

*TORBJÖRN GAARDER*

---

DIE WASSERSTOFFIONEN-  
KONZENTRATION DES MEERWASSERS  
IM ÖSTLICHEN TEIL DES NORD-  
ATLANTISCHEN OZEANS

MIT 10 FIGUREN

## DIE WASSERSTOFFIONENKONZENTRATION DES MEERWASSERS IM ÖSTLICHEN TEIL DES NORD- ATLANTISCHEN OZEANS

VON TORBJÖRN GAARDER

(Manuskript am 10. Oktober 1925 von der Geophysikalischen Kommission empfangen.)

### Einleitung.

Seitdem Palitzsch auf der »Thor«-Expedition zum Mittelmeer im Jahre 1910 seine Untersuchungen über die Wasserstoffionenkonzentration des Meerwassers mittelst der kolorimetrischen Methode von Sørensen und Palitzsch ausführte, sind zahlreiche Untersuchungen über die Reaktionsverhältnisse des Meerwassers ausgeführt worden.

Über die Reaktion des Meerwassers im offenen Atlantischen Ozean liegt aber bis jetzt sehr wenig Observationsmaterial vor. Wir haben die Resultate der Untersuchungen von Palitzsch (1912) die Westküste Europas entlang (in der Bucht von Biscaya und gerade außerhalb der Westküste Portugals), eine vorläufige Mitteilung von Helland-Hansen (1914) über die Resultate der Untersuchungsfahrt des M/S »Armauer-Hansen« im Sommer 1913 westlich von Großbritannien, und die Untersuchungen von Brennecke (1921) auf der »Deutschland«-Expedition im Jahre 1912. Das Observationsmaterial von Brennecke ist ganz klein und stammt hauptsächlich aus dem Gebiet des Ozeans, das sich südlich von 30° N. B. befindet. Endlich haben wir die Untersuchungen, die auf der Expedition des M/S »Armauer-Hansen« im östlichen Teil des Nord-Atlantischen Ozeans im Sommer 1914 ausgeführt wurden.

Im folgenden werden wir das Observationsmaterial des M/S »Armauer-Hansen« aus den Jahren 1913 und 1914 näher betrachten. Der Reiseweg des M/S »Armauer-Hansen« und die Lage der hydrographischen Stationen sind in Fig. 1 dargestellt. Im Juli 1913 wurde das Meer westlich von Großbritannien untersucht. Es wurden zwei Schnitte gemacht die 19 Stationen umfassen, einen südlichen (Fig. 1, VII) und einen nördlichen (Fig. 1, VIII). Im Jahre 1914 wurden zur selben Jahreszeit (in den Monaten Juni—Juli) südlicher, zwischen Rockall und Madeira — den Azoren, Untersuchungen ausgeführt, die sechs Schnitte (Fig. 1, I—VI) mit 70 Stationen umfassen.

Die Karte Fig. 1, zeigt daß das untersuchte Meeresgebiet sich westwärts gegen die Nordatlantische Schwelle dehnt, und zwischen Island im Norden und Madeira und den Azoren im Süden liegt. Nur gelegentlich wurden Untersuchungen in größeren Tiefen als 2000 Meter gemacht. Das gesammelte Material dient somit hauptsächlich zur Erklärung der Verhältnisse zwischen der Oberfläche und Tiefen von bis zu 2000 Metern.

Mit Hilfe des Kippwasserschöpfers von Nansen wurden Meerwasserproben aus verschiedenen Tiefen gesammelt. Die Wasserstoffionenkonzentration der Wasser-

proben wurde bestimmt: Auf der Fahrt in 1913 von den Herren Professor B. Helland-Hansen und B. J. Birkeland, auf der Fahrt in 1914 von Herrn Birkeland und dem Verfasser. Die Bestimmung geschah vermittelt der kolorimetrischen Methode von Sørensen und Palitzsch (1910), unmittelbar nachdem der Wasserschöpfer auf das Deck gekommen war. Als Vergleichsflüssigkeiten wurden in 1913 die Boratmischungen von Sørensen (1910) gebraucht und in 1914 die Borax-Borsäuremischungen von Palitzsch (1915), mit Phenolphthaleïn und  $\alpha$ -Naphtholphthaleïn als Indikatoren. Die in den Meerwasserproben festgelegte Wasserstoffionenkonzentration,  $C_H$  (d. h. die Anzahl von Grammäquivalenten  $H$ -Ionen pro Liter), ist in Tab. 1 und 2, S. 20—23 durch den entsprechenden Wasserstoffionenexponent,  $p_H$ , angegeben (nach Sørensen ist bekanntlich  $p_H = -\log_{10} C_H$ )<sup>1</sup>. Der  $p_H$ -Wert der Tabellen ist für den »Salzfehler« (Sørensen und Palitzsch 1913) korrigiert.

Was die Genauigkeit der ausgeführten Messungen betrifft, mag das Folgende bemerkt werden. Sobald der Wasserschöpfer auf das Deck gekommen war, wurden Proben für die kolorimetrische Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration abgemessen. Vermittelt eines Glasrohres und eines Gummischlauches wurde das Meerwasser dem Boden entlang langsam in das Probeglas eingeführt. Dadurch wurde der Kohlensäureaustausch mit der Luftatmosphäre auf ein Minimum herabgesetzt. Jetzt wurde der passende Indikator zugesetzt und der kolorimetrische Vergleich mit der aus den Vergleichsflüssigkeiten hergestellten Farbenskala vorgenommen. Das Meerwasser wurde immer abgemessen, sobald es auf das Deck gekommen war, und hatte somit nicht Gelegenheit, seine Temperatur merkbar zu ändern. Wenn der kolorimetrische Vergleich ausgeführt wurde, war der Temperaturunterschied zwischen der Meerwasserprobe und der Farbenskala folglich oft ganz groß. In einer früheren Arbeit (1916—17, S. 27) erwähnte ich, daß man hätte untersuchen sollen, ob die Temperatur — nachdem der Indikator zugesetzt war — einen so großen Einfluß auf die  $p_H$ -Werte und auf die optischen Eigenschaften des Meerwassers und der Vergleichsflüssigkeiten hatte, daß es notwendig wird, die Temperaturverhältnisse durch die Verwendung passender Korrekturen zu berücksichtigen. Durch sorgfältige Versuche hat Kurt Buch (1917) nachgewiesen, daß dies für das Meerwasser nicht notwendig ist. Sowohl die optischen Eigenschaften als die Wasserstoffionenkonzentration eines Meer-

<sup>1</sup> In einer früheren Arbeit (Gaarder, 1916—17) machte ich den Vorschlag und die Anwendung der Hydroxylionen-Konzentration (der Hydroxylzahl)  $C_{OH}$ , als Maß der Reaktion des Meerwassers. Ich hatte die Erfahrung gemacht, daß viele Hydrographen und marine Biologen Schwierigkeiten hatten, sich einen richtigen Eindruck der Reaktion und deren Wechseln zu bilden, wenn der  $p_H$ -Wert als Maß diente. Dies war der ursprüngliche Grund dazu, daß ich die Konzentration der Ionen (d. h. die Anzahl der Grammäquivalente pr. L.) als Maß zu benutzen vorzug, weil dieses Verfahren sehr schwierig die Gelegenheit dazu geben konnte, eine unklare Auffassung von dem Wechseln der Reaktionsverhältnisse zu verursachen. Untersuchungen der letzteren Jahre auf dem Gebiete der Chemie und Biochemie haben bekanntlich noch mehr bestätigt, daß die Reaktion eines Mediums eine außerordentlich große Bedeutung hat für alle Prozesse, die hier verlaufen. Das Interesse für die Bedeutung und Festlegung der Reaktion des Mediums ist jetzt so allgemein geworden, daß sowohl Hydrographen als Biologen sich die notwendige theoretische Grundlage aus der physikalischen Chemie zu verschaffen suchen. Dadurch sind sie auch mit dem Gebrauch der Exponentialfunktionen vertraut geworden. In der Chemie und Biochemie verwendet man fast ausschließlich den Wasserstoffionenexponenten ( $p_H$ ) als Maß für die Reaktion eines Mediums. Für ozeanographische Untersuchungen ist es oft vorteilhaft, daß die Reaktion des Meerwassers durch die Konzentration angegeben wird, d. h. durch die Anzahl der Grammäquivalenten ( $H$ - oder  $OH$ -) Ionen pro Liter (vgl. auch Buch (1917), Schultz (1921)). Man kann doch vermittelt einer passenden Tabelle (Gaarder, 1916—17, S. 20) die zusammengehörenden Werte von  $p_H$ ,  $C_H$  und  $C_{OH}$  in einem Augenblick finden, und da es ja auch in der Ozeanographie vorteilhaft ist, denselben Maßstab für die Reaktion zu verwenden wie in der Chemie und Biochemie, wird im folgenden die Wasserstoffionenkonzentration des Meerwassers durch den entsprechenden  $p_H$ -Wert angegeben.

