

Nr. 3.

1916

Sitzungsbericht  
der  
Gesellschaft naturforschender Freunde  
zu Berlin

vom 14. März 1916.

Ausgegeben am 1. Juli 1916.

---

Vorsitzender: Herr E. VANHÖFFEN.

---

Herr H. LOHMANN-Hamburg sprach über neue Untersuchungen über die Verteilung des Planktons im Ozean.

---

Neue Untersuchungen über die Verteilung des Planktons  
im Ozean.

VON H. LOHMANN.

Vortrag, gehalten am 14. März 1916 in der Gesellschaft naturforschender  
Freunde Berlin.

(Hierzu 10 Figuren im Text, 1 Tabelle und Tafel I und II.)

Wollen wir über die Verteilung des Planktons im Ozean zu sicheren Ergebnissen gelangen, so bleibt kein anderer Weg frei als der, den die Hydrographen schon seit langen Jahren mit dem größten Erfolge zur Erforschung der physikalisch-chemischen Eigenschaften des Meerwassers besritten haben, nämlich durch Untersuchungen möglichst vieler, durch die ganze vom Plankton bewohnte Wassermasse verteilten Wasserproben kartographisch genau die Verteilung der verschiedenen Bevölkerungsdichten der wichtigsten Organismen festzustellen und Linien gleicher Volksdichte zu ziehen.

Welche einfachen und klaren Bilder über die Verteilung z. B. des Salzgehaltes und der Temperatur die Hydrographen auf diese Weise für ein so ungeheures Gebiet, wie es das Weltmeer ist, bereits erhalten haben, zeigen die schönen Tafeln in SCHOTT'S Bearbeitung der hydrographischen Beobachtungen der Valdivia-Expedition und in der Geographie des Atlantischen Ozeans. Nachdem durch HENSEN die quantitative Bestimmung des Planktons fest begründet ist und durch die Einführung der Zentrifugierung die quantitative Untersuchung von Wasserproben aus allen Meerestiefen möglich geworden ist, muß auch der Biologe ähnlich klare Bilder

für die Verbreitung des Planktons im Ozean gewinnen können. Im Folgenden ist versucht worden, die ersten Schritte zur Erreichung dieses Zieles auszuführen.

Als ich mich 1910 entschloß, die Deutsche Antarktische Expedition auf ihrer Ausreise bis nach Buenos Aires zu begleiten, war für mich der Gedanke ausschlaggebend, daß es Dr. BRENNECKE auf der Fahrt der Planet (1906—07) gelungen war, durch Serienbeobachtungen im Atlantischen Ozean einen ausgezeichnet klaren hydrographischen Längsschnitt durch den Atlantischen Ozean zu erhalten. War die Verteilung des Planktons im Ozean ebenso gleichmäßig, wie ich sie im Mittelmeer und in der westlichen Ostsee gefunden hatte, so mußte es möglich sein, durch engstes Zusammenarbeiten mit dem Hydrographen während dieser Ausfahrt einen ebenso klaren biologischen Längsschnitt zu erhalten, der von 50° n. Br. bis zu 40° s. Br. reichte. Da Dr. BRENNECKE auch an der Fahrt der Deutschland teilnahm, so war dies Zusammenarbeiten von vornherein gesichert, und es ist uns tatsächlich gelungen, während der ganzen 4 Monate Paralleluntersuchungen auszuführen. Da Dr. BRENNECKE aber seine hydrographischen Beobachtungen noch nicht hat veröffentlichen können, weil er nicht wie ich bereits aus Buenos Aires zurückkehrte, sondern die ganze Südpolar-Expedition mitmachte und erst 1913 heimkam, so kann ich hier noch nicht auf alle Einzelheiten der Beziehungen zwischen Hydrographie und Biologie eingehen. Es wird sich aber zeigen, daß das auch bei der Eigenart der biologischen Kurven zunächst gar nicht erforderlich ist. Dank dem freundlichen Entgegenkommen Dr. BRENNECKE's habe ich aber bei der ganzen Untersuchung fortwährend seine hydrographischen Beobachtungen im vollsten Umfange benutzen können. Dafür sei ihm auch hier der herzlichste Dank ausgesprochen.

Nennen wir die Linien gleicher hydrographischer Eigenschaften des Meerwassers Isohydren (Isohalinen, Isothermen usw.), so werden wir die Linien gleicher biologischer Eigenschaften zweckmäßig Isobien zu nennen haben. Da hier gegenwärtig nur Planktonorganismen in Frage kommen, bezeichnen wir die Linien gleicher Planktonverhältnisse als Isoplankten. Die Verhältnisse, welche durch die Isoplankten festgelegt werden, können sehr verschiedener Natur sein. Im nachstehenden kommt freilich ausschließlich die *Volksdichte* in Frage; die Kurven sind demnach Isonephen; es könnten aber natürlich auch die Artenzahl, das Planktonvolumen, die Menge der chemischen Substanzen des Planktons usw. kurvenmäßig festgelegt werden; dann handelt es sich nicht um Isonephen. Ich bemerke das nur, um die Einführung der Namen Isoplankte und

Isobie zu rechtfertigen und zu zeigen, daß die folgenden Bemerkungen keineswegs für alle Isoplankten Gültigkeit haben.

Isoplankten sind bereits in dem Vortrage, den ich 1912 hier an gleicher Stelle über meine Reiseergebnisse hielt, zuerst von mir vorgeführt und besprochen. Die Ausführung war aber noch sehr unvollkommen, da die Linien nicht in den Meeresraum eingezeichnet waren, sondern alle Beobachtungsstationen unmittelbar ohne Abstand aneinander gereiht wurden. Der Verlauf der Isoplankten war daher sehr stark verzerrt und jede engere Beziehung auf die geographischen Verhältnisse unmöglich. Gerade das ist aber für die Verwendbarkeit der Isoplankten von größter Bedeutung. Endlich waren nur 6 Isonephen überhaupt gezogen und nur bei 1 Art: *Pontosphaera huxleyi*. Es war also nur ein erster Versuch, und eine gründliche Weiterführung erschien durchaus notwendig.

Jedoch zeigte sich schon damals, daß diese Methode sehr wertvolle Ergebnisse brachte. Die Volksdichte war nicht einfach vertikal geschichtet, sondern trat in verschiedenen Maxima auf, die sich in sehr gesetzmäßiger Weise über das durchfahrene Gebiet verteilten und auf eine obere Wasserschicht von 0—75 m beschränkt waren. Um sie herum waren konzentrisch Gebiete abnehmender Volksdichte gelagert. Das Optimum des Gedeihens lag in 50 m Tiefe; hier hielten sich die größeren Volksdichten am längsten und traten zuerst auf. Die höchste Volksdichte wurde aber erst an der Oberfläche erreicht. Zurückgeführt wurde diese merkwürdige Lage der Maxima in etwa 50 m Tiefe bei einem späteren Vortrage in der Deutschen Zoologischen Gesellschaft (Die Probleme der modernen Planktonforschung, Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft, 1912, S. 86 und 87) auf die Gebundenheit der optimalen Vermehrungsstärke von Planktonalgen (Diatomeen und Peridineen) an die Nacht und Dämmerung, wogegen sie im Tageslicht erlischt oder auf ein Minimum herabsinkt.

Seitdem habe ich die Untersuchungen für nahezu alle beobachteten Formen fortgeführt und dabei den Wohnraum auf das genaueste berücksichtigt, so daß die Methode der der Hydrographen an Genauigkeit gleichsteht. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse wird in kurzer Zeit erscheinen.

Die Wasserproben, welche zentrifugiert wurden und deren Untersuchung den Stoff für die Feststellung der Volksdichte lieferte, hatten einen Umfang von 300 ccm. Es konnten also nur solche Organismen in ihrem Vorkommen verfolgt werden, die in dieser geringfügigen Wassermenge in wenigstens 1 Individuum vorkamen;

zuverlässige Werte werden aber im allgemeinen erst zu erwarten sein, wenn die Häufigkeit wesentlich größer war. Kam nur ein Wesen in dem Zentrifugensediment vor, so ergab die in den Tabellen und Kurven zugrunde gelegte Umrechnung auf 1 Liter oder 1000 ccm 3 Individuen. Dies ist daher die niedrigste Zahl, die vorkommt, und streng genommen hätte daher auch als niedrigste Isonephe diejenige für 3 Organismen im Liter gezeichnet werden müssen. Da jedoch alle Isonephen durch Interpolation zwischen die berechneten Werte eingefügt und nach dem Dezimalsystem gewählt sind, ist auch als niedrigste Isonephe diejenige für 1 Individuum im Liter eingetragen. Dies erschien um so unbedenklicher, als gerade die Grenzionephe gegen 0 am wenigsten genau zu ziehen ist, denn eine rechnerisch durchgeführte Interpolation ist nur möglich zwischen zwei Zahlenwerten, nicht aber zwischen 0 und einer Zahl. Es ist also von vornherein in der Führung dieser Linie der Schätzung ein gewisser Spielraum gelassen, und das gleiche gilt von allen Isonephen, die zwischen einem positiven Wert und einem Nullbefund gezogen werden müssen.

Im ganzen wurden an 52 Stationen 220 Schöpfproben aus den Wasserschichten von 0—400 m untersucht. An 6 derselben konnte nur Oberflächenwasser verarbeitet werden. Auf zukünftigen Reisen wird es sich empfehlen, so häufig wie möglich zwischen den Vollstationen, an denen das Schiff haltmacht und Beobachtungsreihen ausgeführt werden, vom fahrenden Schiff aus Oberflächenwasser quantitativ zu analysieren, da solche Untersuchungen, wie sich gezeigt hat, das Bild wesentlich ergänzen. Vor allem ist das nötig in Gebieten verwickelter hydrographischer Verhältnisse.

Die erbeuteten Organismen gehören im wesentlichen dem Nannoplankton<sup>1)</sup> an, doch kommen auch Gewebstiere, z. B. Copepoden und Appendicularien, in einiger Zahl vor. Im ganzen habe ich für die Kurven etwas über 200 verschiedene Formen unterschieden, während auf der Plankton-Expedition in den Fängen mit dem großen HENSEN'schen Planktonnetz etwas über 600 Formen gesondert gezählt wurden. Charakteristischerweise waren aber in den Netzfängen nahezu 200 dieser Formen Metazoen, von denen in den Zentrifugenfängen noch nicht 10 (7) vorkamen. Es ist also im

<sup>1)</sup> Da von verschiedenen Seiten die Ansicht geäußert ist, das Wort müsse Nannoplankton geschrieben werden, will ich hier noch einmal ausdrücklich betonen, daß ich selbstverständlich zu dem griechischen Wort Plankton ein griechisches und kein lateinisches Wort gefügt habe und es also Nannoplankton von νάννος der Zwerg und nicht Nanoplankton von nanus klein heißen muß. Das letztere wäre eine lateinisch-griechische Mischbildung.

wesentlichen ein Protistenplankton, in dem außerdem ganz besonders die pflanzlichen und tierischen Flagellaten überwiegen: Coccolithophoriden, Peridineen, vor allem Gymnodinien und kleine nackte Phyto- und Zooflagellaten bilden die Hauptmasse, außerhalb der Tropen kommen dazu noch Diatomeen. Alle größeren Protisten sind schon selten, Ceratien, Foraminiferen, Radiolarien, Tintinnen erfordern zu einer gründlichen Untersuchung im offenen Ozean bereits größere Wasserproben.

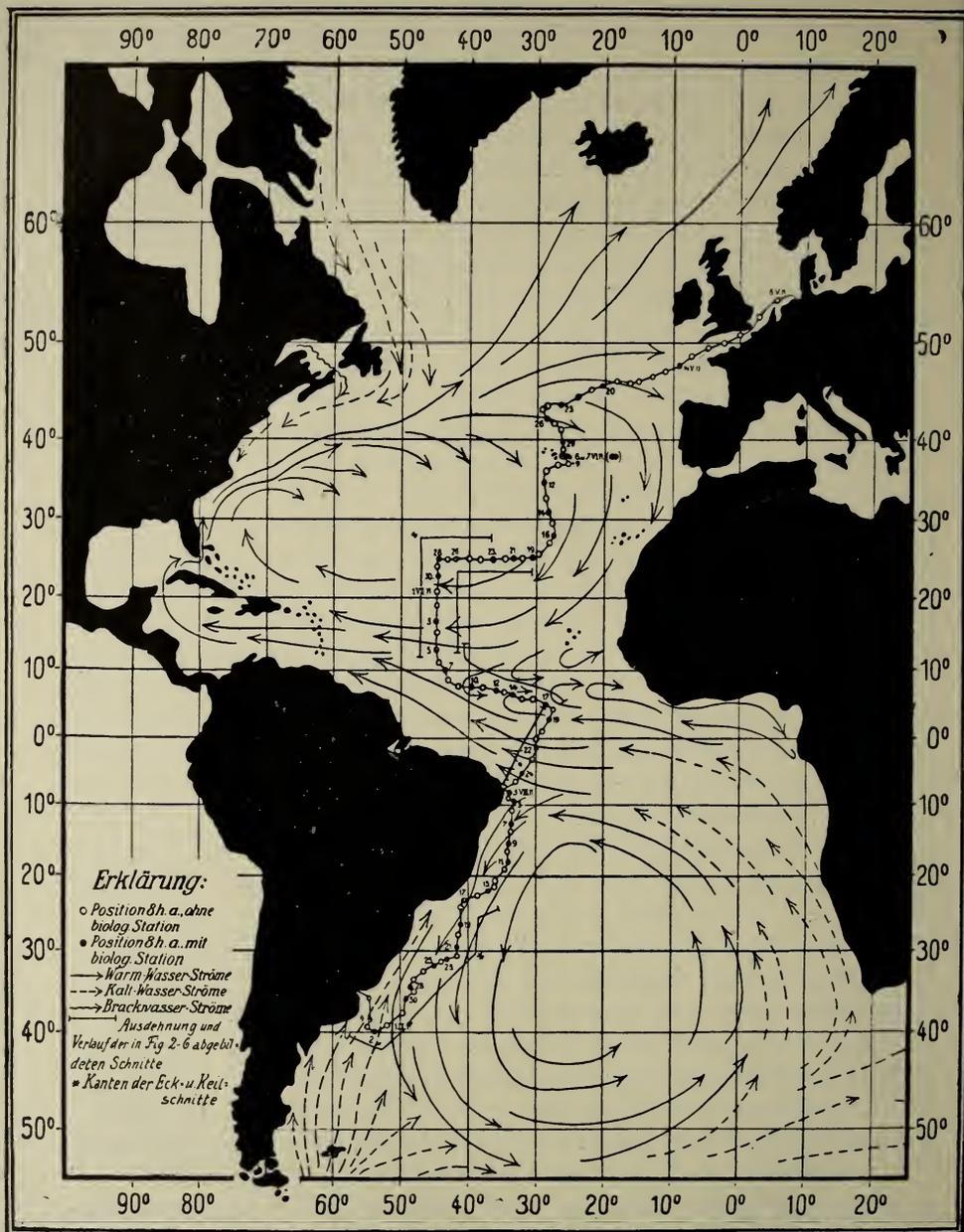
Die Gruppen, welche das beste Material für die Zentrifugenfänge aus  $\frac{1}{3}$  Liter Wasser liefern, sind die Coccolithophoriden, Gymnodinien und nackten Flagellaten. Der leichten Unterscheidung der Arten wegen eignen sich zu einer eingehenden Untersuchung ganz besonders die Coccolithophoriden, von denen nicht weniger als 36 Formen beobachtet wurden.

Die Kurven sind in der Weise angelegt, daß der Abstand der Beobachtungsstationen nach der flächentreuen Karte des Atlantischen Ozeans von GROLL (Tiefenkarten der Ozeane, Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde, Berlin, Neue Folge, A, Heft 2, Tafel I, 1912) abgemessen wurde und die ganze Fahrtlinie zu einer geraden Linie ausgestreckt wurde. Die Tiefen wurden nur bis 400 m berücksichtigt, da in größeren Tiefen nur noch ganz vereinzelt lebende Organismen in 300 ccm Wasser gefunden wurden. Um hier noch brauchbare Werte zu erhalten, müssen ebenfalls größere Wassermassen untersucht werden.

Die Lage der Beobachtungsstationen und ihre Beziehungen zu den Meeresgebieten sind aus der beistehenden Karte zu ersehen (Fig. 1).

Es mögen nun zunächst die Isoplankten im Fahrtschnitt besprochen werden; daran soll sich dann der Versuch schließen, zunächst aus senkrechten und wagerechten Bildflächen die räumliche Verteilung der Dichte eines einzelnen Volkskörpers und endlich die Flächenausbreitung über den Ozean zu erschließen.

In diesem Vortrage werde ich mich im wesentlichen an einige Arten halten, die als Typen gelten können und zur kurzen Darlegung der wesentlichen Verhältnisse besonders geeignet erscheinen, vor allem: *Pontosphaera huxleyi* und *Calypptosphaera oblonga* LOHM. In der ausführlichen Bearbeitung des Zentrifugenplanktons werden auch die übrigen Formen eingehend besprochen werden. Doch will ich auch hier bereits, ehe ich die Isonephen des ganzen Fahrtschnittes bespreche, einzelne in sich abgeschlossene Kurvenbilder von Teilstrecken des Schnittes vorführen, die auch anderen Organismengruppen angehören und sowohl die Zuverlässigkeit der Zahlenwerte



*-Ausreise der „Deutschland“ 7.VI.11. - 7.IX.11.*

Fig. 1. Karte mit Fahrtlinie.

Die Vollstationen sind durch schwarze Kreisflächen, die übrigen Tagespositionen durch weiße Kreise gekennzeichnet. Neben der Fahrtlinie geben schwarze Führungslinien die Ausdehnung und Gestalt der in den Figuren 2-6 abgebildeten Kurvenbilder an.

und Kurvenbilder wie auch die Wiederkehr der typischen Erscheinungen in den verschiedensten Meeresgebieten sehr klar vor Augen führen.

In Fig. 2 ist der Vertikalschnitt durch die Volksmasse der Coccolithophoride *Calyptrosphaera oblonga* im Nordäquatorial-

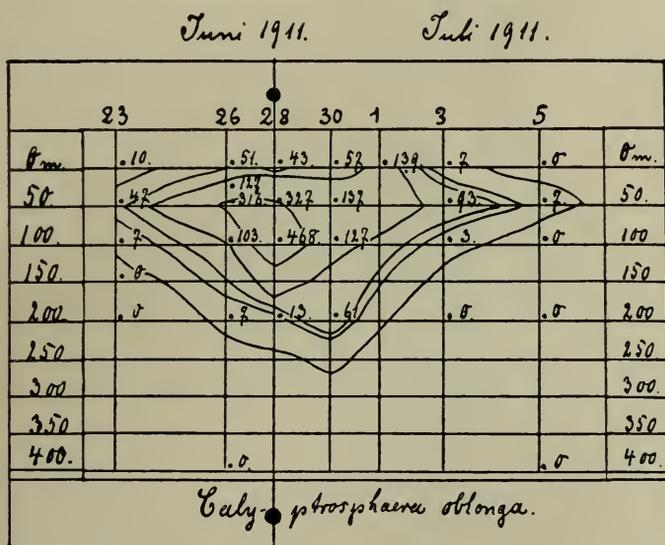


Fig. 2. Isoplanken von *Calyptrosphaera oblonga* LOHM. im Nordäquatorialstrom.

(Eckschnitt, die Kante des Schnittes wird durch die Ordinate vom 28. VI. gebildet.)  
Die Lage des Schnittes ist aus Fig. 1 zu ersehen.

strom abgebildet. Das Maximum liegt in 100 m Tiefe am 28. VI. Die Dichtelinie 300<sup>2)</sup> umläuft diesen Punkt ringförmig, biegt aber sehr bemerkenswert in 50 m Tiefe zungenförmig nach dem linken Schnitttrande hin aus. Die Isonephe 100 umschließt in weiterem Bogen das Zentrum, geht dabei links der vorigen Linie vollkommen parallel, während sie sich rechts in gleicher Weise wie links, nur erheblich schwächer in 50 m Tiefe zungenartig verschiebt. Die folgenden Dichtelinien 50, 25 und 1 weichen alle in 50 m beiderseits gleichstark aus, so daß die ganze Volksmasse in 50 m Tiefe die größte Ausdehnung besitzt und zur Oberfläche wie zur Tiefe an horizontaler Ausdehnung ständig abnimmt. Die größte Tiefenerstreckung fällt für die Isonephen 300 und 100 auf den 28. VI., für die Linien 50, 25 und 1 aber auf den 30. VI. Diese Verschiebung unterhalb

<sup>2)</sup> Soll bedeuten für eine Dichte von 300 Individuen in 1 Liter Wasser.

150 m nach dem rechten Schnitttrande ist sehr merkwürdig. Ein Vergleich der Zahlen mit den Linien zeigt sofort, wie genau diese durch jene festgelegt werden und daß eine andere Linienführung ausgeschlossen ist.

