

Eigendom van het
Westvlaams Economisch Studie-bureau
Brugge Reeks / Boek

**SVENSKA
HYDROGRAFISK-BIOLOGISKA KOMMISSIONENS
SKRIFTER**

Ny serie: Hydrografi. IV.

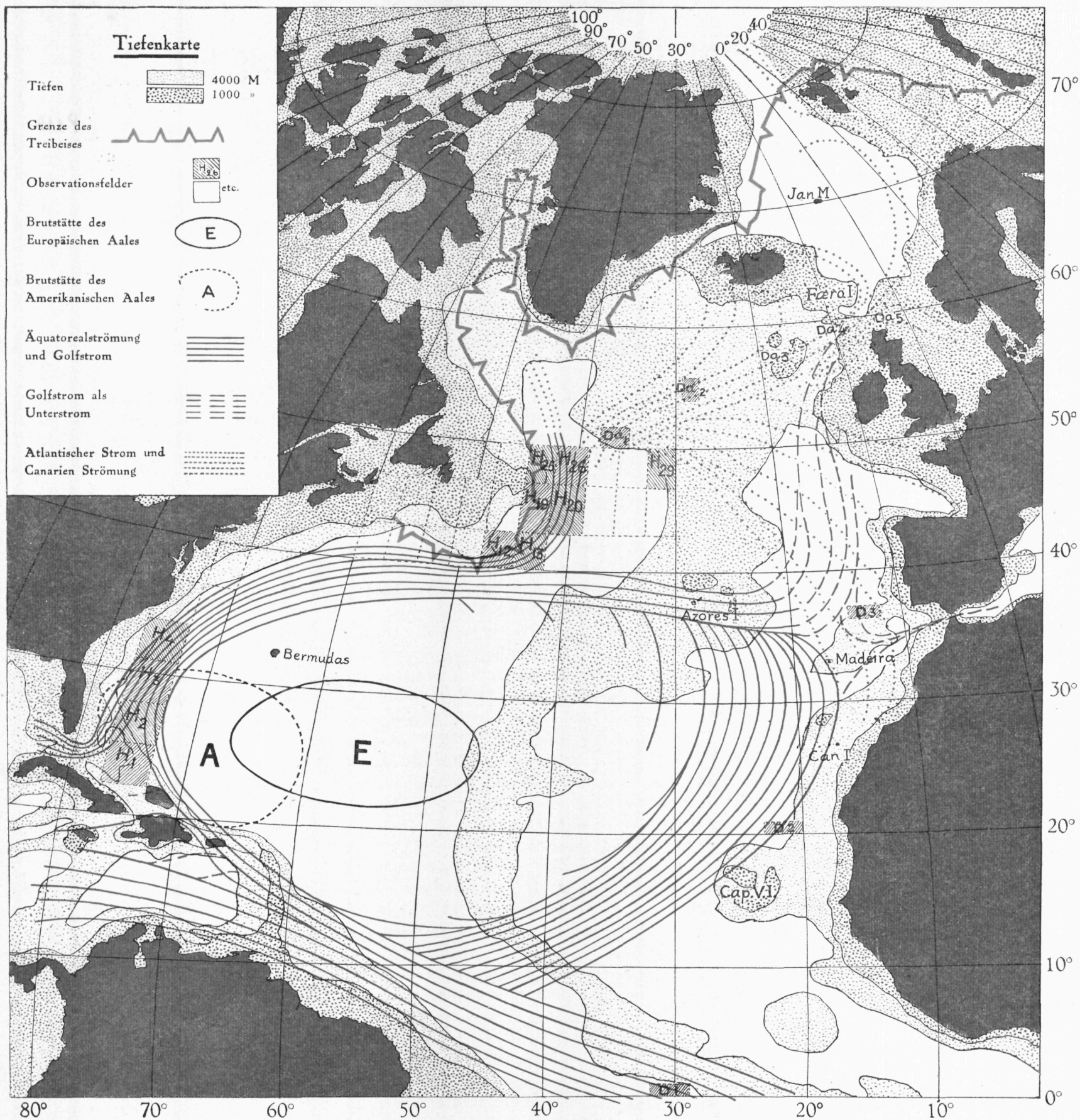


P 119

N:o 4. O. PETTERSSON: Der Golfstrom und der Atlantische Strom

131608





DER GOLFSTROM UND DER ATLANTISCHE STROM

VON O. PETTERSSON.



P419

Das Problem des Golfstromes harrt noch seiner Lösung. Die folgende Mitteilung ist ein Versuch den Weg vorzubereiten für eine Diskussion der Frage, ob zwei verschiedene Meeresströmungen: ein *Triftstrom* (der eigentliche Golfstrom) und ein *Windstrom* (der Atlantische Warmwasserstrom) im Nordatlantischen Gebiet existieren, oder ob die alte von Maury, Petermann, Carpenter u. a. herrührende Auffassung*) vorzuziehen ist, wonach die Wasserzirkulation im Atlantischen Ozean ein einheitliches Stromsystem bildet. Die neueren hydrographischen Untersuchungen der internationalen Meeresforschung, welche im Folgenden erwähnt werden, bieten ein reiches Material zur Entscheidung dieser Frage.

I. DER ATLANTISCHE STROM.

IM »Bulletin Hydrographique Atlantique«, der Veröffentlichung der internationalen Meeresforschung von 1919, findet man eine Statistik über die Meerestemperatur in den verschiedenen Monaten des Jahres, (von 1900 bis 1914) in den auf der Karte I bezeichneten Feldern. Dieses wurde neulich von Dr. Wilhelm Pettersson zusammengestellt,¹⁾ und dient dieses Material als Ausgangspunkt für die folgenden Ausführungen.

In der Region zwischen 40° u. 50° Nördl. Breite und 40° u. 50° West. Länge fällt der Labrador-Strom dem Golfstrom in die Flanke. Die Hauptattacke des Polarstromes findet in den Monaten März—Juni statt und bewirkt eine Zersplitterung des Golfstromes südlich von Newfoundland. Dr. Pettersson findet, dass nach der Eisschmelzungssaison die Region östlich von Newfoundland von einem Gürtel aus dem Golfstrom entstammenden warmen Wassers umgeben ist, welcher sich durch die Felder H_{13} , H_{20} u. H_{26} hindurch zieht, wo das Oberflächenwasser in den Monaten Juli, August, September, Oktober, November ein Maximum von Temperatur über der Umgebung zeigt. Das ist ein Anzeichen einer warmen Strömung vom Wasser des Golfstroms, welches von dem Eisschmelzungsprozess in den Frühlingsmonaten März—Juni herangezogen worden ist. Bekanntlich übt Eis welches im Meerwasser schmilzt eine anziehende Wirkung auf das umgebende wärmere Wasser aus,²⁾ und so, *nur so*, ist die Zersplitterung des Golfstromes südöstlich von Newfoundland und die Ablenkung eines Teils dieses Stroms gegen Norden zu erklären, durch eine Kraft welche gross genug ist um diejenige der Erdumdrehung zu überwinden.

