

Istrien hat gleichfalls grosse Strecken fruchtbaren Bodens und im Jahre eine verhältnissmässig nicht zu geringe Niederschlagsmenge, aber auch hier kommt dieselbe für die Vegetation und den Ackerbau nicht zu hinreichender Verwerthung, weil unter dem fruchtbaren Erdreich keine die Niederschläge im Ablauf hemmende und conservirende Schicht, sondern der klüftige Karstkalk liegt, durch dessen Spalten das Wasser bis an eine Tiefe abfliesst, wo es für die Durchfeuchtung der Ackerkrume nicht mehr zur Verwerthung kommen kann.

Für die Regentschaft Tunis liegt die Regelung der vorhandenen Wasserläufe in Verbindung mit der Anlage grösserer Bassins und eine darauf basirte Canalisirung grösserer Bodenflächen, sowie die Verbesserung einiger Hafenplätze in cultureller Beziehung am nächsten. Für die Gestattung der Durchführung des Roudaire'schen Projectes könnte die Regentschaft allerdings eine Summe verlängern, durch welche sie ihre Lage in verschiedener Richtung bedeutend verbessern könnte. Ob aber die neugeschaffene Handelsstrasse eine solche Frequenz und Importanz erreichen könnte, dass eine Gesellschaft auch das an die tunesische Regierung zu zahlende Capital nebst dem für die Herstellung und Erhaltung des Canals aufgebrauchten Capital zu verzinsen vermöchte, ist eine Frage, welche schwerlich in einem der Durchführbarkeit des Projectes günstigen Sinne beantwortet werden wird.

Trotz der praktischen oder vielmehr der finanziellen Undurchführbarkeit des Roudaire'schen Projectes muss man dennoch Herrn Capitain Roudaire dazu beglückwünschen, dass sein geistvoller Aufsatz zu wiederholten und mannigfachen Studien in einem Gebiet angeregt hat, welches für die geographische und historische Wissenschaft und insbesondere auch für deren Beziehungen zur Geologie von höchstem Interesse ist und seine bedeutsame Wichtigkeit in dieser Richtung auch in Zukunft bewahren dürfte.

Tunis, 25. Juli 1875.

---

## Das specifische Gewicht des Eismeerwassers in Beziehung auf die Theorie der Meeresströmungen.

Von Dr. J. Hann.

Aus den vielen werthvollen wissenschaftlichen Beobachtungen, welche der kürzlich veröffentlichte letzte Theil des Werkes über die zweite deutsche Nordpolarfahrt enthält\*), will ich hier die „Aräometer-Beobach-

---

\*) Die zweite deutsche Nordpolarfahrt in den Jahren 1869 und 1870. II. Band: Wissenschaftliche Ergebnisse. 2. Abtheilung. Leipzig 1874.

tungen“ besonders hervorheben, weil ihre Bedeutung für die Physik des Meeres wohl nur von wenigen ganz gewürdigt werden dürfte. Die Kenntniss des specifischen Gewichtes des Wassers der Polarmeere, nicht nur von deren Oberfläche, sondern auch aus grösseren Tiefen, ist für die Theorie der Meeresströmungen von fundamentaler Bedeutung. Sie gestattet uns die streifige Frage zu beantworten, ob durch einen Dichtigkeits-Unterschied zwischen dem Wasser der Polarmeere und dem der Aequatorialmeere Strömungen hervorgerufen werden können oder nicht. Die höhere Temperatur vermindert das specifische Gewicht des Wassers der tropischen Meere, aber die Beobachtungen haben zugleich ergeben, dass ihr Salzgehalt grösser ist als der der Polarmeere. Nach den zahlreichen Bestimmungen Forchhammer's ist der Salzgehalt des Atlantischen Oceans zwischen dem Aequator und 30° Nordbreite 3.62 Procent, hingegen zwischen Schottland und der Südküste von Grönland nur 3.52, in der Davisstrasse und Baffinsbay 3.32. Der geringere Salzgehalt der Polarmeere rührt her von dem Schmelzwasser der Eisberge \*) und dem Ueberschuss von Regen und Schnee gegenüber der Verdunstung. Wir haben somit auf der einen Seite ein warmes aber salzreiches, auf der anderen Seite ein kaltes aber salzarmes Meer. So scheint es, dass sich die entgegengesetzten Einflüsse von Salzgehalt und Temperatur auf die Dichte des Meereswassers compensiren müssen und dass der erstere demnach verhindert, dass im Meere ein Austausch kalten und warmen Wassers zwischen Pol und Aequator stattfindet, dessen Motiv der Temperatur-Unterschied ist. Diese Ansicht hat jetzt mehrere gewichtige Vertreter, besonders in England (Wyville Thomson, James Croll, Laughton etc.). Aber auch ein namhafter deutscher Physiker, Professor Lommel, sagt in dem vortrefflichen Werkchen: „Wind und Wetter“ — „So kommt es, dass das kalte aber salzarme Polarwasser nicht schwerer, ja sogar unter Umständen leichter ist, als das warme, salzreiche Wasser der Tropenmeere. In der That, ein Kubikmeter Wasser aus dem Polarmeere, welches 2.8% Salz enthält, hat bei 0 Grad ein Gewicht von 1019.7 Kilogramm, dagegen ein Kubikmeter aus der heissen Zone von 4% Salzgehalt bei 28 Grad C. wiegt 1020.5 Kilogramm, also um 0.8 Kgr. mehr. Der Wärme-Unterschied zwischen Pol und Aequator kann also nicht die unmittelbare Ursache jener gewaltigen Meeresströme sein; — es bietet sich uns nur eine Kraft dar, die das Meerwasser stromartig fortzubewegen vermag, nämlich die Wirkung der Winde.“

