf der Kurve nicht stören. In der gleichen Höhe verläuft die Kurve im September mit noch geringeren Schwankungen bis nach Spitzbergen. Von der Deutschen Bucht bis zur Südküste Norwegens liegen wiederum alle Werte über 2,5, darunter einer gar über 3, so daß wir hier ein wenig in die Augen fallendes Maximalgebiet haben, vor der südnorwegischen Küste liegen alle Werte unter 2,5, aber alle über 2. Verantwortlich für den gleichförmigen Verlauf sind die Copepoden, die die Mehrzahl der Metazoen ausmachen, für diese wiederum die Nauplien, deren zahlenmäßig vorherrschende Gattungen *Oithona* und *Calanus* die gleiche, ebenmäßige Besiedlung des Untersuchungsgebietes zeigen (Zahlentafel 1). Allein die Nauplien zweier Gattungen und sehr ausgesprochen die Harpacticiden machen hier offenbar eine Ausnahme.

Die Nauplien der beiden Gattungen *Acartia* und *Centropages* (Zahlentafel 2) wurden im März nur in der südlichen Nordsee angetroffen. Im Sommer wurden *Acartia*-Nauplien von der Deutschen Bucht bis zum Nordkap gefunden; *Centropages*-Nauplien, die erst außer bei zwei Stationen im September im atlantischen Wasser auftreten scheinen die südnorwegische Küste zu meiden und behalten wie *Acartia*-Nauplien hohe Werte in der südlichen Nordsee; die bevorzugten Lebensgebiete beider Gattungen scheinen aber während des ganzen Sommers zu Beginn des atlantischen Wassers zwischen 61° n und 64° s zu liegen. Das Gebiet nördlich des Nordkap meiden sie augenscheinlich; GRAN (6) gibt sie auch nicht an. Wir können hier also vom Frühjahr zum Sommer ein Hinaufwachsen nach Norden feststellen, das bei den folgenden Harpacticiden ausgesprochen zum Ausdruck kommt. Die Nauplien sowie die ausgewachsenen Tiere von *Microsetella* (die Gattung ist die einzige Vertreterin der Harpacticiden) verhalten sich offenbar gleich. Ihren geringen Bestand im März an der südnorwegischen Küste haben sie im Juli, voran die Nauplien, stark vermehrt und sind nach Norden zu vorgewachsen: Die ausgewachsenen Harpacticiden wurden bis 67° n gefunden mit dem Maximum um 62°; die Nauplien zeigen am Ende der Fahrtstrecke noch geringes Vorkommen und haben ein gutes Maximum bei 65°. Im September haben sie zahlenmäßig und gebietsmäßig ihre größte Ausdehnung auf unserem Reiseweg: Sie sind bis an die Westküste Spitzbergens vorgedrungen und haben sich nach Süden bis in die mittlere Nordsee (die Nauplien schon im Juli) ausgebreitet. Ihre Maxima liegen ebenfalls nördlicher als im Juli: So haben die ausgewachsenen Tiere ihren Maximalwert südlich der Lofoten (66° n), hohe Werte liegen aber bis fast zur Bäreninsel hinauf, wo die Nauplien im Abschnitt 72° s bis 73° n ihr ausgesprochen bestes Gedeihgebiet besitzen.

Nicht so ausgesprochen wie bei jenen eben besprochenen Vertretern der Copepoden, jedoch auch mehr oder weniger deutlich kann man bei den übrigen Metazoen („Metazoen andere“) ein Vordringen der Bevölkerungsgebiete vom Frühjahr zum Sommer nach Norden beobachten, wie Zahlentafel 1 zeigt. Die Rotatorien gedeihen im März nur in der nördlichen Hälfte der Nordsee mit dem Maximum vor dem Skagerrak. Im Juli erscheinen sie ausschließlich im atlantischen Wasser mit dem Spitzenwert bei der nördlichsten Station der Fahrtstrecke.

Zahlentafel 2. Zahlen für 10 Liter Wasser. Maschenweite 40 µ.

	<i>Trinannus</i>			<i>Acanthostomella</i>			<i>Helicostomella</i>			<i>Mikrosetella</i> (ausgewachsen)			<i>Centropages</i> Npl.			<i>Acartia</i> Npl.				
	III	VII	VIII	IX	III	VII	VIII	IX	III	VII	VIII	IX	III	VII	VIII	IX	III	VII	VIII	IX
78° s																				
77° n								14,3												
77° s								—												
76° n								17,6												
76° s								—												
75° n								2,1												
75° s								1,1												
74° n								2,2												
74° s								4,4												
73° n								13,2												
73° s								—												
72° n								4,4												
71° n								—												
71° s								—												
70° n		92					968	—												
70° s		14,5					78													
69° n		—					11,5													
69° s		2,2					4,4													
68° n		—					4,4													
68° s		—					—													
67° n		—					290													
67° s		4,4					70													
66° n		—					40													
66° s		—					70													
65° n		11					68													
65° s		—					84													
64° n		22					(352)													
64° s		—					—													
63° n		46					92													
63° s		15					(704)													
62° n		2,2					46													
62° s		—					44													
61° n		—					—													
61° s		—					—													
60° n		—					—													
60° s		6,6					—													
59° n		—					—													
59° s		—					—													
58° n		—					—													
58° s		—					—													
57° n		—					—													
57° s		—					—													
56° n		—					—													
56° s		—					—													
55° n		—					—													
55° s		—					—													
54° n		—					—													
54° s		—					—													
53° n		—					—													
53° s		—					—													

Nach diesem Vordringen nach Norden im Juli haben sie im September augenscheinlich den Schwerpunkt ihres Bevölkerungsgebietes wieder sudwärts verlegt; das absolute Maximum liegt vor dem Skagerrak neben anderen hohen Werten vor dem Trondhjem-Fjord (63°) und in der südlichsten Nordsee. Die beiden Appendikularien *Fritillaria* und *Oikopleura* (Zahlentafel 2) dringen ebenfalls zum Sommer hin nach Norden vor: Im März wurden sie in der Nordsee bis zum Beginn des atlantischen Wassers gefunden, *Fritillaria* zeigt dabei ein klares Maximum an der Südspitze Norwegens; im Juli reichen sie bis an das Nordende unserer Fahrtstrecke, *Oikopleura* ist spärlich über die ganze Fahrtstrecke verbreitet, *Fritillaria* (abgesehen von einem Exemplar, das in einer 4,5-Liter-Probe in der südlichen Nordsee gefunden wurde) nur im Atlantik mit den höchsten Werten am Nordende des Gebietes angetroffen. Nördlich des Nordkap wurde im September lediglich eine Appendikularie (*Oikopleura*) an der Westküste Spitzbergens gefunden. *Fritillaria* kommt an der ganzen norwegischen Küste spärlich vor, *Oikopleura* von der Deutschen Bucht bis zum Nordkap (mit einer Lücke vor der südnorwegischen Küste) in zum Teil beträchtlichen Mengen.

Interessant ist das Verhältnis der zahlenmäßigen Verbreitung von *Fritillaria* zu *Oikopleura* in den verschiedenen Monaten, das ich hier kurz erwähnen möchte. Wenn man die Durchschnittswerte für das auf allen drei Reisen befahrene Gebiet (also zwischen 54° s und 69° s) für den gleichen Monat vergleicht, so erhält man für den März etwa das Verhältnis 4 : 1, für Juli 4 : 3 und für September 4 : 45, d. h. also, daß *Fritillaria* im Frühjahr durchschnittlich besser gedeiht als *Oikopleura*, hingegen im September umgekehrt *Oikopleura* bei weitem überwiegt.

Eine ebensolche Verschiedenheit besteht auch bei den Molluskenlarven, den Schnecken- und Muschellarven, die im März im Verhältnis 4 : 58, im Juli 4 : 1,6 und im September 4 : 0,6 stehen. Hier sind also im Frühjahr die Muschellarven durchschnittlich wesentlich stärker in unserem Gebiet verbreitet als die Schneckenlarven, im September überwiegen dagegen die Schneckenlarven.

Die Schneckenlarven kommen im März nur in der Nordsee bis zur Höhe der Shetlands (60° s), abgesehen von einem Exemplar, das vor Mittelnorwegen gefunden wurde, spärlich vor. Im Juli sind sie bis ans nördliche Ende der Fahrtstrecke vorgewachsen und haben ein ausgesprochenes Gedeihgebiet vor Mittelnorwegen (63° n— 66° s). Dieses Gedeihgebiet halten sie auch im September im großen und ganzen und zeigen außerdem nordwärts bis zur Westküste Spitzbergens und südlich bis zur Deutschen Bucht geringes Vorkommen.

Bei den Muschellarven ist man nicht so von einem Nordwärtsdrängen überzeugt. Im März wurden sie von der Deutschen Bucht bis zu den Lofoten (67° s) gefunden, im Nordseegebiet in größerer Zahl als im Atlantik; im Juli kommen sie auf dem ganzen Reiseweg vor mit überdurchschnittlichen Werten zwischen 61 und 63° ; gänzlich gleichförmig und gering ist im September ihre Besiedlung der gesamten Fahrtstrecke von der deutschen Küste bis Spitzbergen.

Fassen wir diese „anderen Metazoen“ zusammen, so zeigt sich deutlich das Vorwachsen ihrer Bevölkerungsgebiete von der südlichen und mittleren Nordsee im März in das atlantische Wasser im Juli. Obgleich im September zwischen 63° s und 68° s noch ein Maximalgebiet zu erkennen ist, verläuft die Septemberkurve doch dadurch ziemlich gleichförmig, daß die Maximalgebiete der einzelnen Gruppen sich nicht decken, sondern z. T. gegenseitig ihre Lücken ausfüllen. Das südliche Gedeihgebiet ist hier sehr schön ausgeprägt; denn wir finden in der ganzen südlichen Nordsee bis zur Nordspitze Jütlands hinauf hohe Werte, die an der norwegischen Küste in dieser Ausdehnung nicht wieder vorkommen.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die Planktondichte von März über Juli zum September nach Norden hin beständig zunimmt. Bei drei von den vier Hauptgruppen (die Peridineen schließen sich hier aus) konnte teils mehr, teils weniger ein Vorwachsen nach Norden beobachtet werden, bei einigen Gattungen sogar ein Vordringen unter Aufgabe ihrer Frühjahrs gedeihgebiete im südlichen Teil. Innerhalb der Gruppe der Metazoen zeigen allerdings nur einige, an der Metazooproduktion zahlenmäßig gering beteiligte Gattungen dieses Verhalten, während unter den Protozoen drei Tintinnengattungen mit zunehmendem Sommer gar nach Süden hin vorwachsen.

b) Ausdehnung der Vorherrschaft nach Norden.

Es bliebe noch zu untersuchen, ob und wie weit einzelne Gattungen bzw. Arten das Bestreben zeigen, mit zunehmendem Sommer die Vorherrschaft ihrer Art innerhalb ihrer Gattung bzw. Gattung innerhalb der Gruppe nach Norden hin auszudehnen. Die betreffenden Veranschaulichungen (Abb. 13) geben uns die in den Abschnitten am stärksten vertretene Komponente der Gattung bzw. Gruppe und (durch die Höhe des Rechtecks in Abb. 13 a und b) deren prozentualen Anteil an.

Betrachten wir zunächst die Ceratien (Abb. 13 a). Die Art *Ceratium fusus* stellt im Frühjahr den allergrößten Anteil in der Deutschen Bucht, nimmt nach Norden an Übergewicht ab, tritt noch zweimal gering wieder hervor, gibt dann aber lange die Vorherrschaft ab, bis sie im freien atlantischen Wasser wieder erreicht wird, um sie nach Norden hin mit ansteigendem Übergewicht bis an das Ende der Fahrtstrecke nicht wieder abzugeben. Im ganzen Sommer ist es in der Nordsee nur ganz gering an der Produktion beteiligt. Im Juli erlangt es erst querab Aalesund (62° n) wieder Übergewicht, das zwar zeitweilig unterbrochen wird, aber bei den Lofoten beherrscht es das *Ceratium*-Plankton fast restlos. Die Augustserie zeigt nur den ersten Ansatz von Vorherrschaft der Art, aber nördlicher als im Juli vor dem Trondhjem-Fjord (63° n) liegend. Im September beginnt die dauernde Vorherrschaft erst an der Nordspitze der Lofoten (69° s), obgleich es vor der mittelnorwegischen Küste schon ein paarmal schwach überwiegt.

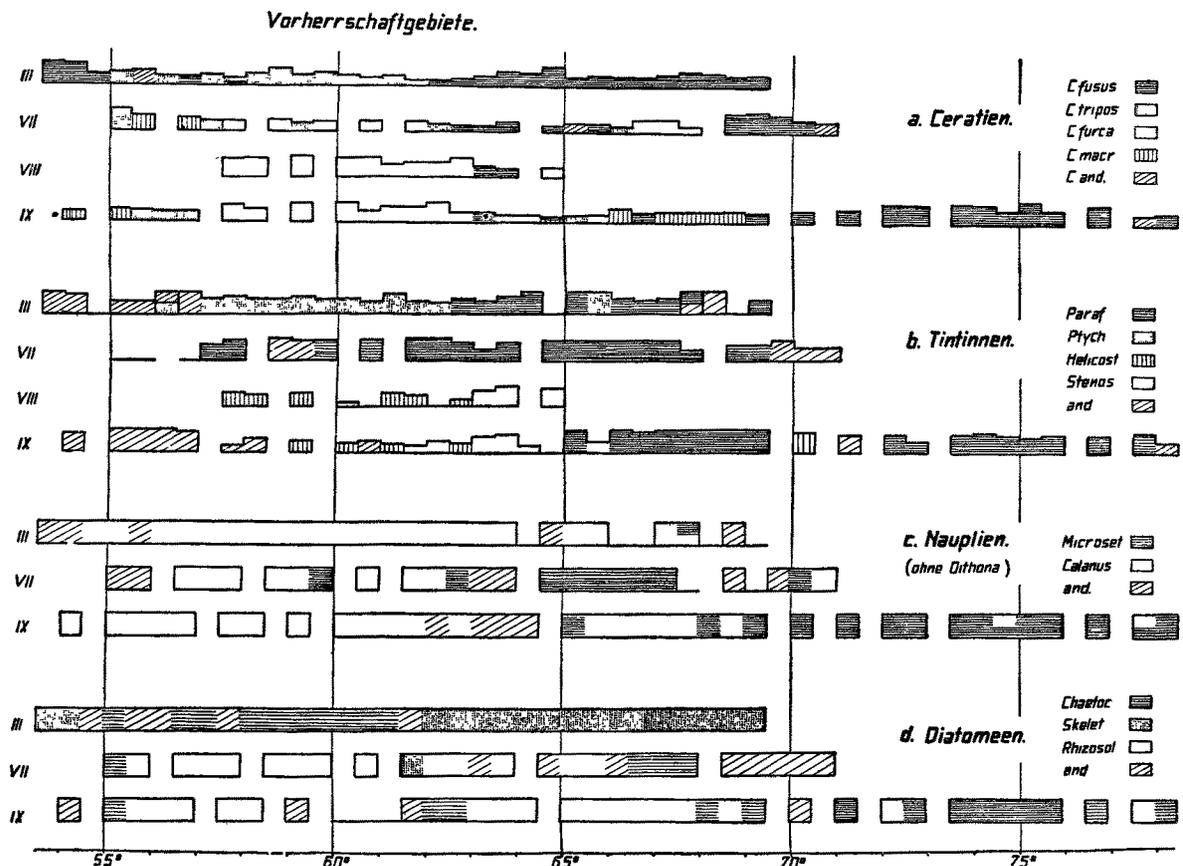


Abb. 13. Vorherrschende Arten bzw. Gattungen auf dem Reiseweg und ihr Anteil an der Häufigkeit der Gattung (in %) bzw. Gruppe im März, Juli und September: a) Vorherrschende Arten der Gattung *Ceratium*. b) Vorherrschende Gattungen der Gruppe Tintinnen. c) Vorherrschende Gattungen der Gruppe Copepoden nach Ausschluß von *Oithona*. d) Vorherrschende Gattungen der Gruppe Diatomeen.