Das Temperaturmaximum wodurch das Vorhandensein dieser warmen Strömung angezeigt wird ist aber nur in den Herbstmonaten nach der Eisschmelzungssaison merkbar, d. h. in Juli bis November. In den Wintermonaten Dezember, Januar u. s. w. ist die Wassertemperatur in den Feldern H_{20} und H_{26} nicht höher als in den östlicher belegenen Feldern H_{21} , H_{27} , H_{28} . Die Heranziehung des warmen Wassers ist also eine Nachwirkung der Eisschmelze, und der Golfstromsweig welcher in 40° westlicher Länge nach Norden abbiegt ist eine *intermittente Strömung* welche im Sommer und Herbst Golfstromwasser von 40° südlicher Breite in den borealen Teil¹⁾ des nördlichen Atlants befördert.

Dr. Pettersson hat sich die Aufgabe gestellt zu erörtern, wohin dieser warme Stromsweig von Golfstromwasser den Weg nimmt.²⁾ Er findet dass die warme Oberflächenschicht sich fächerförmig über dem nördlichen Atlant vom Winde getrieben allmählich ausbreitet.

Acht—neun Monate nachher, also im folgenden Jahre, erscheint die Wirkung dieses Wassertransportes als Temperaturerhöhung in der Mitte des Ozeans (im Felde Da_2 der Karte) und in dem darauf folgenden Jahr macht der Einfluss derselben sich fühlbar durch Variationen in der Regenmenge welche über Irland, England, und Skandinavien fällt. Da die Nachwirkung der Eissaison auf die Wassertemperatur der Umgebung sein Maximum im August erreicht, berechnet Dr. Pettersson den jährlichen Effekt der Eisschmelze aus der Abweichung der Oberflächentemperatur in diesem Monat (August) von dem mittleren Wert in den 14 Jahren 1900—1913 und vergleicht damit:

a. die Variationen der mittleren Jahrestemperatur der Oberfläche in dem darauf folgenden Jahr im Felde Da_2 das gerade in der Mitte des nördlichen (borealen) Teils des Atlantics liegt und

b. die Variation in der mittleren Regenmenge von Irland, England und Schweden in dem darauf folgenden Jahr.

¹⁾ Damit verstehe ich die Region nördlich der 50^{ten} Breite.

²⁾ W. Pettersson: Ibidem p. 9—12.

*) Welche neulich von G. Wüst in seiner bahnbrechenden Arbeit »Florida und Antillenstrom« (Veröffentl. d. Instituts f. Meereskunde, Berlin 1925) vertreten ist.

¹⁾ W. J. Pettersson. Etude de la Statistique Hydrographique du Bulletin Atlantique, etc. gedruckt in »Svenska Hydrografisk Biologiska Kommissionens Skrifter«, neue Serie Nr 1.

²⁾ O. Pettersson: On the influence of ice-melting upon oceanic circulation (Svenska Hydrografisk Biologiska Kommissionens Skrifter II).

Excès (+) ou défaut (—) de température de l'eau autour de la zone de fonte à Terre Neuve en août	Excès (+) ou défaut (—) de température de l'eau de surface au milieu de l'Océan Atlantique l'année suivante	Excès (+) ou défaut (—) de pluie en Irlande l'année d'après en centaines
1900 $\Delta t^{\circ} = -0^{\circ}.85$	1901 $\Delta t^{\circ} = -0^{\circ}.18$	1902 $\Delta = -8\%$
1901 » $= +0^{\circ}.35$	1902 » $= +1^{\circ}.12$	1903 » $= +24\%$
1902 » $= -1^{\circ}.35$	1903 » $= -0^{\circ}.18$	1904 » $= +1\%$ *)
1903 » $= -2^{\circ}.15$	1904 » $= -0^{\circ}.88$	1905 » $= -11\%$
1907 » $= -3^{\circ}.85$	1908 » $= -0^{\circ}.28$	1909 » $= -7\%$
1908 » $= +1^{\circ}.25$	1909 » $= +0^{\circ}.52$	1910 » $= +9\%$
1910 » $= +1^{\circ}.6$	1911 » $= +0^{\circ}.42$	1912 » $= +8\%$

Tabelle aus der zitierten Arbeit von W. Pettersson: Étude de la Statistique Hydrographique.**)

Die vorstehende Tabelle (entnommen der zitierten Abhandlung von Dr. Pettersson) enthält in der ersten Kolumne die Abweichungen von der mittleren Wassertemperatur, in den Feldern H_{12} , H_{13} , H_{19} , H_{20} , H_{26} im August. Diese Abweichungen können sehr gross sein (man vergleiche z. B. die Zahl $+1^{\circ}.6$ für 1910 mit $-3^{\circ}.85$ für 1907). Sie geben gewissermassen einen Maassstab für den Einfluss der Eisschmelze auf den thermischen Zustand des Meeres in dem betreffenden Jahre östlich von Newfoundland. In dieser Region hatte z. B. in den Herbstmonaten des Jahres 1910 eine grosse Ansammlung von warmem Wasser statt gefunden welche in dem folgenden Jahr (1911) eine um $0^{\circ}.42$ C erhöhte Wassertemperatur in dem Felde Da_2 und in dem darauf folgenden Jahr (1912) eine Zunahme der jährlichen Niederschlagsmenge über Irland mit 8 % bewirkte. Dagegen war im August 1903 die Wassertemperatur in der Newfoundlandgegend 2.15 Grad unter der Normalen. Wir denken uns diese kalte Wasserschicht durch den Antipassat als Windtrift nach Osten befördert und erklären so die Herabsetzung der mittleren Jahrestemperatur in Da_2 um $0^{\circ}.88$ in 1904, ebenso wie das Trockenjahr 1905 in Irland mit einem Defizit der Regenmenge von 11 %.