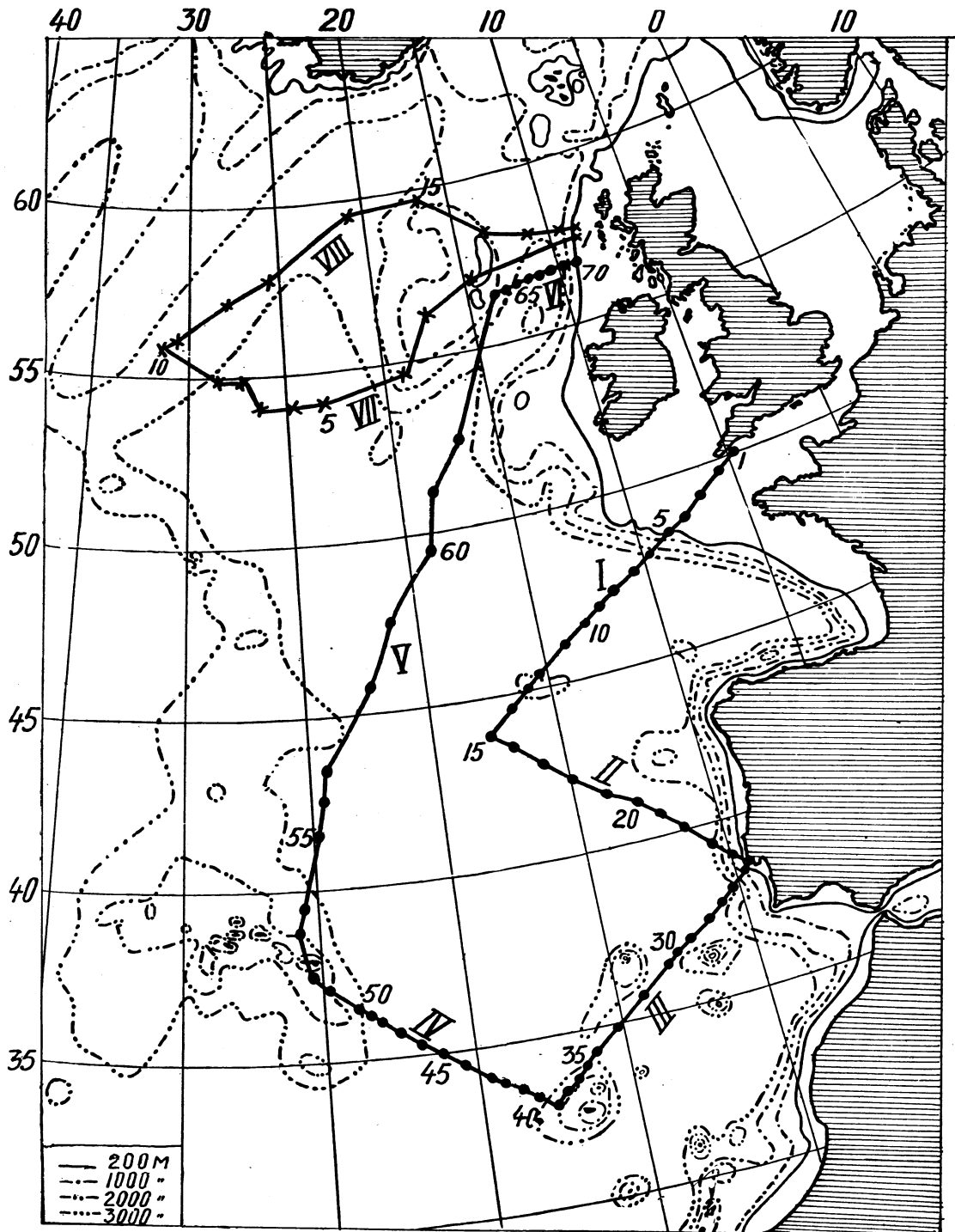


Fig. 1. Reiseweg des M/S »Armauer Hansen« im Atlantischen Ozean, 1913 und 1914.

★ Reiseweg und Lage der Stationen 1—19, Sommer 1913.

● Reiseweg und Lage der Stationen 1—70, Sommer 1914.

Die Linien der vertikalen Schnitte, die in den Figuren 3—10 reproduziert sind, sind auf der Karte mit den entsprechenden römischen Zahlen bezeichnet.

wassers, dem der Indikator Phenolphthalein oder  $\alpha$ -Naphtholphthalein zugesetzt ist, ändert sich so wenig mit der Temperatur, daß es ganz überflüssig wird diese Veränderungen zu berücksichtigen, wenn man sich erinnert bis zu welcher Genauigkeit die kolorimetrische Festlegung der Wasserstoffionenkonzentration sich ausführen läßt. Meerwasser von jeder Temperatur kann mit der Farbenskala von 18° C verglichen werden (bei dieser Temperatur haben Sørensen und Palitzsch die  $p_H$ -Werte der Vergleichsflüssigkeiten festgelegt), und für den gefundenen  $p_H$ -Wert ist folglich die einzig nötige Korrektur die des »Salzfehlers«.

Verschieden sind aber die Verhältnisse bei den Borax-Borsäuremischungen. Hier hat Buch (l. c.) nachgewiesen, daß sowohl die Wasserstoffionenkonzentration als die optischen Eigenschaften der Vergleichsflüssigkeit sich so merkbar mit der Temperatur ändert, daß man diese Änderung in Betracht nehmen muß. Für die Vergleichsflüssigkeit, d. h. für die Farbenskala ist es deshalb notwendig, passende Korrekturen einzuführen, sofern ihre Temperatur von 18° C abweicht.

Auf den Untersuchungsfahrten des M/S »Armauer Hansen« in den Jahren 1913 und 1914 wurde auf die Temperaturverhältnisse, der angewandten Farbenskala keine solche Rücksicht genommen. Die Vergleichsflüssigkeiten wurden im Laboratorium unter dem Deck aufbewahrt. Der kolorimetrische Vergleich zwischen der Meerwasserprobe und der Farbenskala geschah aber im allgemeinen auf dem Deck, und es ist schwierig zu sagen, wie groß die Temperaturschwankungen der Skala waren. Wenn auch die Untersuchungen im Sommer (zu der Zeit Juni—Juli) immer ausgeführt wurden, so müssen wir doch damit rechnen, daß durch die Temperatur eine gewisse Ungenauigkeit in die festgelegten  $p_H$ -Werte hineingekommen ist. Wie stark diese Ungenauigkeit sich in den  $p_H$ -Werten der Tab. 1—2, S. 20—23 geltend macht, darüber können wir nur annähernd einen Überschlag machen. Buch (l. c.) untersuchte erst den Einfluß der Temperatur auf die kolorimetrische Messung, nachdem er eine Reihe von Bestimmungen über den  $p_H$ -Wert des Meerwassers der Botnischen Bucht ausgeführt hatte. Da die Vergleichsflüssigkeiten nicht auf eine Temperatur von 18° C gehalten wurden, so waren die festgelegten  $p_H$ -Werte der Meerwasserproben mit einer gewissen Ungenauigkeit behaftet, und Buch erweiterte hier die Grenze der methodischen Fehlerbestimmung des  $p_H$ -Wertes mit einem Betrag von ca. 0,02 Einheiten. Sørensen und Palitzsch (1910, S. 14) geben an, daß bei einer genau ausgeführten kolorimetrischen Messung der methodische Fehler in dem Werte von  $p_H$  nie  $\pm 0,1$  übersteigen wird und im allgemeinen  $\pm 0,05$  oder noch kleiner ist. Setzen wir deshalb den methodischen Fehler auf ca.  $\pm 0,05$  in dem Werte von  $p_H$ , wenn die Farbenskala eine Temperatur von 18° C besitzt, müssen wir damit rechnen, daß er für die auf den Fahrten des M/S »Armauer Hansen« festgelegten  $p_H$ -Werte in Tab. 1—2, S. 20—23 einen etwas größeren Wert hat.

Es müssen aber auch die folgenden Verhältnisse berücksichtigt werden, wenn wir die Fehlergröße dieser  $p_H$ -Werte festlegen wollen.

Wenn einer Meerwasserprobe aus größerer Tiefe der Indikator zugesetzt wurde, konnte es manchmal bemerkt werden, daß ein Farbenton erschien, der von dem entsprechenden Ton der Farbenskala rein qualitativ dadurch abwich, daß er ein schwach grauliches Gepräge besaß. Die im Tiefwasser aufgelösten organischen Spaltungsprodukte sind vielleicht durch ihre Einwirkung auf den Indikatorfarbstoff daran schuld. Der graue Ton bewirkte, daß der Farbenvergleich sich nicht so scharf wie unter gewöhnlichen Verhältnissen ausführen ließ. Auch Brennecke (1921, S. 183) führt von seinen Untersuchungen im Atlantischen Ozean an, daß die Anbringung der Meerwasserprobe auf den richtigen Platz in der Farbenskala zuweilen mit Schwierigkeiten verbunden war, weil ihr Farbenton von dem der Skala abwich.

Es wurde auch mehrmals bemerkt, daß Meerwasserproben aus der Tiefe eine klärere oder verblichene Farbe als die nächsten Vergleichsflüssigkeiten der Farbenskala zeigten, wenn ihnen die bestimmte Tropfenzahl der Indikatorlösung zugesetzt war. Eine derartige Beobachtung ist auch von Buch (1917, S. 99) gemacht worden. Auch die Ursache dieses Phänomens ist vielleicht der Einwirkung der gelösten organischen Spaltungsprodukte des Meerwassers zuzuschreiben. Dies Verhältnis gab gleichfalls den Anlaß dazu, daß der  $p_H$ -Wert einer solchen Meerwasserprobe mit einer gewissen Willkürlichkeit festgelegt wurde.

Werden die oben besprochenen Fehlerquellen berücksichtigt, dann muß für die in der Tab. 1—2, S. 20—23 angeführten  $p_H$ -Werte der Fehler auf ca.  $\pm 0,1$  festgesetzt werden. Der Fehler ist somit ziemlich groß und den Verhältnissen der größeren Tiefen gegenüber macht er sich besonders geltend; denn hier hat man bekanntlich konstatiert, daß der  $p_H$ -Wert relativ kleines Wechseln unterliegt.

Der Bestimmungsfehler ist in mehreren Fällen gewiß bedeutend kleiner als  $\pm 0,1$  gewesen. Da es aber aus Kontrollversuchen mit den Vergleichsflüssigkeiten hervorging, daß ein so großer Fehler wie  $\pm 0,1$  in dem  $p_H$ -Wert vorkommen konnte, so ist es am sichersten, für sämtliche festgelegte  $p_H$ -Werte mit einem Fehler von  $\pm 0,1$  zu rechnen. Infolgedessen hat es aber bei der Diskussion der festgelegten  $p_H$ -Werte keinen Zweck, zu viel in Detail zu gehen.

### Diskussion.

Die Resultate der Untersuchungen im Sommer 1913 und 1914 sind in den Tabellen 1—2, S. 20—23 zu finden. Die Wasserstoffionenkonzentration des Meerwassers ist für den »Salzfehler« korrigiert und durch den entsprechenden  $p_H$ -Wert angegeben. Die Karte Fig. 1 zeigt die Lage der hydrographischen Stationen. Die Stationen sind in den Tabellen 1—2 mit ihren Längen und Breiten aufgeführt worden. Die Tiefen, aus welcher die Wasserproben stammen, sind in Meter angegeben.