\*) Das Schmelzwasser des Meereises kann nur für die Oberfläche in Betracht kommen, da sich das Salz beim Gefrieren wohl ausscheidet, aber nicht verloren geht, sondern den Salzgehalt der unteren Wasserschichten erhöht.

Die Beobachtungen während der zweiten deutschen Nordpolfahrt gestatten uns zu prüfen, ob die Basis, auf welcher der obige Calcül beruht, richtig ist. Diejenigen, welche eine vollständige Temperatur-Compensation der Oceane annehmen, haben auch übersehen, dass, selbst wenn eine solche an der Meeresoberfläche bestehen würde, dennoch schon für geringere Tiefen ihre Argumente hinfällig werden müssten. Der Salzgehalt nimmt in den Polarmeeren mit der Tiefe zu, in den Aequatorialmeeren hingegen mit der Tiefe ab. In dem Nachweis des ersteren Satzes beruht der Hauptwerth der Beobachtungen der Herren B ö r g e n und Copeland.

Ich will zunächst die mittleren Resultate nach der Zusammenstellung des Herrn B ö r g e n selbst mittheilen. Die folgenden specifischen Gewichte des Meerwassers gelten für die Normaltemperatur von  $14^{\circ}$  R. =  $17^{\circ}.5$  C., die Dichte des reinen Wassers bei dieser Temperatur als Einheit angenommen \*).

Nordsee 1.02545, Nord-Atlantic 1.02594, Polarmeer 1.02493, im Eise 1.02411.

Wenn man die sonst noch vorliegenden sorgfältigen Bestimmungen der Dichte des Nordseewassers mit der obigen vergleicht, so darf man schliessen, dass das Aräometer der Germania einer positiven Correction bedurft hätte, wie das auch mit dem Seite 669 unseres Werkes mitgetheilten übereinstimmt.

Die grösste mir bekannte sorgfältig redigirte Sammlung von Dichtigkeitsbestimmungen des Meerwassers in den vom Board of trade noch unter Fitzroy herausgegebenen „Meteorological Papers“ (zwelfte Number) gibt die Dichte des Nordseewassers zu 1.0260; der II. und III. Jahresbericht der Commission zur Erforschung der deutschen Meere nimmt (Seite 19) nach den Untersuchungen der Pomerania im Sommer 1872 1.02665 an, das Mittel wäre also 1.0263 und der Unterschied gegen die obige Bestimmung + 0.0009. Ein Versuch in Kochsalzlösung gab + 0.0013 (siehe Seite 669). Wir wollen also im Mittel die Correction zu + 0.0011 annehmen und erhalten dann folgende Dichten und Salzgehalte.

Nordsee, Dichte 1.0265, Mittel aus dieser und den oben angeführten Bestimmungen: 1.0264, Salzgehalt 3.43 Procent.

Nord-Atlantic (zwischen  $59^{\circ}$  N.  $2^{\circ}.2$  E. v. Gr. und  $68^{\circ}.4$  N.,  $6^{\circ}.9$  W.) Dichte 1.0270, Salzgehalt 3.51 Procent.