Es wäre demnach die Area um Newfoundland, wo der Konflikt zwischen dem Labradorstrom und dem Golfstrom sich ausspielt, zu betrachten als den Urquell des Atlantischen Stromes welcher in so fern als eine Fortsetzung des Golfstromes gelten kann, dass er von demselben jeden Sommer und Herbst einen mächtigen Zuschuss von warmem Wasser erhält welches durch den Einfluss der Eisschmelze dem Golfstrom entzogen wird und, mit dem Wasser des borealen Teils des nördlichen Atlantes vermischt, als Triftstrom den Ozean durchquert und als temperierte Oberflächenschicht sich über dem Kontinentalplateau des Europäischen Kontinent ausbreitet. (Karte.)

Über den weiteren Verlauf des Atlantischen Stromes ist man längst im Klaren wie aus dem folgenden Zitat hervorgeht:

»The main branch of the Atlantic current enters the

southern part of the Faeroe—Shetland Channel running in a northeasterly direction towards Shetland. The direction of the flow is more or less a winding one and the inflowing water does not, as a rule, flood the whole channel but is mainly confined to its eastern side where it reaches an average depth of 500 metres. The Atlantic current on leaving the Faeroe—Shetland Channel crosses the entrance from the North Sea to the Norwegian Sea in an almost easterly direction so that the current in this area is usually flowing southwards along the east Coast of Shetland flooding a great part of the north-western area of the North Sea with water of high salinity.» (Robertson in 1910.)

Wie zutreffend diese Beschreibung von dem windelnden Einfluss — »the winding flow« — des Atlantischen Stromes in das Norwegische Meer über den Wyville-Thomson Bank zwischen den Färöern und Shetland ist, erhellt aus den beiden folgenden Kartenskizzen, worin die Richtung und die Stromgeschwindigkeit des Wassers in der Oberfläche und in 300 Meter Tiefe dargestellt ist nach den neuesten internationalen Untersuchung im Mai 1924.¹⁾

»Wir fanden die Hauptader des Atlantischen Stromes welche in das Norwegische Meer hinein dringt in 0 bis 300 Meter Tiefe in der Färöe—Shetland Rinne wo die dicht zusammengedrängten Stromfaden die reissende Geschwindigkeit von 40 bis 50 cm/sec. erhalten.« (Jacobsen u. Jensen). Nach dem Vorigen wäre der Atlantische Strom ursprünglich ein Triftstrom, welcher, von den Westwinden getrieben, mit ganz mässiger Geschwindigkeit den Abstand zwischen Amerika und Europa in etwa 2 Jahren zurücklegt (siehe die Darstellung auf Seite 4), was mit den direkten vom Schiffsbord gemachten Observationen der Versetzung übereinstimmt, welche in 50° N. Breite die mittlere Trift zu etwa 3.8 bis 4 Meilen in 24 Stunden angeben.²⁾

Mit dieser Geschwindigkeit würde der Transport des Oberwassers von der Umgebung von Newfoundland bis zu der Station Da_2 (Mitte des Ozeans) etwa 8—9 Monate und von dort bis zu der Küste von Europa etwa ein Jahr nehmen.³⁾

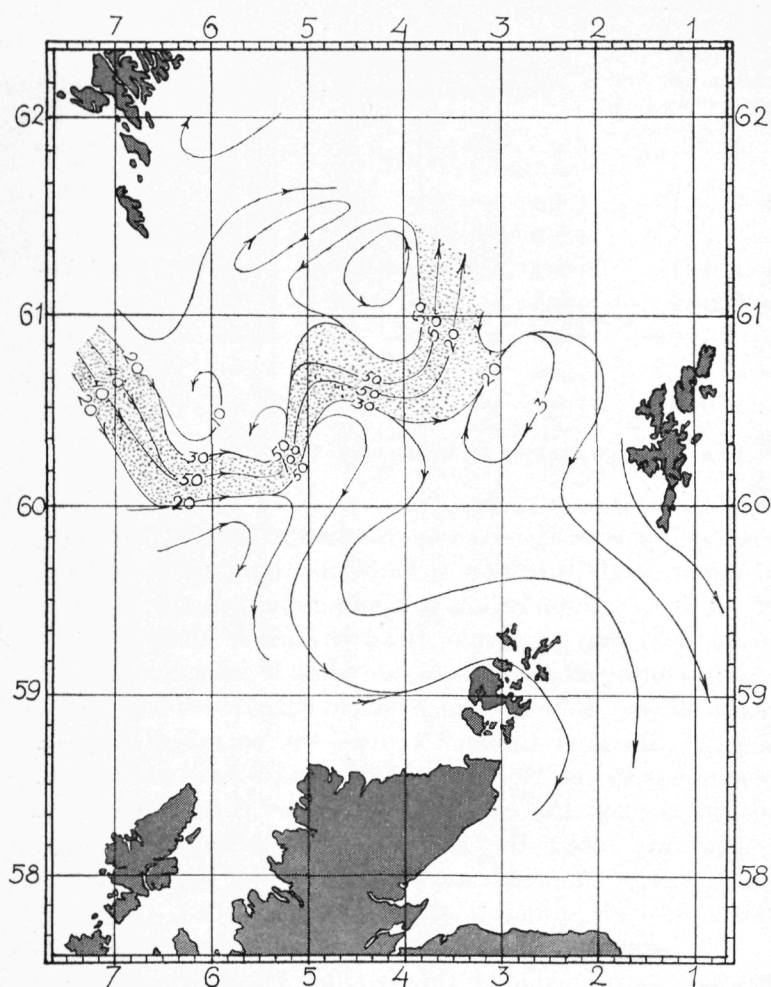
*) Das ist nur eine scheinbare Ausnahme. Zwar war die Regenmenge über Irland in 1904 um 1 % grösser als gewöhnlich aber in demselben Jahr fiel in England und Wales um 11.5 % weniger Regen als gewöhnlich. Leider hat das Original hier einen Druckfehler »excès» statt »défaut» 11.5 %.