Von 69° ab ist es absolut vorherrschend mit einem klaren prozentualen Maximum zwischen der Nordspitze Norwegens und der Bäreninsel. — Dieses Vordringen der Vorherrschaft im Laufe des Sommers von Süden nach Norden finden wir bei keiner anderen *Ceratium*-Art mehr. Jedoch will ich deren Besprechung nach Abb. 13 a hier gleich anschließen. — *Ceratium furca*, das nach jener am häufigsten das Übergewicht hat, herrscht im Frühjahr nur vor der südnorwegischen Küste in geringem Maße vor. Im Juli ist dieses Gebiet bei zwar noch geringer prozentualer Vorherrschaft fast geschlossen, außerdem füllt es eine Lücke des nördlich hiervon gelegenen Vorherrschaftsgebietes von *Ceratium fusus* aus, um im August und September vor der ganzen südnorwegischen Küste das Feld unter den Ceratien überlegen zu beherrschen. Allerdings wachsen die Vorherrschaftsgebiete im Laufe des Sommers ein wenig nach Norden vor, so als ob sie den nach Nord ziehenden *Ceratium fusus* folgen wollten. — Im September drängt sich zwischen *Ceratium furca* und *Ceratium fusus* für ein größeres Gebiet *Ceratium macroceros*, das sonst im Sommer nur in der Nordsee vorherrscht. — *Ceratium tripos* scheint im Sommer sein Verbreitungs-

gebiet von der südnorwegischen Küste, wo es von *Ceratium furca* verdrängt wird, mehr nach Süden zu verlegen, jedoch ist es vor Mittelnorwegen auch vereinzelt dominierend.

Die Tintinnengattung *Parafavella* (Abb. 13 b) zeigt innerhalb der Gruppe der Tintinnen während des Sommers auch ein gewisses Vordringen der Dominanzgebiete nach Norden. Im Frühjahr beginnt nördlich der südnorwegischen Küste bei 62° n ihr Übergewicht, das nur wenig bis zum Ende der Fahrtroute unterbrochen wird. Im Juli beginnt bereits in Höhe der jütländischen Nordspitze bei 57° s ihr Vorherrschaftsgebiet, das an der Südspitze Norwegens in zwei Abschnitten unterbrochen wird und bis zur Nordspitze der Lofoten (69° n) durchgeht, wobei die Tintinne prozentual wesentlich stärker überwiegt als im Frühjahr. Im August und September ist sie südlich 65° wieder abgelöst, beginnt aber im September auf dieser Höhe wieder ihre Vorherrschaft, um sie bis nach Spitzbergen ohne wesentliche Unterbrechung durchzuhalten. Ob *Parafavella* im Juli nördlich der Fahrtstrecke vorherrscht, kann nicht gesagt werden, denn die Ablösung in der Vorherrschaft durch *Tintinnopsis* auf den drei nördlichsten Stationen besagt nichts Bestimmtes, zumal gerade auf dieser Breite im September andere Gattungen überwiegen. Jedoch ist ein Zurücktreten im August und September gegenüber dem Juli südlich 65° klar erwiesen. Ihre Stelle nehmen in jenem Gebiet südlich 65° *Tintinnus* und *Helicostomella* ein. Das große Vorherrschaftsgebiet von *Ptychocylis* im März in der mittleren und südlichen Nordsee wird im Juli im wesentlichen durch *Parafavella*, im August und September durch *Helicostomella* eingenommen. *Ptychocylis* herrscht im Sommer nirgends vor.

Unter den Metazoen zeigen die Nauplien bezüglich ihrer Dominanz ein eintöniges Bild. Bis auf die südnorwegische Küste, wo im März *Calanus* vorherrschend ist, beherrscht mit ganz wenigen Ausnahmen *Oithona* das Feld. Berücksichtigt man diese nicht mit, so nimmt *Calanus* (Abb. 13 c) den Platz von *Oithona* ein. Jedoch tritt auch *Microsetella* auf den Plan, deren Verhalten im Sommer demjenigen von *Parafavella* ähnelt: Im März teilt *Microsetella* an der Südspitze der Lofoten nur in einem Abschnitt die Vorherrschaft mit *Calanus*, hat dann im Juli vom Trondhjem-Fjord (64° s) bis zu den Lofoten ein geschlossenes Vorherrschaftsgebiet, dominiert vereinzelt sogar südwärts bis zur Höhe der Shetlands (59° n). Im September herrschen die *Microsetella*-Nauplien vor Mittelnorwegen in einem Abschnitt vor, werden an der nordnorwegischen Küste häufiger, um von der Nordspitze Norwegens (70° s) bis nach Spitzbergen (78° s) ohne Unterbrechung prozentual z. T. sehr stark vorzuherrschen.

Bei den Diatomeen finden wir wegen der Wolkenbildung im Sommer ein recht vielgestaltiges Bild. Jedoch sind es drei Gattungen, die im großen und ganzen die Vorherrschaft in unserem Gebiet besitzen: *Chaetoceros*, *Skeletonema* und *Rhizosolenia* (Abb. 13 d). Im März beherrscht in der Nordsee und vor Südnorwegen *Chaetoceros* (unterbrochen in nur drei Abschnitten) das Feld, während nördlich davon bis ans Ende der Fahrtstrecke *Skeletonema* neben den beiden südlichsten Abschnitten in der Deutschen Bucht ein geschlossenes Vorherrschaftsgebiet aufzuweisen hat. *Skeletonema* dominiert nur im Juli noch einmal im Abschnitt 61° n. *Chaetoceros* belegt im Juli wie im September in der Nordsee nur noch den Abschnitt 55° s, hat im Juli südlich der Lofoten (66° n—67° n) noch ein geschlossenes Vorherrschaftsgebiet, woran sich dann bis zum nördlichsten Abschnitt des Reiseweges *Nitzschia* anschließt; im September überwiegt *Chaetoceros* die anderen Diatomeengattungen zu Beginn des atlantischen Wassers in zwei Abschnitten, weiter nördlich aber, von den Lofoten (68° s) an mit wenig Ausnahmen bis nach Spitzbergen. *Rhizosolenia*, die im März nirgends dominiert, beherrscht im Juli (allerdings mehrfach unterbrochen) von der südlichen Nordsee bis nach Mittelnorwegen das Feld, im September gar bis zu den Lofoten, im wesentlichen nur von *Chaetoceros* durch dessen kleines Vorherrschaftsgebiet in den Abschnitten 62° s und 62° n unterbrochen. Von einem Nach-Norden-Wachsen kann man eigentlich nur bei *Chaetoceros* sprechen, bei *Rhizosolenia* nur in ganz geringem Maße. — Bei *Chaetoceros* fallen zwei große geschlossene Vorherrschaftsgebiete in die Augen, nämlich im März im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes, und im September im nördlichen Teil. Gerade diese beiden Gebiete zeigten (wie oben S. 86 und S. 93 besprochen wurde) den Beginn der Frühjahrs- bzw. Herbstwucherung. Augenscheinlich ist danach *Chaetoceros* die Gattung, die unter den Diatomeen den Nährstoffreichtum bei Beginn der Wucherung am schnellsten und am besten auszunutzen vermag. Vielleicht hängt das mit ihren langen Auswüchsen zusammen, die GRAN (6) neben ihrem Zweck als Schwebearrnat auch mit der Ernährung in Zusammenhang bringt.

Wenn wir nun rückblickend die Planktonveränderung mit zunehmender geographischer Breite betrachten, so können wir zusammenfassend sagen, daß erstens im Frühjahr die Abnahme der Planktonmenge von dem Skagerrakmaximum nach Norden zu auf ungefähr 80% der ganzen Fahrtstrecke eine allgemeine Erscheinung aller Gruppen ist, und daß zweitens vom März bis zum September bei einigen Planktongruppen und -arten ein Vor-

dringen ihrer Volksmassen, bei anderen zunehmende Vorherrschaft nach Norden beobachtet werden konnte. Unter den drei Gruppen Diatomeen, Peridineen und Tintinnen ist das Vordringen der Volksmassen nach Norden bei den Diatomeen am besten ausgeprägt, während die Zunahme der Vorherrschaft unter den Diatomeen nur bei der Gattung *Chaetoceros* einigermaßen zum Ausdruck kommt. Diese Erscheinungen sowie im März die Abnahme der Planktonmenge nach Norden konnten bei den Diatomeen hinlänglich erklärt werden. — Unter den Tintinnen zeigen die Gattungen *Ptychocylis* und *Parafavella* sehr schön ein Vordringen ihrer Bevölkerungsstellen nach Norden (die Gattungen *Tintinnus*, *Acanthostomella* und *Helicostomella* dagegen ein Rückdringen nach Süden), während zunehmende Vorherrschaft nach Norden bei den Tintinnengattungen nicht beobachtet wurde; *Parafavella* gibt jedoch im September die bis zum Juli im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes gewonnene Vorherrschaft wieder auf. — Die Peridineen haben im Juli und September an Planktondichte nicht nur im Norden zugenommen, sondern ihres stark licht- und wärmeempfindlichen Charakters wegen¹⁾ im ganzen Untersuchungsgebiet gleichmäßig; die zunehmende Vorherrschaft ist bei *Ceratium furca* am deutlichsten ausgeprägt, bei *Ceratium furca* nur sehr gering. — Unter den Metazoen zeigen die Nauplien von *Acartia* und *Centropages*, besser noch die Nauplien und ausgewachsenen Stadien von *Microsetella*, in geringem Ausmaße auch einige „andere Metazoen“ vom März bis zum September ein Vordringen ihrer Gedeihgebiete nach Norden, aber eine Zunahme der Vorherrschaft nach Norden ist nicht zu beobachten; lediglich die Nauplien von *Microsetella* verhalten sich unter Ausschluß der *Oithona*-Nauplien vom Juli zum September wie *Parafavella*.

Es sind also längs der Fahrtstrecke von Deutschland zum Barentsmeer in gewissem Maße stetige Veränderungen in bestimmter Richtung vorhanden, die bei Vertretern aller Gruppen hier stärker, da schwächer hervortreten. Jedoch würden diese stetigen Veränderungen bei einem günstigen Schnitt in Küstenferne vielleicht stärker hervortreten; auf unserem Reisewege wurden sie offenbar durch mehrere Einflüsse gestört. Welcher Art diese Einflüsse sind und wie sie sich bemerkbar machen, soll im folgenden Abschnitt erläutert werden.

IV. Gliederung der Fahrtstrecke nach der Planktonbevölkerung.

Wir haben im Laufe der Besprechungen schon mehrfach festgestellt, daß sich auf unseren Fahrtstrecken die Planktonbevölkerung an bestimmten Punkten ändert; dadurch müssen Abschnitte mehr oder weniger einheitlicher Planktonbeschaffenheit entstehen, die sich teils stärker, teils schwächer gegeneinander absetzen. Wir wollen nun im Hinblick auf eine solche Gliederung zunächst die Rangordnungsverhältnisse betrachten, die ich für die Hauptgruppen in Abb. 14 dargestellt habe.

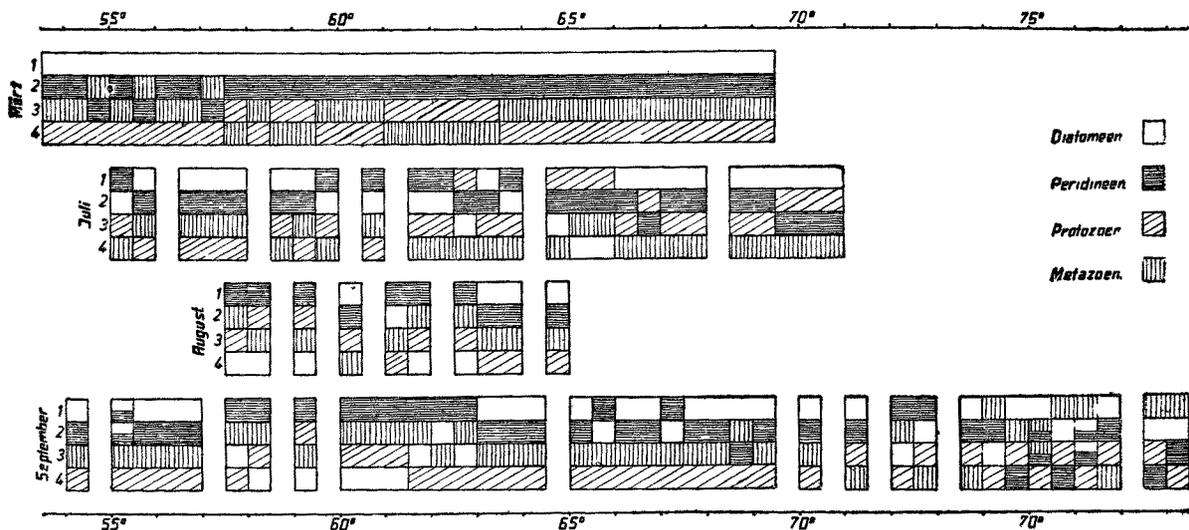


Abb. 14. Anteil der Hauptgruppen am Gesamtplankton auf dem Reiseweg im März, Juli und September.