Die folgende Abbildung (Fig. 3) zeigt die Volksmassen zweier anderer Coccolithophoriden aus dem Südäquatorialstrom. Das untere Kurvenbild für *Coccolithophora fragilis* hat viel Ähnlichkeit mit dem eben besprochenen. Das Maximum liegt etwas höher, in 75 m Tiefe,

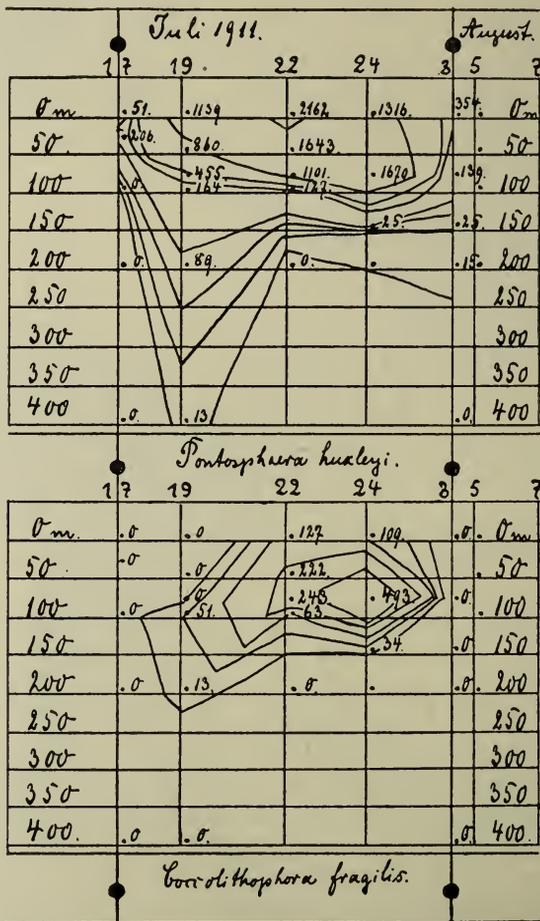


Fig. 3. Isoplankten aus dem Südäquatorialstrom. Oben Kurvenbild für *Pontosphaera huxleyi* LOHM., unten für *Coccolithophora fragilis*. Die Fahrt durch das Stromgebiet endete am 26. VII. in Pernambuco; die Beobachtungen am 3. VIII. wurden nach der Abfahrt von dort bereits im Brasilstrom gemacht. Die Durchquerung dauerte also vom 17.—26. VII. (Querschnitte).

und hat etwa gleiche Stärke. Die Isonephen umschließen dasselbe in sehr regelmäßigen konzentrischen Bahnen, die aber wiederum rechts und links ausweichen und bewirken, daß die Volksmasse auch hier in der Tiefe von 75 bis 100 m größere Ausdehnung hat als ober- und unterhalb. Auch hier fehlt nicht eine auffällige Asymmetrie, indem in der linken Schnitthälfte die Kurven nicht nur viel weiter als rechts ausbiegen, sondern sich auch senken. Eine Prüfung der Zahlen ergibt für die rechte Hälfte eine große Sicherheit der Linienführung, während links die Nullen so überwiegen, daß die Kurven nur auf wenigen Linien rechnerisch festzulegen sind. Trotzdem erscheint ihre Zeichnung mit großer Wahrscheinlichkeit richtig.

Ein Vergleich mit dem darüber stehenden Kurvenbild von *Pontosphaera huxleyi* macht dies aber zur Gewißheit. Die Volksdichte ist hier viel höher, die positiven Befunde daher viel zahlreicher und die Linienführung auch linksseitig sicherer. Das Maximum überschreitet 2000 Individuen im Liter. Es liegt nicht in der Tiefe, sondern unmittelbar am Meeresspiegel und fällt auf die Station am 22. VII. Die Isonephen zeigen eine doppelte Asymmetrie, die deshalb besonders interessant ist, weil sie wiederum über 150 m anders gestaltet ist als unterhalb. Dort weichen die Linien nach rechts und unten aus, während sie hier links sich keilförmig in die Tiefe hinabsenken. Dieser Verlauf aber zeigt nur im verstärkten Grade die linksseitige Bewegung der Kurven von *Coccolithophora fragilis*.

Beide Volksmassen erwecken geradezu den Eindruck, als ob sie nur verschiedene Zustände einer Volksverteilung vorstellen, die auseinander hervorgehen, ohne daß man jedoch zu entscheiden vermöchte, welches von beiden der frühere Zustand sein könnte. Ist die untere Figur das frühere Stadium, so würde das Volksmaximum, indem es stärker wurde, aus der Tiefe und vom rechten Rande her zur Oberfläche und zur Schnittmitte aufgestiegen sein, wobei aber die Dichtelinien noch in ihrer Asymmetrie den früheren Zustand andeuteten. Zugleich wären die Isonephen 100—1 steil in die Tiefe hinuntergestiegen. Wenn aber umgekehrt *Coccolithophora fragilis* bereits den Niedergang der Volksmasse darstellt, so würde das oberflächlich gelegene Maximum in 22. VII. nach rechts und in die Tiefe gesunken sein, während die Linien niederer Volksstärke sich verkürzt hätten und emporgewandert wären. Wir würden dann folgerichtig weiter schließen müssen, daß auf einem noch früheren Zustande das Maximum in 19. VII. in 50—100 m Tiefe gelegen und also im Laufe der Zeit eine Wanderung von links nach rechts vollzogen habe, wobei es anfangs und schließlich

unter der Oberfläche, zur Zeit der mächtigsten Entwicklung aber an der Oberfläche gelegen wäre. Doch läßt sich vorläufig noch nicht übersehen, ob solchen Denkmöglichkeiten auch wirkliche Vorgänge in der Natur entsprechen.

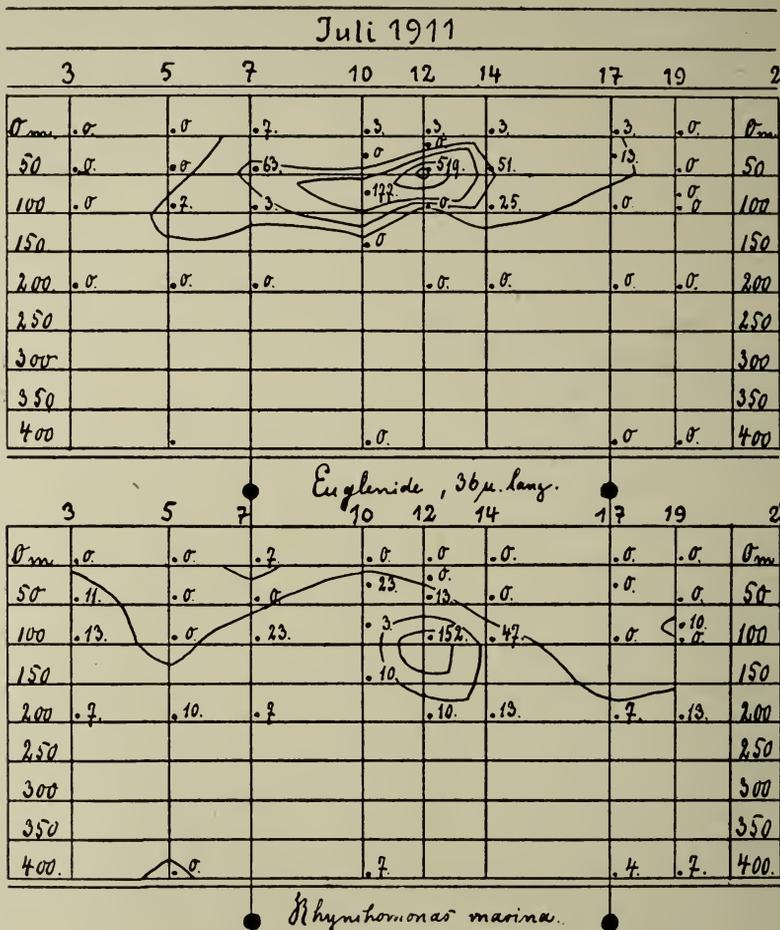


Fig. 4. Isoplankton aus dem Guineastrom.  
Oben Kurvenbild für eine Euglenide, unten für *Rhynchomonas marina* LOHM.  
(Schrägschnitte).

Zwischen den beiden Äquatorialströmen liegt, das Ozeanbecken hydrographisch in eine Nord- und Südhälfte trennend, der Guinea-strom. Fig. 4 gibt aus ihm die Volksmasse einer Euglenide und eines Zooflagellaten (*Rhynchomonas marina*) wieder. Die Euglenide läßt sich leider nicht näher bestimmen, da ich ihre Geißelzahl nicht

festzustellen vermochte. Sie ist ebenso wie der tierische Flagellat von mir abgebildet in den Beiträgen zur Charakterisierung des Tier- und Pflanzenlebens des Atlantischen Ozeans (Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, 1912, S. 214, Fig. 4 und Fig. 17). Die Euglenide hatte das Maximum der Volksdichte etwa in gleicher Höhe wie *Calyptosphaera oblonga* und *Coccolithophora fragilis* (519 Individuen in 1 Liter) in 50 m Tiefe. Die Dichtelinien verliefen in ganz flachem, links und rechts vorgezogenem Verlauf konzentrisch um den Kern herum und fanden bereits zwischen 100 und 150 m ihre untere Grenze. Auch am Meeresspiegel sank die Volksdichte auf wenige Individuen im Liter herab, und an 2 Punkten unterhalb der Oberfläche (10. und 12. VII., 25 und 10 m) fand ich sogar gar keine Exemplare im Sediment, obwohl unter- und oberhalb derselben wieder Individuen auftraten. Das sind Unregelmäßigkeiten, wie sie bei so kleinen Zahlen leicht vorkommen können, ohne daß daraus auch auf eine wirkliche Unregelmäßigkeit in der Verteilung im Meer geschlossen werden müßte. Wie die Zahlen 3 und 7 in den Oberflächen-Stationen zeigen, wurden hier bei der Zählung von mir meist nur 1 Individuum, im Höchsthalle 2 Exemplare wirklich im Sediment gesehen; ging also dies ein Exemplar einmal vor der Zählung zugrunde oder entzog sich sonst meinen Blicken, so fand ich nichts. Es ist aber ebensowohl möglich, daß bei solcher Spärlichkeit auch von vornherein in der Wasserprobe kein Individuum vorhanden war, da es sich hier nur um die Differenz von 1 Individuum in 300 ccm handelt, während bei allen anderen Isonophen die Zahlenunterschiede weit beträchtlicher sind und 25—1000 und mehr Individuen fordern.

Ganz abweichend von den bisher besprochenen Völkern verhält sich *Rhynchomonas marina* LOHM. Allerdings liegt auch hier das Maximum in der Tiefe, und zwar in 100 m. Es ist nur niedrig (152 Individuen) und fällt schnell nach allen Seiten hin ab. Während aber nach unten hin die Volkszahl sich bis 400 m immer auf niedriger Höhe hält, schwindet sie nach der Oberfläche vollständig, und zwar schon von 100 m an. Nur in der Nähe des Maximums reicht das Volk bis 50 und 25 m an die Oberfläche heran, rechts und links davon aber weicht es bis 100 m Tiefe vom Meeresspiegel zurück. Dieser farblose Flagellat ist also im Guineastrom zur Zeit unserer Fahrt ein ausgesprochenes Dämmerungstier gewesen, und das gleiche Verhalten zeigte es überall in den Tropen. Im Durchschnitt fanden sich nämlich in

0 m: 1 Ind.

50 m: 3,5 „

100 m: 13 Ind.

200 m: 17 „

400 m: 4,5 „

Noch merkwürdiger ist endlich das Volk von *Syracosphaera pulchra*, das in Fig. 5 wiedergegeben ist und im Nordäquatorialstrom beobachtet wurde, also gleichzeitig mit dem in Fig. 2 dargestellten Volke von *Calyptrosphaera oblonga*. Hier finden wir nämlich statt eines Maximums im Kern der Volksmasse ein Minimum! Dieses Minimum liegt genau an derselben Stelle,

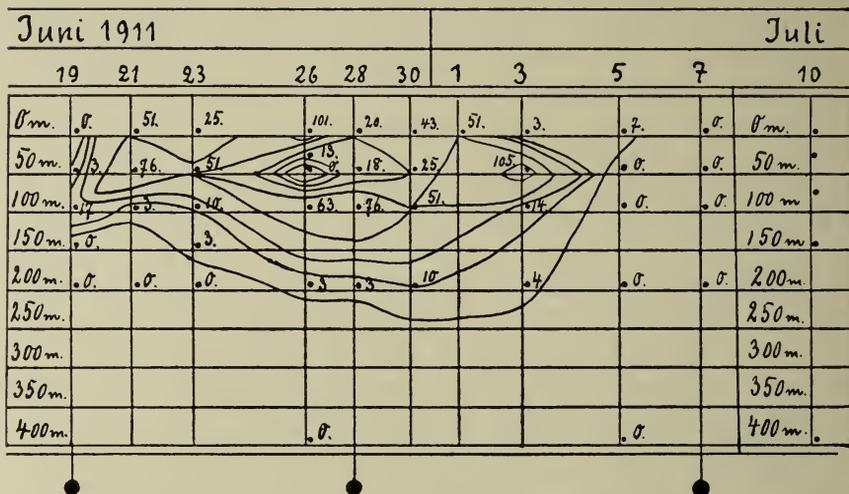


Fig. 5. Isoplankton von *Syracosphaera pulchra* LOHM. im Nordäquatorialstrom.

(Eckschnitt wie bei *Calyptrosphaera oblonga*.)

an der wir bisher das Maximum fanden, in 50 m Tiefe, und konzentrisch um dasselbe herum lagern sich die übrigen Isonephen, die ganz wie bei *Calyptrosphaera* in 50 m Tiefe nach rechts und links weit seitlich ausgreifen, so daß die Volksmasse hier eine sehr große Ausdehnung erhält. Nur die Grenzisonephe (1 Individuum) macht diese Bewegung nicht mehr mit. Die Gebiete größter Volksstärke umlagern hier bogenförmig den Kern, in dem gar kein Individuum gefunden wurde. Hierbei ist noch besonders interessant, daß die zentralen Isonephen 1, 10, 25 und 50 ebenso wie die peripheren Isonephen 1, 10 und 25 einen durchaus normalen Verlauf zeigen, während die äußere Dichtelinie 50 mit der gleichnamigen zentralen Linie an 3 Punkten nahe zusammentrifft, so daß beide zusammen 4 gesonderte Gebiete umschließen, in denen die

Volksdichte eine maximale Höhe erreicht, und zwar steigt sie in den der Oberfläche näher gelegenen Gebieten am höchsten (bis über 100).

Vergleicht man diese interessante Volksmasse mit dem gleichzeitig gefundenen Volke von *Calyptrosphaera oblonga* (Fig. 2), so fällt die Übereinstimmung beider in wichtigen Punkten um so mehr auf, als beide zweifellos völlig verschiedene Volkszustände uns vorführen. Der Volkskern liegt bei *Calyptrosphaera* in 28. VI. in 100 m, bei *Syracosphaera* ist er nach links oben (nach 26. VI.) in 50 m verschoben. Die Isonephen 100 und 50 umschließen bei beiden Völkern den Kern in einem schräg nach links verschobenen Ringe, der rechts vom Kern an der Oberfläche sich öffnet. Beide Gebiete entsprechen sich in auffälliger Weise. Endlich zeigt der untere Bogen der Isonephen die gleiche fortschreitende Verschiebung des unteren Gipfels nach rechts.

Die wahrscheinlichste Erklärung scheint mir zu sein, daß wir in *Syracosphaera pulchra* ein Volk vor uns haben, das den Höhepunkt seiner Entwicklung überschritten hat und nun entweder in seinen zentralen Teilen in einen anderen Entwicklungszustand übergegangen ist, indem die Individuen hier etwa nackte Schwärmer oder Ruhestadien bilden und damit in der Zählung als *Syracosphaera* verschwinden, oder aber ein einfaches Absterben und Zugrundegehen, das vom Zentrum aus peripher sich ausbreitet, eingetreten ist.

An diese 6 Kurvenbilder, die in sich geschlossene Volksmassen wiedergeben, reihe ich nun noch 2 Bilder an, die eine Mehrzahl von Volksmassen einer Organismengruppe enthalten und uns zur Betrachtung des ganzen Fahrtschnittes mit der Vielheit von Volksschnitten hinüberführen können (Fig. 6). Beide sind dem südlichsten Teile der Fahrtlinie entnommen und fallen in das Gebiet des Brasilstromes (15. bis 30. VIII.) und des Falklandstromes (2. bis 4. IX.). Beide Ströme haben entgegengesetzte Richtung und sehr verschiedene Temperaturen. Jener kommt vom Äquator her, hat warmes Wasser und strömt südwärts; dieser kommt aus der Westwindtrift, strömt nordwärts und führt kaltes Wasser. Innerhalb des Fahrtschnittes liegt also der Übergang aus dem einen Stromgebiet in das andere (1. IX.). Am 18. August wurde der letzte fliegende Fisch beobachtet, am 19. traten große Mengen Diatomeen auf, und die Wasserfarbe des Meeres, die bisher das reine Blau der Tropenmeere (0) gewesen war, schlug in das unreine Blau (2) höherer Breiten um. Zugleich sank die Oberflächentemperatur unter 20°. Am 30. August zeigten sich die ersten braunen Bänder des Riesentanges *Macrocystis* im Wasser treibend, und am 2. September traten antarktische Diatomeen

(*Corethron valdiviae*, *Dactyliosolen antarctica*, *Synedra antarctica*, *Thalassiothrix antarctica*) auf, während die Oberflächentemperatur bis unter  $10^{\circ}$  hinunterging.

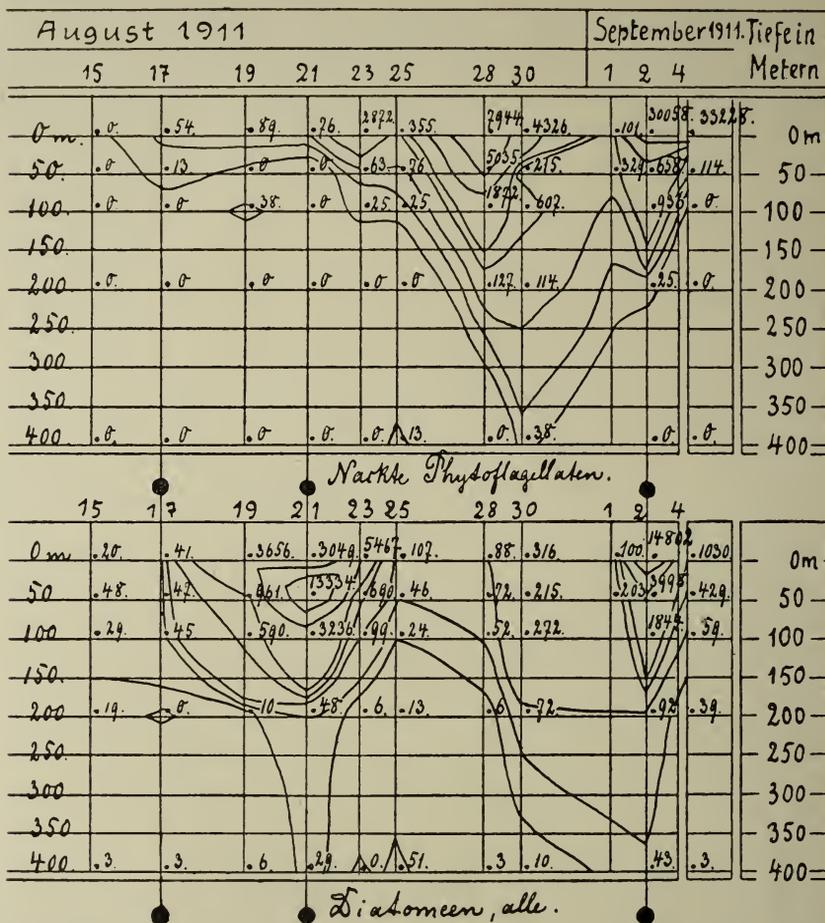


Fig. 6. Isoplankten aus dem südlichen Abschnitt des Brasilstromes und durch den Falklandstrom.

Oben Kurvenbild für die nackten, *Rhodomonas*-ähnlichen Phytoflagellaten, unten für die Gesamtzahl aller Diatomeen. (Keilschnitt im Brasilstrom und Querschnitt im Falklandstrom (1.—4. IX.); die Kante des Keilschnittes wird durch die Ordinate vom 21. VIII. gebildet.)

Die Diatomeen zeigen nun folgendes Verhalten. Es treten 2 Maxima auf, um deren jedes eine Volksmasse gelagert ist. Das Maximum des Brasilstroms liegt in 50 m Tiefe am 21. VIII. und erreicht die sehr erhebliche Stärke von über 13000 Individuen im

Liter. Die Isonephe 10000 umschließt das Maximum vollständig, die Dichtelinie 5000 öffnet sich rechtsseitig in geringer Ausdehnung zur Oberfläche, worauf schon die Form der Kernisonephe hinwies; die nachfolgenden Linien sinken steil in die Tiefe von 150—200 m ab und laufen weit bogenförmig geöffnet dem Meeresspiegel zu. Die ganze Volksmasse ist sehr regelmäßig gestaltet und der Linienverlauf sehr sicher, da Nullwerte fast ganz fehlen. Das Maximum im Falklandstrom ist noch stärker (14800) und liegt an der Oberfläche im 2. September. Die Dichtelinien fallen steil kegelförmig in die Tiefe ab. Beide Volksmassen sind durch ein Zwischengebiet geringer Volksdichte verbunden, das vom 25. VIII. bis 1. IX. reicht. Die Grenzisonephe 1 wird nur in 400 m einmal (in 23. VIII.) erreicht; sie liegt hier also sehr tief. Die Dichtelinie 25 schließt sich aber noch ganz den Volksmassen an und geht unterhalb einer jeden gleichfalls unter 400 m hinab, während sie seitlich von ihnen bis 150 und 100 m emporsteigt.

Die Volksmassen der Diatomeen in diesem Fahrtabschnitte unterscheiden sich also von den bisher besprochenen Volksmassen dadurch, daß sie ihre größte Entwicklung an der Oberfläche besitzen, aber zugleich steil in Tiefen bis unter 400 m hinabreichen. Die Stromverhältnisse kommen in ihrer Lage und Ausbildung sehr klar zum Ausdruck. Solange reines Tropenwasser durchfahren wurde (15. bis 17. VIII.), war die Zahl der Diatomeen außerordentlich niedrig (unter 50); mit dem Sinken der Oberflächentemperatur unter 20° (19. VIII.) aber steigt dieselbe gewaltig empor und erreicht am 21. VIII. ihre größte Höhe. Der zweite Anstieg erfolgte dann bei dem Eintritt in das kalte Wasser des Falklandstromes (2. September), während in dem Zwischengebiet nur geringe Volkszahlen auftraten. Die vorherrschenden Diatomen in beiden Volksmassen waren übrigens ganz verschieden, im Brasilstrom *Chaetoceras*, im Falklandstrom *Rhizosolenia*.

