

Werk

Label: Rezension

Ort: Braunschweig

Jahr: 1897

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0012|LOG_0050

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte

über die

Fortschritte auf dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften.

XII. Jahrg.

16. Januar 1897.

Nr. 3.

Otto Pettersson: Ueber die Beziehungen zwischen hydrographischen und meteorologischen Phänomenen. (Meteorologische Zeitschrift. 1896, Bd. XII, S. 285.)

Bei der Zusammenfassung der Resultate ihrer ersten schwedischen hydrographischen Winterexpedition im Februar 1890 hatten die Herren Ekman und Pettersson unzweideutige Anzeichen eines engen Zusammenhanges zwischen dem Zustande der Meeresoberfläche und gewissen klimatischen Schwankungen von kurzer Periode gefunden, welche das Klima der skandinavischen Halbinsel kennzeichnen. Dass diese Beziehung zwischen hydrographischen und meteorologischen Verhältnissen nicht früher bemerkt worden, hat, nach dem Verf., seinen Grund in dem Umstande, dass man früher die Erforschung der nordischen Meere auf die Sommerzeit beschränkte und ihren Zustand während der kälteren Jahreszeit ganz vernachlässigte, während der Einfluss des Meeres auf das Klima viel mehr im Winter hervortreten muss, wo die Anomalien für die nordischen Länder weit bedeutender sind als im Sommer. Die weiteren Erfahrungen haben diesen Schluss vollkommen bestätigt; je grösser die Gebiete des Atlantischen Oceans wurden, welche durch internationales Zusammenwirken in den letzten Jahren zu verschiedenen Jahreszeiten untersucht worden, desto deutlicher stellte sich der Einfluss des Meeres auf das Klima von Nordeuropa heraus, besonders wenn man die winterlichen Verhältnisse und die Strömungen des Norwegischen Meeres, der Nordsee und des Skageracks berücksichtigte.

Allgemein wird dem Golfstrom ein grosser Einfluss auf das Klima von Nordeuropa zugeschrieben, ohne dass man bisher dieses Verhältniss durch tatsächliche Beweise belegen konnte. Herr Pettersson fasst dasselbe in folgende drei Fragen zusammen, die er mit dem bisher vorliegenden Beobachtungsmaterial zu beantworten versucht: 1) Wo ist im Winter der Golfstrom zu finden? 2) Welchen Wärmevorrath bringt derselbe, und wie wird dieser Wärmevorrath ausgenutzt? 3) Ist diese Wärmequelle als constant zu betrachten, d. h. enthält der Golfstrom oder die nördlichen Ausläufer desselben alljährlich zu derselben Jahreszeit denselben Wärmevorrath, oder finden von Jahr zu Jahr Schwankungen statt in der Temperatur oder in der Gesamtwärme des Wassers und existirt irgend welcher Zusammen-

hang zwischen diesen Schwankungen und den klimatischen Verhältnissen? „Die Antwort, welche von Seite der heutigen Meeresforschung auf diese Fragen gegeben wird, ist äusserst unbefriedigend, und auch der Beitrag zur Lösung derselben, welchen ich hier zu liefern beabsichtige, ist zu vergleichen mit den ersten Ergebnissen einer Recognoscirung an dem Aussenrande eines grossen, unbekanntes Gebietes.“ Sie verdienen gleichwohl allgemeiner bekannt zu werden.

Die deutschen und schwedischen Untersuchungen der Nordsee im Sommer hatten ergeben, dass in dieser Jahreszeit das nördliche Nordseeplateau von Shetland und Orkneys bis zur Doggerbank und zur Mündung des Skageracks von einem mächtigen Wasserlager mit hohem Salzgehalt, einem Ausläufer des Golfstromes, bedeckt ist und dass ein zweiter Strom atlantischen Wassers durch den englischen Kanal bis zum 52. bis 53. Breitengrad vordringt. Rings um diese centralen Flächen findet sich Wasser von geringerem Salzgehalt, und im Osten ist alles vom salzarmen baltischen Strom überfluthet, der sich durch eine relativ hohe Temperatur (17° C.) vor dem oceanischen Wasser (12° C.) auszeichnet. Auch im Winter überquert ein mächtiger Strom atlantischen Wassers das nördliche Nordseeplateau mit hohem Salzgehalt und einer Temperatur, die selbst in der kältesten Jahreszeit selten unter 6° C. sinkt; und ebenso dringt ein zweiter Strom von gleichem Salzgehalt und etwas höherer Temperatur durch den englischen Kanal ein. In der Regel treten diese Flächen warmen Wassers getrennt auf; zuweilen fliessen sie zu einem grossen, centralen Gebiet von Golfstromwasser zusammen, das von salzärmerem und kälterem Wasser umgeben ist. Im Osten ist das baltische Wasser auf einen schmalen Küstenstrom von 1° bis 2°, zuweilen von 0° und — 1° längs der schwedischen und norwegischen Küste reducirt, während das Skagerack mit Wasser von 4° bis 5° überdeckt ist, das wahrscheinlich aus nördlichen Gegenden des norwegischen Meeres stammt.