1) GRAN sagt im „Plankton des norwegischen Nordmeeres“ (6, S. 110): „Die quantitative Verteilung der Peridineen kann also im großen und ganzen durch die Einwirkung von Temperatur und Licht erklärt werden.“

1. Die Rangordnungsverhältnisse.

Das Frühjahrsplankton ergibt ein eintöniges Bild: Den ersten Rang halten auf der ganzen Fahrtstrecke ohne Unterbrechung infolge ihrer Frühjahrswucherung die Diatomeen. Die Peridineen, die Metazoen und an letzter Stelle die Protozoen folgen. Zwischen der deutschen Küste und der Südspitze Norwegens (57° n) müssen in drei Abschnitten die Peridineen den Metazoen den zweiten Rang überlassen, und langs der südnorwegischen Küste zwischen 57° n und 63° s nehmen die Protozoen an Stelle der Metazoen in mehr als der Hälfte des Bereichs den dritten Platz ein, was hervorgerufen wird durch das relativ starke Hervortreten der Tintinnengattung *Ptychocylis*, die in diesem Bereich die Vorherrschaft innerhalb ihrer Gruppe übernimmt (Abb. 13b). Dadurch entsteht bei der Märzfahrt eine gewisse Dreiteilung der Fahrtstrecke: Der Nordseebereich, in dem die Peridineen und Metazoen sich im zweiten und dritten Rang abwechseln, der südnorwegische Küstenbereich, in dem die Protozoen den Metazoen den dritten Rang streitig machen, und das nördlich daran anschließende mittelnorwegische Gebiet, wo kein Rangordnungswechsel eintritt. Bei der Julifahrtstrecke verlieren bei 59° n die Diatomeen den ersten Rang, der von den bis dahin an zweiter Stelle stehenden Peridineen eingenommen wird, und gewinnen ihn oberhalb 65° für den Rest des Weges zurück. In der nördlichen Hälfte des Mittelteiles nehmen zeitweilig gar die Protozoen die erste Stelle ein, so daß die Peridineen wieder auf den zweiten Platz kommen und die Diatomeen mit dem dritten, teils sogar dem letzten fürlieb nehmen müssen. Die nördlich und südlich dieses Gebietes liegenden Bereiche unterscheiden sich dadurch voneinander, daß in der Nordsee die Metazoen durchweg den dritten, die Protozoen den letzten Platz einnehmen, während in dem Gebiet langs der mittel- und nordnorwegischen Küste die Metazoen ausnahmslos an vierter Stelle stehen, die Protozoen zur Hälfte den dritten, zur anderen Hälfte den zweiten Platz einnehmen. Die auch hier vorhandene Dreiteilung hat sich im Vergleich zur Märzfahrt etwas nach Norden verschoben; der südliche Abschnitt geht im Juli bis 59° s, der Mittelteil, der sich bei 62° n (also dem Abschnitt, wo die südnorwegische Küste verlassen wird) in zwei Untergebiete teilen läßt, reicht von 59° n—65° n, und der Nordteil, in dem der Fahrtweg zwischen den norwegischen Inselgruppen und der Küste verläuft, beginnt bei 66° s und reicht bis ans Ende der Fahrtstrecke bei 70° n. Im September hebt sich zwischen 57° n und 62° n wiederum durch das Zurücktreteten der Diatomeen eine Zone heraus, in der die Diatomeen größtenteils auf den vierten Platz rücken, während die übrigen drei Gruppen in der Reihenfolge Peridineen, Metazoen, Protozoen aufrücken. Diese Zone deckt sich fast mit dem südnorwegischen Küstenbereich, der bei der Märzfahrt ein einheitliches Gebiet bildete. Nördlich 72° kommen wir in ein Gebiet, in dem unter dem Einfluß der wechselnden Wasserverhältnisse ebensolche wechselnden Rangordnungsverhältnisse herrschen. Somit haben wir im September in dem Untersuchungsbereich von März und Juli wiederum drei Abschnitte, deren Trennungen denen des März gleichen: ihnen angehängt ist durch die Verlängerung der Septemberfahrtstrecke nach Norden ein viertes Gebiet (nördlich 72°), das sich durch wechselvolle Rangordnungsverhältnisse auszeichnet. — Die Augustfahrtstrecke läßt wegen ihrer Kürze keine Unterteilung zu. Ich habe sie dennoch in Abb. 14 aufgenommen, weil sie die Trennung zweier Gebiete durch die Verhältnisse der Diatomeen wie bei der Septemberfahrt durch den 63. Breitengrad sehr gut veranschaulicht.

Durch welche Faktoren diese ziemlich gesetzmäßige Gliederung in Abschnitte gleicher Rangordnungsverhältnisse bedingt ist, kann noch nicht entschieden werden. Offenbar spielt die Küstennahe Sudnorwegens eine Rolle; jedoch können auch Temperaturverhältnisse usw. mitsprechen. Der folgende Abschnitt soll darüber Klarheit bringen.

2. Der Kurvenverlauf.

a) Küstenbedingtes.

Durch die Höhenlage der Hauptgruppenkurven für März (Abb. 5, 7, 8 u. 11) hebt sich der 63. Breitengrad außer bei den gleichförmig verlaufenden Metazoen überall stark heraus: Bei ihm haben die drei Hauptgruppenkurven nach Norden zu einen starken Abfall zu verzeichnen, so daß nördlich 63° die Diatomeen ausschließlich Werte unter 4, südlich 63° über 4 haben, die Protozoen nördlich unter 1,5, südlich über 1,5. In der Nordsee liegen bei beiden Gruppen Werte vereinzelt unter 4 bzw. 1,5, jedoch zeichnet sich dort keine Grenze ab, ebenso nicht bei den Peridineen und Metazoen. Das Maximum liegt beim gesamten Frühjahrsplankton (wie wir früher schon sahen) südlich der norwegischen Südspitze, so daß sich zwischen dem Maximum und der Deutschen Bucht kein Gebiet mehr herausheben kann. Bezeichnend ist, daß von den Maxima nach Norden hin die Kurven zunächst langsam absinken, um beim Verlassen der Küstennahe Sudnorwegens stark abzufallen; weiterhin verbleiben sie in derselben Höhenlage. Die Küstennahe Sudnorwegens übt offenbar ihren Einfluß aus. Obgleich bei 63° s eine relativ starke Tempe-

raturzunahme (Abb. 9) eintritt, kann man sie nicht direkt mit dem Abfall in Verbindung bringen; denn es tritt bei allen Gruppen Abnahme ein, ganz gleich, ob das Plankton positiv oder negativ thermophil ist. Es zeigt vielmehr, daß hier atlantisches, zu dieser Zeit noch planktonarmes Wasser einwirkt. Jedoch davon später. Die Abgrenzung der südnorwegischen Küste nach der Nordsee zu kommt bei allen Kurven infolge des Maximums nicht zum Ausdruck.

Im Juli läßt sich in der Diatomeenkurve durch den logarithmischen Wert 4 die Fahrtstrecke gliedern (Abb. 5): Südlich 59° n befinden sich mit Ausnahme eines Wertes alle Werte über 4, zwischen 59° n und 65° s liegen alle unter 4 (bis auf einen hohen Wert bei 63° s) und nördlich 66° wird 4 nicht mehr unterschritten. Bei den Protozoen (Abb. 11)¹⁾ zeichnet sich im südlichen Teil der Beginn der südnorwegischen Küste sehr kraß ab, denn südlich 57° wurden gar keine Protozoen gefunden, während bei 57° n fast der logarithmische Wert 3 erreicht wird; fernerhin bleibt ihre Kurve immer über 2. Beim Verlassen jenes Küstengebietes wird bei stetigem Anstieg im Abschnitt 62° s 3 überschritten, was hervorgerufen ist durch das plötzliche starke Auftreten von *Ptychocylis*, die weiter südlich nicht auftritt; in dieser Höhe bewegt sich die Kurve weiterhin, bis der Reiseweg zwischen Küste und Lofoten verläuft (67° n). — Im Juli hebt sich also der südnorwegische Küstenbereich nach den Kurven der Diatomeen und Protozoen einigermaßen heraus. Die Peridineen und Metazoen (Abb. 7 u. 12) zeigen dort lediglich etwas stärkere Schwankungen. Bei den Diatomeen liegt zwischen 63° n und 65° n noch ein durch Tiefwerte ausgezeichneter Bereich, in dem die Tintinnen im Gegenteil durch das plötzliche und starke Auftreten von *Ptychocylis* und weitere Ansteigen der *Parafavella*-Kurve (Abb. 11) die Vorherrschaft unter den Hauptgruppen erlangen.

Bei der Septemberfahrt gibt uns die Diatomeenkurve durch die Größenordnung 3 eine sehr schöne Vierteilung; bis 56° n liegen alle Werte über 3, zwischen 57 und 63° bis auf einen unter 3, von 63—71° wiederum alle über 3 und nördlich 71° schwanken die Werte infolge der wechselnden Wasserbeschaffenheit auf dem Schnitt sehr stark, so daß sie teils hoher, teils niedriger als 3 sind, im großen und ganzen aber niedriger als vor der norwegischen Küste. Am schärfsten zeichnet sich unter den vier Abschnitten der vor der südnorwegischen Küste gelegene mit dem absoluten Minimum ab.

Der südnorwegische Küstenbereich, d. h. etwa die Strecke zwischen 58 und 63° vermag augenscheinlich einen Einfluß auf die Planktonbevölkerung auszuüben, der im März so gut wie gar nicht, im Sommer jedoch zum Teil deutlich beobachtet werden konnte, und zwar am deutlichsten bei den Diatomeen. Dieser Unterschied zwischen Frühjahr und Sommer ist vermutlich mit der vom Nordatlantik in die Nordsee hineinragenden Zunge atlantischen Wassers in Zusammenhang zu bringen. Nach dem hydrographischen Atlas der Deutschen Seewarte (1) ist die Zunge im Sommer sehr schwach, im Frühjahr am stärksten ausgebildet, wodurch im Frühjahr (durch die zusammengedrängten Isolinien sichtbar) die Küstenzone stark verschmälert wird. Bei gradmäßig gleichem Verlauf der Reisewege wird also im Sommer infolge Vergrößerung der Abstände der Isolinien eine andere hydrographische Zone passiert als im Frühjahr. — Die Entfernung des untersuchten Weges von der Küste ist aber offenbar noch zu groß, um ein typisches Küstenplankton vorzufinden.

b) Der Bruch am Nordende der südnorwegischen Küste.

Wesentlicher und klarer als die Einwirkung der Küstennähe ist augenscheinlich der durch plötzlichen Anstieg vieler Kurven im Sommer bzw. Abfall im Frühjahr (Abb. 5, 6 und 10; die dünne gebrochene Senkrechte in Abb. 10 gibt die Bruchlinie an) entstehende scharfe Bruch am Nordende des Küstenbereiches im Abschnitt 62° n auf 63° s, der wiederum im September bei *Rhizosolenia* (vgl. Abb. 10) am schärfsten, bei *Chaetoceros* nur wenig hervortritt; im Juli tritt bei *Chaetoceros*, *Phaeoceros*, *Rhizosolenia*, *Leptocylindrus*, *Nitzschia* und *Corethron* (Abb. 10) ein plötzlicher Anstieg in Erscheinung. Der Abfall im März kommt einigermaßen gut bei den Gesamtdiatomeen zum Ausdruck. — Die zu der bisher wenig herangezogenen Augustserie gehörige Temperaturkurve (Abb. 9) erfährt in der Bruchlinie einen starken Abfall, der sich in einigen Planktonkurven widerspiegelt: die Diatomeenkurve (unter ihren Gattungen wiederum am klarsten *Rhizosolenia* in Abb. 15) zeigt im Punkt des Temperaturabfalls einen wesentlichen Anstieg, während bei den Rotatorien und Mollusken (Muschel- und Schneckenlarven, Abb. 15) ein Abfall auf 0 eintritt.

Wir haben also vornehmlich bei den Diatomeen nach Passieren der südnorwegischen Küste in dem als Bruchlinie bezeichneten Abschnitt 62° n auf 63° s im Sommer einen jähen und starken Anstieg, im Frühjahr einen nicht so starken Abfall der Kurven beobachtet. Der von

1) Für die Veranschaulichung der Protozoen verwende ich die Kurve der Tintinnen, da die Abweichungen der absoluten Werte voneinander derart gering sind, daß die logarithmischen Werte unverändert bleiben.

HELLAND-HANSEN und NANSEN beschriebene Wirbel (11), dessen Zentrum sich zwischen 63 und 66° nördl. Breite und 3—7° östl. Länge bewegt, führt zum Teil schweres arktisches Kaltwasser mit sich. Oberhalb 62° verläuft der Wirbel in unserem Gebiet parallel der „Kontinentalabdachung“ („... the current on an average runs parallel with the continental slope“), trifft hier auf die

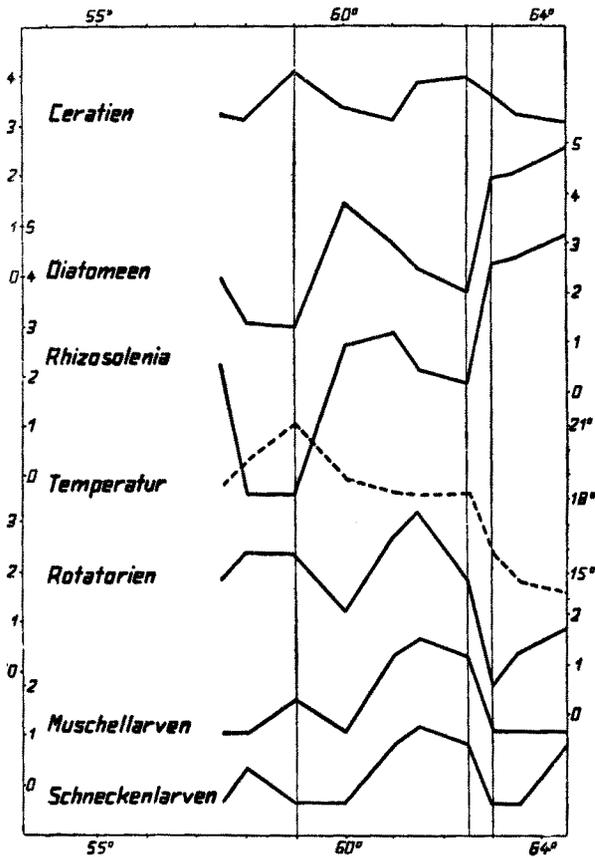


Abb. 15. Häufigkeit der Planktongruppen auf dem Reiseweg im August (Logarithmen).