Verschieden von den Diatomeen verhielten sich die nackten Phytoflagellaten. Es waren das kleine 6—9  $\mu$  große Zellen mit rotbraunen Chromatophoren und jedenfalls 1 Schleppeiße. Wahrscheinlich waren es Verwandte von der in den nordischen Meeren sehr häufigen *Rhodomonas*. Sie sind aber äußerst empfindlich, sterben sehr leicht ab und zergehen dann, so daß eine genauere Feststellung ihres Baues während der Fahrt trotz ihrer Häufigkeit nicht gelang.

Ihr Auftreten stimmt zunächst mit dem der Diatomeen darin überein, daß die Volksmassen ihre stärkste Flächenentwicklung an der Oberfläche besitzen, und die Isonephen, je größer die Dichte

ist, um so steiler in die Tiefe absinken. Abweichend aber ist, daß alle Maxima, die schwächsten wie die stärksten, in 0 m liegen und daß im Brasilstrom nicht eine Volksmasse, sondern 3 Völker auftreten, die von Norden nach Süden fortschreitend an Höhe und Ausdehnung zunehmen. Außerdem ist die Lage der sämtlichen Maxima eine andere als bei den Diatomeen. Bemerkenswert ist zunächst, daß sie am 17. VIII. überhaupt zuerst auftreten, aber nur sehr niedrige Volkszahl erreichen (Volksmasse 1); von da ab bleiben sie dauernd nachweisbar im Wasser, steigen am 23. VIII. bis auf 2900 Individuen (Volksmasse 2), in 28. VIII. auf 8000 Individuen (Volksmasse 3) und endlich am 4. IX. auf 33000 Individuen an. Zwischen den verschiedenen Maxima liegen Gebiete niedriger Volkszahl. Die Trennung von Falklandstrom und Brasilstrom ist auch hier sehr deutlich ausgeprägt, indem zwischen beiden (1. IX.) die Volkszahl an der Oberfläche bis auf 100 sinkt und auch die Tiefenerstreckung der Grenzisonephe 1 im Brasilstrom von Norden nach Süden in genauem Verhältnis zur Größe der Völker stetig wächst, im Falklandstrom dagegen wieder auf 200 und 100 m sich hebt. Diese Flagellaten erreichen also im Brasilstrom erst in den südlichen Stationen das optimale Gedeihen, aber nicht in gleichmäßigem Ansteigen der Volkszahl, sondern in einem mehrmaligen An- und Abswellen derselben. Der Verlauf der Isonephen ist auch hier durch die Befunde so gesichert, daß er durchaus zuverlässig erscheint.

Bisher haben wir nur den Verlauf der Isonephen in den verschiedenen Fahrtteilstrecken betrachtet, ohne die Lage zu berücksichtigen, welche diese Strecken zu den durchfahrenen Meeresgebieten und vor allem zur Stromrichtung haben (Fig. 1). Gerade das aber ist von großer Bedeutung für das Verständnis der Kurvenbilder.

Den Südäquatorialstrom hat die Fahrtlinie der Deutschland fast genau senkrecht zum Strom durchschnitten. Die Bilder in Fig. 3 für *Coccolithophora fragilis* und *Pontosphaera huxleyi* geben uns daher reine Querschnitte durch einen Meeresstrom. Es fällt sofort auf, wie scharf die Begrenzung der Volksmasse auf den Querschnitt ist, dessen Grenzen durch die schwarzen Kreisflächen gekennzeichnet sind. Das Maximum liegt in dem einen Falle in der Mitte, das andere Mal nahe dem einen Rande; bei beiden Arten ist der Kurvenverlauf stark asymmetrisch.

Der Guineastrom (Fig. 1) wurde in seinem Ursprungsgebiet durchfahren. Der Fahrtschnitt würde daher hier einen Schrägschnitt (Fig. 4) geben. Die Volksmassen der Euglenide und von *Rhynchomonas marina* zeigen ein ganz ähnliches Bild wie die Querschnitte.

Bei beiden Arten liegt das Maximum in der Mitte des Schnittes; die Kurven sind nach links stärker ausgezogen als nach rechts.

Sehr eigenartig sind die Fahrtschnitte der Figuren 2 und 5, die in den Nordäquatorialstrom fallen; sie sind nämlich in der rechten Hälfte reiner Querschnitt, in der linken dagegen Längsschnitt. Man muß sich daher, um eine richtige Vorstellung zu erhalten, die Schnittfläche in der Linie des 28. VI. rechtwinklig umgeknickt denken. Der Längsschnitt ist aber kein Schnitt durch die Stromachse, sondern durch den rechten Stromrand, bei seinem Übergange zur Sargassosee. Daher ist auch der Querschnitt nicht vollständig, denn eben dieses Randgebiet ist durch den Längsschnitt fortgenommen. Daraus wird nun sofort klar, daß die Volksmasse der *Calyptrosphaera oblonga* sich von der Sargassosee her in den Nordäquatorialstrom mit keilförmig auslaufendem Rande weit in den Strom vorschiebt, ihre Hauptentwicklung aber in der Sargassosee selbst haben muß. Wir wollen derartige Schnitte Eckschnitte nennen. *Syracosphaera pulchra* ist in gleicher Weise zu deuten, nur ist die in den Strom vorragende Volksmasse in Auflösung begriffen, wie weiter oben näher besprochen wurde.

Durch Brasilstrom endlich und Falklandstrom ist eine Kette von Schrägschnitten gelegt (Fig. 1), die in ihrer Gesamtheit zwar ungefähr einen Längsschnitt ergeben, aber den Kurvenverlauf derartig beeinflussen, daß das Bild eines Längsschnittes nur schwer daraus zu erschließen ist (Fig. 6). Das südlichste Ende des Fahrtschnittes (1.—4. IX.) entspricht am besten einem Querschnitt durch den Falklandstrom, dessen rechter Rand der offenen See und dem Brasilstrom, dessen linker Rand der amerikanischen Küste zugewandt ist. Streng genommen setzt sich aber dieser Querschnitt trotz seiner geringen Breite aus 2 Schrägschnitten zusammen, die in 2. IX. zusammenstoßen. Doch ist das in diesem Falle wohl ohne wesentliche Bedeutung für den Isonephegang. Der Brasilstrom-Längsschnitt wird aus zwei Schrägschnittpaaren gebildet, die bei dem Cap Frio am 17. VIII. sich berühren; das 1. Paar besteht aus den beiden Schrägschnitten 3.—11. und 11.—17. VIII.; sie berühren sich in dem küstenfernsten Punkte (11. VIII.); das zweite Paar setzen die Schrägschnitte 17.—21. VIII. und 21. VIII. bis 1. IX. zusammen, deren Berührungslinie in dem küstenfernsten Punkte (21. VIII.) liegt. Jeder dieser 4 Schrägschnitte hat also einen Küsten- und einen Hochseerand; ersterer durchschneidet die Stromfäden des Stromaußenrandes, letzterer dagegen die mehr der Strommitte zu gelegenen Stromfäden. Ob die Strommitte von unserer Fahrtlinie in 11. oder 21. VIII. erreicht ist,

wage ich nicht zu entscheiden. Diese sehr eigentümlichen Verhältnisse zeigen nun klar, daß wir in dem Fahrtschnitt zwei große keilförmige Einschnitte in die rechte Stromhälfte vor uns ausgebreitet finden und daher damit rechnen müssen, daß ein und dasselbe Stromfadenbündel mehrere Male nacheinander schräg durchschnitten worden ist. Wir wollen diese aus zwei Schrägschnitten gebildeten Ausschnitte als „Keilschnitte“ bezeichnen.

Auf Fig. 6 ist nur der südliche Keilschnitt (vom 17. VIII. ab) wiedergegeben und wir sehen nun sofort, daß das Diatomeen-Maximum in die küstenferne, der Stromachse nahe gelegene Schnittkante (21. VIII.) fällt, während die Maxima der nackten Phytoflagellaten mehr in dem küstennahen Teile der Schrägschnitte (17., 23., 28. VIII.) liegen. Hiermit stimmt auch das Verhalten der Volksstärken im Falklandstrom-Querschnitt überein. Die größte Zahl der Volksmassen bei den nackten Phytoflagellaten ist ferner keineswegs auf ein An- und Abschwellen der Volksmasse innerhalb der Stromachse zurückzuführen, sondern entweder auf das mehrfache Durchschneiden ein und derselben Volksmasse an verschiedenen Punkten der Stromerstreckung oder aber darauf, daß im Querschnitt des Stromes nicht eine Volksmasse, sondern mehrere nebeneinander zur Ausbildung gekommen sind, und bei dem Zickzacklauf der Reiselinie bald diese, bald jene durchschnitten wurde. Solche Zerteilung der Volksmasse in mehrere, neben einander im Strom treibende Völker erscheint in den Mischgebieten kalten und warmen Wassers und bei den Ausläufern von Endströmen sehr wahrscheinlich, um so mehr, als auch hydrographisch das Auftreten von Wasserstreifen verschiedener Herkunft in solchen Meeresgebieten nachgewiesen ist. Demgegenüber zeigen aber die Querschnittsbilder aus anderen Meeresteilen bisher immer nur eine einzige, meist sehr gut umschriebene Volksmasse für jede Form.

Gehen wir nun zur Betrachtung der auf Tafel I dargestellten Schnittbilder der gesamten Fahrtlinie über, die wir oben als biologische Längsschnitte durch den Atlantischen Ozean bezeichneten, so ist von den 4 ausgewählten Schnitten das Kurvenbild von *Coccolithophora fragilis*, deren Verteilung im Südäquatorialstrom bereits oben eingehend besprochen ist, das einfachste. Die Art wurde von uns nur in diesem einen Stromgebiet in größerer, zusammenhängender Volksmasse gefunden; zerstreut aber kam sie von 16. Mai bis zum 1. August überall vor. Ihre Menge war dabei so gering, daß sie nur an 16 Punkten erbeutet wurde und nur an einer einzigen Stelle (28. VI.) die Dichte von 25 Individuen im Liter erreichte. Sie kam trotzdem in jedem Stromgebiet zur

Beobachtung, war aber nördlich vom Äquator viel seltener als im Süden und wurde nur in Tiefen von 100 und 200 m gefunden, während sie im Süden auch an der Oberfläche vorkam. Sehr bemerkenswert war noch, daß auf der Nordhemisphäre nur die flach schalenförmigen weit offenen Gehäuse vorkamen, vom Süd-äquatorialstrom ab dagegen ausschließlich kugelige, rings geschlossene Schalen sich fanden. Kennzeichnend würde für das Schnittbild von *Coccolithophora fragilis* also sein, daß sie in geschlossener Volksmasse nur in einem einzigen Stromgebiet vorkam und dort eine höchste Dichte von 500 Individuen besaß, daß im ganzen übrigen Gebiete dagegen nur zerstreut wenige Individuen gefunden wurden und unter 200 m überhaupt kein Exemplar sich nachweisen ließ.

Ein wesentlich anderes Bild zeigt uns *Calypptosphaera oblonga*. Auch sie ist unter 200 m nicht mehr gefunden, und vom Guinea-strom ab südwärts erreicht sie nirgends ein höhere Volkszahl als 51 Individuen im Liter. Nördlich davon ist sie allerdings wesentlich häufiger, doch steigt ihre Volkszahl nur an einer Station (26. V.) über 1000 Individuen an. Bemerkenswerterweise steht nun die Ausbildung zusammenhängender und weit ausgedehnter Volksmassen oder das zerstreute Vorkommen an einzelnen Orten des Schnittes in keinem Verhältnis zur Bevölkerungsdichte. Ein zerstreutes Auftreten ist sehr selten. Am 19. Juni und am 10. Juli kamen in 200 und 150 m Tiefe wenige Individuen im Liter vor; beide Orte liegen unter geschlossenen Volksmassen und sind wohl nur als Absenker von diesen zu betrachten. Ein drittes zerstreutes Auftreten (26. V.) war aber um so merkwürdiger, als es das nördlichste Vorkommen betraf und zugleich die größte Volksdichte aufwies, die überhaupt bei dieser Art auf der Fahrt beobachtet wurde (2986 Individuen im Liter); diese Dichte war auf die obersten Wasserschichten beschränkt (0,5 m: 2986; 5 m: 2378), da schon in 25 m nur noch 85 Individuen lebten. Ich möchte annehmen, daß es sich hier um den Schnitt durch einen letzten Ausläufer reichbevölkerter Wassermassen des Randgebietes vom Gedeihgebiete der Art her handelt (Fig. 9). Die Station liegt nördlich der Azoren im Gebiete der Golfstrom-Ausläufer, die hier, wie auch die Schnitte anderer Arten zeigen, biologisch sehr verwickelte Verhältnisse schaffen, indem zahlreiche Volkskerne neben und zum Teil auch übereinander gelagert erscheinen.

Diesem zerstreuten Vorkommen gegenüber stehen nun 3 Volksmassen zusammenhängenden Auftretens. Die kleinste Masse erstreckt sich vom 10. bis 19. VII. und ist auf die obersten 50 m

beschränkt, also ganz flach. Die Dichte steigt nicht über 3 Individuen im Liter. Sie greift vom südlichen Guineastrom in den nördlichen Teil des Südäquatorialstroms über.

Auf der Südhemisphäre liegt die nächst große Masse, die sich bis 100 m und am 11. VIII. sogar bis 200 m in die Tiefe ausbreitet und deren Dichte sich wenigstens an 2 Orten über 25 Individuen erhebt. Es können danach zwei Volkskerne vermutet werden, deren südlicher (17. VIII.) in 50 m, deren nördlicher (5. VIII.) an der Oberfläche liegt. Beide Punkte liegen in der Küstennähe (vor Pernambuco und Cap Frio), aber noch über der Tiefsee. Über dem Schelfrande kam *Calyptrorphaera oblonga* an der amerikanischen Küste (2. VIII.) nicht vor, und die allgemeine Verbreitung läßt sie als ausgesprochene Hochseeform erscheinen.

Im nordäquatorialen Stromzirkel lag dann die größte und volkreichste Masse, die den südlichen Teil der Golftrift und den Nordäquatorialstrom umfaßte. Sie zerfällt deutlich in 2 Teile, die am 21. Juni durch eine schmale Brücke (0—75 m) verbunden sind. Während der südliche Volksteil, der ganz in den Nordäquatorialstrom fällt, nur einen Kern enthält (468 Individuen) und, wie bereits oben näher gezeigt wurde, sehr regelmäßig gebaut ist, ist der nördliche, wesentlich den Ausläufern der Westwindtrift angehörende Teil aus 3 Kernen zusammengesetzt, die von Norden nach Süden sich tiefer lagern und an Umfang zunehmen. Der erste Kern von 250 Individuen Dichte (7. VI.) liegt in 0 m, der zweite (am 12. VI.) in 25 m (580 Individuen), der dritte (am 16. VI.) in 50 m (505 Individuen). Da der Kern des südlichen Volksteiles in 100 m Tiefe liegt und den größten Umfang besitzt, so haben wir eine vollständige Reihe von Volkskernen vor uns, der sich schließlich jenes Maximum vom 26. V. zwanglos anreihet. Da die Westwindtrift in ihren südlichen Teilen sich schließlich in den Nordäquatorialstrom fortsetzt, so würde diese Folge von Volkskernen also ein stetes Absinken von 0—100 m Tiefe unter gleichzeitiger allseitiger Ausbreitung der Volksmasse bedeuten. Daß es sich bei den Kernen immer um verschiedene Teile des Zirkelstrom-Querschnittes handelt, geht aus der Karte (Fig. 1) ohne weiteres hervor.

Noch viel mannigfacher ist das Kurvenbild von *Pontosphaera huxleyi*. Hier ist von zerstreutem Vorkommen überhaupt nicht die Rede, und ebensowenig kommen verschiedene, durch fundloses Wasser getrennte Volksmassen vor. Es erscheint vielmehr nur eine einzige zusammenhängende Volksmasse von einem Ende bis zum anderen reichend. Der Zusammenhang ist aber nur in den oberen 100—150 m vorhanden, unterhalb dieser Tiefen dagegen wechseln

Freigebiele und Fundgebiete miteinander ab und halten sich wohl ungefähr das Gleichgewicht. Aber auch in den oberen Schichten lassen sich an verschiedenen Schnittstellen noch deutlich die Orte erkennen, an denen Volksmassen miteinander verschmolzen sind. Am auffälligsten ist das am 14. VI., wo das untere Freigebiet sich über 150 m emporhebt und ihm von der Oberfläche her ein oberes Freigebiet entgegenkommt, während zwischen beiden die Volksdichte auf 25 Individuen hinabsinkt. Im Norden und Süden aber von diesem Punkte (12. und 16. VI.) liegen die freien Ränder der hier sich berührenden Volksmassen des Misch- und Tropenwassers. Ähnliche Verbindungsstellen sind am Nord- und am Südrande des Guineaströmes (7. und 10. VII., 17. VII.) und zwischen Brasil- und Falklandstrom (1. IX.) zu beobachten. Was dieses Kurvenbild von dem vorigen unterscheidet, ist also, daß um die einzelnen Volksmassen, die dort noch getrennt waren, sich mehr oder weniger breite Gebiete niederer Bevölkerungsdichte gelegt haben, die in den oberen 100—150 m eine durchgehende Verbindung herstellen und unter dieser Tiefe lappen- und keilförmig in die Tiefe bis 400 und 600 m absinkende Flächen Wohngebietes schaffen, die das Freigebiet hier mehr und mehr einschränken. Dabei zeigt sich, daß diese Absinkgebiete eine vielfach gegen die Oberschicht verschobene Lage und auch abweichenden Kurvenverlauf zeigen. Es ist das also im verstärkten Maße dieselbe Erscheinung, die auch schon an den früher betrachteten Teilstrecken-Schnitten nachgewiesen werden konnte.

Wie von vornherein zu erwarten war, erweisen sich die Kurvenbilder der drei Arten trotz einer großen allgemeinen Überstimmung doch als wesentlich voneinander verschieden, worin das Eigentümliche jeder Art zum Ausdruck kommt. Für *Pontosphaera huxleyi* ist die hohe Volksdichte bezeichnend, die sie im kühlen Wasser des Nordens und des Südens erreicht (14. V. 6250; 2. IX. 11500) Sie gedeiht hier also erheblich besser als im warmen Tropenwasser, und es hängt damit auf das engste zusammen, daß die Bevölkerungszahl im Brasilstrom von Norden nach Süden hin ständig wächst (1900, 3700, 3800, 4150), obwohl es sich hier doch notwendigerweise um Völker handelt, die seit Generationen in tropenwarmem Wasser gelebt haben und die daher gar nicht zu vergleichen sind mit den im Falklandstrom (2., 4. IX.) auftretenden Völkern, die aus dem kalten Wasser der südlichen Westwindtrift stammen. Ebenso wird die für die Tropen überraschend hohe Bevölkerungsdichte von 2150 Individuen im Südäquatorialstrom auf die Beimischung kalten Wassers zurückzuführen sein, die dieser Strom in dem östlichen Teile seines Laufes erleidet.

Trotz dieses Verhaltens, das so sehr von dem der wärme-liebenden *Calyptrosphaera oblonga* abweicht, zeigt der Kurvenverlauf im Nordäquatorialstrom eine sehr große allgemeine Übereinstimmung. Der Hauptkern der Volksmasse liegt bei beiden Arten am 28. VI. in der Tiefe, bei *Calyptrosphaera oblonga* in 100, bei *Pontosphaera huxleyi* in 50 m. Bei beiden sind die Isonephen weit nach rechts und links in 50 m ausgezogen, bei beiden senken sich die Isonephen bis 150 m in 28. VI., unterhalb dieser Tiefe aber erst bei 30. VI. am tiefsten hinab. Es läßt sich sogar zeigen, daß dem Volkskern von *Calyptrosphaera oblonga* am 16. VI. (505 Individuen, 50 m) und dem von *Pontosphaera huxleyi* am 19. VI. (100 m, 350) gleiche Erhebungen der Volksdichte bei der andern Art entsprechen. Bemerkenswert ist, daß im östlichen Teile der Volksmasse (16. und 19. VI.) *Calyptrosphaera oblonga* volkreicher ist, nach Westen hin aber immer mehr *Pontosphaera huxleyi* überwiegt. Das kommt auch darin zum Ausdruck, daß im Osten *Calyptrosphaera oblonga* einen großen Volkskern hat, wo *Pontosphaera huxleyi* nur 2 kleine, voneinander getrennte aufweist, im Westen aber *Pontosphaera huxleyi* einen neuen Kern ausgebildet hat (3. VII.), der *Calyptrosphaera oblonga* fehlt. Bei dieser großen Übereinstimmung beider Arten in dem Kurvenbilde trotz der verschiedenen Ausbildung der Bevölkerungsdichte im einzelnen verdient noch besondere Beachtung, daß es sich um 2 Arten handelt, die ganz verschiedene Ansprüche an die hydrographischen Verhältnisse stellen.

Das Kurvenbild der Gesamtheit aller Pflanzen ist natürlich nicht streng vergleichbar mit den 3 anderen Kurvenbildern, denn hier sind zahlreiche Arten zusammengeworfen, so daß die Erhebungen und Senkungen der Volkszahl der einzelnen Arten sich vielfach gegenseitig aufheben und der Verlauf der Kurven ruhiger werden muß. Aus demselben Grunde wird auch die Beziehung der Kurven zu den hydrographischen Verhältnissen leicht verwischt und verdunkelt werden. Es sind daher im allgemeinen zweifellos Artkurven diesen Gruppenkurven bei weitem vorzuziehen. Ich habe dennoch diese Kurve gewählt, weil sie ein vorläufiges Bild von der allgemeinen Verteilung der Bevölkerungsdichte des durchfahrenen Gebietes zu geben vermag. Als Pflanzen sind alle Chromatophoren führenden Protisten, aber auch die farblosen Peridineen gerechnet. Es handelt sich also nicht um eine Kurve für die Produzenten, sondern für die systematisch zu den Pflanzen zu stellenden Organismen. Die Zahl der Protozoen tritt so sehr gegenüber der der Pflanzen zurück, daß der Schnitt im allgemeinen als Bevölkerungsbild gelten kann.