Die Karte Fig. 1 zeigt, daß mehrere »Schnitte« (I—VIII) durch die Wassermassen des östlichen Nord-Atlanters gemacht wurden. Diese Schnitte erlauben uns einen Überblick der  $p_H$ -Verhältnisse zu bekommen. Die Verhältnisse längs der Schnitte sind in den Figuren 3—10 graphisch dargestellt worden. Vermittelst der auf jeder Station gefundenen  $p_H$ -Werte sind hier durch Interpolation die Tiefen festgelegt, wo der  $p_H$ -Wert in seinem zweiten Dezimal mit 5 oder 0 endet. Dann sind in den Schnitt Kurven eingezeichnet, die die Tiefen verbinden, in denen das Meerwasser denselben  $p_H$ -Wert

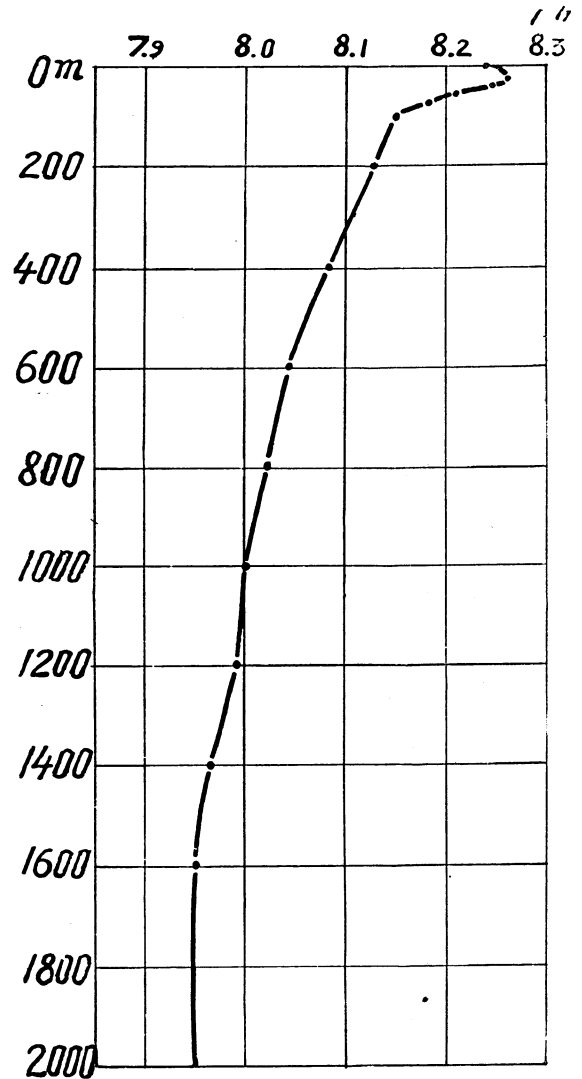


Fig. 2. Das vertikale Wechseln des  $p_H$ -Wertes im östlichen Teil des Nord-Atlanters.



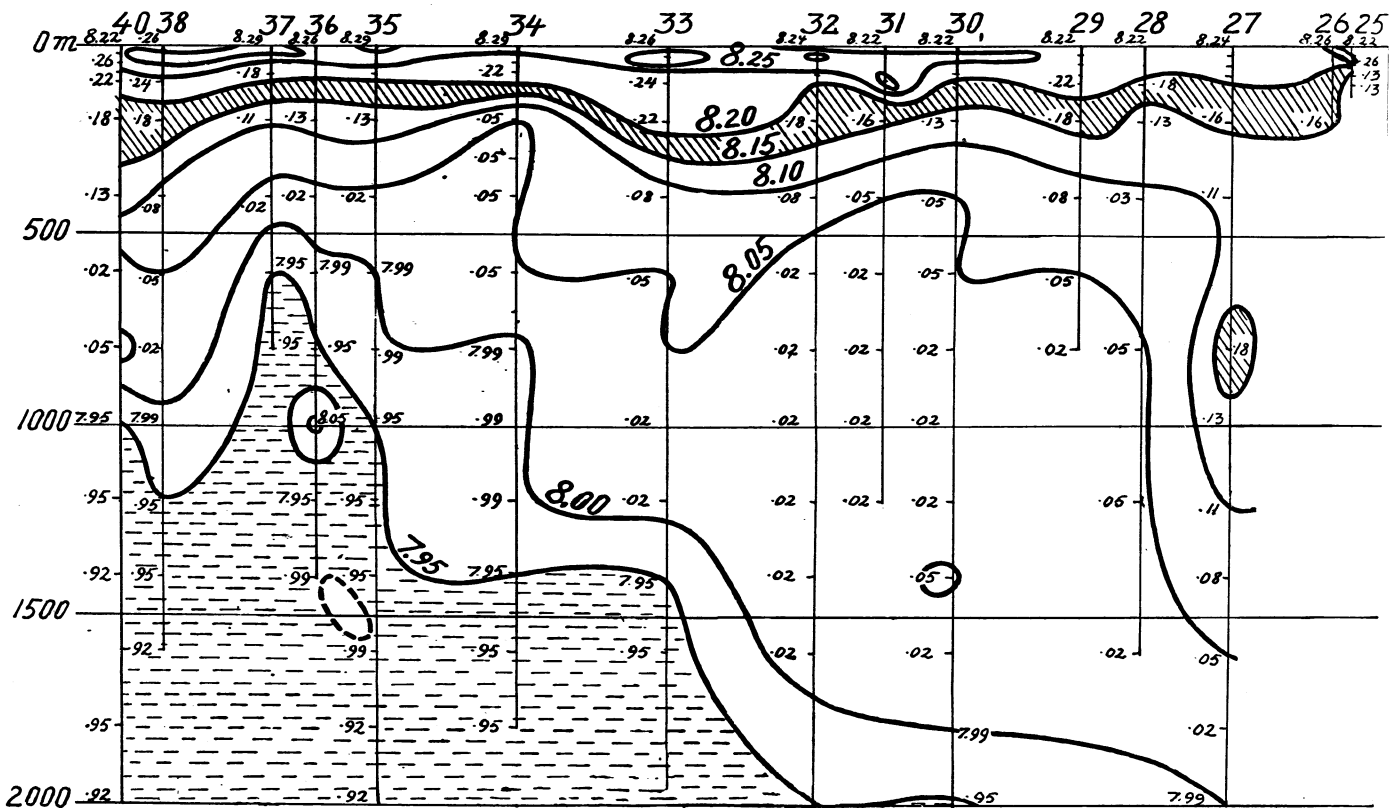


Fig. 5. Die Verteilung des  $p_H$ -Wertes im vertikalen Schnitt III.

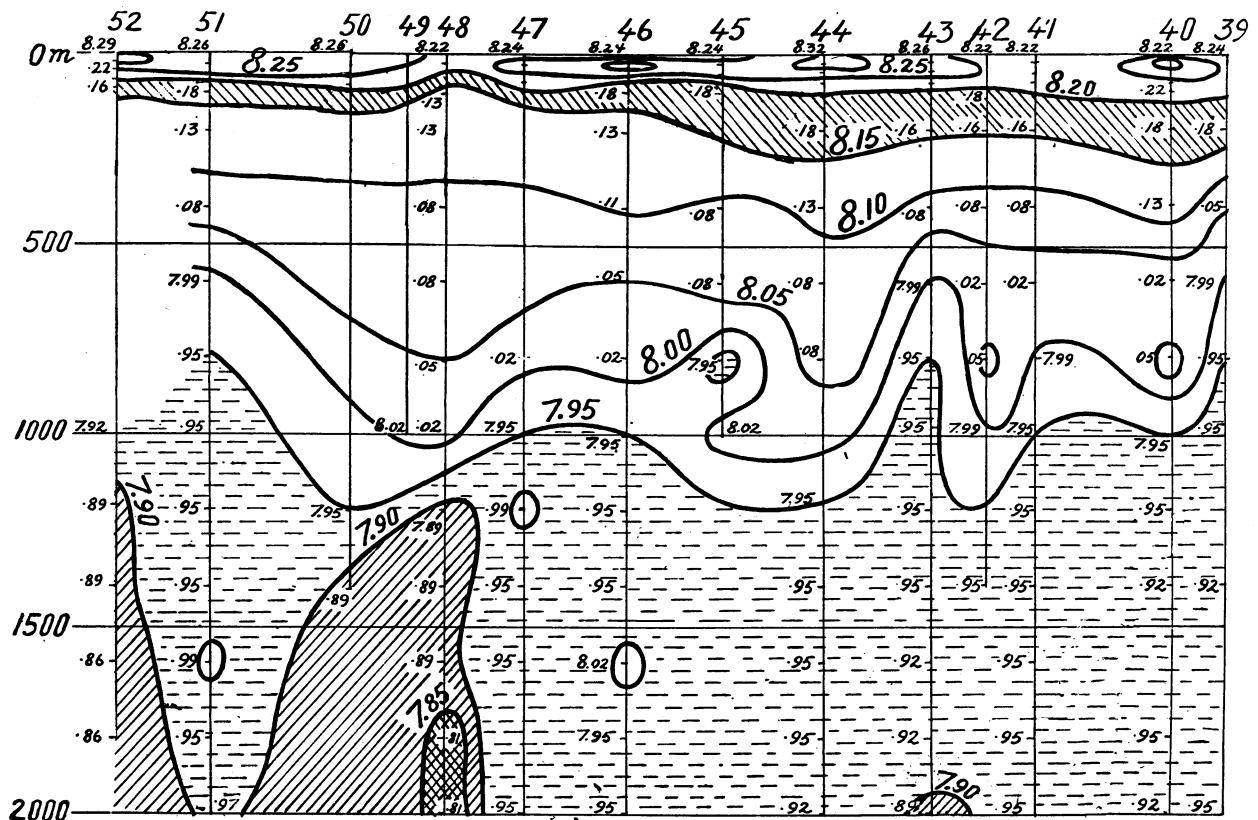
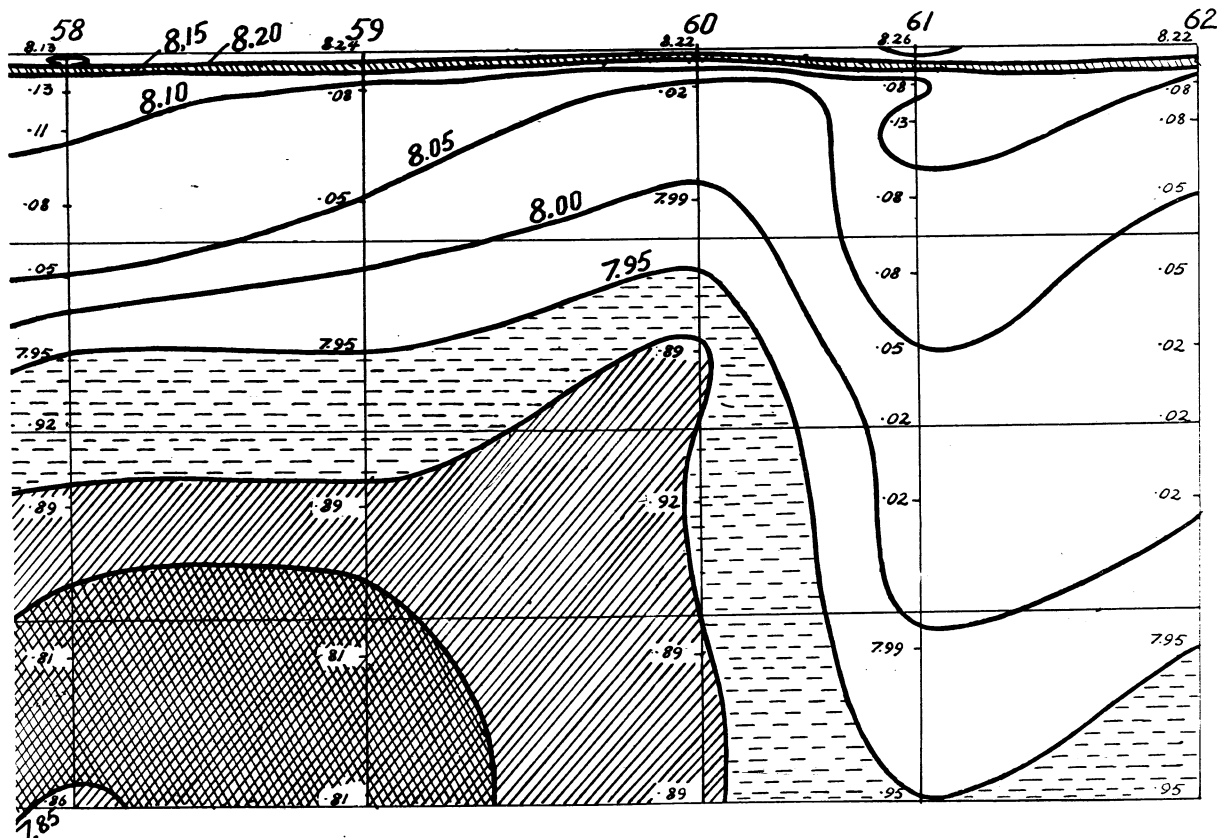


Fig. 6. Die Verteilung des  $p_H$ -Wertes im vertikalen Schnitt IV.







im vertikalen Schnitt V.