Stellt man diese Verhältnisse kartographisch dar, zeichnet man die Linien gleichen Salzgehaltes (Isohalinen) und die Linien gleicher Temperatur des Oberflächenwassers, so findet sich ein Zusammenfallen zwischen den folgenden Grenzlinien: Isohaline von 35 pro Mille und Isotherme von 6° (atlantisches Wasser); Isohaline von 33 und 32 pro Mille und Isotherme von

4° und 3° (norwegisches Wasser); Isohaline von 30 pro Mille und Isotherme von 2° (baltischer Strom). Vergleicht man nun diese hydrographischen Karten mit den meteorologischen für die Wintermonate, so findet man, dass die atmosphärischen Isobaren und Isothermen dieselbe, oder wenigstens eine sehr ähnliche Gestalt haben wie die hydrographischen Grenzlinien, die Isohalinen und Isothermen der Meeresoberfläche. Natürlich können hier nicht die täglichen synoptischen Wetterkarten herangezogen werden, sondern die durchschnittliche Lage der Luft-Isobaren und -Isothermen in den kältesten Monaten des Jahres.

Eine den Meteorologen längst bekannte Tatsache ist, dass alle atmosphärischen Linien eine Tendenz haben, der Küstencontour der Nordsee und des Nordmeeres parallel zu laufen. Die Isobaren und Isothermen bilden im Winter langgestreckte Buchten und Schlingen, und ähnlich verlaufen die hydrographischen Isohalinen und Isothermen; die Gebiete des kleinsten Luftdruckes fallen mit der Fläche der höchsten Oberflächentemperatur des Meeres oder mit der Ausbreitung des Wassers von höchstem Salzgehalt (dem Ausläufer des Golfstromes) zusammen. „Dies weist auf die Möglichkeit von einem causalen Zusammenhang zwischen dem Zustande des Meeres und der Atmosphäre hin, welcher darin bestehen kann, dass die Luft, welche im Winter sich über dem centralen, am höchsten erwärmten Theile der Nordsee befindet, vom Contact mit dem Golfstromwasser erwärmt wird, und, mit Feuchtigkeit gesättigt, emporsteigt, sich in den höheren Schichten der Atmosphäre ausbreitet, wo ihre Feuchtigkeit condensirt wird. Diese Luftsäule, welche in aufsteigender Bewegung ist, bildet gleichsam den Kern eines grossen atmosphärischen Wirbels oder einer Region barometrischer Depression, welche nach aussen von einem kälteren Luftlager umgeben ist.“

Dieser Zusammenhang zwischen hydrographischen und atmosphärischen Grenzlinien ist durch die Wärmeabgabe vom Meerwasser an die Luft leicht erklärlich; und von den Meteorologen, besonders aber von Hoffmeyer, ist auf die Entstehung grosser barometrischer Depressionen im Winter über gewissen Theilen des Atlantischen Oceans als Erfahrungsthatsache hingewiesen worden. Hoffmeyer betonte weiter, dass diese grossen Depressionen auf ihrem Wege nach Osten vorzugsweise den Wasserwegen folgen, auf denen eine Tendenz zur Bildung secundärer Minima herrscht.

Mit dem Beginn des Frühlings ändert sich dies Verhältniss; die Temperatur des baltischen Stromes nimmt rasch zu, während diejenige des atlantischen Wassers sehr langsam wächst; im April und Mai hat das Oberflächenwasser im ganzen Nordseegebiet eine fast gleichmässige Temperatur von 8° bis 9°, auch die Temperatur des Festlandes ist von der des Meeres wenig verschieden. Infolge dessen zeigen die Isobaren eine Tendenz, parallel den Breitengraden zu verlaufen; Nordsee und Skagerack verlieren ihre frühere Anziehungskraft auf die Cyklonen, was sich

durch verminderte Frequenz der Sturmbahnen kundgiebt. Im Sommer steigt die Temperatur des baltischen Stromes bis auf 17° und die Oberfläche des ganzen Skagerack und Kattegatt, wie die norwegische Rinne sind mit warmem Wasser bedeckt, während im nordwestlichen Theile der Nordsee das Wasser nur 12° bis 13° warm ist; die Isothermen gehen jetzt diagonal und das Temperaturngleichgewicht ist wieder gestört. Im September und October vermindert sich der baltische Strom, nordisches Wasser von 32 bis 33 pro Mille Salzgehalt tritt am Skagerack auf; im November herrscht Temperaturngleichgewicht, aber die Temperatur des Landes ist jetzt bedeutend niedriger und die Frequenz und Intensität der Cyklonen nimmt daher zu.