Zu bedenken ist jedoch, daß im Zentrifugenplankton der Zahl nach die Coccolithophoriden und kleinen Peridineenformen (vor allem Gymnodinien), die Diatomeen und nackten pflanzlichen Flagellaten überwiegen und diese daher den Verlauf der Kurven bestimmen. Es handelt sich auch hier um ein Teil-, nicht um ein Gesamtplankton.

Man sieht sofort, daß der allgemeine Charakter des Kurvenbildes der gleiche wie bei *Pontosphaera huxleyi* ist. Eins aber ist sehr auffallend. Die Volkskerne liegen wie bei allen bisher besprochenen Arten in den oberen 100 m, die Absinkgebiete aber gehen soweit in die Tiefe hinab, daß von fundfreiem Wasser kaum irgend etwas übrig bleibt. Nur am 7. und 9. VIII. wurde in 400 m keine Pflanze mehr gefunden. Schon aus dem Verlauf der Isonephen ist zu schließen, daß Pflanzen lebend noch erheblich tiefer als bis 400 m hinabgehen, denn nur an einer anderen Stelle (3. und 5. VI.) tritt die 25-Linie über 400 m empor; überall sonst ist die unterste Isonephe diejenige für 50 und an den beiden Schnittenden im kühlen Wasser sogar erst die Isonephe 100 oder gar 300. In den sieben Schöpfproben aus 600 m Tiefe (14. V., 6., 14., 28. VI., 5., 2. VII., 5. VIII.) wurden nur 2 mal keine Pflanzen gefunden, in 6 Fällen aber 3, 16, 21, 67 und 126 Individuen für 1 Liter. Am 7. VII. wurde auch Wasser aus 800 m zentrifugiert; im Sediment waren noch 29 Pflanzen mit gut erhaltenem Zelleib. Bei 3000 m Tiefe (16. V.) wurden begreiflicherweise keine Pflanzen mehr beobachtet. In 600 m wurden noch 5 Coccolithophoriden-Arten, Gymnodinien und 1 kleiner Coscinodiscus gefunden; im 800 m wurden noch eine Coccolithophoride, farblose Gymnodinien und eine *Rhizosolenia*-Art nachgewiesen. Man wird also wahrscheinlich das Kurvenbild der Pflanzen bis 800 m vertiefen müssen, um das gleiche Bild der fundlosen Wassergebiete zu erhalten wie bei *Pontosphaera huxleyi*. Daß die Volkskerne trotzdem auf die oberen 100 m beschränkt bleiben, ist sehr bedeutungsvoll, da es zeigt, daß das ganze Auf- und Abschwellen der Volkszahl in dieser Wasserschicht von 0—100 m abläuft. Dies ist also die Schicht, die für das Verständnis der Volksbewegung von ausschlaggebender Bedeutung wenigstens bei den Pflanzen ist und in der also auch diejenigen Faktoren zu finden sein müssen, von denen der Wechsel der Volkszahl bestimmt wird.

Ein weiterer Vergleich mit den Artkurven zeigt eine große Übereinstimmung in dem allgemeinen Kurvenverlauf und der Lagerung der Volkskerne. Besonders auffallend ist das in den Gebieten kühlen Wassers im Norden und Süden. Dabei ist besonders

beachtenswert, daß der Unterschied in der Volkszahl ein so gewaltiger ist, daß eine wesentliche Beeinflussung der Pflanzenkurve durch die hier zum Vergleich herangezogenen Artkurven ganz ausgeschlossen ist. Auch bezieht sich die Übereinstimmung keineswegs nur auf die sehr volkreiche *Pontosphaera huxleyi*, sondern auch auf die ganz volkarmen zwei anderen Arten. So tritt sofort hervor, daß in dem Kurvenbilde von *Coccolithophora fragilis* nicht nur der Volkskern vom 24. VII., sondern auch der ganz unbedeutende Kern vom 28. VI. den weit größeren Volkskernen derselben Stationen in den 3 anderen Schnitten entsprechen, und ebenso findet man sogleich für die beiden unbedeutenden Volkskerne in der südlichen Volksmasse von *Calyptrosphaera oblonga* die entsprechenden Kerne in den anderen Schnitten wieder. Es ist dabei selbst die Gestalt der Kerne übereinstimmend, obwohl die Maxima der Volksdichte sich wie 2000 : 500 : 50 und 13000 : 4000 : 25 verhalten. Vor Pernambuco gehen die Kurven keilförmig in die Tiefe, im südlichen Brasilstrom schieben sich die Kurven von der Oberfläche in 23. VIII. in 50 m Tiefe bis 17. VIII. und darüber hinaus nach Norden vor. Zu einem weiteren Vergleich fordert der Volkskern am 28. VI. auf. Bei *Coccolithophora fragilis* liegt er in 200 m Tiefe und ist bei sehr geringer Höhe auf diese beschränkt; bei *Calyptrosphaera oblonga* finden wir ihn an Umfang und Höhe bedeutend gewachsen in 100 m Tiefe; der Volkskern von *Pontosphaera* liegt endlich bei noch größerer Ausdehnung und etwa doppelter Volkshöhe in 50 m Tiefe. Bei der Gesamtheit der Pflanzen ist er schließlich ganz an die Oberfläche, zugleich aber vom 28. VI. nach 30. VI. verlagert. Der allgemeine Verlauf der Isonephen ist in allen 3 Völkern, besonders auch in der Tiefensenkung der gleiche.

Überblicken wir nun noch einmal das Ergebnis dieser Untersuchung der Streckenbilder wie des ganzen Fahrtschnittes, so ist die durchgehende Gesetzmäßigkeit des Kurvenverlaufes und die Zuverlässigkeit der Methode zunächst das Bemerkenswerteste. Von den Bildern, welche die Isohydren uns geben, weichen die Isobien allerdings grundsätzlich ab, denn das wesentliche Element, das die biologischen Kurven durchgängig beherrscht, ist das Volk und der Volkskern mit seinem Aufbau aus konzentrisch zum Kern verlaufenden Isonephen ab- oder zunehmender Volksdichte. Dieser Unterschied ist ja auch bei näherer Überlegung notwendig, da die Organismen als Grunderscheinung alles Lebens die Vermehrungsfähigkeit vor der leblosen Natur voraus haben. Von dem Wechsel der Existenzbedingungen, dem die Organismen im Ozean unterliegen,

wird aber die Vermehrungsstärke in erster Linie beeinflusst, und so entstehen für jedes Gebiet besondere Völker und Volkszentren.

Ehe jedoch auf diese grundlegenden Verhältnisse näher eingegangen wird, mag an *Calyptrorphaera oblonga* das Verhältnis untersucht werden, in dem die Isohydren und Isoplankten zueinander stehen.

Mit freundlicher Erlaubnis von Dr. BRENNER habe ich in das Kurvenbild dieser Art die in Frage kommenden Isohydren (mit roter Farbe) eingetragen. Von vornherein ist nach dem Vorhergehenden klar, daß für ein Verständnis der biologischen Verhältnisse nur solche hydrographischen Eigenschaften von Bedeutung sein können, deren Wechsel in die oberen 100—150 m fällt, da hier allein der Wechsel der Völker und Volkskerne stattfindet. Bei der Abhängigkeit des Pflanzenlebens vom Lichte und der Tiere wiederum von den Pflanzen liegt es ferner nahe, in der Belichtungsstärke und Belichtungsdauer der verschiedenen Wasserschichten und Meeresteile einen Hauptfaktor für die wechselnde Gestaltung der Volksdichte zu suchen. Dies ist um so sicherer, als nachgewiesen ist, daß bei Peridineen und Diatomeen des Planktons gerade die für die Volksdichte maßgebenden Vermehrungsvorgänge vom Licht abhängig sind, aber in ganz anderer Weise als die vegetativen Vorgänge des Stoffwechsels. Während diese durch kräftige Belichtung gefördert werden, gehen jene am besten im Dunkel der Nacht oder in der ersten Dämmerung vor sich. Aber leider sind wir bisher noch nicht in der Lage, über diese Belichtungsverhältnisse exakte Beobachtungsreihen oder gar Isokurven heranziehen zu können. Das gleiche gilt von der Verteilung der im Meerwasser vorhandenen anorganischen Pflanzennährstoffe. Die Eigenschaften aber, welche regelmäßig von den Hydrographen untersucht zu werden pflegen: Temperatur, Salzgehalt, Dichte, Sauerstoffgehalt sind für die biologischen Kurvenbilder des Zentrifugenplanktons im allgemeinen von geringerer Bedeutung, sobald man über die ganz allgemeinen und hinreichend bekannten Unterscheidungen von Formen des kühlen und des Tropenwassers, des stark- und des schwachsalzigen Wassers hinausgehen und strengere Beziehungen zwischen Isoplankten und Isohydren zu finden sucht. *Calyptrorphaera oblonga* jedoch zeigt solche Beziehungen in sehr klarer Weise und ihr reiht sich andere Arten an, auf die hier indes nicht weiter eingegangen werden soll. Von den 3 Volksmassen, die im Fahrtschnitt auftreten, sind die beiden großen südlich und nördlich vom Guineastrom gelegenen in den oberen 100 m eng an die Linie für 36 ‰ Salzgehalt gebunden.

Im Norden wird von ihr auch noch das isoliert gelegene Maximum vom 26. V. eingeschlossen, im Süden fallen nur 2 Funde vom 23. VIII. außerhalb dieser Linie. Der Salzgehalt beträgt hier aber noch nahezu  $36\text{‰}$  ( $35,96$  und  $35,82\text{‰}$ ). Auf der Südhemisphäre senkt die Isohaline sich nur bis 200 m Tiefe hinab und genau soweit dehnt sich auch die Volksmasse aus. Im Norden dagegen, wo das schwachsalzige von den hohen Breiten her äquatorwärts vordringende Tiefenwasser fehlt, geht die gleiche Linie unter 400 m hinab, und die Volksmasse füllt bei weitem nicht das von der Isohaline umschriebene Gebiet aus. Nach der Verbreitung während der Fahrt der Deutschland erfordert die Art also zum Gedeihen einen Salzgehalt, der  $36\text{‰}$  erreicht oder übersteigt. Außerhalb dieses salzreichen Gebietes kommt sie zwar auch noch vor, wie die kleine Volksmasse im Guinea- und Südäquatorialstrom zeigt, die bei  $34,79\text{—}35,55\text{‰}$  sich hält, aber auch nur eine überaus schwache Entwicklung zeigt. Alle 3 Volksmassen werden ferner umschlossen von der Temperaturkurve für  $15^{\circ}\text{C}$ . Auffällig ist dabei, wie genau der Verlauf dieser Isotherme sich der unteren Randlinie der Volksmassen parallel hält und in dem mittleren Gebiete sich ebenso wie diese aus der Tiefe emporhebt. Hier im Gebiete der hohen Oberflächentemperaturen drängen sich daher die Isothermen auf das engste aneinander und die Abnahme mit der Tiefe erreicht eine solche Stärke, daß schon auf 25 m Tiefenabstand ein Temperaturabfall von  $2^{\circ}$  und darüber erfolgt. Die Tiefen, in denen, von der Oberfläche gerechnet, zuerst ein solcher Temperatursprung sich fand, sind durch rote Kreise gekennzeichnet. Man sieht daraus zunächst, daß solche starken Temperaturstürze auch noch nördlich (5. und 7. VII.) und südlich (22. VII.—7. VIII.) der mittleren Volksmasse vorgekommen sind, und es fällt ferner sofort in die Augen, wie genau sich alle drei Volksmassen im Gebiet dieser Sprungschicht oberhalb derselben halten. Ausnahmsweise kommen gleichstarke Wärmeunterschiede auch in anderen Teilen des Ozeans nahe der Oberfläche vor, und es ist sehr bemerkenswert, daß an den 2 Punkten (29. V. und 19. VI.), die während unserer Fahrt diese Abnormität zeigten, *Calyptrorphaera oblonga* gleichfalls nicht gefunden wurde, obwohl sie in ihr Verbreitungsgebiet hineinfallen.

Das Mittelgebiet ist aber ferner noch dadurch ausgezeichnet, daß in der Tiefenzone zwischen 50 und 150 m, in der die Sprungschicht liegt, außerdem noch die obere Grenze der beiden sauerstoffarmen Gebiete des Ozeans fällt, die durch die Vertikalzirkulation des Ozeanwassers geschaffen werden und auf dem Schnitt durch die Isokurve für Wasser von 3 ccm Sauerstoff (im Liter) um-

geschrieben sind. Innerhalb beider Flächen sinkt der Gehalt im Fahrtschnitt bis unter 2 ccm herunter. Nur einmal wurden im äußersten Rande dieses Gebietes bei 2,8 ccm Sauerstoff noch wenige Individuen gefunden; sonst gehen auch diese Kurven dem unteren Rande der drei Volksmassen parallel.

Endlich kommt noch eine Dichtelinie (Isopykne für 1,026) für das Verständnis des zwischen den beiden großen Volksmassen liegenden, so schwach bevölkerten Mittelgebietes in Betracht. Sie zeigt, daß *Calyptrorphaera* zum guten Gedeihen ein Wasser verlangt, das eine höhere Dichte als 1,026 besitzt.

Wir würden also zusammenfassend sagen können, *Calyptrorphaera oblonga* wird in der Gesamtverbreitung ihres Wohngebietes durch die Isotherme von 15° C begrenzt. Innerhalb dieses Raumes gedeiht sie nur in Wasser, dessen Temperatur in vertikaler Richtung keine der Sprungschicht gleichwertige Wärmesprünge zeigt, das 36 ‰ Salzgehalt oder mehr hat, und dessen Sauerstoffgehalt über 3 ccm im Liter beträgt. Sie erfordert schließlich zu gutem Gedeihen Wasser von mehr als 1,026 Dichte.

Innerhalb des Wohngebietes aber, das sich durch diese Isohydren umgrenzen läßt, ist die Ausbildung der Volksmassen und insbesondere auch der Volkskerne ganz unabhängig von den uns bis jetzt bekannten Isohydren.

Vergleichen wir nun die anderen Schnittbilder mit den eben besprochenen Isohydren, so zeigt sich sofort, daß für sie diese hydrographischen Verhältnisse nur ganz im allgemeinen von Bedeutung sein können und auf keinen Fall für die Absinkmassen in Frage kommen. Diese gehen vielmehr, wie der Südäquatorialstromquerschnitt zeigt, mitten durch die sauerstoffarme Region hindurch und schneiden Isothermen, Isohalinen und Isopyknen. Nur die Entfaltungsmöglichkeit der Volkskerne nach der Tiefe zeigt sich in dem Mittelgebiet entschieden erheblich beeinträchtigt durch den plötzlichen Wechsel der hydrographischen Eigenschaften des Wassers in 50—150 m Tiefe, und der auffällig wagerechte Verlauf der Isoplanken in dieser Zone dürfte hiermit zusammenhängen. Dagegen ist die Lage der Volkskerne in der Schicht zwischen 0 und 150 m ganz sicher von diesen Verhältnissen gänzlich unabhängig, denn sie bleibt auch im ganzen übrigen Gebiet bis in die hohen Breiten hinein unverändert die gleiche.

Wir dürfen nach alle dem überhaupt nicht erwarten, eine große Abhängigkeit der Isoplanken von den bisher

uns bekannten Isohydren zu finden. Es ist aber dringend notwendig, daß jetzt die planmäßige Untersuchung solcher Eigenschaften des Meerwassers, die für das Gedeihen der Organismen entscheidend sind, also vor allem der Belichtungsstärke und Belichtungsdauer, der Lichtbeschaffenheit und der Menge der verschiedenen Pflanzennährstoffe soweit gefördert wird, daß auch für sie Isohydren gezogen werden können, und zwar vor allem in der Schicht von 0—150 m Tiefe.

Ehe wir weiter gehen ist noch eine Überlegung wichtig. Die Grenzisonephe 1, welche das Fundgebiet von dem Freigebiet trennt, ist in weitem Umfange von der Methode abhängig. Hätte ich statt 300 ccm nur 30 ccm zentrifugiert, so würde ich natürlich vielmehr Nullbefunde gehabt haben als jetzt; es wäre für *Calyp-trosphaera oblonga* z. B. die kleine mittlere Volksmasse ganz unentdeckt geblieben; von der südlichen großen Volksmasse wäre wahrscheinlich nur das eine Maximum am 3. VIII. gefunden und die nördliche Volksmasse wäre sicherlich um das Randgebiet mit 1—25 und selbst 50 Individuen verkleinert. Bei *Coccolithophora fragilis* würden wahrscheinlich alle oder doch die meisten zerstreuten Funde fehlen und die Volksmasse selbst um 1 oder 2 Isonephenbreiten verkleinert sein. Weniger einschneidend würde die Wirkung bei den anderen Bildern sein, doch würde die jetzige 25. Linie wahrscheinlich als Grenzlinie erscheinen. Der Verlauf der Isoplanken würde allerdings theoretisch genommen, derselbe bleiben müssen. Da aber die Zuverlässigkeit der Einzelwerte mit der Herabsetzung des Untersuchungsmaterials auf  $\frac{1}{10}$  der jetzigen Menge erheblich sänke, so würde natürlich auch die Linienführung im ganzen viel unsicherer werden.

Das gleiche gilt natürlich, nur in umgekehrtem Sinne, wenn wir den Fall setzen, wir wären in der Lage, statt 300 ccm jetzt 3 Liter für jede Untersuchung zu verwenden. Dann würde die Grenzisonephe in allen Fällen, wo sie nicht schon jetzt ihre endgültige Lage hat, weiter in das Freigebiet vorgeschoben werden und die Sicherheit der Linienführung erheblich wachsen, also Fehler, die jetzt unerkant in den Schnitten sein mögen, vermieden werden.

Im allgemeinen wird man daher sagen können, die Unsicherheit der Kurven betrifft wesentlich die Grenzisonephe und die ihr sich anschließenden nächsten Dichtelinien von 25 und 50, deren Festlegung auf sehr niedrigen Zahlenbefunden beruht. Bei allen Linien aber wächst die Zuverlässigkeit mit der Höhe des Dichtigkeitsgrades, den sie angeben.

Wie jedoch schon auf der Plankton-Expedition sich zeigte, geben oft auch ganz niedrige Werte so klare Verbreitungsbilder, daß ihre Vernachlässigung durchaus unberechtigt sein würde. Sie sind aber kritischer zu betrachten als die höheren Werte.

Durch Vergrößerung der einzelnen Wasserproben und der Raumeinheit, auf die die Zahlen für die Kurven verrechnet werden, würde natürlich eine genauere kurvenmäßige Analyse der jetzigen Randgebiete ermöglicht werden und es würde in vielen Fällen die Grenzlone sehr viel weiter vorgeschoben werden. Es ist aber klar, daß bei den hier gegebenen 4 Kurvenbildern, in denen die Volkskerne bereits jetzt klar zur Darstellung gelangen, dadurch nur eine genauere Umgrenzung der Absinkmassen und ein Nachweis derselben da, wo diese jetzt noch nicht zur Erscheinung kommen, geschaffen werden würde. Das ist natürlich wichtig, aber von viel größerer Bedeutung sind jedenfalls die Volkskerne.

Es bleibt nun noch die Beziehung der Isoplanken zur Zeit und zur Fortbewegung der Planktonen im Strom zu untersuchen übrig. Bisher haben wir die Kurvenbilder betrachtet, als ob die Volkszahl der Planktonen an jedem geographischen Orte der Fahrtlinie während der ganzen Fahrtdauer unveränderlich sei. In Wirklichkeit ist aber nicht nur ein zeitlicher Wechsel sicher anzunehmen, sondern es sind auch die Organismen, deren Volkszahl untersucht wird, in dem bewegten Wasser der Meeresströmungen einem fortwährenden Ortswechsel unterworfen.