\*) Im Originale sind die Dichten auf  $15^{\circ}$  C. bezogen. Zufällig heben sich jedoch die Correctionen auf die geänderte Normaltemperatur  $17.5$  und die damit auch geänderte Einheit gegenseitig auf, so dass keine Correctionen anzu bringen waren.

Polarmeer (zwischen 68<sup>o</sup>.4 N., 7<sup>o</sup> W. und 75<sup>o</sup> N., 11<sup>o</sup>.6 W.)  
Dichte 1.0260, Salzgehalt 3.38 Procent.

Im Eise vor Ostgrönland (zwischen 74<sup>o</sup>.8 N., 12<sup>o</sup> W. und  
74<sup>o</sup>.4 N. 17<sup>o</sup>.6 W.) Dichte 1.0252, Salzgehalt 3.28 Procent\*).

Diese Bestimmungen beziehen sich auf das Wasser der Meeresober-  
fläche. Die Annahme Lommel's von 2.8% Salzgehalt des Polarmeeres ist  
ebenso viel zu niedrig, als 4% für die Aequatorialmeere zu hoch ist.

Die Dichtigkeit und somit auch der Salzgehalt ergab sich jedoch  
ausserdem zunehmend mit der Tiefe. Ich habe aus den Zusammenstel-  
lungen auf Seite 670—676 und 683—684 folgende Mittelwerthe abge-  
leitet:

Polarmeer	{	Oberfläche . . . . .	Dichte 1.0260, Salzgehalt 3.38
10 Beobchtg.		116 Faden (700 Fuss)	„ 1.0268, „ 3.48
Im Eise	{	Oberfläche . . . . .	Dichte 1.0251, Salzgehalt 3.26
8 Beobchtg.		160 Faden (960 Fuss)	„ 1.0266, „ 3.46

Am 16. Juli 1869 und am 26, 28. und 29. August 1870  
wurden Meerwasserproben aus Tiefen von mehr als 200 Faden auf ihre  
Dichtigkeit untersucht. Die Mittel dieser Beobachtungen sind:

Mittlere Position 72<sup>o</sup>.1 N. 11<sup>o</sup>3. W. v. Gr.

	Oberfläche	55 Faden	100 Faden	268 Faden
Dichte	1.0264	1.0268	1.0269	1.0271
Salzgehalt	3.43	3.48	3.50	3.52

Um nun aber die Dichte des Wassers des grönländischen Polar-  
meeres in einer bestimmten Tiefe mit jener des Wassers in dem tropi-  
schen Theile des Atlantic unmittelbar vergleichen zu können, habe ich  
die unreducirten Beobachtungen von jenseits des Polarkreises aus Tiefen  
von mindestens 100 Faden in zwei Gruppen (östlich und westlich von  
15<sup>o</sup> W. v. Gr.) getheilt und Mittelwerthe abgeleitet. Diese sind:

72<sup>o</sup>.1 N., 10<sup>o</sup> W. (15 Beob.) Tiefe 162 Faden, Dichte 1.0292\*\*) bei 3<sup>o</sup> C.  
73<sup>o</sup>.7 N., 15<sup>o</sup>.8 W. (10 Beob.) Tiefe 154 Faden, Dichte 1,0287 bei 0.6<sup>o</sup> C.

Näher an der Küste von Grönland ist also die Temperatur in  
derselben Tiefe niedriger und das specifische Gewicht geringer. Wir  
können durchschnittlich die Dichte des Meerwassers in 900 Fuss Tiefe

\*) Die von mir berechneten Salzgehalte sind niedriger, als jene, welche  
Börgen angibt, trotz der von mir angenommenen grösseren Dichte. Dies rührt  
daher, dass Börgen seiner Berechnung eine Kochsalzlösung zu Grunde legt.  
Eine Kochsalzlösung von gleicher Concentration wie Meerwasser hat aber ein  
kleineres specifisches Gewicht und gibt zu hohe Salzgehalte für letzteres, un-  
gefähr im Verhältniß 139:130.