**) Für 1906 waren die Observationen nicht so vollständig dass man den mittleren Betrag berechnen konnte.

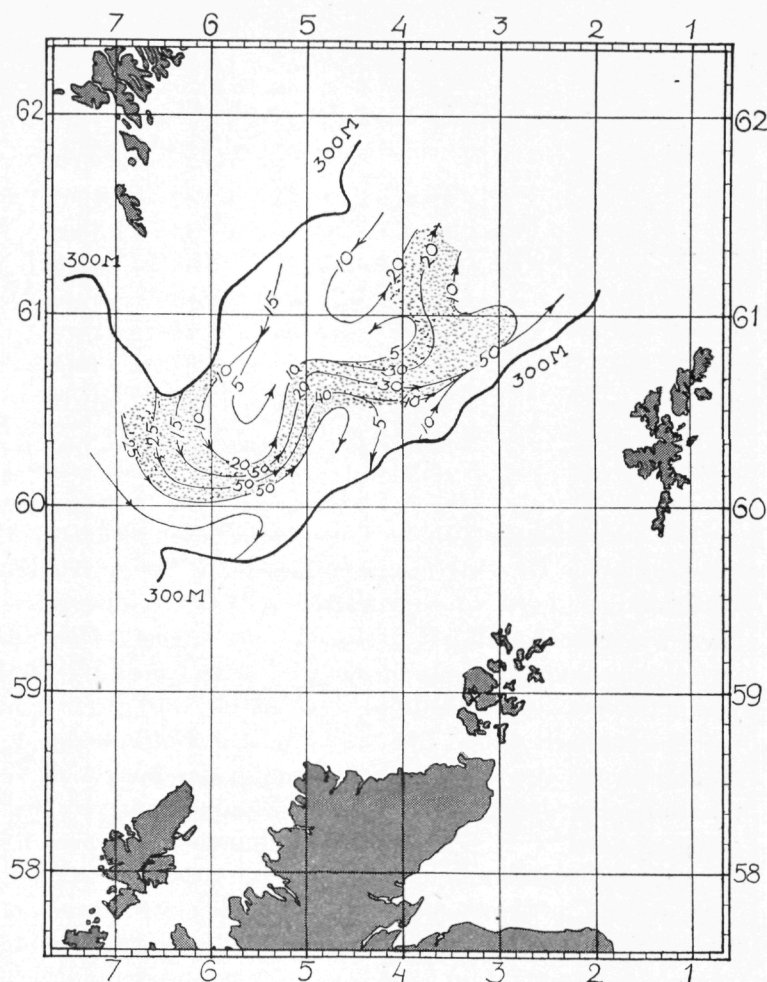
¹⁾ Report of the North-Western Area Committee for 1924 and 1925 published by Professor Joh. Schmidt. Rapports Vol. XXXIX du Conseil International pour l'exploration de la mer p. 68. (F. P. Jacobsen and A. Jensen).

²⁾ Nach dem »Marine Observer» (März 1926).

³⁾ Siehe die Tabelle oben.



Stromgeschwindigkeiten in cm/sec. in der Oberfläche
nach F. P. Jacobsen und A. Jensen.



Stromgeschwindigkeiten in cm/sec. in 300 M. Tiefe
nach F. P. Jacobsen und A. Jensen.

Das langsam dahin fließende Wasser erhält also wenn es die Wyville-Thomson Schwelle passiert eine Accerelation, welche die Geschwindigkeit auf's zehnfache steigert. Von diesem Punkt an kann der Atlantische Strom nicht mehr als Triftstrom betrachtet werden. Das Wasser wird von dem inneren Kraftsystem der ozeanischen Zirkulation ergriffen; der Atlantische Strom in dem Norwegischen Meer und im Eismeer wird zu einem Kompensationsstrom, welcher den Ersatz liefert für das eiskalte Wasser, welches mit dem Grönländischen Polarstrom aus dem Eismeer abfließt oder sich als submariner Wasserfall in 500—600 Meter Tiefe über die Island—Färöe—Shetland Bank in die tiefe östliche Mulde des Nordatlantischen Ozeans ergießt. Eine Folge davon ist, dass der Atlantische Strom nach seinem Eintritt in das Norwegische Meer eine ausgesprochene Periodizität zeigt, welche auf die jährliche Variation des Polarstromes zurückzuführen ist und ihren Einfluss auf die Fischwanderungen und auf das Stromsystem in allen Verzweigungen der Nordsee, des Norwegischen und des Barentz-Meeres ausübt.

Dieser Zweig des Atlantischen Stromes, welcher über die Wyville-Thomson Schwelle in die Nordsee und das Nordmeer und schliesslich in das Barentzmeer und das Polar-

bassin eindringt, enthält nur einen Teil der Wassermasse des grossen Triftstroms, welcher von der Newfoundlandgegend ausgehend sich über die boreale Area des Atlantes fächerförmig ausbreitet. Ein Triftstrom, welcher sich über eine unbegrenzte Meeresfläche bewegt, unter dem Einfluss der Erdrotation und der Friktion, kann nach der Berechnung von W. Ekman nicht tiefer als etwa 150—200 M. sein. Die westlichen Winde führen diese Wasserschicht gegen die Küste von Europa. Unterwegs wird ein Teil davon nach Islands und Grönlands Gestaden abgelenkt, wo das warme Wasser an der Eismelze an der westlichen Seite des Atlants Teil nimmt, während anderseits die ablenkende Wirkung der Erdrotation auf der östlichen Seite der Wassertrift überwiegt (Karte), so dass das Atlantische Wasser auf dem Europäischen Shelf eine schwache Bewegungstendenz nach Süden annimmt, welche sich erst deutlich zeigt als die aspirierende Wirkung des Passates sich im Westen von Portugal geltend macht und den südöstlichen Ausläufer des Atlantischen Stromes in die Strombahn der Canarienströmung und damit in den Kreislauf der Golfstromszirkulation einführt.

Unterhalb dieser Zirkulation des Oberflächenwassers findet man die Gewässer des eigentlichen Golfstroms.

II. DER GOLFSTROM.

NACHDEM der Golfstrom den kritischen Punkt in etwa 50° Long. passiert hat, wo die erste Abzweigung seiner Wassermasse stattfindet, wird er vor der Azorenbank von der Erdrotation in südöstlicher Richtung gegen die Afrikanische Küste abgelenkt, wo eine mächtige Anhäufung von Golfstromwasser stattfindet, das jedoch im Süden von dem Cap-Verde-plateau, welches im Nord-Atlantischen Ozean die Rolle von einer grossen Wasserscheide spielt, von einem weiteren Vordringen südwärts abgesperrt wird. Wir wissen nämlich durch die Lotungen der Deutschen Vermessungsschiffe Planet und Möwe, dass der hydrographische Zustand des Meeres jenseits dieser Wasserscheide ganz verschieden ist von demjenigen der Golfstromregion nördlich davon. Südlich von dem Cap Verde-plateau unter der dünnen Oberschicht des Guineastromes und der Westküste von Afrika entlang hat man überall kaltes aufsteigendes Wasser von der Südsee gefunden, welches in dem Masse konzentriert und erwärmt wird sobald es zu höherem Niveau kommt.