Wir wollen zuerst den Einfluß der Zeitunterschiede prüfen, die zwischen den verschiedenen Teilen des Fahrtschnittes bestehen. Es ist möglich, das ganze Kurvenbild einfach als Zeitkurve zu lesen, indem man den Ortswechsel außer acht läßt und nur die Zeitangaben in Betracht zieht. Wir würden dann ohne Schwierigkeit feststellen, daß z. B. *Coccolithophora fragilis* in der 2. Hälfte des Juli eine Wucherungsperiode hätte, die am 24. ihren Höhepunkt erreicht und am 3. August bereits zu Ende ist. Bei *Calyptrosphaera* würden wir im Nordsommer und Südwinter je 1 Wucherungsperiode finden, jede aus mehreren Hoch- und Tiefzeiten zusammengesetzt und endlich würden *Pontosphaera huxleyi* und die Pflanzen in rascher Folge von 4 Monaten mindestens 5 größere und 2 kleine Wucherungsperioden durchmachen. Für jede Periode würde ein Entstehen, Anwachsen, Kulminieren und wieder Absinken sich ergeben. Zwischen den verschiedenen Hochzeiten sank die Volkszahl auf eine mittlere Höhe oder ginge so tief herab, daß nur noch dann und wann ein Nachweis gelänge oder die Art überhaupt ganz aus dem Kurvenbilde entschwände. Es würde dann z. B. die

Hochzeit von *Coccolithophora fragilis* etwa 9 Tage (18.—26. VII.), die im Nordäquatorialstrom ablaufende Periode von *Calyptosphaera oblonga* (21. VI.—6. VII.) etwa 16 Tage und die im Brasilstrom bei *Pontosphaera* auftretende Wucherung (11.—28. VIII.) etwa 18 Tage währen. Das wäre im Vergleich zur Dauer solcher Wucherungsperioden in den nordischen Meeren ein über alles Erwarten schneller Ablauf, denn bei Kiel umfaßten sie immer eine Reihe von Wochen, selten 4—6 Wochen (farblose Gymnodinien und *Heterocapsa triquetra*), oft 2 Monate (*Anabaena*, *Eutreptia*) oder über ein Vierteljahr (*Chaetoceras*, *Pontosphaera huxleyi*, farbige Gymnodinien). Vor allem aber wäre gar kein Verständnis für diesen schnellen Wechsel zu gewinnen, da die jahreszeitlichen Änderungen der Existenzbedingungen außerordentlich gering und jedenfalls viel kleiner sind als in der Kieler Bucht. Demgegenüber zeigen die vom Ort abhängigen Existenzbedingungen während der Fahrt eine solche Parallelität mit den Änderungen des Kurvenbildes, daß die Ursache des biologischen Wechsels unbedingt nur in diesem vom Ort bedingten Wechsel der hydrographischen Verhältnisse liegen kann. Überall treten auf den Fahrtschnitten die Beziehungen der Volksmassen und ihrer Kerne zu den einzelnen durchfahrenen Meeresgebieten (Westwindtrift, Nord-Äquatorialstrom, Guineastrom, Süd-Äquatorialstrom, Brasilstrom und Falklandstrom), zu der Richtung, in der sie durchschnitten werden (Querschnitte, Längsschnitte, Schrägschnitte, Kanten- und Keilschnitte) und demgemäß auch zu den Knickungen der Fahrtlinie, die die Schnittrichtung änderten (vor allem 28. VI.), auf das deutlichste hervor. Dieser Einfluß des Ortes überwiegt also den der Zeit vollständig, so daß der letztere für uns vorläufig überhaupt nicht als solcher erkennbar ist. Sicherlich wäre das Kurvenbild wesentlich anders, vor allem im äußersten Norden und Süden, ausgefallen, wenn alle Beobachtungen zu gleicher Zeit gemacht worden wären. Im Norden waren wir im Vorsommer (2. Hälfte des Mai), im Süden Ende August und Anfang September also im Südwinter, unserem Februar und März entsprechend. Im Südäquatorialstrom trafen wir ferner gerade die Zeit seiner größten Stromstärke und niedrigsten Temperatur. Der Einfluß des kühlen Wassers im Osten des Stromzirkels wird daher besonders kräftig gewesen sein. Im einzelnen werden wir aber die Zeitdauer bei der Erklärung der Kurven, ohne erhebliche Fehler zu begehen, außer acht lassen dürfen<sup>3)</sup>.

<sup>3)</sup> Man könnte daran denken, daß der Wechsel von Tag und Nacht die Vertikalverteilung der Planktonten änderte und die dadurch hervorgerufenen vertikalen Wanderungen die Lage der Volkskerne verschöbe. Zunächst

Etwas anders liegt es hingegen mit der Strombewegung des die Planktonten enthaltenden Wassers.

Nach den neueren Anschauungen über die Meeresströmungen haben wir bekanntlich nicht nur mit einer in geometrischer Progression mit der Tiefe fortschreitenden Abnahme der Stärke der Tiefenströme zu rechnen, sondern gleichzeitig mit einer Änderung der Stromrichtung, die dahin führt, daß der Winkel zwischen Oberflächenstrom und Tiefenstrom fortwährend wächst und in der sogenannten Reibungstiefe  $180^\circ$  erreicht, die Richtung also hier der der Oberfläche entgegengesetzt ist. Diese Reibungstiefe liegt nach Krümmel in  $8^\circ$  Breite etwas über 150 m, in  $15^\circ$  und  $20^\circ$  Breite bei rund 100 m und in  $40^\circ$  Breite bei etwa 70 m Tiefe. Es ist das also im allgemeinen zugleich die Tiefe, über der die Volkskerne und damit die Stätte der Auf- und Abbewegungen der Volksdichte des Zentrifugenplanktons liegen, während darunter die Randteile und die Absinkgebiete sich finden. Daher ist es auch bemerkenswert, daß sich, wie bei Besprechung der Teilbilder schon hervorgehoben wurde, mehrfach eine deutliche Verschiebung der tieferen Kurventeile gegenüber den höher gelegenen bemerkbar macht und die Grenze zwischen beiden im Tropengebiet in 150 m Tiefe liegt (*Calyptrorphaera oblonga* und *Coccolithophora fragilis*, 28. VI. und 30. VI. und 19.—24. VII.).

Während der Reise übertraf die Fahrt des Schiffes die Strömung durchschnittlich um das 2—8fache<sup>4)</sup>, und zwar war sie in der Westwindtrift (Golftrift) 8 mal, im Nordäquatorialstrom und Brasilstrom 4—7 mal, im Guineastrom 4 mal und im Südäquatorialstrom 2—3 mal größer. Dort war demnach die Stromstärke am schwächsten, hier am größten. Das Schiff war also stets dem Strom weit voraus, selbst wenn die Fahrt wie im Brasilstrom gleiche Richtung mit dem Strom hatte. Fahrt direkt gegen den Strom ist nicht ausgeführt, dagegen oft Kreuzen der Stromrichtung in schräger oder querer Richtung. Da die Durchquerung z. B. des Südäquatorialstroms (v. 17.—26. VII.) 10 Tage währte, so mußten natürlich an jeder folgenden Station Wasserfäden angetroffen werden, die zur Zeit der vorigen Beobachtung noch beträchtlich oberhalb trieben (man kann, um eine ungefähre Vorstellung zu gewinnen, für 1 Tag

sind aber die Untersuchungen stets zu gleicher Tageszeit (vormittags von 8 Uhr ab) gemacht, und dann können die hier in Frage stehenden Planktonten entweder überhaupt nicht wandern oder legen im Maximum (geradlinige Bewegung vorausgesetzt!) in 12 Stunden kaum 2 m zurück!

<sup>4)</sup> Dabei sind die Zeiten des Stillliegens an den Beobachtungspunkten der Fahrt mitgerechnet!

etwa 50 km Abstand rechnen) und nach 10 Tagen würde dieser Abstand recht beträchtlich geworden sein (etwa 500 km). Das erscheint sehr viel; vergleicht man diese Entfernung aber mit der Breite des Stromes, die 1400 km beträgt, so stellt sie sich doch als sehr unbedeutend heraus, und es ist nicht wahrscheinlich, daß dadurch irgendwelche Verschiebungen der Kurvenbilder bedingt sein sollten.

Wichtiger ist, daß im Querschnitt des Südäquatorialstromes sehr erhebliche Verschiedenheiten in der Schnelligkeit vorkommen, die in ihrem jahreszeitlichen und örtlichen Verhalten genau untersucht sind und für die Zeit unserer Durchquerung (VII.) folgendes Bild geben (KRÜMMEL, Ozeanographie, Bd. II, S. 550):

Geographische Breite	Stromstärke im Juni, Juli
4— 2° nördlicher Breite	25 Seemeilen in 24 Stunden
2— 0° " " "	31 " " " "
0— 2° südlicher Breite	21 " " " "
2— 4° " " "	26 " " " "
4— 6° " " "	22 " " " "
6— 8° " " "	20 " " " "
8—10° " " "	15 " " " "

Das sind sehr beständige Verhältnisse, da das ganze Jahr hindurch in 2—0° n. Br. und 2—4° s. Br. die größten, in 6—10° s. Br. aber die niedrigsten Werte beobachtet werden. Diese Verschiedenheit kann aber auf den biologischen Zustand der einzelnen Stromfäden von Einfluß sein, indem der Weg von Osten nach Westen in verschiedener Zeit zurückgelegt wird. Da sowieso die Außenteile, die Mitte und die Innenteile eines jeden Stromquerschnittes voneinander abweichende Reiseschicksale haben müssen, so wird durch diese Unterschiede in der Stromschnelligkeit diese Verschiedenheit noch gesteigert, und das muß allerdings im Kurvenverlauf zum Ausdruck kommen. Auch hier fehlt uns aber bisher jedes Mittel, diesen Einfluß sicher zu erkennen.

Die Kurvenbilder der Fahrtschnitte geben naturgemäß nur ein sehr unvollkommenes Bild von der wirklichen Verbreitung der Volksdichte im Ozean. Es ist, als wenn man von einem noch nicht näher bekannten Organismus nichts weiter als einen einzigen Längsschnitt hätte und daraus Schlüsse auf den Bau des Tieres ziehen wollte. Wie aber der allgemeine Bauplan aller Gewebstiere dem kundigen Zoologen trotz der Dürftigkeit der Grundlagen manche wertvolle Schlüsse gestatten würde, so gibt auch uns, das was wir von den allgemeinen hydrographischen Verhältnissen des Wohnraumes und den biologischen Eigenschaften der betreffenden Arten wissen, wichtige Hinweise

darauf, wie wir diese Schnittbilder in Wirklichkeit zu ergänzen haben, um das körperliche Bild der Volksverbreitung dieser kleinen Planktonorganismen im Ozean zu erschließen.

Wir sehen, daß der Fahrtschnitt sich aus Quer-, Längs- und Schrägschnitten durch die Stromgebiete zusammensetzt. Könnten wir nun eine Reihe von Querschnitten durch ein solches Gebiet ausfindig machen, so würde es leicht sein, aus ihnen alle erforderlichen Längs- und Flachschnitte herzustellen und so ein genaues körperliches Bild zu gewinnen. Leider enthält aber unser Fahrtschnitt immer nur 1 Querschnitt durch ein Meeresgebiet; zwei derselben sind außerdem ganz unvollständig (Nordäquatorialstrom und Falklandstrom), ein dritter (Südäquatorialstrom) ist allerdings in jeder Beziehung tadellos. Längsschnitte sind noch dürftiger im Schnitt vertreten; im Nordäquatorialstrom ist nur das äußerste Randgebiet getroffen, im Brasilstrom setzt es sich aus 4 Querschnitten zickzackförmig zusammen. Das Material reicht mithin nicht aus, um für irgendeine Art oder Gruppe einen Volkskörper aufzubauen.

Um nun doch zu einem vorläufigen Bilde zu gelangen, habe ich aus dem Südäquatorialstrom 7 Coccolithophoriden-Arten ausgewählt, deren Kurvenbilder verschieden starke Volksmassen zeigen, und diese in gleichen, aber natürlich ganz willkürlichen Abständen hintereinander aufgestellt, und als Ausgangspunkt für diesen ersten Versuch genommen. Das Bild, das so gewonnen wird, ist also ganz hypothetisch, hat aber gegenüber einer rein schematischen Konstruktion den Vorteil, daß die Elemente den wirklichen Verhältnissen entnommen sind. Unter den Schnittbildern fanden sich einige, deren Volkskern nach dem Südrande, andere, bei denen er nach Norden verschoben war, während er bei dem größten Volke (*Pontosphaera huxleyi*) in der Strommitte lag. Ich habe jene Schnittbilder so geordnet, daß das stärkste Volk in die Mitte der Reihe kommt, die Schnitte mit nördlich liegendem Kern stromabwärts, die mit südlich gelegenen Kerne stromaufwärts liegen, und nach beiden Enden die Volkszahl abnimmt. Da im Strom das Volk aufgefaßt werden muß als ein sich bildendes, einen Höchststand erreichendes und dann wieder schwindendes, so bleibt diese Anordnung die wahrscheinlichste. Die Breite der Querschnitte ist ungefähr 1400 km, die Höhe 400 m. Der Abstand der Schnitte voneinander ist, wie schon gesagt, vollständig willkürlich; ich wählte 875 km lediglich, weil dieser Maßstab für die Darstellung geeignet erschien. Es wird im übrigen zweckmäßig sein, sich vorzustellen, daß die Querschnitte in jede beliebige Entfernung voneinander ge-

bracht werden und das ganze Volk also von großer Länge, aber auch von großer Kürze und der Kern beliebig vor- und rückwärts verlagert gedacht werden kann. Die 7 Querschnitte, der Längsschnitt durch die Strommitte und der Flachschnitt im Meerespiegel sind auf Tafel II wiedergegeben; aufgezeichnet wurden aber 5 Längsschnitte, 9 Flachschnitte sowie eine größere Zahl von Schrägschnitten.

Was lehren uns nun diese Konstruktionen?

Zunächst, daß dieselben ein einfaches und klares Bild liefern, das als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen durchaus geeignet erscheint. Der Längsschnitt durch die Strommitte zeigt die Lagerung des Volkskernes oberhalb 150 m, den Beginn der Volkszunahme in 75 m Tiefe und die allmähliche Ausbreitung zur Oberfläche, sowie das Ausharren der höheren Werte in derselben Tiefe beim Niedergange, endlich die flache Wölbung der Volksunterfläche. Das ganze Volk hängt mit lang gestreckter Fläche am Meeresspiegel; an der Stelle des Stromes, wo die höchste Volkszahl erreicht wird, füllt es die ganze Breite aus, vorher und nachher wird es schmaler, doch breiten sich nach beiden Enden hin die Gebiete niedriger Dichte weit seitwärts aus. Unterhalb des Maximums senkt sich eine Masse bis zu 400 m Tiefe nieder. Das Anwachsen der Volkszahl erfolgt weit langsamer als der Niedergang; das dürfte in der Natur nach den Erfahrungen an Planktonten der Kieler Bucht verschieden sein. Bei *Anabaena*, *Chaetoceras* und *Exuviaella* war hier der Aufstieg schnell, der Abfall langsam, während bei *Heterocapsa* und *Eutreptia* ein langsamer Aufstieg und kurzer steiler Abfall beobachtet wurde. *Pontosphaera huxleyi* schloß sich hier der ersten Gruppe an. Es ist jedoch in der Kieler Bucht, bei solchen Arten, die wie *Pontosphaera* nur in einer kurzen Zeit des Jahres vorkommen, sehr wahrscheinlich, daß sie von außen in die Bucht hineingetrieben werden und daher der Wucherungsbeginn überhaupt nicht beobachtet wird. Jedenfalls kann in unserer Konstruktion jedes Ende der Volksmasse als das vordere angesehen werden. Sehr klar tritt hervor, wie die Verschiedenheit der vertikalen Verbreitung in der Längserstreckung zustande kommt.

Die Volksmasse wird jedoch nur in einem so scharf umschriebenen und konstanten Strom, wie es der Südäquatorialstrom im äquatorialen Gebiete des Atlantischen Ozeans ist, diese Gestalt haben können. Sie wird eine andere erhalten, sobald der Strom, wie etwa der Golfstrom in der Westwindtrift, aus dem Stromkreislauf als Endstrom heraustritt und über ein immer ausgedehnteres Gebiet sich verbreitet; und ebenso wird sie in den stromlosen Halostasen wie z. B. in der Sargassosee, eine andere Gestalt annehmen.

Bevor wir aber hierauf näher eingehen, ist es nötig, sich über die wirklichen Größenverhältnisse der Völkermassen, die der Fahrtschnitt uns zeigt, völlige Klarheit zu verschaffen. Das wird am einfachsten gelingen, wenn man die Länge der einzelnen in den Figuren 2 bis 6 abgebildeten Streckenschnitte auf die Fahrtlinie in der Karte (Fig. 1) überträgt und deren Ausdehnung mit den Küsten der angrenzenden Erdteile vergleicht, oder auch sich vergegenwärtigt, daß die Fahrt durch diese Teilstrecken je  $1\frac{1}{2}$  bis 3 Wochen währte. Dann mildert sich auch der Eindruck der Unruhe und starken Bewegtheit der Kurven, und es erscheint in dem Gesamtschnitte die ganze Kette der Volksmassen und ihrer Absinkgebiete nicht mehr verwirrend, wie beim ersten Anblick, sondern über alles Erwarten einfach. Denn diese Strecke dehnt sich über fast 90 Breitengrade aus und die Fahrt währte, wenn man den Landaufenthalt abrechnet, genau 100 Tage.

Es ergibt sich hieraus zugleich, daß die Flächenausdehnung der Kurven in Wirklichkeit im Vergleich zur Höhe des Schnittes viel größer ist als auf unseren Figuren und Tafeln. Das ist ein allen derartigen Kurven eigener Fehler, da es unmöglich ist, bei geographischen Verhältnissen die senkrechten Abmaße in gleichem Maßstabe einzutragen wie die horizontalen. In den hier gegebenen Kurven ist z. B. die Tiefe 10000fach verkleinert, die Abstände der Stationen aber voneinander 31 000 000 fach verkürzt, oder die letzteren müßten über 3000 mal vergrößert werden, um in das natürliche Verhältnis zu den Tiefenabständen zu gelangen. Das heißt also, daß wir die Gesamtkurve, die jetzt 38 cm lang ist, auf 1 km Länge auszustrecken hätten oder aber die Tiefe von 0—400 m, die jetzt 4 cm Abstand hat, auf 0,013 mm zu reduzieren wäre, wenn das wirkliche Verhältnis zwischen Tiefe und Länge hergestellt werden sollte. In Fig. 7 ist ferner für einen Teil der Fahrtlinie das Kurvenbild von *Pontosphaera huxleyi* im gleichen Maßstabe der übrigen Kurven derartig nach unten fortgeführt, daß die ganze Wassermasse bis zum Meeresboden zur Darstellung kommt. Am 17. und 18. August und 4. September näherte sich das Schiff der brasilianischen und argentinischen Küste. Daher steigt hier der Meeresboden bis fast 2000 m und 1000 m empor, während er sonst 4000—4500 m tief liegt. Man sieht, daß die von den Volksmassen erfüllte Wasserschicht von 0—100 und 150 m Tiefe, die als die eigentlich schaffende Werkstätte des Meereslebens der Hochsee zu betrachten ist, nur eine ganz dünne Lage im Ozean ausmacht, und selbst die ganze von Pflanzen erfüllte Schicht von 0 bis 400 oder 600 m hinab auch nur einen sehr kleinen Teil der