Die hier kurz skizzirte, nahe Beziehung zwischen dem Zustande des Meeres und den meteorologischen Erscheinungen ist begründet in dem Wärmeaustausch zwischen der warmen Meeresoberfläche und der darüber befindlichen Luft. Diese Erklärung hatte bereits Hoffmeyer gegeben, bevor der thermische Zustand des offenen Meeres im Winter bekannt war. Nachdem diese durch die internationalen Untersuchungen festgestellt ist, hält sich Herr Pettersson zu folgendem Satze berechtigt: „Die Bedingung für die Entstehung einer dauernden barometrischen Depression im Winter über irgend einem Theile des Atlantischen Oceans ist, dass ein Zweig oder Ausläufer des Golfstromes dort vorhanden ist, welcher dem Minimum als Unterlage dient, woraus dasselbe die zu seiner Erhaltung nöthige Energie schöpft.“ Kann dieser Satz zunächst auch nur auf die thermische Erforschung der Nordsee gestützt werden, so sprechen doch auch die bisher noch sehr lückenhaften Daten aus den Meeresregionen, die gleichfalls als Gebiete barometrischer Depressionen im Winter bekannt sind, für die Gültigkeit desselben. Weitere hydrographische Forschungen in jenen Gebieten aber werden erst das sichere Fundament für die Beantwortung unserer ersten Frage und ihre klimatologische Bedeutung liefern. —

Zur Beantwortung der zweiten Frage, welchen Wärmevorrath die Ausläufer des Golfstromes bringen und wie diese Wärme ausgenutzt wird, standen dem Verf. nur Daten aus der systematischen Erforschung der Nordsee und der Ostsee zur Verfügung, wo 1893 und 1894 zu verschiedenen Jahreszeiten Tieflothungen an denselben Stellen ausgeführt worden sind. Auf der Nordsee sind an vier Stationen, an denen das Wasser von der Oberfläche bis zum Boden salzreich war, also dem Golfstrom angehörte, Temperaturmessungen im August, November und Februar gemacht und ergaben übereinstimmend eine vollkommene thermische Gleichmässigkeit in der kälteren Jahreszeit. Während die oberen Wasserschichten im Sommer eine höhere Temperatur haben als die unteren, herrscht in der kälteren Jahreszeit vom November bis März eine vollkommen gleichmässige Temperatur in allen Tiefen der Nordsee von der Oberfläche bis zum Boden. Die im Herbst an der Ober-

fläche sich abkühlenden Wassertheilchen sinken nämlich wegen des überall gleichen Salzgehaltes zu Boden, während die wärmeren aufsteigen, bis schliesslich die Temperatur überall gleich, im November $9,1^{\circ}$, Mitte Februar $6,4^{\circ}$, geworden. Der im ganzen Wasser aufgespeicherte Wärmeverrath wird also der Atmosphäre zugeführt und wird einzig zur Erwärmung der Luft und ihrer Sättigung mit Feuchtigkeit verwendet; hierdurch wird gleichzeitig eine vollständige Ventilation des Nordseewassers bewirkt. Zur Ermittlung der Wärmemenge, welche in dieser Weise vom Wasser an die Luft abgegeben wird, sei noch angeführt, dass im August bis zu 50 m Tiefe die Temperatur $12,2^{\circ}$ und von da bis zum Boden in 200 m Tiefe $9,2^{\circ}$ gefunden wurde. Daraus ergibt sich die Wärmeabgabe pro m^2 vom August bis zum November zu 150 000 Cal. und vom November bis Mitte Februar = 540 000 Cal., eine Wärmemenge, welche wohl ausreichen wird, um der Luft die zur Erhaltung der Depressionen nothwendige Energie mitzutheilen.

In der Ostsee liegen die Verhältnisse anders; ihre muldenförmigen Vertiefungen sind mit specifisch schwererem Wasser von mehr als 9 pro Mille Salzgehalt angefüllt, welches an den verticalen Convectionsströmungen des leichteren (7 bis 8 pro Mille Salzgehalt) Oberflächenwassers nicht theilnimmt. Im Sommer wird die Deckschicht bis zu einer gewissen Tiefe auf 16° bis 18° C. erhitzt; beim Abkühlen im Herbst sinkt das Wasser jedoch nur bis zum Boden dieser Deckschicht, etwa 50 bis 60 m, und nur in dieser erfolgt die Abkühlung durch Convectionsströme. Während die Temperatur des Bodenwassers in den Vertiefungen das ganze Jahr hindurch unverändert bleibt, zeigt die Deckschicht im August bis 20 m Tiefe 15° C. und bis zur Grenze 6° bis 7° , im November hat die ganze Deckschicht $8,5^{\circ}$ C. und im März $1,4^{\circ}$ C. ergeben. Daraus berechnet sich die Wärmeabgabe pro m^2 vom August bis November = 130 000 Cal. und vom November bis März = 355 000 Cal. Ist also die Wärmeabgabe der Ostsee an die Atmosphäre trotz des grösseren Temperaturgefälles (15° bis $1,4^{\circ}$ C.) geringer als die der Nordsee, so reicht doch auch sie hin, um auf die klimatischen Verhältnisse der Atmosphäre einen wesentlichen Einfluss zu üben.