Den plötzlichen Temperaturabfall bei der Augustfahrt nördlich 62° n hatten wir oben mit der Bruchlinie, in der das Küstenwasser mit dem mit arktischem Wasser versetzten Wirbel zusammentrifft, in Zusammenhang gebracht. Die Reaktion der Diatomeen und die einiger Metazoen (Abb. 15) ist sehr stark; auch die thermophilen Ceratien (Abb. 15) reagieren in dem Temperatur-Umkehrpunkt bei 59° s sowie bei dem weiteren Abfallpunkt bei 62° n relativ einigermaßen stark. Da von hydrographischen Untersuchungen her keine großen Salzgehaltunterschiede bekannt sind, wird die Temperatur einen wesentlichen Anteil an den planktischen Veränderungen haben, bei den Ceratien sicher bestimmend sein.

Die Temperatur nimmt im September von 68° n (dem südlichsten Punkt der Temperaturmessungen) an zunächst allmählich ab, um auf 74° plötzlich abzufallen. Bei der Ceratienkurve (Abb. 16) ist von 68—71° zunächst ein Anstieg zu bemerken, darauf folgt ein leichter Abfall, der auf 74° sehr stark wird; auch auf die weiter nördlich liegenden Temperaturänderungen reagieren sie sehr empfindlich. In allen anderen Hauptgruppenkurven spiegeln sich die Temperaturschwankungen zwischen 74 und 78° auch wider, so daß offenbar die Temperaturveränderungen sie mit bedingen.

Sehr eindrucksvoll ist im Juli der Zusammenhang des plötzlichen Temperaturanstiegs zum Maximum bei 69° s und des darauffolgenden Abfalls zum absoluten Minimum bei 70° n (Abb. 9) mit den Hauptgruppenkurven: in der Diatomeenkurve (Abb. 5) und der Tintinnenkurve (Abb. 11) liegen bei 69° s, dem Maximalpunkt der Temperatur, hier mehr, da weniger eindeutige Minimalpunkte, und beim absoluten Temperaturminimum erreichen beide Kurven ihr absolutes Maximum. Bei der Ceratienkurve (Abb. 16) zeichnet sich das Temperaturmaximum nicht ab, jedoch erreicht auch sie beim Temperaturminimum ihr ausgeprägtes absolutes Minimum. In der Metazoenkurve (Abb. 12) kommt die Abhängigkeit kaum zum Ausdruck. Zwar liegt ihr

vom Südwesten aus dem Atlantik kommenden Strömung, drückt sie etwas gegen die Küste und vermischt sich zum Teil mit ihr. Da nun der Küstenwasserstreifen im Sommer breiter ist als im Frühjahr, wie übereinstimmend aus dem hydrographischen Atlas (1), bei SCHOTT (28) und bei HELLAND-HANSEN und NANSEN (11) ersichtlich ist (HELLAND-HANSEN und NANSEN sagen wörtlich: „The coast-water has a component seawards in the summer, and towards the land in winter.“), verläuft unser Reiseweg im Sommer bei 63° s durch das Entfernen von der Küste plötzlich in hydrologisch andersartigem Wasser, während im Frühjahr der Bruch nicht so stark zur Geltung kommt. Unsere Temperaturkurven in Abb. 9 geben uns eine Bestätigung für diese Annahme. Welche hydrologischen Faktoren im einzelnen für die ebenso plötzliche Veränderung der Planktonbeschaffenheit verantwortlich sind, kann hier nicht festgestellt werden.

c) Temperaturbedingtes.

In den Temperaturkurven (Abb. 9) sieht man an drei Stellen plötzliche und starke Temperaturveränderungen verzeichnet, die sich mehr oder weniger in den Planktonkurven widerspiegeln. Wieweit die Temperatur an sich auf die Planktonzusammensetzung eingewirkt hat oder wie weit sie nur der Ausdruck ortsfremden Wassers ist, läßt sich hier nicht entscheiden, da andere hydrographische Faktoren, wie z. B. Salzgehalt, nicht untersucht sind.

absolutes Minimum im gleichen Abschnitt wie das Temperaturmaximum, aber die Höhenlage der Kurve im Bereich des Temperaturminimums weicht nicht von der Durchschnittshöhe ab.

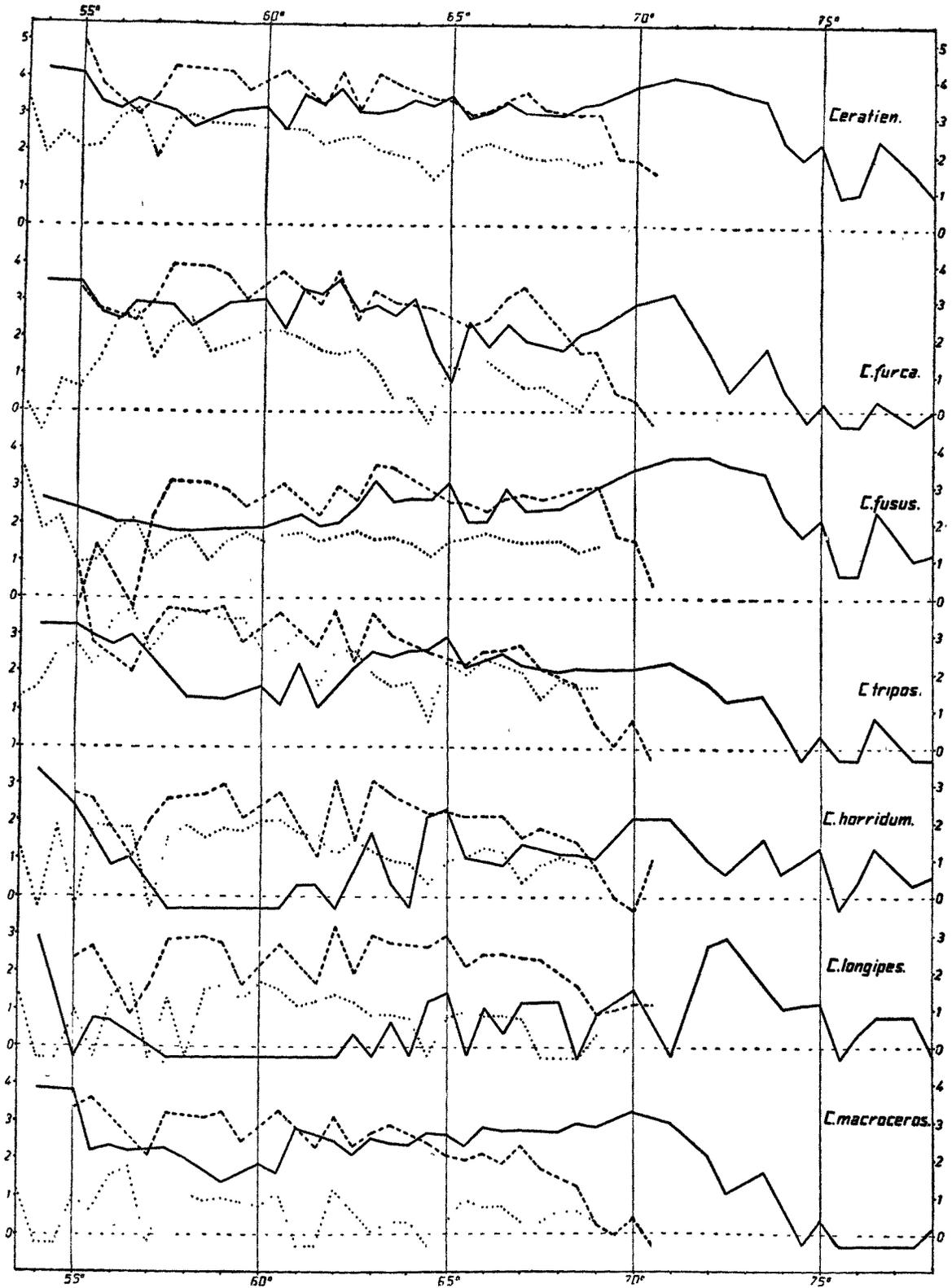


Abb. 16. Häufigkeit der *Ceratium*-Arten auf dem Reiseweg zu verschiedenen Jahreszeiten (Logarithmen): März, - - - Juli, — September.

Die Extreme der übrigen drei Kurven sind augenscheinlich mit dem Temperaturwechsel in engen Zusammenhang zu bringen.

Im vorigen Abschnitt hatten wir eine gewisse Stetigkeit in der Planktonveränderung von Süden nach Norden festgestellt. Hier nun wurde eine mehr oder weniger deutliche Gliederung der Fahrtstrecke herausgestellt, die nach den Rangordnungsverhältnissen und dem Kurvenverlauf zwischen der deutschen Küste und der Nordspitze Norwegens durch drei Bereiche mehr oder weniger einheitlicher Planktonbeschaffenheit gegeben ist, nämlich den Nordseeabschnitt, das Gebiet der Küstennähe Südnorwegens und den Abschnitt im Atlantik längs der mittel- und nordnorwegischen Küste. Während die beiden äußeren Abschnitte durch die Verschiedenheit des Nordsee- und atlantischen Wassers ihr Gepräge erhalten, ist das Plankton des Mittelabschnittes durch die Küstennähe mehr oder weniger beeinflusst. — Durch die Temperatur bedingt bilden sich keine beiderseits begrenzten Gebiete. Jedoch fallen die durch sie bedingten Knickpunkte in den Planktonkurven mit den Grenzen jener Bereiche zusammen und fügen sich so in das Bild ein. — Bei der Septemberfahrt schließt sich etwa nördlich 72° ein viertes Gebiet an, in dem der Wechsel von atlantischem und arktischem Wasser das planktische Bild bestimmt.

V. Grenz- und Sprungstellen.

1. Auf der Fahrtstrecke.

In den vorhergehenden Teilen wurden immer wiederkehrende Auffälligkeiten an bestimmten Punkten vor dem Skagerrak und vor Mittelnorwegen bewußt unbeachtet gelassen und auf später verwiesen. Hier sollen diese Punkte nun näher besprochen werden.

Sie an den einzelnen Arten oder Gattungen zu erläutern, würde durch die Fülle der Beispiele zu unübersichtlich werden. Ich gehe daher von den beiden Obergruppen „kinetisches“ und „akinetisches“ Plankton aus und werde beim kinetischen Plankton nur dessen Hauptgruppen mit heranziehen. Die Berechtigung, die Hauptgruppen Metazoen, Protozoen und Peridineen zu dem „kinetischen“ Plankton zusammenzufassen und sie den Diatomeen als dem „akinetischen“ Plankton gegenüberzustellen, hat HENTSCHEL (17) 1939 besprochen.

In der Kurve des kinetischen Planktons für März (Abb. 17) sind augenscheinlich zwei Punkte mit besonderen Verhältnissen: erstens vor dem Skagerrak der Abschnitt 57° s, zweitens vor Mittelnorwegen der Abschnitt 64° n, denn in beiden liegt ein auffallendes Minimum. Betrachten wir zunächst den Abschnitt 57° s.

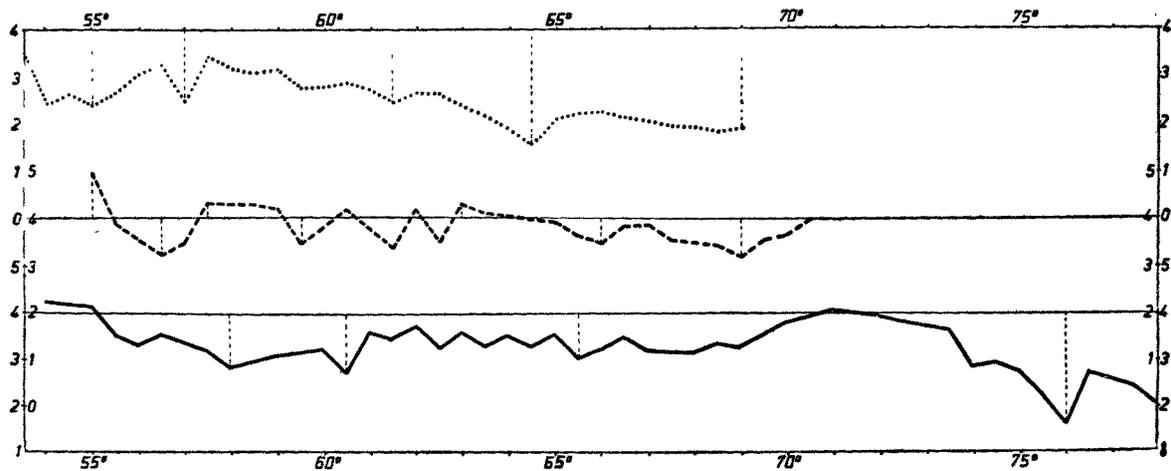


Abb. 17. Häufigkeit des kinetischen Planktons auf dem Reiseweg zu verschiedenen Jahreszeiten (Logarithmen): März, - - - - Juli, ——— September.