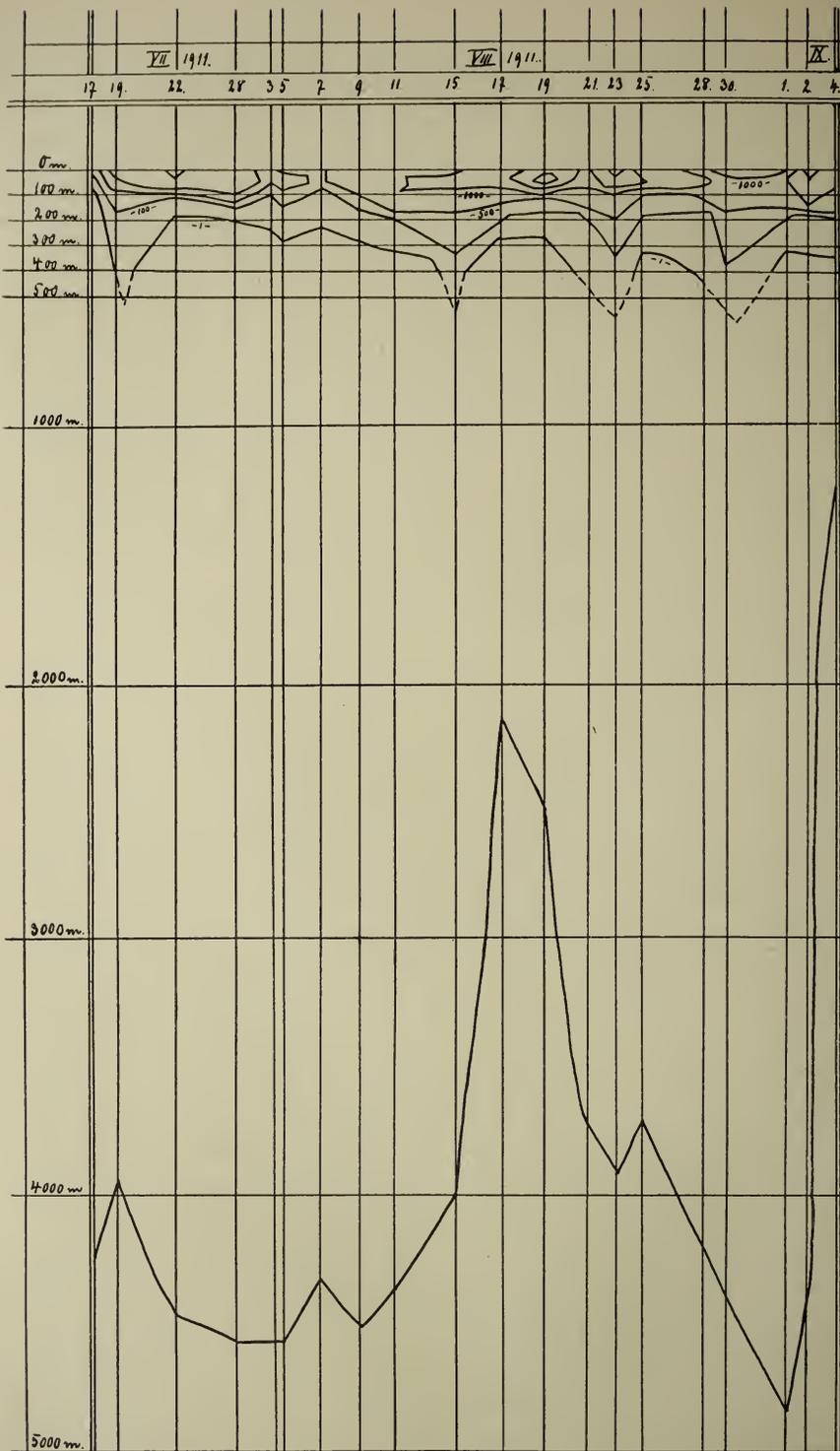


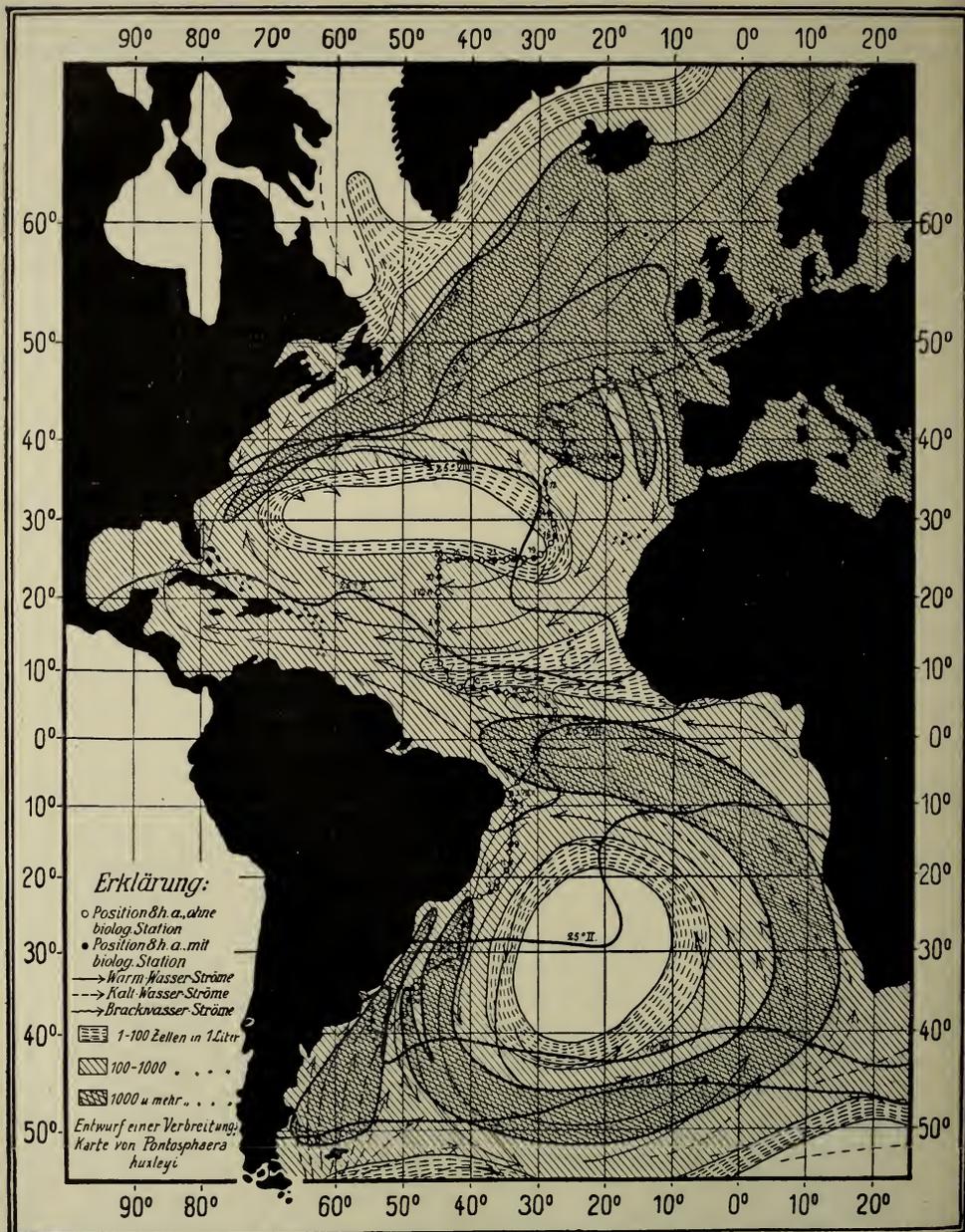
Fig. 7. Isoplankten von *Pontosphaera huxleyi* LOHM. im Fahrt-schnitt vom 17. VII. bis zum 4. IX. im Südäquatorial-, Brasil- und Falklandstrom unter Eintragung der ganzen Meerestiefe bis zum Meeresboden.

Wassermasse bildet. Eine ähnlich große Wassermasse wäre unter dem ganzen Fahrtschnitt ausgebreitet zu denken.

Versucht man nun nach dieser Orientierung über die Größensmasse unserer Schnittbilder in der Natur ein Bild von der Verbreitung der Volksmassen im Atlantischen Ozean für die beiden Arten: *Pontosphaera huxleyi* und *Calyptosphaera oblonga* zu gewinnen, so kommt man zu folgender, allerdings gleichfalls vorerst noch durchaus hypothetischen Vorstellung, die ich auf den beiden Karten in Fig. 8 und 9 skizzenhaft einzuzeichnen versucht habe.

*Pontosphaera huxleyi* LOHM. trat in der Kieler Bucht erst in der 2. Hälfte des August auf, nachdem die Wassertemperatur unter 18° gesunken war und erreichte ihre höchste Volksstärke sogar erst bei 15—16° Wasserwärme. Als die Temperatur auf weniger als 7° gefallen war, schwand sie vollständig. Sie ist daher in der Ostsee eine Art, die stark erwärmtes Wasser ebenso meidet wie kaltes Wasser und ihr optimales Gedeihen bei 15—16° findet. Die Bevölkerungsdichte stieg übrigens auf 119000 Zellen im Liter. GRAN fand die Art im Christianiafjord im Sommer 1911 in solch gewaltiger Menge, daß das Wasser durch sie milchig verfärbt war und nicht weniger als 5—6 Millionen Zellen im Liter vorkamen. Da die höchste auf der Hochsee von mir beobachtete Volksdichte 11500 Zellen im Liter waren, war das Maximum bei Kiel 10 mal, das im Fjord aber fast 500 mal so groß als das des offenen Ozeans.

Mit diesen Beobachtungen stimmen die während der Fahrt gemachten recht gut überein. *Pontosphaera huxleyi* war nur im äußersten Norden und Süden, wo kühles oder kaltes Wasser durchfahren wurde, in großer Zahl vorhanden und nahm im südlichen Teile des Brasilstroms an Volkszahl zu, je mehr die Temperatur sank. Umgekehrt nahm die Menge in der Westwindtrift immer mehr ab, je höher die Wasserwärme stieg, und in der Umgebung der Azoren und südlich davon weicht der ganze Volkskern in sehr auffälliger Weise durch Untertauchen in 100 m Tiefe dem hocharwärmten Wasser der oberen Schichten aus, wie das auf dem Kurvenbilde der Tafel I sehr klar hervortritt. Innerhalb der Tropen gewinnt die Art eine Volksstärke von über 1000 Individuen, abgesehen von dem Mischgebiet des Brasilstromes, nur im Südäquatorialstrom; dieser Strom entstammt aber in der nördlichen Hälfte seiner Breite, die hier ausschließlich in Frage kommt, dem kühlen Wasser des Benguelastromes; und gerade in der Zeit, als wir ihn durchfahren, dringt dieses Wasser am weitesten äquatorwärts vor. Auch hier also ist zweifellos die hohe Volkszahl auf



-Ausreise der „Deutschland“ 7.V.11.-7.IX.11.

Fig. 8. Entwurf einer Dichte-Verbreitungskarte von *Pontosphaera huxleyi* LOHM. auf Grund der Isoplankten-Kurven.

kühle Temperaturen zurückzuführen, deren günstige Nachwirkung bis in das hochoberwärmte Tropengebiet (über  $25^{\circ}\text{C}$  an der Oberfläche) sich bemerkbar macht.

Tragen wir nun auf die Fahrtlinie die verschiedene Volksdichte des Oberflächenwassers ein und unterscheiden 3 Grade von 1—100, 100—1000 und über 1000 Zellen im Liter, die wir durch kurze Striche, Querstreifung und gekreuzte Streifung zum Ausdruck bringen, so gewinnen wir die tatsächliche Grundlage, von der aus wir nun hypothetisch auf Grund des eben nachgewiesenen biologischen Verhaltens und des Verlaufs der Strömungen die Verbreitungsskizze (Fig. 7) entwerfen können. In dem kühlen Wasser der Golftrift wird auf der Nordhemisphäre das beste Gedeihen der Art zu vermuten sein; mit ihr verbreitet sich *Pontosphaera* weit nach Nordosten und dringt in Nord- und Ostsee ein, wo sie in Buchten und Brackwasser eine starke Entwicklung erreichen kann. Mit der Trift werden die Zellen aber auch südwestwärts geführt in warmes Wasser; ihre Menge sinkt dabei immer tiefer herab, hält sich jedoch im Nordäquatorialstrom selbst in  $45^{\circ}$  w. L. noch immer zwischen 100 und 1000 Individuen, während sie am Rande zur Sargassosee unter 100 Individuen hinabgeht und in der Halostase selbst wahrscheinlich noch seltener wird. Darauf läßt das Fehlen im Oberflächenwasser des 19. VI. schließen. Im Golfstrom wird dann in ähnlicher Weise wie im Brasilstrom ein neues Ansteigen der Volkszahl eintreten, das schließlich in der Trift von neuem seinen Höhepunkt erreicht.

Auf der Südhemisphäre würde das beste Gedeihen von *Pontosphaera huxleyi* in den nördlichen Ausläufern des Falklandstromes und den südlichen Teilen des Stromzirkels, zu dem der Brasilstrom in  $40^{\circ}$  Breite umbiegt, anzunehmen sein. Wie wir sahen, hält hier im Juli die Wirkung dieses Gedeihens im Süden so lange an, daß noch unter dem Äquator die Volkszahl sich über 1000 Individuen hält. Wir werden schließen müssen, daß auch hier die Menge nach der Halostase zu bedeutend abnimmt.

Zwischen beiden Stromkreisen im Guineastrom ist die Zahl sehr herabgesetzt.

Wir würden demnach zu einem sehr einfachen Verbreitungsbilde gelangen. Auf jeder Hemisphäre läge das „Gedeihgebiet“, wie das Gebiet der höchsten Volksdichte benannt sein soll, am polaren Außenrande des Stromzirkels, das „Kümmergebiet“, womit das am ärmsten bevölkerte Gebiet bezeichnet sein mag, in der Halostase. Wir hätten eigentlich nur 4 Volksmassen zu unterscheiden: die beiden Völker des nördlichen und des südlichen Stromzirkels, das

unbedeutende Volk des Guineastroms, das starke des Falklandstromes. Der Anfang der Gedeihzone des südlichen Hauptvolkes haben wir auf der Fahrt im Brasilstrom getroffen, das letzte Ende aber voraussichtlich im Südäquatorialstrom; das Volk selbst aber würde den ganzen Stromzirkel bevölkern, ebenso wie das Hauptvolk der Nordhemisphäre, dessen Gedeihzone offenbar einen viel kürzeren Teil des Stromzirkels umfaßt, dafür aber in der Golftrift eine außerordentliche Verbreitung dem Pole zu erfährt.

Ein wesentlich anderes Bild läßt uns *Calyptrorphaera oblonga* entstehen, wenn wir auf sie die gleiche Betrachtungsweise anwenden (Fig. 9). Die Beziehungen dieser Art zu den hydrographischen Verhältnissen sind weiter oben besprochen. Sie meidet im Gegensatz zu *Pontosphaera huxleyi* alles Wasser von weniger als 15° C und gedeiht in dem tropisch warmen Wasser von über 20° C ausgezeichnet. Sie tritt in 2 Hauptvölkern auf, für jede Hemisphäre eins, die in ihrer Verbreitung wesentlich von einem Salzgehalt des Wassers von 36‰ und mehr bestimmt werden. Im Südäquatorialstrom ist sie ganz selten, was vielleicht auf die Herkunft des Wassers aus kühlen Gebieten zurückzuführen ist. Nach der Sargassosee hin nimmt die Volkszahl im Nordäquatorialstrom zu. Wir können daher schließen, daß das Gedeihgebiet dieser Tropenwärme und hohen Salzgehalt liebenden Art in den Halostasen gesucht werden muß. Im Guineastrom ist sie nur selten, woran der niedrige Salzgehalt und die geringe Dichte des Wassers Schuld sein dürfte.

Wir erhalten hier daher zwei große Volksmassen, deren Ränder im allgemeinen durch die Isohalinen von 36‰ bezeichnet werden und deren Gedeihgebiet in den Halostasen liegt. Peripher nimmt die Volkszahl ab. Im Guinea- und Südäquatorialstrom ist die Menge sehr gering; vermutlich bezeichnen sie das tropische Kümmergebiet, während ein zweites und drittes Kümmergebiet am polaren Rande jedes Stromzirkels liegen muß.

Auf der Verbreitungsskizze in Fig. 9 habe ich mich eng an die Isohaline von 36‰ gehalten, obwohl das Vorkommen der Art im Guineastrom ja beweist, daß sie auch in schwächer salzigem Wasser noch vorkommt. Auch liegt auf der Hand, daß die Südgrenze des Wohngebietes unmöglich dauernd die Begrenzung haben kann, wie sie auf der Karte angegeben ist. Offenbar muß *Calyptrorphaera oblonga* auch noch im südatlantischen Abschnitt des südatlantischen Stromzirkels wenigstens zeitweise zu leben vermögen. Zwar liegt im August die Isotherme von 15° C, wie die Karte zeigt, sehr nahe der eingezeichneten Grenze; aber im Südsommer (Februar) geht sie weit nach Süden bis jenseits des 40. Breiten-

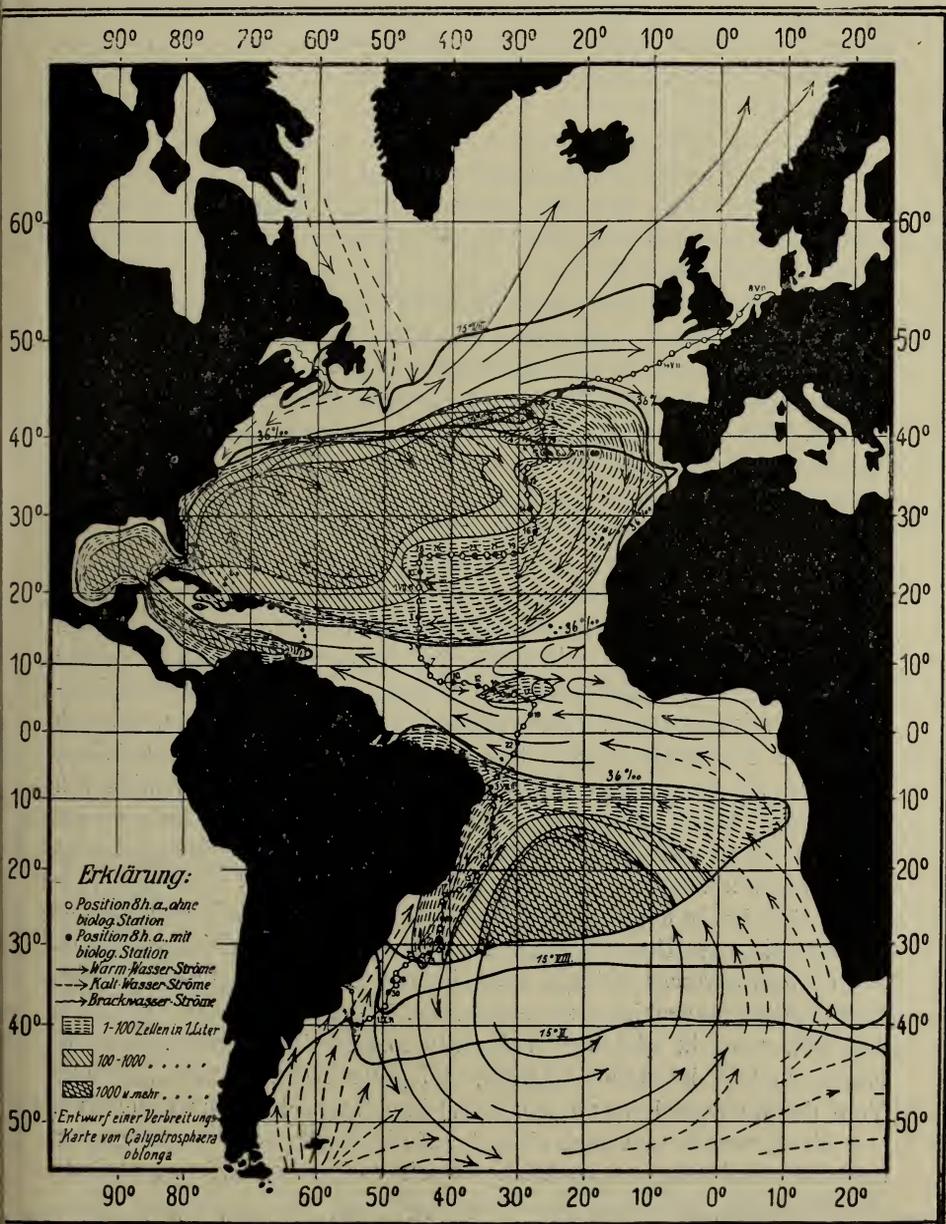


Fig. 9. Entwurf einer Dichte-Verbreitungskarte von *Calyptrosphaera oblonga* LOHM, auf Grund der Isoplankten-Kurven.

grades zurück, und dann wird die Alge nicht nur die ganze Halostase, sondern auch den ganzen Stromzirkel bevölkern, wenn sie auch im südlichsten Teile desselben auf die innersten Stromfäden beschränkt sein dürfte. Wir würden hier also mit einer sehr starken jahreszeitlichen Ausdehnung und Einschränkung des Wohngebietes rechnen müssen, und auf der Fahrt der Deutschland hätten wir den winterlichen Zustand angetroffen, in dem das Gebiet auf den kleinsten Raum beschränkt und im Süden scharf abgeschnitten ist<sup>5)</sup>.

Aber noch nach einer anderen Richtung hin ist *Calyptrosphaera oblonga* von großem Interesse. Bei *Pontosphaera huxleyi* hat die Fahrtlinie wiederholt die Gedeihgebiete der Art durchschnitten und überhaupt Gebiete der verschiedensten Bevölkerungsdichte getroffen. Bei dieser Art hingegen ist das eigentliche Gedeihgebiet immer zur Seite und meist in erheblicher Entfernung liegen geblieben. Nur in einer Station ist ein Ausläufer desselben eben berührt. Selbst die Gebiete mit 100—1000 Individuen im Liter Oberflächenwassers sind nur an wenigen Orten und nur auf der nördlichen Halbkugel durchfahren; sonst traf das Schiff nur solche Teile des Wohngebietes, an denen die Volkszahl unter 100 Individuen betrug. Mit anderen Worten, wir haben nur Randgebiete dieser Art durchfahren, und zwar im Süden ausschließlicher als im Norden. So erklärt sich auch ungezwungen, weshalb auf dem Fahrtschnitt die Südhemisphäre viel ärmer bevölkert erscheint als die Nordhemisphäre. Es rührt das ausschließlich von der Fahrtrichtung her und steht mit dem Bevölkerungsgrade beider Meeresteile in gar keinem Zusammenhange. Die Reise gibt uns daher auch nur einen sehr ungenügenden Aufschluß über das Verhalten der Art in den stärker bevölkerten Teilen ihres Wohngebietes und nur die enge Beziehung zu den hydrographischen Verhältnissen, die *Calyptrosphaera oblonga* auszeichnet, hat es möglich gemacht, eine Verbreitungsskizze zu entwerfen. Was hier aber für diese Art gilt, wird in gleicher Weise für andere Planktonten Geltung haben, und es ist daher wichtig, bei jeder Art zu prüfen, welche Teile des Wohngebietes von der Fahrtlinie durchschnitten worden sind.

Kommen wir nun noch einmal auf die Frage nach der Form der ozeanischen Volksmassen zurück, die wir vorher aufwarfen, so würde

<sup>5)</sup> Natürlich muß die Südgrenze des Wohngebietes auf der Karte streng genommen eine allmähliche Abnahme der Volkszahl zeigen und also überall von gestreiften und gestrichelten Zonen umschlossen sein. Ich habe absichtlich in Fig. 9 diese Ausführung unterlassen, um das Unvollständige der Darstellung des südlichen Wohngebietes sofort hervortreten zu lassen.

dieselbe offenbar bei beiden Arten sehr verschieden sein. Wo das Gedeihgebiet im Strom liegt, ist es langgestreckt bandförmig, wo es aber in der Halostase liegt, inselartig, in beiden Fällen aber von gewaltiger Ausdehnung.

Das Ergebnis aller bisherigen Untersuchungen ist, daß die Individuenmenge der einzelnen Planktonarten sich im Ozean in große Volksmassen sondert, deren jede ihr Gedeihgebiet und ihren Volkskern besitzt und sich mit ihrem Randgebiet abnehmender Bevölkerungsdichte mehr oder weniger weit nach Fläche und Tiefe peripher ausbreitet. Läßt sich nach diesen Erfahrungen noch von einer Gleichmäßigkeit der Verbreitung sprechen oder nicht?

Um diese Frage zu entscheiden, scheint mir das Zweckmäßigste, an einen Vergleich anzuknüpfen, den HENSEN in seinem Werk „Das Leben im Ozean“ (Ergebnisse der Plankton-Expedition, 1911, S. 19) angewandt hat, um die Verteilung des Planktons im Meere anschaulich zu machen. Er sagt dort nämlich, die Planktonten pflegten „wolkenartig verteilt zu sein“ ... „so wie an einem rings bezogenen Himmel doch die hoch schwebenden Nebelmassen etwas ungleichmäßig dicht verteilt sind“. Nach dem Verlauf der Isonephen trifft dieser Vergleich mit den Wolken noch genauer zu, als bisher vermutet werden konnte, denn jede Volksmasse läßt sich samt ihrem Kern und ihrem Absinkgebiete unmittelbar als Wolke betrachten, wenn wir uns auf den Boden des Ozeans versetzt denken, die Wassermasse des Meeres der Atmosphäre vergleichen und die in derselben verteilten Planktonten als die Wolkenbildner ansehen. Dann breitet sich in der Tat, so weit wir wandern mögen, eine ununterbrochene Wolkenschicht 3—5000 m über uns unter dem Wasserspiegel aus, die zwar hier und da sich dichter zusammenballt, dort lichter erscheint und bald etwas tiefer sich herabsenkt, bald höher zurückweicht, aber doch überall im wesentlichen die obersten 400 m erfüllt. Wir würden, wenn uns das Auge gestattete, mit einem Blick den ganzen Wasserspiegel vom Süden zum Norden und vom Osten zum Westen zu umfassen, nur wenige große Wolken erblicken, die als mächtig breite Wolkenstreifen oder gewaltige Wolkenmassen über uns schwebten und deren Ausmaße ihrer Größenordnung nach durchaus den großen Gliederungen der Ländermassen gleichständen. Ich glaube, es würde der Eindruck der Ruhe und Gleichmäßigkeit dieser Bewölkung ein ganz überwältigender sein, der auch dadurch nicht beeinträchtigt werden würde, daß im Laufe von Wochen und Monaten sich diese großen Wolkenmassen langsam gegeneinander verschöben, an einzelnen Stellen verdichteten und an anderen aufhellten. Im Gegenteil die Zeit, die nötig sein würde, solche Ver-

änderungen wahrzunehmen, würde den Eindruck noch ganz gewaltig steigern und als Bild der räumlichen und zeitlichen Größe dieses Naturgeschehens sich der Seele unvergeßlich einprägen.