Der Zustand des norwegischen Meeres zwischen Süd-Grönland und Island, wo sich die grossen barometrischen Depressionen im Winter ausbilden, ist unbekannt. Durch die Lothungen der norwegischen Expedition weiss man jedoch, dass im östlichen Theile sich wenigstens 200 bis 300 m mächtige Oberflächenschichten von warmem Wasser befinden, welche im Herbst und im Winter in Wärmeaustausch mit der Atmosphäre treten müssen. Es unterliegt daher keinem Zweifel, dass auch hier derselbe Vorgang, obschon in weit grösserem Maassstabe als in der Nordsee und der Ostsee, sich abspielt, und die Bildung der Depressionen in diesen Gegenden erklärt. —

Die dritte Frage endlich nach der Constanz der Wärmequelle, welche der atlantische Warmwasser-

strom jährlich der Atmosphäre zuführt, suchte Verf. in der Weise zu beantworten, dass er für diejenigen Winter, welche in ihrem allgemeinen Charakter von der Norm abwichen, die Wärmevertheilung in dem wärmeren Gebiete des Atlantischen Oceans studirte. Er wählte hierfür fünf Stationen, zwei in Island und je eine auf den Faröer, Shetland und an Norwegens Küste, an denen seit 22 Jahren regelmässige meteorologische Beobachtungen gemacht sind. In dieser Zeit war das Jahr 1888 ungewöhnlich kalt, 1890 ungewöhnlich mild. Die hydrographischen und meteorologischen Verhältnisse dieser Jahre sind in Diagrammen wiedergegeben, aus welchen klar hervorgeht, dass die Temperatur des ganzen östlichen Hauptzweiges des atlantischen Stromes im Jahre 1888 bedeutend unter die normale herabgesetzt war, während im Winter 1890 die Wassertemperatur an diesen Stationen beträchtlich höher war als der Mittelwerth. Der westliche Zweig war dagegen beträchtlich wärmer im Jahre 1888 und kälter im Winter 1890. Dadurch ist erwiesen, dass die Wärmeaxe des Golfstromes in gewissen Jahren eine westlichere, in anderen eine östlichere Lage einnimmt, und die Ursache der kalten Periode von September 1887 bis October 1888 scheint darin zu liegen, dass der westliche Zweig des warmen atlantischen Stromes sich auf Kosten des östlichen entwickelte.

Auch in den Jahren 1881 und 1882, von denen das erstere sehr streng, das letztere sehr mild war, fand eine Uebereinstimmung statt zwischen der Oberflächentemperatur des Atlantic und der Lufttemperatur des Winters im nördlichen Europa; der strenge Winter 1881 war aber nicht durch eine Oscillation der Wärmeaxe des Golfstromes nach Westen bedingt, da die Meerestemperatur sowohl im Westen Islands wie im östlichen Strome überall sehr herabgesetzt war im Januar und Februar 1881. Der atlantische Driftstrom zeigt also in gewissen Jahren Schwankungen, nicht nur in seiner Richtung, sondern auch in seiner Intensität, welche mit gewissen klimatischen Verhältnissen in Nordeuropa zusammenzufallen scheinen.

Herr Pettersson hat noch specieller die Verhältnisse der Nordsee und der Nordseeländer studirt. Die Messungen im Februar 1894 und im Februar 1895 zeigten, dass die Ausbreitung des oceanischen Wassers von mehr als 35 pro Mille Salzgehalt (des Golfstromes) grösser war im Februar 1894 als im Februar 1895. Im letzteren Jahre reichte das salzreiche, 6° warme Wasser nur bis nördlich von der Doggerbank, während das südlichere Nordseeplateau salzärmeres, kaltes Wasser (0° und 1° bis 3°) enthielt. Im Februar 1894 hingegen bedeckte das oceanische Wasser auch den grössten Theil des südlichen Nordseeplateaus und vereinigte sich mit dem durch den englischen Kanal eindringenden Ast des Golfstromes, dessen Temperatur meist $6,8^{\circ}$ bis 7° war; auch die Oberfläche des Skageracks war wärmer. „Es ist somit bewiesen, dass die Temperatur der Nordsee im Winter von einem Jahr zum anderen beträchtlich