Dagegen ist der nördliche Teil der grossen östlichen Tiefmulde des Atlantischen Ozeans bis zu etwa 1500 Meter Tiefe von Golfstromwasser gefüllt, welches weiterhin einen beträchtlichen Zufluss in 800—1100 M. Tiefe von dem ausfliessenden Unterstrom des Mittelmeeres erhält, der aus ebenso salzigem und warmem Wasser besteht. Es ist wohl zu bemerken, dass dieses warme Wasser, welches aus der Sargasso-See und dem Mittelmeer stammt und ein Salzgehalt von über 36.5‰ und eine Temperatur von mehr als 15° hat, gar nicht auf dem Kontinentalplateau des Europäischen Kontinents zu finden ist, sondern sich ausserhalb des kontinentalen Küstenplateaus langsam über der Tiefen Re-

gion des östlichen Atlantischen Beckens, nach Norden bewegt und schliesslich durch die tiefe Rinne zwischen Irland und dem Rockall Plateau gegen Norden und nach Westen seine Ausläufer über das Telegraphen-Plateau aussendet.

In diesen Breiten ist aber der eigentliche Golfstrom längst zu Unterstrom geworden und wird von dem Wasser des Atlantischen Stromes überlagert, welches sich über das Europäische Küsten plateau ausbreitet und den mächtigen Stromzweig in das Norwegische Meer und in die Nordsee aussendet (Karte), wovon die letzten Ausläufer von Nansen im Polarmeer und von Knipowitsch¹⁾ im Barentz-Meer entdeckt worden sind.

Derjenige Teil des ursprünglichen Golfstroms, welcher zwischen den Azoren und den Canarischen Inseln nach Norden umbiegt, erhält sich in der Oberfläche noch vor dem Spanischen Küstenplateau. Weiter nördlich wird er als Unterstrom der Friktion ausgesetzt, teils mit dem kalten arktischen Bodenwasser, welches in einem mächtigen Wassersturz in 600 Meter Tiefe sich aus dem Norwegischen Meer über die Wyville-Thomson Bank und den Faeroe Island Rücken in das ostatlantische Tiefbecken ergiesst, und teils mit der Oberschicht von Atlantischem Wasser welches von der Newfoundlandgegend von den westlichen Winden herüber getrieben wird. (Siehe die erste Abteilung: »Atlantischer Strom«.)

Die Friktion mit dem kalten Bodenwasser wird durch interne zeitige Ströme vermittelt, welche nach den Messungen von W. Ekman und Helland-Hansen noch in den

¹⁾ N. Knipowitsch: Zur Kenntniss der geologischen Klimate (1903), Verhandlung d. Russ. Mineralogischen Gesellsch. Bd. XV Lief II.

Hydrographische Lothungen in 200 und 400 M. der Planet-expedition¹⁾, der Möwe-expedition²⁾ und der Fylgia-expedition³⁾

	Planet		Möwe		Fylgia	
I. Nördlich von Cap Verde.						
200 M.	$15^\circ,36$	$36,20\text{‰}$	$17^\circ,2$	$36,42\text{‰}$	$14^\circ,36$	$35,77\text{‰}$
400 M.	$12^\circ,18$	$35,68\text{‰}$	$13^\circ,1$	$35,62\text{‰}$	$12^\circ,01$	$35,52\text{‰}$
II. Südlich von Cap Verde.						
200 M.	$12^\circ,8$	$35,23\text{‰}$			$13^\circ,30$	$35,32\text{‰}$
400 M.	$8^\circ,5$	$34,87\text{‰}$			$9^\circ,06$	$34,85\text{‰}$

¹⁾ Deutsches Vermessungsschiff Planet, D:r W. Brenneke.

I. Station 7. 10 Febr. 1906. Lat. N. $24^\circ 20'$. Long. W. $22^\circ 37'$
II. „ 11. 23 „ 1906. Lat. N. $6^\circ 57'$. Long. W. $15^\circ 15'$

²⁾ Deutsches Vermessungsschiff Möwe, Kapitän-Lieutenant Szelezka.

I. Station 14. 14 Juni 1911. Lat. N. $24^\circ 59'$. Long. W. $17^\circ 3'$

³⁾ Schwedischer Panzer-Kreuzer Fylgia, Kapitän F. M. Neumüller.

I. Station 3. 12 Dez. 1924. Lat. N. $24^\circ 59'$. Long. W. $17^\circ 26'$
II. „ 6. 24 „ 1924. Lat. N. $6^\circ 56'$. Long. W. $13^\circ 25'$

grössten Tiefen des Ozeans (bis 4000 M. u. tiefer) wirksam sind. Dadurch verliert das Golfstromwasser, welches an die Europäische Seite des Atlantes gelangt, einen grossen Teil seines in südlichen Breiten aufgespeicherten Wärmeverrats. Wie kräftig dieser Mischprozess wirkt ersieht man davon, dass die Temperatur des Bodenwassers in der östlichen Atlantischen Tiefmulde um mehr als ein Grad höher ist als diejenige des Wassers in gleicher Tiefe auf der Amerikanischen Seite¹⁾. Sehr überzeugend in dieser Hinsicht wirkt auch die Untersuchung von Nansen in 1913, worin er die Ausbreitung des Golfstromwassers in verschiedenen Niveaus (50, 100, 200 M. u. s. w.) westlich von Irland in Kartenskizzen darstellt. Man ersieht davon wie schnell das Golfstromwasser, indem es ausserhalb des Europäischen Shells nach Norden vordringt, an Volumen verliert trotz dem Zuschuss von dem Mittelmeer. In der östlichen Hälfte des Nordatlantes in 40°–60° Breite erscheint es als intermediäre Zwischenschicht zwischen dem arktischen Bodenwasser und der atlantischen Deckschicht.

In dieser oberen Grenzschicht bewirkt die Friktion einen Austausch zwischen Golfstromwasser und Atlantischen Wasser durch interne Tidewellen von grosser Amplitude, und zwar ist diese Grenze zwischen den beiden Meeresströmen äusserst bedeutungsvoll für die Hochseefischerei der Küstenländer wegen der reichen Entwicklung des Plankton- und Fischlebens, da sich hier zwei verschiedene faunistische Gebiete begegnen.

Die Wechselwirkung zwischen dem Atlantischen Strom und dem Golfstrom, welche beide ihren Ursprung an der Westseite des Atlantes haben und nach langen Umwegen an der Ostseite als Ober- und Unterstrom zusammentreffen, ist von 1921 an Gegenstand der Untersuchungen der internationalen Meeresforschung geworden.²⁾

Zu seiner Überraschung fand der Leiter dieser Untersuchung, Dr. Le Danois, kein Anzeichen von einer nordgehenden Strömung von permanenter Natur in dem Meer ausserhalb der Europäischen Küste von Portugal bis Irland. Die Wasserbewegungen, welche er observierte, waren s.g. »Transgressionen« oder hin- und hergehende Versetzungen meistens in west-östlicher Richtung von einem wärmeren und spezifisch schwereren unteren Wasserlager.