Dies Bild gilt uneingeschränkt, solange man die Gesamtheit aller Pflanzen oder aller Schaffer (Produzenten) im Auge hat; es paßt auch für alle allgemein verbreiteten und häufiger auftretenden Pflanzen. Je mehr sich aber das Vorkommen auf bestimmte Gebiete beschränkt, um so mehr nähert sich dann die Verteilung derjenigen einzelner Wolken, so z. B. diejenige von *Coccolithophora fragilis* oder der Euglenide des Guineastroms. Auch bei diesen Formen aber bleibt die Erstreckung über weite Flächen und die ruhige, langsam erfolgende Form- und Dichtewandlung bestehen. Ja, es gleichen die Volksmassen der Planktonten auch darin Wolken, daß sie wie diese oft ihren Ort bewahren, obwohl das Medium und die Wolkenbildner, die Planktonten, in steter Wanderung begriffen sind. So strömt das Wasser des südäquatorialen Stromzirkels ständig weiter und führt die in ihm lebenden Planktonten mit sich fort; aber erst mit dem Eintritt der höheren Breiten, in denen das Wasser des Stromes sich abkühlt, verdichtet sich unter dem fördernden Einflusse dieser Temperaturabnahme die Volksmenge von *Pontosphaera huxleyi* mehr und mehr, erreicht ihre größte Dichte während der weiteren Reise und sinkt wieder auf den Durchschnitt herab, wenn die Wasserwärme im äquatorialen Gebiete tropische Höhe erreicht. In jeder nachfolgenden Wassermasse spielt sich der gleiche Verdichtungsvorgang seiner Bevölkerung ab, und so bewahrt, von den jahreszeitlichen Verschiebungen abgesehen, das Gebiet größter Volksdichte stets die gleiche Lage, obwohl Wasser und Bewohner fortwährend wechseln; ganz wie die Wolkenmassen, die an der Windseite eines Gebirgskammes hängen und doch stetig von neuen Luftmassen neu gebildet werden.

Schwieriger wird die Antwort auf unsere Frage, wenn man sich nicht mit der allgemeinen Verteilung der Volksmassen im Ozean begnügt, sondern die Verteilung innerhalb einer solchen Masse betrachtet. HENSEN hat die Gleichmäßigkeit in erster Linie auf die horizontale Verbreitung bezogen; daß mit der Tiefe ein sehr schneller Wechsel der Volkszahl eintreten muß, geht schon allein aus dem schnellen Wechsel hervor, dem Belichtung und Wärme in dieser Richtung unterworfen sind. Tatsächlich folgen sich hier denn auch die Isoplankten dicht aufeinander, und die ganze Linienfolge von der höchsten bis zur niedrigsten Volkszahl drängt sich auf den kleinen Abstand von 100—200 m zusammen. Von einer gleichmäßigen Verteilung im eigentlichen Sinne des Wortes kann

hier also unmöglich gesprochen werden, und doch sind die Bedingungen, von denen die Dichteverteilung hier abhängt, genau dieselben wie in horizontaler Richtung.

HENSEN hat bereits in der ersten Arbeit, in der er die quantitative Forschungsmethode 1884 begründete<sup>6)</sup>, diese Bedingungen

<sup>6)</sup> Ich führe hier aus der ersten Arbeit HENSEN's, in der er diese Fragen behandelt (Vorkommen und Menge treibender Fischeier, 1884 in: IV. Ber. Kommiss. Unters. Deutsch. Meere i. Kiel), nachstehende Stellen an:

„Für die schwimmenden Eier kommt in Betracht, daß dieselben allmählich gleichmäßig in dem ihnen frei stehenden Meeresraum sich verteilen werden, wenn ihnen dafür genügende Zeit verbleibt! Ich muß gestehen, daß ich diesen Satz als selbstverständlich betrachtet habe und es daher unterließ, experimentelle Daten zu sammeln . . . Die Mechanik der Verteilung solcher Körper durch Schütteln habe ich nicht abgehandelt gefunden, jedoch steht ja die empirische Tatsache felsenfest, daß Schütteln und Rühren eine gleichmäßige Verteilung sowohl verschiedener fester Körper unter sich (z. B. Getreidekörner) als auch festerer Körper in Flüssigkeiten (z. B. zu Emulsionen) bewirken“ (S. 310 und 311).

„Sobald die Stöße unregelmäßig in allen Richtungen gehen, werden die Eier sich trennen. Jeder Radius des einzelnen Eies hat die gleiche Chance, getroffen zu werden, und da die Stöße in verschiedenen Richtungen gehen, werden sie auch die einzelnen Eier verschieden treffen. Je mehr die einzelnen Eier sich voneinander entfernen, desto mehr nimmt, und zwar proportional dem Kubus der Entfernungen, die durchschnittliche Wahrscheinlichkeit ab, daß sie sich in meßbarer Zeit wieder treffen könnten“ (S. 311).

Eine experimentelle Feststellung der Zerstreungsschnelligkeit wäre sehr wünschenswert, ist aber für den Ozean schwer ausführbar. HENSEN führt an, daß 3 gläserne Schwimmkörper, die nach Art der Aräometer nur wenig aus dem Wasser tauchten, bei sehr unbedeutenden Wellen, aber ziemlich starkem Westwind im Kieler Hafen in 10 Minuten 3 m auseinander gingen, das wären in 1 Stunde 18 m und in 24 Stunden 432 m, also noch nicht 0,5 km. HENSEN hat diesen Versuch später mit 10 Glaskugeln wiederholt und das gleiche Ergebnis erhalten. Das ist aber alles, was wir bisher wissen.

In einer 1912 erschienenen Arbeit (Feststellung der Unregelmäßigkeiten in der Verteilung der Planktonen, Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Neue Folge, Abteilung Kiel, Bd. 14, S. 202) sagt HENSEN ferner: „Es war mir ein recht großes Ereignis, als ich fand, daß die Planktonen gleichmäßig verteilt seien. Erst später erkannte ich, daß sie gleichmäßig verteilt sein müßten; wie man ja alle Konsequenzen aufgefundenen Gleichungen auch nicht sogleich zu erkennen pflegt. Die weitere Konsequenz, die jetzt erst gezogen werden kann, ist die Aufgabe, zu erklären, wie die Ungleichmäßigkeiten entstehen müssen. Diese Ungleichmäßigkeiten sind z. T. mehr lokaler Art, z. T. scheiden sie größere Regionen voneinander. Die Ursachen können im Salzgehalt, Temperaturen, Wassertiefen und Strömungen, dem Einfluß des Ufers und so manchen anderen Verhältnissen gefunden werden; das läßt sich zurzeit kaum übersehen. Der Kern solcher Ungleichmäßigkeiten liegt aber in den biologischen Eigenschaften der Organismen, die mit den physischen Verhältnissen in Wechselwirkung treten. Die in den verschiedensten Richtungen ausgebildeten Eigentümlichkeiten der Lebewesen sind es doch, die die außerordentliche Mannigfaltigkeit der Gestalten und der Lebensweise hervorgerufen haben dürften.“

klar bezeichnet. Es sind die beiden grundlegenden Unterschiede der Lebensbedingungen im freien Wasser des Ozeans gegenüber denen des Landes: die Einförmigkeit und Beständigkeit der wenigen Lebensbezirke im Meer gegenüber dem steten Wechsel zahlloser Lebensgebiete auf dem Lande und der fortwährende Ausgleich, den die zerstreuende Kraft des stets bewegten Wassers allen zufälligen und vorübergehenden Störungen der Bevölkerungsdichte im Meere gegenüber bewirkt, während auf dem Lande jeder solche Ausgleich fehlt. Muß schon die Gleichheit der Existenzbedingungen und ihr streng gesetzmäßiger Wechsel in jedem Ozeanbecken die Besiedelung des Wassers sehr gleichartig gestalten, so schafft nun die stete Bewegung des Wassers eine derartig gleichmäßige Verteilung der einzelnen Individuen an jedem Ort, daß eine einzelne Stichprobe mit Netz oder Schöpfapparat dem Meere entnommen im allgemeinen eine zuverlässige Auskunft über die Besiedelungsart und Besiedelungsstärke desjenigen Lebensbezirkes liefert, dem die Probe entnommen ist. Mit anderen Worten, die Bevölkerung einer Wasserprobe im Ozean ist für den Ort und die Zeit, an dem sie entnommen wurde, **bezeichnend und nicht zufällig**. **Diese Eigenschaft des Planktongehaltes einer Wasserprobe, ebenso genau der biologische Ausdruck für die Eigenart des Untersuchungsgebietes zu sein**, wie die chemisch-physikalischen Eigenschaften derselben den hydrographischen Charakter des Gebietes zum Ausdruck bringen, ist das für die Forschung Bedeutsame, und überall, wo Planktonproben diese Eigenschaft besitzen, ist die Verteilung der Planktonen im Meer „**gleichmäßig genug**“, um quantitativer Forschung als Grundlage zu dienen.

Kehren wir nun zu der Verbreitung der Volksdichte in den einzelnen Volksmassen zurück. Von einem Sichgleichbleiben der Volkszahl ist hier streng genommen räumlich und wahrscheinlich auch zeitlich keine Rede. Liegt der Kern in der Tiefe, so sinkt vielmehr die Dichte peripherwärts fortschreitend stetig bis zum Nullpunkt hinab, in vertikaler Richtung schneller, in horizontaler langsamer, aber nach allen Seiten in gleichem Sinne. Ist im Meerespiegel die Volksdichte am stärksten, so sinkt die Zahl nur nach den Seiten und nach der Tiefe hin ab, aber der stetig fortschreitende Wechsel ist der gleiche wie dort. Trotzdem ist jede Wasserprobe, die wir dem Wohngebiet der Volksmasse entnehmen, wie alle hier besprochenen Untersuchungen beweisen, durchaus bezeichnend für den Teil der Volksmasse, dem sie entnommen wurde. Folglich ist auch hier die Verteilung in jedem Teile der Siedelung so gleichmäßig und frei von zufälligen Störungen, daß eine einzelne

Probe zur Feststellung der eigenartigen Bevölkerungsdichte ausreicht.

Das Gefüge der Volksmassen, wie es in den Kurvenbildern und vor allem in den Querschnitten uns entgegentritt, ruft leicht den Eindruck hervor, als ob der Volkskern der Ausgangspunkt einer örtlich beschränkten starken Vermehrung gewesen wäre und nun von hier aus eine immer weiter vordringende Zerstreung der im Überschuß erzeugten Individuen nach allen Seiten hin eingesetzt habe. Ein solcher Vorgang ist aber von vornherein ausgeschlossen, weil die Zerstreungsgebiete viel zu groß sind, um von den uns bekannten zerstreuenden Kräften bewältigt werden zu können. Die Planktonen entbehren zum Teil, wie die Mehrzahl der Diatomeen, völlig einer eigenen Bewegung, und bei den beweglichen Formen, wie den Coccolithophoriden und Peridineen, ist die Kraft dieser Bewegung so gering, daß sie in 24 Stunden bei ununterbrochen geradliniger Fortbewegung nur einige Meter würden zurücklegen können. Da die Bahn aber normalerweise eine Spirallinie darstellt, würde die tatsächliche Leistung noch weit geringer sein. Für die zerstreuende Kraft des bewegten Wassers hat HENSEN eine Leistung von noch nicht 0,5 km in 24 Stunden experimentell nachgewiesen. Sie mag unter Umständen sehr viel größer sein. Zur Erklärung der Verbreitung der Volksdichte in den Volksmassen würde sie auch dann nicht ausreichen. Damit fällt auch die Möglichkeit fort, sie in der peripheren Ausbreitung gelöster, die Vermehrung steigernder Stoffe vom Volkskern aus zu finden, und es bleibt einzig und allein die Wirkung der Existenzbedingungen, unter denen die Planktonen an jedem Ort ihres Wohngebietes stehen, zur Erklärung übrig. Das wird noch einleuchtender, wenn man die konstruierten Kurvenbilder in Gedanken in den Ozean überträgt, so daß Längen- und Tiefenmaße in das richtige Verhältnis zueinander kommen. Dann schwindet die Ähnlichkeit der Bilder mit Zerstreungsvorgängen vollständig, weil nun die Tiefenausdehnung ganz und gar gegenüber der Flächenerstreckung zurücktritt, und die ganz verschiedene Bedeutung der wagerechten und senkrechten Abschnitte der Iso-planktonen offenbar wird. Jene werden durch den Wechsel der Existenzbedingung bestimmt, der mit den Tiefenunterschieden verknüpft ist, diese dagegen bringen den Wechsel zum Ausdruck, der in der Flächenerstreckung des Wohngebietes durch die Abgrenzung der hydrographischen Gebiete gegeben ist.

Wären die Beziehungen zwischen den hydrographischen Eigenschaften des Meerwassers und der Volksdichte der Planktonen

einfacher Natur, so müßte es möglich sein, einen zahlenmäßigen Ausdruck dafür zu finden. Natürlich würde für jede Art ein besonderer Wert zu suchen sein, da ja eine jede ein anderes Verhältnis zu den einzelnen chemischen und physikalischen Eigenschaften hat. Nun ist aber die Volksdichte das Ergebnis aus zwei biologischen Vorgängen, die zwar in mancherlei Wechselbeziehungen stehen, aber im Grunde doch unabhängig voneinander sind: Vermehrung und Vernichtung, Entstehen und Vergehen, Geburt und Tod. Nur das Entstehen ist ausschließlich in den Lebensvorgängen der betreffenden Art begründet, deren Kurvenbild wir untersuchen, das Vergehen hängt dagegen zum großen Teile von anderen Organismen ab, die von dieser Art als Fresser oder als Parasiten sich nähren. Dazu kommt, daß die Vermehrungsfähigkeit eine sehr verschieden große ist. Kurzlebige und einzellige Organismen vermehren sich im allgemeinen sehr viel schneller und stärker als langlebige und vielzellige Wesen. Daher sind die Nannoplanktonten in der Lage, viel schneller Schädigungen durch Fresser wieder auszugleichen als größere Formen und viel schneller allen Änderungen der Lebensbedingungen durch Steigerung oder Minderung der Vermehrung zu folgen. Bei ihnen muß es daher am ersten möglich sein, festzustellen, in welchem Verhältnis beide zueinander stehen. Es ist aber von vornherein unwahrscheinlich, daß die Volksdichte in direkter Abhängigkeit von bestimmten chemischen oder physikalischen Faktoren steht, da sie keine einzelne Leistung des Organismus ist, sondern selbst erst aus dem Zusammenwirken verschiedener Kräfte hervorgeht. Damit stimmt auch das Ergebnis der hier vorgelegten Untersuchungen überein. Es kommt hinzu, daß auch die Vermehrungsstärke nicht nur von äußeren Verhältnissen, sondern auch von Zuständen des Organismus selbst abhängig ist. Die gleiche Änderung der äußeren Existenzbedingungen wird also, je nach dem das Vorleben des Organismus ein verschiedenes ist, ganz verschiedene Folgen haben.

Zum Schlusse bleibt noch die Frage übrig, wie die zahlreichen Arten von Planktonten, die gleichzeitig dieselbe Wassermasse bewohnen, sich zueinander verhalten, also vor allem, ob etwa die Volksmassen und ihre Kerne die gleiche oder ähnliche Lagerung zur Tiefe und Flächenausdehnung haben oder ob sie von Art zu Art verschiedene Lagerung und Größe aufweisen. Die sieben Arten von Coccolithophoriden, deren Kurvenbilder aus dem Querschnitt des Südäquatorialstromes zur Gewinnung der räumlichen Vorstellung der Volksmasse verwendet wurden, geben hierüber bereits Aufschluß; denn sie stehen bei beträchtlicher Übereinstimmung in der Lagerung

## Neue Untersuchungen über die Verteilung des Planktons im Ozean. 121

auf sehr verschiedenen Dichtigkeits- und Größenstufen, und die Verbreitungsskizzen von *Pontosphaera huxleyi* und *Calypptosphaera oblonga* machen es deutlich, daß dies auch gar nicht anders sein kann, so lange die einzelnen Arten sich den einzelnen Existenz-

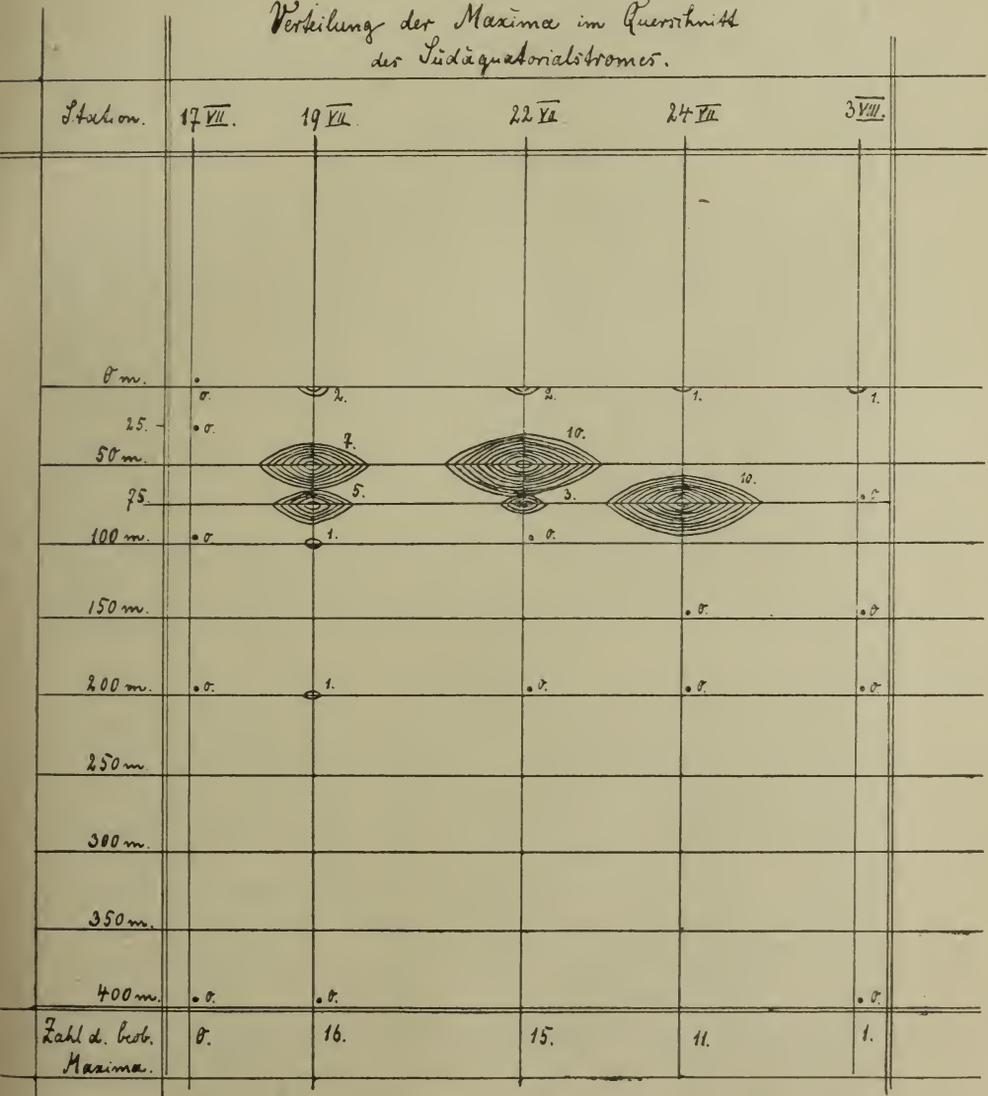
Verteilung der Maxima im Querschnitt  
des Südäquatorialstromes.

Fig. 10. Verteilung der Volkdichte-Maxima von 43 Planktonen im Querschnitt des Südäquatorialstromes. Die Zahl der um jeden Beobachtungspunkt gezogenen Ringe gibt die Zahl der dort gefundenen Maxima an.

bedingungen gegenüber verschieden verhalten. Es wäre aber denkbar, daß aus mechanischen Gründen die größte Volksdichte innerhalb eines Stromquerschnittes sich an bestimmten Stellen desselben ausbilden müßte, etwa in der Stromachse oder am Außenrande. Etwas Derartiges läßt sich jedoch nicht nachweisen. In Figur 10 habe ich für den Südäquatorialstrom die Lage der größten Volksdichte für 43 verschiedene Planktonten eingetragen, und zwar in der Weise, daß jede zweite, dritte und folgende Beobachtung an einem Punkte durch eine neue Ringlinie um diesen ausgedrückt ist, die Zahl der Ringe also die Zahl der Arten ergibt, welche hier ihr Maximum hatten. Es zeigt sich nun, daß von den 43 Maxima nur 2 auf die Tiefen von 100 und mehr Metern und nicht mehr als 6 auf den Meeresspiegel kamen, alle anderen 35 dagegen auf die Tiefen zwischen 0 und 100 m fielen. Das stimmt mit dem allgemeinen Verhalten der Volkskerne auf den Fahrtschnitten der weiter oben näher besprochenen Arten überein und zeigt, daß dasselbe auch für andere Formen in gleicher Weise gilt. Außerdem aber ergibt sich, daß innerhalb dieser Tiefenlage die Strommitte 13, die südliche Stromhälfte 10 und die nördliche Stromhälfte 12 Maxima besaß, also entschieden eine gleichmäßige Verteilung der Volkskerne über dem Stromquerschnitt statt hat. An den Grenzstationen allerdings fanden sich gar keine Maxima; aber strenggenommen sind sowohl der 17. VII. wie der 3. VIII. bereits zum Guineastrom und Brasilstrom zu rechnen, gehören also anderen Stromgebieten an.