\*\*) Rohe Mittel 1.0274 und 1.02694, reducirt für Glasausdehnung des  
Aräometers und Dichte des reinen Wassers bei 14<sup>o</sup> R. als Einheit, dazu die  
constante Correction des Aräometers.

bei der dort herrschenden Temperatur von circa  $2^{\circ}$  C. zu 1.0290 annehmen, wobei die Dichte reinen Wassers bei  $14^{\circ}$  R. als Einheit angenommen ist. Vergleichen wir damit tropisches Wasser. Nach den „Meteorol. Papers“ ist die mittlere Dichte (aus 3000 Beobacht.) des Wassers an der Oberfläche zwischen 0 und  $10^{\circ}$  Nord im Atlantic 1.0257; bei  $20^{\circ}$  N. 1.0272 (bei  $62^{\circ}$  F.). Nehmen wir die Temperatur in der Tiefe von 900 Fuss nach den Beobachtungen des „Challenger“ mit respective  $13^{\circ}$  und  $15^{\circ}$  Cels. an, so erhalten wir:

	Dichte des Meerwassers		
	$5^{\circ}$ N.	$20^{\circ}$ N.	Polarmeer*)
Oberfläche	1.0229	1.0252	1.0278
900 Fuss	1.0264	1.0275	1.0290

Die Dichte des Meerwassers nimmt also an der Oberfläche wie in 900 Fuss Tiefe mit der geogr. Breite zu, und ist im Polarmeer erheblich grösser, als unter den Tropen. Es verdient zudem hervorgehoben zu werden, dass ich in dem tropischen Meere die Dichte für gleiche Temperatur an der Oberfläche und bei 900 Fuss als gleich angenommen habe, während sie mit der Tiefe abnimmt, und dass die Temperatur des Polarmeeres wohl auch etwas zu hoch angesetzt ist. Aus beiden Gründen dürfte in Wirklichkeit der Dichtigkeitszuwachs des Meerwassers vom Aequator gegen den Pol hin, noch grösser sein, als eben angegeben worden ist.

Wir wollen die Dichte des Polarwassers noch von einem anderen Ausgangspuncte zu bestimmen versuchen. Nach Forchhammer's directen Bestimmungen ist der Salzgehalt des Wassers der Baffinsbay und Davisstrasse 3.32 Procent. John Ross fand daselbst im Jahre 1818 mit gegen den Wasserdruck geschützten Thermometern die Temperatur in 100 Faden Tiefe —  $0^{\circ}.9$  Cels., in 200 Faden —  $1^{\circ}.5$ , in 660 und 1000 Faden —  $3^{\circ}.6$ .

Nehmen wir auf Grundlage der Beobachtungen der zweiten deutschen Nordpolexpedition auch nur eine Zunahme von 0.2 Procent Salz von der Oberfläche gegen die Tiefe, so berechnet sich nach einer später folgenden Formel für 3.52% Salz bei —  $2^{\circ}$  Cels. die Dichte der tieferen Wasserschichten der Baffinsbay zu 1.02967, d. i. also ein noch grösserer Werth als der früher für Ostgrönland angegebene.

Eine Temperatur-Compensation des Wassers der Oceane durch ungleichen Salzgehalt besteht also nicht. Das schwerere Polarwasser muss daher die Tendenz haben, gegen den Aequator hinzuziessen, auf welche Tendenz bekanntlich Wm. B. Car-

---

\*) Mittel aus „Polarmeer“ und „im Eise“, Dichte des reinen Wassers bei  $14^{\circ}$  R. als Einheit angenommen und auf  $2^{\circ}$  Cels. reducirt.

penter seine Theorie einer verticalen Circulation des Meerwassers gestützt hat \*).

Bei der Wichtigkeit, welche Salzgehalt und Temperatur des Meerwassers als Motiv von Strömungen in demselben in Anspruch nehmen, dürfte es vielen Lesern angenehm sein, eine bequeme Formel kennen zu lernen, welche die Beziehungen zwischen Dichte, Salzgehalt und Temperatur ausdrückt, umso mehr, als in keinem mir bekannten Werke über Oceanographie und phys. Geographie überhaupt eine solche zu finden ist.