Allerdings macht sich auch ein Drang des Golfstromwassers nach Norden fühlbar im Frühling (Mai–Juni u. s. w.), aber diese Bewegung wird schon im November rückgängig und besonders im Dezember tritt Stagnation (»Stabilisation«) in die Wasserschichten ein. Sehr bezeichnend ist die Beschreibung, welche Dr. Le Danois vom Verhalten des warmen südlichen Wassers gegen das kältere Atlantische Oberwasser auf dem Europäischen Kontinentalplateau gibt. Er vergleicht die Begegnung der beiden Wasserlager mit einem *Stoss* (»un heurt«), also mit einem Konflikt demjenigen ähnlich welcher sich vor Newfoundland zwischen dem Golfstrom und dem Labradorstrom abspielt. In der Wirklichkeit hat der Golfstrom während seines Vordringens von den Breiten der Canarischen Inseln nordwärts schon in der Spanischen Bucht und noch mehr in dem Golf von Gascogne

und im Süden von Irland nicht nur mit dem Andrang des Atlantischen Stromes von Westen zu kämpfen, sondern auch mit dem kälteren und verdünnten kontinentalen Randwasser auf dem inneren Shelf des Kontinents, welches in gewissen Jahren und Jahreszeiten aus borealen von der Nordsee kommendem Wasser besteht (wie es ganz besonders im Winter des Jahres 1925 der Fall war). Durch diese Angriffe von oben, von unten und von der Ostseite wird das eigentliche Golfstromwasser und Mittelmeerwasser als es in höheren Breiten kommt auf ein intermediäres Wasserlager in 100–300 M. Tiefe beschränkt, welches allmählich, als es das Telegraph Plateau und die Rockall Rinne erreicht, auskeilt. Gewöhnlich kommt das Golfstromwasser nicht über die Wyville-Thomson Schwelle, aber von dieser Regel gibt es wichtige Ausnahmen, welche die Tendenz zeigen, periodisch, wie z.B. in 1896, 1905, 1907, 1908 und in 1921, 1922, 1923 der Fall war, aufzutreten. Solche Transgressionen des Golfstromwassers in das Norwegische Meer (wo es dann zusammen mit dem Atlantischen Strom auftritt) tun sich Kund durch das Auftreten in der nördlichen Nordsee und in den südlichsten Regionen des Norwegischen Meeres von charakteristischen südlichen Planktonformen und Fischarten, welche der Gegend von Madeira und den Canarischen Inseln, dem Mittelmeer und der Sargassosee angehören. Das Golfstrom- und Mittelmeerwasser sind gut gekennzeichnet in biologischer Hinsicht; weit schwieriger ist es die charakteristische pelagische Pflanzen- und Tierwelt, welche der Atlantische Strom mitführt, anzugeben.

Die wichtigste Leitform woran wir das Vordringen des Golfstromwassers erkennen sind die Leptocephaliden des Europäischen Aales. Südlich von den Bermuda Inseln in der südöstlichen Ecke der Sargasso See hat Johannes Schmidt die Brutstätten des Europäischen und des Amerikanischen Aals gefunden. Dieselben sind auf der Karte mit den Buchstaben E und A markiert. Vom Gebiete A gelangen die Leptocephaliden des Amerikanischen Aals mit der Unterströmung, welche in etwa 100 bis 250 M. Tiefe hochoberwärmtes und salzreiches Wasser aus der Sargasso See in das Caribische Meer und den Mexikanischen Golf führt¹⁾ in den Bereich des Floridaströms, womit sie die Mündungen der Nordamerikanischen Flüsse erreichen und ungefähr ein Jahr alt als Glassaale auftreten (siehe hierüber Seite 5 der zitierten Arbeit von W. Pettersson).

Von der Brutstätte E. des Europäischen Aales dauert der Transport nach Europa nahezu 3 Jahre und es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die junge Aalbrut mit dem Golfstrom nach den Europäischen Gestaden folgen und ihre Metamorphose zu Glassaalen, wenn sie aus dem warmen und salzigen Golfstrom in das Atlantische Wasser der oberen Schicht des Meeres vor Europas Küste gelangen, untergehen. In das Mittelmeer können sie noch als Leptocephaliden eindringen (wo sie auch von Grassi gefunden und von ihm zuerst als Aalbrut erkannt wurden). Der Salzgehalt und die Temperatur des Wassers im Mittelmeer sind denjenigen des Golfstromwassers so ähnlich dass die Metamorphose zu Glassaalen dort erst in der Nähe der Flussmündungen erfolgt. In der Nordsee ist es nicht so. Die

¹⁾ Siehe Karte.

²⁾ Report Atlantique 1921–24 redigiert von Dr. Le Danois.

¹⁾ G. Wüst: Florida und Antillenstrom, Veröffentl. d. Inst. f. Meereskunde H 12 (1925) Berlin.

Metamorphose vollzieht sich schon ausserhalb der Mündung des Kanals und der Irländischen See und der Schottischen Küste.¹⁾ Nur ein einziges Mal sind Leptocephaliden in der Nordsee im Übergangszustand angetroffen worden.

Schon am Anfang seiner weltumspannenden Untersuchung über die Verbreitung und die Wanderungen der Aal-arten hatte Dr. Schmidt gefunden, dass die Leptocephaliden des gewöhnlichen Aals nur in einer gewissen Entfernung von Europas Küste vorhanden sind — allerdings in den oberen Wasserschichten — aber *nur über Tiefen von mehr als 1000 Meter, also nicht auf dem Kontinentplateau*. Das stimmt mit der hier gegebenen Erklärung, dass der Golfstrom, wenn er vor der Spanischen Küste untertaucht, sich über den grossen Tiefen hält und sich niemals über das eigentliche Küstenplateau verbreitet, welches von Atlantischem Wasser überschwemmt wird.