Vergleicht man mit der Kurve in Abb. 17 die Temperaturkurve (Abb. 9), so findet man in demselben Abschnitt 57° s ein in die Augen fallendes Temperaturmaximum. Die hydrographischen Verhältnisse liegen nach dem Atlas der Deutschen Seewarte (1) für das Frühjahr so, daß vom Nordatlantik her eine Zunge salzreichen atlantischen Wassers mit höherer Temperatur und größerer Dichte tief in die Nordsee hineinragt, an deren Süzipfel eine Ausbuchtung in das Skagerrak reicht, die im Abschnitt 57° s ihre Mittellinie hat. Somit haben wir hier offenbar ganz andere, durch atlantisches Wasser stark beeinflusste Verhältnisse, die das Minimum der kinetischen Organismen bedingen. Beherrscht ist die Kurve des kinetischen Planktons durch

das absolute Überwiegen der Peridineen (Abb. 6), wogegen die Tintinnen und im geringen Maße auch die Metazoen in unserem Punkt lediglich tiefe Werte haben, also nicht dagegen sprechen. Die Diatomeenkurve (akinetisches Plankton, Abb. 5) erfährt bei ihrem Anstieg nach Norden zu bei 57° s ebenfalls einen Einschnitt, so daß allgemein das Planktonvorkommen hier im März durch das atlantische Wasser eine Veränderung erfährt. — Im Juli zeigt allein die Diatomeenkurve (Abb. 5) in diesem Punkt noch typisch das gleiche Verhalten, während das kinetische Plankton insgesamt sowie seine Hauptgruppen lediglich tiefliegende Werte aufweist, und somit den akinetischen Organismen jedenfalls nicht entgegenwirkt. — Im September (Abb. 5 u. 17) läßt keine Kurve mehr in diesem Gebiet Augenfälliges erkennen. Dieses Verwischen der Frühjahrsmerkmale zum Sommer hin steht durchaus mit den hydrographischen Eigenschaften dieses Gebietes im Einklang, denn nach dem Atlas der Deutschen Seewarte (1) hat die Zunge des in die Nordsee hineinragenden Wassers im Hochsommer ihre kleinste Ausdehnung, wobei die Ausbuchtung in das Skagerrak gänzlich fehlt. Die Juli-Temperaturkurve (Abb. 9) stimmt hiermit durchaus überein.

Noch sehr viel überzeugender ist für den März der Abschnitt 64° n vor der mittelnorwegischen Küste. Wie Abb. 5 und 17 zeigen, haben die Kurven des akinetischen und des kinetischen Planktons sowie ihrer Hauptgruppen (Abb. 7, 8 u. 11) hier ihr absolutes Minimum. Im Gegensatz dazu zeigt die Temperaturkurve in diesem Bereich sehr hohe Werte mit dem absoluten Maximum bei 65° s (genau bei 65° 04'). In den entsprechenden Kurven des Sommers (Abb. 5 u. 17) ist dieses markante Bild vollkommen verwischt. Allein bei der Sommer-Tintinnenkurve (Abb. 11) finden wir im Abschnitt 64° n das absolute Minimum noch wieder.

Starke hydrographische Veränderungen durch den Zustrom ortsfremden Wassers werden die zwingenden Gründe für diese Planktonabnahme bei 64° n sein. Woher dieses Wasser stammt, haben HELLAND-HANSEN und NANSEN nach 1900—1904 gemachten Untersuchungen beschrieben (11). Nach deren Beobachtungen liegt zwischen Island und Mittelnorwegen ein Wirbel, der im umgekehrten Sinne des Uhrzeigers verläuft, und der sich der mittelnorwegischen Küste nähert. Es liegt die Vermutung nahe, daß er dieses veränderte Wasser bringt.

Im Juli finden wir in einigen Hauptgruppenkurven ebenfalls zwei ausgezeichnete Punkte, nämlich vor der südnorwegischen Küste im Abschnitt 59° s und vor Nordnorwegen im Abschnitt 69° s. Bei den Metazoen treten die Punkte sehr markant als absolute Minima hervor (Abb. 12), etwas weniger deutlich bei den Tintinnen (Abb. 11), bei denen im Abschnitt 69° s sich ein gut ausgeprägtes Minimum befindet, bei 59° n der Wert aber wenig unter den Nachbarwerten liegt; jedoch sind beide Punkte die Minima im Bereich der gesamten norwegischen Küste. Bei den das kinetische Plankton beherrschenden Peridineen treten sie nicht in Erscheinung, worin der Grund liegt, weshalb diese Punkte in der Kurve des kinetischen Planktons (Abb. 17) nicht in die Augen fallen, obgleich der Abschnitt 69° s das absolute Minimum der Kurve trägt.

Für das Minimum vor der Südküste Norwegens kann keine Begründung angegeben werden; die Temperatur bietet in diesem Punkt keine Besonderheiten. Das Verhalten des Planktons im Abschnitt 69° s hängt offenbar mit dem Verlauf der Fahrtlinie zwischen Lofoten und Küste zusammen, wo die Temperaturverhältnisse (Abb. 9) ebenfalls starke Veränderungen erfahren. In unserem Abschnitt liegt das sehr gut ausgeprägte Temperaturmaximum. Darin liegt auch die Erklärung, weshalb hier die Peridineenkurve (Abb. 7) im Verlauf ihres steten Abfalls in diesem Bereich ein wenig ansteigt, wogegen alle anderen ein gutes Minimum haben. Auch in der Diatomeenkurve (Abb. 5) fällt der Abschnitt 69° s durch einen Tiefwert aus seiner Umgebung heraus.

Schließlich haben wir in der Septemberserie im Abschnitt 60° n noch einen ausgezeichneten Punkt, an dem das kinetische sowie das akinetische Plankton ihr absolutes Minimum erreichen (Abb. 5 u. 17). Hier muß die Frage nach der Ursache offen bleiben. Temperaturangaben liegen hier nicht vor.

2. An den Endpunkten.

Betrachten wir die Hauptgruppenkurven für März und September (Abb. 5, 7, 11 u. 12) — die Julifahrt ist für diese Betrachtung ungeeignet, da ihre südlichste Station erst oberhalb 55° liegt —, so stellen wir für ihre südlichsten Stationen an der deutschen Küste bei dem Phytoplankton so hohe Werte fest, wie sie in der Nordsee auf jenen Fahrten nicht wieder vorkommen, bei den Peridineen liegen hier sogar die absoluten Maxima; beim Zooplankton befinden sich in den Küstenabschnitten im März Tiefpunkte, im September weichen ihre Werte kaum von den übrigen Nordseewerten ab. An Hand der vorgefundenen Arten und Gattungen stellen wir hier im Küstengebiet im September die absolut formenreichste Planktonzusammensetzung fest; im März ist der Formenreichtum relativ ebenfalls sehr hoch, jedoch wird

er im selben Monat an der Nordspitze Jütlands (zwischen 56 und 57°) übertroffen. Die Zahlentafel 3 veranschaulicht die Planktonzusammensetzung der Formenzahl nach. Wir sehen aus ihr vor allen Dingen für März die Übereinstimmung von der deutschen Küste und dem Maximalgebiet vor dem Skagerrak (56° n), ferner im Küstengebiet die Fülle der Diatomeenformen im März, demgegenüber im September das starke Hervortreten der anderen Gruppen, besonders der Metazoen.

Zahlentafel 3.

Anzahl der bei der Zahlung unterschiedenen Formen (ohne Cysten und Eier) in ausgewählten Abschnitten.

	53° n	54° s	56° n	66° n	78° s	Durchschn. nordl. 75°
M ä r z						
Diatomeen	26	14	24	6	.	. .
Peridineen	8	5	10	8	.	.
Protozoen	1	2	1	2	.	.
Metazoen	8	8	10	4	.	.
andere	2	0	4	1	.	.
Gesamt:	45	29	49	21	.	.
S e p t e m b e r						
Diatomeen . . . .	.	19	5	4	1	3,5
Peridineen . . . .	.	12	10	9	2	4
Protozoen . . . .	.	7	4	2	1	2,1
Metazoen . . . .	.	19	16	11	5	5
andere . . . .	.	0	0	1	0	0,7
Gesamt:	.	57	35	27	9	15,3

Die hohen Kurvenwerte werden bei den Peridineen wie den Diatomeen nur von einigen Gattungen bzw. Arten bestimmt. Unter den Peridineen gibt im März allein *Ceratium fusus* (Abb. 16) den Maximalwert an, während im September mehrere Ceratienarten stark beteiligt sind, am stärksten *Ceratium macroceros*, wogegen *Ceratium fusus* erst an sechster Stelle kommt (Abb. 16). Bei den Diatomeen beherrscht im März den Küstenwert *Skeletonema* (Abb. 6), das südlich 57° sonst nur gering in Erscheinung tritt; im September bestimmen die Größenordnung 5 *Chaetoceros* (die nördlich 55° im Nordseebereich nur noch unter 2,5 liegt), *Thalassiosira* (welche zwischen 55 und 56° nur noch zwei Werte zwischen 1 und 2 hat, weiter nördlich bei Spitzbergen spärlich auftritt) und *Eucampia* (deren Vorkommen sich fast ganz auf den Küstenwert bei 54° s beschränkt; lediglich bei 55° n, 56° s und 65° n trat sie noch mit Werten um 1 auf) (Abb. 10).

Besondere Beachtung scheinen mir die Gattungen *Biddulphia*, *Asterionella* und *Eucampia* zu verdienen. *Biddulphia* hat im März den höchsten Wert bei der Küstenstation (Zahlentafel 4), sie nimmt bis 55° s bis auf 0 ab, steigt bei der nächsten Station nochmals stark an und ist bei 57° n wieder verschwunden; zweimal wurde sie noch in geringen Mengen gefunden; im September ist ihr einziger Fundort die südlichste Station. *Biddulphia* scheint sich also fast gänzlich auf die südliche Nordsee zu beschränken. — KYLE (22, Pl. XCII) gibt an, daß sie im Frühjahr in der südlichen Nordsee stark auftritt, weiter nördlich spärlich wird und ihre nördliche Grenze bei etwa 62° hat, wobei der norwegische Küstenstrich offen bleibt, und daß sie im August (die Nordseeproben unserer „September“-Fahrt sind am 28. und 29. August genommen) sich auf das Küstengebiet der südlichen Nordsee und das Skagerrak bei nicht sehr starkem Auftreten beschränkt. Unsere Ergebnisse über *Biddulphia* stimmen sehr gut mit den Angaben bei KYLE überein. *Biddulphia* gilt als eine der besten Charakterformen der südlichen Nordsee-Küstengebiete.

Ebenfalls wurde *Asterionella*, deren nördliche Grenze KYLE (22, Pl. LVII) im Frühjahr im Bereich unserer Fahrtstrecke etwa bei 59° angibt, und die sich im August ebenfalls auf die Küstengebiete der südlichen Nordsee beschränken soll, bei der Märzfahrt nur zwischen 54° s (im südlichsten Abschnitt trat sie nicht auf) und 58° s gefunden (die bei 66° s vorkommenden Exemplare scheinen wie die Individuen von *Eucampia* bei 65° n durch die Strömung dorthin getragen zu sein); bei der Septemberfahrt hat sie nur den großen Küstenwert. *Eucampia* besiedelt im März die ganze Nordsee nördlich 56° bis einschließlich der norwegischen Küste; im September bildet sie den hohen Küstenwert, der in derselben Größenordnung wie der Gesamtdiatomeenwert liegt, und hat dann nur noch zwei kleine Werte in der südlichen Nordsee. Auch sie hält die bei KYLE (22, Pl. LXXXIX) angegebenen Nordgrenzen inne.

Zahlentafel 4.
Charakterformen im Küstengebiet der Deutschen Bucht.
Zahlen für 10 Liter Wasser. Maschenweite 40 μ .

	<i>Biddulphia</i>		<i>Asterionella</i>		<i>Eucampia</i>		<i>Guinard. flacc.</i>			<i>Noctiluca</i>		
	März	Sept.	Marz	Sept.	Marz	Sept.	Marz	Juli	Sept.	März	Juli	Sept.
53° n	16 854	.	—	.	—	.	33	—	.	—	—	.
54° s	2 796	1535	52,8	35 790	—	185 000	6,6	.	11	—	.	17,6
54° n	90,2	.	26,4	.	—	.	—	.	.	—	.	.
55° s	—	—	13,2	—	—	—	108	156	616	—	2420	2,2
55° n	658	—	444	—	—	6,6	121	2376	500	2,2	519	—
56° s	3 169	—	748	—	83 540	15,4	2092	.	37	46,2	.	8,8
56° n	5 896	—	1056	—	29 920	—	1364	—	6,6	8,8	2,2	15,4
57° s	11	.	185	.	22	.	—	—	—	—	—	—
57° n	—	—	—	—	73 315	—	—	13,2	—	—	2,2	.
58° s	—	—	(5280)	—	27 940	—	—	—	—	—	—	—
58° n	—	.	—	.	737	.	—	660	.	—	—	—
59° s	—	—	—	—	22	—	—	46,2	.	—	—	—
59° n	—	.	—	.	—	.	—	17,6	.	—	—	—
60° s	—	—	—	—	134	.	—	.	.	—	—	—
60° n	8,8	—	—	—	279	—	6,6	8,8	—	—	—	—
61° s	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
61° n	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
62° s	—	—	—	—	24,2	—	—	—	—	—	—	—
62° n	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Noch zwei andere Formen sind charakteristische Vertreter der Nordsee, nämlich *Guinardia flaccida* und *Noctiluca*. Nach KYLE (22, Pl. LXIX u. LIII) besiedelt die erste das ganze Jahr über die gesamte Nordsee, während die zweite sich nur im Küstengebiet der südlichen Nordsee bis hinauf zur Südspitze Norwegens aufhält. Nach dem vorliegenden Material (Zahlentafel 4) sind sie offenbar im März und September für die innere Deutsche Bucht nicht sehr typisch, jedoch scheint zumindest *Noctiluca* im Juli das engere Küstengebiet sehr stark zu bevölkern, denn sie hat im südlichen Abschnitt der Fahrtstrecke (55° s) den bei weitem höchsten Wert. Nach Beobachtungen der Helgoländer Biologen sowie nach eigenen Beobachtungen kann sie in der Küstennähe der Deutschen Bucht im Sommer derart stark vorkommen, daß sie zuweilen das Durchsehen durch das 40- μ -Netz sehr erschwert.

Wir können über das südliche Ende unseres Untersuchungsgebietes zusammenfassend sagen: Die innere Deutsche Bucht (südlich 55°) ist erstens durch ihren Formenreichtum besonders im September charakterisiert und ist zweitens durch das starke nur hier beobachtete Auftreten von *Biddulphia*, *Asterionella* und *Eucampia*, die diesem Gebiet als Charakterformen eigen sind, im September ausgezeichnet; im Frühjahr gibt unter den Diatomeen *Biddulphia* dem Küstenplankton der Deutschen Bucht das typische Gepräge. — Im Juli zeichneten *Guinardia flaccida* und vor allem *Noctiluca* das Plankton der inneren Deutschen Bucht aus; die drei erstgenannten Gattungen wurden im Juli von 55° an jedenfalls noch nicht gefunden.