(siehe die Karte Fig. 1 und die Tabellen 1—2, S. 20—23) einen ziemlich guten Ausdruck der allgemeinen Verhältnisse des östlichen Nord-Atlanters gibt, und ferner, daß die den einzelnen Observationen behafteten Fehlergrößen — die bald positiv und bald negativ anzunehmen sind — durch das Festsetzen der  $p_H$ -Mittelwerte der Tabelle 4 beinahe eliminiert sind.

Die  $p_H$ -Mittelwerte der Tab. 4 sind in der Fig. 2, S. 7 graphisch dargestellt worden. Die eingezeichnete Kurve zeigt hier das vertikale Wechseln zwischen der Oberfläche und einer Tiefe von 2000 Meter, und wir haben in dem Verlauf der Kurve einen sozusagen gesammelten Ausdruck der Einflüsse, die verschiedene Faktoren, wie Pflanzen, Tiere, Vertikalzirkulation u. s. w., auf die Wasserstoffionenkonzentration des Meerwassers in dem östlichen Nord-Atlantler ausüben.

Die Fig. 2 (sowie die Tabelle 4) zeigt, daß die größten  $p_H$ -Werte in den obersten 100 M. und besonders oberhalb einer Tiefe von 50 M. vorkommen.  $p_H$  erreicht seinen größten Wert ( $p_H = 8,26$ ) in einer Tiefe von 25 M., und die Kurve der Fig. 2 zeigt hier ein intermediäres Maximum. Oberhalb dieser Tiefe nimmt  $p_H$  ab bis auf den Wert 8,24 in der Oberfläche, und wenn wir von 25 M. in die Tiefe gehen, sinkt  $p_H$  anhaltend bis er in einer Tiefe von 1600—2000 M. den Wert 7,95 erreicht. Der  $p_H$ -Wert-Gradient ist entscheidend am größten in den obersten 100 M.: Zwischen einer Tiefe von 25 und 100 Metern ist er ca. 0,04 Einheiten pro 25 Meter (oder ca. 0,16 pro 100 Meter berechnet). Der Gradient ist beinahe konstant in der Tiefe zwischen 100 und 600 Metern (d. h. die  $p_H$ -Kurve in Fig. 2 ist hier geradlinig) und hat einen Wert von 0,02 pro 100 Meter. Der Gradient ist am kleinsten (d. h. die  $p_H$ -Kurve hat ihren steilsten Verlauf) unterhalb einer Tiefe von 700 Metern. In einer Tiefe zwischen 700 und 1500 Metern ist er nicht größer als 0,01 pro 100 Meter. In der Tiefe zwischen 1000 und 1200 Metern

ist er besonders klein. Und er ist beinahe Null (d. h. die Kurve geht vertikal) in den Tiefen zwischen 1500 und 2000 Metern.

Der östliche Nord-Atlant ist somit durch vier Vertikalgebiete charakterisiert. Diese trennen sich voneinander in der Weise, in der der  $pH$ -Mittelwert sich mit der Tiefe ändert (Fig. 2). Es interessiert uns jetzt, daß diese Gebiete mit anderen für den östlichen Nord-Atlant charakteristischen Vertikalgebieten im großen und ganzen zusammenfallen. Die Assimilationstätigkeit der chlorophyllführenden Meeresorganismen geschieht beinahe ausschließlich zwischen der Oberfläche und einer Tiefe von 100 Metern (siehe z. B. Gran 1912). Die jährliche Vertikalzirkulation verläuft bis in einer Tiefe von 600—800 Metern (Nansen 1913). Bei Gibraltar strömt relativ warmes und salzreiches Wasser aus dem Mittelmeer heraus, und dies Wasser prägt in charakteristischer Weise die hydrographischen Verhältnisse des östlichen Nord-Atlanters zwischen einer Tiefe von 800 und 1400, und besonders zwischen 1000 und 1200 M. (vergl. z. B. Nansen 1912, 1913). In der Tiefe zwischen ca. 1500 und 2000 M. gibt es ein relativ homogenes Tiefwasser. Diese für den östlichen Nord-Atlant charakteristischen Verhältnisse sind wohl auch die Hauptfaktoren, die den Verlauf der  $pH$ -Mittelwertkurve der Fig. 2 bestimmen oder jedenfalls erklären können.

Die Untersuchungen von H. H. Gran auf der »Michael Sars«-Expedition 1910 (Gran 1912) zeigen, daß so südlich wie im Sargassomeer ein Maximum von Phytoplankton in der Tiefe von 20 bis 50 M. vorkommt. Unter höheren Breiten liegt dies Maximum der Oberfläche ein bißchen näher. Es läßt sich z. B. auf 60° N. B. zwischen der Oberfläche und einer Tiefe von ca. 25 M. finden. Tiefer nimmt die Phytoplanktonmenge in geometrischer Progression ab, und ist schon in einer Tiefe von 75—100 M. bis auf eine verhältnismäßig kleine Anzahl der Individuen pr. L. Meerwasser abgenommen. Die Photosynthese geht darum nur in den obersten 25—50 M. so intensiv vor, daß sie imstande ist mehr zu tun, als die Respiration der in diesen Tiefen vorkommenden Organismen zu ersetzen. Wir sehen, daß eine sehr gute Übereinstimmung besteht zwischen dem vertikalen Wechseln der Phytoplanktonmenge und dem des  $pH$ -Mittelwertes in den obersten 100 M. des östlichen Nord-Atlanters. Die photosynthetische Tätigkeit des Phytoplanktons ist augenscheinlich hier für den Lauf der  $pH$ -Kurve bestimmend: Für das intermediäre Maximum in der Tiefe von ca. 25 M. und für den relativ sehr großen  $pH$ -Gradient in Tiefen zwischen 25 und 100 M.

Wie früher erwähnt hat Nansen (1913, S. 15) nachgewiesen, daß in dem nördlichen Gebiete des östlichen Nord-Atlanters im Sommer ziemlich gleichartige Salzgehalt- und Temperaturverhältnisse in den Tiefen zwischen 100 und 600—800 M. existieren, und daß die Vertikalzirkulation des letzten Winters daran schuld ist. Ohne Zweifel wirkt auch die Vertikalzirkulation ausgleichend auf die  $pH$ -Verhältnisse in diesen Tiefen. Wir können aber nicht erwarten, daß die Ausgleichung sich so ausgeprägt in  $pH$  wie in Temperatur und Salzgehalt zeigt, u. a. weil die Organismen die Gelegenheit haben mit verschiedener Intensität und in verschiedenen Zeiträumen auf  $pH$  einzuwirken, je nachdem die Wassermassen mehr oder weniger schnell gegen die Tiefe sinken. Es geht aus der  $pH$ -Kurve der Fig. 2 hervor, daß innerhalb des Gebietes in dem die jährliche Vertikalzirkulation ausgleichend auf die Temperatur und den Salzgehalt wirkt (d. h. zwischen Tiefen von 100 und 600—800 M.), da ist der  $pH$ -Gradient bedeutend kleiner als in den obersten 100 M. Eben in einer Tiefe von 100 M. macht die  $pH$ -Kurve einen charakteristischen Knick indem sie gegen die Tiefe geht. Weiter sieht man, daß zwischen 100 und ca. 600 M. Tiefe die Kurve einen gleichförmigen und fast geradlinigen Verlauf hat. Auch in diesen Tiefen ist aber der  $pH$ -Gradient ganz bedeutend.

Unterhalb der Tiefen, die die jährliche Vertikalzirkulation beeinflusst, zeigt die  $pH$ -Kurve einen schrofferen Verlauf, und das hätte man auch erwarten müssen. Denn

hier sind wir nach Tiefen gekommen, in denen der wechselnde Einfluß der Jahreszeiten auf die hydrographischen Verhältnisse und auf die Menge der Organismen fast aufgehört ist. Darum können wir hier erwarten, die Einwirkung irgend eines der einigermaßen konstant wirkenden Faktoren zu beobachten, z. B. die der Zuführung des Mittelmeerwassers.

Durch die Straße von Gibraltar strömt salzreiches Wasser mit einem Salzgehalt von über 36,5 ‰ aus dem Mittelmeer in den Atlantischen Ozean. Dies. Wasser sinkt wegen seines relativ großen Gewichts längs des Kontinental-Abhangs nach der Tiefe des Atlantischen Ozean zu, und breitet sich hier in einer Tiefe von 800—1400, und da besonders in einer Tiefe von 1000—1200 M., aus (Nansen, 1913, S. 58, 1912, S. 24). Das Wasser des Mittelmeers hat relativ große  $p_H$ -Werte, selbst in den großen Tiefen sind die Werte nicht kleiner als 8,07 (Palitzsch 1912). Wasser, das durch die Straße von Gibraltar hinausströmt, wird dann auf die Verhältnisse im Wasser des Atlantischen Ozean so einwirken können, daß der  $p_H$ -Wert eine relativ steigende Tendenz zeigt, wo das Mittelmeerwasser sich lagert und allmählich sich mit den über- und unterliegenden Wassermassen mischt. Es zeigt sich denn auch, daß zwischen 800 und 1500 M. der  $p_H$ -Gradient nur 0,01 pr. 100 M. ist, und eben in einer Tiefe von 1000—1200 M. hat die  $p_H$ -Kurve der Fig. 2 einen beinahe vertikalen Verlauf.