Die Karte, p. 298 u. 289 in Smithsonian Reports 1924 von Dr. Schmidt, gibt den mutmasslichen Wanderweg der Leptocephaliden an. Ich habe von den Herrn Jespersen und Wedel Tåning, welche die Forschungsfahrten Dr. Schmidts mitgemacht haben, einige wichtige Aufklärungen erhalten, nach welchen ich gewagt habe den Lauf des Golfstroms — d.h. die Hauptader dieses Stromes südlich von dem Azoren Plateau einzuzichnen. Herr Jespersen schreibt: »Wir fanden bei den Expeditionen mit der Margarethe 1913, Dana 1920 und 1921—22, Leptocephaliden auf der Strecke von Bermuda bis zu den Azoren und Marocko. Über das Vorkommen der Leptocephaliden im Westen vom 20^{sten} Meridian und nördlich von 40° N. Lat. kennen wir sehr wenig. Meine eigene Erfahrung von der Expedition in 1913 mit der Margarethe auf der Fahrt von den Färöern nach den Azoren war, dass wir auffallend wenige Aallarven fingen. *Da wir aber von Azoren in südwestlicher Richtung fuhren, erhielten wir grössere Mengen von Aallarven erst in 29° N. Lat. und 38—40° W. Long.*»

Die Verbreitung der Aallarven welche ich auf der Karte gezeichnet habe, würde dann den Weg des eigentlichen Golfstromwassers anzeigen. Die Leptocephaliden des Golfstroms werden von einigen Raubfischen wie dem »cuttlefish« und dem bekannten Mondfisch, *Orthogoriscus Mola*, verfolgt welcher, sich in seltenen Fällen sogar in das Norwegische Meer hinein verirrt und zu unseren Gestaden sterbend im verhungerten Zustand ankommt, weil seine Beute, die Aalbrut, nach ihrer Verwandlung in Glassaalen ihm entschlüpft. Zwischen den Azoren, den Canariinseln und

der Spanischen Küste bildet das Meer hydrographisch ein Sammelbecken für Golfstromwasser und Mittelmeerwasser und ist in biologischer Hinsicht ein Mischgebiet wo Tierformen aus der Sargasso See, wie die Leptocephaliden des Aales und Fische wie *Cyclotone signata* u. a. zusammen mit der Fischfauna des Mittelmeeres, Thonfischen, Sardinen, Anchovis u.s.w. und den silberglänzenden Leuchtfischen, welche in der Tiefe zu beiden Seiten des Gibraltarsundes leben, vorkommen. In der Oberfläche zeigen sich Fliegfische, *Exocoetus spilopus*, und die bekannten Formen des Makroplanktons der tropischen Meere: *Physalia*, *Veella*, *Agalmopsis*, *Hippocampus*, *Cestum Veneris*, *Plagusia*, *Salpae*, gewisse Arten von *Lepas* (*pectinata* und *fascicularis*), *Fierasfer*, *Scopulidae*¹⁾ etc. Im Herbst trifft man bisweilen vereinzelt Stücke von Sargasso Kraut. Die Temperatur in der Oberfläche ist 18°—21°, der Salzgehalt über 36.5 ‰; in 450 M. = 36.00 ‰ und in 700 M. = 35.50 ‰ (Temp. 10° bis 12°). Das Golfstromwasser zeigt jährlich einen Vorstoss (»Transgression«) gegen Norden nach Irland, Rockall u.s.w. welcher im Mai beginnt und im Herbst kulminiert und im December rückgängig wird. Dadurch werden im Herbst die oben genannten südlichen Planktonformen nach nördlichen Gegenden getrieben und erscheinen gemischt mit dem Plankton des Atlantischen Stromes in der Nordsee nördlich von Schottland, besonders in gewissen Jahren.²⁾ Auch Fischwanderungen dorthin finden statt z. B. von *Merluccius* und von Thonfischen.

Es ist unmöglich eine scharfe Grenze zwischen den Fischarten, welche dem Atlantischen Strom gehören, und der Fischfauna des Golfstromwassers, welches von Süden entlang der Europäischen Küste vordringt, zu ziehen, weil eine bewegliche Mischzone immer vorhanden ist, welche von den kräftigen Schwimmern wie Thonfische, Makrele u.a. überschritten wird, besonders in Jahren wo bedeutende Transgressionen des Golfstromwassers eintreffen.

Sollte ich aufs Geratewohl eine faunistische Grenze ziehen, so würde ich als Leitformen die Sardine und den Thonfisch für das Golfstrom- und Mittelmeerwasser und die Makrele und den Hering für das Atlantische Oberwasser wählen. Das klingt vielleicht paradoxal, da man weiss, dass Makrele auch im Mittelmeer und Thonfische jeden Sommer in dem Norwegischen Meer vorkommen. Ich sehe dann ab von den Wanderungen dieser Fische und lege das Hauptgewicht auf ihre Laichgebiete. Auch betreffend den Hering kann man einwenden, dass es Heringrassen gibt, welche nicht in Atlantischem Wasser sondern in borealen Gegenden und sogar in kalten und salzarmen Meeren wie in der Ostsee, im Norwegischen Meer und in dem St. Lawrence-Bay leben und laichen. Aber so gut diese Fischart sich auch den äusseren Verhältnissen anpasst, *so gibt es eine obere Grenze hinsichtlich Temperatur und Salzgehalt, welche die Heringe nicht überschreiten*, und dort, wo an der Europäischen Atlanterküste der Heringfang aufhört und die Sardinenfischerei anfängt, ist die Grenze des Einflusses vom Golfstrom und

¹⁾ Wenn sie auf das Küstenplateau kommen unterliegen sie in Folge der veränderten hydrographischen Bedingungen der Metamorphose zu Glassaalen und dringen als solche in die Spanischen, Französischen und Englischen (z.B. Severn) Flüssen ein. Das dauert aber eine gewisse Zeit. *Die Leptocephaliden kommen schon im Frühling mit dem vom Süden kommenden Golfwasser und verwandeln sich in Glassaalen indem sie allmählich in die obere Deckschicht von Atlantischem Wasser übergehen.* »The glass-eels are amongst the latest arrivals in the North-Sea from the West, the earliest records of their appearance through the Scotland—Shetland Straits being November. As early as May however the fully grown Leptocephali have already arrived in the deep water-layers in the Atlantic to the West of Scotland beyond the 10 metres contour line of depth. It is not until the end of summer however when Metamorphosis begins that they ascend to the upper water-layers and are carried over the Faeroe—Shetland Channel and round the North of Scotland.« (Bowman l.c.).

¹⁾ Siehe: Depths of the Sea von J. Murray und J. Hjort p. 633.

²⁾ Siehe A. Bowman: The nature of some of the biological changes taking place between the Atlantic and the North Sea, in den Veröffentlichungen des Schottischen Fishery Boards.