Im Gegensatz zu dem reichen Planktonleben am Süden unserer Fahrtstrecke, in der inneren Deutschen Bucht, finden wir am Nordende unseres Untersuchungsgebietes im allgemeinen ein verhältnismäßig armes und eintöniges Planktonleben vor. Charakterisiert wird dieses Gebiet durch eine Peridineenart, die hier als einzige Form zusammenhängend und teils in größerer Zahl neu auftaucht, durch *Ceratium arcticum*. Jedoch wurde sie nicht auf allen Stationen gleichmäßig gefunden. Auch auf dem Schnitt, der durch eine Auswahl unter den infolge häufigen Kurswechsels des Schiffes flächenhaft verbreiteten Stationen zwischen der Bäreninsel und Spitzbergen gelegt wurde (Abb. 3; die für den Schnitt in Frage kommenden Stationen sind miteinander verbunden), ist ihr Auftreten nicht gleichförmig. Zusammenhängend wurde *Ceratium arcticum* nördlich 73° gefunden. Hart südlich Spitzbergens ist das Vorkommen gering, etwas stärker an der Südwestküste Spitzbergens. Auf der Breite der Bäreninsel wurde die Art am stärksten angetroffen mit der Höchstzahl von 183 Individuen in 10 Liter Wasser. *Ceratium arcticum* ist eine typische Form für arktische Gebiete; sie gilt als eine der besten Leitformen arktischen Wassers. Wir werden später noch auf sie zurückkommen.

Wie *Ceratium arcticum* auf unserem Schnitt nicht einheitlich auftritt, so schwanken auch in dem Gebiet nördlich 71° die Hauptgruppen (Abb. 5, 7, 11 u. 12), am stärksten die Diatomeen, am wenigsten die Metazoen. Die Tiefpunkte ihrer Kurven liegen alle in den gleichen Abschnitten wie die Temperaturminima (Abb. 9). Dieses gesetzmäßige Verhalten deutet darauf hin,

daß komplizierte Wasserverhältnisse im Übergangsbereich des Nordatlantik zum Barentsmeer die Planktonzusammensetzung bestimmen. Daraufhin habe ich die Horizontalverbreitung des Planktons für dieses Gebiet nach den in Abb. 3 eingetragenen Stationen durch Isoplankten dargestellt (Abb. 18—22), nach denen wir folgende Ergebnisse feststellen können: Zwischen der Bäreninsel und Nordnorwegen ragen zwei diatomeenreiche Zungen in das westliche Barentsmeer hinein, die durch die Stationen in den Abschnitten 72° s und 72° n getrennt werden: Die südliche schwächere Zunge verläuft längs der nordnorwegischen Küste; die nördliche, die zunächst ziemlich Ost-West verläuft, biegt zwischen 25 und 30° östl. Länge scharf nach Norden um. Diese von der Diatomeenkarte (Abb. 18) abgelesenen Verhältnisse treten bei den Peridineen und Metazoen (Abb. 19 u. 21) für die südliche Zunge nur andeutungsweise, bei den Tintinen (Abb. 20) gar nicht in Erscheinung. Die Obergruppe kinetisches Plankton bringt jedoch beide Zungen

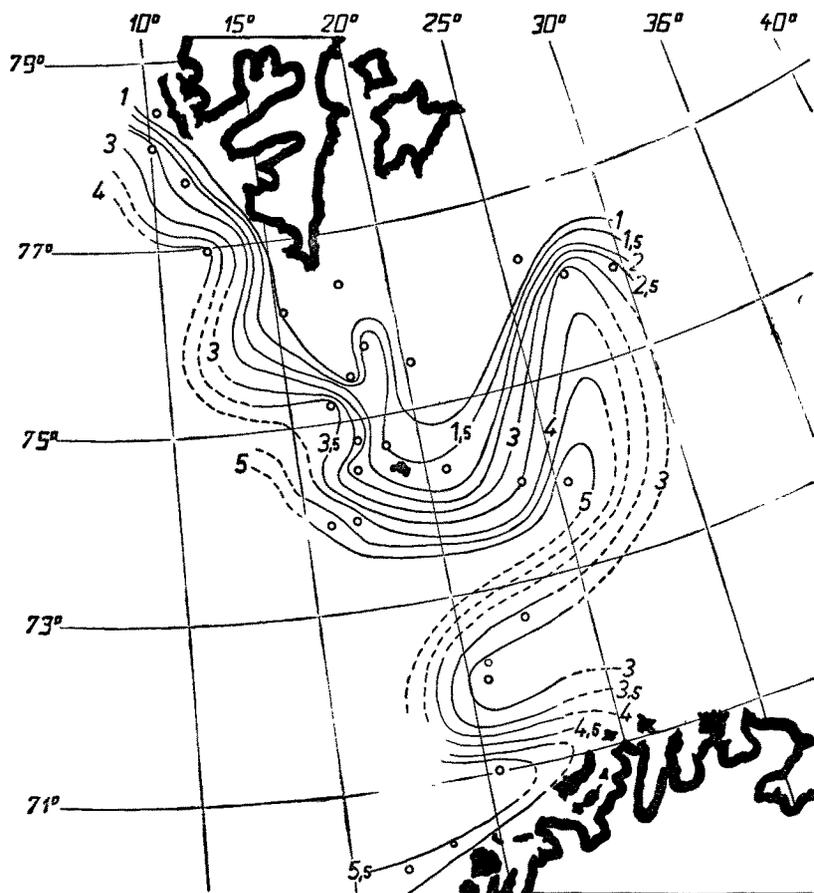


Abb. 18. Horizontalverbreitung der Diatomeen im Nordteil des Untersuchungsgebietes (Isoplankten).

zum Ausdruck (Abb. 22). Zwischen der Bäreninsel und Spitzbergen erstreckt sich nördlich der Bäreninsel eine kurze Zunge stärkeren Planktonvorkommens von Südwesten nach Nordosten vor, die nur bei den Metazoen weniger deutlich ausgebildet ist.

Diese Zungenbildung der Gebiete verschiedener Planktondichte kann nur durch das Ineinandergreifen verschiedenartiger Wassermassen erklärt werden. B. SCHULZ hat im September 1927 (also zu genau der gleichen Jahreszeit, wie die Entnahme der vorliegenden Planktonproben stattfand) diese Gebiete hydrologisch untersucht, und seine Ergebnisse (30) decken sich sehr gut mit den vorliegenden planktischen. Nach SCHULZ greifen südlich der Bäreninsel zwei Zungen atlantischen Wassers mit höherem Salzgehalt und höherer Temperatur in das Polarwasser der Barentssee hinein, von denen die nördliche stärker ausgebildet ist, die auch an derselben Stelle die starke Biegung nach Norden macht. Die nördlich der Bäreninsel gelegene hydrographische Zunge geht in Richtung Storfjord, so daß sich die in Abb. 18 gezeichneten Isoplankten der Diatomeen förmlich mit den Isohalinen und Isothermen (30, Tafel 1) decken. Ebenfalls die von mir gezeichneten Isothermen nach den Temperaturmessungen bei der Probenentnahme zeigen die gleichen Temperaturverhältnisse (Abb. 23) wie die 1927 von SCHULZ

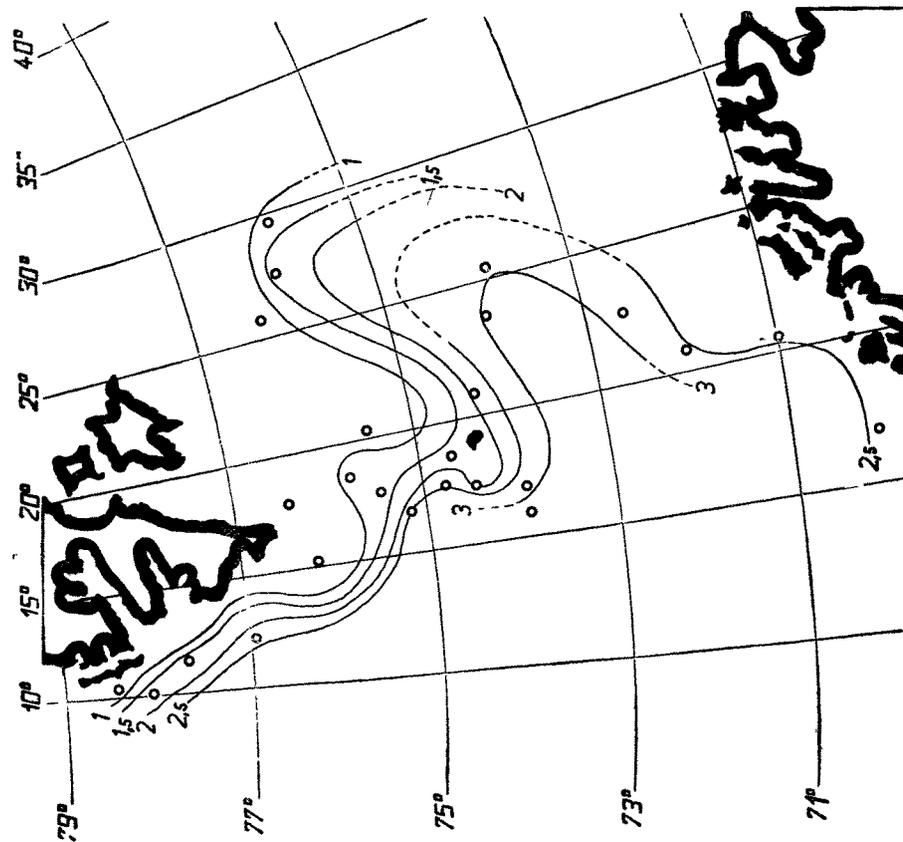


Abb. 20. Horizontalverbreitung der Tintinnen im Nordteil des Untersuchungsgebietes (Isoplankton).

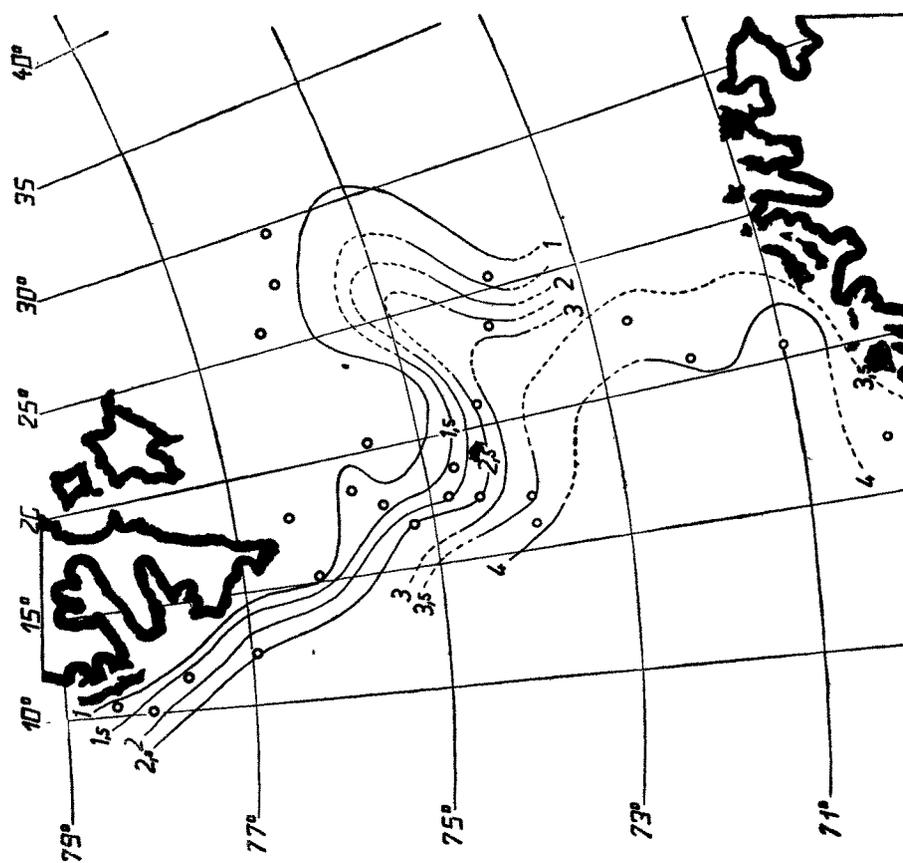


Abb. 19. Horizontalverbreitung der Peridineen im Nordteil des Untersuchungsgebietes (Isoplankton).