Kommen wir zuletzt unterhalb der Tiefen von 1500 M., dann werden wir ein ziemlich gleichartiges Tiefwasser finden, in dem der Salzgehalt und die Temperatur verhältnismäßig sehr kleines Wechseln unterworfen sind. Die Kurve der Fig. 2 hat hier, in Tiefen zwischen 1500 und 2000 M., einen beinahe vertikalen Verlauf und zeigt den Wert 7,95.

Die Mittelwertkurve in Fig. 2 (vergl. auch Tab. 4) zeigt, daß in dem östlichen Nord-Atlant der  $p_H$ -Wert durchgehends zwischen 8,26 und 7,95 wechselt. Von Tab. 1—2 sieht man, daß der größte Wert, der gefunden wurde,  $p_H = 8,32$  war. Dieser Wert wurde nur in den obersten 100 M. beobachtet, d. h. in den Tiefen, wo die Assimilationstätigkeit des Phytoplanktons ihren Einfluß ausübt. Längs des Schnittes III (siehe Tab. 2 und Fig. 1) wurde er in Tiefen von 100 M. nachgewiesen, längs des Schnittes IV in 50 M.; während er längs der übrigen Schnitte nicht tiefer als 25 M. gefunden wurde. In dem südlichen und südöstlichen Gebiete des östlichen Nord-Atlanters kam demnach der Maximumwert am tiefsten vor. Der kleinste Wert, der beobachtet wurde, war  $p_H = 7,81$ . Dieser Wert wurde nur in der Tiefe zwischen 1200 und 2000 M. nachgewiesen. Besonders dem Schnitt V entlang, in dem westlich-südwestlichen Teil des östlichen Nord-Atlanters wurde er auf mehreren Stationen beobachtet (St. 53—59).

Zum Vergleich kann angeführt werden, daß gerade außerhalb der Westküste Portugals Palitzsch (1912)  $p_H$ -Werte nachwies, die zwischen 8,26 und 7,95 wechselten;

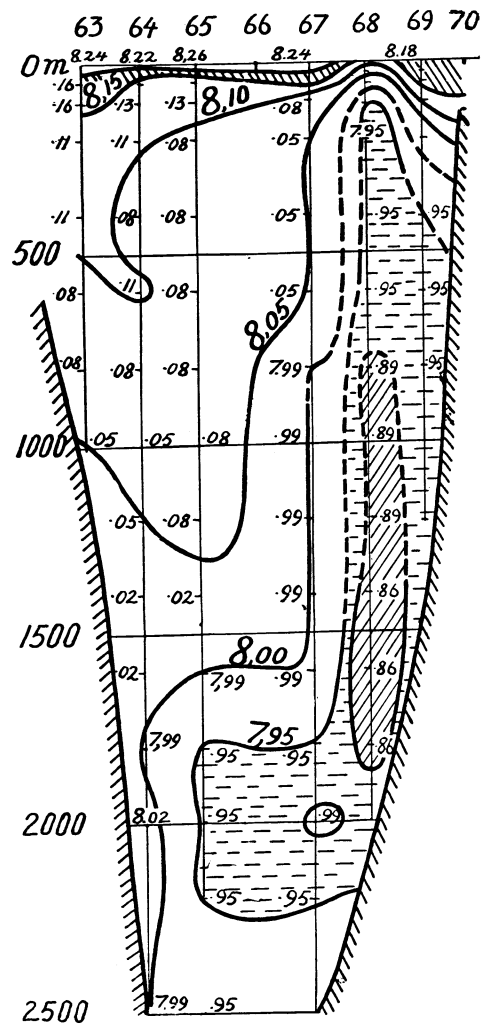
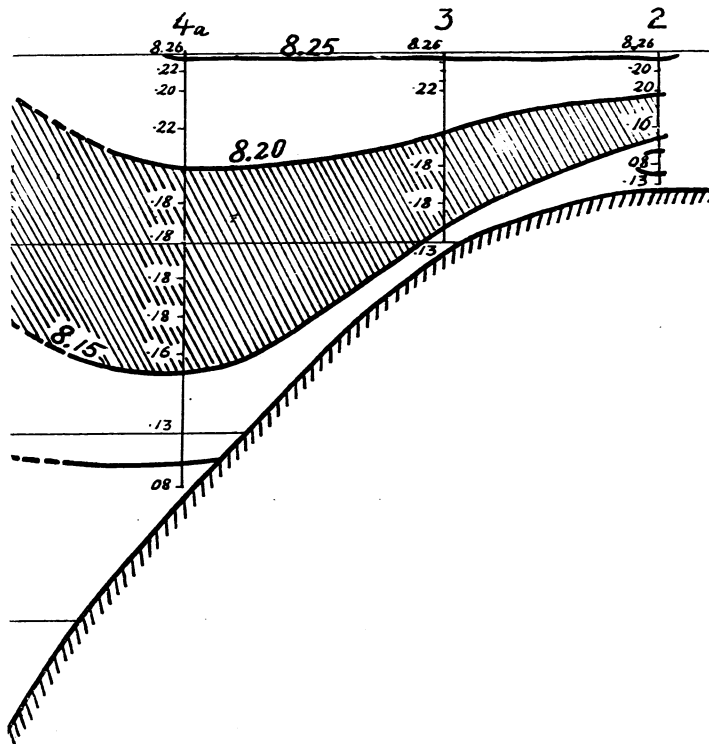


Fig. 8. Die Verteilung des  $p_H$ -Wertes im vertikalen Schnitt VI.

Die horiz. Skala d. Schnittes ist 1 : 6000000.  
Die vert. » » » » 1 : 20000.



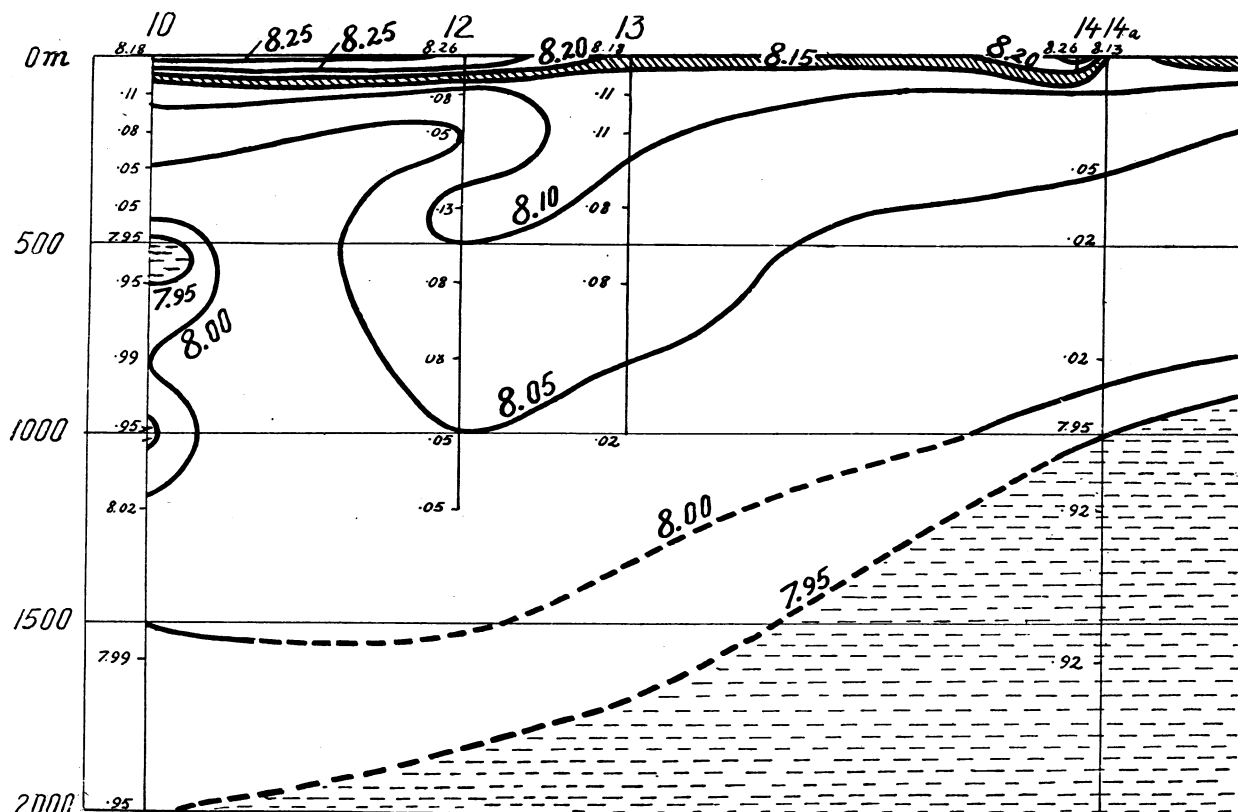


im vertikalen Schnitt VII.

lich von dem Rockall-Plateau, während sie im ganzen westlichen Teil des Schnittes sich oberhalb einer Tiefe von 100 M. befindet. Hier läßt der Verlauf der Kurve sich in der Weise erklären, daß westlich von Rockall, auf St. 4 relativ heißes und salzes »Golfstrom«-Wasser bis in einer Tiefe von ca. 1000 M. vorkommt, während in dem westlichen Teil des Schnittes (St. 8—10) relativ kaltes Mischwasser ist. Der zum äußersten gekrümmte und wechselnde Verlauf, den z. B. die 8,05-Kurve auf St. 5—9 besitzt, verdankt sie den dynamischen Verhältnissen; denn die hydrographischen Untersuchungen zeigen, daß eben hier ein ausgeprägtes Wirbelgebiet ist (Helland-Hansen, 1914).

Die  $p_H$ -Mittelwerte der einzelnen Schnitte in Tab. 3 zeigen, daß  $p_H$  in der Oberfläche durchgehends zwischen 8,26 und 8,22 wechselt. Der größte nachgewiesene Wert war 8,32 (Schnitt II, IV), der kleinste war 8,13 (Schnitt V, VIII). In den obersten ca. 50 M. haben die Wassermassen längs der Schnitte I—VIII hauptsächlich einen Mittelwert  $\bar{p}_H \approx 8,2$  (siehe auch Fig. 2). So ist es wahrscheinlich, daß das Vorkommen der  $p_H$ -Werte  $\bar{p}_H \approx 8,2$  gewissermaßen die Wasserschichten des Nord-Atlanters bezeichnet, in denen das Phytoplankton seine maximale Menge hat. Infolge der oben erwähnten Untersuchungen von Gran hätten wir dann erwarten können, daß je nachdem wir in dem östlichen Nord-Atlantler unter höhere Breiten kommen, wird auch die untere Grenze der vertikalen Verbreitung der  $p_H$ -Werte  $\bar{p}_H \approx 8,2$  näher an der Oberfläche liegen. Mit Hilfe der Schnitt-Mittelwerte in Tab. 3 (hier müssen die  $p_H$ -Mittelwerte des Schnittes V ausgenommen werden; denn dieser Schnitt erstreckt sich durch ein zu großes Breitengrad-Gebiet, siehe Fig. 1), und der graphischen Interpolation bekommen wir das folgende Resultat (siehe die Tabelle S. 16):

hältnissen des Nord-Atlanters machen können. Nur ein paar Beispiele: Auf dem Schnitte I (Fig. 3) liegt die 8,15-Kurve hauptsächlich in einer Tiefe von ca. 100 M., dringt aber doch mehrmals bis zu einer Tiefe von 400—600 M. hinunter. Die 7,95-Kurve kommt durchgehends nicht oberhalb einer Tiefe von ca. 1200 M. vor, dringt aber bis zu einer Tiefe von ca. 500 M. hinauf in den Wassermassen, die sich gleich außerhalb des Kontinental-Abhangs befinden. Dieser Verlauf der  $p_H$ -Kurven kann kaum anders erklärt werden, als verursacht durch starke und komplizierte Stromverhältnisse innerhalb und gleich außerhalb der Biscayabucht. Auf dem Schnitte VII (Fig. 9) erreicht die 8,15-Kurve eine sehr große Tiefe gleich west-



Die horizontale Skala des Schnittes ist 1 : 6 000 000.  
Die vertikale Skala des Schnittes ist 1 : 20 000.