Diese Verbreitung ist verständlich. Die Tiefenlage der Volkskerne ist von ganz allgemein gültigen Verhältnissen abhängig, unter denen die Belichtung und die Lage der Sprungschicht und der Reibungstiefe sicher von großer Bedeutung sein werden. Die „Breitenlage“ aber wird durch das verschiedene Geschick bestimmt, dem die einzelnen Stromfäden auf ihrer Bahn unterworfen sind. Im Südäquatorialstrom z. B. sind die südlich gelegenen Stromfäden mehr dem Einfluß niedriger Temperaturen entzogen als die der nördlich liegenden Gebiete. Dazu kommen die Unterschiede in der Stromschnelligkeit, auf die oben hingewiesen wurde. Das muß zur Folge haben, daß ein Teil der Arten vielleicht nur im nördlichen (etwa wärmeempfindliche Formen) oder südlichen (z. B. kälteempfindliche Arten) Teile gedeihen und bei überall im Querschnitt gedeihenden Arten die Maxima zuerst in der einen Querschnittshälfte auftreten und dann allmählich durch die Mitte hindurch zur anderen Seite hinüberwandern. Es ist anzunehmen, daß

im Kurvenverlauf eine derartige Verlagerung des Volkskernes zum Ausdruck kommen würde, und ich erinnere daran, daß sich uns bei der Besprechung der Kurvenbilder in Fig. 3 tatsächlich aus dem eigenartigen Verlauf der Isoplankten eine derartige Kernwanderung nahe legte (Seite 81). Im allgemeinen scheint jede Art im Stromquerschnitt nur einen Volkskern zu bilden, abgesehen von den Gebieten, in denen auch hydrographisch eine Aufteilung des Stromes in verschiedene Bänder erfolgt, wie bei dem Begegnen von Brasil- und Falklandstrom im Süden und der Ausbreitung der Golftrift im Westen Europas.

Unsere Untersuchungen haben die Verwendbarkeit der Isokurven für die Planktonforschung erwiesen und zugleich gezeigt, daß ihre Anwendung zu sehr bemerkenswerten Ergebnissen führt. Um die Verbreitung irgendwelcher biologischer Verhältnisse im Raum klar und wissenschaftlich genau darzustellen, sind sie zweifellos auch für die Biologie die geeignetste Kurvenform, und wo eine Vergleichung mit meteorologischen und hydrographischen Isokurven notwendig wird, sind Isobien sogar für eine streng wissenschaftliche Untersuchung unmittelbar zu fordern. Wie schon in der Einleitung betont wurde, sind hier nur Kurven gleicher Volksdichte behandelt, während alle anderen Isobien zunächst unberücksichtigt gelassen sind. Die Methode ist daher noch außerordentlich erweiterungsfähig, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Gleichheitskurven in der Hydrobiologie allmählich eine ebensolche Bedeutung gewinnen werden wie in der Hydrographie.

Bezeichnend für die Isonephen des Özeanplanktons ist die Gliederung in geschlossene Systeme für gesonderte Volksmassen, innerhalb deren sie konzentrisch um einen Kern angeordnet sind, und die Gebundenheit dieser Massen an die durch die Oberflächenströme unterschiedenen großen Meeresgebiete, die im wesentlichen auf die oberen 150 m beschränkt sind. Selbstverständlich kann dies letztere nicht für die eigentlichen Tiefenformen gelten, auf die meine Untersuchungen sich bisher nicht erstrecken. Die einzelnen Volksmassen haben im Ozean gewaltige Ausdehnung.

In den Mittelmeeren und Randmeeren werden die Gliederungen bereits sehr viel geringeren Umfang haben, und am kleinsten werden sie naturgemäß in den Süßwasserbecken sein. Ob sie aber überhaupt außerhalb der Ozeane so scharf ausgebildet vorkommen, kann erst durch besondere Untersuchung erkannt werden. Ebenso muß vorerst

ungewiß bleiben, inwieweit auch in den Seen und Teichen solche Sonderungen von Volksmassen eintreten, da in ihnen die Zirkulation und die Durchschüttelung des Wassers eine steigende Bedeutung erhält und in den kleinsten Wasserbecken selbst die Eigenbewegung der Planktonten Einfluß gewinnen kann. Auf jeden Fall wird mit abnehmender Größe der Wasserräume auch die Beständigkeit der Massenordnungen abnehmen und im Süßwasser der jahreszeitliche Wechsel in der vertikalen Wärmeverteilung von großem Einfluß sein. Endlich werden bei den engen räumlichen Ausmaßen örtliche Einflüsse sich immer mehr geltend machen und in den Flüssen, vor allem in den den Gezeiten unterworfenen Mündungsgebieten, ganz überwiegen.

Die klarsten Bilder und den größten Gewinn werden die Isonephen daher aller Voraussicht nach im Ozean ergeben, und künftige Forschungsreisen würden die Beobachtungen für sie zu liefern haben. Nach meiner Erfahrung wird es nun möglich sein, die Kurven bereits während der Fahrt selbst zu entwerfen, wenn hierzu auch nur einige besonders geeignete Planktonten auszuwählen sein werden. Allerdings setzt das die Zählung lebenden Planktons voraus, die aber zum Erforschen der vielen wichtigen, skelettlosen Flagellaten des Kleinplanktons von vornherein gar nicht zu umgehen ist. Dafür wird man nach den Ergebnissen der Untersuchung unter Umständen einen bestimmten Meeresteil besonders eingehend untersuchen oder auch die Fahrtlinie ändern können, um die Volkskerne oder Volksgrenzen aufzusuchen. Besonders wichtig würde es sein, die Fahrtlinie von vornherein so zu wählen, daß wenigstens einer der großen ozeanischen Stromzirkel in zwei aufeinander senkrecht stehenden Linien der ganzen Ausdehnung nach durchschnitten würde, so daß sowohl durch die Halostase wie durch die umkreisenden Ströme gute Schnitte in größerer Zahl und an Punkten möglichst verschiedenen Charakters erhalten würden.

Es wäre ferner dahin zu streben, daß die der Untersuchung dienende Wassermenge so gesteigert würde, daß sämtliche Protistengruppen, insbesondere auch die Globigerinen, Radiolarien und Tintinnen, sowie die größeren Diatomeen und Peridineen-Formen (Ceratien, Peridinium, Rhizosolenien usw.) mit ausreichender Genauigkeit in ihrem Auftreten verfolgt werden können. Dazu würde wahrscheinlich eine Erhöhung der Wassermenge auf 3 Liter schon genügen. Es würde dadurch zugleich eine erfolgreiche Untersuchung der größeren Tiefen ermöglicht werden, die bisher an der Kleinheit der Wasserproben scheitert.

Für die Lehre von der Verbreitung der Arten im Meer verspricht die Verwendung der Isoplankten schließlich dadurch von großer Be-

deutung zu werden, daß durch sie die Wichtigkeit der Gliederung des ganzen Wohngebietes in Volksmassen, Gedeih- und Kümmergebiete klar herausgestellt wird, während zugleich die Unsicherheit der äußersten Umgrenzung des Wohngebietes sich bei der Zeichnung der Kurven auf Schritt und Tritt bemerkbar macht. Vor allem aber zwingen die Isokurven, da sie in ein Abbild des Lebensraumes hineingezeichnet werden, zur strengsten Beachtung der geographischen Verhältnisse und gestatten zugleich eine durchaus anschauliche Darstellung in Karten und Schnittbildern, die den einfachen Zahlentabellen an Gehalt und Benutzungsmöglichkeit weit überlegen sind. Doch bleibt selbstverständlich die Beigabe der Tabellen als Grundlage der Zeichnungen und um eine Nachprüfung jederzeit zu ermöglichen, durchaus notwendig.

Indem aber so die äußere Umgrenzung und die innere Gliederung der Wohngebiete in gleich zuverlässiger, objektiver Weise festgestellt werden, tritt sofort klar hervor, daß die Kennzeichnung der einzelnen Formen als Warmwasser-, Kaltwasser- und Kühlwasser-Formen usw. nur erfolgen darf nach der Lage der Gedeihgebiete, während die Grenzen des Wohngebietes zum allergrößten Teil von den Zirkulationsverhältnissen des Meeresbeckens, daneben natürlich auch von der Enge oder Weite der Existenzmöglichkeiten der betreffenden Organismen abhängen. Doch spielt hierbei die Schnelligkeit, mit der bei der Ausbreitung die Lebensbedingungen sich ändern, eine große Rolle, außerdem die Größe und Häufigkeit der Einwanderungen in die Grenzgebiete. Eine Art kann in allen Ozeanen und in allen Breiten leben, trotzdem aber nur im warmen Wasser gedeihen. Nach den Gedeihgebieten werden immer biologisch klare Gruppen von Organismen (Tropen-, Polar-, Mischgebiet-, Hochsee-, Küsten-, Brackwasser-Formen usw.) zu unterscheiden sein, während die Grenzlinien ihrer Wohngebiete, je umfangreicher und genauer die Beobachtungen werden, um so mehr ineinander übergehen und sich schneiden werden, so daß das Verbreitungsbild immer unverständlicher wird. Ganz besonders wertvoll aber wird es sein, die Beziehungen zu untersuchen, die zwischen der Ausbildung von Unterarten und der Gliederung der Völker bestehen.

#### Erklärung der Tafeln und Tabellen.

Tafel I. Isoplankton des Fahrtsschnittes der Deutschland für die Gesamtzahl der Pflanzen und einige Coccolithophoriden-Arten aus dem Zentrifugplankton des Atlantischen Ozeans von der Westwindtrift in 47° n. Br. bis zum Falklandstrom in 40° s. Br. — In den Fahrtsschnitt für *Calyptrosphaera oblonga* sind außerdem die für das Vorkommen dieser Art wichtigsten Isohyden eingezeichnet.

Tafel II. Kurvenbilder zur Feststellung der Gestalt eines Volkskörpers in einer ozeanischen Strömung. — 1. Die 7 durch Beobachtung gewonnenen Querschnittbilder, die zur Grundlage der Feststellung dienten. — 2. Konstruierter Längsschnitt durch die Strommitte. — 3. Konstruierter Flachschnitt in der Oberfläche des Stromes. — Der Abstand der Querschnitte voneinander ist des Raumes wegen viel zu eng genommen und muß als vielfach größer angenommen werden.

Tabelle: Zahlenwerte für die Fahrtschnitte auf Tafel I. Alle Zahlen gelten für 1 Liter Wasser und sind durch Zentrifugierung von je 300 ccm geschöpften Wassers und sofortige Zählung der im Sediment enthaltenen lebenden Organismen während der Fahrt gewonnen.

## Nachweis des ersten Prämolaren an einem jugendlichen Oberkiefergebiß von *Stegodon Airavana* MART.

VON W. JANENSCH<sup>1)</sup> und W. DIETRICH.

Mit Tafel III.

Bei einer Durchsicht der Materialien der SELENKA'schen Ausgrabungen in den diluvialen Pithekanthropusschichten von Trinil auf Java fand sich eine bisher der Untersuchung entgangene kleine rundlich-kuppige Zahnkrone, die bei einem von uns (JANENSCH) sogleich den Verdacht erweckte, daß sie zu *St. Airavana*, der einzigen *Stegodon*-Art<sup>2)</sup> der Trinilschichten (=Kendengschichten), gehöre. Bei näherem Zusehen ergab sich, daß dieser Zahn sehr gut über die Zahnwurzelhöhle paßt, die sich an einem jugendlichen rechten Ober-

<sup>1)</sup> Die vorliegende Arbeit stellt einen Nachtrag zu meiner Abhandlung über die Stegodonschädel von Trinil dar. (W. JANENSCH, Die Proboscider-Schädel der Trinil-Expeditions-Sammlung. In M. LENORE SELENKA und M. BLANCKENHORN, Die Pithecanthropusschichten auf Java. Leipzig 1911, S. 151—195.) Im Interesse der Sache begrüße ich es mit Freude, daß mein Mitarbeiter seine Erfahrung auf dem Gebiete fossiler Proboscider dieser Untersuchung einer schwierigen aber zugleich auch interessanten Frage zugute kommen ließ. Ich benutze die Gelegenheit, einige Druckfehler in der genannten Arbeit richtigzustellen, die dem Umstande zuzuschreiben sind, daß ich während der Drucklegung infolge Teilnahme an der Tendaguru-Expedition abwesend war. J.

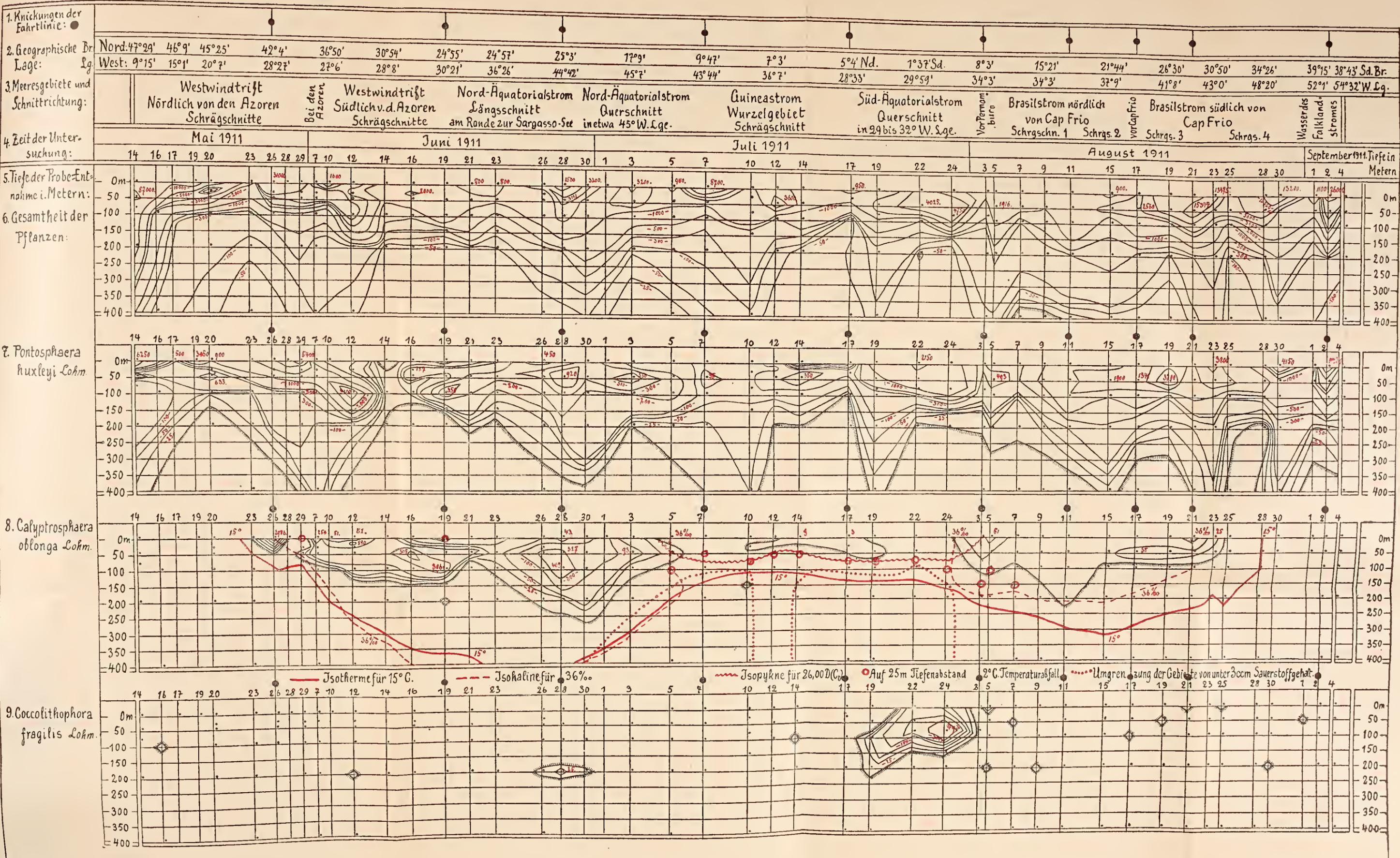
Taf. XXII, Fig. 3 ist  $M_1$  (statt  $Mm_1$ ).

Taf. XXIII, Fig. 1—3 ist oberer rechter  $Mm_1$  (statt unterer).

Auf Taf. XXV, im Text und in der Tafelerklärung sind „Fig. 2“ und „Fig. 3“ zu vertauschen. Die Abbildungen auf Taf. XXV sind nicht nat. Gr., sondern verkleinert. Fig. 2 und 3 in  $\frac{1}{2}$  n. Gr., Fig. 1 und 4 sind stärker verkleinert. S. 194 Zeile 5 von oben ist zu lesen: Padang statt Gendinjan.

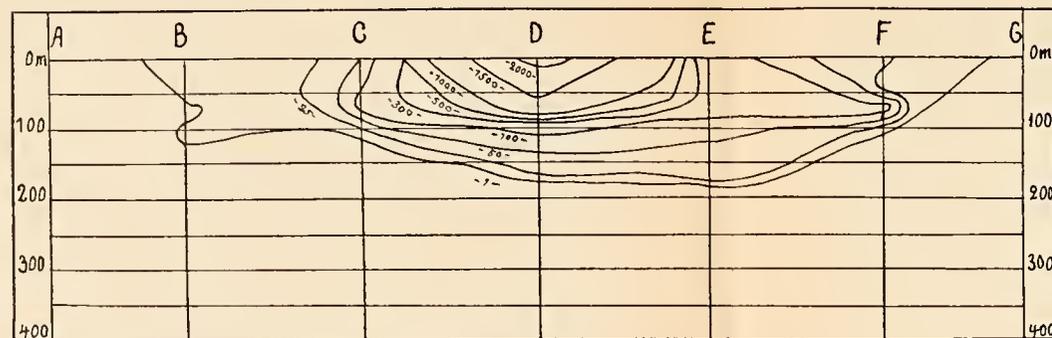
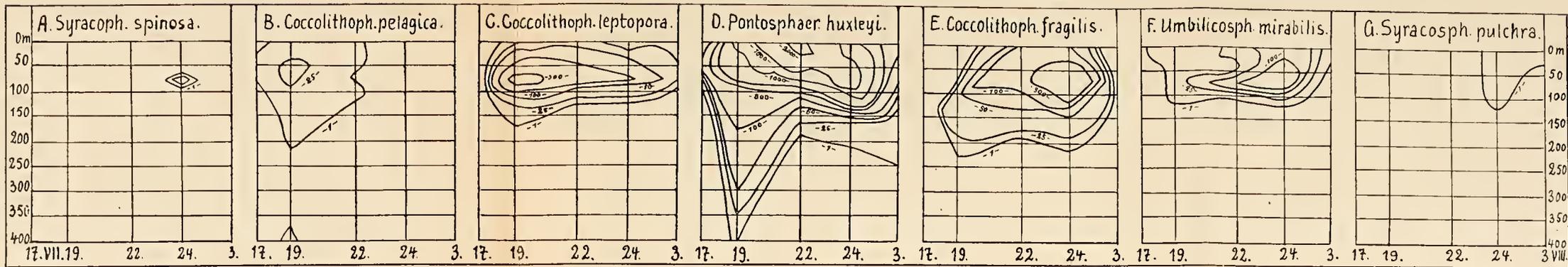
<sup>2)</sup> *Stegodon trigonocephalus* MARTIN, die zweite aus den Kendengschichten angegebene Art, läßt sich nicht aufrechterhalten, sondern ist mit *St. Airavana* zu vereinigen, wie besonders das von ELBERT gesammelte, von W. SOERGEL (Stegodonten aus den Kendengschichten auf Java. Palaeontographica. Supplement IV, Stuttgart 1913) beschriebene Material, aber auch das Studium der MARTIN'schen Veröffentlichungen lehrt. (Anm. von DIETRICH.)

# Bevölkerungsschnitte für das Centrifugenplankton des Atlantischen Ozeans von der Westwindtrift in 47°Nd.Br. bis zum Falklandstrom in 39°Sd.Br

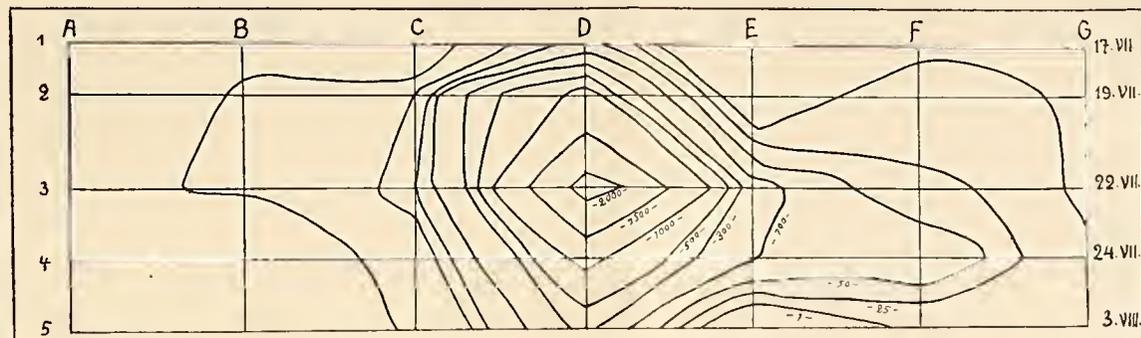




I. Die beobachteten Querschnitte aus dem Südäquatorialstrom.



II. Konstruierter Längsschnitt, Strommitte.



III. Konstruierter Flachschnitt i d. Oberfläche:



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin](#)

Jahr/Year: 1916

Band/Volume: [1916](#)

Autor(en)/Author(s): Lohmann Hans

Artikel/Article: [Neue Untersuchungen über die Verteilung des Planktons im Ozean. 73-126](#)