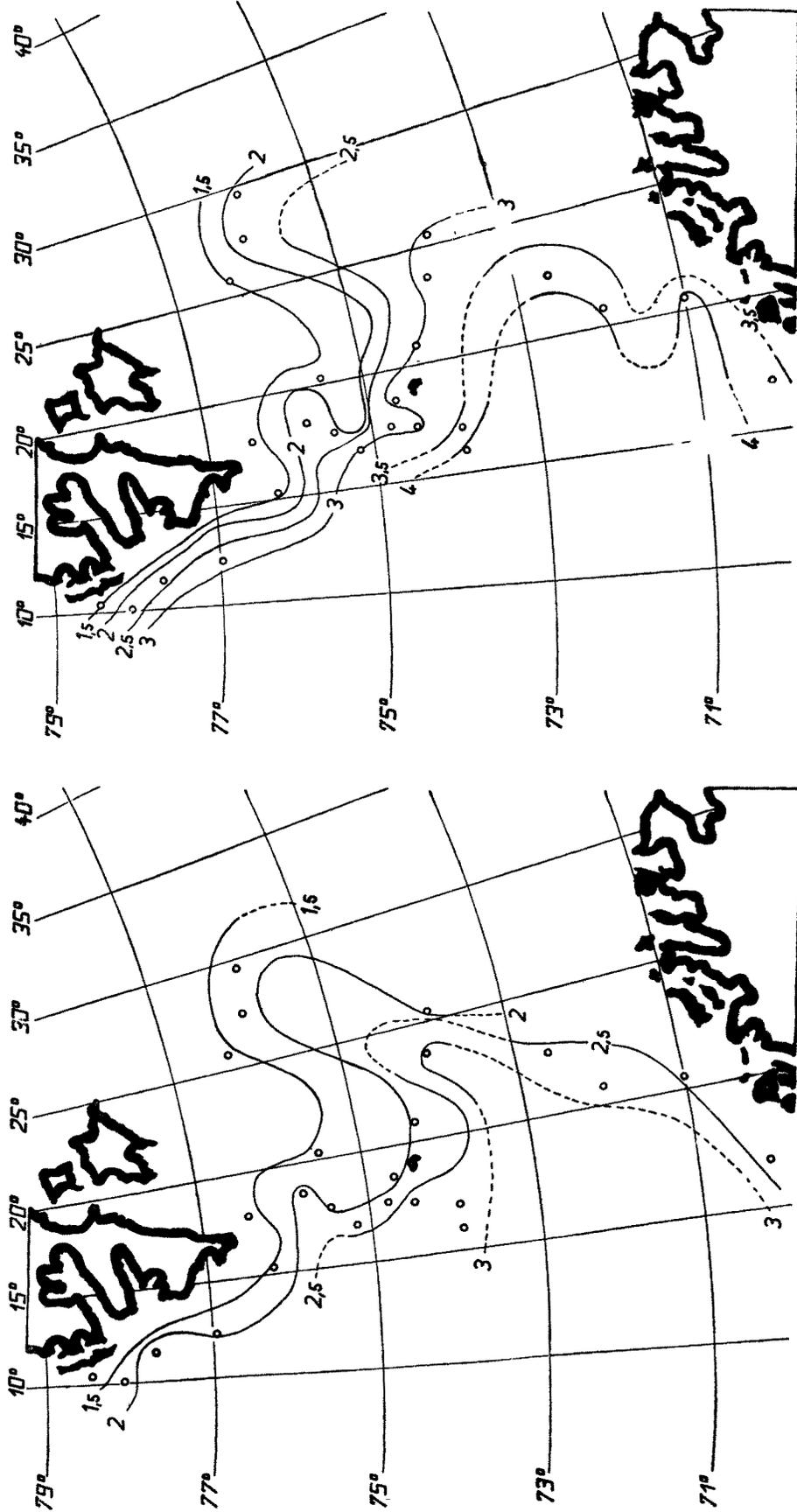


Abb. 21. Horizontalverbreitung der Metazoen im Nordteil des Untersuchungsgebietes (Isoplankten).

Abb. 22. Horizontalverbreitung des kinetischen Planktons im Nordteil des Untersuchungsgebietes (Isoplankten).

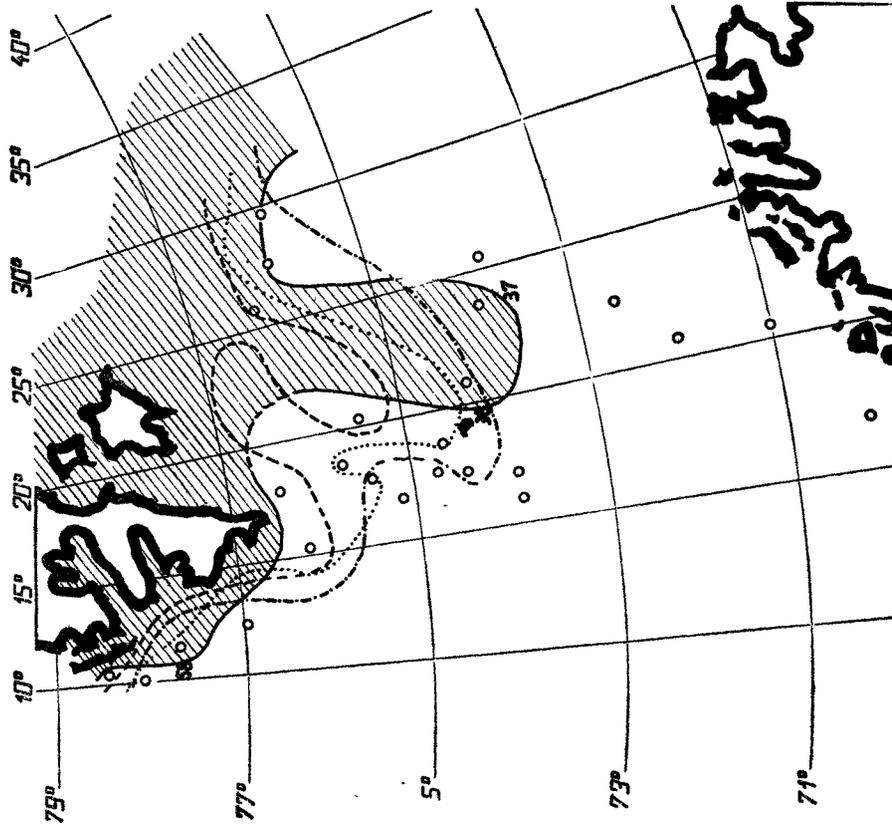


Abb. 24. Vrcherrschaftsgebiete von *Ceratium arcticum* (schraffiert); Diatomeen-Isoplankte 1,5 nach Abb. 18. - - - - Isotherme von 3° nach Abb. 23. — Isotherme von 5° nach Abb. 23.

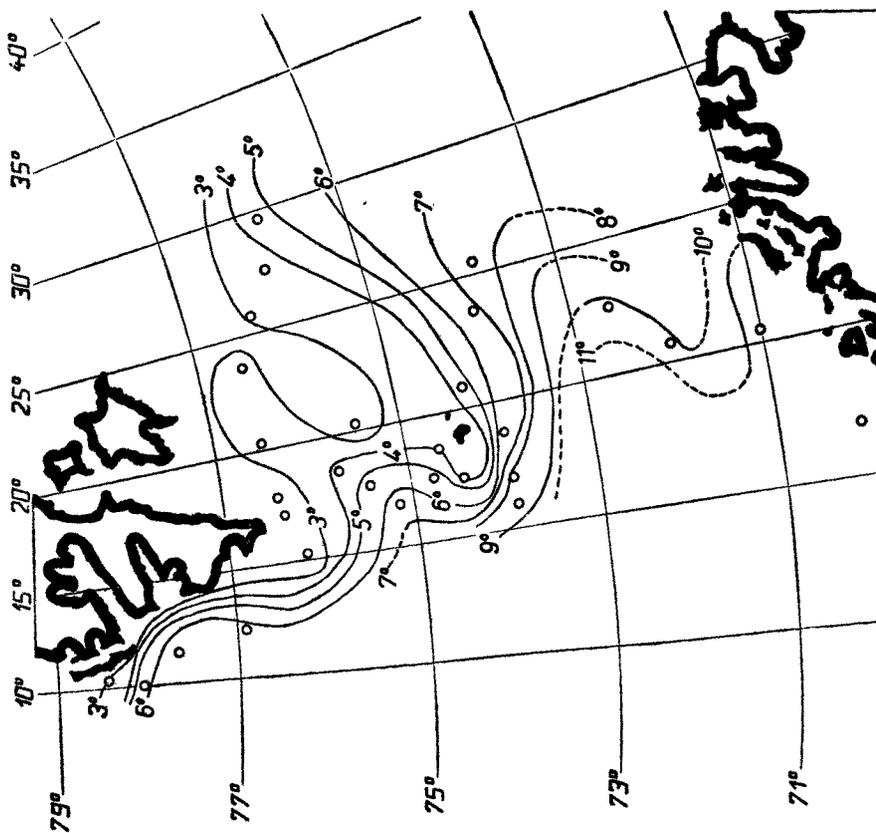


Abb. 23. Temperaturverhältnisse im Nordteil des Untersuchungsgebietes.

gemachten Messungen. Damit dürfte bewiesen sein, daß die Planktonverbreitung auf dem Grenzgebiet des arktischen Schmelzwassers und des atlantischen Wassers durch das „fingerförmige Ineinandergreifen“ beider Wasserarten bestimmt ist. Da SCHULZ annimmt und z. T. bewiesen hat, daß durch den „Grad der Ausbildung des Schmelzwassers“ in den Jahreszeiten Verschiebungen der Isohalinen entstehen, muß man annehmen, daß parallel dazu Verschiebungen der Isoplankten stattfinden. Da man in den Temperaturergebnissen von 1927 und 1938 nicht nur eine zufällige Übereinstimmung erblicken kann, liegt die Vermutung nahe, daß der jahreszeitliche hydrographische (und damit auch der planktische) Zyklus sich in den Jahren annähernd gleichbleibt.

Da die Art *Ceratium arcticum* in diesem nördlichen Gebiet häufig auftritt, bei einigen Stationen unter den Ceratienarten sogar absolut überwiegt, habe ich in Abb. 24 ihr Vorherrschaftsgebiet (schraffiert) zur Darstellung gebracht¹⁾. Die Trennungslinie des Vorherrschaftsgebietes der Art *Ceratium arcticum* von dem der anderen Arten verläuft etwa wie die Isothermen und die Isoplankten; es sind jedenfalls die beiden nördlichen Zungen auch hier ausgesprochen vorhanden, obgleich ihre Lage durch die Verhältnisse bei den Stationen 37 und besonders 38 ein wenig gegen die Isolinien verschoben zu sein scheint. Die Stat. 58 läßt als einzige unter den an der Westküste Spitzbergens liegenden kein Überwiegen der arktischen Form vermuten. Jedoch ist aus unseren Isoplankten ersichtlich, daß hier ebenfalls verändertes Wasser sein muß. Nach SCHULZ (30) mag das dadurch zu erklären sein, daß „die aus dem Hornsund . . . stammenden Schmelzwasser den Salzgehalt des Oberflächenwassers sicher weit aufs offene Meer hinaus beeinflussen“. — Die Warmwasserseite wird bis auf zwei Ausnahmen von *Ceratium fusus* beherrscht, so daß sich hier zwei charakteristische in ihrer Gattung vorherrschende Arten, durch die Grenzlinie getrennt, in diesem Gebiet gegenüberstehen.

War das vielgestaltige und reiche Planktonleben in der inneren Deutschen Bucht besonders durch die Diatomeengattungen *Biddulphia*, *Asterionella* und *Eucampia* charakterisiert so erhält die verhältnismäßig arme und eintönige Planktongemeinschaft am nördlichen Endpunkt unserer Fahrtstrecke ihr Charakteristikum durch das zusammenhängende, im arktischen Wasser relativ starke Auftreten von *Ceratium arcticum*, der besten Leitform arktischen Wassers. Ferner ist der ganze nördliche Teil unserer Untersuchungsstrecke durch das Zusammentreffen und Ineinandergreifen von zwei grundverschiedenen Wasserarten charakterisiert, die, durch ihr Mischgebiet als Übergangszone getrennt, zwei ebenso verschiedene Planktongemeinschaften bedingen, deren arktische Seite durch das absolute Überwiegen von *Ceratium arcticum*, deren atlantische Seite durch die Vorherrschaft von *Ceratium fusus* innerhalb ihrer Gattung gekennzeichnet werden kann. — In dem arktischen Teil sind bei absoluter Planktonarmut die Metazoen relativ sehr stark vertreten, denn sie nehmen meistens den ersten Rang unter den Hauptgruppen ein (Abb. 14), während die Peridineen an dritter oder vierter Stelle erscheinen; in dem atlantischen Teil sind die Diatomeen überlegen, und an zweiter Stelle finden wir teils die Peridineen, teils die Metazoen.

VI. Durchschnittswerte und Schwankungen der Werte.

In diesem Abschnitt soll zunächst besprochen werden, wie die Durchschnittswerte der ganzen Fahrtstrecke (soweit sie von den drei Hauptreisen benutzt wurde: von 55° s—69° s) sowie des Nordseegebietes (55° s—62° s) und des atlantischen Gebietes (62° n bis 69° s) getrennt sich in den verschiedenen Monaten verhalten. Am bemerkenswertesten ist ein Vergleich des akinetischen und kinetischen Planktons.

In bezug auf den Planktondurchschnitt des gesamten Gebietes ist das akinetische Plankton zahlenmäßig²⁾ dem kinetischen in allen drei vorliegenden Zeiten überlegen. Im Frühjahr, der bekanntlich besten Gedeihzeit der Diatomeen, überwiegen sie äußerst stark (mit etwa 99,85 gegenüber 0,15%). Dem Sommer zu nehmen sie stark ab, wogegen das kinetische Plankton im Juli, dem augenscheinlich günstigsten Monat für das Wachstum der Ceratien (deren starkes Vorkommen den Wert des kinetischen Planktons bestimmt), beträchtlich zugenommen hat. Die Abnahme der Diatomeen gegenüber März ist sehr stark (rund 86%), und die kinetischen Organismen haben sich in demselben Zeitraum sehr stark vermehrt (auf das 22fache), so daß sie im Juli etwa 18,5% des Gesamtplanktons ausmachen. Im September nimmt das kinetische Plankton infolge des Absterbens der Ceratien wieder um 78% ab, während der Diatomeenwert

1) Die Zahlen bei einigen Stationen bedeuten die laufenden Nummern nach der Probeentnahme, die ich zur besseren Orientierung bei den in Frage kommenden Stationen eingetragen habe.

2) Es konnten hier nur zahlenmäßige, nicht wertmäßige Vergleiche angestellt werden, d. h. eine Protistenzelle wird einem Metazoön hier gleichwertig gesetzt.

um weitere 45% abfällt. Die Überlegenheit der Diatomeen ist somit wieder größer geworden (90,2 zu 9,8%).

Die vergleichsmäßige Verteilung unserer beiden Obergruppen auf die Teilgebiete Nordsee und Atlantik (Abb. 25 B) weisen beachtenswerte Unterschiede auf. Im März ist die Diatomeenflora der Nordsee sehr viel üppiger als die des Atlantiks. In der Nordsee geht sie bis zum September stark und stetig zurück, während sie sich im atlantischen Wasser bis zum Juli stark ausbreitet und im September nur minimal abgenommen hat. So wird aus dem überlegenen März-Diatomeenplankton der Nordsee im Juli ein vollkommener Ausgleich beider Gebiete, wogegen im September die Diatomeenflora des atlantischen Gebietes wesentlich besser entwickelt ist als die der Nordsee. — Daß ebenfalls die kinetischen Planktonformen im Frühjahr in der Nordsee weit besser gedeihen als in dem Atlantik, wurde bereits besprochen. Aber auch in den beiden übrigen Zeitabschnitten bleibt dieser Zustand erhalten, wenngleich sich auch im Juli und noch stärker im September die Werte für beide Gebiete dem Ausgleich nähern. — Unter den kinetischen Organismen weichen die Copepoden durch ihre stete Zunahme im atlantischen Gebiet (wohl infolge ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber veränderten Lebensbedingungen und ihrer größeren Lebensdauer) ein wenig von dieser Regel ab, ebenso die Tintinnen durch ihren starken Rückgang im selben Gebiet im September; jedoch fallen sie bei der Gesamtbetrachtung absolut nicht ins Gewicht.