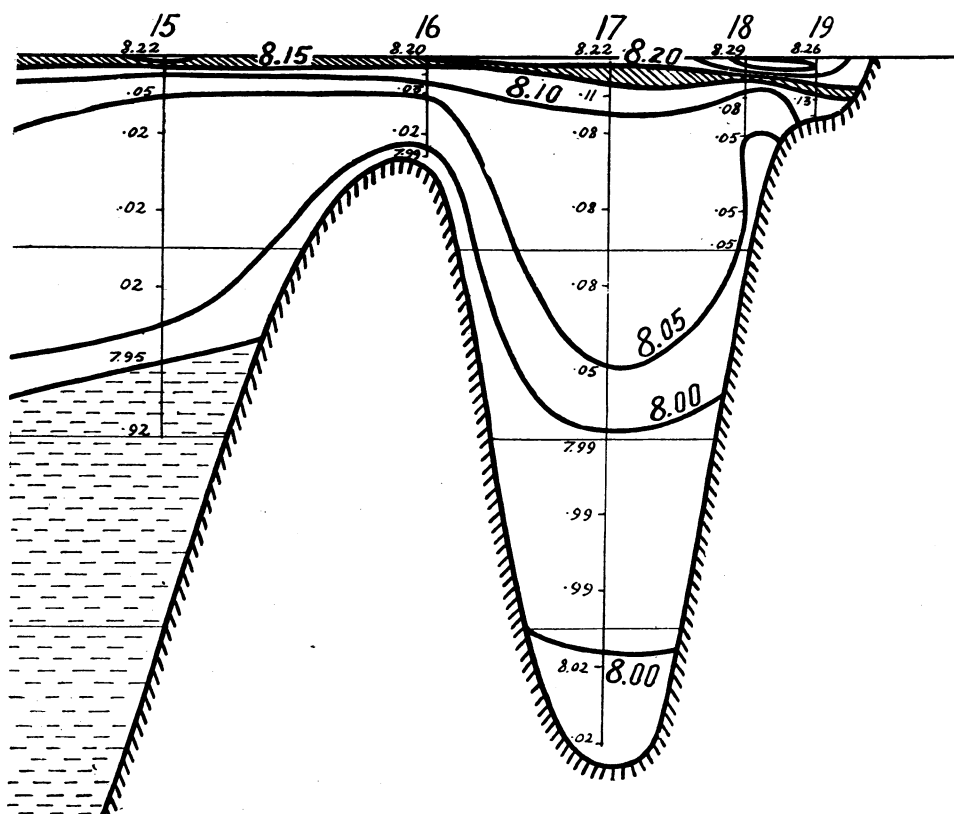
Fig. 10. Die Verteilung des  $p_H$ -Wertes

Breitengrad-Gebiet	Schnitt	Die untere Grenze der $p_H$ -Mittelwerte $\geq 8,2$ , in Metern angegeben
60—50° N.B.	VIII	40
	VII	50
	VI	30
50—40° N.B.	I	40
	II	60
40—30° N.B.	III	110
	IV	80

Es ist somit eine merkbare und deutliche Übereinstimmung zwischen der vertikalen Verbreitung des Phytoplanktons und derselben der maximalen  $p_H$ -Werte.

Es geht ferner aus Tab. 3 hervor, daß zwischen der Oberfläche und einer Tiefe von ca. 100 M. der  $p_H$ -Mittelwert einer und derselben Tiefe langsam, aber deutlich steigt, je nachdem wir von höheren auf niedrigen Breiten kommen. Die größten Werte werden hauptsächlich längs der Schnitte III und IV gefunden, die klein-

sten längs des Schnittes VIII. Genauer bestimmt, kommen die größten Werte in dem südöstlichen Teil des östlichen Nord-Atlanters vor (Schnitte II, III, IV), während die kleinsten Werte in der Regel in dem westlichen und nordwestlichen Teile zu finden sind (Schnitte V, VI, VII, VIII). Wie bekannt, kommt eine gleichartige Verteilung des Salzgehaltes in diesen Meer-Gebieten vor, und dies zeigt, daß steigender Salzgehalt hauptsächlich von steigendem  $p_H$ -Wert begleitet ist. Eine nähere Verbindung zwischen dem Salzgehalt und dem  $p_H$  läßt sich doch nur nachweisen, wenn die Einwirkung aller anderen Faktoren und besonders der Organismen konstant ist. Dies ist gewissermaßen der Fall in einer und derselben Tiefe. Ein größeres Observationsmaterial ist aber gewöhnlich nötig, um diese Verbindung nachzuweisen (Palitzsch 1912, Gaarder 1916—17, Buch 1917, Schultz 1922).



im vertikalen Schnitt VIII.

Es hat sich als eine allgemeine Regel bestätigt, daß von 25—50 M. Tiefe der  $p_H$ -Wert mit der Tiefe abnimmt. Nun wächst der Salzgehalt gewöhnlich mit zunehmender Tiefe. Sein Einfluß auf den  $p_H$  wird aber von dem eines anderen Faktors ganz überschattet, nämlich dem der Kohlensäure. Die Kohlensäuremenge wächst je nachdem man gegen die Tiefe geht, und verursacht eine Abnahme in dem  $p_H$ -Wert, die größer ist als die Zunahme, die der gleichzeitig steigende Salzgehalt hervorruft (vergl. Buch 1917, S. 111); und je länger die Respirations- und Oxydationsprozesse die Gelegenheit gehabt haben, ihren Einfluß auszuüben, d. h. je größer das Ventilationsalter des Wassers ist, desto kleiner wird der  $p_H$ -Wert sein können (vergl. Gaarder, 1916—17, S. 38 u. 48).

Da die Meeresorganismen und vor allem das Phytoplankton der Faktor ist, der am stärksten das  $p_H$ -Wechseln der obersten 100 M. beeinflusst, können wir nur in den tieferen Schichten erwarten, den Einfluß der rein hydrographischen Verhältnisse relativ deutlich zu bemerken. In den verschiedenen Gebieten und Tiefen des östlichen Nord-Atlanters strömen Wassermassen von verschiedenem hydrographischen Charakter und Ventilationsalter, in denen eine Reihe auf  $p_H$  wirkende Faktoren mit ungleicher Intensität und während verschiedener Zeiträume ihren Einfluß haben ausüben können. Es ist deshalb in der Regel nur in Ausnahmefällen, daß das Resultat der Einwirkung des einzelnen Faktors sich nachweisen läßt. Dies ist vielleicht der Fall mit der jährlichen Vertikalzirkulation. In dem südlichen Teil des östlichen Nord-Atlanters geht die Vertikalzirkulation nicht so tief wie in dem nördlichen Teil desselben, und es wäre möglich, daß die Verschiedenheiten der Vertikalzirkulation sich in den  $p_H$ -Mittelwerten der einzelnen Schnitte abspiegeln. Wie früher erwähnt, geht es aus der  $p_H$ -Mittelwertkurve in Fig. 2 hervor, daß innerhalb des Vertikalgebietes des östlichen Nord-Atlanters, in dem die jährliche Vertikal-



zirkulation auf die Temperatur und den Salzgehalt ausgleichend wirkt, d. h. zwischen Tiefen von 100 bis 600—800 M., da ist der  $p_H$ -Gradient bedeutend kleiner als in den oberliegenden Wassermassen. So verhält es sich auch mit den  $p_H$ -Mittelwerten der einzelnen Schnitte. Es wird überall eine charakteristische Abnahme des  $p_H$ -Gradienten beobachtet, wenn man von einer Tiefe von ca. 100 M. weiter hinuntergeht. Es zeigt sich aber, daß ein gewisser Unterschied besteht zwischen den einzelnen Schnitten, was die Größe des Gradienten zwischen Tiefen von 100 und 600—800 M. betrifft. Dieser Unterschied ist am merkbarsten, wenn wir die südlichen und nördlichen Schnitte miteinander vergleichen. Es geht aus Tab. 3 hervor, daß auf den nördlichen Schnitten (V, VI, VII und VIII) der Gradient des  $p_H$ -Mittelwertes kleiner ist, und folglich sind die Wassermassen in ihren  $p_H$ -Verhältnissen gewissermaßen gleichartiger geprägt als auf den südlichen Schnitten (I, II, III und IV). Und eben dies hätte man erwarten müssen, sofern die Vertikalzirkulation vermochte, ihr Gepräge auf die  $p_H$ -Verhältnisse zu setzen.

Unterhalb der Tiefe von 600—800 M. interessiert es uns zu sehen, wie die Zuführung des Mittelmeerwassers (vergl. S. 13) die Verhältnisse beeinflusst. Aus Tab. 3 und besonders aus den graphischen Darstellungen in Fig. 3—10 scheint es sich zu ergeben, daß diese Einwirkung am stärksten ist längs der Schnitte II (Fig. 4) und III (Fig. 5), und vor allem in den Teilen derselben, die der Pyrenäischen Halbinsel am nächsten sind (siehe z. B. den Verlauf der 8,00- und 8,05-Kurven). Dies stimmt mit den hydrographischen Verhältnissen. Wegen der ablenkenden Kraft der Erdrotation wird das Mittelmeerwasser hauptsächlich nordwärts außerhalb und längs dem Kontinental-Abhang Europas getrieben (Nansen 1912, S. 24).