Setzt man die Dichte reinen Wassers bei einer bestimmten Temperatur gleich der Einheit, so wird der Salzgehalt ( $p$ ) des Meerwassers bei dieser Temperatur dem Ueberschusse seiner Dichte ( $s$ ) über Eins (also  $s-1$ ) proportional gesetzt werden können. Aus gleichzeitigen directen Bestimmungen der Dichte und des Salzgehaltes ergibt sich, dass man setzen darf:

$$p = 130 (s-1) \quad s = 1 + 0.0077 p \quad \text{I)}$$

Der Salzgehalt  $p$  ist in Procenten auszudrücken. Aus den im II. Bericht der Adria-Commission mitgetheilten Untersuchungen zahlreicher Meerwasserproben von Lesina, Ragusa und Castelnovo (Durazzo ausgeschlossen) erhält man sehr nahe obigen Werth des Coefficienten. A. Erman \*\*) setzt denselben gleich 129, die Commission zur Erforschung der deutschen Meere nimmt ihn zu 131 an. Wir können also getrost bei obigem Werthe stehen bleiben, bemerken aber ausdrücklich, dass die Bestimmung des Salzgehaltes aus der Dichte auf keine grosse Genauigkeit Anspruch machen kann, d. h. es sind schon die Zehntel-Procente nicht mehr ganz sicher.

Die Ausdehnung des Meerwassers durch die Wärme ist grösser als die des reinen Wassers und wächst mit dem Salzgehalt. Wenn man die Dichte des Meerwassers auf eine bestimmte Temperatur zurückführen will, muss man daher für verschiedene Salzgehalte verschiedene Correctionen anwenden. Hat man jedoch nur mit Wasser aus den offenen Ozeanen zu thun, so kann man, da deren Salzgehalt hinlänglich gleichförmig ist, auch einerlei Correction anwenden.

Wir besitzen ziemlich zahlreiche Untersuchungen über die Ausdehnung des Meerwassers durch die Wärme. Eine der sorgfältigsten und umfassendsten dürfte die im Winter 1858 von Prof. Hubbard am Naval Observatory in Washington durchgeführte sein. Die Details derselben sind von Maury in den Sailing Directions (Eight Edit. Vol. I. Chapter

\*) Am ausführlichsten dargestellt in den Proceedings of the Royal Geogr. Society Vol. XVIII. Nr. IV. August 1874.

\*\*) Untersuchungen über den Salzgehalt des Meerwassers. Pogg. Ann. Cl. p. 577.

XVII.), die Schlussresultate auch in dessen *Physical Geography of the Sea* (11. Ed. p. 221) mitgetheilt. Sie beziehen sich auf Seewasser mittleren Salzgehaltes. Aus der dort mitgetheilten Tabelle der Volumina von 22°—200° Fahr. kann man folgende Ausdehnungscoefficienten für 1° Cels. ableiten:

Temp. Cels.	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
Ausdehnungscoeff.	4	9	15	22	27	33	35

Der Ausdehnungscoefficient ist hier in Einheiten der fünften Decimale angegeben.

Daraus ergibt sich der Ausdehnungscoefficient bei einer bestimmten Temperatur  $t$  gleich \*)

$$0.00004 + 0.000012 t$$

und der mittlere Ausdehnungscoefficient von 0° bis zur Temperatur  $t$  ist demnach

$$0.00004 + 0.000006 t$$

Setzen wir das Volum des Meerwassers bis 17.05 Cels. = 14° R. = 63° 5 F. gleich der Einheit, so ist das Volum  $V_t$  bei  $t$  Graden gleich:

$$\text{II) } V_t = 0.99746 + (0.00004 + 0.000006 t) t$$

Da das spezifische Gewicht dem Volumen umgekehrt proportional ist, dürfen wir nur das durch die Gleichung I gegebene spezifische Gewicht durch die Grösse  $V_t$  dividiren, um den Werth desselben bei der Temperatur von  $t$  Graden Cels. zu erhalten. Auf diese Weise erhalten wir nach einigen kleinen Modificationen (vornehmlich, indem wir kürzerer Rechnung halber von einem Salzgehalt von 3.5 Procent ausgehen) die bequeme Formel:

$$s = 1.02946 - 0.000006 (6.7 + t) t + 0.0077 (p - 3.5)$$

Der Salzgehalt  $p$  ist, wie schon bemerkt, in Procenten in die Formel einzuführen,  $t$  in Graden Celsius; die Constante 1.02946 repräsentirt die Dichte des Meerwassers bei 0° und einem Salzgehalt von 3.5 Procent.

## Die Erforschung der Polarregionen.

Von Carl Weyprecht.

Stellt man die wissenschaftlichen Resultate der vergangenen Expeditionen zusammen, so wird man finden, dass sie den darauf verwendeten Mitteln durchaus nicht entsprechen. England und America haben in den letzten fünfzig Jahren mit einem Aufwande von über 1 Million

\*) Giltig vom Gefrierpuncte des Meerwassers bis zu 30° Cels., also für alle praktisch vorkommenden Fälle.