In Abb. 25 A ist das Verhältnis vom akinetischen zum kinetischen Plankton dargestellt¹⁾. Aus ihr wird ersichtlich, wie sich in der Nordsee zum Sommer hin das Verhältnis zugunsten des kinetischen Planktons verschiebt bis zu einem Minuswert, also der Überlegenheit des kinetischen Planktons; dagegen bleibt das Verhältnis im Atlantik, grob gesehen, in den verschiedenen Jahreszeiten das gleiche.

Nun noch ein paar zusammenfassende Worte über den Verlauf der Hauptgruppenkurven bezüglich der Schwankungen ihrer Werte innerhalb einer Serie. Ohne starke Schwankungen verlaufen in allen Jahreszeiten die Metazoenkurven. Durch ihre Widerstandskraft gegenüber hydrographischen Schwankungen und durch ihre lange Lebensdauer sind die Metazoen in ihrem Vorkommen stetig. Als Gegenstück zu ihnen sind die Diatomeen anzusehen, deren Gattungen besonders ein stark verändertes Vorkommen zeigen. Dazwischen liegen die Protozoen und Peridineen, von denen die Peridineen meist das stetigste Vorkommen aufweisen. — Die Jahreszeiten zeigen hier allerdings gänzlich verschiedene Bilder. Im Frühjahr verlaufen alle Kurven meist gleichförmig bis auf jene besprochenen ausgezeichneten Punkte. Im Juli sind nach dem vorliegenden Material die Schwankungen am stärksten, und im September ist, außer bei den Diatomeen, eine Beruhigung des Kurvenverlaufs festzustellen. Die gleichförmige Planktonbesiedlung in der kühlen Jahreszeit sowie umgekehrt die großen Schwankungen in der warmen kommen hier deutlich zum Ausdruck. Gerade das hier untersuchte Gebiet mit seinen vielen Wirbeln und Strömungsverschiedenheiten, hervorgerufen durch atlantische und Nordseeströmungen, im Verein mit den austretenden Fjordwassern, die HELLAND-HANSEN und NANSEN in den Jahren 1900—1904 beobachtet haben (11, S. 248, 258 u. 312 ff.), ist diesen Schwankungen besonders ausgesetzt. Im Sommer ist der Küstenwasserstreifen durch die Stärke der Fjordwasserzufuhr sehr viel breiter als im Frühjahr. Somit liegen unsere Reisewege im Sommer näher der Übergangslinie, an der die unterschiedlichen hydrographischen Verhältnisse naturgemäß am stärksten zur Geltung kommen, die starke Planktonveränderungen erklärlich machen.

1) Die Höhe der Rechtecke bedeuten die Differenz der beiden sich entsprechenden logarithmischen Werte. Erhält die Differenz wie beim Nordseewert für September ein negatives Vorzeichen, so habe ich den logarithmischen Wert als absolute Zahl behandelt und der besseren Anschauung wegen nach unten aufgetragen.

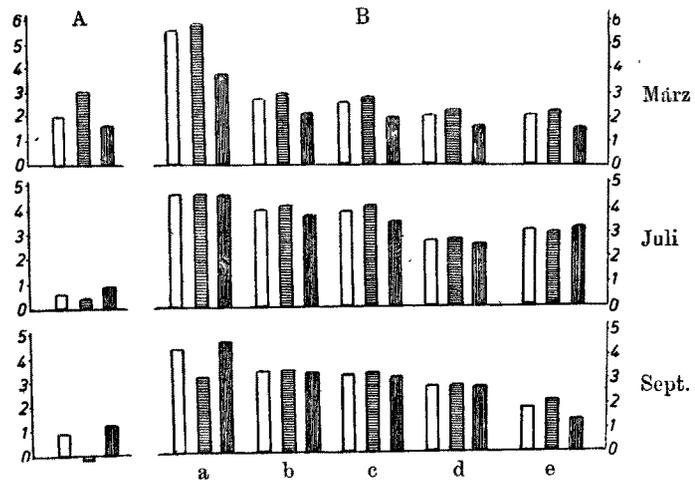


Abb 25 Durchschnittswerte (logarithmisch) für den Gesamtbereich (weiß), den Nordseebereich (quer schraffiert) und den atlantischen Bereich (längs schraffiert).
 A. Mengenverhältnis des akinetischen zum kinetischen Plankton.
 B. Häufigkeit a der akinetischen, b der kinetischen Planktons, c der Ceratiens, d der Copepoden, e der Tintinnen

VII. Zusammenfassung.

1. Die Arbeit enthält die Ergebnisse einer quantitativen Untersuchung von Mikroplankton (40- μ -Plankton) des Oberflächenwassers nach relativ kleinen (4,5 Liter), vom fahrenden Schiffe aus genommenen Proben, die auf einer lückenlosen Reihe dichtliegender Stationen auf der Fahrtlinie zum Barentsmeer von Wesermünder Fischdampfern in den Monaten März, Juli (August) und September entnommen wurden.

2. Die planktischen Verhältnisse sind im großen gesehen wesentlich bestimmt durch die Diatomeenwucherung im März, die im großen und ganzen ebene Besiedlung im Juli und September bis etwa 70° und (im Bereich der verlängerten September-Fahrtstrecke) durch die Diatomeenwucherung im September in dem arktisch-atlantischen Mischwasser vor der Nordspitze Norwegens.

3. Eine mit zunehmender geographischer Breite zu erwartende allmähliche Veränderung des Planktons in bestimmter Richtung konnte in bezug auf Planktondichte und Gruppenvorherrschaft mehr oder weniger nachgewiesen werden; die Veränderung kommt im März räumlich, im Sommer zeitlich und räumlich zum Ausdruck.

4. Die Fahrtlinie läßt sich zwischen der deutschen Küste und der Nordspitze Norwegens in drei Gebiete einheitlicher Planktonbevölkerung gliedern. Die Gebietsgrenzen treten z. T. durch starke Planktonveränderungen deutlich hervor.

5. Es wurden auf allen Fahrten ausgezeichnete Punkte beobachtet, an denen die Planktonverhältnisse durch Temperaturveränderungen, Wirbel und Strömungen starke Veränderungen erlitten haben.

6. Das Plankton im Küstengebiet der Deutschen Bucht zeichnet sich vor allem im Sommer durch Individuenreichtum, Formenreichtum und durch mehrere, z. T. zahlenmäßig stark auftretende Charakterformen aus.

7. Im Gegensatz hierzu ist das Plankton an der Südspitze Spitzbergens an Formen- und Individuenzahl das ärmste unserer Untersuchungsstrecke. Gekennzeichnet ist es durch die typische Leitform arktischen Wassers, *Ceratium arcticum*.

8. Die Horizontalverbreitung des Planktons zwischen dem Nordkap und Spitzbergen entspricht der Verteilung des arktischen und atlantischen Wassers: Durch das fingerförmige Ineinandergreifen der Wasserarten ragen Zungen planktonreichen Wassers z. T. weit in das westliche Barentsmeer hinein. Die arktische Wasserseite wird im wesentlichen gekennzeichnet durch die Vorherrschaft der Art *Ceratium arcticum*, die atlantische allgemein durch die Vorherrschaft der Art *Ceratium fusus* innerhalb ihrer Gattung.

Ausblick.

In dieser Arbeit ist der Versuch gemacht worden, die planktischen Verhältnisse des Oberflächenwassers auf einer größeren, durch hydrographisch und geographisch verschiedene Gebiete verlaufenden Strecke in den Jahreszeiten zu untersuchen. Das hierfür verarbeitete Material wird im großen und ganzen allgemeinere, nicht auf das Jahr der Untersuchung beschränkte Gültigkeit besitzen, so daß durch weitere Untersuchungen das Gebiet erweitert werden kann, bis die Horizontalverbreitung des Planktons in Planktonkarten darstellbar sein wird. Somit wird diese Arbeit geeignet sein, einen Beitrag zu den gewünschten Planktonkarten nordischer Meere zu liefern. — Die Verbindung dieses Teilgebietes mit dem westlich hiervon liegenden, von HENTSCHEL seit Jahren untersuchten Gebietes der „Meere um Island“ (18), ist leicht durch Erweiterung unseres Gebietes hergestellt. Die Südstrecke des Islandgebietes, dessen Ostgrenze etwa der 0-Längengrad ist, berührt bereits fast unser Gebiet etwa in Höhe der Orkney-Inseln. Nordwärts erweitert sich die Lücke keilförmig ungefähr auf den Abstand von 20 Längengraden in Höhe der Nordspitze Norwegens.

Schriftumsverzeichnis.

1. Atlas für Salzgehalt, Temperatur und Dichte der Nord- und Ostsee Deutsche Seewarte, 1927
2. ENGLER, A., und PRANTL, K., Die natürlichen Pflanzenfamilien I Teil. W. Engelmann, Leipzig 1900.
3. EGGVIN, J., New Oceanographic Investigations in the North Sea. Rapp. et Proc. Verb., 105, Part 3, 1937.
4. GOEDECKE, E., Über unperiodische Wasserversetzung in der Deutschen Bucht. Rapp. et Proc. Verb., Vol 109, 1939.
5. —, Über jahreszeitliche Schwankungen des hydrographischen Zustandes im südlichen Barentsmeer und im Gebiet Lofoten — Bäreninsel — Spitzbergen. Rapp. et Proc. Verb., Vol. 109, 1939.
6. GRAN, H. H., Das Plankton des norwegischen Nordmeeres. Rep. Norw. Fish mar Invest., Vol. 2, 1902
7. —, Diatomeen des arktischen Meeres; Diatomeen des Planktons. Fauna Arctica, Bd. 3, Lief 3, 1904
8. GRAN, H. H., HENTSCHEL, E., und RUSSELL, F. S., Handliste zur Sicherung der Bestimmung nordischen Planktons. Rapp. Proc. Verb., Vol. 100, 1936
9. GRIMPE und WAGLER, Die Tierwelt der Nord- und Ostsee. Leipzig
 - a) HOFFMANN, C., Die Vegetation der Nord- und Ostsee. Lief. 25.
 - b) JØRGENSEN, E., Die Tintinnen der Nord- und Ostsee. Lief. 8.
 - c) REMANE, A., Die Rotatorien der Nord- und Ostsee. Lief 16
 - d) SCHULZ, B., Einführung in die Hydrographie der Nord- und Ostsee. Lief 21
10. GUDMUNDSSON, F., Das Oberflächenplankton der isländischen Küstengewässer nach den Ergebnissen einer Rundfahrt Ber. Dtsch. Wiss. Komm. f. Meeresforschung, Bd 8, Heft 4, 1937.
11. HELLAND-HANSEN, B., und NANSEN, FJ., The Norwegian Sea. Rep. Norw. Fish Mar Invest., Vol 2, Nr 2, 1909.
12. HENTSCHEL, E., Die biologischen Methoden und das biologische Beobachtungsmaterial der „Meteor“-Expedition. Erg. Dtsch. Atl. Exp. „Meteor“, Bd. 10, 1932
13. —, Zur quantitativen Planktonmethodik. Kieler Meeresforschungen, Bd 1, 1936.
14. —, Über das Winterplankton im Süden von Island. Rapp. et Proc. Verb., Vol. 99, 1936.
15. —, Über die Herstellung von Planktonkarten des Nordatlantischen Ozeans Rapp. et Proc. Verb., Vol 107, 1938.
16. —, Die Planktonarbeiten für die Deutsche wissenschaftliche Kommission für Meeresforschung in der Hydrobiologischen Abteilung des Hamburgischen Zoologischen Museums und Instituts. Ber. Dtsch. Wiss. Komm. f. Meeresforschung, N. F., Bd. 9, Heft 2, 1939
17. —, Kinetisches und akinetisches Plankton Die Naturwissenschaften, 27. Jahrg., 1939
18. —, Die Planktonbevölkerung der Meere um Island. Ber. Dtsch. Wiss. Komm. f. Meeresforschung, N. F., Bd 10, Heft 2, 1941.
19. v. HOFSTEN, N., und BOCK, S., Zoologische Ergebnisse der Schwedischen Expedition nach Spitzbergen. Kungl. Svenska Vetenskapsakad. Handl., Bd 45, Nr 9, 1908.
20. HUSTEDT, F., Die Kiesalgen (Rabenhorsts Kryptogamenflora, Bd 7), Leipzig 1930
21. JØRGENSEN, E., Protistenplankton aus dem Nordmeere in den Jahren 1897—1900 Bergens Museum Aarbog, Nr 6, 1900
22. (KYLE, H. M.) Cons. Int. Expl. Mer. Bulletin trimestriel, Résumé der Observations sur le Plankton Kopenhagen 1910.
23. LINDAU, G., Die Algen J. Springer, Berlin 1914.
24. LOHMANN, H., Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton. Wiss. Meeresuntersuchungen, N. F., Bd 10, Kiel 1903.
25. MESCHKAT, A., Untersuchungen über das Herbstplankton im Bereich des „Ostislandstromes“ Internat. Revue Hydrobiol., Bd. 38, 1939.
26. Nordisches Plankton Bd 1—22
27. SARS, S., An Account of the Crustacea of Norway Bergen, Vol 4, 1903; Vol 6. 1918.
28. SCHOTT, G., Geographie des Atlantischen Ozeans 2. Aufl. Hamburg 1926
29. SCHULZ, B., und WULFF, A., Hydrographische und planktologische Ergebnisse der Fahrt des Fischerforschungsbootes „Ziethen“ in das Barentsmeer im August—September 1926. Ber. Dtsch. Wiss. Komm. f. Meeresforschung N. F., Bd. 3, Heft 3, 1927.
30. —, —, Hydrographie und Oberflächenplankton des westlichen Barentsmeeres im Sommer 1927. Ber. Dtsch. Wiss. Komm. f. Meeresforschung, N. F., Bd 4, Heft 5, 1929
31. TAIT, J. B., Surface Drift-Bottle Results in Relation to Temperature, Salinity and Density Distributions in the Northern North Sea. Rapp. et Proc. Verb., Vol. 89, Nr 8, Kopenhagen 1934