Das Tiefwasser zwischen 1500 und 2000 M. hat in dem östlichen Nord-Atlantier einen  $p_H$ -Mittelwert = 7,95 (Tab. 4). Wie es aber aus den einzelnen Observationen (Tab. 1—2) und aus den  $p_H$ -Mittelwerten der einzelnen Schnitte (Tab. 3) hervorgeht, wechselt der Wert sowohl auf den einzelnen Stationen, als von dem einen Gebiete, zum anderen (siehe auch den Verlauf der 7,95-Kurve den einzelnen Schnitten entlang, in Fig. 3—10). Tab. 3 zeigt, daß die Schnitte II und III, d. h. das südöstliche Gebiet einen  $p_H$ -Mittelwert von ca. 8,00, die Schnitte I, VI, VII, VIII und IV, d. h. das östliche, nördliche, nordwestliche und südwestliche Gebiet, einen solchen von ca. 7,95 haben, während der Schnitt V, der in dem westlichen Gebiete liegt, einen so verhältnismäßig kleinen Wert wie ca. 7,87 hat. Die Tab. 1—2 zeigen doch, daß die Werte, die in der Tiefe zwischen 1400 und 2000 M. nachgewiesen wurden, einem Wechseln unterliegen, das fast nimmer größer als  $\pm 0,1$  in dem  $p_H$ -Werte 7,95 ist, d. h. man wird kaum das Wechseln als eine brauchbare Grundlage verwenden können, um nachzuweisen, wie  $p_H$  in den verschiedenen Gebieten des Tiefwassers variiert (vergl. S. 7). Dasselbe gilt den verhältnismäßig wenigen Bestimmungen, die unterhalb einer Tiefe von 2000 M. gemacht wurden. Hier haben auch die festgelegten  $p_H$ -Werte fast immer eine Größe von ca.  $7,95 \pm 0,1$  (siehe Tab. 1—2).

---

## Literatur.

1921. BRENECKE, W.: Die ozeanographischen Arbeiten der Deutschen Antarktischen Expedition 1911—12 (Archiv d. Deutschen Seewarte, XXXIX, Jahrgang 1921, Hamburg 1921).
1917. BUCH, KURT: Über die Alkalinität, Wasserstoff ionenkonzentration, Kohlensäure und Kohlensäure-tension in Wasser der Finnland umgebenden Meere. (Soc. Scient. Fennica, Finnländische hydro-graphisch-biologische Untersuchungen, No. 14, 1917).
- 1916—17. GAARDER, T.: Die Hydroxylzahl des Meerwassers (Bergens Museums Aarbok 1916—17, Natur-videnskabelig Række, Nr. 3.)
1912. GRAN, H. H.: Chapter V, Pelagical Plantlife, in »The Depth of the Ocean«. Edited by Murray and Hjort. London 1912.
1914. HELLAND-HANSEN, B.: Eine Untersuchungsfahrt im Atlantischen Ozean mit dem Motorschiff »Armauer Hansen« im Sommer 1913. (Internat. Revue d. gesamt. Hydrobiologie u. Hydrographie, 1914).
1912. NANSEN, F.: Das Bodenwasser und die Abkühlung des Meeres. (Internat. Revue d. gesamt. Hydro-biologie u. Hydrographie, Leipzig 1912.)
1913. — The Waters of the North-eastern North Atlantic (Internat. Revue etc., Leipzig 1913.)
1912. PALITZSCH, S.: Measurement of the Hydrogen Ion Concentration in Seawater. (Report on the Danish Oceanographical Expeditions 1908—10 to the Mediterranean and Adjacent Seas. Vol. I, 1912.)
1915. — Über die Anwendung von Borax- und Borsäurelösungen bei der colorimetrischen Messung der Wasserstoffionenkonzentration des Meerwassers. (Biochem. Zeitschr., Berlin 1915.)
1921. SCHULZ, BRUNO: Methoden u. Ergebnisse d. Untersuchung des Kohlensäuregehalts im Meerwasser. (Ann. d. Hydrogr. usw., XXXIX., Jahrg. 1921.)
1922. — Hydrographische Beobachtungen insbesondere über die Kohlensäure in der Nord- und Ostsee im Sommer 1921. (Archiv d. Deutschen Seewarte, XL. Jahrgang, No. 2, 1922.)
1910. SÖRENSEN, S. P. L. og PALITZSCH, S.: Om Maalingen af Brintionkoncentrationen i Havvand. (Med-delelser fra Carlsberg-Laboratoriet, 9de Bd. 1ste Hefte. 1910.)
1913. — Om »Salteflen« ved den kolorimetriske Maaling af Havvandets Brintionkoncentration. (Med-delelser fra Carlsberg-Laboratoriet, 10de Bd., 2det Hefte. 1913.)

---

## Tabellen.

### Erläuterung zu den Tabellen S. 20—23.

Station Nr.: Die Stationsnummer.

Länge und Breite: Die Position der Station.

Tiefe: Die Tiefe, wo die Wasserprobe für Analyse eingesammelt wurde, ist in Meter angegeben. Die festgelegte Wasserstoffionenkonzentration ist durch den entsprechenden  $p_H$ -Wert angegeben.

---

Tabellen über Temperatur, Salzgehalt, Dichte etc. sind in Geofysiske Publikationer Vol. IV, No. 2 veröffentlicht worden (BJØRN HELLAND-HANSEN and FRIDTJOF NANSEN: The Eastern North Atlantic).

Tabelle 1. Untersuchungen den 5. VII.—29. VII. 1913 (Schnitt VII—VIII).

Station Nr.	1	2	3	4 a	5	6	7	8	9	10
Länge W.	8° 30'	14° 39'	17° 13'	18° 44'	23° 0'	24° 34'	26° 8'	26° 57'	28° 15'	31° 7'
Breite N.	57° 32'	56° 58'	56° 22'	54° 42'	54° 6'	54° 2'	54° 5'	54° 49'	54° 51'	55° 55'
Tiefe										
0 M.	8.22	8.26	8.26	8.26	-	8.16	8.24	8.26	8.20	8.18
10 -	-	-	-	.24	-	-	.20	.29	-	.26
25 -	.24	.24	.24	.18	-	.16	.24	.24	.20	.26
50 -	7.95	.20	.18	.22	-	.13	.11	.18	.18	.16
75 -	8.13	-	.20	-	-	-	-	-	.13	-
100 -	.22	.20	.22	.20	-	.05	.05	.13	.11	.11
200 -	-	.16	.20	.22	-	.02	.11	.13	.08	.08
300 -	-	.08	.18	.20	-	7.99	.05	.08	.08	.05
400 -	-	.13	.18	.18	-	.99	7.95	.08	.08	.05
500 -	-	-	.13	.18	-	.95	-	.08	.02	7.95
600 -	-	-	-	.18	-	.95	.92	.05	7.95	.95
800 -	-	-	-	.16	8.08	8.05	.99	.11	.99	.99
1000 -	-	-	-	.13	.08	8.02	8.02	.08	.92	.95
1200 -	-	-	-	.08	-	7.99	.05	.02	.92	8.02
1600 -	-	-	-	-	-	.81	-	-	.89	7.99
2000 -	-	-	-	-	-	.95	-	-	.95	.95
2500 -	-	-	-	-	-	.95	-	-	-	-
3000 -	-	-	-	-	-	8.02	-	-	-	-

Tabelle 1. (Forts.)

Station Nr.	12	13	14	14 a	15	16	17	18	19
Länge W.	27° 46'	25° 32'	20° 40'	20° 39'	16° 43'	13° 26'	11° 0'	9° 16'	8° 35'
Breite N.	57° 8'	57° 49'	59° 30'	59° 42'	59° 40'	58° 20'	58° 0'	57° 45'	57° 42'
Tiefe									
0 M.	8.26	8.18	8.26	8.13	8.22	8.20	8.22	8.29	8.26
10 -	.26	-	-	-	-	.16	.16	-	.32
25 -	.32	-	.22	-	-	.13	.18	.32	.26
50 -	.16	-	-	-	-	.11	.16	.13	.22
75 -	-	-	-	-	-	-	.13	-	.16
100 -	.08	.11	-	-	.05	.05	.11	.08	.13
200 -	.05	.11	-	-	.02	.02	.08	.05	-
300 -	-	-	-	.05	-	-	-	-	-
400 -	.13	.08	-	-	.02	-	.08	.05	-
500 -	-	-	-	.02	-	-	-	.05	-
600 -	.08	.08	-	.02	.02	-	.08	-	-
800 -	.08	.05	-	.02	7.95	-	.05	-	-
1000 -	.05	.02	-	7.95	.92	-	7.99	-	-
1200 -	.05	-	-	.95	-	-	.99	-	-
1400 -	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1600 -	-	-	-	.92	-	-	8.02	-	-
1800 -	-	-	-	-	-	-	.02	-	-
2000 -	-	-	-	.92	-	-	-	-	-
2500 -	-	-	-	.92	-	-	-	-	-

Tabelle 2. Untersuchungen den 3. VI.—17. VII. 1914 (Schnitt I—VI).

Station Nr.	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16
Länge W.	5° 10'	6° 42'	7° 35'	9° 42'	10° 38'	11° 33'	12° 21'	13° 14'	14° 3'	15° 22'	16° 5'	17° 46'	16° 51'
Breite N.	49° 47'	49° 9'	48° 43'	47° 57'	47° 36'	47° 18'	46° 54'	46° 26'	46° 0'	45° 21'	44° 57'	43° 58'	43° 29'
Tiefe													
0 M.	8.22	8.22	8.22	8.22	8.24	8.18	8.18	8.22	8.22	8.22	8.22	8.22	8.20
10 -	.22	.22	.22	.24	.29	-	-	-	-	.22	-	-	-
25 -	.20	.22	.20	.22	.24	.20	-	.24	.22	.24	.24	.20	-
50 -	.16	.13	.16	.22	.20	.16	-	.20	.22	.18	.20	.20	-
75 -	.16	.13	.16	.22	.13	.13	-	.16	.18	.18	.18	.16	.18
100 -	-	.13	.13	.13	.13	.11	.11	.16	.18	.18	.16	.16	.18
150 -	-	-	.13	.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200 -	-	-	-	.13	.11	.02	.13	.16	.18	.18	.11	.13	.16
300 -	-	-	-	.08	-	-	.08	-	-	-	-	-	-
400 -	-	-	-	.05	.20	7.95	.11	.13	.18	.16	.11	.13	.13
500 -	-	-	-	7.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
600 -	-	-	-	.95	7.99	.92	-	.08	.16	.13	.08	.08	.05
800 -	-	-	-	8.13	-	.89	-	.13	.13	.11	.05	.02	.02
900 -	-	-	-	7.99	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1000 -	-	-	-	.95	.89	.86	-	.08	.02	.08	7.99	.05	-
1200 -	-	-	-	8.13	.89	.81	-	7.95	.02	.08	.95	.02	-
1400 -	-	-	-	-	.81	.81	-	8.08	.02	.05	.92	7.95	-
1600 -	-	-	-	7.89	-	.81	7.99	7.95	7.95	.05	.86	.89	-
2000 -	-	-	-	.89	-	-	-	.89	.89	.08	-	.89	-
2200 -	-	-	-	-	-	-	.99	-	-	-	-	-	-
2500 -	-	-	-	.81	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2700 -	-	-	-	-	-	-	.89	-	-	-	-	-	-

Tabelle 2. (Forts.)