Mittelmeer. Diese Grenze ist merkwürdig scharf ausgeprägt ungefähr in der Breite von La Rochelle. Im Küstenwasser findet man dieselbe Grenze gekennzeichnet durch das Vorkommen der Portugiesischen Auster, welche im Süden von der Gironde-Mündung lebt und gedeiht. Nördlich davon wird diese Art von der gewöhnlichen Auster *Ostrea edulis* ersetzt, welche im Atlantischen Wasser lebt¹⁾ das sich auf dem kontinentalen Shelf von England und Frankreich ausbreitet, wo man auch den Hummer fängt, welcher in südlicheren Breiten von dem Langoust ersetzt wird.

Abgesehen von dem Vorkommen von lokalen Heringrasen in Binnenmeeren und Fjorden kennt man nur 3 grosse ozeanische Rassen von Heringen in den Europäischen Meeren.

1) Die Atlantische Rasse welche man vor den Küsten von Frankreich (von La Rochelle an), England, Irland, Schottland²⁾ und der Südküste von Färö und Island (im Sommer) findet. Dieser Hering lebt und laicht in Atlantischem Wasser von über 35 ‰ Salzgehalt im Spätherbst und Winter.

2) Die boreale Rasse welche im Norwegischen Meer lebt und seine Wanderungen über das ganze Gebiet dieses Meeres erstreckt. Der Winterhering von Island und von den Färöern gehört nach A. C. Johansen diesem Typus. Derselbe laicht an der S. W. Küste Norwegens in Februar—März in Wasser von 34 ‰ u. 33 ‰ Salzgehalt und 4°—6° Temperatur.

3) Der Nordsee-Hering³⁾ welcher im Mischwasser von 10°—13° Temp. und 34 ‰ u. 35 ‰ Salzgehalt lebt und laicht, welches Wasser sich auf dem Nordseeplateau von Doggerbank und nördlicher bildet. Die Laichzeit fällt im Herbst. Danach findet eine Auswanderung nach Skagerak und Kattegat statt wo der Nordseehering von November an bis März mit Trawl und Beutelnetzen gefischt wird.

Alle diese ozeanische Heringrasen sind Wanderfische,

weil sie von den periodischen Bewegungen der Wasserschichten, worin sie leben, abhängig sind. So z. B. folgt der Atlantische Hering, welcher im Januar vor den Hebriden und an der Westküste von Schottland gelaicht hat, mit dem Atlantischen Strom in östlicher Richtung über dem Nordseeplateau bis Shetland und Nord-Schottland aber nicht weiter. Das Atlantische Wasser strömt aber weiter über das nördliche Plateau in Skagerak hinein. *Aber dieses Wasser ist, wenn es so weit ostwärts kommt, steril.* Heringe vom Atlant kommen niemals an die Küsten von Skandinavien, wo man von den Wanderheringen nur die im Frühling laichende Norwegische (boreale) und die herbstlaichende Nordseerasse kennt.

Der mächtige Einfluss von sterilem atlantischem Wasser, welcher gerade zur Herbstzeit im tiefen Bassin Skageraks dringt, wie ein Keil sperrend zwischen dem Nordseewasser und dem borealen Wasser (Bankwasser), welches längs der Norwegischen Küste einströmt, setzt damit eine Grenze für die Migration der Norwegischen Heringrasse, welche gewöhnlich in der Gegend von Stavanger und Egersund ihren südlichsten Punkt erreicht.

Ausser dieser jährlichen Periode für die Einströmung des atlantischen Wassers gibt es auch eine sekuläre Periode von etwa III Jahren. Wenn die Ebbezeit dieser Periode eintritt, welche abwechselnd etwa 70 und 30 Jahren dauert, bekommt das boreale Wasser vom Norwegischen Meer freien Zutritt zum Skagerak und Kattegat, und es findet dann eine Einwanderung von Heringen sowohl von der Nordsee wie vom Norwegischen Meer statt, welche vereint zu den s.g. grossen Fischereiperioden Anlass gibt, wovon man seit 1000 Jahren in jedem Jahrhundert abwechselnd entweder eine grössere oder eine kleinere gehabt hat. Wenn dann die sekuläre Flutperiode des Atlantischen Stromes einfällt, was das letzte Mal im Jahre 1896 eintrat,¹⁾ treten die früheren Fischereiverhältnisse wieder ein, und die Heringfischerei in Skagerak beruht dann auf die grössere oder kleinere Einwanderung aus der Nordsee.²⁾

Diese Periodizität des Atlantischen Stromes macht sich auch in den höchsten Breiten, wohin das Atlantische Wasser vordringt, fühlbar, so z. B. im Eismeer in 1896, 1897 u. 1898, W. von Spitzbergen, wo das Atlantische Wasser in 300—400 M. Tiefe mit aussergewöhnlich hohem Salzgehalt und Temperatur auftrat, und in den letzten östlichen von Knipowitsch entdeckten Zweigen des Atlantischen Stromes im Barentzmeer.

¹⁾ Vor etwa 6 Jahren wurde die Austerzucht von ganz Nord-Europa von Arcachon im Süden bis zum Limfjord auf Jutland vom Aussterben bedroht. Eingehende Untersuchungen in England und Dänemark bewiesen dass die Ursache keineswegs in Säuche oder Vergiftung (durch »Riverpollution« etc.) sondern lediglich in hydrographischen Veränderungen bestand. Diese Veränderung muss auf eine Alternation der beiden grossen Meeresströmungen von denen hier die Rede ist beruhen, denn nur die eine Art *Ostrea edulis* wurde davon berührt. Die Portugiesische Auster vermehrte sich bedeutend in denselben Jahren auf denselben Gründen wo die Atlantische Auster ausstarb.

²⁾ Eine Karte über die Verbreitung des Atlantischen Herings von J. Le Gal findet man in der Zeitschrift La Pêche Maritime v. 7. März 1926.

³⁾ Nach Le Gal, Hodgson (Fishing investigations in 1925) u.a. hat man im Englischen Kanal Heringe von Atlantischer Rasse im Westlichen und Heringe vom Nordsee-typus im Ostlichen Teil des Ärmel Kanals. Die Grenze finden diese Forscher ungefähr auf der Linie Newhaven Antifer.

¹⁾ Siehe: Skageraks tillstånd under den nuvarande sillfiskeperioden, von Cleve, Ekman, Hjort und Pettersson, 1897. (Göteborg).

²⁾ O. Pettersson: Etude sur les mouvements internes dans la mer et dans l'air. Svenska Hydrografisk Biologiska Kommissionens Skrifter VII.

Mezāta