Station Nr.	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Länge W.	15° 53'	14° 56'	13° 47'	12° 44'	12° 2'	11° 22'	10° 28'	9° 37'	9° 29'	9° 36'	10° 18'	10° 54'	11° 19'
Breite N.	42° 45'	42° 9'	41° 34'	41° 3'	40° 36'	40° 3'	39° 17'	38° 50'	38° 33'	38° 28'	37° 58'	37° 33'	37° 15'
Tiefe													
0 M.	8.26	8.32	8.29	8.24	8.26	8.32	8.24	8.26	8.22	8.26	8.24	8.22	8.22
10 -	-	-	-	-	-	-	-	.29	.22	-	-	-	-
25 -	.29	.26	.22	.32	.29	.32	.22	.32	.22	-	.24	-	.24
50 -	.24	.26	.22	.26	.26	.24	.20	.18	.26	-	.24	.24	.22
75 -	.22	.22	-	.22	.18	.22	.18	7.95	.13	-	.22	-	.22
100 -	.20	.20	.18	.18	.18	.22	.20	-	.13	-	.20	.18	.22
200 -	.18	.18	.13	.16	.18	.20	.18	-	-	.16	.16	.13	.18
400 -	.11	.18	.13	.08	.13	.16	.13	-	-	-	.11	.08	.08
600 -	.11	.13	.08	.08	-	.13	.11	-	-	-	-	-	.05
800 -	.05	.08	.08	.05	.08	.13	.11	-	-	-	.18	.05	.02
1000 -	.02	.08	.02	.05	.05	.08	.08	-	-	-	.13	-	-
1200 -	.02	.02	.02	.08	.08	.08	.11	-	-	-	.11	.05	-
1400 -	.02	7.95	.02	.08	.05	.02	.11	-	-	-	.08	-	-
1600 -	.02	.99	7.95	-	.05	-	.08	-	-	-	.05	.02	-
1800 -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.02	-	-
2000 -	.02	.99	.95	-	.02	7.95	.05	-	-	-	7.99	-	-

Tabelle 2. (Forts.)

Station Nr.	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Länge W.	12° 12'	12° 46'	13° 12'	14° 10'	15° 13'	16° 7'	16° 29'	16° 43'	17° 28'	17° 36'	17° 59'	18° 54'	19° 15'
Breite N.	36° 48'	36° 35'	36° 17'	35° 35'	34° 54'	34° 13'	33° 55'	33° 38'	33° 15'	32° 55'	33° 9'	33° 45'	33° 54'
Tiefe													
0 M.	8.22	8.22	8.24	8.26	8.29	8.29	8.26	8.29	8.26	8.24	8.22	8.22	8.22
25 -	.26	-	.29	.32	.24	.26	-	.32	.29	-	.29	.22	-
50 -	.24	-	.22	.32	-	.26	-	.20	.29	-	.26	.24	-
75 -	.22	-	.20	.24	.22	.20	-	.18	.26	-	.22	.20	-
100 -	.18	.32	.20	.24	.20	.20	-	.20	.24	-	.22	.20	.18
200 -	.13	.16	.18	.22	.05	.13	.13	.11	.18	.18	.18	.16	.16
400 -	.05	.05	.08	.08	.05	.02	.02	.02	.08	.05	.13	.08	.08
600 -	.05	.02	.02	.05	.05	7.99	7.99	7.95	.05	7.99	.02	.02	.02
800 -	.02	.02	.02	.05	7.99	.99	.95	.95	.02	.95	.05	7.99	.05
1000 -	.02	.02	.02	.02	.99	.95	8.05	-	7.99	.95	7.95	.95	7.99
1200 -	.02	.02	.02	.02	.99	.95	7.95	-	.95	-	.95	.95	-
1400 -	.05	-	.02	7.95	.95	.95	.99	-	.95	.92	.92	.95	.95
1600 -	.02	-	.02	.95	.95	.99	-	-	.92	-	-	.95	-
1800 -	7.99	-	-	-	.95	.92	-	-	-	-	.95	.95	-
2000 -	.95	-	7.95	.95	-	.92	-	-	-	.95	.92	.95	-

Tabelle 2. (Forts.)

Station Nr.	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
Länge W.	19° 39'	20° 27'	21° 7'	21° 48'	22° 35'	23° 9'	23° 21'	23° 45'	24° 45'	25° 21'	25° 39'	25° 25'	24° 49'
Breite N.	34° 9'	34° 33'	34° 59'	35° 20'	35° 43'	36° 3'	36° 16'	36° 30'	37° 5'	37° 22'	38° 43'	39° 31'	41° 31'
Tiefe													
0 M.	8.26	8.32	8.24	8.24	8.24	8.22	-	8.26	8.26	8.29	8.22	8.22	8.18
25 -	.26	.32	-	.32	.26	.22	-	.26	.26	.32	.26	.32	.26
50 -	.32	.26	.26	.32	-	.18	-	-	.26	.22	.22	.20	.18
75 -	.24	.24	-	.18	.22	.18	-	.24	.20	.18	-	.13	.13
100 -	.18	.20	.18	.18	-	.13	-	-	.18	.16	.13	.13	.13
200 -	.16	.18	-	.13	-	.13	-	-	.13	-	-	.08	.08
400 -	.08	.13	.08	.11	-	.08	-	-	.08	-	-	.08	.02
600 -	7.99	.08	.08	.05	-	.08	-	-	7.99	-	-	.02	.08
800 -	.95	.08	.95	.02	8.02	.05	-	-	.95	-	-	7.95	.02
1000 -	.95	.02	.02	7.95	7.95	.02	8.02	-	.95	7.92	7.89	.89	7.92
1200 -	.95	7.95	-	.95	.99	7.89	-	7.95	.95	.89	.89	.81	.89
1400 -	.95	.92	-	.95	.95	.89	-	.89	.95	.89	.89	.81	.89
1600 -	.92	.95	-	8.02	.95	.89	-	-	.99	.86	.86	.81	.89
1800 -	.92	.95	-	7.95	-	.81	-	-	.95	.86	-	.81	.92
2000 -	.89	.92	-	.95	.95	.81	-	-	.92	-	-	.81	.92
2400 -	-	-	-	-	-	-	7.89	-	-	-	-	-	-
2800 -	-	-	-	-	-	-	.81	-	-	-	-	-	-
3200 -	-	-	-	-	-	-	.81	-	-	-	-	-	-

Tabelle 2. (Forts.)

Station Nr.	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	67	68	69
Länge W.	24° 39'	24° 14'	22° 15'	21° 4'	18° 59'	18° 34'	16° 39'	13° 37'	12° 43'	12° 9'	11° 18'	10° 42'	9° 12'
Breite N.	42° 28'	43° 36'	45° 45'	47° 35'	49° 33'	51° 6'	52° 47'	56° 30'	56° 33'	56° 37'	56° 43'	56° 45'	56° 48'
Tiefe													
0 M.	8.22	8.29	8.13	8.24	8.22	8.26	8.22	8.24	8.22	8.26	8.24	-	8.18
25 -	.26	.32	.26	-	-	.26	.22	-	-	-	-	8.08	.18
50 -	.18	.22	.16	.18	.11	.16	.18	.16	.13	.13	.16	.02	.18
75 -	.16	.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100 -	.11	.13	.13	.08	.02	.08	.08	.16	.13	.13	.08	7.95	.13
200 -	.08	.13	.11	-	-	.13	.08	.11	.11	.08	.05	.95	.02
400 -	.02	.07	.08	.05	7.99	.08	.05	.11	.08	.08	.05	.95	7.95
600 -	.02	.05	.05	-	-	.08	.05	.08	.11	.08	.05	.95	.95
800 -	7.89	.02	7.95	7.95	.89	.05	.02	.08	.08	.08	7.99	.89	.95
1000 -	.89	7.99	.92	-	-	.02	.02	.05	.05	.08	.99	.89	.95
1200 -	.89	.95	.89	.89	.92	.02	.02	-	.05	.08	.99	.89	.92
1400 -	.89	.89	-	-	-	-	-	-	.02	.02	.99	.86	-
1600 -	.92	.89	.81	.81	.89	7.99	7.95	-	.02	7.99	.99	.86	-
1800 -	-	-	-	-	-	-	-	-	7.99	.95	.95	.86	-
2000 -	-	.81	.86	.81	.89	.95	.95	-	8.02	.95	.99	.89	-
2200 -	-	-	-	-	-	-	-	-	.02	.95	.95	-	-
2400 -	-	.81	.81	-	-	.95	.95	-	-	-	-	-	-
2500 -	-	-	-	-	-	-	-	-	7.99	.95	.95	-	-
2800 -	-	-	.86	-	-	.95	.95	-	-	-	-	-	-
3200 -	-	-	.81	-	-	.92	.99	-	-	-	-	-	-

Tabelle 3.  $p_H$ -Mittelwerte der einzelnen Schnitte I—VIII.

Schnitt Nr.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	St. 1—15	St. 15—24	St. 25—40	St. 39—52	St. 53—62	St. 63—70	St. 2—10	St. 10—19
Tiefe								
0 M.	8.22	8.26	8.25	8.25	8.22	8.23	8.23	8.22
25 -	.22	.28	.27	.28	.27	-	.25	.25
50 -	.18	.23	.25	.28	.18	.13	.22	.16
75 -	.16	.18	.22	.22	.14	-	-	.14
100 -	.14	.19	.21	.18	.11	.10	.14	.09
200 -	.13	.17	.15	.16	.10	.05	.13	.06
400 -	.12	.13	.07	.09	.05	.04	.09	.07
600 -	.06	.10	.02	.03	.05	.04	.01	.04
800 -	.05	.07	.02	.01	7.97	.01	.05	.02
1000 -	.00	.05	.01	7.97	.95	.00	.03	7.98
1200 -	7.99	.05	.00	.95	.92	7.99	.01	8.00
1400 -	.96	.02	7.98	.93	.87	.97	-	-
1600 -	.92	.02	.98	.96	.85	.96	7.90	7.98
2000 -	.94	.00	.98	.92	.88	.96	.95	.96

Tabelle 4.  $p_H$ -Mittelwerte sämtlicher Schnitte I—VIII.

Tiefe M.	0	25	50	75	100	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	2000
$p_H$	8.24	8.26	8.21	8.18 <sub>5</sub>	8.15	8.13	8.08 <sub>5</sub>	8.04 <sub>5</sub>	8.02 <sub>5</sub>	8.00	7.99	7.96 <sub>5</sub>	7.95	7.95